

Caractérisation des pollutions lumineuses sur les sites de nidification des tortues marines de la Martinique.

Propositions de mesures de gestion.



**-Août 2008-
-CT Martinique, ONCFS. DR0M-**

Document issu du rapport de stage de Master 1^{ère} année réalisé à l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, CT Martinique/DROM, en lien avec l'université de Saint-Etienne, par Mlle Maréchal Jennifer. "Titre rapport"

Photographies de première de couverture :

- *Pierre Antoine Durant DIREN.*
- *Tortue imbriquée en ponte. Jérôme Delaigue, Sepanmar.*

Citer ce document :

« CT 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) 2008. CT Martinique. DROM. »

L'office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) est un établissement public à caractère administratif sous tutelle du MEEDAAT et du MAP. L'ONCFS participe à la connaissance de la faune sauvage et de ses habitats, la police de la chasse et de l'environnement et l'appui technique auprès des décideurs politiques, aménageurs et gestionnaire de l'espace rural. L'ONCFS est implanté dans tous les départements métropolitains et d'outre-mer.

TABLE DES MATIERES

1^{ERE} PARTIE : ESPECE ETUDIEES, CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE DE L'ETUDE

A.	Identification et éléments de biologie des Tortues Marines	7
1	Identification des espèces	7
2	Cycle de reproduction des Tortues Marines	9
3	Menaces	10
B.	Statut légal de protection des tortues marines	10
1	Législation au niveau international	10
2	Législation au niveau national	11
3	Le plan national de restauration des tortues marines aux Antilles françaises	11
C.	Situation et statut des zones côtières de la Martinique	12

2^{eme} PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE. SENSIBILITE AUX POLLUTIONS LUMINEUSES DES STADES ADLUTES ET NOUVEAU-NES DE TORTUES MARINES

A.	POLLUTIONS LUMINEUSES	16
B.	Impact de la pollution lumineuse sur différentes espèces et sur l'observation de phénomènes astronomiques	17
1	Santé humaine	17
2	Astronomie	17
3	Impact des pollutions lumineuses sur différentes espèces	17
C.	Éléments d'éthologie des tortues marines	18
D.	Importance de la vue chez les tortues marines	19
1	Organe de la vision	19
2	Sélection de la vue en tant que sens de l'orientation	20
3	Situation actuelle	21
4	Différents degrés de désorientation	21

E.	Perturbations occasionnées par les lumières artificielles	22
1	Choix du site de ponte	22
2	Mise en évidence du facteur « nature de la lampe » et des variations spécifiques de la sensibilité aux lumières artificielles	23
3	Effets de la longueur d'onde	23
4	Abandon ou l'interruption précoce du processus de ponte	24
5	Retour à la mer après la ponte	24
6	Désorientation des tortues émergentes	24
7	Effets indirects de la lumière	25
F.	Pistes pour la résolution des problèmes liés aux lumières artificielles	25
1	Application de la réglementation	26
2	Limitation et réduction de la durée des éclairages	26
3	Modification des éclairages existants	26
4	Mise en place d'écrans	28
5	Conseils aux propriétaires privés résidant en bordure de site de nidification	29
6	Education, surveillance, prévention	29
7	Relocalisation des nids	29
<u>3^{ème} PARTIE : ETUDE SPECIFIQUE DES POLLUTIONS LUMINEUSES A LA MARTINIQUE</u>		
A.	Matériels et méthodes	31
1	Sélection des sites d'étude	31
2	Protocole appliqué	32
3	Aspects réglementaires	33
B.	Résultats et analyse des relevés réalisés	33
1	Identification des sites	33
2	Intensités lumineuses	35
3	Relation entre intensité lumineuse et abondance des pontes	52
4	Relation entre intensités lumineuses et orientation des émergences	55

C.	Sensibilisation et aspects réglementaires	58
1	Bilan des rencontres d'acteurs	58
2	Document technique	59
3	Actions de sensibilisation du grand public et des gestionnaires, opération exemplaire	60
	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>62</u>
	<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u>	<u>65</u>
	<u>ANNEXES</u>	<u>66</u>

Les Petites Antilles ont longtemps constitué un site de reproduction et de nourrissage privilégié pour les tortues marines. Cependant, à partir du XVII^{ème} siècle, date du début de la colonisation des Antilles françaises, l'augmentation brutale de la population humaine a engendré d'importantes modifications du milieu ainsi qu'un accroissement considérable de l'exploitation des tortues marines en tant que ressource alimentaire. Dès 1976, le naturaliste Kermarrec énonce que « le danger qu'elles disparaissent est réel et proche ». Les tortues marines sont aujourd'hui classées au niveau international comme « En danger », voire « En danger critique d'extinction » (UICN). La pression sur ces espèces et sur leurs habitats est croissante et les tortues marines sont actuellement protégées par la réglementation nationale française et par la réglementation internationale. Au niveau français, l'arrêté ministériel du 14 octobre 2005 protège les tortues et leurs habitats particuliers. Cet arrêté a été concrétisé en 2003 par la rédaction au sein de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) du « Plan de restauration des Tortues Marines des Antilles françaises ». Ce plan fixe les orientations et actions à mener pour la préservation, la conservation et la restauration des populations de tortues marines des Antilles françaises. C'est dans le cadre de la mise en œuvre de ce plan que la présente étude a été réalisée.

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**. Les éclairages nocturnes génèrent en effet un nombre important de nuisances sur la flore et sur la faune. 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.

Cette étude présentera, d'après analyse de la bibliographie disponible, les caractéristiques des espèces nidifiant et l'impact des pollutions lumineuses sur ces espèces. Les différentes solutions déjà expérimentées dans les régions du monde concernées seront également exposées. Dans un second temps, l'étude menée sur le terrain en Martinique consistera à une identification des zones à risques en Martinique puis, au sein de ces zones dites « à risque » seront caractérisés (type, intensité, effets sur les émergences) les sources de pollutions lumineuses. Enfin, un arsenal de solutions permettant de réduire ces nuisances sera proposé en collaboration avec les gestionnaires dans le but d'utiliser une technologie moins défavorisante pour les tortues marines.

1^{ère} Partie : Espèces étudiées, contexte géographique et socio-économique de l'étude

A. Identification et éléments de biologie des Tortues Marines

1 Identification des espèces

a. Classification

Sept espèces de tortues marines sont connues dans le monde. Selon Bowen *et al.* (1993) et Bowen et Karl (1996), ces 7 espèces constituent une seule radiation distincte née il y a plus de 100 millions d'années. Pendant cette radiation, les tortues marines appartenant à l'ordre des *Testunides*, se sont divisées en 2 familles qui existent toujours actuellement :

- Le groupe des Dermochelyidae, qui n'est constitué que d'une seule espèce : la tortue luth
- Les Cheloniidae, avec 6 espèces différentes

Il existe actuellement en Martinique 5 espèces de tortues marines. La diagnose présentée ci-dessous (d'après Bowen *et al.*, 1993 ; Bowen & Karl, 1996 ; Karl & Bowen, 2001), permet de les identifier.

- o **Famille des *Cheloniidae* (Caractéristique : colonne vertébrale et côtes soudées à la carapace, elle-même constituée de larges plaques costales ossifiées recouvertes d'écailles cornées)**

➤ Genre *Chelonia*

- Espèce *Chelonia mydas* = **Tortue verte**



Figure 1 : Tortue verte (E. Hansen ONCFS)

➤ Genre *Caretta*

- Espèce *Caretta caretta* = **Tortue caouanne**



Figure 2 : Tortue caouanne (Y. Chevalier)

➤ Genre *Lepidochelys*

- Espèce *Lepidochelys olivacea* = **Tortue olivâtre**

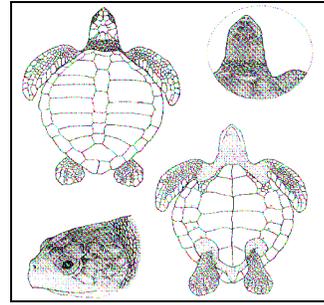


Figure 3 : Tortue Olivâtre Image Tom Mc Farland In (Pritchard & Mortimer, 1999)

➤ Genre *Eretmochelys*

- Espèce *Eretmochelys imbricata* = **Tortue imbriquée**



Figure 4 : Tortue imbriquée (Bremer Acquasud Plongée)

○ **Famille des Dermochelyidae. Caractéristique : colonne vertébrale et côtes séparées de la carapace par une épaisse couche de tissu adipeux. La pseudo-carapace est formée d'une juxtaposition de petits nodules osseux et est recouverte d'un fin tissu dermique.**

➤ Genre *Dermochelys*

- Espèce *Dermochelys coriacea* = **Tortue Luth**



Figure 5 : Tortue Luth (F. Jean-Marie Kawan)

Le caractère taxonomique de reconnaissance de ces différentes espèces repose essentiellement sur l'écaillage de la carapace complété pour les tortues imbriquée et verte par la disposition des écailles frontales (Annexe n°I).

b. Distribution

La Martinique, par sa localisation géographique et la qualité de ses milieux marins est un site privilégié pour l'observation de tortues marines (Gallais, 2005). Leur présence dans les eaux et sur les plages Martiniquaises peut être liée à leur le besoin de nidifier, de s'alimenter, ou bien les deux. Cette étude sera focalisée sur les trois espèces nidifiant en Martinique.

c. Les espèces nidifiant en Martinique

➤ **La Tortue Verte (*Chelonia mydas*)**

La carapace des tortues vertes adultes mesure autour d'un mètre, avec un minimum d'environ 80 cm et un maximum autour de 130 cm. Les adultes pèsent généralement autour de 150 kg (Chevalier & Lartiges, 2001). Il semble que les tortues vertes étaient autrefois omniprésentes sur les plages des Antilles. Aujourd'hui, la majorité des îles antillaises abritent encore quelques plages de nidification (Guadeloupe, St Lucie, St-Vincent, les Grenadines) dont l'activité reste faible par comparaison avec les chiffres historiques avancés. En Martinique, après plus de 20 années d'absence supposée de nidification, les premières observations de nids et de tortues en nidification ont été réalisées entre 2006 et 2008 (Delcroix *et al.*, 2008 ; Données ONCFS -Réseau tortues marines non publiées).

➤ **La Tortue Imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)**

Elle mesure en moyenne 80 cm de longueur droite (LD) et dépasse rarement le mètre aux Antilles. Les adultes pèsent généralement autour de 60-70 kg, mais les plus gros individus peuvent atteindre jusqu'à 130 kg. Les jeunes adultes se reconnaissent facilement grâce aux plaques de la carapace, imbriquées comme les tuiles d'un toit. Ce caractère s'estompe avec l'âge et peut totalement disparaître chez les vieux individus. La tête est fine et pourvue d'un long bec pointu qui lui a valu son nom anglais de hawksbill turtle (tortue à bec d'aigle) (Chevalier, 2001). C'est l'espèce la plus fréquente en Martinique. Dans la Caraïbe, l'effectif a été estimé à 5000 femelles nidifiant par an en 1999. Cette estimation est sans commune mesure en dessous du nombre décrit par les premiers chroniqueurs des Antilles, peu après l'arrivée des Européens (Meylan, 1999 *In* Chevalier, 2001).

➤ **La Tortue Luth (*Dermochelys coriacea*)**

Avec une longueur droite généralement comprise entre 160 et 170 cm (minimum de 140 cm, maximum avoisinant les deux mètres), la tortue luth est sans conteste la plus imposante des tortues nidifiant en Martinique. Le poids moyen des adultes est de 300-400 kg avec un maximum proche de la tonne. La tortue Luth est la seule tortue marine ne possédant pas d'écailles cornées sur la carapace. Sa dossière, recouverte d'une peau ayant l'aspect du cuir, est traversée de 7 carènes longitudinales généralement blanchâtres. La peau, comme la dossière, sont de couleur noire à bleue-nuit, tachetée de points blancs ((Chevalier, 2001).

2 Cycle de reproduction des Tortues Marines

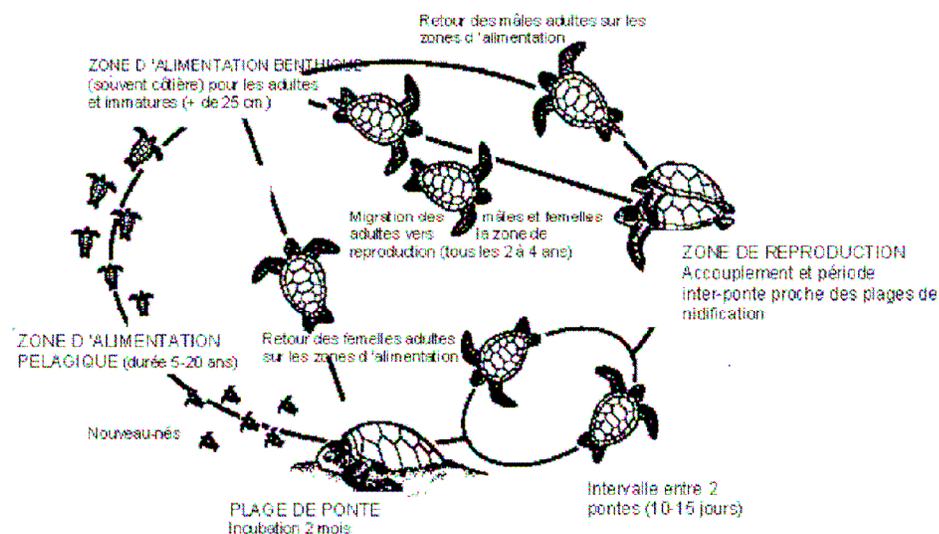


Figure 6 : Cycle de reproduction (reproduction Lanyon *et al.*, 1989 *In* Chevalier, 2001)

La maturité sexuelle des différentes espèces de tortues marines est atteinte entre 10 et 30 ans. Bien que les tortues de mer passent moins de 1% de leur vie sur les plages, cette activité est essentielle à la création de la prochaine génération. En effet, les œufs des chéloniens incubent durant deux mois dans le sable des plages. La ponte a généralement lieu durant la nuit et le sexe des individus est déterminé par la température au cours de l'incubation. Les températures élevées donneront des femelles, les basses, des mâles. La température pivot produisant autant d'individus des 2 sexes est autour de 29°C aux Antilles (Chevalier, 2001)

Les trois espèces se succèdent sur les plages de nidification de Martinique selon le calendrier suivant :

Tableau 1: Saisons de reproduction des trois espèces nidifiant en Martinique

	PONTE	EMERGENCE
<i>D. coriacea</i>	Mars à juillet	Avril à septembre
<i>E. imbricata</i>	Juin à septembre	Septembre à novembre
<i>C. mydas</i>	Supposée : avril – octobre	Supposée : juin à décembre

3 Menaces

Bien que les menaces qui pèsent sur les tortues marines soient multiples, l'immense déclin subit depuis 500 ans en Caraïbe est essentiellement lié à la surexploitation pour les différents produits comestibles ou d'ornement dérivés des tortues marines (Chevalier, 2001).

Malgré la législation en vigueur, certaines menaces persistent telles que :

- Les captures accidentelles liées à la pêche (hameçon, filets de surface et de fond, collision (pêche et plaisance),
- Le braconnage d'individus adultes ou le pillage des nids est toujours d'actualité. Il est qualifié d'occasionnel et de diffus en Martinique. Des prélèvements de jeunes tortues pour la mise en captivité en tant qu'« animal de compagnie » sont également relatés.
- La prédation (chiens, mangoustes (œufs), crabes, requins, oiseaux marins...)
- Les modifications des habitats marin et terrestre (destruction des sites de ponte, des zones d'alimentation, pollution de l'eau). Ces parmi les menaces présentes sur le site de nidification que se trouvent les **désorientations par les lumières artificielles**.

Tous ces facteurs, dont la majorité sont anthropiques, participent à la régression de ces reptiles. La dynamique des populations des espèces longévives, comme les tortues marines, est principalement influencée par la survie du stade adulte (Goodman, 1981 *In* Chevalier, 2001) c'est pourquoi il faudra porter une attention particulière aux menaces présentes sur les tortues adultes. Les désorientations engendrées par les éclairages des sites de nidification font partie de ces menaces.

B. Statut légal de protection des tortues marines

Les effectifs actuels de populations de tortues marines sont nettement plus faibles qu'il y a 50 ans, et sans commune mesure avec ceux d'il y a 500 ans (Chevalier, 2001). Aujourd'hui les tortues marines sont protégées dans la plupart des îles des Antilles, mais aussi à l'échelle internationale.

1 Législation au niveau international

Ces espèces sont mentionnées dans de nombreux textes législatifs :

- Annexe I de la CITES (commerce non autorisé, sauf conditions exceptionnelles) ratifiée en 1973;
- Annexe I de la convention de Bonn, ratifiée en 1979 ;

- Annexe II de la convention de Berne ratifiée par la France en 1990 ;
- Annexe II du protocole SPAW de la convention de Carthagène pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région Caraïbes en 1983 ;
- Liste rouge de l'UICN dans la catégorie « en danger » (Tortue verte) ou « en danger critique d'extinction » (Tortue imbriquée et Tortue luth) ;
- Accords de Washington dans le cadre de la préservation d'une espèce protégée ;
- Convention Interaméricaine pour la Protection et la Conservation des Tortues Marines : seul traité international consacré exclusivement aux tortues marines, établissant les normes pour la préservation de ces animaux en voie de disparition et leurs habitats.

Néanmoins, certains pays de la caraïbe autorisent encore la capture des tortues marines, notamment l'île voisine de la Martinique : Ste Lucie.

2 Législation au niveau national

Au début des années 1990, la chute brutale de la population dans les Antilles a engendré la mise en place d'une protection stricte des tortues marines. Deux arrêtés ont été pris :

- en Guadeloupe le 2 octobre 1991,
- en Martinique le 16 mars 1993.

Par ces arrêtés il est formellement interdit « *en tout temps la destruction des nids ou des oeufs, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation, ou, qu'ils soient morts ou vivants, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat des spécimens des espèces de tortues marines présent* ».

L'arrêté du 14 octobre 2005 (Annexe III) abroge les réglementations précédentes et fixe la liste des tortues marines protégées sur le territoire national ainsi que les modalités de leur protection. Le plan national de restauration des tortues marines, rédigé par l'ONCFS en 2003 a été validé par le CNPN (Conseil National de Protection de la Nature) en 2006.

3 Le plan national de restauration des tortues marines aux Antilles françaises

Ce plan qui couvre la Martinique et la Guadeloupe fixe les orientations et actions à mener pour la restauration des populations (Chevalier, 2005).

Afin d'atteindre les objectifs de restauration fixés, une liste d'actions de connaissance des populations et des menaces les concernant, puis de maîtrise des facteurs limitant est mise en place. Parmi ces actions apparaissent :

- **L'identification des menaces portant sur les principales plages de ponte des Antilles**
- **La sensibilisation et formation des gestionnaires des plages à l'identification des facteurs menaçant**
- **La limitation des menaces sur les plages principales de pontes des tortues marines aux Antilles.**

De ces trois actions découle la présente étude.

Au vu de l'état dégradé des plages, la conservation des sites de pontes apparaît comme un objectif prioritaire dans la réussite du programme global.

Depuis quelques années, une impression générale d'augmentation de la fréquence des rencontres avec les tortues marines de la Martinique est ressentie par les pêcheurs, plongeurs et usagers de la mer. Elle

n'est cependant pas confirmée par des analyses statistiques. Il se pourrait que les efforts de protection caribéens commencent à porter leurs fruits.

C. Situation et statut des zones côtières de la Martinique

La Martinique est à la fois une région et un département français d'outre-mer. Cette île de l'archipel des petites Antilles est située entre la Dominique au Nord, et Sainte-Lucie au Sud. Elle se trouve à 7000 Km des côtes européennes et 400 Km des côtes Sud américaines (Venezuela).

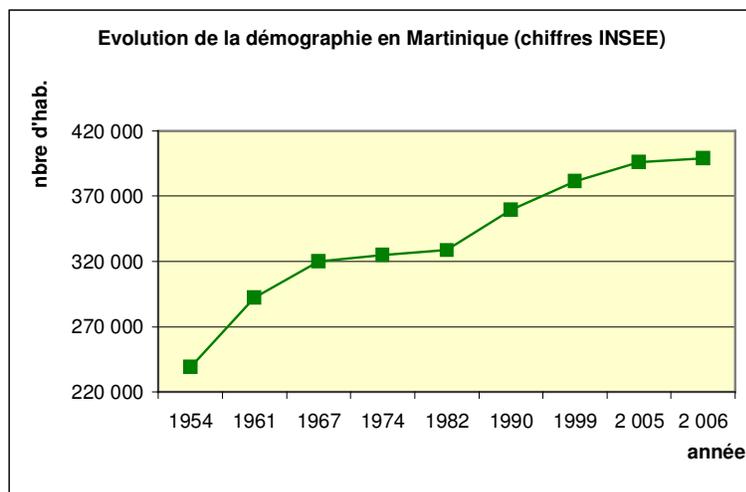
Sa longueur nord-sud est d'environ 60 Km alors que sa largeur ne dépasse pas 20 Km. La superficie totale est de 1 128 Km², avec 350 Km de côte. Elle est divisée en 4 arrondissements et 34 communes. La Côte Caraïbe est bordée par un récif corallien pratiquement ininterrompu avec une diversité aquatique importante, mais qui s'est fortement dégradé au cours des vingt dernières années du fait de la pollution de l'eau.



Figure 7: Situation de la Martinique

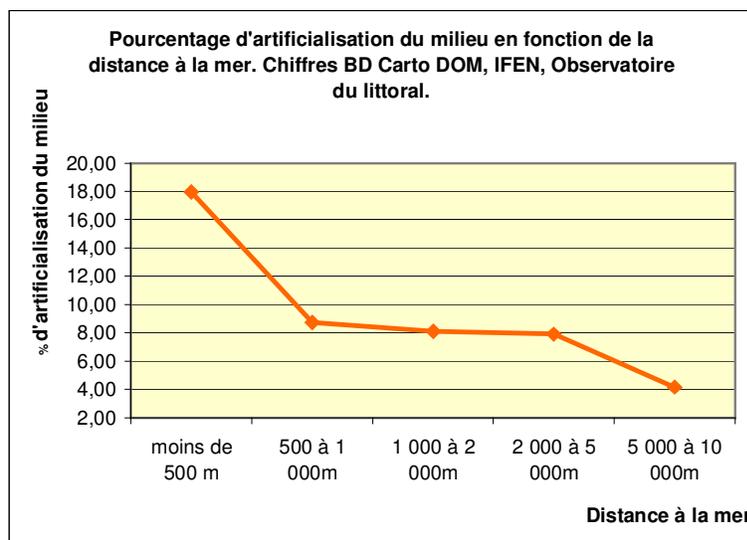
Figure 8 : Carte de la Martinique

La forte évolution démographique est à l'origine d'une urbanisation massive et croissante, notamment des régions côtières.



Graphique 1: Evolution de la population martiniquaise de 1954 à 2006. Graphique ONCFS. D'après chiffres INSEE.

L'essentiel de la population de la Martinique se concentre en effet en bord de mer, du fait du relief accidenté à l'intérieur des terres. Le pourcentage d'artificialisation du milieu est élevé en bord de mer et décroît en s'éloignant du rivage (Cf. Graphique 2).



Graphique 2 : Pourcentage d'artificialisation du milieu en fonction de la distance à la mer. D'après BD Carto Dom 2004, IFEN, Observatoire du littoral.

Cette artificialisation est essentiellement liée à l'urbanisation excessive et anarchique le long du rivage. Le développement du tourisme balnéaire est important en particulier dans le sud de l'île. Le processus de littoralisation est donc engendrée par des intérêts d'ordres collectifs et individuels faisant de la zone côtière un enjeu central du développement économique. Le cordon littoral constitue de ce fait, un espace très convoité (Goiffon, 2008). Le pourcentage du bâti est d'environ 17 % dans la zone située entre 0 et 500 m de la mer, et décroît jusqu'à atteindre les 3 % environ dans les zones situées entre 5000 et 10000 m de la mer (BD Carto DOM 2004, IFEN, Observatoire du littoral).

L'intérêt croissant pour ces zones littorales peut être en défaveur des espèces fréquentant pour la reproduction ces zones, en particulier les tortues marines (Gallais, 2005). Il a été montré que le tourisme extensif a réduit la qualité des plages de nidification (Harewood, 2007). En effet, avant la période de colonisation des Antilles par les Européens, la quasi-totalité des plages était bordée par une forêt littorale dense composée de raisinier de bord de mer (*Coccoloba uvifera*), d'amandier-pays (*Terminalia catappa*), de manceniller (*Hippomane mancinella*), de catalpa (*Thespesia populnea*) et la plage recouverte d'un épais tapis végétal. La plage de petit Macabou présente encore cette structure (figure 10).



Figure 9 : Urbanisation des régions côtières, cas de Anses d'Arlet.



Figure 10: Plage utilisée par les tortues marines pour la nidification. Gallais, 2006

Cinq types de gestionnaires ou propriétaires des zones littorales urbanisées ou non peuvent être identifiés en Martinique :

- l'Office National des Forêts (ONF), gestionnaire de la Forêt Domaniale du Littoral (FDL) qui a prévu un plan d'aménagement de la FDL pour les 10 prochaines
- le Conservatoire de l'espace Littoral et des Rivages Lacustres (CELRL), gestionnaire d'une partie du Domaine public maritime (DPM), propriétaire d'une partie de la FDL. Une « stratégie pour le domaine public maritime » a été définie en 2007 par le CELRL. Il s'agit des opérations en cours ou à programmer sur ces espaces classés en degré de priorité. Les sites de nidification des tortues marines au droit des terrains du CELRL sont classés en priorité 1.
- l'agence des 50 pas (Zones Urbanisables et à Urbanisation Diffuse)
- les municipalités des communes côtières
- les propriétaires privés

Le schéma suivant résume, de la terre à la mer, les gestionnaires et propriétaires de la frange littorale.

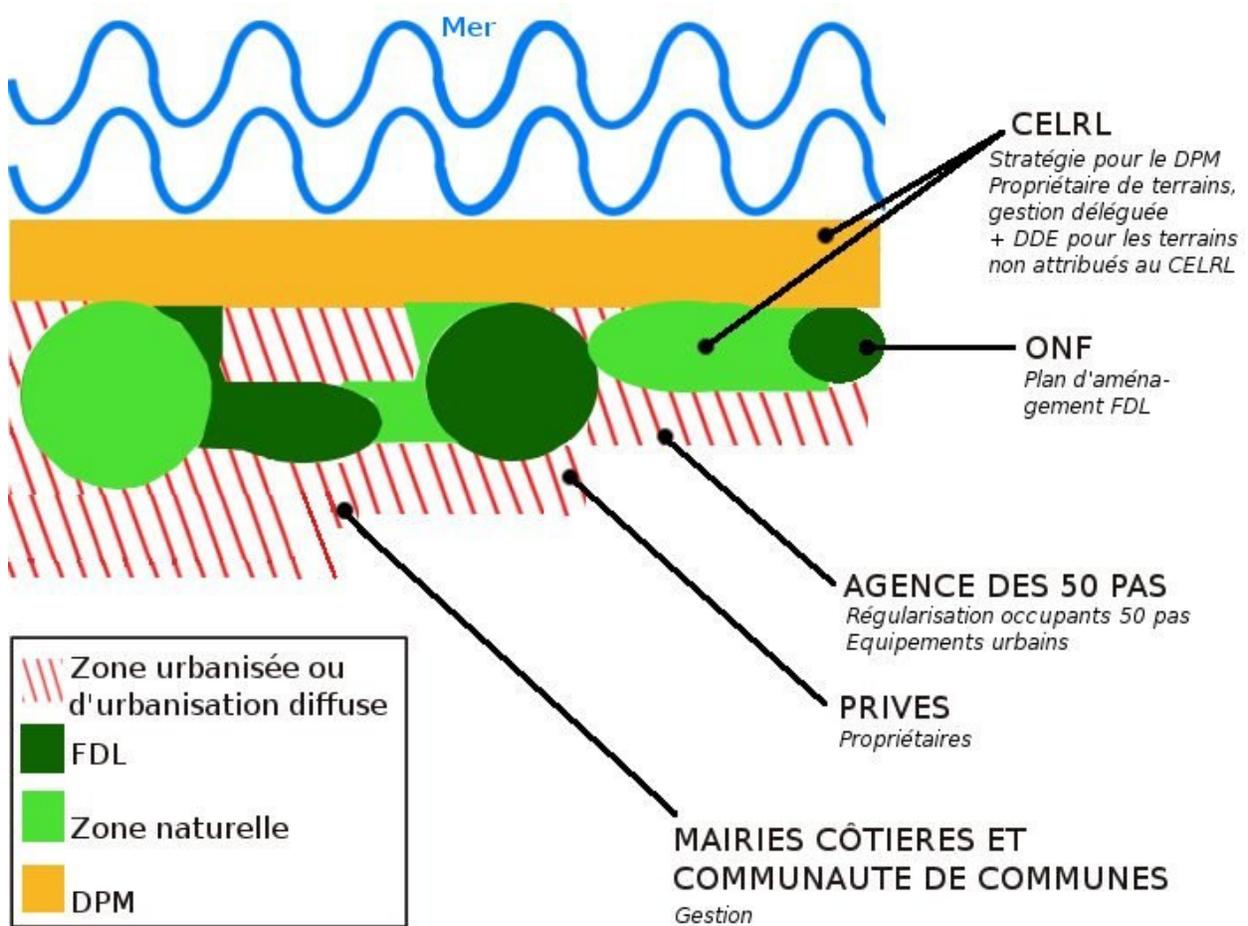


Figure 11: Gestionnaires et propriétaires de la frange littorale, représentation schématique. Notez l'intrication des zones.

