



Evaluation des impacts de la pollution lumineuse sur les sites de ponte de tortues marines de Rémire-Montjoly



Mailys Cancel
LPPE 2008-2009

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Guillaume Feuillet, mon maître de stage pour m'avoir accueilli au sein de l'association Kwata et pour m'avoir encadrée tout au long de mon stage.

Je remercie Benoît de Thoisy pour m'avoir aidé dans la partie scientifique de mon stage.

Merci à Eddy Poirier pour m'avoir formé à l'identification et au comptage des nids.

Merci à Ludovic Dubois pour ses conseils en matière de pollution lumineuse.

Merci à Luc Clément pour son aide dans le traitement des données SIG.

Merci à Virginie Dos Reis pour avoir arpenté les plages 2 fois par semaines avec moi.

Merci à Valentine Alt pour nous avoir accompagné sur les plages Virginie et moi.

Sommaire

Introduction.....	p.1
1. Présentation du stage.....	p.2
1.1. L'association Kwata.....	p.2
1.1.1. Présentation de l'association.....	p.2
1.1.2. Les programmes actuels menés par Kwata.....	p.3
1.2. Contexte du stage.....	p.4
1.2.1. Sujet et objectifs du stage.....	p.4
1.2.2. Cadre du stage : le Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane.....	p.5
1.3. Les tortues marines en Guyane.....	p.6
1.3.1. Généralités sur les tortues marines.....	p.6
1.3.2. Les tortues marines et la pollution lumineuse.....	p.10
2. Matériel et méthode.....	p.14
2.1. Localisation de l'étude : plages de Rémire Montjoly.....	p.14
2.2. Caractérisation de la gêne causée par la pollution lumineuse sur les sites de pontes.....	p.15
2.3. Etude de l'impact de la gêne causée par la pollution lumineuse sur les tortues marines adultes.....	p.17
2.4. Traitement des données.....	p.18
3. Résultats obtenus, discussion.....	p.20
3.1. Analyse des résultats.....	p.20
3.1.1. Profil lumineux des plages de Rémire Montjoly.....	p.20
3.1.2. Sources lumineuses impactantes sur les plages de Rémire-Montjoly.....	p.21
3.1.3. Impact de la pollution lumineuse sur les pontes.....	p.22
3.1.4. Impact de la pollution lumineuse sur les demi-tours.....	p.24
3.2. Solutions alternatives pour réduire la pollution lumineuse sur les sites de pontes.....	p.26
3.2.1. Des sources lumineuses moins impactantes.....	p.26
3.2.2. Modification et amélioration des systèmes d'éclairage.....	p.27
3.3. Communication : sensibilisation du public et médiation.....	p.28
3.3.1. Plaquette pollution lumineuse.....	p.28
3.3.2. Patrouilles animation.....	p.29
3.3.3. Médiation auprès des décideurs locaux.....	p.30
Conclusion.....	p.31
Bibliographie.....	p.32
Annexes.....	p.34

Introduction

La communauté scientifique s'accorde aujourd'hui à dire que les populations de tortues marines, toutes espèces confondues, ont nettement diminué au cours des siècles derniers. C'est pourquoi, aujourd'hui, ces dernières font l'objet de mesures de protection au niveau international et national.

La Guyane, haut lieu mondial pour la reproduction des tortues luths, olivâtres et vertes est également une région qui se développe et qui fait face à une démographie humaine croissante. Le rôle écologique des plages situées près des centres urbains comme l'île de Cayenne est mis en concurrence avec le développement de zones résidentielles et économiques. De nouvelles menaces d'ordre anthropique viennent donc mettre en danger les populations de tortues marines nidifiant sur ces plages.

Parmi elles, on retiendra la pollution lumineuse, dont l'étude fait l'objet de ce stage qui s'intègre au programme de conservation des tortues marines mis en place par l'Association Kwata sur l'île de Cayenne. La pollution lumineuse entraîne en effet une perturbation des comportements terrestres chez les tortues marines. Afin de caractériser l'ampleur de la gêne occasionnée par la pollution lumineuse, un protocole d'étude a été mis en place et prend en compte les variables ponte et demi-tour sur les plages de Rémire Monjoly. Cette étude est un préalable au travail de fond qui devra être effectué pour la mise en place de solutions alternatives alliant conservation des tortues marines et développement du littoral.

1. Présentation du stage

1.1. L'association Kwata

1.1.1. Présentation de l'association

Coordonnées de l'association :

Adresse : 16 Avenue Pasteur 97300 Cayenne

Mail : www.kwata.net

Tel : 05.94.25.43.31

L'association Kwata est une association guyanaise d'étude et de protection de la nature. Créée en 1994, elle est agréée par le Ministère de l'Environnement. Il s'agit d'une association à but non lucratif. L'association compte quatre salariés en CDI (un responsable scientifique, une responsable animation, un technicien de terrain, et un chargé de communication), auxquels viennent s'ajouter des salariés en CDD en fonction des besoins des différents programmes.



Figure 1 : logo de l'Association Kwata

Les principales actions de l'association s'organisent en 4 points, à savoir :

- La gestion des ressources naturelles: avec une pression grandissante de l'Homme sur les écosystèmes, l'exploitation forestière et surtout la chasse constituent des menaces importantes pour la faune en Guyane. Dans un objectif de gestion des ressources naturelles, Kwata a réalisé un inventaire sur 5 ans sur différentes zones de la forêt de Counami avec notamment un suivi de la faune afin d'observer les impacts de la chasse et de l'exploitation forestière sur les communautés animales. Il s'agit d'orienter la gestion des forêts vers une gestion durable afin de permettre une exploitation à faible impact, une prise en compte de la richesse biologique et une utilisation traditionnelle des ressources naturelles par les populations locales ;
- L'expertise écologique et environnementale : l'association Kwata peut être sollicitée pour apporter son expertise et ses connaissances dans de nombreux programmes, commissions, et initiatives, autant à l'échelle locale, régionale, nationale, qu'internationale. En Guyane, elle est membre du conseil d'administration du Parc Amazonien, du conseil scientifique des réserves naturelles, du comité de gestion des réserves de Kaw et des Nouragues. Dans l'Ouest Atlantique, elle est impliquée dans le réseau WIDECAS (Wider Caribbean Sea Turtle Network). Enfin, au niveau international, elle est membre de l'Union Mondiale pour la Nature (IUCN) ;
- La sensibilisation et l'éducation à l'environnement : l'association Kwata assure des missions d'éducation à l'environnement. Tout d'abord avec la production d'outils de vulgarisation : plaquettes, posters, livres de vulgarisation, expositions, jeux éducatifs, ... Puis, avec des interventions auprès du public : animations dans les écoles et conférences sur les thématiques « conservation » et « faune de Guyane ». De plus, dans le cadre du PRTM (Plan de Restauration des Tortues Marines), des animations auprès du public sur les plages tout au long de la saison de pontes et un carbet animation (exposition et animation à l'écloserie des Salines de Montjoly) sont mis en place ;
- Les programmes de conservation des espèces menacées (cf paragraphe suivant) : Deux programmes sont actuellement menés par Kwata, à savoir, le programme SPECIES (loutre géante, tapir et jaguar), et le programme tortues marines Est Guyane. Des études ont également été menées par l'association sur le caïman noir, notamment dans la réserve de Kaw. Tous les programmes menés par l'association s'inscrivent dans une démarche qui prend en compte les besoins des décideurs locaux, des gestionnaires des espaces naturels, des utilisateurs du milieu, et du public guyanais.

1.1.2. Les programmes actuels menés par Kwata

- Programme SPECIES (Suivi des Populations des Espèces Charismatiques d'Intérêt Ecologique et Scientifique) :

Ce programme est porté par le WWF et est réalisé par Kwata. Il est financé sur 3 ans (Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur). L'objectif est de progresser sur la connaissance et la protection de trois espèces représentatives des principaux écosystèmes guyanais : la loutre géante, le tapir et le jaguar. Un autre aspect de l'étude porte sur les impacts des menaces propres à ces trois espèces et leurs capacités de réponse. Loutres, jaguars et tapirs couvrent en effet une grande part des menaces qui pèsent sur la biodiversité guyanaise : la pollution, les pressions directes (chasse et dérangement), et les autres impacts sur les habitats (fragmentation, déforestation, exploitation forestière...). Ce programme doit permettre d'envisager de mettre en place des stratégies de conservation complémentaires à celles déjà existantes.

- Programme Tortues Marines Est Guyane :

Il s'agit d'un programme de conservation des trois espèces de tortues marines nidifiant de manière significative en Guyane, à savoir : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*), et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Ce programme est en place depuis 1998 et implique depuis de nombreux bénévoles. Il comprend :

- un travail de comptage et de marquage des femelles adultes dans les secteurs de Cayenne et de Rémire-Montjoly pour améliorer la connaissance du statut des espèces ;

- un travail de protection directe des tortues sur les plages: sauvetages des adultes et des émergences en difficultés, forte présence nocturne permettant de réduire la pression de braconnage et la destruction par les chiens ;



Figure 2 : sauvetage d'une tortue luth coincée dans le chenal derrière l'Auberge des plages. La tortue a été désorientée par les lampadaires de la route des Plages après la ponte, Virginie Dos Reis

- un travail de sensibilisation du public autour des tortues et plus largement à l'environnement ;

- un travail de sensibilisation et de médiation auprès des décideurs locaux. La proximité des sites de ponte des zones urbanisées, les contraintes liées aux aménagements du littoral, font en effet que ce point est fondamental à aborder dans le contexte local.

1.2. Contexte du stage

1.2.1. Sujet et objectifs du stage

De nombreuses menaces pèsent sur les tortues marines. Certaines sont naturelles (prédation, érosion du littoral...), d'autres sont anthropiques (pêche, chiens errants, etc...). Il est possible de trouver et de mettre en place des solutions afin de diminuer l'impact de ces menaces sur les populations de tortues marines. Parmi les menaces anthropiques, la pollution lumineuse compte parmi les menaces prédominantes. Ce stage au sein de l'association Kwata concerne ce dernier point. Le stage sera centré sur l'espèce *Dermochelys coriacea* (tortue luth), l'obtention de données sur les autres espèces étant insuffisante : la saison olivâtres débute seulement Mai-Juin, et les pontes de tortues vertes ne sont pas assez nombreuses. Cependant, les mesures prises pour la tortue luth contribueront à l'amélioration du statut des autres espèces de tortues marines. Voici donc les principales missions de ce stage :

- Caractériser la pollution lumineuse sur les sites de ponte de l'île de Cayenne avec des données chiffrées : quantifier et évaluer la gêne causée par la pollution lumineuse sur les sites de ponte de l'île de Cayenne ;
- Etudier l'impact de la pollution lumineuse sur les sites de ponte sur les tortues marines adultes et sur les émergences : prise en compte des facteurs ponte, demi-tour, et désorientation à l'émergence ;
- Explorer les pistes alternatives : proposer des solutions à mettre en place pour lutter contre la pollution lumineuse sur les sites de ponte ;
- Sensibiliser le public, créer un outil de médiation : réaliser une plaquette sur la pollution lumineuse, participer aux patrouilles animation en soirée sur les plages, réaliser un dossier impact de la pollution lumineuse sur les tortues marines...

L'objectif global du stage est d'obtenir des données chiffrées afin de donner un appui et de trouver des solutions alternatives permettant de concilier la nécessité de lumière sur les routes et sur le bord du littoral et la conservation des tortues marines. Cette étude doit permettre d'argumenter les mesures à prendre auprès des décideurs locaux (par exemple auprès du Conseil Général avec le problème des lampadaires de la route des Plages), mais aussi des particuliers.

Dans ces conditions, mon stage s'inscrit plus largement dans le contexte du Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane au titre des chapitres 1.5.1 et 1.5.2 (Cf [Annexe 1 : détails de l'objectif opérationnel 1.5 du PRTM, parties 1.5.1 et 1.5.2, p.34 et 35](#)) :

Groupe d'objectif n°1 : Réduire les menaces

Objectif opérationnel 1.5 : Aménagement du littoral : réduire la dégradation des habitats terrestres des tortues marines en Guyane.

Action A.1.5.1 : Intégrer la problématique conservation des tortues marines dans le porter à connaissance de l'Etat

Résultat R.1.5.1 : la conservation des tortues marines est intégrée dans les politiques d'aménagement en Guyane.

Action A.1.5.2 : intégrer la conservation des tortues marines dans la planification spatiale.

Résultat R.1.5.2 : les plages de ponte et leur gestion conservatoire sont prises en compte dans la planification spatiale stratégique et réglementaire.

1.2.2. Cadre du stage : le Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane

Depuis le sommet de la Terre à Rio en 1992, la conservation de la biodiversité est devenue une priorité mondiale. En vue de cet objectif, des plans de restauration émanant du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) ont été mis en place en France. Les plans de restauration ont pour but la conservation d'une ou plusieurs espèces animales considérées comme menacées au niveau national ou international. A l'heure actuelle, une vingtaine d'espèces font l'objet d'un plan de restauration sur le territoire français, dont les trois espèces de tortues marines nidifiant en Guyane : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*), et la tortue verte (*Chelonia mydas*). A ces 3 espèces se rajoutent les tortues marines fréquentant épisodiquement le territoire : la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la tortue caouanne (*Caretta caretta*).

Ainsi, dans une démarche complémentaire à celle des Antilles, un Plan de Restauration des Tortues Marines a été élaboré et est actuellement mis en place sur le département de la Guyane française.

La rédaction du PRTM pour la Guyane a été réalisée entre 2005 et 2007. Il s'agit d'un important travail de documentation et de concertation entre acteurs du développement durable qui a permis d'aboutir à la réalisation de deux documents nationaux distincts, à savoir :

- Inventaire et diagnostic (Bioinsight/DIREN, 2003): ce document constitue une synthèse des connaissances sur l'état de conservation des tortues marines en Guyane et des menaces qui pèsent sur ces espèces ;
- Plan d'action (Bioinsight/DIREN, 2006) : ce document définit des objectifs à atteindre sur 5ans (2007-2012). Les actions à mettre en place pour améliorer l'état de conservation des tortues marines y sont définies et hiérarchisées.

Ce PRTM en Guyane a été validé en 2007 par le MEEDDAT. Il est coordonné depuis 2008 par le WWF et l'ONCFS sous le pilotage de la DIREN. Les financements permettant la mise en place du PRTM proviennent essentiellement du Ministère de l'Environnement (50%), et de subventions du CNES et de fonds européens (Féder) dans le cadre du programme Caret2 (Co-ordinated Approach to Restore our Endangered Turtles 2). Ce programme qui regroupe 5 partenaires (WWF-France (pilote du programme), PNRG, ONCFS, association Kwata, et WWF Guianas au Suriname) est un programme global de conservation des tortues marines à écailles (suivis argos, études sur la génétique, actions de sensibilisation et de médiation pour la diminution des menaces sur les plages).