2ème partie : Etude bibliographique

Sensibilité aux pollutions lumineuses des stades adulte et nouveau-né de tortues marines

A. Pollutions lumineuses

La notion de **pollution lumineuse** est récente ; elle est apparue dans les années 1980, originellement créé par des astronomes qui ont constaté une dégradation de la voie lactée par suite de lumières trop intenses. Par extension, l'expression « *pollution lumineuse* » a souvent été utilisée pour désigner le halo lumineux urbain. Ce halo est produit par la lumière « *utile* » ou plus souvent inutile dispersée ou réfléchiée par les molécules de certains gaz et les particules en suspension dans l'atmosphère terrestre. Il est visible à des dizaines de kilomètres et est un indice de pollution lumineuse à grande échelle. L'augmentation du halo lumineux a été mesurée par satellite à 5 à 10 % par an depuis la fin des années 1990.



Figure 12: Halo lumineux, Photo Association pour la sauvegarde du ciel nocturne

(<http://www.astrosurf.com/pollution/index.htm>)

On définit la pollution lumineuse comme « la présence nocturne anormale ou gênante de lumière et les conséquences de l'éclairage artificiel nocturne, sur la faune, la flore, la fonge, les écosystèmes ou parfois des effets suspectés ou avérés sur la santé humaine ». La pollution lumineuse se distingue des nuisances lumineuses en ce qu'elle affecte les humains et tout l'écosystèmes et. La pollution lumineuse est généralement accompagnée d'un gaspillage énergétique par diffusion inutile de lumière parfois dite intrusive, lorsque l'objet inutilement éclairé tendrait à préférer l'obscurité.

En 1667, Louis XIV imposa l'éclairage de toutes les rues de la capitale pour lutter contre les vols et les crimes ; ce sentiment d'insécurité dans les lieux sombre se fait encore ressentir actuellement, et est le principal argument expliquant les éclairages nocturnes intenses. Pourtant il a été démontré qu'au-delà d'un certain seuil, l'augmentation de l'intensité lumineuse ne réduit pas les activités criminelles (Atkins *et al.*, 1991). Les enjeux commerciaux, électoraux et d'image alimentent l'augmentation des éclairages, de plus, son prix moins élevé la nuit (notamment dans les pays ayant recours à la production d'électricité nucléaire) incite à une grande consommation électrique.

Les lampadaires de ville, de parkings et bords de routes, les lumières externes d'hôtels, restaurants, les feux de voitures, de campings, les lumières de maisons de particuliers, les co-propriétés, les centres commerciaux, terrains de sports, les ports et aéroports, les stations d'essence sont donc des sources potentielles de pollutions lumineuses. L'atlas réalisé par Cinzano *et al.*, 2001 révèle que les pollutions lumineuses ne sont pas confinées, comme couramment admis, aux pays du Nord, mais sont un problème de large échelle affectant toutes les régions du monde. Ce problème est cependant plus intense aux USA, en Europe et au Japon. Les impacts de ces éclairages nocturnes sont nombreux.

B. Impact de la pollution lumineuse sur différentes espèces et sur l'observation de phénomènes astronomiques

1 Santé humaine

L'exposition à la lumière de nuit peut avoir un impact négatif sur la santé humaine. En effet, la mélatonine est une hormone sécrétée par le corps de tout mammifère en absence de lumière. La production de cette hormone est inversement proportionnelle à l'intensité lumineuse. Chez les animaux (expériences menées chez le rat) une très brève exposition à la lumière (quelques secondes), supprime la production de mélatonine (Steven & David, 1996). La mélatonine joue un rôle important dans la modulation des fonctions biologiques, notamment dans la régulation du rythme circadien et de la reproduction. Elle présenterait, en outre, des propriétés anti-tumorales et anti-ischémiques (en cours de validation).

2 Astronomie

La gêne lumineuse altère l'acuité visuelle et la sensibilité aux contrastes, ce qui dégrade l'observation de la lune et des étoiles ; de plus, les halos générés par la lumière artificielle créent un voile qui altère, voire supprime la perception visuelle du ciel (Anonyme, 2006).

3 Impact des pollutions lumineuses sur différentes espèces

L'invention de la lumière, en 1879, révolutionna l'humanité, mais a aussi des effets sur la survie de nombreuses espèces. La plupart des animaux aux mœurs nocturnes sont perturbés par l'éclairage artificiel, au point de parfois disparaître de leur habitat quand il est éclairé. La plupart des invertébrés du sol présentent un comportement lucifuge.

Les oiseaux migrateurs, les insectes volants ainsi que les poissons sont particulièrement affectés par les lumières artificielles. Cet impact diminue en période de pleine lune (Verheijen *in* Tuxbury & Salmon, 2005).

d. Oiseaux

Ce sont les espèces qui paraissent les plus touchées par la pollution lumineuse. Le sens de l'orientation des oiseaux migrateurs est perturbé par l'éclairage des côtes et des grandes agglomérations. Ils peuvent alors percuter les immeubles et leurs superstructures. À la Réunion, l'impact des éclairages sur les juvéniles de deux espèces de Pétrels a été estimé. L'importante mortalité liée aux lumières pourrait avoir des conséquences à long terme sur la dynamique des populations de ces espèces (Le Corre et al., 2002 ; Minatchy, 2004).

Chez les oiseaux diurnes, un effet bien connu de l'éclairage artificiel est le prolongement de l'expression de leurs comportements diurnes. Des oiseaux diurnes chantent la nuit sur des sites artificiellement éclairés.

e. Chiroptères

En décembre 2007, une étude de Boldogh *et al.* a fait le lien entre la taille des chiroptères juvéniles et l'éclairage de leurs abris. Les chiroptères vivant en abri éclairé étaient significativement plus petits que ceux vivants dans des bâtiments illuminés. Leur taux de croissance des premiers était ralenti par la lumière ; avec, à long terme, un risque de disparition des colonies abritées dans des zones « illuminées ».

f. Amphibiens les serpents

À la saison des amours, la rainette ou la grenouille américaine *Rana clamitans melanota* chantent moins en présence de lumière (Baker & Richardson, 2006), réduisant l'efficacité de la reproduction. Divers serpents et grenouilles testées se sont aussi montrées perturbées dans leur développement lorsqu'elles sont éclairées la nuit (Longcore & Rich, 2004)

g. Insectes

Un nombre important d'insectes attirés par la lumière, est directement tué par les ampoules non protégées, ou mangé par des prédateurs qui les trouvent ainsi plus facilement. De même, la mortalité animale due aux véhicules engendre un important déséquilibre de la chaîne alimentaire animale (Anonyme, 2006). Une étude de Franck (*in* Anonyme, 2006) montre que parmi différents types de lampes, les lampes à vapeur de sodium basse pression sont moins nuisibles aux papillons de nuit.

h. Végétaux

Selon Bouly (*In* Anonyme 2006), la perception de la lumière par les plantes grâce à des photorécepteurs permet la synchronisation de leur développement avec les saisons caractérisées par des périodes lumière/obscurité différentes. Leur perception de l'intensité, de la durée et de la qualité de l'éclairage leur fournit des informations importantes. Les lumières artificielles perçues durant la nuit modifient le métabolisme des plantes, allant jusqu'à causer leur mort. Une preuve visible est le retard dans la chute des feuilles en automne pour les arbres à proximité de réverbères.

C. Eléments d'éthologie des tortues marines

Afin de mieux appréhender le phénomène de désorientation des tortues marines par les lumières, certaines notions d'éthologie des tortues marines doivent être maîtrisées.

a) Comportement de ponte

Les tortues marines pondent essentiellement la nuit. Ce comportement adaptatif pourrait protéger les femelles de la déshydratation engendrée par la chaleur excessive du jour. Il protégerait également les œufs d'éventuels prédateurs diurnes. En effet, si les tortues adultes possèdent peu de prédateurs en mer (requins, orques...), les nids et les nouveaux nés sont eux, particulièrement exposés (crabes, hérons, aigles, frégates, sternes, chiens...).

Le processus de nidification d'une tortue de mer adulte est composé d'une série de comportements stéréotypés. La séquence de ponte peut être divisée en plusieurs phases :

- 1) l'atterrissage sur la plage,
- 2) l'« exploration » de la plage et la sélection du site de ponte

Le choix du site de ponte est spécifique. Les différentes espèces de tortues rencontrées en Martinique présentent en effet des préférences pour la nidification. Les tortues vertes pondent essentiellement en lisière de végétation, alors que les tortues luth pondent en plein sable. Chez les tortues imbriquées, il a été constaté une forte fidélité à une plage voir à une zone de la plage, mais aussi à un emplacement déterminé par la distance à la mer et le pourcentage de couverture végétale. Selon l'étude menée par Kamel & Mrosovsky (2005) à Trois Ilets en Guadeloupe, les sites préférentiellement utilisés sont la lisière de forêt (39.3%), la végétation basse (33.3%), la forêt littorale (19.2%) et le sable nu (8.2%).

- 3) la préparation du site de nidification par un balayage du sable effectué à l'aide des nageoires antérieures et postérieures successivement,
- 4) le creusement d'une cavité de faible diamètre (40 à 80 cm de profondeur) à l'aide des nageoires postérieures,

- 5) le dépôt des œufs dans la cavité (une centaine d'œufs dont certains sont non fécondés)
- 6) le comblement de la cavité et le recouvrement des œufs,
- 7) le camouflage du nid par une coulée de sable. Un balayage de la zone de ponte est réalisé.
- 8) La recherche de l'horizon le plus clair ou d'autres signaux (couleur, bruit) afin de se diriger vers la mer (Miller *et al.*, 2003).

A cette phase peut s'ajouter un comportement d'« errance » des individus s'il y a présence de pollutions lumineuses (Witherington & Martin, 1996).

Il est observé chez la plupart des tortues marines un retour sur le site de naissance pour la ponte, ainsi qu'une certaine fidélité au site de nidification. La tortue imbriquée est l'espèce qui présente la plus forte fidélité à son site de ponte (Kamel & Mrosovsky, 2005). Cependant, entre l'émergence et la maturité sexuelle (10 à 20 ans), certains sites de ponte subissent de fortes modifications liées à l'urbanisation.

b) Comportement lors de l'émergence

Le parcours des nouveau-nés de leur lieu de naissance à leur arrivée en mer est également constitué une séquence constituée de plusieurs étapes.

- a) Eclosion grâce à la dent de l'œuf.
- b) Remontée de la colonne de sable par mutualisme. Les jeunes tortues stationnent alors à la surface du sable, dans l'attente d'un signal thermique. Une chute de température (le plus souvent nocturne, parfois diurne) entraînera l'émergence proprement dite, à savoir la sortie des tortues et le cheminement vers la mer.
- c) La distance parcourue afin d'atteindre la mer peut atteindre 50 mètres (pontes de tortues imbriquées en forêt littorale). Les prédateurs, oiseaux, invertébrés et mammifères sont nombreux durant cette phase. L'énergie des jeunes tortues et leur dynamisme décroît rapidement avec le temps (Miller *et al.*, 2003).

Parmi les nouveau-nés qui ont échappé à la prédation, seul 68% en moyenne (pour les tortues imbriquées) réussissent à atteindre une distance de 100 m au large de la côte (Harewood & Horrocks, 2008). En effet, les prédateurs sont abondants à proximité des côtes (Pilcher *et al.*, 2000 in Harewood & Horrocks, 2008). Il est estimé qu'un œuf sur 1000 donnera une tortue adulte capable de se reproduire à son tour (Chevalier, 2001).

D. Importance de la vue chez les tortues marines

1 Organe de la vision

L'œil des tortues marines est protégé par des paupières ventrale et dorsale qui sont kératinisées et mobiles. Une paupière kératinisée et accessoire est également présente latéralement. La paupière ventrale est un prolongement de la conjonctive qui constitue sa surface interne. Une membrane nictitante est présente dans le coin ventral et antérieur de l'œil. Elle prolonge également la conjonctive (Wyneken, 2001).

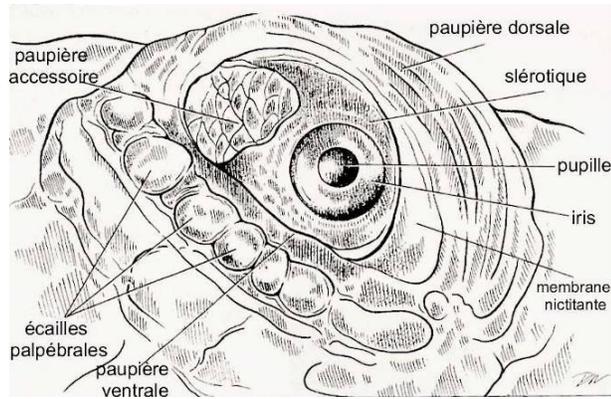


Figure 13 : Oeil d'une tortue caouanne. D'après Wyneken 2001 (Illustration Witherington).

La structure de l'œil est similaire à celle rencontrée chez les vertébrés. Le globe oculaire est rempli par les fluides oculaires que sont l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée, et est organisé 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, les cônes et les bâtonnets conférant aux animaux une capacité de détection des couleurs et l'acuité visuelle. Les études électrophysiologiques menées confirment la faculté 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 *et al.*, 2003).

2 Sélection de la vue en tant que sens de l'orientation

La vue est le sens le plus utilisé par les tortues marines, adultes comme nouveaux-nés pour l'orientation. Afin de regagner la mer, elles se déplacent vers l'horizon le plus lumineux, qui est, en condition naturelle, la mer (Mrosovsky, 1967). Selon Salmon & Witherington (1995) et Wyneken *et al.*, 1990 (In Harewood & Horrocks, 2008); la lumière est le principal indice utilisé par les nouveau-nés pour localiser la mer, les vagues sont un signal supplémentaire. Une phase de grande sensibilité aux signaux lumineux, située après la ponte et l'émergence a été décrite par Witherington & Martin (1996). Durant cette phase, les animaux présentent un comportement inné de recherche d'indices : luminosité, forme et couleur.



Figure 14 : reflet de la lune sur la mer. (J Maréchal)

La sélection sur le long terme, de l'œil en tant qu'organe permettant l'orientation et, donc, la survie des tortues marines trouve sa justification dans la grande fiabilité de ce sens et des signaux perçus durant des millions d'années par les animaux. En effet, l'horizon marin qui est un horizon ouvert et clair, est longtemps resté plus lumineux que l'horizon terrestre. L'eau réfléchissant les rayons lumineux, contrairement au sable et à la végétation qui les absorbent, le reflet de la lumière de la lune sur l'eau contribue à cette clarté de l'horizon marin (Tuxbury & Salmon, 2005). Celui-ci possède, de ce fait, un plus fort albédo ou énergie lumineuse que l'horizon terrestre. Enfin, les halos blancs formés par les vagues contribuent également à faire de l'horizon marin un espace lumineux. Ainsi, durant une longue phase d'évolution des tortues marines, les individus ayant su se diriger rapidement grâce à leur vue ont eu une probabilité de survie plus importante. La fitness de ces individus (survie puis possible reproduction, soit transmission des gènes) étant plus élevée, ce caractère fut sélectionné au cours du temps (Nicolas, 2001).

3 Situation actuelle



Figure 15 : éclairage artificiel sur un site de ponte (J. Maréschal)

L'utilisation de lumières de plus en plus puissantes fait devenir lentement mais sûrement, l'horizon terrestre plus clair que l'horizon marin (Nicolas, 2001). Les paramètres, dont les tortues marines se sont toujours servis pour s'orienter, sont modifiés par l'urbanisation littorale. Il en résulte une désorientation ou une mauvaise orientation.

4 Différents degrés de désorientation

La lumière artificielle est une menace éthologique contrairement aux autres menaces. Elle provoque chez les tortues marines, femelles adultes et nouveaux-nés, une « confusion », un trouble du comportement pouvant mener à la mort de nombreux individus. Trois niveaux d'orientation peuvent être identifiés :

- 1- L'orientation normale, en direction de la mer
- 2- La désorientation. Il s'agit du phénomène d'interférence de la lumière avec la capacité des Tortues Marines à s'orienter dans une direction constante, lié à la perception des lumières artificielles et naturelles de la même façon (Tuxbury & Salmon, 2005).
- 3- La mauvaise orientation. C'est le déplacement de l'animal directement vers la source lumineuse située sur la plage au lieu de regagner la mer (Witherington & Martin, 1996 ; Choi & Eckert, 2005). Les conséquences sont souvent mortelles (Mrosovsky, 1967; Witherington & Martin, 1996).



Figure 16 : Orientation normale

Les troubles du comportement rencontrés ne sont pas uniquement liés aux lumières disposées à proximité immédiate des plages. Les lieux lointains (villes, centres commerciaux, stations essences, co-propriétés, hôtels, terrains de sports...) peuvent également occasionner des désorientations. Les lumières d'arrière-plan engendrent une désorientation significative des tortues caouannes et vertes (Tuxbury & Salmon, 2005). De façon générale, les lumières d'arrière plage seront susceptibles d'affecter fortement les espèces nidifiant en forêt ou en lisière de végétation (tortues vertes et imbriquées).



Figure 17 : Eclairage d'un site de ponte (J. Maréschal)

Il est important de souligner qu'en Martinique, l'ouragan Dean d'août 2007 a exacerbé le problème des pollutions lumineuses par réduction des écrans végétaux (rangée d'arbres, d'arbustes, d'herbacées, qui font obstacle entre les éclairages publics ou privés et la plage).

E. Perturbations occasionnées par les lumières artificielles

1 Choix du site de ponte

Une diminution des activités de ponte en milieu éclairé est constatée ainsi qu'une préférence pour des sites restés dans l'obscurité. Sur une même plage, des secteurs éclairés peuvent donc être délaissés pour des secteurs moins appropriés mais obscures. Ce changement pourra avoir une incidence sur la sex-ratio, le nombre de petits à l'éclosion et leur survie à l'émergence. De multiples échecs de nidification sur des sites éclairés pourraient également entraîner le lâcher d'œufs en mer (Witherington & Martin, 1996).

Mortimer a montré en 1982 que les tortues vertes se détournent automatiquement des plages artificiellement éclairées. Cette tendance à l'évitement des sites éclairés a été mise en évidence par de nombreux autres auteurs. La principale conséquence de ce détournement est une diminution de la surface de ponte utilisable. Wyneken *et al.* (2000), In Harewood & Horrocks, 2008, ont montré que les prédateurs aquatiques s'accumulent à proximité des sites où des nouveau-nés entrent régulièrement dans l'eau. La concentration des nids dans des zones plus petites en raison de l'anthropisation engendre donc une plus forte mortalité par prédation. En effet, du fait de la fidélité à leur site de nidification, les tortues marines gênées par les éclairages vont tout de même tenter de nidifier dans les régions les moins éclairées de l'ensemble de plage ou de la plage constituant leur « site de nidification ».

Les tortues imbriquées évitent les sections de plage de sable où l'intensité lumineuse est trop forte; les nids sont effectués dans des secteurs sombres de la plage, souvent moins adaptés.

Salmon & Witherington (1995) ont montré que les tortues choisissent sélectivement les sites face aux obstacles lumineux (bâtiments et rangées d'arbres), évitant ainsi les zones illuminées. Le nombre de nid devant chaque obstacle est relié positivement à son élévation

Cependant, affirmer qu'il existe une réduction de l'activité de nidification sur les plages éclairées et développées est délicat puisque d'autres facteurs liés à l'augmentation de l'activité humaine sont automatiquement associés à la luminosité.

2 Mise en évidence du facteur « nature de la lampe » et des variations spécifiques de la sensibilité aux lumières artificielles

La preuve expérimentale de l'influence du type d'ampoule et de l'espèce a été apportée par Witherington & Martin en 1996.

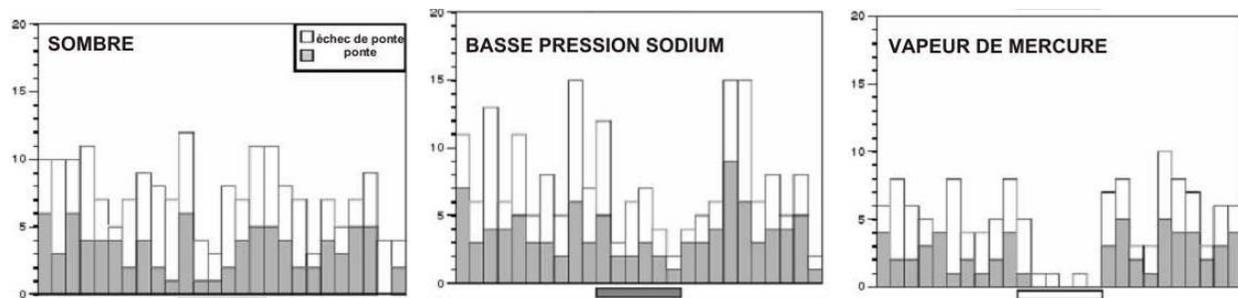


Figure 18: Test de différentes lampes sur un segment de plage fréquenté par les tortues Luth (Witherington, 1996).
(en ordonnée, nombre de tentatives de ponte)

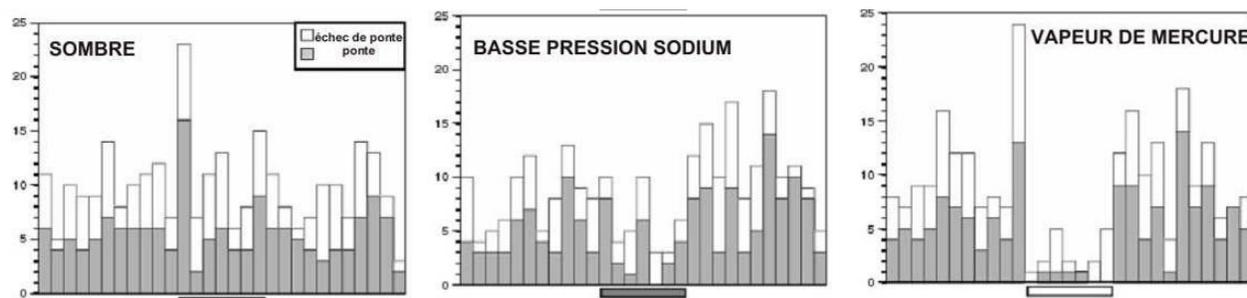


Figure 19: Test de différentes lampes sur un segment de plage fréquenté par les tortues vertes (Witherington, 1996).
(en ordonnée, nombre de tentatives de ponte)

La mise en place d'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. Le nombre de tentative de nidification ainsi que le succès de ces tentatives s'effondre lors de l'éclairage de ce site par des lampes à vapeur de mercure.

Chez les tortues vertes, il est observé une réduction du nombre de pontes avec les lampes à vapeur de Sodium, et une réduction très importante sur le site éclairé par des lampes à vapeur de mercure. Quelques succès de ponte sont néanmoins observés sur ce dernier site.

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

3 Effets de la longueur d'onde

Chaque couleur correspond à une longueur d'onde. Certaines couleurs peuvent être une superposition de radiations monochromatiques.

Witherington & Martin (1996) ont mis en évidence l'influence de la longueur d'onde. Il apparaît que les tortues marines sont plus sensibles aux longueurs d'onde courtes. Cette sensibilité est spécifique. Pour les quatre espèces testées (*C. caretta*, *C. mydas*, *L. olivacea*, *E. imbricata*), il existe un attrait beaucoup moins important pour les couleurs jaunes, et rouge que violet, bleu, et vert.

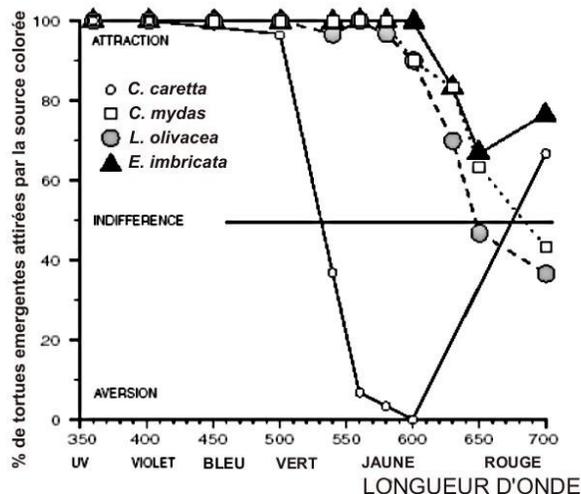


Figure 20 : Attraction des nouveau-nés en fonction de l'espèce et de la couleur de la source lumineuse (Schéma Witherington & Martin, 1996)

Selon Mrosovsky (1967), pour des couleurs bleues et rouges d'intensité égales, les tortues sont attirées par le bleu. Cette couleur est toujours plus attractive même si elle est 100 fois moins intense. La rétine des tortues est beaucoup plus sensible au bleu qu'au rouge.

La lumière blanche, superposition de toutes les longueurs d'onde, a un impact important.

4 Abandon ou l'interruption précoce du processus de ponte

La tortue adulte est particulièrement sensible durant la première phase de ponte (montée, recherche d'un emplacement et creusement du nid). Si elle est dérangée par une lumière mobile par exemple, elle retournera à la mer. Elle peut également diminuer le temps de recouvrement des œufs et de camouflage si elle est dérangée (Witherington, 1996).

5 Retour à la mer après la ponte

Après la ponte la tortue marine cherche à s'orienter vers l'endroit le plus lumineux afin de rejoindre la mer. Une tortue ayant pondu dans une zone éclairée peut passer du temps à retrouver la mer ou se perdre et encourir le risque de se faire percuter par un véhicule sur une route ou de mourir de déshydratation (Witherington & Martin, 1996).

6 Désorientation des tortues émergentes

Plusieurs facteurs sont pris en compte par les tortues émergentes afin d'atteindre rapidement l'eau :

- l'intensité lumineuse
- la couleur
- l'élévation de l'horizon : selon Godfrey & Barreto (1995), les jeunes tortues Luth utilisent la pente pour s'orienter, et vont significativement vers le bas.
- le bruit des vagues

Selon l'étude menée par Mrosovsky en 1967, la vue est le principal facteur qui guide les tortues vers la mer. Elles sont positivement photosensibles et se déplacent toujours vers source de lumière la plus attractive.

Les nouveaux-nés font instinctivement une rotation de 180° avant d'aller vers les zones les plus brillantes et basses (Salmon, 2003). S'ils ne retrouvent pas la mer assez rapidement, ils mourront

d'épuisement, de déshydratation ou de prédation. Harewood & Horrocks ont montré en 2008 que le taux moyen de prédation était de 6.9% sur la plage et passait à 12.6% durant la pleine lune.

De plus, selon Harewood & Horrocks (2008), certains nouveau-nés ayant atteint la mer peuvent être attirés par les lumières des plages voisines devenus visibles après une certaine distance du rivage : une fois dans l'eau, les jeunes tortues de mer utilisent généralement les vagues comme indicateur de la direction de l'océan ouvert mais la lumière artificielle peut l'emporter sur les effets des vagues si elles sont faibles et les jeunes tortues peuvent se diriger vers la terre.

L'éclairage artificiel de bord de mer a augmenté de façon spectaculaire depuis environ 50 ans, aboutissant à la mortalité accidentelle de milliers de nouveau-nés (Witherington & Martin, 1996 ; Harewood & Horrocks, 2008).

7 Effets indirects de la lumière

L'attrait de personnes capable, grâce aux lumières de repérer aisément les tortues et donc de les perturber est un effet indirect important des pollutions lumineuse (Witherington & Martin, 1996).

Un second impact est l'augmentation prédation : la désorientation entraîne une perte d'énergie croissante. Etant moins énergiques, les tortues émergentes seront plus facilement repérées et consommées par les prédateurs.

L'expérience d'Harewood & Horrocks (2008) mesure le pourcentage de tortues imbriquées parvenant à nager sur une distance (100 mètres) en un temps donné (20 min : temps normal nécessaire) après avoir parcouru une plage sombre ou éclairée. Sur les plages sombres le pourcentage de succès est 68% contre 32% d'échec. Sur les plages éclairées, ce pourcentage de succès chute à 33% de succès, contre 67% d'échec. Le taux de survie sur les 100 premiers mètres est donc fortement influencé par l'éclairage sur les plages. Il a également été observé que la vitesse de nage chez les tortues imbriquées nouveau-nés a baissé continuellement au cours de ces 20 min d'expérience. De plus, au large les jeunes issus des sites éclairés trouvent la nourriture plus tardivement et le taux de mortalité lié au manque de nourriture est plus important.

Aussi, pour les tortues marines et pour toutes les espèces nocturnes, réduire les intensités lumineuses est un objectif important. La restauration de l'habitat est essentielle à la survie de nombreuses espèces, dont certaines sont protégées, menacées, voire en danger critique d'extinction : la protection des espèces passe par la protection des espaces.

L'impact des éclairages nocturnes est connu depuis une trentaine d'années. Aujourd'hui, des efforts internationaux sont consentis afin de rendre aux côtes leur obscurité (Mrosovsky, 1967). Il est important de noter que ni les lampes à sodium basses pressions ni les « bug lights » (lampes monochromatiques jaune) ne sont complètement inoffensives pour les tortues marines, certaines espèces étant plus sensibles que d'autres à la désorientation. Un amas de ce type de lampe peut tout de même créer une lueur désorientante. Il est donc fondamental de supprimer, orienter, abaisser les éclairages afin que les lumières ne soient plus visibles depuis la plage (Witherington & Martin, 1996).

F. Pistes pour la résolution des problèmes liés aux lumières artificielles

Parmi les nombreuses perturbations écologiques causées par les êtres humains, la pollution lumineuse est peut-être parmi les plus gérables (Witherington, 1996). Il existe de nombreuses solutions pour

modifier les sources lumineuses afin que leur effet sur les tortues marines soit réduit (Witherington & Martin, 1996). Des solutions simples et peu coûteuses peuvent être très efficaces (Anonyme, 2002 ; Broderick *et al.*, 2002 ; Mortimer, 1988). Une liste non exhaustive de solutions expérimentées dans divers sites de nidification est présentée ci-après.