Les trois grands objectifs principaux fixés par le PRTM en Guyane sont:

- La réduction des menaces identifiées en mer (captures et mortalités liées à la pêche) et sur les plages (braconnage, attaques par les chiens, dégradation des habitats terrestres) ;
- Le renforcement du suivi démographique associé, sur la base des données existantes, à la définition de nouveaux objectifs d'études des populations ;
- La consolidation de l'approche régionale élargie à l'échelle du plateau des Guyanes (Guyane, Suriname, Guyana).

1.3. Les tortues marines en Guyane

1.3.1. Généralités sur les tortues marines

Les plages de Guyane comptent parmi les plus importants sites de pontes de tortues marines au monde. Parmi les 7 espèces présentes à l'échelle mondiale, seules 3 nidifient régulièrement en Guyane : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*).

- La reproduction des tortues marines :

Reptiles marins, les tortues marines passent la plus grande partie de leur vie dans l'océan. Elles viennent uniquement sur les plages à certaines périodes de l'année pour y déposer leurs œufs et assurer ainsi la survie de l'espèce.

Espèce de tortue marine	Pontes	Emergences
Tortue Luth	Avril-Juillet	Juin-Septembre
Tortue Verte	Février-Mai	Avril-Août
Tortue Olivâtre	Mai-Août	Juin-Octobre

Le schéma ci-dessous détaille le comportement de ponte et d'émergence des tortues marines lors de leur venue sur les plages.

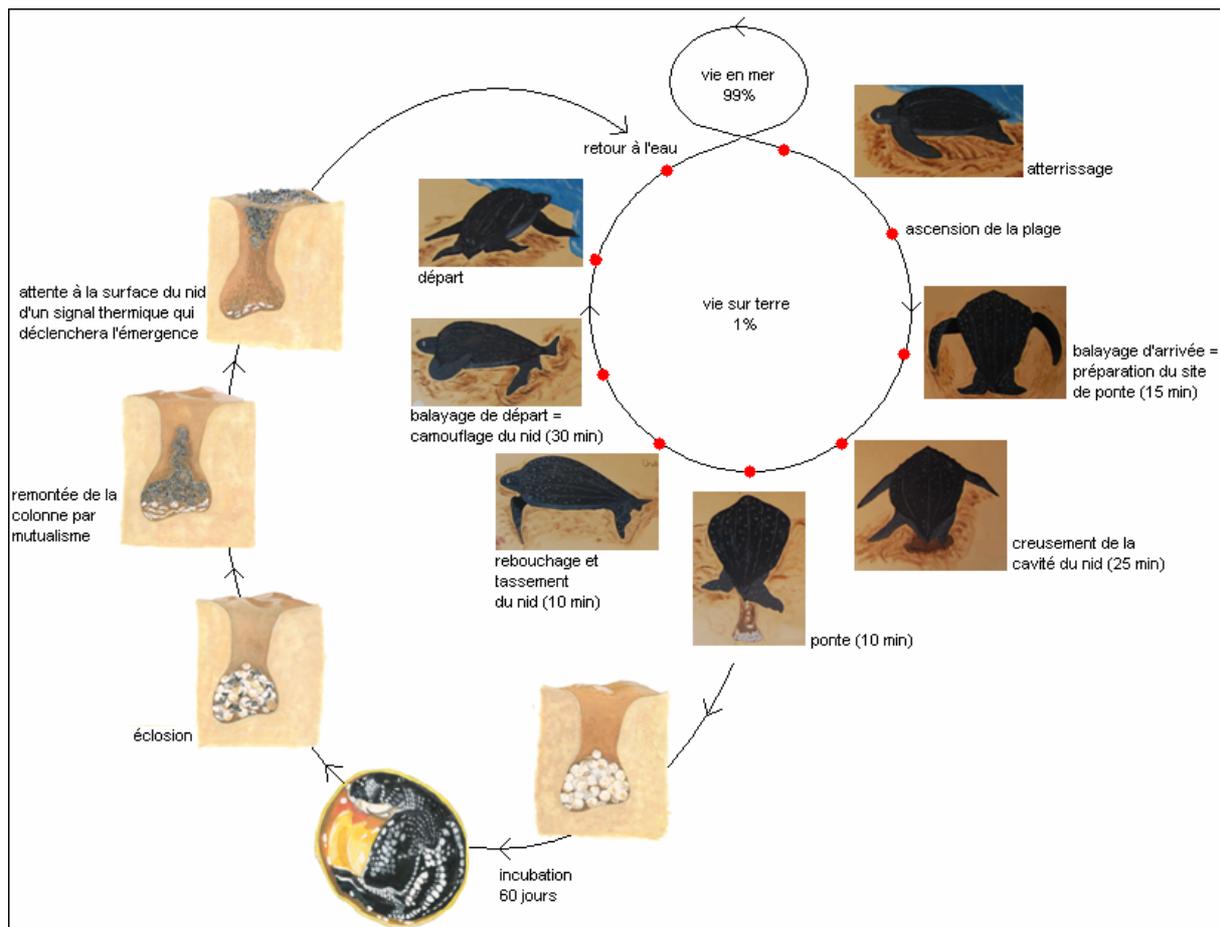


Figure 3 : schéma explicatif du comportement de ponte et d'émergence chez la tortue luth (source : « la tortue luth » WWF 2008 / fresque murale de la Réserve Naturelle de l'Amana)

- Menaces pesant sur les tortues marines

Parmi les menaces qui pèsent sur les tortues marines, il faut distinguer les menaces d'origine naturelle, et celles d'origine anthropique.

Pour les tortues adultes, les menaces d'origine naturelle ne sont pas nombreuses et se limitent aux prédateurs tels que les requins ou les orques en mer, et les jaguars sur terre. Par contre, les œufs et les émergences sont beaucoup plus exposés à ce type de menaces. L'érosion du littoral entraîne la destruction de centaines de nids chaque année. De nombreux prédateurs se nourrissent des œufs et des émergences lors du trajet à la mer (raton crabier, urubus, crabes, etc...).



Figure 4 : mise à jour des nids par l'érosion du littoral, Mailys Cancel

Par sa présence sur le littoral, l'Homme interagit aujourd'hui de manière grandissante sur le milieu naturel des tortues marines. Il est à l'origine de plusieurs menaces et participe à la dégradation de leur habitat, perturbant ainsi le fragile équilibre qui s'est instauré au cours de l'évolution. Il s'agit par exemple de l'urbanisation du littoral (pollution lumineuse, enrochement des plages...), des chiens errants, de la pêche côtière, de la pollution, etc. Tous ces facteurs mettent en péril l'avenir des espèces de tortues marines, c'est pourquoi des mesures doivent être prises afin d'en limiter au maximum les impacts.

Il s'agit de concilier urbanisation du littoral et conservation des tortues marines.



Figure 5 : demi-tour de tortue luth à cause des enrochements du littoral, Mailys Cancel

- Statut de l'espèce :

Les effectifs actuels de populations de tortues marines ont nettement diminué au cours des derniers siècles. C'est pourquoi les tortues marines font aujourd'hui l'objet de plusieurs mesures de protection au niveau international, national, et même local. Ainsi, les espèces présentes en Guyane sont intégralement protégées. Elles sont classées sur la liste rouge par l'IUCN depuis 2000 (tortue luth et tortue verte « en danger critique d'extinction » et tortue olivâtre « vulnérable »).

En Guyane et plus largement sur le territoire national, ces trois espèces sont intégralement protégées par l'arrêté ministériel du 17 juillet 1991 révisé le 14 octobre 2005. Ce statut interdit à quiconque « la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation ou, qu'ils soient vivants ou morts, le transport, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de spécimens de tortues marines » (Journal Officiel de la République Française, 2005). Cet arrêté protège les adultes, les nouveau-nés, les œufs, les nids et plus largement les sites de ponte de toute atteinte d'origine humaine.

En tant qu'espèces menacées, les tortues marines font l'objet de programmes d'études et de conservation depuis de nombreuses années en Guyane, notamment dans l'ouest et dans l'Est du département qui constituent deux sites de ponte d'importance mondiale pour les tortues marines.

- Les 3 espèces de tortues marines nidifiant en Guyane :



Figure 6 : tortue luth, Maël Dewynter

Figure 7 : carte de répartition mondiale de la tortue luth, association Kwata



La tortue luth ou *Dermochelys*

coriacea est la plus grosse tortue du monde. Elle est la seule représentante de la famille des Dermochélyidés. Elle se distingue aisément des autres tortues marines par sa grande taille (1,60m de dossière en moyenne pour 400kg), son anatomie (elle n'a pas de carapace ni d'écaille mais son dos est recouvert d'une dossière de cuir), et sa couleur bleue nuit tachetée de blanc. (Kelle & Feuillet, 2008)



Figure 8 : tortue olivâtre, Maël Dewynter

Figure 9 : carte de répartition mondiale de la tortue olivâtre, association Kwata



La tortue olivâtre ou *Lepidochelys olivacea* est une espèce à écaille. Elle est la plus petite des tortues présentes en Guyane. Elle pèse entre 40 et 45kg avec une longueur de carapace de 65 à 75cm. Une des caractéristiques de cette espèce est son comportement de ponte sous forme d'arribada : en l'espace de quelques jours, plusieurs dizaines voir plusieurs centaines de milliers d'individus sortent de l'océan pour venir pondre sur les plages. Ce phénomène est observable en Amérique centrale et en Inde. (De Thoisy & Feuillet, 2007)



Figure 10 : tortue verte, Maël Dewynter

Figure 11 : carte de répartition mondiale de la tortue verte, association Kwata



La tortue verte ou *Chelonia mydas* est la plus grande tortue marine à écailles. Elle pèse entre 140 et 300kg. Son nom trouve son origine dans la couleur de sa graisse qui a une teinte verte du fait de son régime alimentaire constitué essentiellement d'algues marines. Elle est présente dans la plupart des mers et océans du globe. La Guyane abrite des aires de nourrissage et des sites de ponte importants pour cette espèce. (Kelle & Feuillet, 2008)

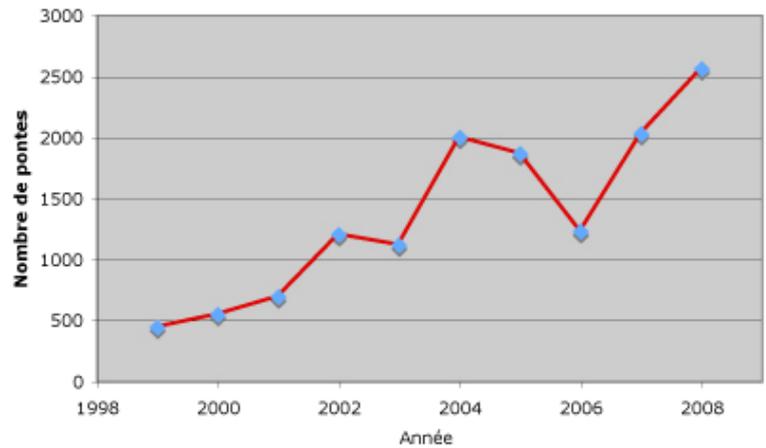
- Etat des populations sur l'Est de la Guyane

Deux espèces viennent en nombre pondre sur les plages de Rémire Montjoly et de Cayenne. Il s'agit de la tortue olivâtre et de la tortue luth. Depuis le début du suivi des populations sur l'Est de la Guyane, on constate globalement une hausse de l'activité de ponte au fil des ans. Quelques pontes de tortues vertes sont également observées chaque année, mais en nombre moins important... Cette espèce est cependant plus présente sur les plages de l'Ouest de la Guyane que sur les plages de l'Est.

La tortue olivâtre

Les plages de l'île de Cayenne accueillent jusqu'à 75% des pontes de Guyane pour l'espèce. Chaque année, entre 1500 et 2500 pontes sont recensées : il s'agit probablement du plus gros site de ponte d'Amérique de Sud pour la tortue olivâtre. (Kelle, Gratiot & De Thoisy, 2009)

Figure 12 : carte d'évolution du nombre de pontes de tortue olivâtre sur les plages de l'Est de la Guyane, « Programme tortues marines Est-Guyane, rapport d'activité saison 2008 », Association Kwata



La tortue luth

Depuis 2006, une forte augmentation des pontes de tortue luth à été constatée sur l'île de Cayenne. Avec 6400 pontes en 2008 et l'importance des pontes en début de saison, il est probable que ce nombre soit dépassé en 2009.

Figure 13 : carte d'évolution du nombre de pontes de tortue luth sur les plages de l'Est de la Guyane, « Programme tortues marines Est-Guyane, rapport d'activité saison 2008 », Association Kwata

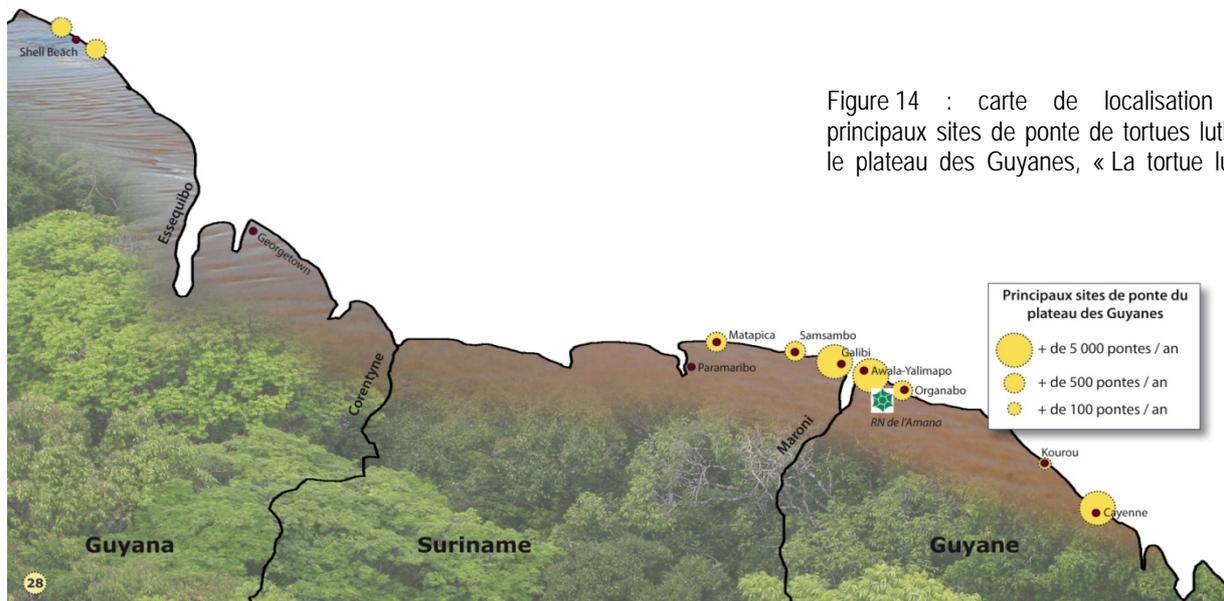
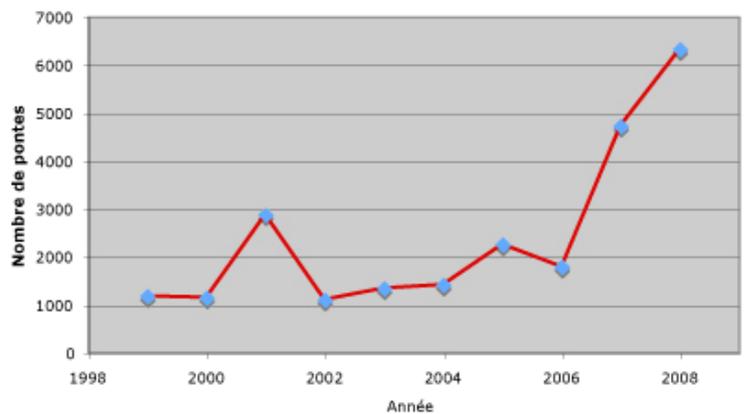


Figure 14 : carte de localisation des principaux sites de ponte de tortues luth sur le plateau des Guyanes, « La tortue luth »,

1.3.2. Les tortues marines et la pollution lumineuse

- Pollution lumineuse

La notion de pollution lumineuse est récente. Elle apparaît en 1980 où des astronomes ont constaté une dégradation de la voie lactée par des lumières trop intenses. L'expression « pollution lumineuse » désigne en général le halo lumineux urbain. L'augmentation du halo lumineux a été mesurée par satellite de 5 à 10 % par an depuis la fin des années 1990. Ainsi, la pollution lumineuse aujourd'hui de plus en plus intense en bord de littoral est à l'origine d'un halo lumineux qui interfère avec la lumière naturelle. Ainsi, au lieu de se diriger vers la mer, les tortues marines sont désorientées ou mal orientées et se dirigent vers les sources lumineuses.

«L'urbanisation des côtes engendre une destruction directe des sites de nidification des tortues marines que sont les plages sablonneuses. De ce fait, elle constitue une des causes importantes de mortalité de ces espèces protégées. Parmi les nombreuses nuisances engendrées par l'urbanisation, un nouveau type de pollution, dit « indirect », est de plus en plus répandue sur nos côtes : **la pollution lumineuse**. On la définit comme « la présence nocturne anormale ou gênante de lumière et les conséquences de l'éclairage artificiel nocturne, sur la faune, la flore, les écosystèmes ou parfois des effets suspectés ou avérés sur la santé humaine ». Les tortues adultes venues pondre mais aussi les jeunes tortues émergentes subissent l'impact des lumières trop intenses aux abords des plages. Parce qu'aujourd'hui la vie nocturne ne se conçoit plus sans lumière, celle-ci symbolisant à la fois la sécurité, le progrès, le bienfait social, il se révèle difficile de limiter son impact sur l'environnement. C'est par la mise en place de compromis avec les différents acteurs qu'il paraît envisageable de trouver des solutions appropriées.» (ONCFS, 2008)

- La vision chez la tortue marine

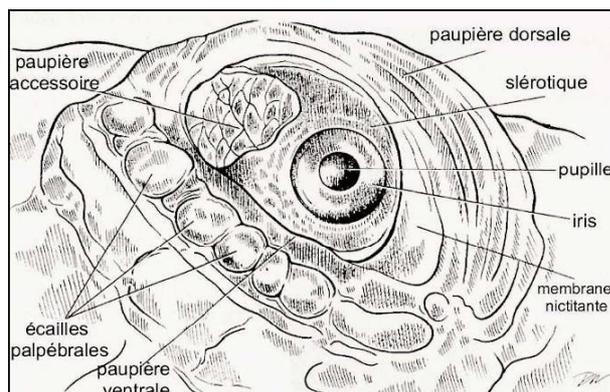


Figure 15 : Oeil d'une tortue caouanne. D'après Wyneken 2001 (Illustration Witherington).

Figure 16 : Tête de tortue luth, MO3, Mailys Cancel

Le globe oculaire d'une tortue marine s'organise en trois couches : une couche externe composée de la sclérotique et de la cornée, une couche moyenne comportant la choroïde, le corps ciliaire et l'iris, et une couche interne constituée de la rétine. C'est sur la rétine que sont localisées les cellules visuelles : ce sont les cônes et les bâtonnets qui leur permettent d'avoir une acuité visuelle et de détecter les couleurs. Des études électrophysiologiques ont été menées et confirment la faculté des tortues marines à détecter les couleurs, principalement dans les longueurs d'onde courtes, et une acuité visuelle permettant d'identifier des éléments de tailles relativement faibles présents dans leur environnement marin (Lutz & al., 2003).

La luminosité est un signal important chez les tortues marines dans la recherche de l'océan. Des expérimentations (bandage des yeux de tortues vertes adultes après la ponte (Ehrenfeld & Carr, 1967; Ehrenfeld, 1968) et d'émergence de tortues vertes (Caldwell & Caldwell, 1962)) et des observations de l'orientation prise par les tortues luths après la ponte (Mrosovsky & Shettleworth, 1975) indiquent que les tortues dépendent de la vision pour retrouver la mer. Ces expérimentations ont permis de déterminer comment la lumière influence la direction prise par les tortues et la manière dont elles se déplacent pour aller jusqu'à la mer. Les tortues marines ont en fait un mécanisme qui leur permet de se diriger en fonction de la lumière : pour s'orienter, elles tournent sur place jusqu'à percevoir une intensité de lumière qui soit homogène d'un œil à l'autre. C'est cet équilibre, ce balancement d'intensité entre les deux yeux, qui leur permet de s'orienter et de se maintenir dans la direction de la source lumineuse.

D'où une désorientation ou une mauvaise orientation causée par la pollution lumineuse présente sur les plages, lorsque l'intensité des lumières artificielles perçues à hauteur de tortue est plus forte que l'intensité de la lumière naturelle. D'autant plus que après la ponte et à l'émergence, les tortues marines sont dans une phase de grande sensibilité aux signaux lumineux (Witherington & Martin, 1996) où elles présentent un comportement inné de recherche d'indices de luminosité, de forme et de couleur afin de retrouver la direction de la mer.

- Influence du choix de la source lumineuse

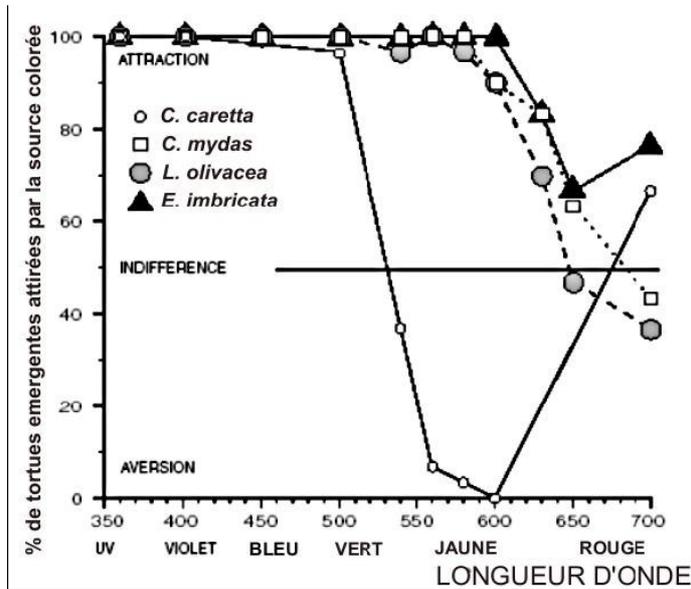


Figure 17: Réponse de l'orientation des émergences de 4 espèces de tortues marines à la couleur de la source lumineuse (Witherington & Martin, 1996)

Witherington & Martin (1996) ont mis en évidence l'influence de la longueur d'onde pour la vue de quatre espèces de tortues marines (*C. caretta*, *C. mydas*, *L. olivacea*, *E. imbricata*). Cette sensibilité est spécifique à chaque espèce, et la sensibilité à une longueur d'onde est donc plus ou moins importante selon l'espèce. Cependant, on constate de manière générale que les tortues marines sont plus sensibles aux longueurs d'onde courtes (couleurs froides) qu'aux longueurs d'ondes longues (couleurs chaudes). Selon Mrosovsky & Carr (1967), pour des couleurs bleues et rouges d'intensité égales, les tortues sont attirées par la lumière bleue. Les deux lumières sont autant attractives l'une que l'autre si la lumière bleue est 100 fois moins intense que la lumière rouge.

Witherington & Martin (1996) ont également apporté la preuve expérimentale de l'influence du type d'ampoule utilisé sur la vision de la tortue luth et de la tortue verte. Voici les résultats obtenus concernant la tortue luth :

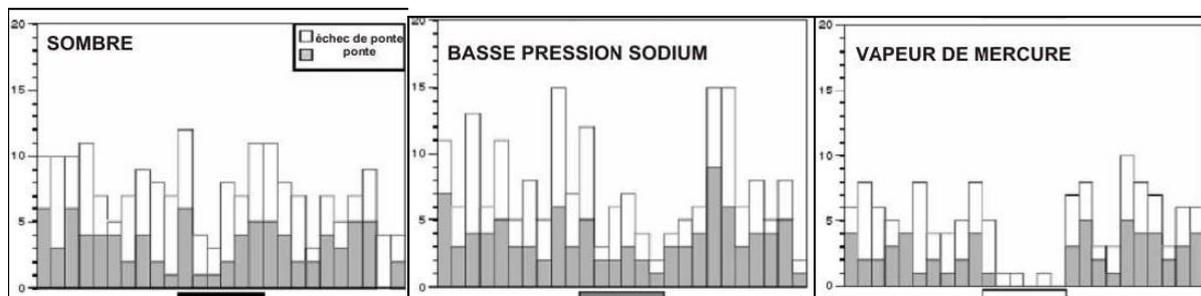


Figure 18 : Test de différentes lampes sur un segment de plage fréquenté par les tortues Luth, Witherington & Martin 1996 (en ordonnée, nombre de tentatives de ponte)

Ainsi, on constate que la mise en place d'un éclairage « sodium basse pression » sur un site initialement sombre perturbe peu l'intensité d'utilisation du site par les tortues Luth et le succès de ponte. A l'inverse, la mise en place d'un éclairage avec des lampes à vapeur de mercure perturbe significativement la tortue luth, avec un effondrement du nombre de tentative et de réussite de ponte. Le tableau ci-dessous établit une classification de l'influence de différentes sources lumineuses sur les tortues marines.

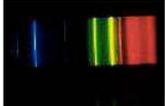
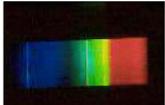
Sensibilité des nouveaux nés	Extrêmement sensible	Hautement sensible	Modérément sensible	Peu sensible
Type de lumière	-Lampe à vapeur de mercure (blanche) -Lampe fluorescente blanche -Lumière fluorescente UV, violet ou/et bleue -Lumière bleue et verte	-Lumière à vapeur de sodium haute pression (HPS) -Feux -Lumière fluorescente de couleur jaune et ambre	-Lampe avec filtres orange ou jaune -Lumière incandescente rouge ou jaune	-DEL -Néon -Lumière à vapeur de sodium basse pression (LPS)
Spectre d'émission	 <i>Lampe à vapeur de mercure</i>  <i>Lampe fluorescente</i>	 HPS		 LPS

Figure 19 : Sensibilité des tortues marines aux différentes sources lumineuses (Gorjux & al., 2006).

D'après Mrosovsky & Kingsmill, 1985 (*In* Kamel & Mrosovsky, 2005), même une lumière, de faible intensité peut affecter l'orientation des tortues marines.

- Pollution lumineuse et tortues marines

L'urbanisation et l'éclairage des zones littorales constituent une menace pour ces espèces protégées, car visibles de la plage, ces lumières artificielles interfèrent avec les signaux naturels et perturbent le comportement des femelles et des nouveau-nés:

- L'éclairage des plages a un impact sur le choix du site de ponte avec une diminution des activités de ponte en milieu éclairé et une préférence pour les zones restées dans l'obscurité. Ainsi, sur une même plage, des zones éclairées peuvent être délaissées pour des zones plus obscures mais moins appropriées, avec une incidence sur le sex-ratio des individus, le nombre de petits à l'éclosion, la survie à l'éclosion, ... (Witherington & Martin, 1996).
- Un dérangement de la femelle durant la première phase de ponte peut entraîner un abandon de la ponte (demi-tour vers la mer), une interruption de la ponte (risque de lâchers d'œufs en mer suite à plusieurs échecs de nidification), ou encore une diminution du temps octroyer au recouvrement et au camouflage des œufs (Witherington & Martin, 1996). En effet, une étude sur le comportement des tortues par Johnson et al. (1996) a montré qu'une tortue verte éclairée par des flashes recouvre ses œufs, projette le sable, et commence à retourner à l'eau en moins de 5 minutes à partir de la fin de la ponte (les tortues vertes prennent normalement 50 minutes pour ces étapes, Hirth and Samson, 1987).
- Après la ponte et à l'émergence, les tortues cherchent à s'orienter vers l'endroit le plus lumineux pour retrouver la mer. En zone éclairée, les lumières artificielles désorientent les individus, augmentant le temps mis pour rejoindre la mer qui s'associe alors à un risque de mort par épuisement, déshydratation et prédation. Les émergences, plus fragiles, sont plus exposées que les tortues adultes, et une désorientation a donc plus d'impact sur les émergences.

2. Matériel et méthode

L'objectif de l'étude est de caractériser et d'étudier l'impact sur les tortues marines de la gêne causée par la pollution lumineuse sur les sites de ponte de Rémire Montjoly. Pour atteindre cet objectif, il s'agit d'évaluer cette gêne et d'étudier les facteurs « gêne lumineuse », « nombre de pontes », « nombre de demi-tours », « désorientation des émergences » et « position géographique ». Les données recueillies lors de cette étude doivent permettre par la suite de proposer, d'appuyer et de mettre en place des solutions alternatives adaptées sur chacun des sites de ponte étudiés.

Afin d'effectuer le profil de la pollution lumineuse sur les Plages de Rémire Montjoly, il a fallu mettre en place un protocole adapté. Un premier protocole inspiré d'une étude faite en Martinique («Caractérisation des pollutions lumineuses sur les sites de nidification des tortues marines de la Martinique. Propositions de mesures de gestion. Rapport technique ONCFS (Office National de la Chasse et de la faune sauvage) 2008. CT Martinique. DROM. ») a été mis en place.

Ce protocole était basé sur la mesure de l'intensité lumineuse par transects espacés de 20 à 50m selon les conditions du site (site éclairé ou site sombre). Pour chaque transect, 6 mesures de l'intensité lumineuse devaient être réalisées à l'aide d'un luxmètre : 3 points de mesure (marée basse, marée haute et rupture de plage afin de prendre en compte les différents points de vue en fonction du profil et de la position sur la plage), et pour chaque point de mesures, une mesure au ras du sol (hauteur d'émergence), et une autre à 15cm du sol (hauteur de tête de tortue adulte). La mise en place du protocole a mis un mois entre la définition de la méthodologie, et la réception du luxmètre de l'ONCFS ayant servi à l'étude similaire réalisée en Martinique.