1 Application de la réglementation

La solution réglementaire pourrait consister à faire appliquer strictement l'article L 411-1 du code de l'environnement (Annexe II). Cet article interdit la perturbation intentionnelle d'espèces animales protégées parmi lesquelles figurent les tortues marines. Il est repris et complété par l'arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection (Annexe III). Cette solution ne peut être retenue car contraindre la population pourrait être mal perçue et jouer, au contraire en défaveur de ces espèces. C'est par la mise en place de compromis avec les différents acteurs qu'il paraît envisageable de trouver des solutions appropriées. Par ailleurs, cette solution peut toujours être envisagée si la recherche de compromis n'aboutit pas à des actions concrètes.

En Floride, un décret a été pris afin de limiter les éclairages adjacents à la mer sur les plages de nidification. Depuis, de nombreuses plages se sont assombries, et le nombre de tortues nidifiantes est lentement mais significativement en augmentation (Salmon, 2003 ; Anonyme, 1993).

2 Limitation et réduction de la durée des éclairages

Les lumières inutiles, décoratives, festives, de zones non fréquentées sont « beaucoup plus nuisibles pour les tortues de mer qu'elles ne sont utiles pour le Peuple » (Witherington & Martin, 1996). Elles peuvent donc être réduites, voire, éliminées.

En ce qui concerne la sécurité, principal argument en faveur d'un éclairage intense, il est important de noter qu'après un seuil de 10 lux, l'éclairage n'entraîne pas une diminution des activités criminelles (Atkins *et al.* 1991). En ce qui concerne les axes routiers, des expériences pilotes montrent qu'une augmentation de leur éclairage ne diminue pas le nombre d'accident ; l'éclairage augmente la visibilité et favorise ainsi les excès de vitesse.

La mise en place de détecteurs de mouvement ou minuteries peut permettre de limiter la durée d'éclairage. Cette solution n'est valable qu'avec des lampes halogènes jugées très impactantes, ou les DEL (diode électroluminescentes) car le temps d'allumage pour les autres types de lampe est très long (environ 15 minutes).

Il est important de préserver et de protéger les zones actuellement sombres.

3 Modification des éclairages existants

Bien qu'une modification des éclairages à l'année soit meilleure, des modifications durant les périodes de ponte et d'émergences peuvent permettre de protéger convenablement les tortues marines (Eckert *et al.*, 1999). Les touristes semblent préférer une plage éclairée, mais s'ils sont renseignés sur les effets des lumières artificielles sur les tortues marines, peut-être auront-ils tendance à vouloir favoriser les plages présentant des éclairages adaptés. Les éclairages pourraient suivre les recommandations préconisées à la suite de rénovations, aménagements nouveaux, destruction par des aléas climatiques. Il est important d'évaluer l'efficacité des mesures toutes les cinq années.

a) Orientation et taille des lampadaires, limitation des lumières intrusives

Il est nécessaire de contrôler l'orientation de façon à n'éclairer que les espaces souhaités. Orienter les éclairages dos à la plage permet de limiter la diffusion de lumière sur les sites de nidification.

La diminution de la taille des lampadaires permet d'éviter également la diffusion de lumière sur des sites à protéger.

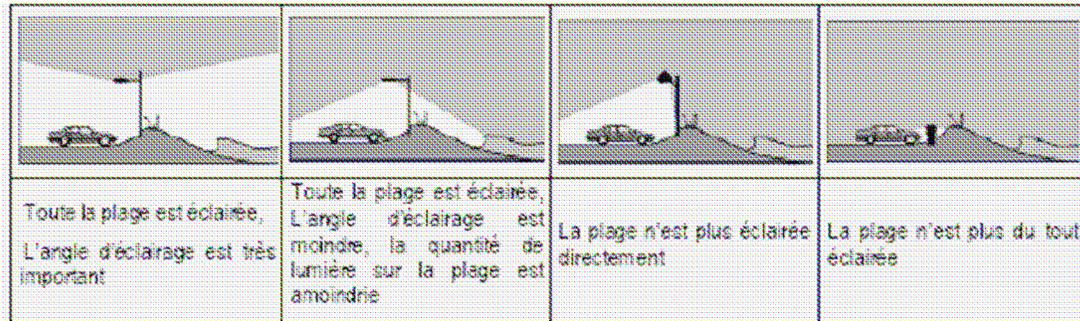


Figure 21 : Influence de la hauteur du lampadaire (D'après Witherington, 1996, traduction Gorjux et al., 2006).

c) Caches et boucliers lumineux

La mise en place de boucliers lumineux encastrés permet de focaliser la lumière afin qu'elle ne parvienne pas jusqu'à la plage

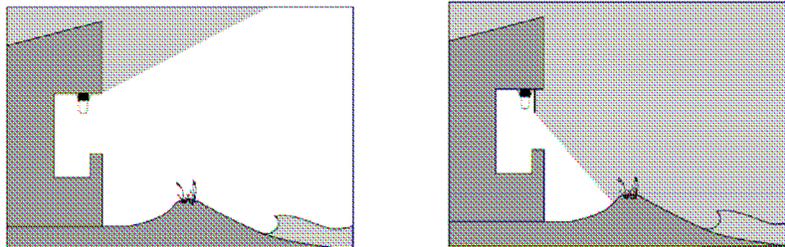


Figure 22 et 22' : Bouclier lumineux réduisant la quantité de lumière atteignant la plage (reproduction de Eckert et al., 1999)

d) Type d'ampoule

L'utilisation de lumières alternatives, moins impactantes est également préconisée. Les lampadaires à Sodium Basse Pression, DEL et néons sont les lampes généralement préconisées.

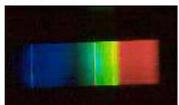
Sensibilité des nouveaux nés	Extrêmement sensible	Hautement sensible	Modérément sensible	Peu sensible
Type de lumière	-Lampe à vapeur de mercure (blanche) -Lampe fluorescente blanche -Lumière fluorescente UV, violet ou/et bleue -Lumière bleue et verte	-Lumière à vapeur de sodium haute pression (HPS) -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)
Spéctre d'émission	 Lampe à vapeur de mercure  Lampe fluorescente	 HPS		 LPS

Figure 23: Sensibilité des tortues marines aux différentes sources lumineuses. In Gorjux et al., 2006.

Les lampes à sodium basse pression sont des sources quasiment monochromatiques, de couleur jaune très prononcé. Elles peuvent être couplées avec la LED pour un meilleur rendu de couleur et un meilleur confort visuel.

Les LED sont des sources en plein essor. Leur rendement énergétique sera bientôt proche de celui de lampes à décharge. Elles existent sous plusieurs couleurs, et constituent une source éblouissante pour un éclairage moindre. La LED est actuellement une bonne solution pour les chemins piétonniers mais ne peut être utilisée seule pour éclairer de grandes surfaces.

Les néons sont ceux utilisés pour la signalisation.

Le « Turtle Safe Lighting » est un organisme de Floride (USA) ayant produit différents types de lampes prenant en compte la sensibilité des tortues marines aux éclairages, en collaboration avec des commerces, des agences gouvernementales, des associations de préservation et des compagnies d'aménagement. Les lampes actuellement utilisées en Floride sont des « bug lights », lampes riches en longueurs d'ondes longues, et sans rayonnement ultraviolet.

e) Intensité

Il convient de réduire l'intensité lumineuse au maximum et pour les horaires de faible fréquentation du public.

4 Mise en place d'écrans

Plusieurs types d'écrans peuvent être mis en place, afin de que la lumière n'atteigne pas les sites de ponte.

a) Mise en place d'écrans végétaux

Les plages de nidification sont souvent bordées de végétation basse, voire d'une forêt littorale constituée de végétaux spécifiques. Ces végétaux constituent un tampon protégeant l'intérieur des terres des embruns et de la salinité. Cette végétation est souvent dégradée voire éliminée par l'exploitation ou la sur-fréquentation des sites. La restauration ou la mise en place de ces écrans

végétaux permet, en assurant la re-végétalisation des sites, de limiter les éclairages atteignant les sites de nidification.

- b) Mise en place de palissade, de barrière opaque, des blocs caillouteux (Nicholas, 2001)
- c) Restauration des dunes (non applicable en Martinique).

La restauration des dunes permet de réduire la lumière qui atteint la mer, tout en soulignant les signaux naturels, ce qui permet aux tortues émergentes de mieux se repérer (Tuxbury & Salmon, 2005).

5 Conseils aux propriétaires privés résidant en bordure de site de nidification

Des campagnes de sensibilisation pourront être menées afin de limiter l'éclairage nocturne et de réorganiser les lumières intérieures dans que but que les accessoires mobiles soient positionnés loin des fenêtres.

La mise en place de rideaux, de vitres teintées ou de films ombragés afin d'éviter que les lumières intérieures ne viennent atteindre les plages (45% de la lumière interne part à l'extérieur) peut également être préconisée (Choi & Eckert, 2005). Enfin, la mise en place d'écrans lumineux végétaux, de type haie d'arbustes empêcheraient les tortues de voir les lumières, mais laisserait aux personnes une visibilité sur la mer. Les restaurants, hôtels sont souvent très lumineux et devraient être particulièrement sensibilisés (Knowles & Eckert, 2007).

6 Education, surveillance, prévention

L'éducation du grand public et des gestionnaires ne doit pas être négligée (Witherington & Martin, 1996) : des campagnes de communication sur le sujet des pollutions lumineuses à destination des mairies, des organismes d'aménagement du territoire et autres organismes des bords de plage permet de garantir le succès des opérations lancées.

7 Relocalisation des nids

La solution de relocaliser les nids dans des sites plus sombres (appliquée en Floride) est une solution à court terme : elle demande une main d'œuvre importante (il faut connaître l'emplacement des nids), et des études approfondies. En effet, le sexe des reptiles dépend de la température d'incubation et les relocalisations pourraient modifier ce paramètre. De plus, selon Godfrey & Barreto (1995) le mouvement des œufs réduit le succès à l'éclosion.

« Que ferait-on si l'on devait choisir entre la sécurité humaine et la protection des tortues de mer ? » Telle est la problématique soulevée par Witherington & Martin (1996). Heureusement, aucun de ces choix n'est nécessaire. La sûreté et la sécurité des humains peuvent être préservées sans mettre en péril les tortues marines. L'objectif est de gérer les lumières de sorte qu'elles remplissent les fonctions nécessaires sans atteindre les plages de nidification. De plus, selon Choi & Eckert (2005), toute lumière inutile engendre des coûts inutiles. L'aspect économie d'énergie et développement durable est donc important à prendre en compte dans la gestion des éclairages publics.

Ce travail bibliographique a permis de mettre en exergue la nécessité de protéger les sites restés sombres et la nécessité de mettre en place des mesures de gestion des éclairages sur les sites actuellement éclairés. Il est également nécessaire de rester vigilant concernant les sites déjà développés afin de prévenir toute dégradation supplémentaire. Cette étude pourrait être complétée par une analyse économique des mesures de gestion des pollutions lumineuses préconisées. Ces mesures devraient être appliquées dans toute conception et construction nouvelles situées à proximité des sites phares pour les tortues marines. Il s'agit, sur le long terme, de corriger la façon dont la société fait usage de la côte : la gestion des pollutions lumineuses pourrait être intégrée dans une vaste stratégie de conservation et de développement durable des zones côtières. Malgré les efforts pouvant être consentis le long des côtes, les lumières indirectes restent un problème. Cela signifie qu'il est possible de réduire mais pas d'éliminer la désorientation. Cette étude bibliographique laisse donc percevoir un manque de connaissances sur certains points relatifs aux pollutions lumineuses.

Troisième partie

Etude spécifique des pollutions lumineuses à la Martinique

Le développement de la Martinique depuis sa colonisation, accélérée depuis plus de 60 ans, s'est traduit par une dégradation des habitats de ponte des tortues marines. En effet, le fasciés des plages a beaucoup évolué, de nombreuses plages sont devenues touristiques et fortement urbanisées entraînant une altération de l'écosystème « bord de mer » par la coupe des arbres et des arbustes, la circulation de véhicules, le développement des éclairages. Toutes ces atteintes sont nuisibles aux tortues marines :

- La perte de la surface réduit les espaces disponibles pour la ponte
- La suppression de la végétation réduit les espaces favorables à la ponte des tortues imbriquées et des tortues vertes
- Le tassement du sol par piétinement ou par la circulation d'engins motorisés peut détruire les nids mais aussi limitent les capacités de creusement des nids par les femelles
- Le dérangement par sur-fréquentation des sites de ponte perturbe les adultes en ponte
- La présence de lumière sur les plages désoriente et affecte la survie des individus adultes comme juvéniles lorsqu'ils ne rejoignent pas directement la mer. Ce phénomène est susceptible d'augmenter le taux de prédation, la mortalité par déshydratation et épuisement, le risque de piétinement et d'écrasement des juvéniles à l'éclosion lorsqu'ils se dirigent vers les routes éclairées.



Figure 24: tortue luth émergente prédatée par un crabe (Dô, Sépanmar)



Figure 25: lésion de prédation sur une tortue imbriquée juvénile



Figure 26: tortue imbriquée juvénile victime d'une automobile

Le but de ce chapitre est de caractériser le problème des pollutions lumineuses en Martinique en localisant les zones à risque. Sur ces zones, seront estimés l'intensité et l'impact des lumières artificielles sur les tortues marines lors de la ponte et lors de l'émergence en Martinique. Dans un dernier temps, des solutions seront proposées au cas par cas sur les sites étudiés.

A. Matériels et méthodes

1 Sélection des sites d'étude

La sélection des sites d'étude a été réalisée grâce aux travaux préliminaires réalisés par Gallais (2005) sur les sites de nidification : « Le littoral martiniquais, un atout majeur en voie de disparition. **Inventaire et identification des menaces inhérentes au littoral martiniquais et en particulier aux**

sites de pontes des tortues marines », et grâce à la cartographie des sites de ponte réalisée par Mounier (SEPANMAR) et par l'ONCFS (Cf. Annexes IV, V et VI).

Une recherche des données relatives aux désorientations au sein de la base de données du réseau tortues marines a également été réalisée.

L'ensemble de ces données a été reportée sur un Système d'Information Géographique (ARCGIS 9). Sur les sites identifiés, le protocole d'étude a été appliqué.

2 Protocole appliqué

a. Transect et caractérisation des sources de pollution lumineuses

Des transects ont été réalisés sur les sites étudiés afin de mesurer l'intensité lumineuse. Celle-ci a été mesurée tous les 30 mètres sur la plupart des sites, tous les 10 mètres sur les plages très courtes, à l'aide d'un luxmètre. Les sites ont été soigneusement géo-localisés par leur point 0 et leur point final. Le relevé des intensités lumineuses a été réalisé à l'aide d'un appareillage présentant une plage de mesure de 0.1 à 50000 lux et de précision +/-5% pour la plage de travail ciblée. Compte tenu de la faible précision de l'appareillage, la plus haute intensité a été notée après orientation du capteur dans toutes les directions à chaque point de mesure. Les phases de la lune à chaque sortie et l'intensité de la lumière « naturelle » ont également été évaluées. A chaque point, quatre mesures ont été enregistrées :

En limite supérieure de l'estran (ou ligne des plus hautes eaux)	Mesure au ras du sol
	Mesure à 15 cm du sol

En limite supérieure de plage (végétation ou route)	Mesure au ras du sol
	Mesure à 15 cm du sol

Les données recueillies au ras du sol concernent essentiellement les tortues émergentes, les données collectées à 15 cm du sol concernent les tortues adultes. Ces données ont été transférées sous logiciel de cartographie SIG et ont permis d'établir le profil lumineux de chacun des sites. Plusieurs moyennes ont donc été calculées par site :

Moyenne des intensités au niveau de la ligne des plus hautes eaux

Moyenne des intensités en limite supérieure du site

Moyenne des intensités à 0 cm du sol (perçues par les émergentes)

Moyenne des intensités à 15 cm du sol (perçues par les adultes)

De plus, les caractéristiques de chacune des sources lumineuses rencontrées (hauteur, type, fonction, distance et visibilité depuis la mer, horaire de fonctionnement, propriété) ont été notées, d'où la nécessité d'une sortie diurne et d'une sortie nocturne. En effet, on considère que toute lumière visible depuis la plage perturbe la ponte et les émergences de tortues marines. Les fiches de terrain sont proposées en documents annexes VII.

b. Emergences de tortues marines

Afin d'évaluer la désorientation des tortues émergentes, le protocole suivant, adapté de l'étude de Kamel & Mrosovsky (2005) a été mis en place et décliné dans une fiche de terrain (Annexe VIII). Toute émergence observée a été enregistrée et la direction prise par les tortues émergentes a été matérialisée sur un cercle de 1m de diamètre, reproduit en format papier. L'orientation de l'émergence a été appréciée par l'observation directe des émergences ou par les empreintes laissées par les jeunes tortues sur le sable, mais aussi par les jeunes tortues retrouvées mortes ou vivantes au pied de lampadaires, écrasées sur la route, bloquées dans une cavité... Le nid a été positionné au centre du cercle, et l'orientation ainsi qu'un pourcentage approximatif d'orientation a été noté. L'intensité lumineuse a été estimée au niveau du nid selon une échelle de 0 (aucune lumière visible depuis la plage) à 10 (site très fortement éclairé).

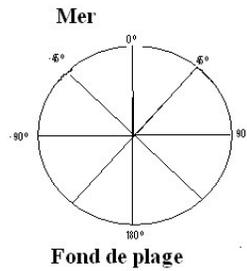


Figure 27 : Cercle de désorientation.

3 Aspects réglementaires

Afin d'estimer les solutions réglementaires envisageables, les acteurs de la gestion du littoral ont été identifiés et rencontrés.

B. Résultats et analyse des relevés réalisés

1 Identification des sites

La superposition de la carte des sites potentiels de pontes pour les tortues marines et de la carte de présence d'éclairage sur les plages a permis de cibler les plages importantes à inventorier dans le cadre de cette étude. Vingt huit plages dispersées sur tout le pourtour de l'île ont été retenues.

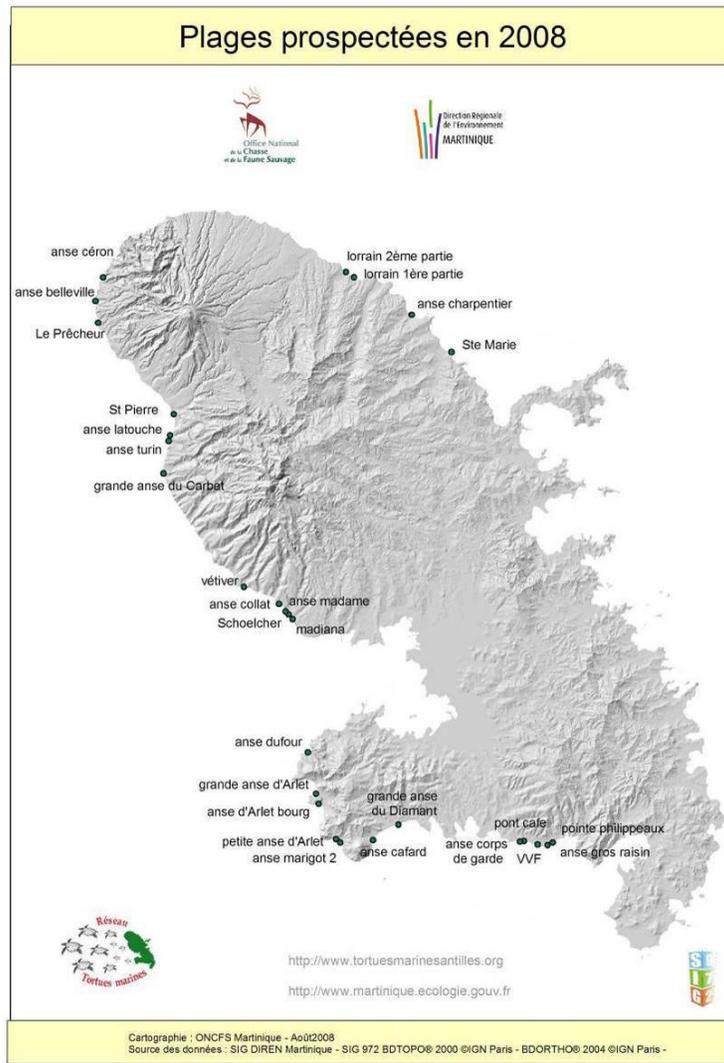


Figure 28: Sites prospectés.

Ces 28 sites favorables à la ponte des différentes espèces de tortues marines présentent la particularité de disposer d'une plage recouverte de sable en quantité suffisante (largeur de la bande de sable) pour la nidification des tortues luth et/ou d'une végétation en arrière plage favorable à la ponte des tortues imbriquées et vertes.

Les sites identifiés par la base de données sur lesquels des cas de désorientation ont eu lieu ont été d'emblée placés parmi les sites à étudier. Ils sont présentés dans le tableau ci-après.

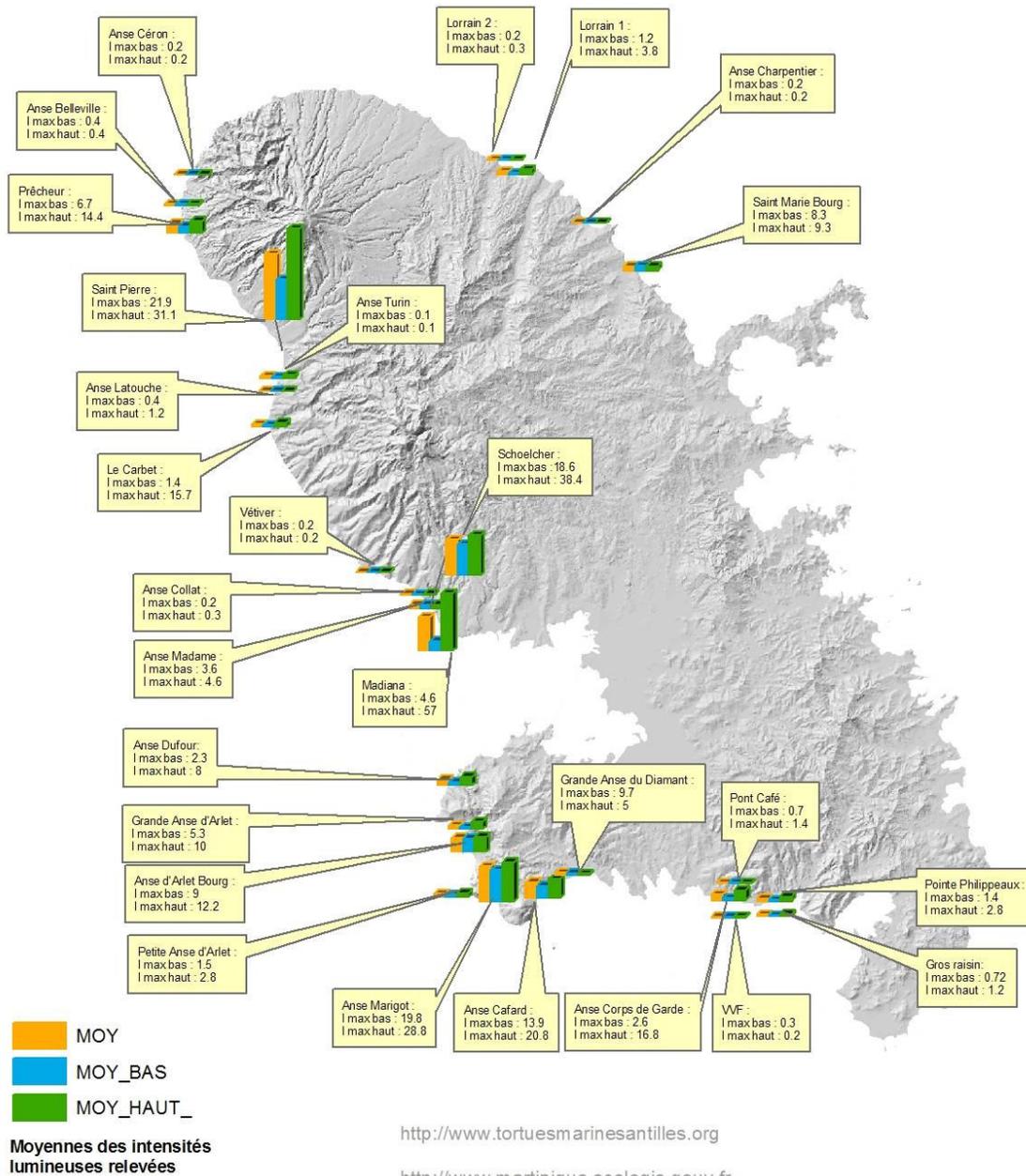
Tableau 2: Cas de désorientation recensés. Extrait base de données réseau tortues marines.

Date	Nom plage	Espèce	Adulte	Emergence	Nombre	Orientation
09/08	Grande Anse, Salines	<i>E. imbricata</i>	X			Abandon sans ponton d'un site éclairé par le camping
24/07 – 28/07	Diamant, Grande Anse	<i>E. imbricata</i>	X			Abandon sans ponton du site éclairé par les phares de voitures
07/08	Carbet Grande Anse	<i>E. imbricata</i>	X			Abandon sans ponton du site éclairé par restaurant
07/05/2008	Vétivert Case Pilote	<i>E. imbricata</i>	X			Désorientation après la ponton. Lampadaires parking.
10/08/2007	Grande Anse, Salines	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers lumières de tentes de campeurs
11/08/2007	Grande Anse, Salines	<i>E. imbricata</i>		X	50	Vers lumières de tentes de campeurs
15/08/2007	Grande Anse des Salines	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers lumières de tentes de campeurs
27/05/2007	Grande Anse d'Arlet	<i>D. coriacea</i>		X	30	Vers lumières du restaurant « Ti-Sable »
Mai ou juin 2007	L'autre bord, Case-Pilote	<i>D. coriacea</i>			30	Retrouvées desséchées sur la route
30/06/2007	Madiana plage	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers projecteurs du centre de secours
23/08/2007	Saint pierre bourg	<i>E. imbricata</i>		X	50	Vers lumières restaurant
09/09/2007	Saint pierre bourg	<i>E. imbricata</i>		X	50	Vers lumières d'un bivouac sur la plage
14/07/2007	Trinité, Cosmy	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers lumières d'un bivouac sur la plage
23/07/07	Anses d'Arlet, Coin des pères	<i>D. coriacea</i>		X	150	Vers réverbères restaurant
Juillet 2007	Vétiver, fond Bourlet	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers lampadaire jaune faible
31/08/2006	Case pilote ; l'Autre bord	<i>E. imbricata</i>		X	100	Vers lampadaire
05/09/2004	Dizac, Diamant	<i>E. imbricata</i>		X	50	Vers feux des voitures

2 Intensités lumineuses

a. Cartographie

Les intensités lumineuses relevées sur chacun des 28 sites prospectés ont été reportées sur un logiciel de cartographie. Les données présentées ici sont la moyenne des intensités lumineuses recensées en zone basse et zone haute du site tous les 10 ou 30 mètres, puis la moyenne générale du site ainsi que les valeurs maximales en zone basse et en zone haute de la plage.



Cartographie : ONCFS Martinique - Juillet 2008
Source des données : SIG DIREN Martinique - SIG 972 BDTOPO© 2000 ©IGN Paris - BDORTHO© 2004 ©IGN Paris -

Figure 29: Représentation cartographique des intensités lumineuses sur les 28 sites étudiés.

Les sites où les intensités moyennes sont les plus élevés sont ceux de Schoelcher (plage de Madiana, Bourg), de Saint-Pierre, du Diamant, de Anses d'Arlet (grande Anse, Bourg, Anse Marigot) et du Carbet. Les résultats bruts sont présentés en document annexe IX.

b. Profil des plages et premières solutions préconisées

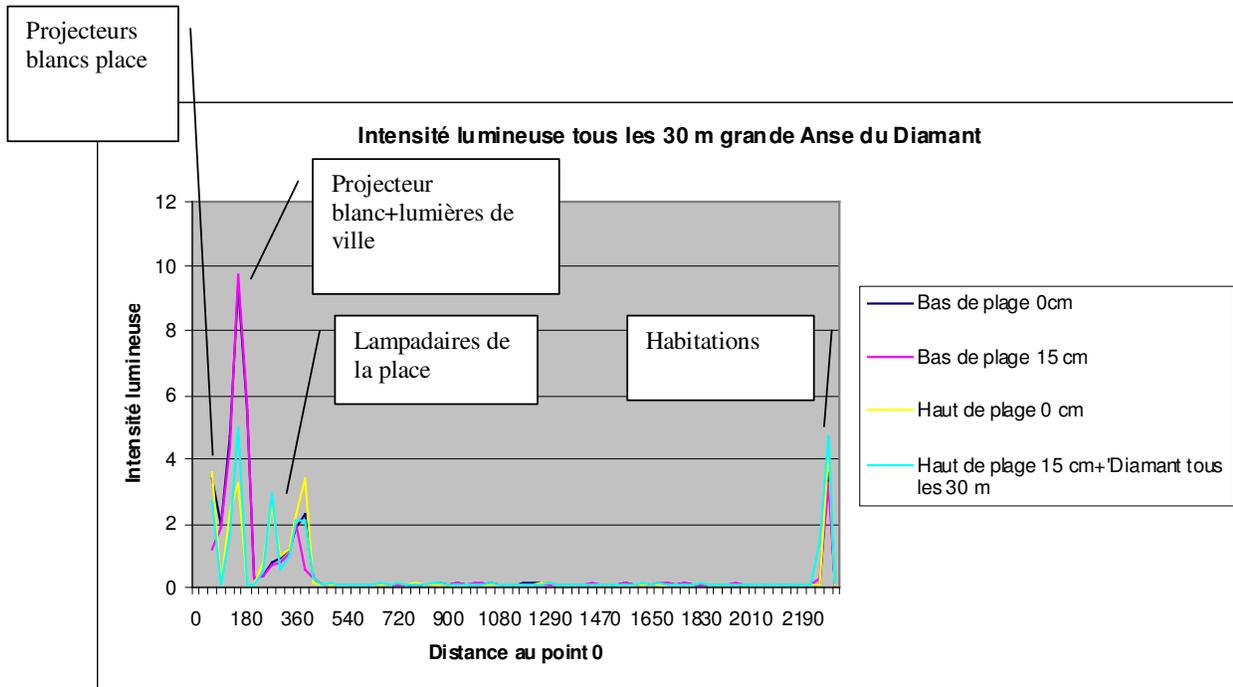
Diamant

La plage de Grande Anse du Diamant est une plage de 2,9 km de longueur, dont la bande de sable présente une largeur variable. La zone étudiée va du cimetière à l'est à son extrémité ouest. Le site est en co-gestion ONF (zone FDL) / mairie du Diamant. La plage est bordée d'un sous-bois favorable à la ponte des tortues imbriquées. Les pontes de tortues Luth y sont rares. Des traces de nids de tortues vertes y ont été observées en 2008. Bordée par une route départementale (DC7), la forêt domaniale a une largeur d'environ 100 mètres sur la moitié est de sa longueur puis se rétrécit en région ouest. A l'extrême ouest se trouvent des habitations et un hôtel « les pieds dans l'eau ».