Cependant, un problème majeur est survenu lors du test du protocole : il est impossible d'obtenir une mesure correcte de l'intensité lumineuse en différents points de la plage. En effet, à partir d'une certaine distance, l'appareil de mesure utilisé ayant une précision limitée ne détectait pas la variation d'intensité. Les plages de Guyane sont beaucoup plus larges que celles de Martinique, et les sources lumineuses sont donc plus éloignées. Ce luxmètre (LUX LIGHT METER velleman DVM1300) n'est donc par conséquent pas adapté aux plages de Guyane. Un deuxième protocole a donc été établi en prenant cette fois en compte non pas l'intensité lumineuse mais la gêne causée par la pollution lumineuse. Ce protocole est détaillé ci-après.

2.1. Localisation de l'étude : plages de Rémire Montjoly

L'étude est réalisée sur les sites de ponte des plages de Rémire, et en particulier sur les plages de l'Apcat, de Montjoly (plage de Bourda et plage des Salines), et de Gosselin.



Figure 20 : carte de localisation des sites de pontes de l'île de Cayenne, « Programme tortues marines Est-Guyane, rapport d'activité saison 2008 », google Earth

2.2. Caractérisation de la gêne causée par la pollution lumineuse sur les sites de pont

Matériel utilisé : un GPS (GPSMAP 60CSx GARMIN™ et GPS MAGELLAN EXPLORIST 210) pour le géoréférencement des mesures, une fiche de terrain pollution lumineuse pour l'évaluation de la gêne causée par la pollution lumineuse, un appareil photo avec réglage fixe (pour être le plus fidèle possible à la réalité) pour l'illustration de l'échelle de mesure utilisée pour l'évaluation de la gêne (appareil photo réflex Pentax K20D, réglages : sensibilité de 5000 ISO, ouverture de f/4, vitesse d'obturation de 3 sec, et focale de 30 à 40 mm).

Protocole :

Il est impossible de mesurer avec un appareil la gêne causée par la pollution lumineuse. Il a donc fallu établir une échelle de mesures en fonction des degrés de pollution lumineuse observés sur le terrain afin de pouvoir évaluer la gêne causée par cette pollution lumineuse. Cette échelle de mesure est illustrée en Annexe (cf [Annexe 2 : échelle de mesure de la pollution lumineuse, p.36](#)) et se décline en 6 niveaux, à savoir :

- 5 = Projecteur blanc
- 4 = Lampadaire
- 3 = Lampe terrasse en bord de plage
- 2 = Présence d'un écran végétal devant la source lumineuse
- 1 = Lumières éloignées, très fort écran végétal
- 0 = Absence de lumière artificielle

Il s'agit d'une échelle de mesures semi-quantitatives, la valeur 0 et la valeur 5 correspondent respectivement à la valeur la plus faible et la plus forte de pollution lumineuse observée. Un niveau 5 sera attribué pour une gêne proportionnelle à la gêne causée par un spot de lumière blanche... Les indications ainsi associées à l'échelle de mesure sont des exemples : il faut tenir compte de l'ensemble des paramètres des sources lumineuses (intensité, couleur, écran végétal, nature de la source, etc...). Par exemple, un hallogène sera beaucoup plus impactant qu'une lumière jaune-orangée, un éclairage direct sera beaucoup plus impactant qu'un éclairage indirect, etc...(basé sur les connaissances bibliographiques, cf partie 1.3.2 du présent rapport).

Sur chaque site étudié, une évaluation de la gêne causée par la pollution lumineuse est effectuée à l'aide de l'échelle de mesure détaillée ci-dessus et suivant des transects définis. Un transect est réalisé à chaque fois qu'un changement notable dans le paysage lumineux est constaté à l'œil nu et à hauteur d'œil de tortue. Pour cela, la personne réalisant les mesures est allongée dans le sable. Pour chaque point de mesure, une fiche de terrain est remplie. Elle permet de déterminer l'angle pollué par la lumière artificielle à un point donné, avec prise en compte de la nature de la source et du niveau de gêne occasionné (Cf [Annexes 3 : exemple de fiche de terrain pollution lumineuse, p.37](#)). Chaque point de mesure est géoréférencé à l'aide d'un GPS. Les données recueillies sur le terrain pourront ainsi être analysées sur logiciel SIG.

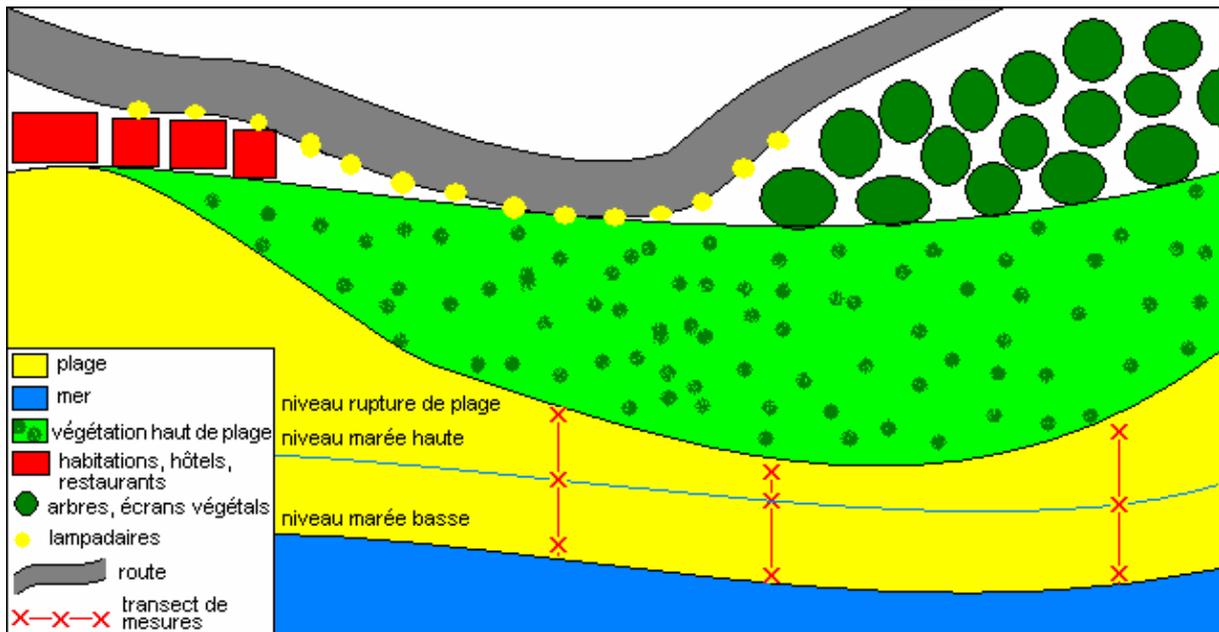


Figure 21 : schéma explicatif du protocole de mesure de la gêne causée par la pollution lumineuse

La topographie des plages de l'île de Cayenne n'est pas régulière. Par conséquent, pour chaque transect défini, 3 mesures sont réalisées perpendiculairement à la mer pour prendre en compte les différentes perceptions de la pollution lumineuse lors de l'ascension de la plage et lors du retour à la mer par les tortues marines: une mesure au niveau « marée basse », une mesure au niveau « marée haute », et une mesure au niveau de la rupture de plage.

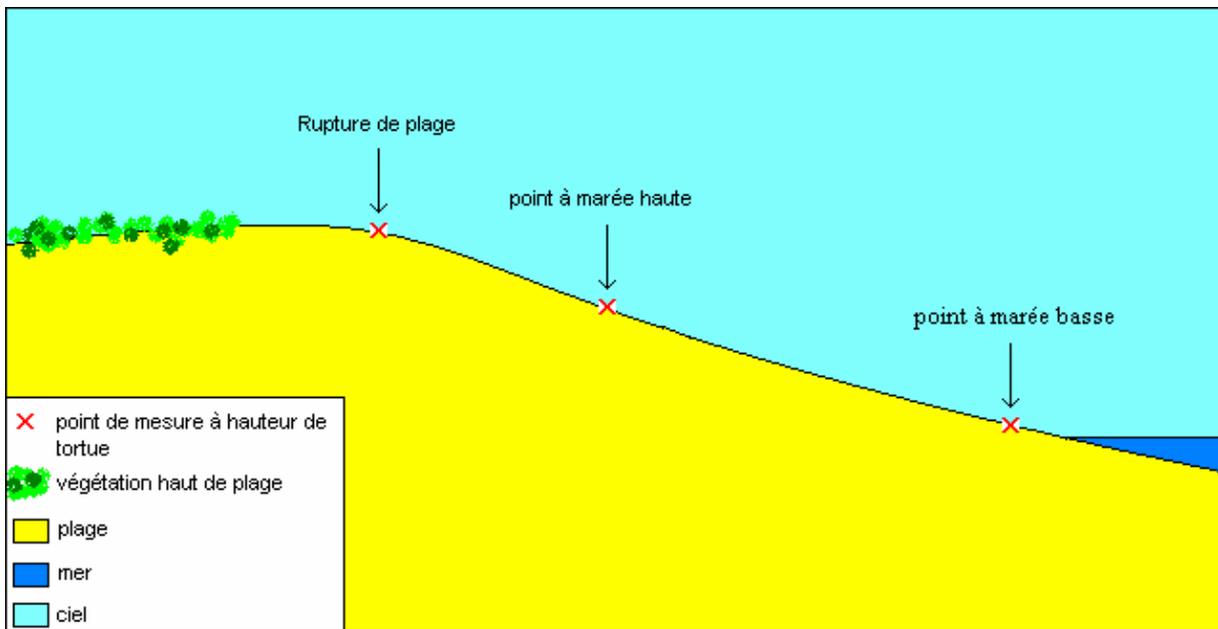


Figure 22 : schéma explicatif des différents niveaux de prise de mesure de la gêne causée par la pollution lumineuse sur un même transect

Paramètres à prendre en compte lors des mesures :

- Phase lunaire : autour de la période de pleine lune, la luminosité naturelle est beaucoup plus prononcée et il est plus difficile d'évaluer la gêne causée par la pollution lumineuse, notamment pour les éclairages éloignés. Par conséquent, la prise de mesures est à éviter dans les 9 jours encadrant la pleine lune, soit 4 jours avant, et 4 jours après la pleine lune.
- Horaires des marées : pour chaque transect, des mesures sont faites en 3 points (marée basse, marée haute et rupture de plage). Le point rupture de plage et marée haute sont facilement repérable par les traces laissées dans le sable. Afin de pouvoir effectuer le point de mesure à marée basse, les mesures sont faites aux horaires de marée basse, soit dans un créneau horaire de 4h encadrant la marée basse (2h avant et 2h après la marée basse).
- Horaire des mesures : certains éclairages restent allumés toute la nuit, d'autres non ; certains sont éclairés toute la semaine, d'autres non. Cela varie selon le type de structure (maison de particulier, hôtel, restaurant, éclairage urbain...). L'horaire des mesures est fixé entre 20h00 et 23h00. Lorsqu'une absence d'éclairage est constatée lors de la réalisation des mesures, celle-ci doit être notée afin de pouvoir être prise en compte lors du traitement des données terrain.

2.3. Etude de l'impact de la gêne causée par la pollution lumineuse sur les tortues marines adultes

Pour mettre en évidence le dérangement causé par la pollution lumineuse chez les tortues marines adultes et son impact sur les pontes de tortues marines sur les plages, deux variables ont été prises en compte : le nombre et la répartition des pontes sur les sites de ponte, et le nombre et la répartition des demi-tours (tortue étant venue sur la plage et retournée à l'eau sans avoir pondu) sur les sites de pontes.

Ces données sont recueillies deux fois par semaine, le lundi et le mercredi, lors du comptage quotidien des nids. Chaque ponte et demi-tour observé est géoréférencé à l'aide d'un GPS.

Au total, 11 comptages avec géoréférencement des pontes et des demi-tours ont pu être effectués. Ainsi, 835 pontes de luth et 48 demi-tours ont été observés sur l'ensemble des sites de ponte suivis dans le cadre de l'étude.

2.4. Traitement des données

L'objectif est de mettre en relation l'abondance des pontes et l'abondance des demi-tours avec la gêne causée par la pollution lumineuse afin de voir s'il existe une tendance entre ces 2 variables.

- Variable gêne causée par la pollution lumineuse

A partir des données de terrain, une valeur de la gêne causée par la pollution lumineuse a été calculée à partir des mesures réalisées et reportées sur les fiches de terrain (Cf [Annexe 3 : exemple de fiche de terrain pollution lumineuse, p.37](#)). Pour ce calcul, les valeurs comprises dans les cadrans supérieurs du cercle de mesure (vers la terre) sont affectée d'un coefficient multiplicateur 1, car si la tortue est désorientée par une de ces sources lumineuses, elle se dirige dans une direction opposée à la mer. Les valeurs comprises dans les cadrans inférieurs du cercle de mesure (vers la mer) sont affectés d'un coefficient multiplicateur 0,5 car même si la tortue est désorientée par une de ces sources lumineuses, elle est tout de même dans la direction de la mer.

L'ensemble des données de terrain obtenues ont été traitées à l'aide du logiciel SIG ARCGIS. Il a permis d'obtenir les distances de chaque transect de mesures par rapport à un point zéro (un point zéro en début de plage a été déterminé pour chacune des trois plages suivies), et donc d'obtenir la répartition des transects de mesures sur l'ensemble des plages suivies. L'étendue sur laquelle sont applicables les mesures de gênes d'un transect a ensuite été déterminée pour chaque transect de mesures (cf schéma ci-dessous). En effet, les transects de mesures n'étant pas effectués à distance régulière, les étendues des secteurs sur lesquels une valeur de gêne est applicable doivent être calculées individuellement.

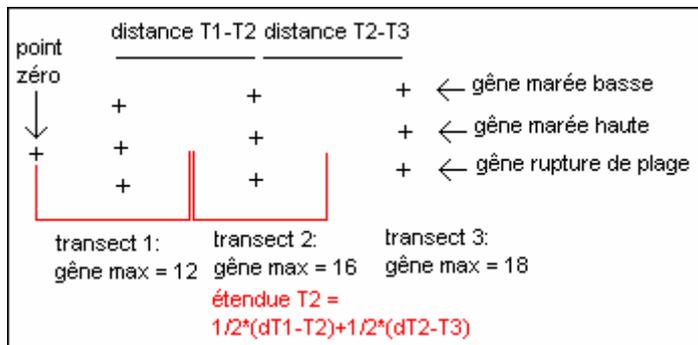


Figure 23 : Schéma explicatif de la méthode de traitement des données de terrain gêne causée par la pollution lumineuse. Dans cet exemple, la gêne maximale d'une valeur de 16 observée sur le transect T2 est applicable sur l'ensemble de l'étendue T2).

Les données concernant les mesures de la gêne causée par la pollution lumineuse ont ensuite été classées sur logiciel Excel. Pour chaque transect de mesures, 3 données de terrain sont obtenues : la valeur de la gêne à marée basse, celle de la gêne à marée haute, et celle de la gêne en rupture de plage. A partir de ces données, il a été possible de calculer la moyenne de la gêne observée par transect, et la gêne maximale observée par transect.

- Variable ponte et variable demi-tour : création d'un indice d'abondance

De même, avec le logiciel SIG ARCGIS et les données GPS de la répartition des pontes et des demi-tours recensés sur l'ensemble des sites de ponte, il a été possible de déterminer la distance de chaque ponte et de chaque demi-tour par rapport à un point zéro, et donc d'obtenir la répartition des pontes et des demi-tours sur l'ensemble des plages suivies. Le nombre de pontes et de demi-tours observés sur chaque étendue a donc pu être calculé.

Chaque secteur n'ayant pas la même longueur, un indice d'abondance a été créé pour les données pontes et les données demi-tours :

Indice d'abondance de ponte = $\frac{\text{nombre de pontes observées sur le secteur } x_i}{\text{longueur du secteur } x_i \text{ (en mètre)}}$

Indice d'abondance de demi-tour = $\frac{\text{nombre de demi-tours observés sur le secteur } y_i}{\text{longueur du secteur } y_i \text{ (en mètre)}}$

- Test statistique : le test de corrélation PEARSON

On considère initialement qu'il est équiprobable qu'une tortue marine vienne pondre à tout endroit sur la plage. Il s'agit ici de tester l'influence de la gêne causée par la pollution lumineuse sur la répartition des pontes et des demi-tours sur les plages de Rémire Montjoly.

En ce sens, l'ensemble des données de terrain ci-dessus ont été testées avec le test de corrélation PEARSON grâce au logiciel xlstat2008. En statistiques, le coefficient de corrélation de Pearson est le coefficient de corrélation le plus communément utilisé car bien adapté aux données quantitatives continues. Pour chaque test réalisé, 3 valeurs sont obtenues :

- La matrice de corrélation Pearson : elle donne la valeur du coefficient de corrélation Pearson. Sa valeur est comprise entre -1 et 1, et il donne le niveau de relation linéaire entre deux variables. La valeur obtenue correspond au coefficient directeur de la courbe de tendance.
- P-values : calculées pour les coefficients de corrélation, elles permettent de tester l'hypothèse nulle de corrélation non significativement différente de zéro entre les variables. Cette valeur correspond au seuil d'erreur accepté en considérant le test valable.
- Coefficient de détermination (R^2) : il s'agit du coefficient de Pearson au carré. Il donne une idée de la proportion de variabilité d'une variable explicable par une l'autre. Il représente la dispersion des valeurs autour de la courbe de tendance.

Ainsi, deux tests ont été réalisés. Tout d'abord avec les deux variables abondance des pontes et gêne causée par la pollution lumineuse. Puis, avec les deux variables abondance des demi-tours et gêne causée par la pollution lumineuse. Pour chacun des deux tests, l'ensemble des combinaisons en fonction du type de gêne pris en compte a été testé (gêne maximale, gêne moyenne, gêne à marée basse, gêne à marée haute, et gêne en rupture de plage).

3. Résultats obtenus, discussion

3.1. Analyse des résultats

3.1.1. Profil lumineux des plages de Rémire Montjoly

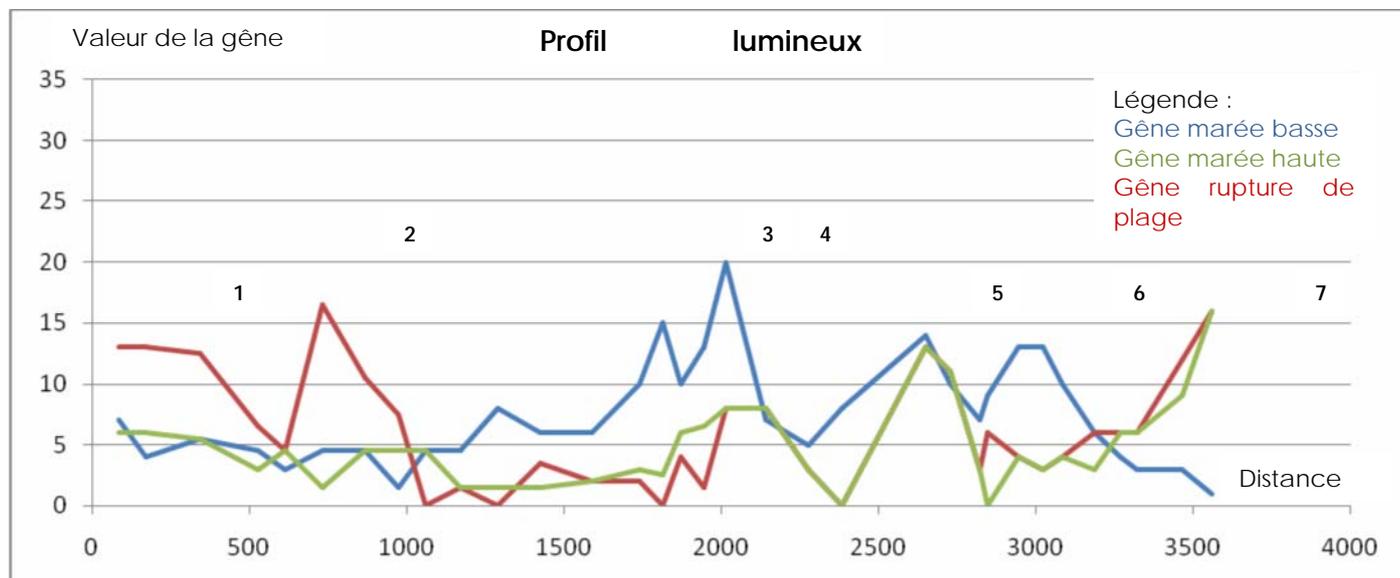
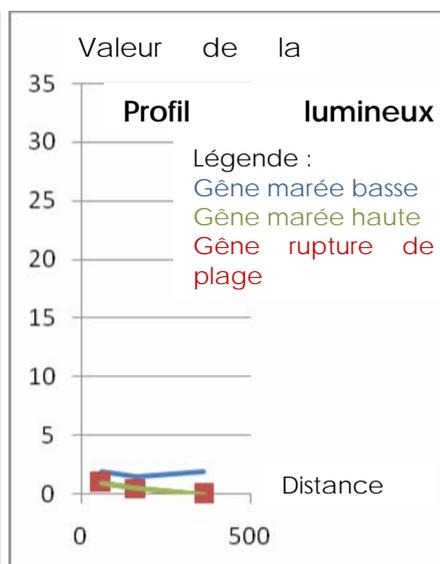
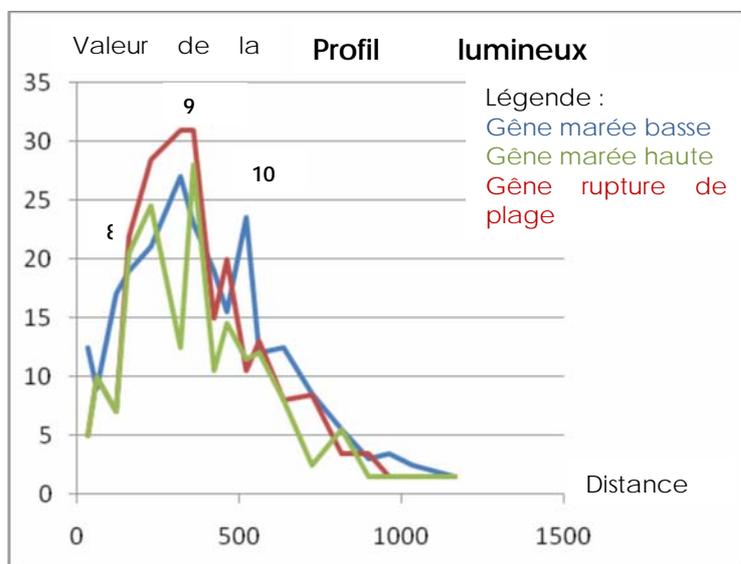


Figure 24 : profil lumineux de la plage de Montjoly

Le profil lumineux de la plage de Montjoly est relativement variable entre les mesures à marée basse, marée haute et rupture de plage. La différence entre les valeurs de gêne observées sur un même transect peut s'expliquer par la topographie de la plage avec une rupture de plage très marquée par endroits.



Figures 25 et 26 : profils lumineux de la plage de l'Apcat (à gauche) et de Gosselin (à droite)

Le profil lumineux de la plage de l'Apcat est plus homogène que celui de la plage de Montjoly en ce qui concerne les différents niveaux de prise de mesures de la gêne. La plus grosse mesure de gêne causée par la pollution lumineuse observée sur l'ensemble des plages suivies est obtenue vers le restaurant l'Auberge des plages, au niveau rupture de plage. Ceci s'explique par la combinaison de plusieurs sources très impactantes à cet endroit, à savoir, les deux spots lumineux de l'Auberge des

plages (un blanc et un jaune) et l'alignement des lampadaires de la route des Plages orientés en direction de la plage...

Le profil lumineux de la plage de Gosselin est le plus faible des trois plages. Cette plage est quasiment vierge de pollution lumineuse, si ce n'est les lumières du Mont Ravel qui restent visibles au niveau marée basse. Aucun demi-tour n'a été relevé sur cette plage lors des comptages GPS.

Afin d'avoir un aperçu de la localisation des sources lumineuses impactantes en terme de pollution lumineuse sur les sites de pontes de Rémire Montjoly, les principales sources ont été géoréférencées au GPS puis représentées sur une carte à l'aide du logiciel SIG (Cf [Annexe 4 : répartition des sources lumineuses impactantes sur les plages de Rémire Montjoly, p.38](#)) : les points situés sur la route correspondent aux lampadaires, les autres correspondent à des habitations en bord de littoral sauf les points 2 (restaurant l'Oasis), 26 et 27 (restaurant l'Auberge des Plage début et fin), et 34 (Résidence Régionale).

3.1.2. Sources lumineuses impactantes sur les plages de Rémire-Montjoly

Après identifications, les sources lumineuses les plus impactantes responsables du profil lumineux des plages de Rémire Montjoly ont été reportées et numérotées sur les graphiques précédents. Elles sont détaillées ci-dessous (les numéros entre parenthèses réfèrent aux points sur la carte de [l'Annexe 4 : répartition des sources lumineuses impactantes sur les plages de Rémire Montjoly, p.38](#)) :

Plage de Montjoly :

- 1 : Résidence Régionale et villas du Mont Bourda. Les lumières du Mont Bourda sont visibles sur la majorité de la plage de Montjoly. Plusieurs sources lumineuses très impactantes (spots blancs) sont dirigées vers la plage (31, 32, 33, 34, 40, 41, et 42).
- 2 : Lotissement sur MO4, avec un alignement de lampadaires visible depuis la plage (35 et 36).
- 3 : Habitation située à l'Ouest devant l'écloserie et juste au bord de la plage, plusieurs sources de lumières blanche. (12) Parking de l'écloserie avec lampadaires.
- 4 : Restaurant l'Oasis, impactant quand il est ouvert (néons et halogènes de plusieurs couleurs) (2).
- 5 : Avenue Sainte Rita, plusieurs sources lumineuses : immeuble, lampadaires, habitations (5).
- 6 : habitation au début de MO1, deux spots halogènes dirigés vers la plage (9).
- 7 : Habitations sur la fin de la plage MO1, dont une très impactante (11) (4 spots oranges, 1 spot blanc, 1 néon blanc), une rangée de lampadaire visible depuis la plage.

Plage de l'Apcat :

- 8 : Habitations fin AP3, plusieurs sources lumineuses impactantes (halogènes, néons blanc,...) (22 et 23).
- 9 : Restaurant l'Auberge des plages, très impactant, 2 spots lumineux orientés sur la plage, forte luminosité à l'intérieur du restaurant (26 et 27) . De plus à ce niveau, les lampadaires de la route des Plages sont particulièrement gênants, aucun obstacle (maisons, arbres) entre les lampadaires et la plage.
- 10 : Habitation en bord de plage sur AP2, éclairage orienté vers la plage (28 et 29).
- Un autre point lumineux gênant sur l'ensemble de la plage de l'Apcat à pour origine les habitations du Mont Ravel (37, 38, et 39).

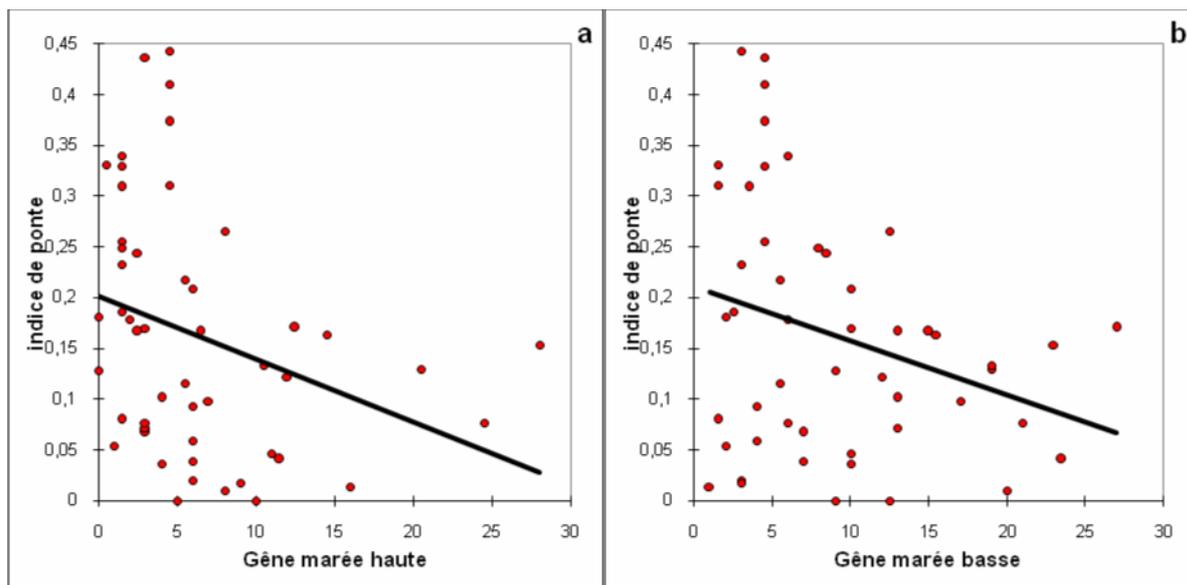
3.1.3. Impact de la pollution lumineuse sur les pontes

Après avoir testé l'ensemble des combinaisons « gène » avec l'indice d'abondance de ponte, 4 des 5 combinaisons s'avèrent significatives (en orange dans le tableau ci-dessous) avec $\alpha = 0,05$:

	Gène à marée basse	Gène à marée haute	Gène rupture en de plage	Gène maximale	Moyenne des gènes par transect
Matrice de corrélation (PEARSON) = coef directeur	-0,293	-0,311	-0,174	-0,287	-0,284
p-value	0,039	0,028	0,228	0,043	0,046
Coefficients de détermination (R^2)	0,086	0,097	0,030	0,082	0,081

Tableau 1 : réponses du test de corrélation PEARSON pour les variables « gène causée par la pollution lumineuse » et « indice de ponte »

Ci-après, les représentations graphiques de chaque combinaison significative, avec représentation des courbes de tendance respectives (droite noire) :