Figure 30: Photographie aérienne, Grande Anse du Diamant et anse Cafard

Profil lumineux de la Grande Anse du Diamant :



Graphique 3: Profil lumineux de la plage de Grande Anse du Diamant

Le parking très éclairé, situé en région est, est une importante source de pollutions lumineuses.



Figure 31 et 30' : parking de Dizac



Figure 32 : hôtel

Les sources de pollutions lumineuses rencontrées sur la zone étudiée sont listées ci-dessous :

- Les luminaires publics du bourg, notamment ceux bordant le début de la forêt à l'est,
- La place de Dizac. Eclairée toute la nuit, cette place fait office de parking, de place des fêtes durant une période de l'année et de lieu de rencontre,
- Les parkings en forêt domaniale éclairés par les véhicules y stationnant la nuit,
- Les véhicules circulant sur la route en arrière-plage, tout particulièrement lorsque la forêt se rétrécit dans sa partie Ouest (cet effet s'est amplifié suite au passage de l'ouragan Dean d'août 2007),
- Les habitations et hôtels situés en au lieu dit « Dizac »,

Des cas de cas de tortues écrasées sur la route bordant la plage ont été observés.

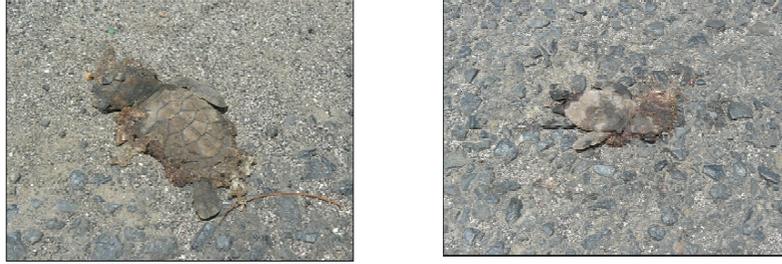


Figure 33 : Tortues émergentes écrasées sur la route départementale 7. 2007

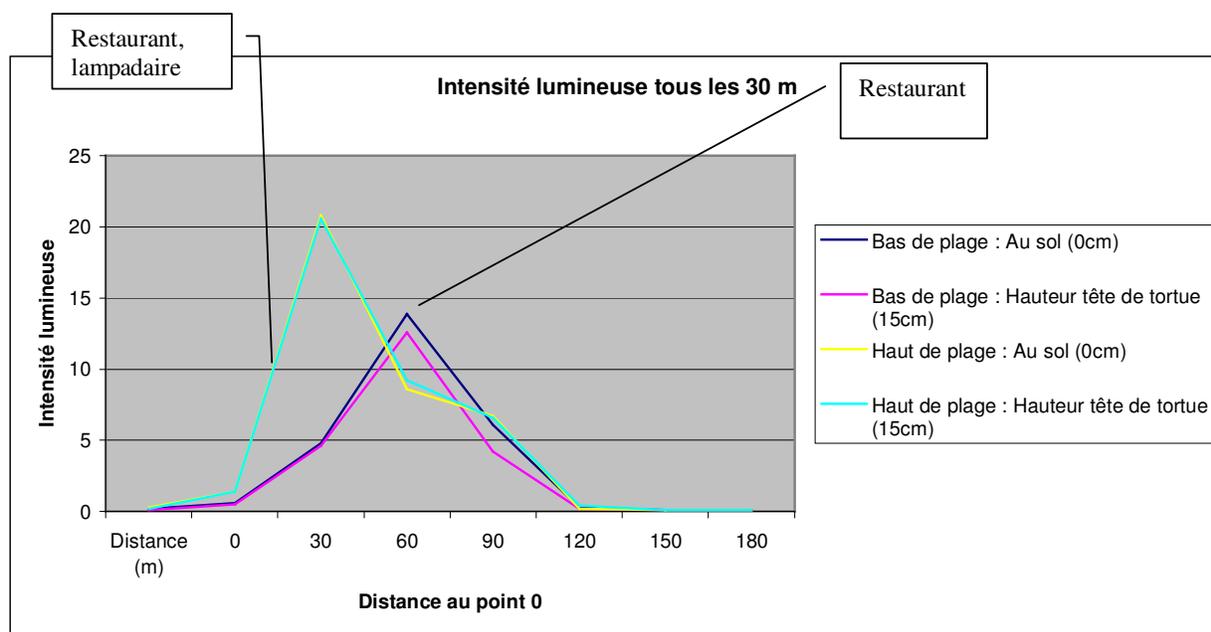
Les solutions préconisées pour ce sont la suppression de certains luminaires du parking, la réorientation des lampes et le remplacement par d'autres lampes moins impactantes, le renforcement de l'écran végétal, une opération de sensibilisation pour les particuliers.

A l'extrême ouest se trouve la petite plage de l'Anse Cafard.



Figure 34: Vue aérienne de l'Anse Cafard (Cartographie interactive DIREN Martinique)

Profil lumineux de la plage de l'Anse Cafard :



Graphique 4: Profil lumineux de la plage d'Anse Cafard

Les restaurants présents sur au niveau d'Anse cafard disposent de projecteurs sur la plage. Plus particulièrement le restaurant « Cap 110 », et « Le sultan » sont sources d'une pollution lumineuse importante.



Figures 35 et 34' : sources de pollutions lumineuses, Plage de L'Anse Cafard

La réduction des pollutions lumineuses est à rechercher par des solutions individualisées auprès des restaurants. La mise en place d'un **label**, en partenariat avec le Parc Naturel Régional de la Martinique pourrait être une mesure incitative valorisant leur activité et leur souci de préserver la faune de Martinique. Des actions de sensibilisation pourraient être menées auprès des particuliers, afin de les sensibiliser aux pollutions lumineuses. Des affiches pourraient être posées dans les maisons en location afin d'informer les personnes de passage sur le site. La place du Diamant constitue une source importante de pollutions lumineuses. L'éclairage doit y être revu en fonction de la mission précise prévue pour ce site.

Schœlcher

La ville de Schœlcher dispose de quatre plages de pontes bien fréquentées par deux espèces de tortues marines : la tortue imbriquée, très présente, et la tortue Luth, plus rare. Cette ville a donc un rôle important à jouer dans la protection de ces espèces menacées. Ces plages sont également très anthropisées, et sont le site d'activités diverses (nautisme, tourisme balnéaire, cours de natation...).



Figure 36 : Plages de Schœlcher. 1 : Anse Collat, 2 : Anse Madame, 3 : Bourg, 4 : Madiana.

Anse Collat

La plage d'Anse Collat est une plage de 220 mètres de longueur, bordée par des espaces boisés ainsi que quelques habitations éparées.



Figure 37: Vue aérienne de l'Anse Collat. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.

Cette plage est la plus sombre des quatre plages de la ville de Schœlcher, elle fait aussi partie des 5 plages les plus sombres parmi les 28 échantillonnées. Cependant, la présence d'un mur empêchant l'accès au haut de la plage peut constituer un obstacle pour les tortues marines. Des pontes y sont

néanmoins observées. Les lumières présentes sont générées par les résidences privées hautes possédant un éclairage intérieur puissant et mal orienté (figure 43).



Figure 38: Habitations hautes de la plage de l'anse Collat.

Les recommandations seront dirigées vers ces habitations. Il pourra s'agir de plaquettes de sensibilisation des particuliers. Il est également important de préserver ce site en déconseillant la mise en place d'éclairages.

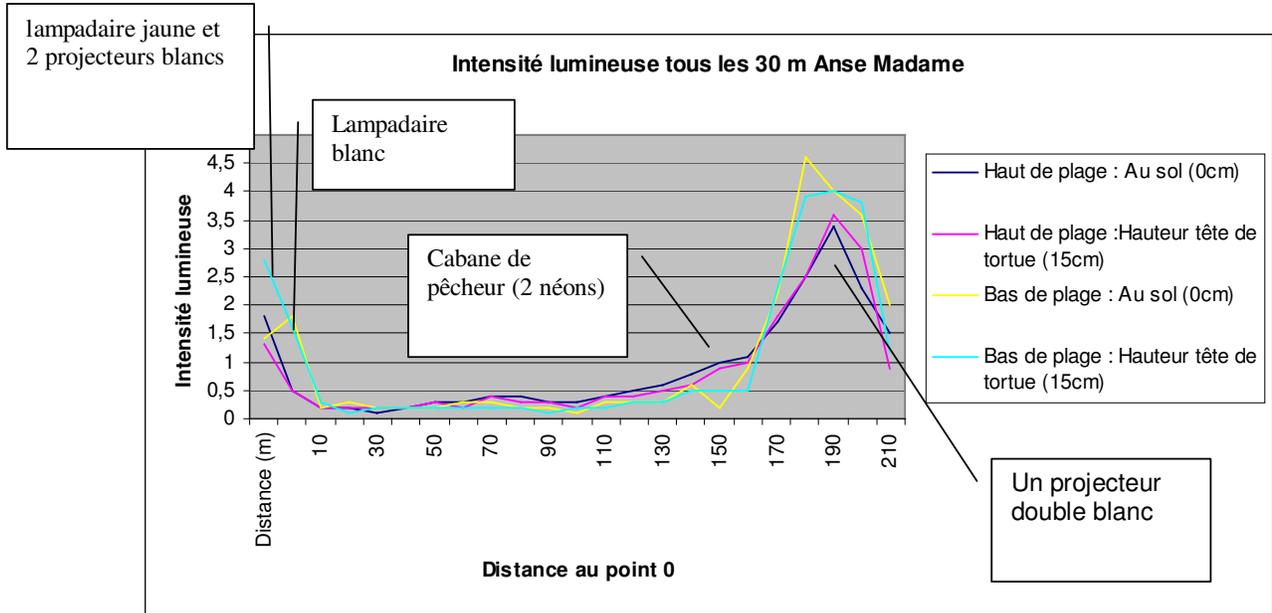
Anse Madame

Cette plage a une longueur d'environ 120 mètres, et une largeur très variable, entre 5 et 35 mètres. De nombreuses ouvertures dans le couvert végétal très faible laissent apparaître des jardins fermés par un grillage et donc inaccessible aux tortues. Toute la zone d'arrière plage est urbanisée. Il est noté une importante utilisation du site pour la pêche et les loisirs de type baignade, gym aquatique etc....



Figure 39 : Anse Madame, vue aérienne. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.

Profil lumineux de la plage d'Anse Madame :



Graphique 5: Profil lumineux de la plage d'Anse Madame

Les solutions préconisées pour ce site doivent être adaptées à l'utilisation nocturne du site par les plagistes. Une extinction des lumières après une heure donnée pourrait être proposée. Un changement des types d'éclairages est également à conseiller. Les nouvelles ampoules pourraient, de plus être munies de détecteurs de mouvement. Enfin une action sur les facteurs taille et intensité des lampadaires devrait permettre de réduire les pollutions lumineuses.

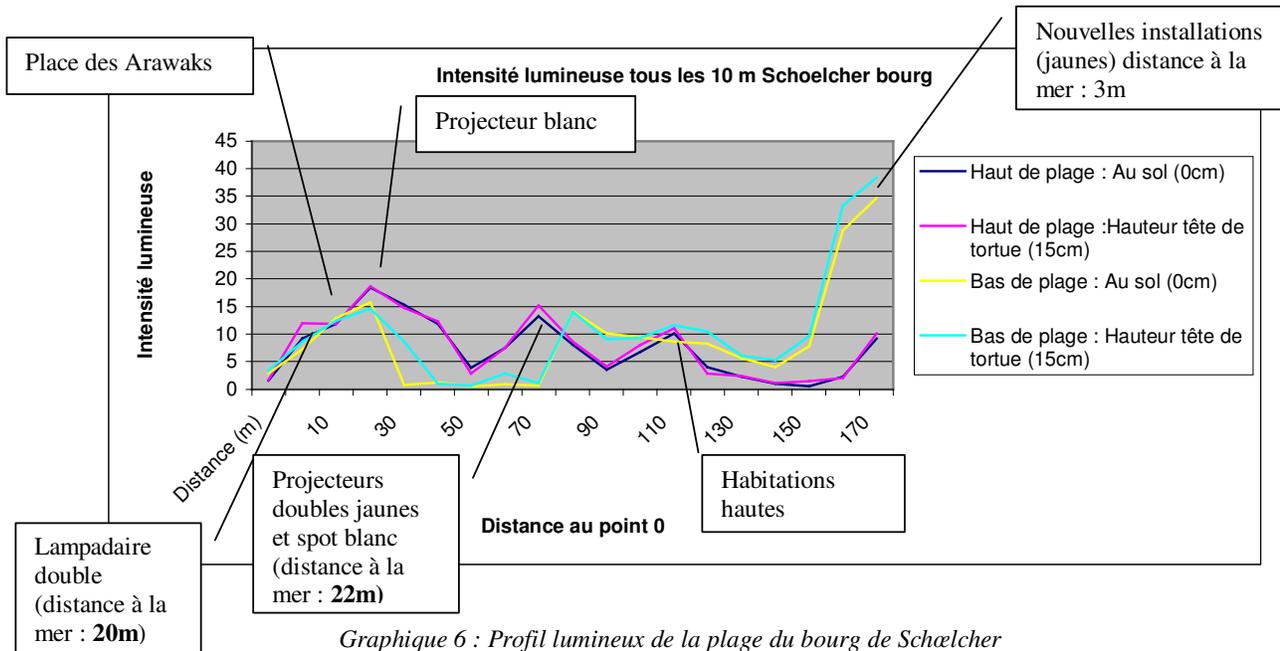
Plage du Bourg

Cette plage de 210 mètres de long est parmi les plus anthropisées de l'île. Elle est entourée d'habitations, bordée à l'est par une place très fréquentée disposant d'un terrain de sport (Place des Arawaks). Des loisirs tels que la baignade et la pêche y sont très développés. L'écran végétal, faible et éparé est composé de quelques cocotiers encore jeunes (*Cocos nucifera*) et arbres du voyageur (*Ravinala madagascariensis*). Quelques raisiniers sont également présents.



Figure 40 : Vue aérienne de la plage du bourg. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.

La figure 37 présente le profil lumineux de la plage du bourg, dont l'intensité moyenne est la 2^{ème} plus élevée de l'île.



Graphique 6 : Profil lumineux de la plage du bourg de Schœlcher



Figure 41 : Place des Arawaks



Figure 42 : Spots longeant la plage



Figure 43 : Nouvelles installations électriques du front de mer

Les solutions proposées pour ce site sont :

- l'extinction de certains lampadaires après 23h ainsi que la mise en place de détecteurs de mouvement ou de minuteries,
- le remplacement des lampadaires « boules » par des lampadaires non diffus, l'orientation des lampadaires dos à la mer, la diminution de la hauteur des mâts, le remplacement des lampes actuelles par des lampes à Sodium Basse Pression ou des LED, le renforcement de l'écran végétal, la sensibilisation de la population par un panneau explicatif placé à l'entrée de la plage.

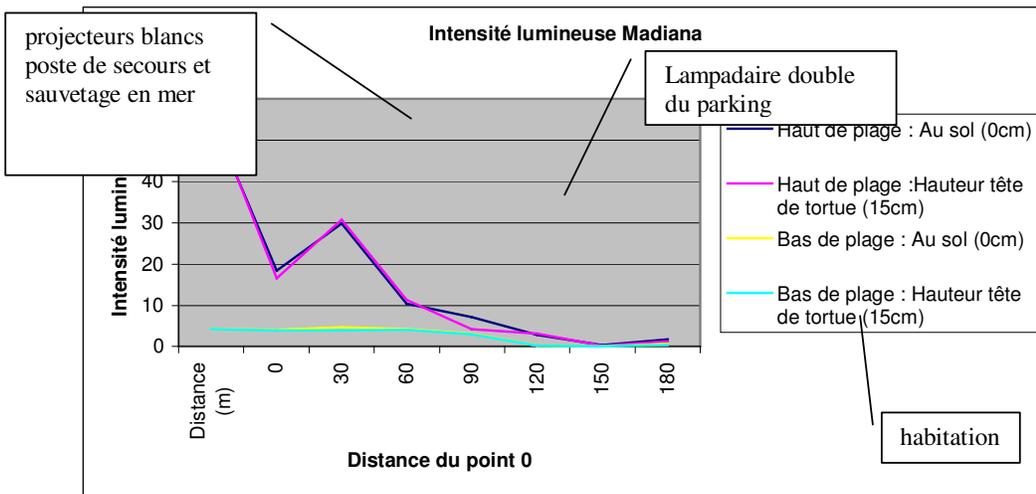
Madiana plage

Cette plage de 190 mètres de long est faiblement urbanisée



Figure 44: Vue aérienne de Madiana plage.

La principale source de lumière de ce site est le poste de secours et sauvetage en mer, éclairé par deux projecteurs puissants orientés vers la mer. Ces projecteurs sont allumés durant toute la nuit.



Graphique 7 : Profil

lumineux de la plage de Madiana

L'intensité lumineuse maximale relevée en fond de plage est très supérieure à celle relevées sur toutes les autres plages recensées (57 lux). L'intensité lumineuse moyenne de 8,2 lux est calculée et ce site

est classé au 3^{ème} rang des plages éclairées de l'île. Des désorientations de tortues adultes et émergentes sont fréquemment observées par les agents d'entretien du site.

Afin de limiter ces désorientations, il convient de s'interroger sur l'utilité de ces éclairages disposés afin de sécuriser le site. Il a été mentionné précédemment qu'au-dessus d'une certaine intensité lumineuse, l'éclairage n'a plus d'effet sur la criminalité. L'intensité de ces spots pourra donc être revue. De plus, il sera nécessaire de réorienter ces luminaires, afin d'éviter l'éclairage de l'intégralité de la bande sableuse.

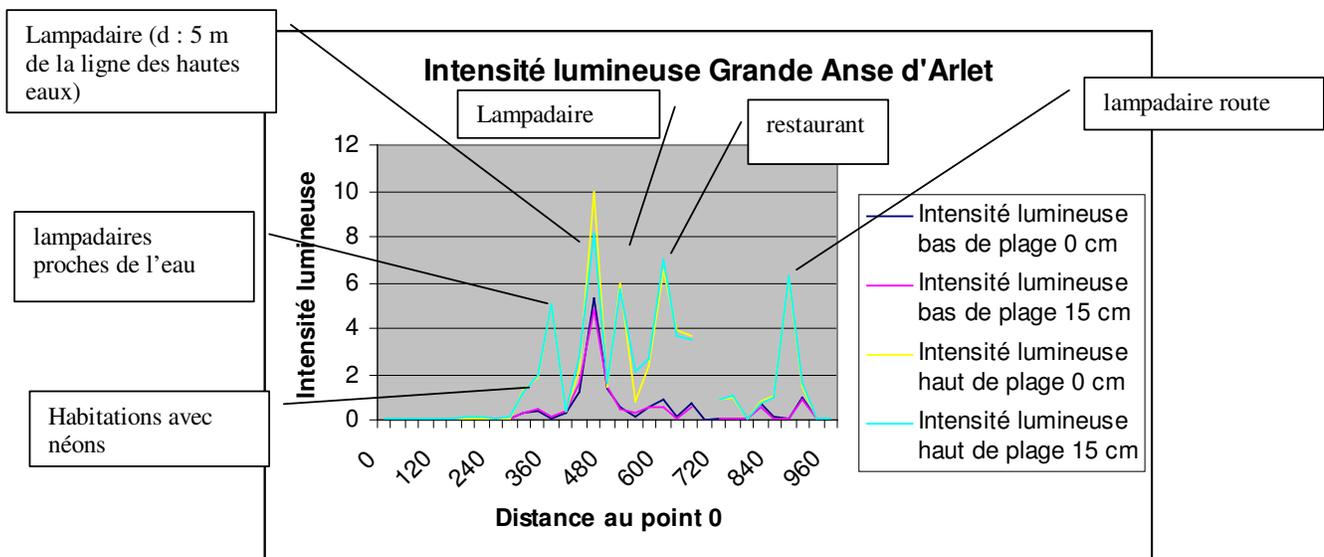
Le parking est également source de lumière. Ici, la suppression de certains éclairages et la mise en place de lampadaires bas, dos à la mer sont préconisés. Un changement d'ampoule pourra également être opéré avec la transition vers le Sodium Basse Pression ou les LED. Les éclairages privés seront eux, gérés par la sensibilisation des propriétaires.

Anses d'Arlet

Les plages de la commune des Anses d'Arlet sont des sites touristiques fortement anthropisées.

Grande Anse d'Arlet

Cette plage de 1060 mètres de longueur est séparée en deux parties par un ponton. Les maisons et restaurants sont très proches de l'eau et mêlés à une végétation éparse (cocotiers et raisiniers...)



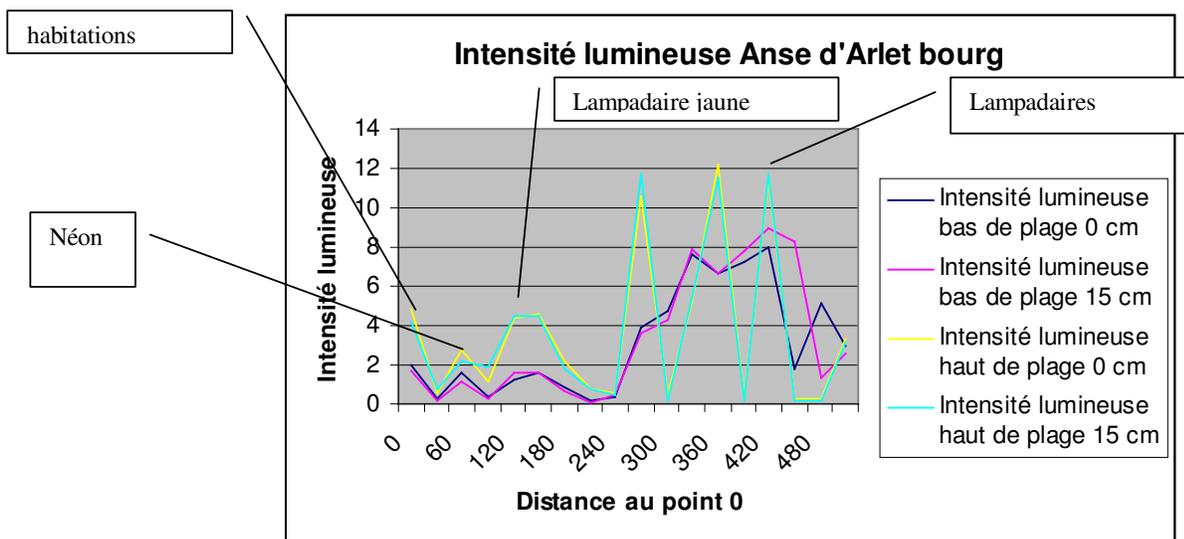
Graphique 8: Profil lumineux, Grande Anse d'Arlet

Cette plage comporte de très nombreuses et diverses problématiques qui dépassent le cadre des pollutions lumineuses, liées à l'urbanisation très proche de la mer. Un travail est à fournir autant au niveau de l'éclairage public, que des divers éclairages privés.

Les solutions à préconiser sont un changement de type d'ampoules, la mise en place de détecteur de mouvements, la mise en place de lampadaires plus bas, moins intense et orientés seulement vers ce qu'il est souhaité éclairer, le renforcement de l'écran végétal.

Anse d'Arlet bourg

Cette plage de 450 mètres de long et de largeur uniforme (environ 20 mètres) est utilisée pour de nombreux loisirs : baignade, volley, pêche... Quelques restaurants sont dispersés le long de la plage.

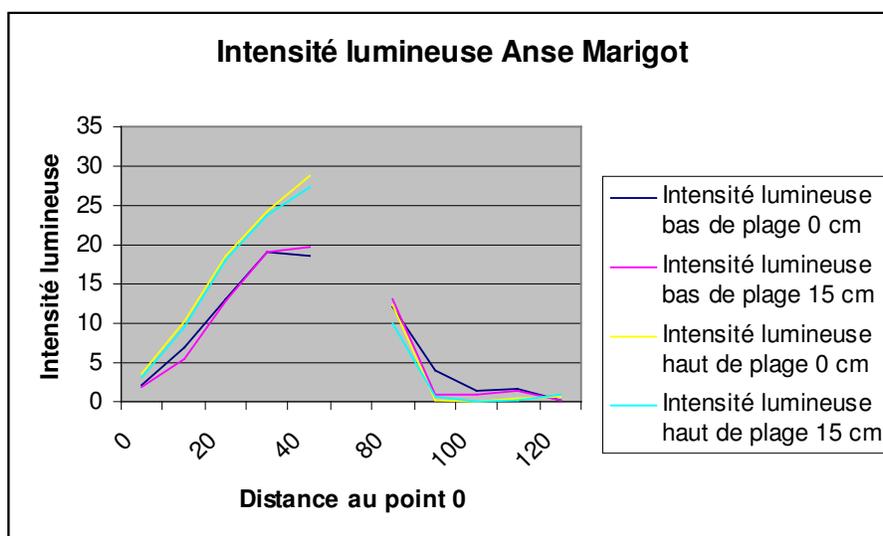


Graphique 9: Profil lumineux Anse d'Arlet Bourg

Le principal problème de cette plage est l'éclairage public trop intense et proche de la mer.

Il peut être préconisé de limiter la hauteur des lampadaires, d'orienter ces luminaires totalement dos à la mer, d'introduire des ampoules adaptées. Concernant la rue piétonne, des lampes de bas niveaux dirigées vers le sol du type potelets, sont recommandés. Il serait intéressant de coupler plusieurs de ces solutions avec la mise en place d'un écran lumineux (renforcement de l'écran végétal actuel).

Anse Marigot Cette plage de 40 mètres est divisée en deux par un ponton, et bordée en arrière plage de quelques cabanes de pêcheur et un bar.



Graphique 10 : Profil lumineux de l'Anse Marigot

Il est important de noter que l'échelle de la représentation graphique varie sur cette page très courte. Selon la carte des intensités lumineuses, cette plage de petite taille fait partie des 5 plages ayant l'intensité lumineuse la plus élevée.

La seule problématique présente sur ce site est la présence d'un lampadaire à 3 projecteurs. Les solutions pourraient être la réduction de la hauteur du lampadaire, l'orientation ciblée ainsi que le remplacement des ampoules.

Anse Noire

Cette plage d'environ 100 mètres ne possède actuellement aucun éclairage public. Les seules sources lumineuses de cette plage sont de nature privée tels que les cabanes de pêcheurs et les habitations.

La recommandation la plus importante sur cette plage et sur toutes les plages ayant une faible intensité lumineuse est de les **préserver aussi sombre qu'actuellement**. Puis, afin de limiter l'éclairage nocturne généré par les privés, il conviendrait de sensibiliser les privés et de les inciter à l'utilisation de matériel moins impactant.

Anse Dufour

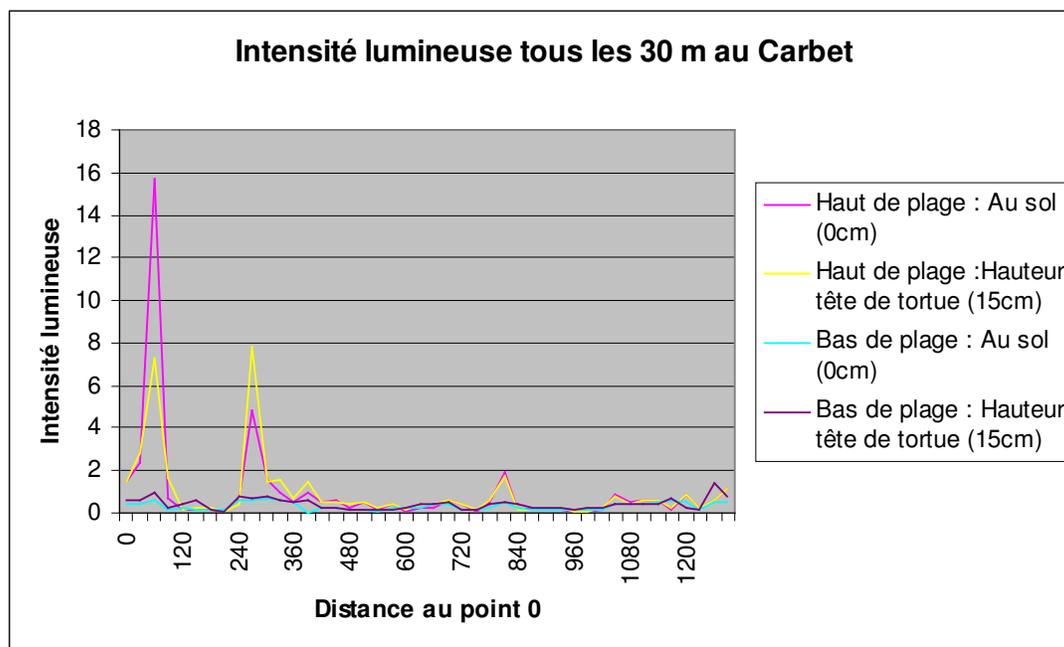
Il s'agit d'une plage d'environ 100 mètres très touristique et éclairée. L'intensité lumineuse y atteint 8 lux.