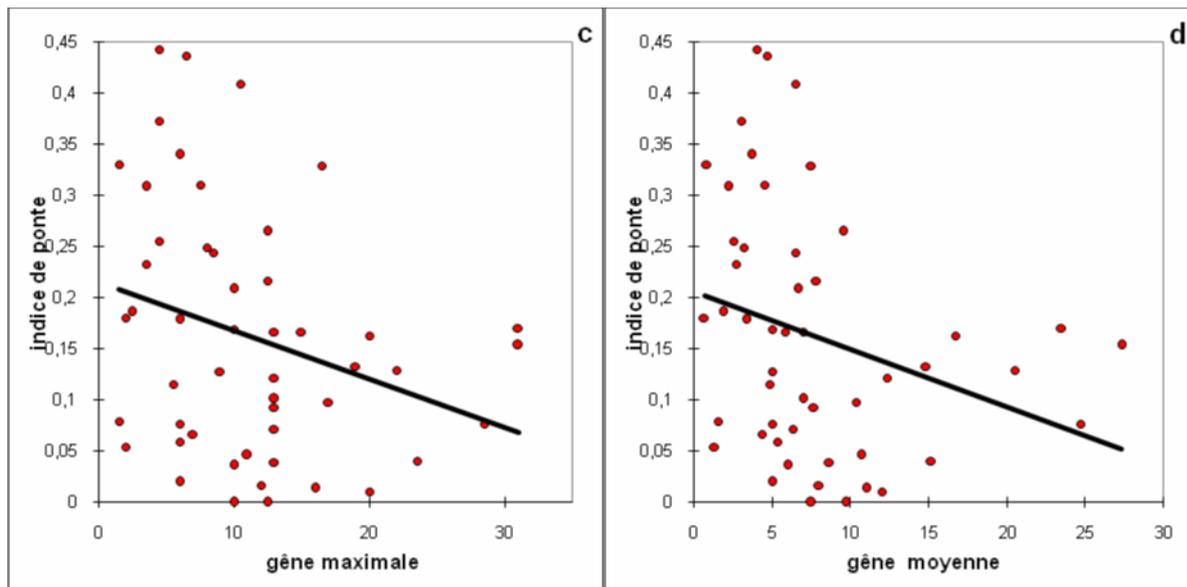


Figure 27 : graphique représentant les différentes combinaisons significatives avec le test de PEARSON pour $\alpha = 0,05$ pour les variables « gène causée par la pollution lumineuse » et « indice de ponte »

- a : variation de l'indice de ponte en fonction de la gène à marée haute
- b : variation de l'indice de ponte en fonction de la gène à marée basse
- c : variation de l'indice de ponte en fonction de la gène maximale
- d : variation de l'indice de ponte en fonction de la gène moyenne par transect

D'après les résultats obtenus ci-dessus, il existe donc un lien entre le nombre de pontes sur une zone et la valeur de gène causée par la pollution lumineuse sur cette même zone : le nombre de pontes tend à augmenter avec la diminution de la gène.

Le résultat le plus significatif est obtenu avec la gène à marée haute ($\alpha = 0,028$; $a = -0,311$; coefficient de dispersion de 0,097). Les tortues marines sortent préférentiellement à marée haute (dans les 4 heures encadrant la marée haute). Un premier choix du site de ponte est fait par les tortues marines au moment de la sortie de l'eau, ce qui explique l'obtention d'un résultat plus significatif pour la combinaison gène à marée haute avec l'indice d'abondance de ponte.

La combinaison gène en rupture de plage avec l'indice d'abondance de ponte n'est pas significatif. Le choix du site de ponte est fait pendant l'atterrissage. Une fois sur la plage, les tortues marines se dirigent en haut de plage pour y déposer leur ponte. Cela explique l'absence de significativité pour cette combinaison.

3.1.4. Impact de la pollution lumineuse sur les demi-tours

Après avoir testé l'ensemble des combinaisons « gène » avec l'indice d'abondance de demi-tour, 2 des 5 combinaisons s'avèrent être significatives : celle avec la gène à marée haute (en limite de significativité avec $\alpha = 0,063$), et celle avec la gène maximale (significative avec $\alpha = 0,100$) :

	Gène à marée basse	Gène à marée haute	Gène rupture en de plage	Gène maximale	Moyenne des gènes par transect
Matrice de corrélation (PEARSON) = coef directeur	0,265	0,172	0,097	0,238	0,195
p-value	0,063	0,232	0,504	0,096	0,175
Coefficients de détermination (R^2)	0,070	0,030	0,009	0,057	0,038

Tableau 2 : réponses du test de corrélation PEARSON pour les variables « gène causée par la pollution lumineuse » et « indice de demi-tour »

Ci-après, les représentations graphiques de chaque combinaison significative, avec représentation des courbes de tendance respectives :

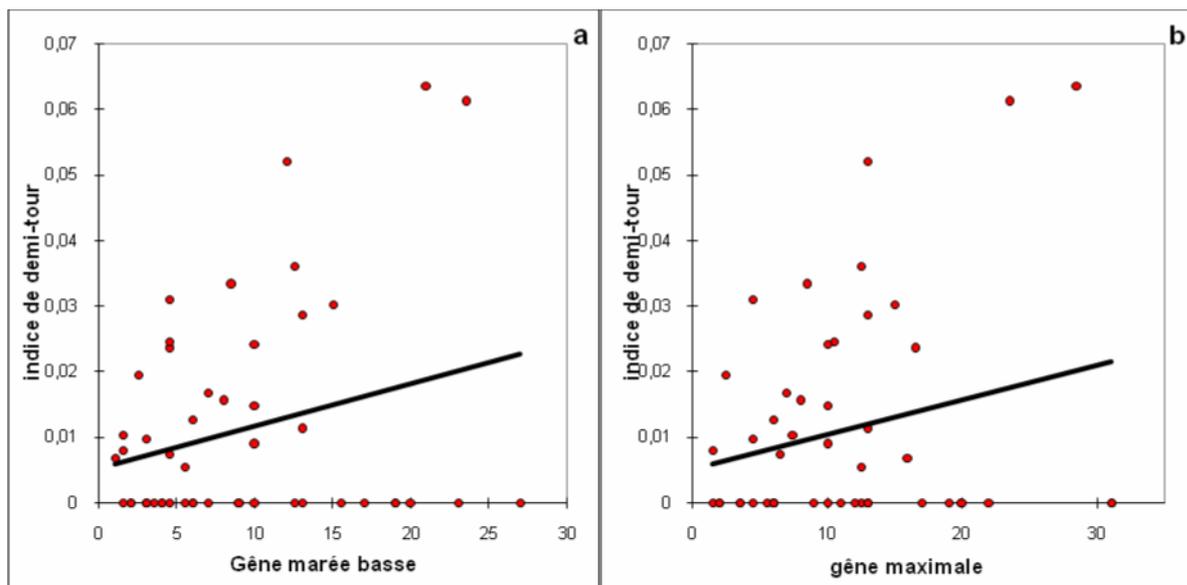


Figure 28 : graphique représentant les différentes combinaisons significatives avec le test de PEARSON pour $\alpha = 0,05$ pour les variables « gène causée par la pollution lumineuse » et « indice de demi-tour »

a : variation de l'indice de demi-tour en fonction de la gène à marée basse

b : variation de l'indice de demi-tour en fonction de la gène maximale

D'après les résultats obtenus ci-dessus, il existe donc un lien entre le nombre de demi-tours sur une zone et la valeur de gêne causée par la pollution lumineuse sur cette même zone : le nombre de demi-tours tend à augmenter avec l'augmentation de la gêne.

Le résultat le plus probant est obtenu avec la gêne à marée basse ($\alpha = 0,063$; $a = 0,265$; coefficient de dispersion de 0,070). De plus, sur le terrain, plusieurs demi-tours effectués juste à la sortie de l'eau ont été observés de *visu* (5) et ont donc été intégrés aux données.

Un deuxième résultat positif a également été observé avec la gêne maximale mais pour un $\alpha = 0,100$. Après l'atterrissage, les tortues marines montent en haut de plage pour pondre. Elles peuvent être gênées et se rendre compte que le site n'est pas adapté à n'importe quel moment, et sont donc susceptibles de faire demi-tour à n'importe quel moment, lorsque la gêne est trop importante. Cela explique l'obtention d'un résultat avec la gêne maximale. De plus, lors des comptages GPS, aucun demi-tour n'a été relevé sur la plage de Gosselin, plage où la pollution lumineuse est la plus faible et quasiment inexistante.

De manière générale, les tests réalisés avec la variable demi-tour sont moins nets que ceux réalisés avec la variable ponte. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence de significativité des résultats entre les 2 tests :

- Le nombre de données demi-tour est limité : 48 demi-tours relevés lors des comptages GPS pour 835 pontes. De plus, l'ensemble des demi-tours réels ne peut pas être comptabilisé. En effet, sur le terrain, plusieurs demi-tours effectués juste à la sortie de l'eau ont été observés de *visu* (5) lors de patrouilles de nuit et ont donc été intégrés aux données. Ceux qui n'ont pas été observés directement n'ont par contre pas pu être comptabilisés ;
- D'autres facteurs peuvent influencer la répartition des pontes et le nombre de demi-tours, comme par exemple les enrochements (raison pour laquelle le secteur MO2 n'a pas été pris en compte pour l'étude), la pollution ponctuelle (lampes torches, flashes, phares de voiture...), la topographie des plages (rupture de pente très forte à certains endroits, de plus susceptible d'avoir évolué au cours de l'étude).

Les tortues viennent sur la plage avec pour objectif de pondre. D'après les résultats obtenus avec la variable ponte, les tortues marines effectuent une présélection du site de ponte lors de l'atterrissage. Cependant il n'y a pas un évitement total des zones polluées par la lumière artificielle, mais une tendance à l'évitement des zones les plus polluées sur une même plage. De plus, d'après Witherington & Martin (1996) une phase de grande sensibilité aux signaux lumineux est observée après la ponte et à l'émergence durant laquelle les individus présentent un comportement inné de recherche d'indices de luminosité, de forme et de couleur. On remarque en effet, par l'observation des tortues sur les plages ou des traces qu'elles laissent dans le sable, que les tortues marines sont plus facilement perturbées lors du retour à l'eau. Ainsi, plus sensible à la pollution lumineuse, une tortue est plus susceptible d'être désorientée après avoir pondu. Les demi-tours correspondant uniquement au dérangement causé par la pollution lumineuse avant la ponte, il n'est donc pas tenu compte du dérangement causé par la pollution lumineuse après la ponte : les indicateurs utilisés ici peuvent sous-estimer la réalité de la perturbation.

3.2. Solutions alternatives pour réduire la pollution lumineuse sur les sites de pont

3.2.1. Des sources lumineuses moins impactantes

Il est primordial d'intégrer la problématique de conservation des tortues marines dans les projets d'aménagement du littoral : intégrer la notion de pollution lumineuse dans la construction des nouvelles infrastructures et des nouveaux aménagements, public ou privé.

Il est important de distinguer 3 catégories d'éclairage en ce qui concerne la pollution lumineuse sur le littoral : l'éclairage public fonctionnel des voies de circulation, l'éclairage d'ambiance, et l'éclairage privé.

- L'éclairage public fonctionnel des voies de circulation : cette catégorie d'éclairage est régi par la réglementation technique, des normes et des recommandations. Ces éclairages sont en place pour des questions de sécurité. Par exemple, le niveau d'éclairage légal va dépendre du type de route, etc...
- L'éclairage d'ambiance : dans cette catégorie figure l'éclairage public d'illumination et de valorisation, voire de signalisation qui suit des règles moins strictes que l'éclairage public fonctionnel des voies de circulation.
- L'éclairage privé : habitations, restaurants, hôtels, etc... Il n'existe aucune réglementation précise pour ce type d'éclairage.

La perception de la lumière chez les tortues marines dépend de son intensité et de sa longueur d'onde. Il existe des lampes alternatives beaucoup moins impactantes que les lampes classiques. Il est donc primordial de bien choisir sa source lumineuse. Les tortues sont moins sensibles aux couleurs chaudes. Ce sont les lampes à vapeur de sodium basse pression qui sont le moins impactantes. Ces lampes produisent une lumière monochromatique de couleur jaune très prononcé. Cependant, son utilisation est limitée car son rendu de couleur est très mauvais. Pas adaptée pour un cadre de vie, les lampes au sodium basse pression peuvent être utilisées lorsque le rendu des couleurs est secondaire (éclairage public fonctionnel, éclairage public de sécurité, balisage...).

En ce qui concerne l'amélioration des éclairages privés, il apparaît difficile d'imposer une lumière de mauvaise qualité... Les lampes les moins impactantes sont alors difficiles à utiliser pour ce type d'éclairage... La meilleure solution est d'éviter à tout prix les lumières les plus impactantes type hallogènes, lumières fluorescentes blanches ou à ultraviolet auxquelles les tortues marines sont extrêmement sensibles, et de privilégier des lampes moins impactantes du type lampes fluocompacts jaunes en les associant à une installation bien pensée. Un fournisseur a été identifié sur Cayenne, il s'agit du grossiste en matériel électrique Blandin.

3.2.2. Modification et amélioration des systèmes d'éclairage

Cependant, ces lumières ayant tout de même une influence sur les tortues marines, il est fortement recommandé de veiller à une bonne installation de l'éclairage. Il est possible d'apporter des améliorations aux éclairages déjà en place :

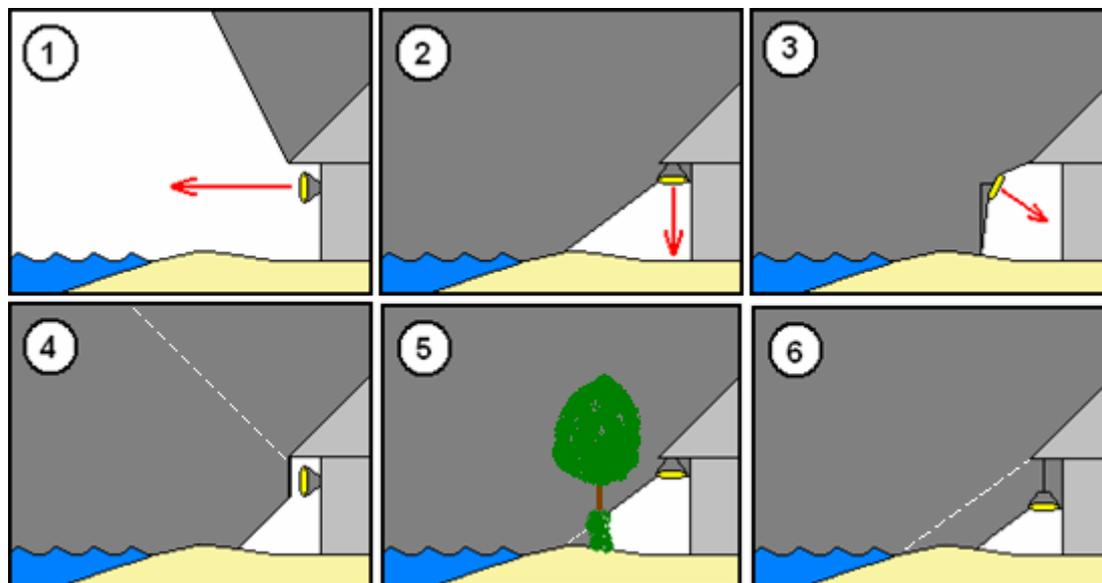


Figure 29 : schémas explicatifs des solutions alternatives permettant de diminuer la pollution lumineuse sur les plages

- Intensité et choix de la source lumineuse: de nombreuses habitations gardent leur éclairage allumé toute la nuit pour limiter les risques de vol. Cependant, ce n'est pas le type de luminaire utilisé ou l'intensité du luminaire qui jouera un rôle dans la diminution des vols... Une lumière hallogène (extrêmement impactante) et orienté vers la plage ne sera pas plus efficace qu'une lampe fluorescente compacte teintée en jaune (beaucoup moins impactante) et éclairant uniquement le terrain.
- Bien orienter la source lumineuse : orienter la source lumineuse uniquement vers ce qui est à éclairer. Un éclairage indirect (2 et 3) est moins gênant qu'un éclairage direct (1). Eviter à tout prix d'éclairer la mer et la plage. Le mieux est de diriger la source lumineuse dos à la mer (3) (y penser lors de la mise en place de nouvelles installations), ou au moins vers le sol (2) (pour les sources lumineuse déjà installées)...
- Régler la hauteur de la source lumineuse : diminuer la hauteur du luminaire (6) permet de diminuer la pollution lumineuse (2) (plus la lampe est basse, moins elle éclairera loin et moins elle sera gênante sur la plage), et de diminuer par la même occasion la puissance nécessaire de la source lumineuse. En éclairage fonctionnel des voies de circulation, des hauteurs minimales de 5m sont à respecter.
- Placer des obstacles entre la source lumineuse et la plage : les obstacles sont un moyen très efficace pour empêcher la lumière d'atteindre la plage. Les boucliers lumineux (lumière intégrée dans la structure, ou plaque devant la source lumineuse) permettent d'orienter et de limiter la diffusion de la lumière dans la direction souhaitée (4). Ils constituent un moyen très efficace, facile d'installation et peu onéreux (ils peuvent être fait avec une simple planche de bois). De plus, pour éviter que la lumière à l'intérieur des habitations ne soit trop visible de la plage, la mise en place de rideau est un moyen efficace. Les barrières végétales (5) constituent également un moyen très efficace en plus d'être naturel et esthétique. Pour une maîtrise efficace de la diffusion de lumière, il est conseillé d'associer des buissons denses (efficaces à hauteur de tortue) et des arbres (pour limiter l'éclairage indirect).

3.3. Communication : sensibilisation du public et médiation

3.3.1. Plaquette pollution lumineuse

La protection d'une espèce passe par la sensibilisation et l'information du public. En effet, tout le monde n'a pas le même niveau d'information concernant les consignes à observer. Il est donc important de renseigner le public. Un des moyens efficace en matière de communication est la diffusion auprès du public d'une plaquette d'information et de sensibilisation. C'est pourquoi, une plaquette sur la pollution lumineuse a été réalisée afin de renseigner le public et de susciter sa participation dans les démarches entreprises dans le cadre de la réduction de la pollution lumineuse sur les sites de ponte.

La réalisation de la plaquette a été sous-traité à l'entreprise de communication « fil rouge » (résidence Jardin de la Madeleine Cayenne, Tel : 05.94.35.69.09, b.annececile@wanadoo.fr). Le texte de fond et les croquis des dessins ont été fournis à l'entreprise avec description du produit final souhaité. L'entreprise est chargée de la réalisation des dessins et de la mise en page de la plaquette (coût de réalisation : 995 € avec cession des droits). L'impression sera effectuée ultérieurement par un imprimeur local.

Le support choisi pour la plaquette est un tryptique illustré format A4 pour une facilité de lecture. Les dessins schématiques présentent l'avantage d'attirer l'attention. Ils permettent de diffuser rapidement l'information souhaitée. Afin d'apporter des informations complémentaires, un texte accompagne les schémas. Cette plaquette concerne les 2 types de pollution lumineuse, à savoir, la pollution lumineuse fixe (éclairage des maisons, etc...), et la pollution lumineuse mobile et temporelle (lampes de poche, flash, etc...). Elle est constituée de 5 parties :



- La première de couverture : afin de rester dans la thématique « dessin schématique », un dessin présentant le thème générale de la plaquette, c'est-à-dire la notion de pollution lumineuse représentant un danger pour les tortues marines. La réalisation de la plaquette s'inscrit dans la partie communication du projet de médiation financé par la fondation Nicolas Hulot, la fondation de France et la fondation ensemble. D'où la présence des logos des 3 fondations en plus de celui de l'association Kwata.
- Une première page est ensuite consacrée au rappel du statut des espèces de tortues marines nidifiant en Guyane et de la présentation de la notion de pollution lumineuse et de son impact sur les tortues marines. Elle introduit la partie centrale du tryptique (3 pages) qui est composée de 2 parties.
- L'une concerne la pollution lumineuse « fixe » en bord de plage, le message à faire passer est qu'il existe des moyens simples, efficaces et peu onéreux permettant de diminuer la pollution lumineuse sur les sites de ponte de tortues marines. Ces moyens sont présentés, et une note en fin de la plaquette (quatrième de couverture) précise qu'il est possible d'appeler l'association pour avoir plus de détails sur la mise en place de ces solutions.
- L'autre partie concerne la pollution lumineuse « mobile et ponctuelle » sur les plages (lampes de poche, flashes,...). Il s'agit de rappeler le comportement à adopter en matière de pollution lumineuse lors de l'observation d'une tortue marine sur la plage.
- Enfin, sur la quatrième de couverture figure l'ensemble des logos relatifs au PRTM, à savoir, le CNES, la DIREN, le PO Amazonie, et le Fédér.

A destination du grand public, cette plaquette sera mise à disposition au bureau de l'association et sera distribuée dans les boîtes aux lettres des particuliers concernés par la pollution lumineuse en bord de littoral.

3.3.2. Patrouilles animation

L'association Kwata effectue chaque année des patrouilles quotidiennes sur les sites de ponte durant la saison de nidification. Ces patrouilles débutent en général à 20H00 et sont effectives sur les plages de Montjoly, de l'Apcat, et de Zéphyr. Leur objectif est de s'assurer du comportement correct et respectueux du public envers les tortues marines. Elles sont présentes sur les plages pour renseigner et informer le public sur le comportement à adopter lors de l'observation d'une tortue marine et pour répondre aux éventuelles questions. Les patrouilles sont l'occasion de faire passer des messages au public par le biais de la discussion. Ainsi, des recommandations sur la pollution lumineuse « mobile et ponctuelle » (lampes de poche, flashes d'appareil photo, etc...) sont faites :

- Les tortues voient les lumières de loin. En marchant sur la plage, éviter d'allumer les lampes de poche ou frontales (sauf en cas de nécessité) et se guider de préférence avec la clarté de la nuit. En effet, une fois les yeux habitués à la pénombre, la vision de loin est meilleure qu'avec une lampe.
- Si une tortue est aperçue, l'observer sans la déranger : s'approcher calmement et toujours par derrière pour être le moins visible possible. Garder les lampes éteintes tout au long de l'observation.
- Si la tortue bouge, se déplacer avec elle afin de se trouver derrière elle en permanence. Ne jamais la toucher.
- La prise de photos avec flash est à éviter au maximum. Elle est possible à uniquement 2 moments : lors de la ponte (car la tortue est alors comme dans un « semi-sommeil » et est donc moins sensible au dérangement), et lors du retour à l'eau (lorsque la tortue a les palettes natatoires antérieures dans l'eau car on est sûr que son travail de ponte a été accompli et qu'elle n'a plus d'obstacle devant elle avant le retour à l'eau) ; les photos devant être prises de dos. Cependant, il est conseillé pour une belle photo de venir sur les plages tôt le matin, ou en fin d'après-midi, si possible dans les 2 heures encadrant la marée haute.
- Une fois la ponte terminée, la tortue ne laisse pas son nid avant de l'avoir rebouché et camouflé avec un balayage de départ. Ces étapes sont importantes pour la viabilité du nid. Or un dérangement à ce stade du processus de nidification peut entraîner un raccourcissement de ces étapes (cf connaissances bibliographiques 1.3.2). Il est donc important de rester calme et à l'arrière de la tortue tout au long de l'observation.

S'en suit d'autres précisions en fonction des questions et de l'intérêt porté par le groupe de personne concerné.

3.3.3. Médiation auprès des décideurs locaux

Au vu du profil lumineux des plages de Rémire Montjoly, une des priorités en matière de réduction de la pollution lumineuse sur les plages concerne les lampadaires de la route des Plages (Cf profil lumineux de la plage de l'Apcat, partie 3.1.1). En effet, ils sont tous orientés en direction de la plage et les têtes des lampadaires sont mal inclinées. Par conséquent, ils éclairent directement la plage et la mer, notamment au niveau de l'Auberge des Plages où aucun obstacle (maisons, arbres,...) n'est présent entre la source lumineuse et la plage. Des solutions simples peuvent être apportées comme la mise en place de boucliers lumineux qui paraît être une solution simple et rapide à mettre en place par rapport à un déplacement des lampadaires de l'autre côté de la route (dos à la mer). Il peut également être envisagé de mettre en place des écrans végétaux. Effectivement, il est constaté après l'Auberge des plages que ce moyen diminue considérablement la gêne occasionnée par les lampadaires sur la plage.



Figure 30 : alignement des lampadaires de la route des Plages, éclairage en direction de la plage



Figures 31 et 32 : lampadaires de la route des Plages sans et avec écran végétal, Guillaume Feuillet

Un travail de médiation auprès du Conseil Général, en charge de l'aménagement de la route des Plages, est actuellement en cours pour résoudre ce problème. Un dossier technique réalisé par Kwata a été transmis et est à l'étude. Le dossier d'étude « évaluation des impacts de la pollution lumineuse sur les sites de ponte de tortues marines de Rémire Montjoly » fournira des éléments tangibles pour appuyer le travail de médiation et pourra constituer un outil d'aide à la décision.

Une fois instaurée, il serait intéressant d'étendre la démarche de mise en place de boucliers lumineux sur l'ensemble des lampadaires en bordure du littoral. En effet, à plusieurs endroits la présence des luminaires est gênante depuis la plage (plage de Montjoly) ...

Ensuite, les actions sont à prioriser en fonction des sources identifiées comme impactantes (Cf parties 3.1.1 et 3.1.2 du présent rapport). Le travail de médiation est donc à poursuivre auprès des restaurants l'Oasis et l'Auberge des Plages, de la Résidence de la Région qui est responsable d'un halo lumineux non négligeable, et enfin auprès des particuliers, notamment ceux disposant de spots lumineux blancs halogènes. Il s'agit de solliciter et de faire participer les particuliers à la dynamique de conservation des tortues marines par des actions de communication et de médiation (plaquette informative, création d'un label,...). En dernier recours, la répression au titre de l'arrêté ministériel d'octobre 2005 pourra être envisagée.

Conclusion

Malgré les difficultés rencontrées avec un premier protocole inapplicable aux plages de Guyane, la mise en place d'un deuxième protocole s'est avérée efficace. L'étude réalisée a permis de mettre en relation la gêne causée par la pollution lumineuse et la répartition des pontes et des demi-tours sur les plages de Rémire Montjoly pour la tortue luth (*Dermochelys coriacea*).

Les résultats confirment que sur les zones les plus impactées par la pollution lumineuse, le nombre de pontes tend à diminuer, et le nombre de demi-tours tend à augmenter. Le travail effectué a également permis d'établir le profil lumineux des plages de Rémire Montjoly et d'identifier les sources lumineuses les plus impactantes sur lesquelles il est prioritaire d'agir. Ainsi, l'association Kwata dispose d'éléments tangibles pour amorcer un travail de médiation avec les riverains et les collectivités concernées par la pollution lumineuse.

Afin de compléter les données et les résultats de cette étude, celle-ci devra se poursuivre sur le reste de la saison de ponte 2009 et le protocole devra notamment être appliqué à la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) afin de voir si les impacts sur cette espèce sont similaires à ceux obtenus pour la tortue luth. De plus, pour être complet, il paraît important d'étudier le comportement des émergences face à la pollution lumineuse des sites de ponte. C'est pourquoi, un protocole permettant de mesurer spécifiquement les perturbations occasionnées sur les émergences par les lumières a d'ores et déjà été rédigé (Cf Annexe 5 : protocole émergence p.39).

Bibliographie

Association Kwata. « Programme Tortues marines Est Guyane, rapport d'activité » saisons 2005, 2006, 2007, et 2008. DIREN Guyane

Caldwell, M. C., and D. C. Caldwell, 1962. Factors in the ability of the northeastern Pacific green turtle to orient toward the sea from the land, a possible coordinate in long-range navigation. *Contributions in Science* 60:5–27

De Thoisy B. and Feuillet G., 2007, « la tortue olivâtre », Collection Nature Guyanaise Sépanguy Direction Régionale de l'Environnement Guyane « Bioinsight/DIREN Guyane 2003. Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane. Partie I - Inventaire et diagnostic. » 90 p

Direction Régionale de l'Environnement Guyane « Bioinsight/DIREN GUYANE 2006. Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane - Partie II - Plan d'Action. » 50 p

Ehrenfeld, D.W., and A. Carr, 1967. The role of vision in the sea-finding orientation of the green turtle (*Chelonia mydas*). *Animal Behaviour* 15:25–36

Ehrenfeld, D.W., 1968. The role of vision in the sea-finding orientation of the green turtle (*Chelonia mydas*). II. Orientation mechanism and range of spectral sensitivity. *Animal Behaviour* 16:281–287

Gorjux E., Mailloux J., and Delcroix E., 2006. L'habitat terrestre des tortues marines. Prise en compte dans l'aménagement du littoral et restauration écologique aux Antilles françaises, U. s. t. e. p. d. s. ONF Guadeloupe, Etude technique ONF - réseau tortues marines de Guadeloupe

Hirth, H. F., and D. A. Samson, 1987. Nesting behavior of green turtles (*Chelonia mydas*) at Tortuguero, Costa Rica. *Caribbean Journal of Science* 23:374–379

Johnson, S. A., K. A. Bjorndal, and A. B. Bolten, 1996. Effects of organized turtle watches on loggerhead (*Caretta caretta*) nesting behavior and hatchling production in Florida. *Conservation Biology* 10:570–577

Journal officiel de la République Française, 2005. Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection. Ministère de l'écologie et du Développement Durable

Kamel et Mrosovsky, 2005. Repeatability of nesting preferences in the hawksbill sea turtle, *Eretmochelys imbricata*, and their fitness consequences. *Animal Behaviour* 70

Kelle L. and Feuillet G., 2008, « La Tortue luth », Collection Nature Guyanaise Sépanguy

Kelle L., Gratiot N. and De Thoisy B., 2009. Olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in French Guiana: back from the brink of regional extirpation?, *Oryx* 43:243-246