Il serait envisageable de supprimer de nombreux lampadaires, ce qui engendrerait de nombreuses économies d'énergie par la même occasion. Il serait également utile de renforcer l'écran végétal, d'abaisser la hauteur de certains luminaires et de procéder à un changement d'ampoules. Une opération de sensibilisation des riverains pourrait également être envisagée.

Carbet

Grande Anse du Carbet

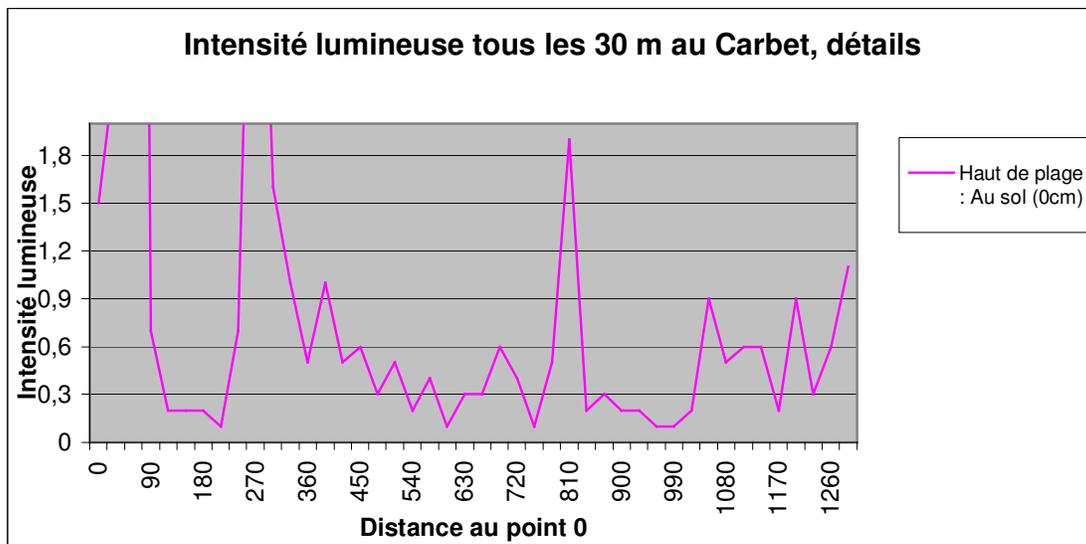
Profil lumineux :



Graphique 11 : profil lumineux de la plage de Grande Anse du Carbet

Les pollutions lumineuses sont engendrées par les restaurants « les pieds dans l'eau » situés aux deux extrémités de la plage, ainsi que par les réverbères dirigés vers la mer. L'hôtel localisé à l'extrémité sud est également une importante source de pollutions lumineuses.

Il est important de réaliser, par l'analyse de ce profil lumineux qu'en écartant les deux pics d'intensité lumineuse (15,7 et 4,8 lux), l'intensité lumineuse relevée en fond de plage, au sol est rarement inférieure à 0,3 lux (graphique 12). Le site du Carbet est donc défavorable à la bonne orientation des tortues émergentes.



Graphique 12: Intensité lumineuse au sol en haut de plage, détail.

La ville du Carbet semble être un bon site d'expérimentation d'un label pour les restaurateurs et les structures hôtelières. De plus, le renforcement des écrans végétaux constitués de jeunes arbres pourrait permettre de limiter les pollutions lumineuses sur ce site.

Anse Turin

La route nationale 2 se trouve très proche, et l'écran végétal est largement insuffisant, entraînant un éclairage important de la plage à chaque passage de véhicule.

La solution serait donc le renforcement de cet écran végétal.

Anse latouche

Le lampadaire jaune présent sur le site est protégé par un écran végétal. L'intensité mesurée ne dépasse pas les 1,2 lux.

Prêcheur

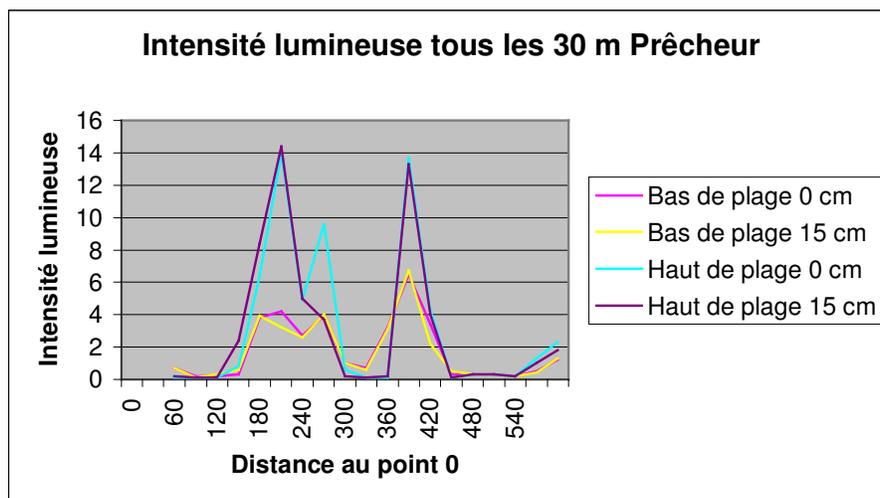
Cette commune bénéficie d'un chapelet de plages courtes dont certaines sont peu accessibles, et non éclairées mais bien fréquentées par les tortues marines. L'intensité lumineuse relevée sur les plages de Anse lévrier et Anse à voile est uniquement liée à la lumière de la lune.

Anse Belleville

Il s'agit d'un site bien préservé sur lequel l'intensité lumineuse ne dépasse pas les 0,4 lux. Il convient de protéger ce site sombre.

Les Abymes.

La présence de lampadaires sur ce site entraîne une intensité lumineuse pouvant atteindre les 14,4 lux. La gestion des lampadaires, par mise en place d'ampoules adaptées pourrait être une solution envisageable.



Graphique 13: profil lumineux de la plage des Abymes, Prêcheur.

Anse Céron

La route départementale 10 se trouve très proche, et l'écran végétal est largement insuffisant, entraînant un éclairage important de la plage à chaque passage de véhicule.

La solution serait donc le renforcement de cet écran végétal.

Marigot

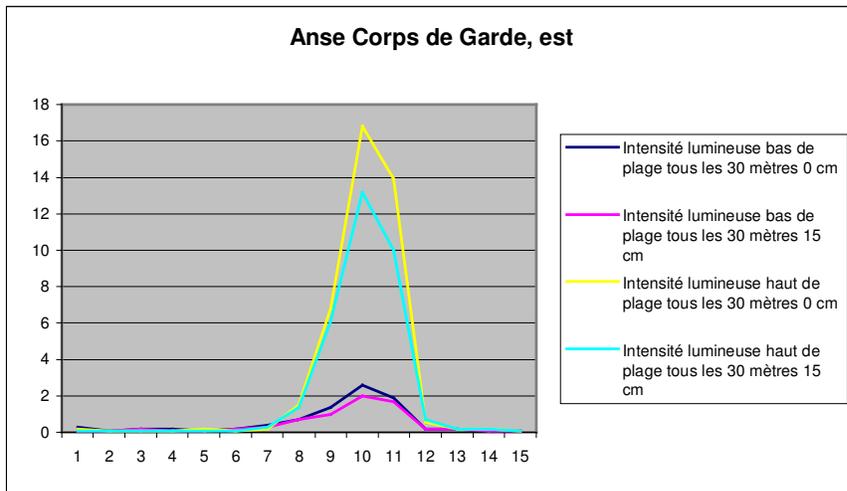
La plage d'Anse Charpentier constitue un site bien protégé, avec une intensité lumineuse ne dépassant pas les 0,2 lux. Ce site, bien fréquenté par les tortues Luth, doit être protégé et rester sombre.

Case pilote

L'intensité lumineuse relevée sur la plage de Vétivert ne dépasse pas les 0,2 lux. Cependant, des cas de désorientation de tortues adultes et émergentes sont relatés sur ce site. Ceci met en exergue deux limites de la présente étude :

- liée aux aspects techniques : les lueurs diffuses et lointaines ne sont pas détectées par l'appareillage utilisé,
- liée aux aspects logistiques : seule une sortie de terrain nocturne est réalisée par site. Il est possible que des luminaires soient éteints le jour de cette sortie.

Sainte-Luce



L'intensité lumineuse maximale est relevée en périphérie d'une place faisant office de parking et de lieu d'accueil. Il s'agit d'un aménagement récent (16 lampadaires).



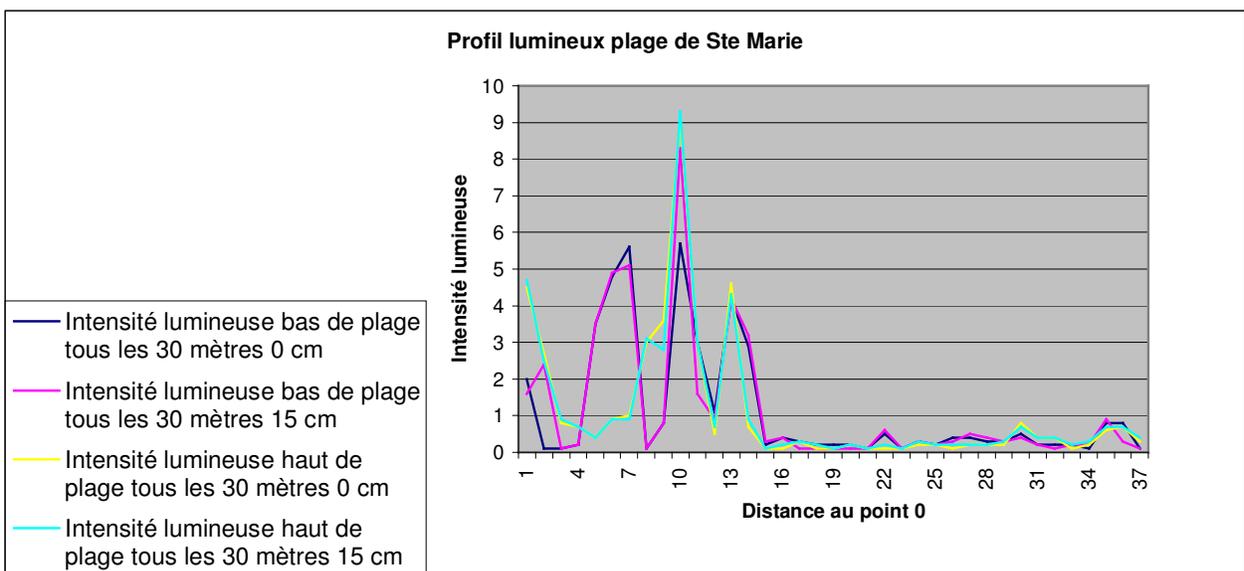
Graphique 14: Profil lumineux Anse Corps de Garde, Sainte-Luce

Des lampadaires publics ou privés sont également localisés le long de toutes les plages de la commune. Il s'agit de sites hautement touristiques et urbanisés.

La fonctionnalité précise de cette place et la nécessité de maintenir les lampadaires allumés durant toute la nuit doit être étudiée. La solution la plus aisée est l'extinction de ces lampadaires à partir d'une heure donnée.

Sainte Marie

La plage de l'union est un site de ponte important pour les tortues Luth. Elle est bordée par la RN1 fortement éclairée.



Graphique 15: Profil lumineux plage de l'Union, Sainte-Marie

La partie nord de la plage est fortement éclairée. Il s'agit pourtant de la zone exploitable par les tortues marines car à l'abri de l'embouchure commune des rivières de Sainte-Marie et de la rivière Malvine et de la zone importante de battement des marées situées au sud de la plage.



Graphique 16: Vue aérienne de la plage de l'Union. En jaune, zone éclairée, en bleu : zone de battement de l'embouchure de la rivière, en rouge : zone recouverte par les hautes marées.

Il est utile de s'interroger sur l'efficacité de ce site. En effet, les œufs pondus dans les zones rouges et bleues seront inondés et perdus. Les tentatives de ponte dans la zone éclairée, lorsqu'elles sont couronnées de succès, sont très fortement susceptibles d'être désorientées.

La commune de Sainte-Marie est en cours de réflexion sur le réaménagement de son front de mer. Une place importante devra être donnée aux tortues marines, qui sont un atout majeur pour la commune. Aussi, le plan d'aménagement du front de mer devra prévoir des éclairages adaptés, en nombre limité et bien orientés. De plus, des écrans végétaux respectant la végétation native devront renforcer cette démarche de protection de la bande de sable contre les lumières.

Lorrain

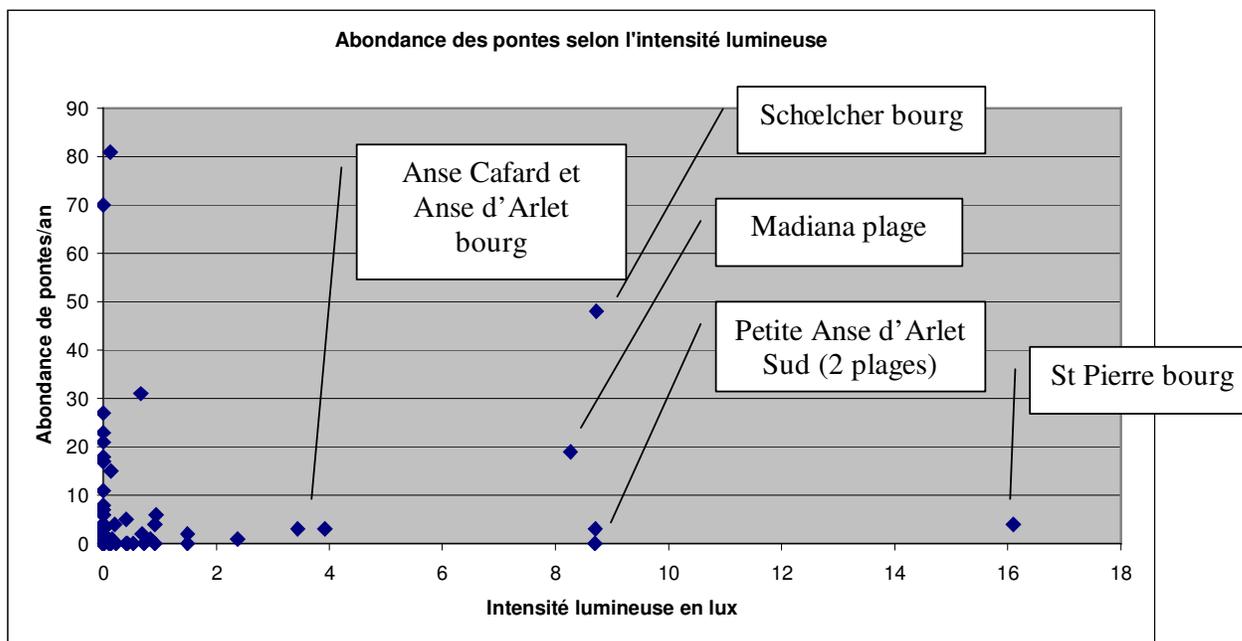
La plage du Lorrain dont le profil est présenté en partie suivante peut être séparée en deux parties avec au sud, le bourg et ses luminaires publics, et au nord, une partie plus sombre et plus fréquentée par les tortues marines. Sur cette partie restée sombre jusqu'à présent, un lotissement est en cours de construction. Il est important de faire parvenir au maître d'ouvrage une liste de recommandations.

3 Relation entre intensité lumineuse et abondance des pontes

a. A l'échelle de l'île

Le graphique 11 croise l'abondance relative¹ annuelle des pontes de tortues marines (données réseau tortues marines, synthèse Mounier - SEPANMAR, 2007) avec l'intensité lumineuse moyenne mesurée par plage (résultats bruts en annexe X).

¹ L'intensité des suivis étant variable d'un site à l'autre, il a été nécessaire de ramener le nombre de pontes observées au nombre de suivis réalisés.



Graphique 17: Graphique croisé abondance des pontes/intensité lumineuse

Aucune corrélation n'est significative (test du χ^2 et de Spearman). Néanmoins, la représentation graphique fait état d'une concentration des points dans la partie gauche du graphique. De plus, les valeurs maximales de nombre de ponte observées le sont sur des sites sombres.

Quelques sites très éclairés bénéficient tout de même de pontes :

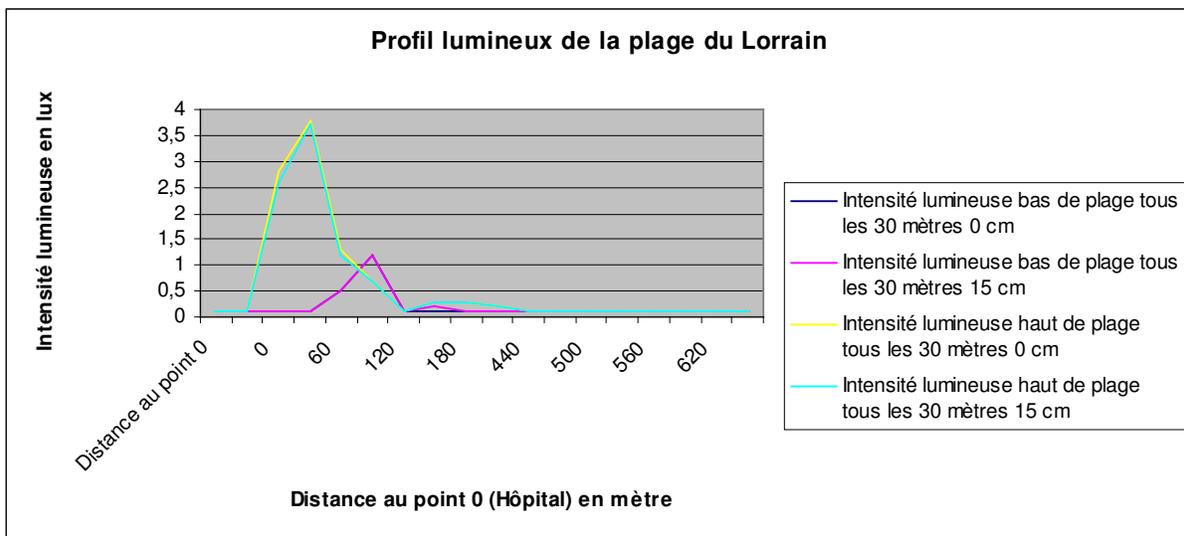
- La plage de St Pierre bourg avec une intensité lumineuse moyenne de 16.1 lux est le site d'un faible nombre de pontes.
- La plage de Petite Anse Sud ayant une forte intensité lumineuse (8.3 et 8.7 lux) est également fréquentée.
- La plage de Schoelcher bourg, où il est observé une forte abondance de ponte malgré une intensité lumineuse importante
- La plage de Madiana

Selon les données, ces deux dernières plages ont toujours été très fréquentées par les tortues marines. Une diminution de la fréquentation a pourtant été constatée ces dernières années (Raigné, 2006). Malgré cette baisse de fréquentation, ces plages font toujours parties des plus fréquentées de l'île.

Des facteurs autres que l'urbanisation et l'éclairage des sites ne doivent pas être omis dans l'étude de la fréquentation des sites par les tortues marines. Ces facteurs peuvent être abiotiques (facteurs édaphiques (variation de nature et granulométrie du sable), courants et marées, topographie récifale jouxtant les plages de nidification) ou biotiques (prédation sur le site (chiens errants...)).

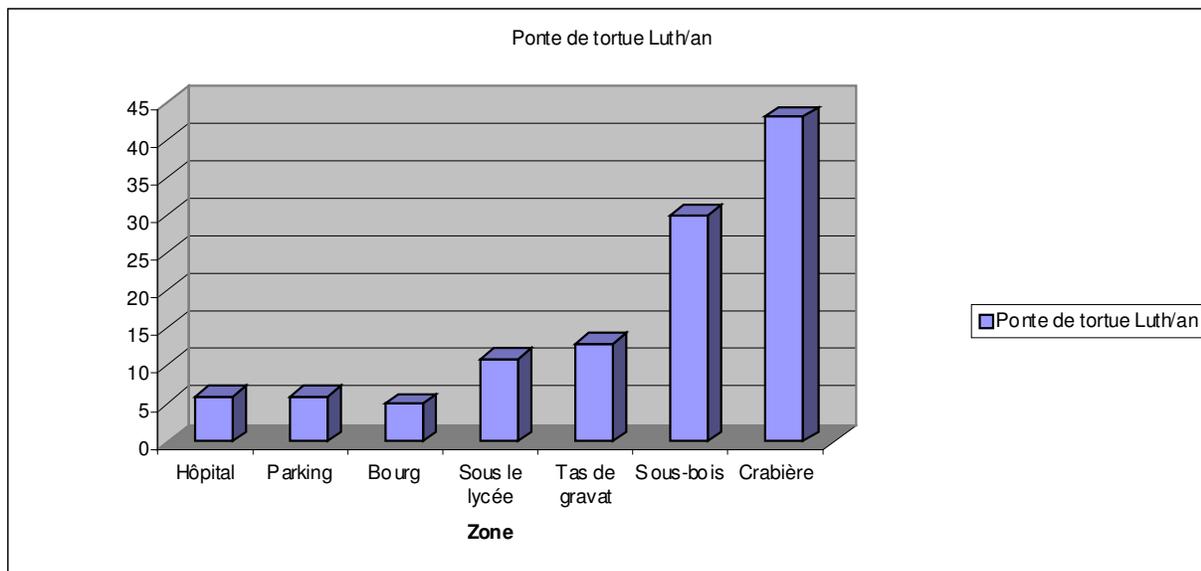
b. A l'échelle d'une plage : exemple du Lorrain

Afin d'appréhender la répartition des pontes sur un site, la plage du Lorrain, fréquentée essentiellement par des tortues Luth a été sectorisée. L'intensité lumineuse y a été relevée par secteurs. Elle est distribuée de 0 à 3.7 lux.



Graphique 18: Profil lumineux de la plage du Lorrain

Ce profil peut être corrélé au nombre d'activité total de ponte par année (données association KAWAN)



Graphique 19: Répartition des pontes par secteur, plage du Lorrain

La corrélation entre l'abondance des pontes les intensités lumineuses est testée par le test de Spearman (tableau 3).

Tableau 3: Matrice de corrélation de Spearman entre l'abondance des pontes et l'intensité lumineuse, test de Spearman

P-value Coeff. de corrélation	Ponte de tortue Luth	Intensité lum. bas	Intensité lum. haut
Ponte de tortue Luth	1	0,11	0,024
Intensité lum. bas	-0,674	1	0,088
Intensité lum. haut	-0,841	0,693	1

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Il existe donc une corrélation négative entre l'intensité lumineuse et le nombre de ponte des tortues Luth sur la plage du Lorrain.

S'il n'est pas possible de montrer un évitement des plages éclairées à l'échelle de l'île entière, à l'échelle d'une plage, cette corrélation est vérifiable.

Il serait important de vérifier si l'éclairage d'un site de ponte modifie fortement la notion de fidélité au site de ponte. Dans tous les cas l'éclairage nocturne est fortement préjudiciable car les petites tortues issues des sites où l'éclairage n'a pas empêché la ponte seront fortement désorientée, et les tortues qui évitent ces sites choisiront des sites peut être moins adaptés.

En revenant sur leur lieu de naissance, les tortues augmentent leur fitness puisque ces plages sont censées être de bonne qualité. La femelle adulte revenant pondre est l'individu ayant survécu sur 1000 en moyenne. Les tortues marines sont des espèces à stratégie adaptative de tendance K. En effet, malgré le nombre important de jeunes, la maturité sexuelle de ces espèces est tardive et le cycle reproductif long (tous les 2 ou 3 ans). Le temps d'adaptation des espèces à stratégie K est long. Les tortues pourraient donc ne pas sélectionner pas les plages les plus sombres de la Martinique mais les tronçons les plus sombres d'une même plage.

4 Relation entre intensités lumineuses et orientation des émergences

a. Représentation schématique et interprétation

Seize cas d'émergence ont été observés, et représentés de façon schématique.

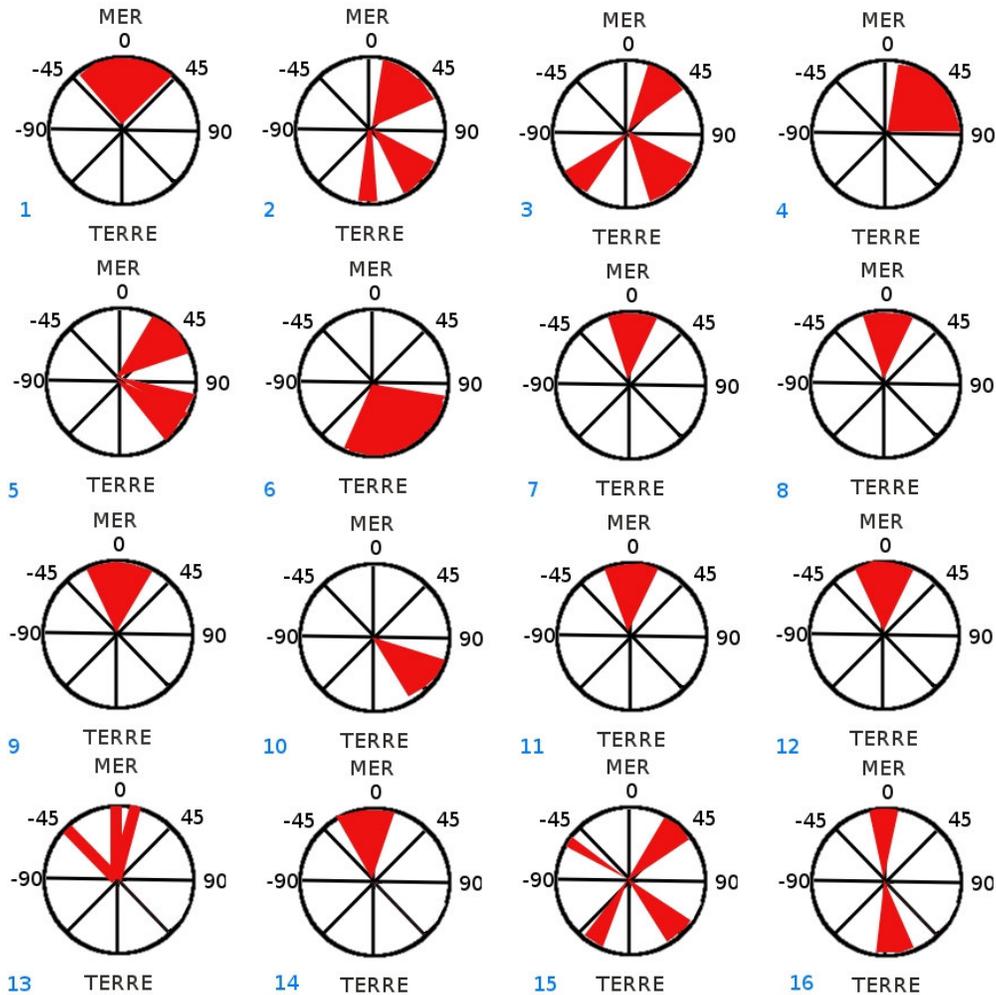


Figure 45: Représentation schématisques de l'orientation des émergences.

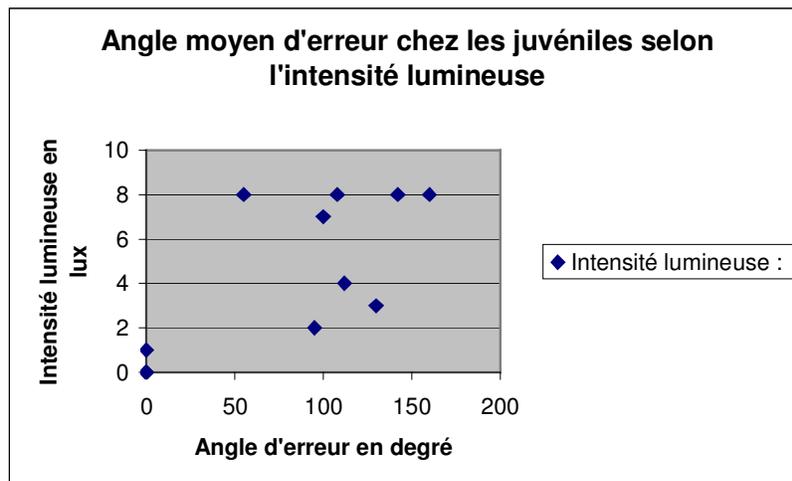
Le tableau ci-dessous présente pour chacun des cas présentés, le site, l'intensité lumineuse relevée sur le lieu de l'émergence, et l'angle moyen d'écart des tortues marines.

Tableau 4: Localité, éclairage (E) et angle moyen d'erreur (AME) des émergences pré-citées.