Mrosovsky, N., and A. Carr, 1967. Preference for light of short wavelengths in hatchling green sea turtles, *Chelonia mydas*, tested on their natural nesting beaches. *Behaviour* 28:217–231

Mrosovsky, N., 1967. How turtles find the sea. *Science journal reprint*: 7p

Mrosovsky, N., and S. J. Shettleworth, 1975. On the orientation circle of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*. *Animal Behaviour* 23:568–591

Nicholas M., 2001. Light pollution and Marine turtle hatchlings: The straw that breaks the camel's back?. *Protecting dark skies* 14(4): 4

ONCFS, 2008. Caractérisation des pollutions lumineuses sur les sites de nidification des tortues marines de la Martinique. Propositions de mesures de gestion. Rapport technique ONCFS (Office National de la Chasse et de la faune sauvage), CT Martinique. DROM

Salmon M. and Witherington, B. E., 1995. Artificial Lighting and Seafinding by Loggerhead Hatchlings: Evidence for Lunar Modulation. *Copeia* Vol. 1995, No. 4

Siège du Parc Amazonien, Cayenne, WWF, ONCFS, 2009. « Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane, Groupe de Travail Gestion des menaces sur les plages »

Witherington, B. E. and Martin, R. E., 1996. Sea Turtles and Lighting FMRI Technical Report TR-2 29 tuguero, Costa Rica. *Caribbean Journal of Science* 23:374–379

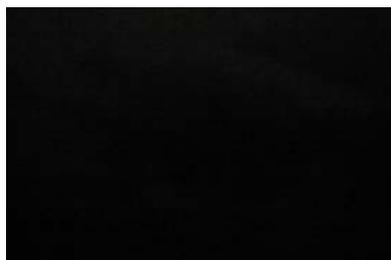
Witherington, B. E. and Martin, R. E., 1996. Florida marine research institute, Technical reports: Understanding, Assessing, and Resolving Light-Pollution Problems on Sea Turtle Nesting Beaches. Florida Department of Environmental Protection, 73p

Annexe 1 : détail de l'objectif opérationnel 1.5 du PRTM, parties 1.5.1 et 1.5.2

Réduire les menaces	Aménagement du littoral 
Objectif opérationnel : 1. 5	Réduire la dégradation des habitats terrestres des tortues marines en Guyane
Action : A.1.5.1	Intégrer la problématique conservation des tortues marines dans le porter à connaissance de l'Etat
Résultat : R.1.5.1	La conservation des tortues marines est intégrée dans les politiques d'aménagement en Guyane
Portée	Prioritaire
Localisation	Guyane
Maître d'ouvrage	DIREN
Maître d'oeuvre	DIREN,...
Partenaires	DDE, Aruag , Kwata, WWF, Sepanguy, CEL
Opérations	Il s'agira de constituer un groupe de travail pour actualiser le porter à connaissance que la DIREN a rédigé et y intégrer des recommandations en matière d'aménagement et d'utilisation des plages
Moyens nécessaires	réunions, propositions....
Durée prévue	6 mois
Date de démarrage	A fixer en concertation avec les partenaires
Budget	Sans objet
Financement	Sans objet
Indicateurs de suivi et/ou de résultat	<ul style="list-style-type: none"> • Rédaction du PAC (porter à connaissance) • Nombre d'exemplaires du PAC diffusés • Nombre de documents d'urbanisme reprenant le PAC sur ce volet TM • Nombre d'éclairages adaptés • Nombre de panneaux de sensibilisation installés

Réduire les menaces	Aménagement du littoral 
Objectif opérationnel : 1.5	Réduire la dégradation des habitats terrestres des tortues marines en Guyane
Action : A.1.5.2	Intégrer la conservation des tortues marines dans la planification spatiale
Résultat : R.1.5.2	Les plages de ponte et leur gestion conservatoire sont prises en compte dans la planification spatiale stratégique et réglementaire
Portée	fort
Localisation	Guyane
Maître d'ouvrage	DIREN Guyane
Maîtres d'oeuvre	DDE
Partenaires	Collectivités territoriales, CEL, KWATA
Opérations	<p>Il s'agira de faire intégrer la protection des plages de ponte de tortues marines dans tous les documents d'urbanismes aux différentes échelles de planification spatiale : Schéma de Mise en Valeur de la Mer, Schéma de Cohérence Territoriale et Plan Local d'Urbanisme</p> <p>Par intégration, il faut entendre : la spatialisation au sens politique et urbanistique de toutes les plages de ponte, leur localisation dans les documents graphiques et la précision des modalités de leur utilisation et aménagement.</p>
Moyens nécessaires	Réunions, propositions et rédaction
Durée prévue	Durée du plan
Date de démarrage	Après diffusion du porter à connaissance
Budget	Sans objet
Financement	Sans objet
Indicateurs de suivi et/ou de résultat	<ul style="list-style-type: none"> Le SMVM dans sa prochaine révision recense toutes les plages de ponte de tortues marines soit au titre d'espace remarquable du littoral (L146-6), soit au titre d'espace urbanisé existant (L146-4). Le SMVM dans sa prochaine révision précise les modalités d'application des dispositions particulières de la loi littoral (L146-1) au regard de la protection durable des plages de ponte : préservation de la zone sableuse, distances de construction, hauteurs de construction, type d'éclairage public ou privé, modes d'activité et de fréquentation nocturnes... Le Porté à Connaissance des documents d'urbanisme – procédure qui est continue – présente toutes les plages de ponte concernées par les documents et décrit la problématique de conservation durable des tortues marines dans leurs habitats terrestres. Le SCoT de la Communauté de Communes du Centre Littoral prend en compte le phénomène de nidification des tortues marines sur son littoral en enregistrant d'une façon exhaustive ses plages de ponte potentielles dans le rapport de présentation (état initial de l'environnement et évaluation environnementale), dans le PADD et surtout dans le document d'orientations générales qui seul a un effet juridique. Le document d'orientation doit ainsi prescrire les modalités d'utilisation et d'aménagement des plages en matière de construction, d'équipement d'éclairage et de fréquentation nocturne pour assurer la conservation durable des tortues marines dans leurs habitats terrestres. Le PLU de chaque commune littorale prend en compte le phénomène de nidification des tortues marines sur son littoral en enregistrant d'une façon exhaustive ses plages de ponte potentielles dans le rapport de présentation (état initial de l'environnement et incidence des orientations d'aménagement), dans le PADD et surtout dans le règlement ainsi que dans le document graphique ; ces deux derniers documents ayant seul un effet juridique. Ces deux documents doivent ainsi assurer la protection durable des plages et préciser la nature des activités et catégories d'équipements nécessaires à leur gestion en application des articles (R146-1 et R146-2). Des règles peuvent également édicter des prescriptions de nature à assurer la protection durable de parties de plages au titre de l'article L123-1 (point 7°). La carte communale peut permettre la prise en compte les espaces de ponte des tortues marines et donc de mettre en œuvre une protection des sites. Une stratégie d'acquisition des sites potentiels de nidification par le Conservatoire des Espaces Littoraux est mise en place.

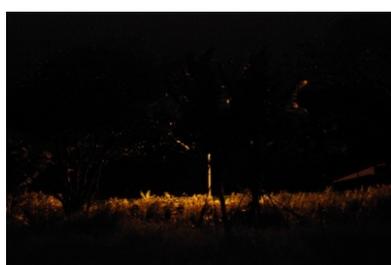
Annexe 2 : échelle de mesure de la pollution lumineuse



Niveau 0 : aucune pollution lumineuse



Niveau 1 : Mont Ravel de l'Apcat ; et une maison avec éclairage indirect sur MO2



Niveau 2 : lampadaire avec fort écran végétal sur la route des Plages ; et cours vers Sainte Rita avec écran végétal



Niveau 3 : terrasse d'une maison sur Apcat, lumière blanche mais éclairage indirect et écran végétal ; et éclairage sur Sainte Rita avec faible écran végétal

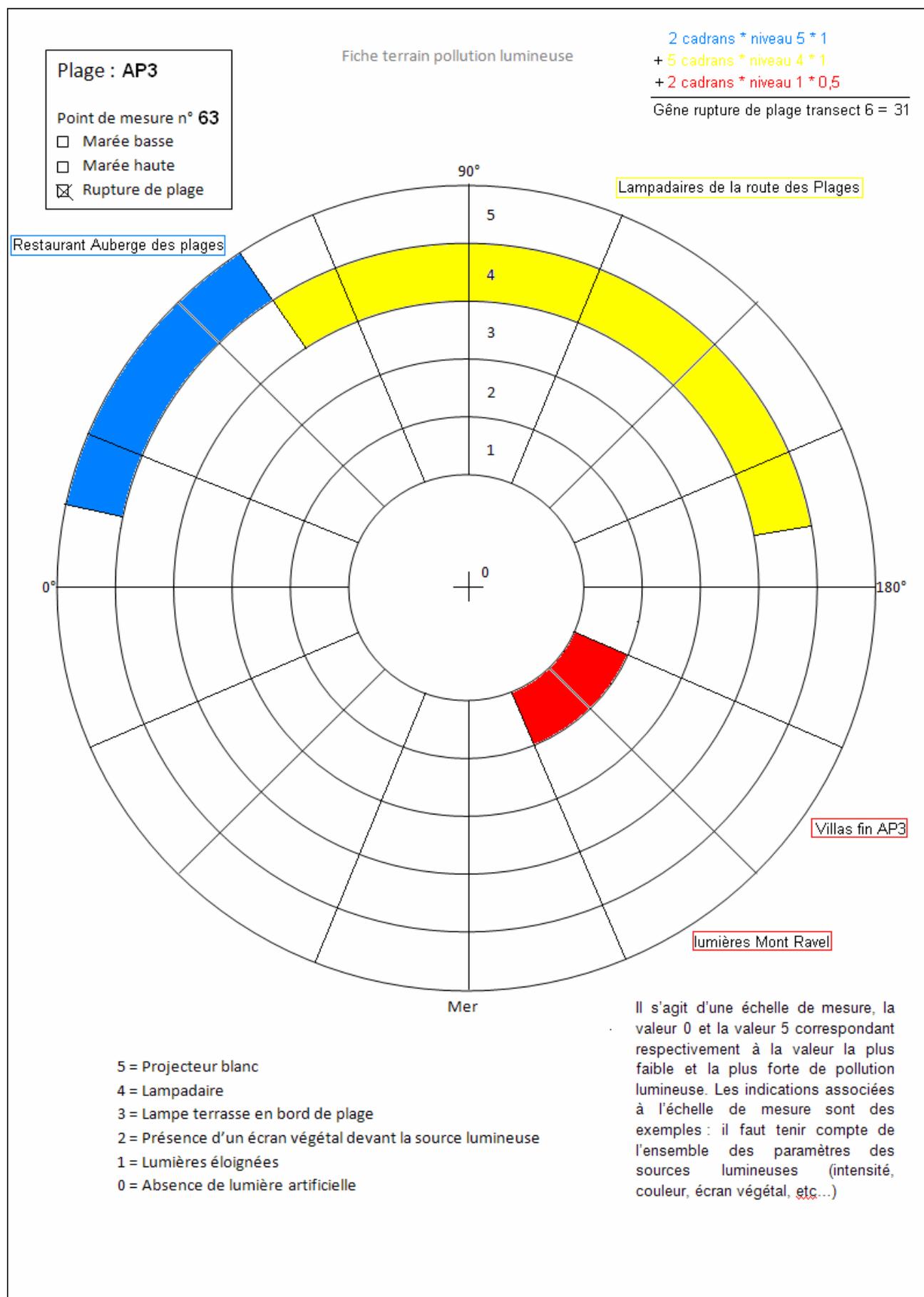


Niveau 4 : lampadaire de la route des Plages, éclairage direct vers la plage ; et éclairage terrasse sur Apcat sans écran végétal



Niveau 5 : restaurant l'Auberge des Plages 2 spots lumineux dirigés vers la mer ; et maison à côté de l'écloserie (MO3)

Annexe 3 : exemple de fiche de terrain pollution lumineuse



Annexe 4 : répartition des sources lumineuses impactantes sur les plages de Rémire Monjoly



Annexe 5 : protocole émergence

Un premier choix est effectué par les tortues adultes en ce qui concerne l'endroit de nidification. D'après les résultats obtenus, ce choix est significatif et on observe une majorité de ponte dans les zones les moins éclairées ; les tortues adultes n'évitent pas les zones lumineuses, elles évitent les zones les plus lumineuses. Par conséquent, il est probable que les pontes situées en zone lumineuse posent problème pour les émergences qui sont d'autant plus sensibles que les tortues adultes à la pollution lumineuse. La recherche de l'horizon le plus lumineux est en effet innée, et c'est la vision que les émergences auront à la sortie du nid (première vue) qui leur permettra de s'orienter...

L'objectif est d'étudier la relation entre la désorientation des émergences à la sortie du nid et la gêne causée par la pollution lumineuse observée au niveau du nid.

Matériel utilisé : un GPS pour le géoréférencement des mesures, une fiche de terrain désorientation à l'émergence pour la prise de mesure, et une corde de 50 cm pour tracer un cercle de 1m de diamètre autour des nid observés.

C'est un signal thermique qui déclenche la sortie du nid des émergences. Ainsi, les émergences se dirigent vers la mer préférentiellement à la tombée de la nuit et jusqu'au petit matin. L'objectif est d'observer le maximum d'émergences, directement ou dans la demi-heure suivant l'émergence (traces fraîches), afin d'avoir le maximum de données de terrain.

Pour chaque émergence observée, une fiche de terrain désorientation des émergences est remplie. Lors de la prise de mesure, un cercle de 1m de diamètre est tracé autour du nid. La fiche de terrain émergence est placée au centre du cercle et chaque trace d'émergence observée est reportée sur la fiche de terrain. Pour chaque mesure, la date, l'heure et les caractéristiques des sources lumineuses observées aux alentours du nid et à hauteur d'émergence sont précisées sur la fiche de terrain (cf protocole pollution lumineuse). De plus, pour chaque mesure effectuée, le point GPS du nid observé est géoréférencé afin de le faire corrélérer avec le profil lumineux précédemment effectué.

A partir des données de terrain, l'angle moyen de désorientation et l'étendue de la désorientation (angle de dispersion) des émergences à la sortie du nid sont calculés. Ces deux variables sont ensuite mises en relation avec la variable pollution lumineuse par le test statistique PEARSON.

Résumé

La pollution lumineuse sur le littoral fait partie des menaces qui pèsent sur les tortues marines, espèces intégralement protégées. Avec la réalisation du profil lumineux et la caractérisation de la gêne causée par la pollution lumineuse lors du processus de nidification de la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) sur les plages de Rémire Montjoly, cette étude doit permettre de trouver et de mettre en place des solutions alternatives appropriées alliant conservation des tortues marines et développement du littoral.

Abstract

The light-pollution along the coast is one of the threat which is hang over sea turtles, that are fully protected species. The making of the light profile and the characterization of the disturbance induced by light-pollution during the leatherback (*Dermochelys coriacea*) nesting process on Rémire Montjoly beaches is the main objective of this study, which should allow to find appropriated alternate solutions to combine sea turtle conservation and coast development.