Cas	Localité	E	AME (°)	Cas	Localité	E	AME (°)	Cas	Localité	E	AME (°)
1	Salines (Grande anse)	0	0°	7	Salines (Grande anse)	0	0	12	Anse couleuvre	0	0
2	Madiana plage	7	100°	8	Anse Collat	0	0	13	Salines (Grande anse)	0	0
3	Madiana plage	8	142°	9	Anse Collat	1	0	14	Salines (Grande anse)	0	0
4	Schœlcher bourg	8	55°	10	Le lorrain	3	130	15	Schœlcher bourg	8	108°
5	Sainte- marie bourg	4	112°	11	Salines (Grande anse)	0	0	16	Anse à prunes	2	95
6	Le carbet	8	160°								

Sur 16 cas sélectionnés aléatoirement, 9 cas présentent une désorientation partielle ou totale, soit 56,3%. L'angle moyen d'erreur sur les 9 cas désorientés est de 100.22°, qui correspond à une erreur d'orientation de plus d'un quart par rapport à l'orientation normale.

Afin de mettre en évidence l'existence d'un éventuel seuil, l'angle moyen d'erreur et l'intensité lumineuse ont été corrélés.



Graphique 20 : Angle moyen d'erreur chez les juvéniles selon l'intensité lumineuse

A partir d'une intensité lumineuse d'échelle 2, il est observé un angle d'erreur de plus de 90°. Un éclairage d'échelle 1 correspond à une intensité lumineuse d'approximativement 0.2 lux, ce qui confirme l'existence d'une désorientation à partir de ce seuil.



Figure 46: Traces d'émergence. Photo F. Eucharis.

b. Cas particulier : Schoelcher cas du 06/05/2008

L'émergence observée à Schoelcher le 06/05/2008 atteste de la possibilité de désorientation de tortues déjà parvenues à la mer.

La représentation schématique de cette émergence proposée ci-dessous montre le départ de 100 % des tortues en direction de la mer, dans un angle de 45° par rapport au nid.

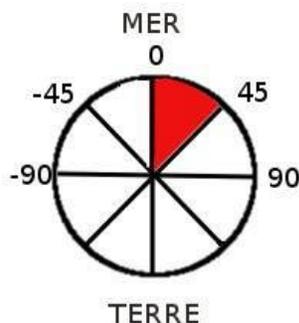


Figure 47: Représentation schématique de l'émergence.

20% des tortues sont ressorties de l'eau afin de se diriger vers les sources lumineuses situées en front de mer. Certains animaux ont longé les 190 m de côte avant de remonter sur le sable vers les éclairages publics du bourg de Schœlcher. Les animaux se sont dirigés de façon préférentielle vers les lampadaires blancs.



Il a été mentionné plus haut que certains nouveau-nés ayant atteint la mer peuvent être attirés par des lumières devenues visibles après une certaine distance. La lumière artificielle peut l'emporter sur les effets des vagues si elles sont faibles.

C. Sensibilisation et aspects réglementaires

1 Bilan des rencontres d'acteurs

Cette étude a mis en évidence l'absence de toute réglementation concernant les éclairages à proximité des sites de nidification, alors même qu'il s'agit de nuisances importantes pour des espèces protégées. Aussi, divers acteurs (20 au total) ont été rencontrés afin de réfléchir la meilleure façon d'intégrer cette notion aux documents régissant l'aménagement du territoire, et en particulier, des zones côtières. Ces rencontres ont également été l'occasion de sensibiliser ces acteurs de l'aménagement (liste des acteurs rencontrés présentée en Annexe XI).

Il apparaît que l'urbanisation des côtes repose sur le zonage du territoire, en particulier des 50 Pas géométriques. Le maintien des réglementations en place dans les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) ainsi que d'un maximum de zones en non constructibles est une première étape de la protection de ces zones. Les PLU dépendant du SAR (Schéma d'aménagement régional), c'est en premier lieu dans ce document fournissant des orientations générales qu'une évocation de la maîtrise des pollutions lumineuses doit être faite. Après concertation, il est recommandé d'inclure dans le nouveau SAR (SAR actuel valable jusqu'au 23 décembre 2008, en cours de révision), une phrase de type : « *Les pollutions lumineuses devront être prises en compte avant tout aménagement à proximité des sites de nidification des tortues marines* ». Une rencontre avec le conseil régional à ce sujet a permis de faire remonter cette doléance. Ainsi, des précisions pourront être incluses au niveau des Schémas de Cohérence Territoriale² qui sont actuellement en cours d'élaboration, et des PLU de chaque commune littorale concernée par les pontes de tortues marines. Après concertation avec l'ADUAM, la DIREN, et quelques communes côtières, il est proposé d'insérer dans ces derniers documents cadre, un document technique proposant des détails techniques sur la prise en compte des pollutions lumineuses (cf C.2).

Les 50 Pas Géométriques sont subdivisés en zones naturelles, zones urbanisables et à urbanisation diffuse et zones urbanisées. Selon le statut du zonage de la plage (hors Domaine Public Maritime³), la stratégie sera différente selon la zone concernée :

- maintenir les zones naturelles,
- recommander la prise en compte de la liste de recommandations annexée au PLU dans les zones urbanisables ou à urbanisation diffuse et sur les zones,
- sensibiliser les particuliers.

Les mairies et communautés de communes sont des acteurs très importants de l'aménagement du territoire, ce sont les principaux décideurs. Une démarche pédagogique à destination des mairies s'avère indispensable. Celles-ci sont très sensibles aux aspects esthétique et financier. Une large gamme de lampadaires adéquats pour les tortues marines doit être proposée, et le lien avec l'économie d'énergie à long terme doit être flagrant, et compenser le coût d'investissement assez rapidement. A ce jour, de nombreux projets d'aménagement des bourgs sont en cours. Citons le projet du coin des pères au bourg des Anses d'Arlet, l'aménagement du bourg de Schœlcher, l'aménagement du bourg de Sainte-Marie. Il est important d'être alerté rapidement par les mairies et les maîtres d'ouvrage pour vérifier les aménagements prévus et proposer des alternatives au cas par cas. Les organismes financeurs de projets concernant les pollutions lumineuses peuvent être : le SMEM, concernant les éclairages publics, L'ADEME, dans le cadre de la maîtrise de l'énergie (et non de la protection d'une espèce animale), La DIREN, les Conseils Régional et Départemental, l'Europe. Des financeurs privés peuvent également être sollicités.

Les bureaux d'études font partie des acteurs à sensibiliser : ils peuvent imposer certaines recommandations environnementales, intégrer des recommandations concernant les pollutions lumineuses dans leurs documents.

2 Document technique

Des ateliers de travail ont été organisés, regroupant des experts des éclairages publics (SMEM, Technicienne mairie de Schœlcher), le PNRM, l'ADUAM, la DIREN, le service environnement de la ville de Schœlcher afin de réaliser un document technique qui sera proposé en annexe des PLU des communes dont le PLU est en cours de réalisation ou de révision. En effet il s'agit d'un document cadre de l'aménagement du territoire à l'échelle des communes dans lequel peuvent figurer un certain nombre de recommandations techniques. Le document produit en collaboration avec tous les

² Documents d'urbanisme qui fixent, à l'échelle de plusieurs communes ou groupement de communes, les organisations fondamentales de l'organisation du territoire et de l'évolution des zones urbaines, afin de préserver un équilibre

³ Le Domaine Public Maritime caractérise la zone de battement de la marée

partenaires, est proposé en Annexe XIII. Il pourra être annexé aux PLU. Il a également été envisagé de l'insérer dans la future charte du PNRM, en cours d'élaboration. Deux types d'éclairages y ont été distingués :

- l'éclairage **public fonctionnel** des voies de circulation (régi par la réglementation technique, les normes et les recommandations). La marge d'action sur ce type d'éclairage est faible,
- **l'éclairage public d'illumination** et de valorisation voire de signalisation qui peut être plus facilement modifié en faveur des tortues marines.

(compte-rendu de réunion, annexe XIV)

3 Actions de sensibilisation du grand public et des gestionnaires, opération exemplaire

Les actions de gestion des éclairages ne pourront se faire sans l'adhésion du grand public et des gestionnaires des sites, qu'il convient donc de sensibiliser.

a. Gestionnaires du littoral

Une fiche a été distribuée aux différents acteurs rencontrés. Une version actualisée de cette fiche est proposée en annexe XII. Ce document a pour but d'attirer l'attention des gestionnaires sur les pollutions lumineuses, bien souvent inconnues des aménageurs et de fournir les premiers éléments de réponse pour leur limitation.

b. Riverains des plages

Afin de marquer et de sensibiliser le grand public, des actions de communication sont indispensables.

Une opération réalisable pourrait être la distribution à des habitations jouxtant une importante plage de nidification (exemple du Diamant) de plaquettes informatives, accompagnées de LBC (Lampes Basses Consommation) fluo compacte rouge (couleur moins impactantes pour les Tortues Marines). La plaquette devra contenir des recommandations pour les éclairages intérieurs et extérieurs à proximité des sites de nidification. Cette action pourrait être co-financée par l'ONCFS et par l'ADEME. Elle devra être très largement médiatisée.

En outre, une présentation power point a été mise en ligne sur le site du réseau tortues marines de la Martinique (http://www.tortuesmarinesantilles.org/sdoms/martinique/nouvelles_m.php?id=nouvellesm)

c. Opération exemplaire

Une action exemplaire pourrait être menée en partenariat avec le SMEM et l'ADEME, sur un site phare de ponte pour les tortues marines, présentant une importante pollution lumineuse. Il pourrait s'agir de la place du Diamant, ainsi que d'une des plages de Schœlcher.

Il a été proposé par le SMEM sur ces deux sites, en collaboration avec les communes, de modifier les éclairages durant une période test, avec la mise en place de luminaires adaptés. Cette opération pourrait en partie être prise en charge par l'ADEME puisqu'elle s'inscrirait également dans le cadre de la maîtrise de la dépense énergétique.

d. Label

Un label « tortues protégées » pourrait être mis en place et proposé aux restaurants et structures hôtelières jouxtant les plages de nidification. Cette action d'envergure devrait être menée avec la collaboration du PNRM, de la DIREN et du Comité martiniquais du tourisme.

La nécessité d'éclairer les sites, pour des raisons de sécurité, de bien être et d'agrément n'est pas remise en cause ici. Toutefois, des mesures d'éclairage adaptées doivent être mises en place lorsqu'il s'agit d'éclairer en bordure de site de nidification des tortues marines, et de façon générale, pour la protection de la flore et de la faune nocturnes. L'éclairage artificiel se doit d'être raisonné et maîtrisé, afin d'en réduire les impacts négatifs. La maîtrise de ces éclairages participe également à la démarche de maîtrise de la consommation énergétique et de façon plus générale, au concept de développement durable dans lequel s'engagent la plupart des collectivités.

L'intervention humaine a souvent été la cause de disparition des espèces animales. L'éclairage à proximité des plages peut paraître anodin, mais a pourtant une grande incidence sur la survie des tortues marines. Durant toute l'époque de spéciation de ces espèces, la vue a été sélectionnée comme organe le plus fiable pour l'orientation vers la mer, leur milieu de vie ou vers la terre, leur site de nidification. Inhiber ces comportements d'orientation revient à empêcher à ces animaux de retrouver leur milieu de vie ou de nidifier. Ces deux éléments sont clairement en défaveur de la survie de ces espèces emblématiques. La pression est forte sur ces espèces. Outre les captures accidentelles dans les outils de pêche et le braconnage ; les éclairages participant à la destruction des habitats de nidification sont la cause d'une importante mortalité de ces animaux chaque année. Des solutions, des plus simples aux plus complexes peuvent être proposées afin de réduire ces menaces et de garantir la stabilité des écosystèmes. Il est nécessaire que ces préconisations apparaissent dans les documents cadre régissant l'aménagement des communes, tels que les PLU. Une démarche est entamée en ce sens. Ces opérations doivent nécessairement être accompagnées d'une sensibilisation du grand public. En effet, la dimension psychologique de l'éclairage nocturne est importante : il rassure et procure un sentiment de sécurité. La dimension politique est de ce fait également importante : il est souvent sous-entendu que le degré de développement et de modernité d'une ville ou d'une commune est proportionnel au halo lumineux produit par cette ville, d'où l'utilisation d'éclairages de façon exponentielle, anarchique et disproportionnée. Aussi, on devra-t-on accompagner les démarches de réduction de ces éclairages d'actions de communication fortes et marquantes.

De façon plus large, en éclairant de façon diffuse les sites, il devient difficile d'observer les étoiles et la pollution astronomique engendrée gêne les astronomes. Il est nécessaire de protéger ce que l'UNESCO considère comme un « patrimoine universel de l'humanité » : le ciel nocturne étoilé.

Bibliographie

Anonyme (1993). Model Lighting Ordinance for Marine Turtle Protection, Florida Dept. of Environmental Protection (FDEP) Division of beaches and shores. **62b-55**.

Anonyme (2002). Coastal Roadway Lighting Manual, A handbook of practical guidelines for managing street lighting to minimize impacts to sea turtles., Florida power & Light company, Ecological associates, Florida fish and wildlife conservation commission, US Fish and wildlife service, Florida department of transportation, Florida department of environmental protection.

Anonyme (2006). Eclairages extérieurs, Les nuisances dues à la lumière. Guide 2006. E. Lux. Paris, Association Française de l'éclairage (AFE): 94.

Atkins, S., S. Husain, *et al.* (1991). The influence of street lighting on crime and fear of crime. G. Laycock. London, Crime prevention unit. **28**.

Baker, B. J. and J. M. L. Richardson (2006). "The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*." Canadian journal of Zoology **84**(10): 5.

Boldogh, S., D. Dobrosi, *et al.* (2007). "The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences." Acta chiropterologica **9**(2): 8.

Bowen, B. W. and S. A. Karl (1996). Population genetics, phylogeography and molecular evolution. The biology of sea turtles. P. L. Lutz, J. A. Musick and J. Wyneken, CRC Press. **1**: 432.

Bowen, B. W., W. S. Nelson, *et al.* (1993). "A molecular phylogeny for marine turtles: Trait mapping, rate, assessment, and conservation relevance." Proc. Natl. Acad. Sci. USA **90**: 3.

Broderick, A., F. Glen, *et al.* (2002). A management plan for the marine turtles of Ascension Island, Darwin Initiative, Foreign & Commonwealth Office, MTRG: 33.

Chevalier, J. (2005). Plan de restauration des tortues marines des Antilles françaises., Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. DR0M.: 162.

Chevalier, Y. and A. Lartiges (2001). "Les tortues marines des Antilles." (ONCFS - DER Faune d'outre mer): 59.

Choi, G.-Y. and K. L. Eckert (2005). "Sea Turtles and the Hotel Industry: Best Practices Manual for Beachfront Properties in the Wider Caribbean Region." **WIDECASST Technical Report No. 4**: 78.

Cinzano, P., F. Flachi, *et al.* (2001). "The first world atlas of the artificial night sky brightness." Mon. Not. R. Astron. Soc. **328**: 18.

Delcroix E., Cayol C., Dubief L., Maillard J-F. 2008. Découverte d'un nid de tortue verte, *Chelonia mydas*, en Martinique. Bull. Soc. Herp. Fr. 125. 69-81.

Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, *et al.* (1999). Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. No. 4, UICN-MTSG: 159-162.

Gallais, R. (2005). Le littoral martiniquais, « un atout majeur en voie de disparition ». Inventaire et identification des menaces inhérentes au littoral martiniquais et en particulier aux sites de ponte des tortues marines., Rapport Master UBO. SEPANMAR.: 81.

Godfrey, M. H. and R. Barreto (1995). "Beach vegetation and seafinding orientation of turtle hatchlings." Biological Conservation **74**(1995): 4.

Goiffon, M. (2003). "« Pression foncière et littoralisation à la Martinique », *Cahiers d'outre-mer*, Pression anthropique et environnement en Amérique latine." Retrieved Consulté le 20 août 2008., from URL: <http://com.revues.org/document831.html>.

Gorjux, E., J. Mailloux, *et al.* (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: 111.

Harewood, A. and J. Horrocks (2008). "Impacts of coastal development on hawksbill hatchling survival and swimming success during the initial offshore migration." Biological Conservation **141**.

Kamel, S. J. and N. Mrosovsky (2005). "Repeatability of nesting preferences in the hawksbill sea turtle, *Eretmochelys imbricata*, and their fitness consequences." Animal Behaviour **70**.

Karl, S. A. and B. W. Bowen (2001). "Evolutionary Significant Units versus Geopolitical Taxonomy: Molecular Systematics of an Endangered Sea Turtle (genus *Chelonia*)." Conservation Biology **13**(5): 9.

Knowles, J. E. and K. L. Eckert (2007). In the spotlight: an assessment of beachfront lighting at four hotels and recommendations for mitigation necessary to safeguard sea turtles nesting in Barbados, West Indies, Duke University: 150.

Le Corre, M., A. Ollivier, *et al.* (2002). "Light-induced mortality of petrels: A 4-year study from Reunion Island (Indian Ocean)." Biological Conservation **105**(1): 93-102.

Longcore, T. and C. Rich (2004). "Ecological light pollution." Front Ecol Environ **2**(4): 7.

Lutz, P. L., J. A. Musick, *et al.*, Eds. (2003). The biology of sea turtles.

Martin, B. E. W. a. R. E. (1996). Understanding, Assessing, and Resolving Light-Pollution Problems on Sea Turtle Nesting Beaches: 73p.

Miller, J. D., C. J. Limpus, *et al.* (2003). Nest Site Selection, Oviposition, Eggs, Development, Hatching, and Emergence of Loggerhead Turtles. Loggerhead Sea turtles. W. B. E. Bolten A.B, Smithsonian Institution Press: 319.

Minatchy, N. (2004). Stratégie de réduction de la mortalité des pétrils induite par les éclairages publics, SEOR, ECOMAR Université de la Réunion.

Mortimer, J. A. (1988). Recommendations for a national strategy on sea turtle conservation in Malaysia, with suggestions for management of the Nesting Beach at Ratau Aban, Terengganu and of the turtle hatchery at Pulau Besar, Melaka, Report to WWF/Malaysia and WWF/USA: 11.

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

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

Pritchard, P. C. H. and J. A. Mortimer (1999). Taxonomy, external morphology and species identification. Research and management techniques for the conservation of Sea Turtles. E. L. Karen, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois and D. M., UICN/SSC Marine turtle specialist group publication. **4**.

Raigné, 2006. Partie 2 : Etude de la ponte des tortues marines par protocoles de suivis nocturnes et de contrôles de traces au cours de l'année 2006. SEPANMAR. 33.

Salmon, M. (2003). "Artificial night lighting and sea turtles." Biologist(50 (4)).

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

Stevens, R. G. and S. Davis (1996). "The melatonin hypothesis: Electric power and breast cancer." Environmental health perspectives **104**(supplement 1): 2.

Tuxbury, S. M. and M. Salmon (2005). "Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles." Biological Conservation(121).

Witherington, B. E. and R. E. Martin (1996). "Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches." Florida Marine Research Institute Technical Report **TR-2**: 73.

Wyneken, J. (2001). The anatomy of sea turtles, US Department of Commerce NOAA Technical memorandum NMFS-SEFSC-470: 172.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Tortue verte (E. Hansen ONCFS).....	7
Figure 2 : Tortue caouanne (Y. Chevalier).....	7
Figure 3 : Tortue Olivâtre Image Tom Mc Farland In (Pritchard & Mortimer, 1999).....	8
Figure 4 : Tortue imbriquée (Bremer Acquasud Plongée).....	8
Figure 5 : Tortue Luth (F. Jean-Marie Kawan).....	8
Figure 6 : Cycle de reproduction (reproduction Lanyon et al., 1989 In Chevalier, 2001).....	9
Figure 9 : Urbanisation des régions côtières, cas de Anses d'Arlet.....	14
Figure 10: Plage utilisée par les tortues marines pour la nidification. Gallais, 2006.....	14
Figure 11: Gestionnaires et propriétaires de la frange littorale, représentation schématique. Notez l'intrication des zones.....	15
Figure 12: Halo lumineux, Photo Association pour la.....	16
Figure 13 : Oeil d'une tortue caouanne. D'après Wyneken 2001 (Illustration Witherington).	20
Figure 14 : reflet de la lune sur la mer. (J Maréschal).....	20
Figure 15 : éclairage artificiel sur un site de ponte (J. Maréschal).....	21
Figure 16 : Orientation normale.....	21
Figure 17 : Eclairage d'un site de ponte (J. Maréschal).....	22
Figure 18: Test de différentes lampes sur un segment de plage fréquenté par les tortues Luth (Witherington, 1996). 23	
Figure 19: Test de différentes lampes sur un segment de plage fréquenté par les tortues vertes (Witherington, 1996).	23
Figure 20 : Attraction des nouveau-nés en fonction de l'espèce et de la couleur de la source lumineuse (Schéma Witherington & Martin, 1996).....	24
Figure 21 : Influence de la hauteur du lampadaire (D'après Witherington, 1996, traduction Gorjux et al., 2006).....	27
Figure 22 et 22' : Bouclier lumineux réduisant la quantité de lumière atteignant la plage (reproduction de Eckert et al., 1999).....	27
Figure 23: Sensibilité des tortues marines aux différentes sources lumineuses. In Gorjux et al., 2006.	28
Figure 24: tortue luth émergente prédatée par un crabe (Dô, Sépanmar).....	31
Figure 25: lésion de prédation sur une tortue imbriquée juvénile.....	31
Figure 26: tortue imbriquée juvénile victime d'une automobile.....	31
Figure 28: Sites prospectés.....	34
Figure 29: Représentation cartographique des intensités lumineuses sur les 28 sites étudiés.....	36
Figure 30: Photographie aérienne, Grande Anse du Diamant et anse Cafard.....	37
Figure 31 et 30' : parking de Dizac.....	38
Figure 32 : hôtel.....	38
Figure 33 : Tortues émergentes écrasées sur la route départementale 7. 2007.....	39
Figure 34: Vue aérienne de l'Anse Cafard (Cartographie interactive DIREN Martinique).....	39
Figures 35 et 34' : sources de pollutions lumineuses, PLage de L'Anse Cafard.....	40
Figure 37: Vue aérienne de l'Anse Collat. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.....	41
Figure 39 : Anse Madame, vue aérienne. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.....	42
Figure 40 : Vue aérienne de la plage du bourg. Les ronds verts représentent les sources de pollution lumineuse. Leur taille est proportionnelle à l'intensité observée.....	43
Figure 41 : Place des Arawaks.....	44
Figure 42 : Spots longeant la plage.....	44
Figure 43 : Nouvelles installations électriques du front de mer.....	44
Figure 44: Vue aérienne de Madiana plage.....	45
Figure 45: Représentation schématiques de l'orientation des émergences.....	56
Figure 46: Traces d'émergence. Photo F. Eucharis.....	57
Figure 47: Représentation schématique de l'émergence.....	58

ANNEXES

Annexe I : Clé de détermination des tortues marines de l'Atlantique

Annexe II : Article L411-1 du code de l'environnement

Annexe III : AM du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées et les modalités de leur protection

Annexe IV : Localisation des plages inventoriées comme site de ponte potentiel en Martinique

Annexe V : Présence d'éclairage sur les plages

Annexe VI : Activité des tortues imbriquées en Martinique

Annexe VII : Fiche de terrain diurne

Annexe VIII : Protocole de désorientation des tortues émergentes

Annexe IX : Synthèse des intensités lumineuses sur les 28 plages inventoriées

Annexe X : Corrélation entre abondance des pontes et intensité lumineuse

Annexe XI : Liste des acteurs rencontrés

Annexe XII : Fiche de sensibilisation distribuée aux acteurs

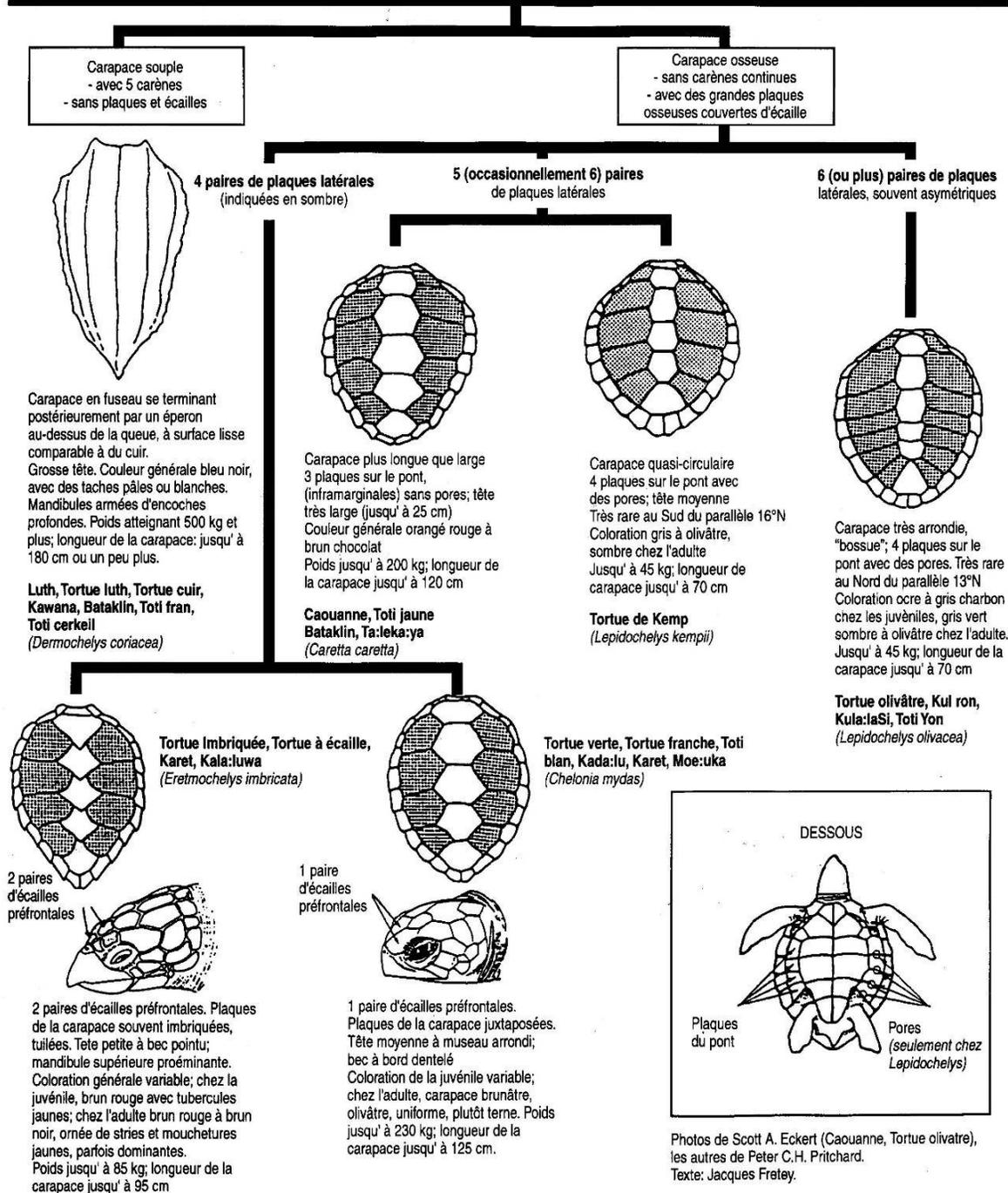
Annexe XIII : Document technique issu de l'atelier du 30/06/2008

Annexe XIV : Compte rendu de la réunion de création d'une liste de recommandations pour les éclairages à proximité des sites de pontes des Tortues Marines

Annexe I : Clé de détermination des tortues marines de l'Atlantique

Tortues marines de l'Atlantique

CLÉ DE DÉTERMINATION



Annexe II : Extrait Article L411-1 du code de l'environnement

CODE DE L'ENVIRONNEMENT (Partie Législative)

Section 1 : Préservation du patrimoine biologique

Article L411-1

I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine biologique justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des oeufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales ;

4° La destruction des sites contenant des fossiles permettant d'étudier l'histoire du monde vivant ainsi que les premières activités humaines et la destruction ou l'enlèvement des fossiles présents sur ces sites.

II. - Les interdictions de détention édictées en application du 1° ou du 2° du I ne portent pas sur les spécimens détenus régulièrement lors de l'entrée en vigueur de l'interdiction relative à l'espèce à laquelle ils appartiennent.

Cet article concerne de nombreuses espèces et pour les tortues marines,

« **Toutes les tortues marines** : la tortue luth, la tortue caouanne, la tortue olivâtre, la tortue de Riddley, la tortue à écailles et la tortue verte. »

Annexe III : AM du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées et les modalités de leur protection

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection

NOR: DEM0540226A

Le ministre de l'agriculture et de la pêche, le ministre de la culture et de la communication, le ministre de l'écologie et du développement durable et le ministre des petites et moyennes entreprises, du commerce, de l'artisanat et des professions libérales,

Vu la directive du Conseil 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;

Vu le règlement (CE) n° 338/97 du Conseil du 9 décembre 1996 relatif à la protection des espèces de faune et de flore sauvages par le contrôle de leur commerce ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 411-1 à L. 412-1 et R. 411-1 à R. 412-7 ;

Vu le décret n° 78-939 du 30 août 1978 modifié portant publication de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction ;

Vu l'arrêté du 30 juin 1998 fixant les modalités d'application de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction et des règlements (CE) n° 338/97 du Conseil européen et (CE) n° 939/97 de la Commission européenne ;

Vu l'avis du Conseil national de la protection de la nature en date du 27 octobre 2004,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – Le présent arrêté s'applique aux espèces de tortues marines suivantes :

Tortue luth (*Dermochelys coriacea*) ;
Tortue caouanne (*Caretta caretta*) ;
Tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) ;
Tortue de Kemp (*Lepidochelys kempi*) ;
Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) ;
Tortue verte (*Chelonia mydas*).

Art. 2. – On entend par spécimen tout œuf de tortue et toute tortue, vivants ou morts, ainsi que toute partie ou tout produit obtenu à partir de l'œuf ou de la tortue.

Est réputé prélevé dans le milieu naturel tout spécimen dont le détenteur ne peut justifier qu'il est issu d'un élevage dont le cheptel a été constitué conformément à la réglementation en vigueur au moment de l'acquisition des animaux.

Art. 3. – I. – Sont interdits, sur tout le territoire national et en tout temps :

- la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier des tortues marines ;
- la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids ;
- la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des tortues marines.

II. – Sont interdits, sur tout le territoire national et en tout temps, la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens de tortues marines prélevés :

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France ou du département de la Guyane, après le 17 août 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Guadeloupe, après le 19 novembre 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Martinique, après le 26 mars 1993 ;
- dans le milieu naturel du reste du territoire national, après le 7 décembre 2000 ;

- dans le milieu naturel du territoire européen des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

Art. 4. - A condition qu'il n'existe pas une autre solution satisfaisante et que la mesure ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle, l'autorité administrative compétente peut délivrer, en application des articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement et selon la procédure définie par arrêté du ministre chargé de la protection de la nature, des autorisations exceptionnelles par dérogation aux interdictions fixées à l'article 3 pour les motifs ci-après :

- a) Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels ;
- b) Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ;
- c) A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins ainsi que pour l'élevage se rapportant à ces actions.

Ces autorisations ne dispensent pas de la délivrance des documents prévus par le règlement (CE) n° 338/97 susvisé pour le transport et l'utilisation de certains spécimens de tortues marines.

Art. 5. - Sont soumis à autorisation préalable en application de l'article L. 411-1 du code de l'environnement, sur tout le territoire national et en tout temps, la vente, l'achat, le prêt avec contrepartie, l'échange ou l'utilisation à des fins commerciales des spécimens de tortues marines relevant de l'annexe A du règlement (CE) n° 338/97 susvisé, autres que ceux prélevés :

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France ou du département de la Guyane, après le 17 août 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Guadeloupe, après le 19 novembre 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Martinique, après le 26 mars 1993 ;
- dans le milieu naturel du reste du territoire national, après le 7 décembre 2000 ;
- dans le milieu naturel du territoire européen des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

L'autorisation prend la forme des documents délivrés pour l'application du règlement (CE) n° 338/97 susvisé.

Elle est délivrée par le préfet du département du domicile de la personne physique ou morale demanderesse.

Pour les spécimens provenant d'un autre Etat membre de l'Union européenne, l'autorisation délivrée par l'autorité compétente de cet Etat membre vaut autorisation pour l'application du présent article.

Art. 6. - Par dérogation aux dispositions de l'article 5, ne sont pas soumis à autorisation, sur tout le territoire national, la vente, l'achat, le prêt avec contrepartie, l'échange ou l'utilisation à des fins commerciales des spécimens datant d'avant le 1^{er} juin 1947, dès lors que leur état brut naturel a été largement modifié pour en faire des bijoux, objets décoratifs, artistiques ou militaires, ou des instruments de musique, qu'ils peuvent être utilisés sans être sculptés, ouvragés ou transformés davantage et que la facture ou l'attestation de cession mentionne leur ancienneté.

Art. 7. - Est soumis à autorisation préalable en application de l'article L. 411-1 du code de l'environnement, en tout temps et sur tout le territoire national, le transport des spécimens vivants de tortues marines autres que ceux prélevés :

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France ou du département de la Guyane, après le 17 août 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Guadeloupe, après le 19 novembre 1991 ;
- dans le milieu naturel du département de la Martinique, après le 26 mars 1993 ;
- dans le milieu naturel du reste du territoire national, après le 7 décembre 2000 ;
- dans le milieu naturel du territoire européen des autres Etats membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

L'autorisation prend la forme des documents délivrés pour l'application du règlement (CE) n° 338/97 susvisé.

Elle est délivrée par le préfet du département de provenance du spécimen.

Pour les spécimens provenant d'un autre Etat membre de l'Union européenne, l'autorisation délivrée par l'autorité compétente de cet Etat membre vaut autorisation pour l'application du présent article.

Art. 8. - Sont soumises à autorisation du préfet du département du siège social de l'entreprise, en France métropolitaine et dans le département de la Réunion, la détention et l'utilisation, par les fabricants ou les restaurateurs d'objets qui en sont composés, des spécimens :

- de l'espèce *Eretmochelys imbricata* issus des stocks d'écaille déclarés au ministère de l'environnement avant le 1^{er} octobre 1993 ;
- de l'espèce *Chelonia mydas* issus des stocks d'écaille déclarés au préfet du département du lieu de détention avant le 31 décembre 2001 ;

- des espèces *Eretmochelys imbricata* et *Chelonia mydas* acquis conformément aux dispositions du règlement (CE) n° 338/97 du Conseil du 9 décembre 1996 susvisé.

Art. 9. - L'autorisation prévue à l'article 8 est individuelle et incessible. Elle est valable cinq ans et peut être renouvelée à la demande du bénéficiaire. Elle est subordonnée à la tenue à jour par le titulaire d'un registre d'entrées et sorties des spécimens. Elle peut être retirée à tout moment conformément aux dispositions de l'article R. 412-3 du code de l'environnement.

L'autorisation prévue à l'article 8 permet :

- la cession et l'acquisition de stocks d'écaïlle ou de produits semi-finis entre professionnels titulaires d'une autorisation, sous couvert d'une facture comportant les références de l'autorisation du cédant ;
- la vente sur le territoire national d'objets finis fabriqués en France à l'aide des stocks d'écaïlle mentionnés à l'article 8, dès lors que ces objets sont estampillés du poinçon ou de la marque propre au bénéficiaire de l'autorisation, sous couvert d'une facture comportant les références de l'autorisation du cédant ;
- le commerce de prestations de restauration d'objets à l'aide des stocks d'écaïlle mentionnés à l'article 8, sous couvert d'une facture comportant les références de l'autorisation du restaurateur.

Le dossier de demande de l'autorisation prévue à l'article 8 comporte :

- le nom du demandeur et son adresse ;
- ses références professionnelles ;
- le nom et les coordonnées de son entreprise ;
- une description de la nature de ses activités ;
- un engagement écrit de se soumettre au contrôle des agents de l'administration désignés à l'article L. 415-1 du code de l'environnement ;
- une description précise de la marque ou du poinçon spécifique apposé sur les objets fabriqués.

Art. 10. - Les dispositions du présent arrêté ne dispensent pas des autorisations requises pour le franchissement des frontières à destination ou en provenance d'un Etat ou d'un territoire non membre de l'Union européenne, notamment en ce qui concerne l'article 7.

Art. 11. - Les arrêtés du 17 juillet 1991 fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Guyane, du 3 octobre 1991 fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Guadeloupe, du 16 mars 1993 fixant la liste des tortues marines protégées dans le département de la Martinique et du 9 novembre 2000 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national sont abrogés.

Art. 12. - Le directeur des pêches maritimes et de l'aquaculture, la directrice des musées de France, le directeur de la nature et des paysages et le directeur du commerce, de l'artisanat, des services et des professions libérales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 14 octobre 2005.

*Le ministre de l'écologie
et du développement durable,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur de la nature
et des paysages,
J.-M. MICHIL*

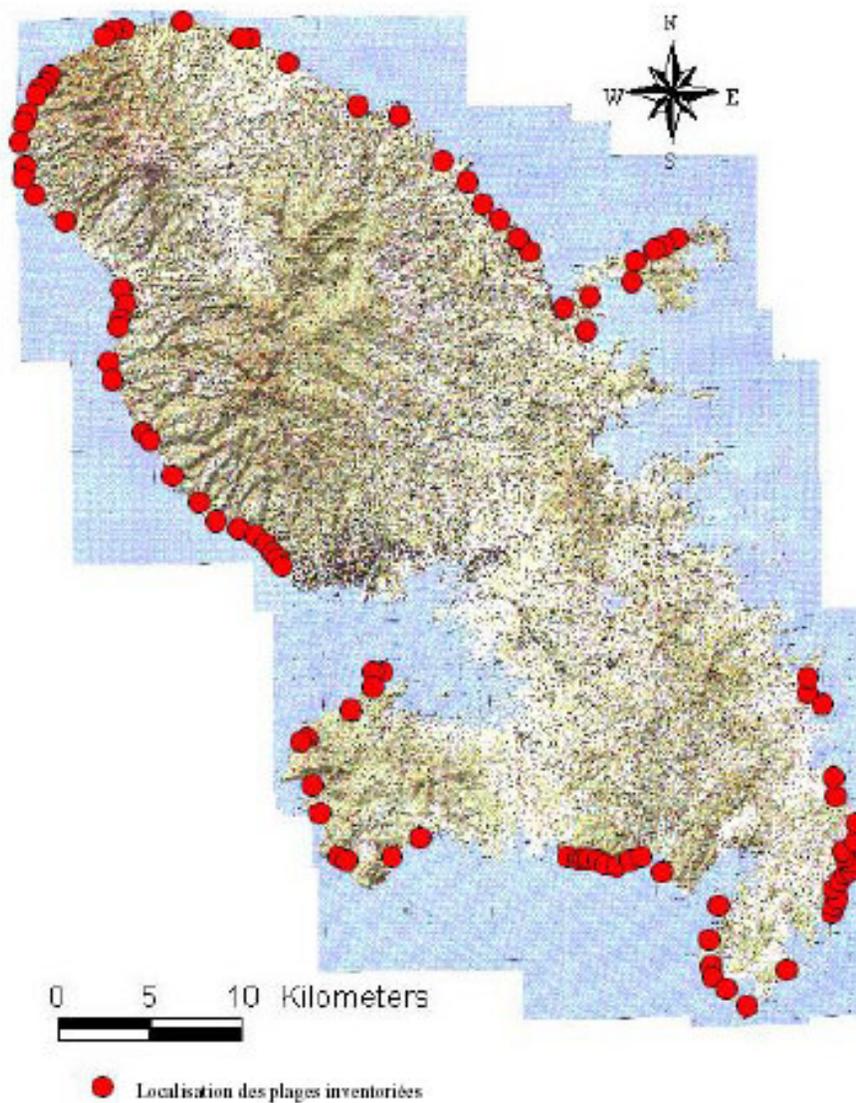
*Le ministre de l'agriculture et de la pêche,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur des pêches maritimes
et de l'aquaculture,
D. CAZI*

*Le ministre de la culture
et de la communication,
Pour le ministre et par délégation :
La directrice des musées de France,
F. MARIANT-DUCRAY*

*Le ministre des petites et moyennes entreprises,
du commerce, de l'artisanat
et des professions libérales,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur du commerce, de l'artisanat,
des services et des professions libérales,
J.-C. MARTIN*

Annexe IV : Localisation des plages inventoriées comme site de ponte potentiel en Martinique

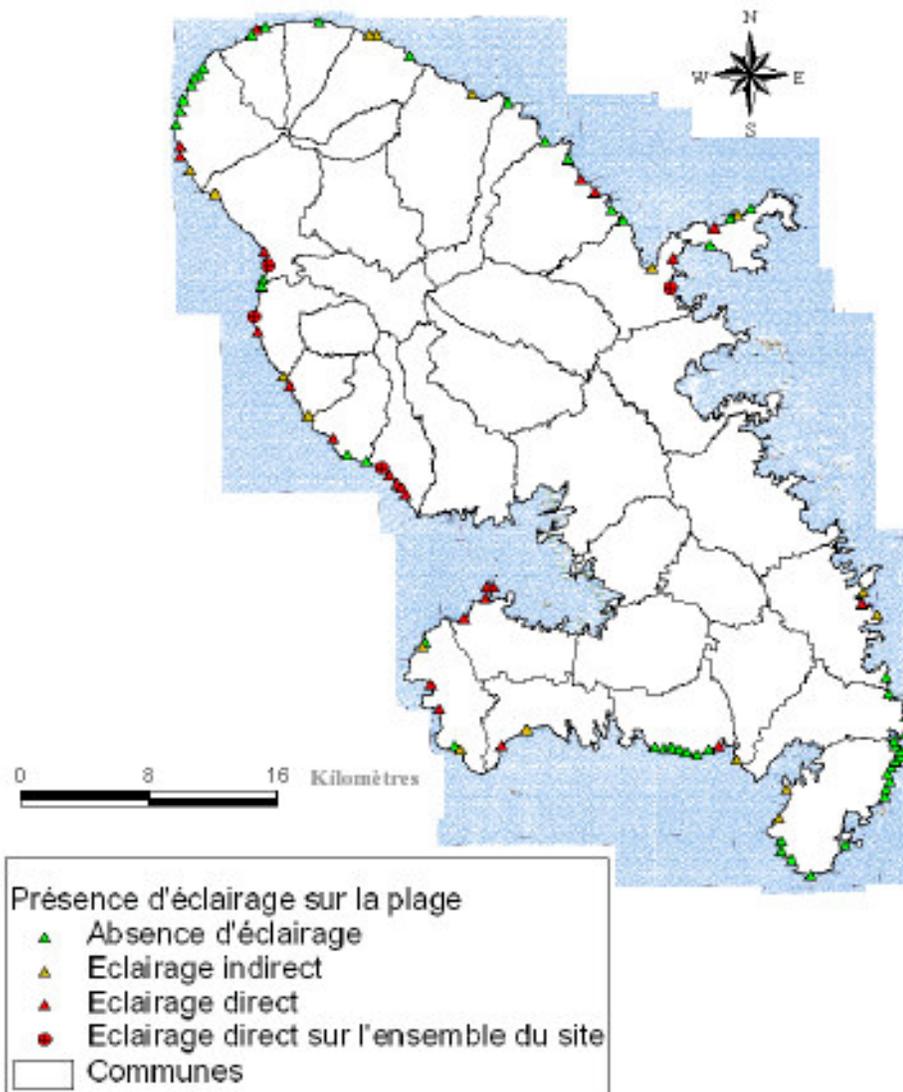
Localisation des plages inventoriées comme site de ponte potentiel en Martinique



Source : Données SEPANMAR- GALLAIS Régis 2005. Scan 250 DIREN Martinique ©IGN, Paris 2000 & Réseau SIG 972.

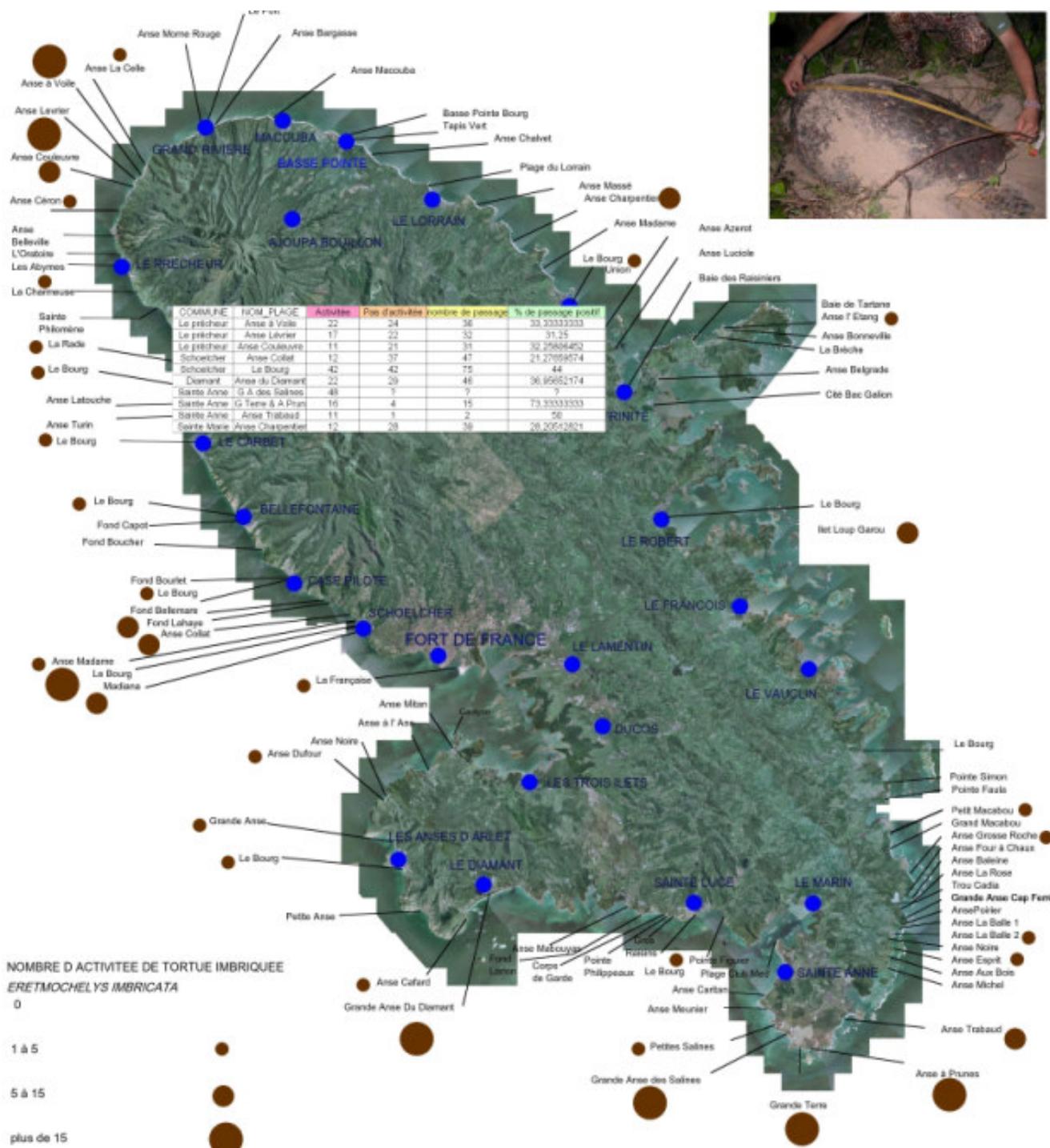
Annexe V : Présence d'éclairage sur les plages

Figure 7: Présence d'éclairage sur les plages



Source : Données SEPANMAR- GALLAIS Régis 2005. Scan 25#DIREN Martinique ©IGN, Paris 2000.

Annexe VI : Activité des tortues imbriquées en Martinique. Carte SEPANMAR, E. Mounier.



Annexe VII : Fiche de terrain diurne, exemple

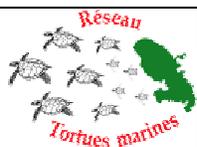
Lieu	Coordonnées GPS	No Photo	Distance mer	Visibilité depuis la mer*	Hauteur approximative	Direction	Type d'éclairage	Intensité lumineuse (lux)*	Allumé continuellement ? Horaires ?*	Rôle	Idées de solutions, commentaires	
Madiana	20P 0704421 1616135	146 → 148 149 depuis la plage	35m	Très forte	15m	Vers la mer	2 gros projecteurs type stade de foot	- Pied lampadaire, 15cm sol : 45 lux max - Long plage : 9.9 lux + tableau Excel « graphique des sorties terrain »	18 h → 5 h du matin selon le responsable de la cellule aquatique de la Mairie de Schoelcher (appel du 28/04/08)	Poste de surveillance et de sauvegarde en mer Sécurité + Eclairage de la plage touristique	- Eteindre si inutile ? (après une certaine heure) - Diminuer l'intensité - Orienter - Filtre lumineux	
Madiana		150-151	35m	Eteint ? Moyenne si allumé	15m	Vers la mer	Lampes blanches moins forte	0 lux	? Si allumé ?!	Eclairer plage touristique	- Laisser éteint - Détecteurs de mouvement et faible intensité si doit fonctionner	
Madiana parking		152	70m	Moyenne à forte	15m	Parallèle mer	Lampadaire double : - 1 lampe banche commune - 1 spot puissant	40 lux au pied	Oui	- Parking - Plage + présence de voiture pouvant rester un moment vers la plage ?!	- Eteindre au moins une des 2 lampes - Diminuer la hauteur du lampadaire - Orienter vers le bas - Mettre un bouclier lumineux - Interdire de se garer si prêt ?	
Madiana autres :	Bâtiment particulier tout au bout à gauche (opposé du poste de surveillance) très lumineux et visible depuis la mer											- Information, sensibilisation : distribution d'un tract (rideaux, vitres teintés, comportement...)
Anse Madame	20P 0703908 1616677	153 → 156	30m	Très forte	20m	Vers la mer	2 néons blancs puissants	- Pied lamp ; 15cm sol : 45 lux max. Long plage : 3.5 lux + tableau Excel	Oui ?	Plage touristique,	- Eteindre après une certaine heure - Abaisser la hauteur - Diminuer l'intensité lumineuse	
	159-160 : Spots 4 lampes lointains sur la gauche face plage, apparemment allumés continuellement											
Anse Madame		A prendre !	40m	Forte	15m	Parallèle mais orienté vers la mer	Lampadaire jaune commun (type routes)	- Pied : 30 lux	Oui	Chemin, bateaux (port)	- Rabaisser la hauteur - Diminuer la puissance - Orienter - Mettre plusieurs petits lampadaires	
Anse madame Restaurant		A prendre !	15m !	Forte	5 à 10m	Diffus	6 lampes jaunes et vertes	Env. 20 lux	Max. 22h selon la propriétaire (même wa. et vacances)	Tables des clients	- Proposer lampes alternatives dirigées rouges et jaunes vers les tables uniquement - Label (attrait touristique)	

*La nuit :

- Lux : valeur maximale relevée avec le luxmètre dans toutes les directions

Martinique. Propositions de mesures de gestion.

Annexe VIII : Protocole de désorientation des tortues marines émergentes



* A remplir pour toute émergence, désorientée ou non

Date, heure :

Espèce de tortue marine :

Plage, lieu-dit, localité, secteur de la plage :

N° photos (si possible) :

Situation du nid :

- placement (sable nu, sable+végétation, au pied d'un arbre, d'un lampadaire...), possibilité de schématiser l'emplacement :

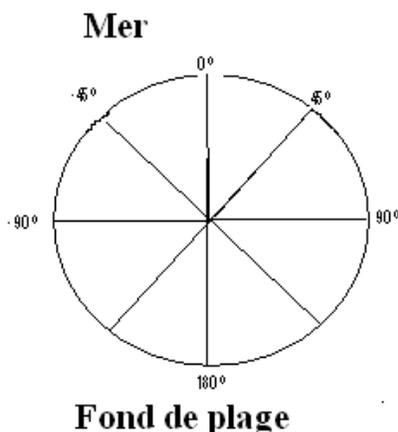
- Luminosité du site :

○ nombre de lumières visibles depuis le nid :

○ intensité lumineuse sur une échelle de 0 à 10 (0= noir total ; 10=pied d'un lampadaire)

Schéma de l'orientation des jeunes tortues :

- Noter la direction générale des traces, ainsi que le pourcentage (ex : 100% vers la mer, entre -45° et +45 ...)
- Noter la direction Nord, si possible



Commentaires (tortues retrouvées ? Mortes ou vivantes ? Affaiblies ? où et combien ? ... :

Annexe IX : Synthèse des intensités lumineuses sur les 28 plages inventoriées

X	Y	nom	Moy bas	Moy haut	Moy	V Max bas	V Max haut
700924	1618443	vetiver	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
0715824	1635294	ste marie bourg	1,1	1,1	1,1	8,3	9,3
0721998	1599950	ste luce pont cafe	0,2	0,2	0,2	0,7	1,4
0722722	1599908	ste luce pointe philippeaux	0,3	0,6	0,4	1,4	2,8
0721047	1600199	ste luce vvf	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
0783092	1600090	ste luce anse gros raisin	0,3	1,1	0,7	1,2	4,1
720727	1600141	ste luce anse corps de garde	0,5	2,5	1,5	2,6	16,8
0695871	1630841	st pierre bourg	9,8	22,4	16,1	21,9	31,1
0704108	1616463	schoelcher	7,6	9,8	8,7	18,6	38,4
0690445	1637385	precheur	1,7	3,0	2,4	6,7	14,4
0707516	1600319	petite anse d'arlet	0,7	1,0	0,8	1,5	2,8
0704421	1616135	madiana	2,4	14,2	8,3	4,6	57,0
708254	1641033	lorrain 2eme partie	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
708827	1640672	lorrain 1ere partie	0,3	1,2	0,8	1,2	3,8
0712018	1601394	grande anse du diamant	0,6	0,5	0,7	9,7	5,0
0695124	1226583	grande anse du carbet	0,4	1,0	0,7	1,4	15,7
0706102	1603576	grande anse d'arlet	0,5	1,8	0,9	5,3	10,0
0710195	1600263	diamant anse cafard	3,0	4,8	3,9	13,9	20,8
695505	1628918	anse turin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0707832	1600084	anse marigot 2	7,8	9,7	8,7	19,8	28,8
0703908	1616677	anse madame	0,9	0,9	0,9	3,6	4,6
695617	1629302	anse latouche	0,3	0,8	0,5	0,4	1,2
0705503	1606559	anse dufour	0,8	2,2	1,5	2,3	8,0
0706282	1602859	anse d'arlet bourg	3,2	3,7	3,4	9,0	12,2
703427	1617215	anse collat	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
0712961	1637955	anse charpentier	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
0690798	1640641	anse ceron	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
690252	1638952	anse belleville	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4

Annexe X : Corrélation entre abondance des pontes et intensité lumineuse

Résumé entre 2003 et 2007						
NOM_PLAGE	<i>Eretmochelys imbricata</i>	<i>Dermochelys coriacea</i>	non identifiée	<i>Chelonia mydas</i>	Activités total	Intensité lumineuse
Anse la Celle	3	0	0	0	3	0
Anse à Voile	22	0	0	1	23	0
Anse Lévrier	17	0	0	0	17	0
Anse Couleuvre	11	0	0	0	11	0
Anse Céron	2	1	1	0	4	0,2
Anse Belleville	0	0	0	0	0	0,4
L'Oratoire	0	0	1	0	1	0
Les Abymes	1	0	0	0	1	2,4
La Charmeuse	3	0	1	0	4	0
La Rade	1	0	0	0	1	0
Le Bourg	1	2	1	0	4	16,1
Anse Latouche	0	0	0	0	0	0,5
Anse Turin	0	0	0	0	0	0,1
La Rade	0	0	0	0	0	0,0
Le bourg	1	0	1	0	2	0,7
Le Bourg	3	0	0	0	3	0,0
Le Bourg	4	1	1	0	6	0,0
Fond Bourlet	0	0	0	0	0	0,1
Fond Lahaye	6	0	0	0	6	0,0
Anse Collat	12	1	2	0	15	0,1
Anse Madame	4	0	0	0	4	0,9
Le Bourg	42	3	3	0	48	8,7
Madiana	13	0	6	0	19	8,3
Anse Noire	0	0	1	0	1	0,0
Anse Dufour	1	0	1	0	2	1,5
Grande Anse	1	4	1	0	6	0,9
Bourg	1	2	0	0	3	3,4
Petit Anse	0	0	1	0	1	0,8
Petite Anse Marigot	0	2	1	0	3	8,7
Anse Cafard	2	1	0	0	3	3,9
Anse du Diamant	22	9	0	0	31	0,7
Anse Mabouya	0	0	0	0	0	0,0
Fond Larion	0	0	0	0	0	0
Fond VVF	1	0	0	0	1	0,2
Fond Banane	0	0	0	0	0	0
Garde Est	0	0	0	0	0	0
Pont Café	0	0	0	0	0	0,2
Pointe Philippeaux	0	0	0	0	0	0,4
Anse gros Raisin	0	0	0	0	0	0,7
Plage du Bourg	0	0	0	0	0	1,5
Anse Figuier	0	0	0	0	0	0
Plage Club MED	0	0	0	0	0	0
Anse Caritan	0	0	0	0	0	0
Anse Meunier	0	1	1	0	2	0
P A des Salines	5	2	0	0	7	0
G A des Salines	48	21	0	1	70	0
G Terre & A Prun	16	11	0	0	27	0

Anse Trabaud	11	6	0	0	17	0
Anse Michel	0	0	0	0	0	0
Anse au Bois	0	0	0	0	0	0
Anse l'Esprit	3	0	0	0	3	0
Anse Noire	0	2	0	0	2	0
Pointe l'Etang/Laballe Nord	0	0	0	0	0	0
Pointe l'Etang/Laballe Sud	2	2	0	0	4	0
Anse Poirier	0	0	0	0	0	0
Grande Anse	0	0	0	0	0	0
Trou Cadia	0	0	0	0	0	0
Anse La Rose	0	0	0	0	0	0
Anse Baleine	0	0	0	0	0	0
Anse Grosse Roche	2	15	1	3	21	0
Grand Macabou	0	2	0	1	3	0
Petit Macabou	2	0	1	0	3	0
Anse Spoutourne	0	0	1	0	1	0
Anse Bonneville	0	0	0	0	0	0
Anse l'Etang	1	2	1	0	4	0
Anse Azerot	0	0	0	0	0	0
Petite plage	2	14	2	0	18	0
Plage de l'Union	0	3	1	0	4	0
Anse Madame	0	0	0	0	0	0,9
Anse Charpentier	12	67	2	0	81	0,1
Anse Massé	0	1	0	0	1	0
Plage du Lorrain	0	4	1	0	5	0,4
Anse Chalvet	0	3	0	0	3	0
Tapis Vert	0	0	1	0	1	0
Basse Pte Bourg	0	0	0	0	0	0
Anse Macouba	0	0	0	0	0	0
Le Port	0	0	1	0	1	0
Anse Morne Rouge	0	0	1	0	1	0
Ilet loup garou	8	0	0	0	8	0
Anse petit Marigot	0	0	0	0	0	8,7

Annexe XI : Récapitulatif rencontre d'acteurs

Acteur	Rôle	Document cadre	Proposition
Conservatoire du littoral	Champ d'action : Achat et/ou gestion DPM Certains sites naturels de la zone des 50 pas	PLAN DE GESTION STRATEGIE POUR LE DPM	Ajouter un chapitre concernant les pollutions lumineuses au plan de gestion
Agence des 50 pas Géométriques	Se charge des réseaux lumineux pour 41 sites dispersés sur le littoral martiniquais	CAHIER DES CHARGES	Rajouter des préconisations concernant les éclairages
Syndicat mixte d'Electricité de la Martinique (SMEM)	Proposition d'aménagement électrique. Mission technique.	CAHIER DES CHARGES	Experts en électricité, aide à la mise en place du document unique participation à l'opération exemplaire Insertion des recommandations aux cahiers des charges. Suivi des recommandations dans les futurs projets d'aménagement
DIREN	Maître d'œuvre du réseau tortues marines Aménagement, urbanisme Police de l'environnement	PROFIL ENVIRONNEMENTAL	Soutien les actions Mission police de l'environnement Validation SAR
Organisme « Turtle Safe Lighting » , Floride	Entreprise : recherche des solutions pour réduire l'éclairage des plages fréquentées par les tortues marines, à la demande d'acteurs		Proposition de matériel de remplacement
GETELEC	Entreprise électricité publique		Coût des différents systèmes, investissement initial et coût de fonctionnement
Mairies côtières et communautés d'agglomération de communes (CACEM, CCNM, CAESM)	Mise en place, gestion des éclairages publics, service de proximité	P.L.U	Gestion des éclairages publics Intégration du document technique aux PLU Sensibilisation des habitants
ADEME	Agence pour la maîtrise de l'énergie		Possibilité de partenariat : coupler maîtrise de l'énergie et réduction de l'intensité lumineuse à proximité des plages de ponte Opération exemplaire
DDE			
ADUAM	Rédaction PLU		Possibilité d'intégration d'une annexe au PLU
CONSEIL REGIONAL	Rédaction SAR	SAR	Intégration de la donne pollution lumineuse lors de la révision du SAR
ONF	Gestionnaire FDL	PLAN D'AMENAGEMENT	Intégration de la donne pollution lumineuse, renforcement des écrans
PNRM	Parc naturel régional, commune du parc	CHARTRE DU PNRM	Mise en place d'un label Intégration de la donne pollution lumineuse à la charte
ATEN (Atelier Technique des Espaces Naturels)			Projet de loi sur les nuisances lumineuses



Contribuer à la protection des tortues marines en maîtrisant les éclairages



Les tortues marines sont des espèces protégées, classées mondialement comme en danger d'extinction.

Elles sont une richesse du territoire martiniquais, et font parti du patrimoine commun de la population. Elles peuvent constituer un excellent attrait touristique.

Les populations sont aujourd'hui fortement diminuées du fait de la surexploitation et de la destruction de leurs habitats. Actuellement sur nos plages, 3 espèces de tortue marine viennent pondre :



Tortue imbriquée



• Tortue Luth



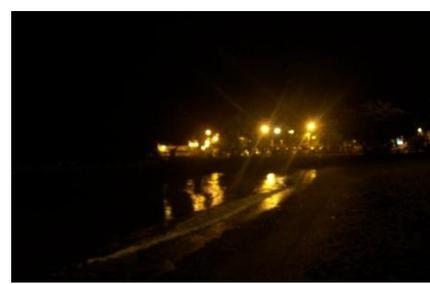
Tortue verte

Pourquoi les tortues marines sont-elles désorientées par les lumières ?

Les tortues marines, aussi bien les femelles venant de pondre que les jeunes sortant de l'œuf, ont l'instinct de se diriger vers l'endroit le plus lumineux afin de retrouver la mer. Inversement, lors de la ponte, les femelles recherchent le secteur le plus sombre (donc le plus éloigné de l'eau). Ce comportement stéréotypé a été sélectionné et a été efficace durant des millions d'années.



Lumière naturelle, reflet de la lune sur l'eau



Lumières artificielles

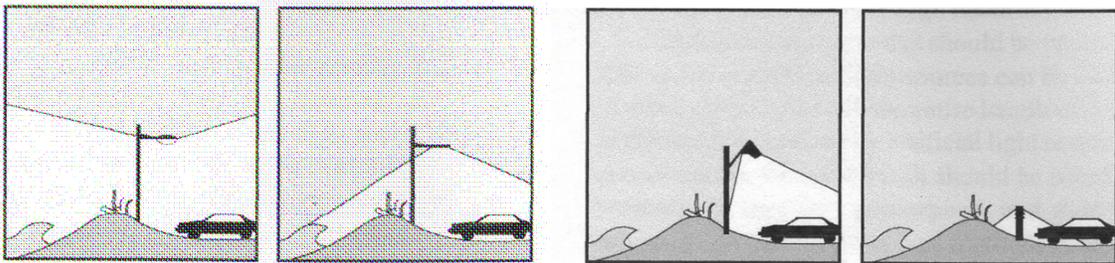
L'urbanisation du littoral entraîne une inversion de la tendance : les côtes deviennent lentement mais sûrement plus claires que l'horizon maritime. Or, les tortues marines s'orientent essentiellement grâce à la vue. Les luminaires présents en bordure de plages sont à l'origine d'une importante pollution lumineuse qui désoriente les tortues adultes et nouveau-nées.

Des milliers d'individus meurent chaque année pour ce motif. **Toute lumière visible depuis la plage perturbe les pontes et émergences de tortues marines.**

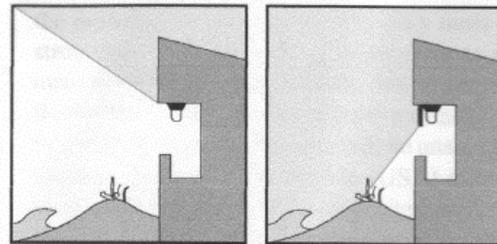
Comment agir pour la sauvegarde de ces espèces menacées ?

→ Recommandations pour les éclairages publics :

- Protéger les sites restés sombres
- Identifier puis éteindre ou éliminer les lumières inutiles
- Réduire l'intensité lumineuse
- Diminuer la hauteur du lampadaire



- Orienter la lumière seulement vers ce que l'on cherche à éclairer
- Diriger la lumière à l'opposé de la plage
- Mettre en place des détecteurs de mouvement ou minuteries afin de réduire la durée d'éclairage
- Installer des bouclier lumineux, afin que la lumière ne parvienne pas jusqu'à la plage



➤ Utiliser les lumières les moins impactantes

Les tortues sont plus sensibles aux lumières d'onde courtes (bleu, violet, vert, blanc = superposition de toutes les couleurs). Préférer les lumières monochromatiques jaunes ou rouges. Différents types de lampes ont été testés :

Tortues extrêmement sensibles	Lampe à vapeur de mercure Lampe fluorescente blanche Lumière fluorescente UV violet ou bleu Lumières bleues et vertes
Tortues hautement sensibles	Lumière à vapeur de sodium haute pression Feux Lumière fluorescente de couleur jaune et ambre
Tortues modérément sensibles	Lampes avec filtre orange ou bleu Lumière incandescente rouge ou jaune

Tortues peu sensibles	DEL Néon Lumière à vapeur de sodium basse pression
-----------------------	--

- **Mettre en place des écrans lumineux afin que la lumière ne parvienne pas à la plage** : végétaux (haies arbustes et arbres) ; palissade, barrière opaque
- **Ne pas éclairer les tortues adultes et nouveau nés en cas de rencontre**

Les éclairages suivraient ces recommandations après rénovations, aménagements nouveaux, dégâts causés par la tempête, etc...

→ [Recommandations pour les éclairages privés à proximité des plages](#)

Sachant que dans l'éclairage des maisons, 45% de la lumière interne peut partir à l'extérieur :

- Placer les sources lumineuses loin des vitres, ne pas utiliser de projecteurs ou autre éclairage intense Limiter les lumières extérieures ou les orienter dos à la mer Mettre en place des rideaux, vitres teintées...

A chacun sa solution !

MERCI
BEAUCOUP !!



Annexe XIII :

Document technique issu de l'atelier du 30/06/2008



REDUIRE LES POLLUTIONS LUMINEUSES ET LEURS IMPACTS SUR LES TORTUES MARINES

A D E M E



A D M



SMEM
Le réseau électrique



Les tortues marines sont des espèces protégées, classées sur la liste rouge des espèces menacées (UICN). Les plages de Martinique accueillent pour la nidification 3 espèces de tortues marines : *Eretmochelys imbricata* (tortue imbriquée), *Dermochelys coriacea* (tortue luth) *Chelonia mydas* (tortue verte).

L'urbanisation et l'éclairage des zones littorales menacent les tortues marines du fait de la pollution lumineuse engendrée. **Toute lumière visible depuis la plage perturbe** les pontes ainsi que les émergences par désorientation des tortues marines.

- **L'éclairage public fonctionnel** des voies de circulation est régi par la réglementation technique, les normes et les recommandations. La marge d'action sur ce type d'éclairage est faible.
- **L'éclairage public d'illumination** et de valorisation voire de signalisation peut être modifié en faveur des tortues marines.

Sensibilité des tortues marines aux sources lumineuses :

Un classement des différents types de lumières peut être déterminé, il pourra cependant être variable selon l'espèce de la tortue :

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	 Lampe à vapeur de mercure Lampe fluorescente	 HPS		 LPS

Classement des différents types de lumières (2)

Les longueurs d'onde courtes (UV, bleu, vert) sont plus dérangeantes que les grandes longueurs d'onde (jaune, rouge).

La lumière blanche, superposition de toutes les longueurs d'onde, a un impact important.

RECOMMANDATIONS :

Ce document comporte une série de mesures à mettre en œuvre afin de réduire les pollutions lumineuses. Ces recommandations visent à la préservation d'espèces menacées fréquentant les sites tout en permettant des économies d'énergie importantes. **PLUSIEURS SOLUTIONS PEUVENT ETRE COUPLEES.**

Recommandation N°1 : Ne pas illuminer de nouvelles zones restées sombres jusqu'à présent, protéger des zones à l'abri de toute lumière. **Eteindre ou éliminer** les lumières inutiles, les lumières décoratives, festives, publicitaires, de zones non fréquentées.

Pour les zones où un éclairage est déjà en place deux cas se présentent.

1- Si vous utilisez un type d'éclairage pour lesquelles les tortues marines sont peu sensibles à modérément sensibles (lampe avec filtre rouge ou orange, DEL, néons, lampe à sodium basse pression) :

- **Orientez convenablement** les éclairages de façon à n'éclairer que les espaces souhaités.
- Orientez les éclairages **dos à la plage**.

2- Si vous utilisez un type d'éclairage pour lesquelles les tortues marines sont Extrêmement sensible ou hautement sensibles (tout autre type d'éclairage que ceux mentionnés ci-dessus) :

Vous devez coupler plusieurs de ces solutions

- **Evitez les lumières diffuses :** typiquement, les éclairages de type « boules », qui occasionnent une perte importante d'énergie

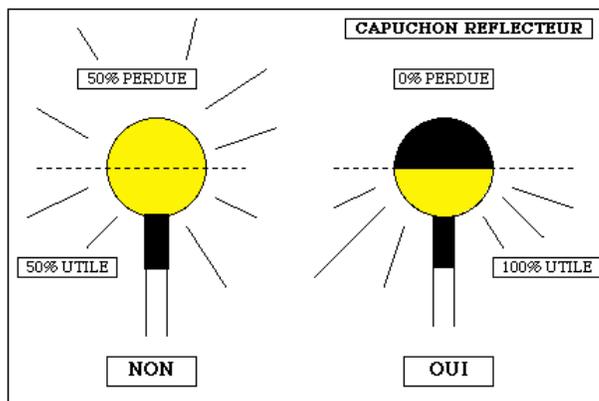


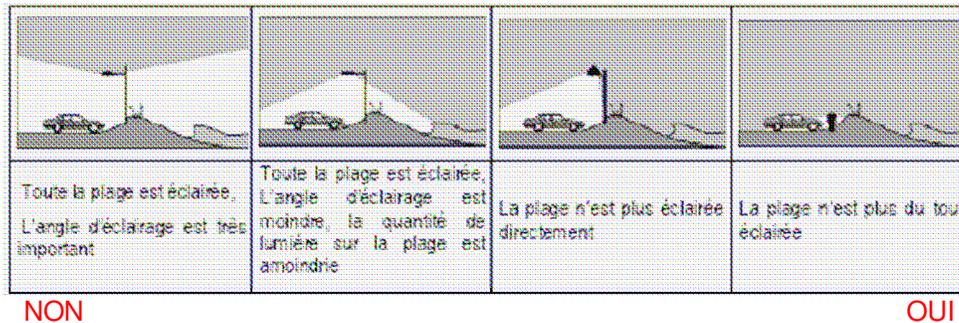
Illustration XXX

- **Orientez la lumière** uniquement vers la cible à éclairer

L'utilisation de luminaires équipés de **réflecteur en aluminium anodisé** est recommandée. Ces réflecteurs permettent de mieux canaliser et diriger le flux lumineux produit vers les éléments à éclairer. On préférera une **vasque plane**, en verre pour des raisons de solidité, afin de limiter la quantité de lumière perdue vers le haut.

- **Dirigez la lumière à l'opposé de la plage, diminuer la hauteur du lampadaire**

Exemple : parking à proximité des plages



Tourner le luminaire à l'opposé de la plage conformément aux recommandations de pose du fournisseur.

L'utilisation de **réflecteur asymétrique** garantit que le flux sera amené à l'avant du luminaire, sans résidu sur la plage. Une **vasque plane** garanti l'orientation du flux vers le sol et donc la limitation de la pollution lumineuse résiduelle vers le haut ou les côtés du luminaire.



Vasque plane
Illustration XXX

La diminution de la hauteur de feu des luminaires, permet de limiter les pollutions lumineuses et la puissance nécessaire des sources à installer. L'utilisation de **potelets**, de **bornes** est envisageable sur les sentiers des fronts de mer.



Illustration XXX



Borne. Illustration, ONF, 2006

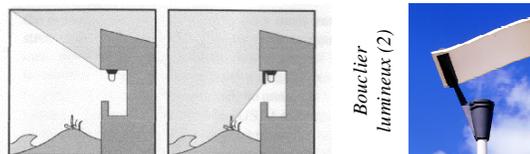
➤ **Mettre en place des écrans lumineux (de préférence végétaux) :**

La végétation est un moyen naturel et esthétique de protéger la plage des pollutions lumineuses. Privilégier les haies d'arbustes, d'arbres en respectant la végétation native des sites de ponte. Cette solution peut venir complément d'autres modifications.

➤ **Réduire l'intensité lumineuse**

L'installation de **modules électroniques de régulation** et de **variation de puissance** peut être envisagée. Ces appareillages peuvent prendre effet à des horaires de faible fréquentation du public. (N.B : Fonctionnement correct seulement avec des sources **sodium SHP**).

➤ **Installer des boucliers lumineux**, afin que la lumière ne parvienne pas jusqu'à la plage



Bouclier lumineux (2)



Illustration XXX

La pose d'appareils encastrés sur, dans ou sous l'obstacle, selon le cas de figure (ex: **garde corps**, **bollards** etc....) est une bonne solution.

L'éclairage indirect peut être aussi un moyen d'éviter les flux directs de lumière vers la plage et son front de mer. Ce type de mât produit de la lumière ascendante qui est réfléchiée par vers le sol par un **panneau réflecteur** adéquat.

- **Mettre en place des détecteurs de mouvement ou minuteriers** afin de limiter la durée d'éclairement

Cette solution n'est valable qu'avec des lampes halogènes jugées très impactantes, ou des LED.

- **Lumières alternatives** : remplacer les ampoules existantes par les lampes peu impactantes : **lampadaires à Sodium Basse Pression, DEL et néons.**

* **Sodium basse pression** : source quasiment monochromatique, de couleur jaune très prononcée. Possibilité de couplage avec la LED pour un meilleur rendu de couleur.

* **LED** : source en plein essor. Son rendement énergétique sera bientôt proche de celui de lampes à décharge. Elle existe sous plusieurs couleurs. C'est une source éblouissante pour un éclairement moindre. La LED est actuellement une bonne solution pour les chemins piétonniers mais ne peut être utilisée pour éclairer de grandes surfaces.

* **Néons** : utilisés pour la signalisation.

N.B :

- *Peindre, rendre opaque la source lumineuse est déconseillé, autant éteindre ou changer le luminaire. De plus, des émanations toxiques issues des peintures utilisées ne sont pas à écarter.*
- *Attention à la fragilité des filtres lumineux et des bulbes colorés. Préférez les sources à décharge de couleur (ex: venture lighting).*

Les communes concernées sont encouragées à suivre ces recommandations après rénovations, aménagements nouveaux, dégâts causés par la tempête, etc.

La bonne maîtrise de l'énergie, qu'elle soit lumineuse par le biais des luminaires innovants installés, ou électrique par ces appareillages permet de varier et réguler les puissances consommées.

MISE EN ŒUVRE :

Dans le cadre de la MDE, Le SMEM propose une convention aux communes adhérentes au programme ECLATS, d'essai de matériel MDE de type électronique ou de luminaires innovants, sous conditions contractuelles. (Source SMEM)

Illustrations :

- (1) *Witherington & Martin, 1996. Technical report. Understanding, assessing and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beach.*
- (2) *ONF & réseau tortues marine de Guadeloupe, 2006. ETUDE TECHNIQUE. L'HABITAT TERRESTRE DES TORTUES MARINES : PRISE EN COMPTE DANS L'AMENAGEMENT DU LITTORAL, ET RESTAURATION ECOLOGIQUE AUX ANTILLES FRANÇAISES.*

Annexe XIV : Compte rendu de la réunion de création d'une liste de recommandations pour les éclairages à proximité des sites de pontes des Tortues Marines



Fort-de-France le 01/07/2008

La cellule Technique de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

A

Mme Sordet et Mme Dô, Mairie de Schœlcher
Mme Octaville et Mme Bourgade, Mairie de Schœlcher.
Melle Chanteur, PNRM
M. Chal et M. Alvéra, ADEME Martinique
M. Maraval et M. Defos, DIREN Martinique
M. Dubois, SMEM
M. Maillard, ONCFS

T12-Mer / N-09-Tortues/ Réseau ; animation + réunions_

Affaire suivie par : Jennifer Mareschal

Tél : 0596 71 48 72

jennifer.mareschal@laposte.net

4 Bd de Verdun, 97200 Fort-de-France

Compte-rendu de la réunion de création d'une liste de recommandations pour les éclairages à proximité des sites de pontes des Tortues Marines. Lundi 30 juin 2008

Présents

Claire CAYOL

Bénédicte CHANTEUR

Denis CHAL

Françoise Dô

Ludovic DUBOIS

Jennifer MARESCHAL

Jean-François MAILLARD

Philippe MARAVAL

Sandra SORDET

ONCFS

PNRM

ADEME Martinique

Mairie de Schoelcher

SMEM

Stagiaire ONCFS

ONCFS

DIREN Martinique

Mairie de Schoelcher

Melle MARESCHAL ouvre la réunion à 14h30 en rappelant le contexte général et l'impact des sources lumineuses sur les Tortues Marines. L'objectif de la réunion est de réaliser un document technique concernant les éclairages à proximité des sites de ponte. Ce document pourra être inséré dans des documents cadres, régissant l'aménagement du territoire.

Les trois espèces de tortues marines qui nidifient en Martinique (*Eretmochelys imbricata*, *Dermochelys coriacea*, et *Chelonia mydas*) sont protégées et classées sur la liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Les plages sablonneuses sont leurs sites de nidification.. L'urbanisation croissante de ces sites entraîne un changement total du milieu, les éclairages à proximité des plages de ponte étant source d'une importante pollution lumineuse qui engendre la désorientation des tortues marines adultes et nouveaux-nés. Ce phénomène de désorientations est fréquemment observé en Martinique et est à l'origine d'une importante mortalité (Exemples du bourg de Schoelcher, du Diamant...).

Le document technique à produire sera une liste de recommandations concernant les éclairages publics pour les plages fréquentées par les Tortues Marines. Mr Dubois précise que seuls les **éclairages publics d'illumination** pourront être visés par un tel document (cas place des Arawack Schœlcher, cas plage du

Diamant). Les éclairages publics fonctionnels (voies de circulation) doivent répondre à des normes strictes. Pour ces derniers, les recommandations ne devront pas entraîner une réduction de l'intensité lumineuse sur la voie. Il pourra par exemple s'agir de « placer des luminaires produisant une lumière non diffuse (canalisable) dos à la mer ».

Des entretiens préliminaires à la réunion ont permis d'identifier deux documents cadre dans lesquels une telle liste de recommandation pourrait être insérée : les **PLU** des communes littorales et la **charte du PNRM**. Des documents cadres produits par l'agence des 50 pas pourraient également inclure ce document. L'agence doit être contactée dans ce but. Le **SMEM** propose afin de renforcer le dispositif, d'intégrer ces recommandations dans les cahiers des charges produits pour les communes concernant les ouvrages à proximité des sites de pont.

Intégration dans les PLU

19 communes de l'île ont leur PLU en cours de révision ou de rédaction et peuvent être visées par ce document technique. Les 27 communes côtières sont susceptibles d'accueillir des tortues marines (présentation cartographique des sites de pont).

➤ Type de document à produire et mode d'insertion :

Il est décidé de réaliser un document technique très dépouillé qui sera transmis aux rédacteurs des PLU (l'ADUAM, consulté en entretien préparatoire, rédige 30 des 34 PLU de Martinique).

Il est proposé que dans les chapitres « Accès et voiries » et « Aspects extérieurs » des PLU, quelque soit la zone (N, UA, UB, etc...), soit intégrée une phrase préconisant une réduction de ces nuisances et qui ferait référence à un document [la liste de recommandations] situé en annexe des PLU. Par exemple :

« Les aménagements du littoral ne doivent pas engendrer de nouvelles lumières visibles depuis la plage, et celles existantes doivent être progressivement réduites.

Un ensemble de mesures à respecter par type d'éclairage (avec les mesures à respecter pour les éclairages jugés peu impactants et les mesures à prévoir pour les éclairages de forte à très forte intensité), est listé en annexe XX du PLU.

Ces mesures permettront de limiter l'impact des pollutions lumineuses sur la ponte des tortues marines ».

➤ Aspects techniques

Les experts présents (Madame Sordet et Monsieur Dubois) sont invités à critiquer le document de travail élaboré. La question est posée de proposer une obligation de résultats (intensité maximale à mesurer sur les sites) ou de moyens est posée. La seconde proposition est acceptée.

- Mr Dubois précise que les lampes à sodium basse pression (SBP) préconisées produisent une lumière jaune très désagréable et doivent être couplées avec des DEL.
- Il est alors proposé de produire un document en deux parties : en cas d'utilisation de SBP et en cas d'utilisation de SHP ou autre type d'ampoule.
- Des modules électroniques de régulations sont proposés. L'impossibilité technique d'utiliser des détecteurs de mouvements avec certains dispositifs utilisés pour les éclairages publics. A partir de 0,2 lux, les désorientations sont observées sur les tortues marines. Des écrans végétaux devraient être préconisés dès que cette intensité est mesurée.
- Il est nécessaire de coupler plusieurs solutions.
- Mr Chal propose de renforcer le document technique par des tableaux de rentabilité à court terme de différents matériaux proposés. Ceci permettrait d'inciter les acteurs à utiliser une technologie à la fois rentable financièrement et allant dans le sens de la protection des Tortues Marines.

Le document incluant toutes les remarques émises est proposé en pièce jointe de ce compte rendu.

Intégration dans la future charte du PNRM

Concernant la charte du PNRM, Bénédicte Chanteur et Philippe Maraval proposent d'intégrer un article dans la Charte du Parc permettant la prise en compte de la problématique des pollutions lumineuses. Dans ce cas, c'est un objectif de résultat qui sera énoncé.

Celui-ci pourrait-être (proposition de M. Maraval suite à la réunion) :

« En vue de participer à la restauration du potentiel de pontes des tortues marines, les communes du littoral signataires de la charte s'engagent à ne pas éclairer les plages, et les portions de plages de pontes, restées sombres jusqu'alors.

Elles s'engagent aussi à inscrire dans les PLU en cours de révision, et dans les cahiers des charges de tout projet de ré-aménagement du littoral, des mesures permettant de réduire sensiblement l'impact des éclairages illuminant actuellement les plages de pontes. »

En outre, un label pour les aménagements commerciaux (restaurants, hôtels...) de bord de mer qui atteignent cet objectif pourrait constituer un bon argument commercial. Ce sujet devra être abordé avec les offices de tourisme ? (Lesly Suty et CMT ?)

Opération exemplaire

Lors des entretiens préliminaires, il a été discuté l'opportunité de mettre en place une opération exemplaire sur un site témoin, dont la surcharge financière jusqu'à 40% du surcoût de la technologie utilisée (montant maximum de 200 000 euros) serait assumée par l'ADEME. Un co-financement pourrait être envisagé (SMEM ou le Conseil Régional).

Les critères de l'ADEME pour l'organisation d'une telle opération sont : l'aspect localisé, l'utilisation d'une nouvelle technologie, le caractère reproductible de l'opération, le fort potentiel de communication de l'opération.

Des cas de désorientation ont lieu sur toute l'île. Cependant, les communes les plus touchées pourraient être le Diamant, Schœlcher, Sainte-Marie (plage de l'Union), Sainte-Luce, Case Pilote.

La possibilité de mettre en place 2 projets ponctuels différents, avec 2 technologies différentes sur 2 villes différentes peut être étudiée.

Le SMEM se propose comme expert proposant des solutions sur les sites témoins choisis. Les programmes du SMEM ont uniquement lieu sur les villes de Sainte-Marie, Sainte-Luce, Schœlcher. Ce qui exclurait de fait, le Diamant et Case Pilote.

Une nouvelle réunion à ce sujet entre le SMEM, l'ADEME et l'ONCFS aura lieu le 8 juillet à 10h30 (Identification d'un site approprié à l'opération, identification du matériel à utiliser...)

Autres sujets abordés, éclairages privés

Une opération concernant les privés pourrait aussi être financée par l'ADEME, à condition qu'elle contribue également à mettre en place des éclairages économiques de type LBC. Il pourrait s'agir de la distribution aux riverains d'un important site de pontes (type Diamant) de LBC fluo compacte rouge (couleur moins impactantes pour les Tortues Marines), ainsi que d'une plaquette de sensibilisation sur les éclairages d'intérieur et d'extérieur des maisons à proximité de plage de pontes. Cette opération devra être très largement médiatisée.

Points essentiels

Nouvelle réunion le 8 juillet à 10h30 entre le SMEM, l'ADEME et l'ONCFS pour la mise au point de « l'opération exemplaire ».

Prise en compte dans la liste de recommandation des nouveaux éléments abordés lors de la réunion puis envoi à tous les acteurs présents, ainsi qu'au service urbanisme de la Mairie de Schoelcher.

Caractérisation des pollutions lumineuses sur les sites de nidification des tortues marines de la Martinique.

Propositions de mesures de gestion

Rapport Technique Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS),
Délégation régionale Outre Mer, Cellule Technique de Martinique.
Année 2008.

Rédaction : Jennifer MARESCHAL (Stagiaire), Claire CAYOL (Chargée de mission Tortues Marines), Jean-François MAILLARD (Chargé de mission Faune Sauvage).

Mots Clés : pollution lumineuse - tortues marines- émergence - nidification - comportement de ponte - éclairages nocturnes et faune sauvage - *Eretmochelys imbricata* - *Chelonia mydas* - *Dermochelys coriacea*.

Résumé

L'artificialisation des zones côtières de la Martinique est liée à l'urbanisation excessive et anarchique le long du rivage. Elle s'accompagne d'un éclairage de ces zones autrefois sombres. Or, la vue est le sens le plus utilisé par les tortues marines, adultes comme nouveaux-nés pour l'orientation. Afin de regagner la mer, elles se déplacent vers l'horizon le plus lumineux, qui est, en condition naturelle, la mer. Dans les conditions actuelles, les tortues sont désorientées c'est à dire incapables de s'orienter dans une direction constante, lié à la perception des lumières artificielles et naturelles de la même façon ; ou mal orientées (dirigées vers la source de pollution lumineuses). Ce problème est particulièrement présent en Martinique et a fait l'objet de nombreuses études dans les îles et pays voisins. Outre les tortues marines, de nombreuses espèces nocturnes sont touchées. Les sites propices à la nidification des tortues marines ont été identifiés et des mesures ont été réalisées afin d'estimer l'importance du problème des pollutions lumineuses sur ces sites. Des solutions sont proposées, au cas par cas et à l'échelle de l'île. Il s'agit de solutions réglementaires, logistique et de la sensibilisation des habitants de la frange littorale.

Key words : light pollution - marine turtles - hatchlings - nesting behaviour - light pollution and wildlife - *Eretmochelys imbricata* - *Chelonia mydas* - *Dermochelys coriacea*.

Summary

Because of the anarchical and heavy urbanization, the coastal areas of Martinique are becoming more and more artificial. This urbanization leads to the lighting of areas initially dark. However, eyesight is the main sense used by marine turtle, adult and hatchlings, to find the sea. Indeed, this animal uses the eyesight to find the brightest horizon, traditionally the sea, in order to rejoin his natural habitat. Currently, marine turtle are desoriented (unable to orient themself in the good direction) or misoriented (directed in the direction of the artificial light). This issue is particularly present in Martinique and had been studied in other countries and nesting site of the world. Marine turtles are not the only species affected by light pollution, other nocturnal species are also affected. This study aim at identify and at qualify this issue on the main nesting sites of Martinique. Solutions are proposed for each case. This solutions can be regulatory solutions, technical solutions and education of the inhabitants of the coastal area.