KWATA
Etude - Conservation
Faune de GUYANE

Maitre de stage :
de Thoisy Benoit

Université Paul Sabatier
TOULOUSE III

GB

2008 - 2009

Master II Gestion
de la Biodiversité

Efficacité des sites de pontes de tortues marines dans l'Est de la Guyane :

La distribution spatiale des nids influence-t-elle leurs taux de succès ?

Mémoire de fin d'étude
Soutenu Par DOS REIS Virginie
en Septembre 2009

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier mon maitre de stage, Benoit de Thoisy qui a su me guider tout au long de ces six mois, tout en me permettant de soumettre mes idées et mes objections. Il a su me laisser libre dans l'organisation de mon travail et me faire confiance quant à la réalisation du travail de terrain.
Je souhaite aussi le remercier pour tout son soutient et surtout pour sa patience lors de la rédaction de ce rapport.
Et je ne le remercierai jamais assez pour ses balades en pirogue et en forêt qui m'ont fait encore plus aimer la Guyane....

Je veux dire un grand merci à Eddy Poirrier, qui m'a formé à l'identification des traces et des nids de tortues, mais surtout qui m'a si souvent aidé dans mes profils de plage et mon travail de comptage nocturne. Merci, d'avoir été à mon écoute quand la fatigue se faisait ressentir.

Merci à Maïlys Cancel, qui m'a accompagnée avec toute sa joie, sa bonne humeur et son petit grain de folie pour nos comptages de nids matinaux.

Merci à Valentine Alt, qui m'a accompagnée les matins sur les plages et les soirs de suivi de pontes toujours avec bonne humeur. Tu as été une super colocataire et nos petits moments en cuisine m'ont beaucoup manqués !

Une mention spéciale à Mathieu Rhoné, qui m'a accompagné dans mes nombreux week-end de travail sur les plages et sans qui ces six mois d'aventures n'auraient pas était pareil. Ce fut merveilleux de découvrir la Guyane à tes côtés.

Merci à Luc Clément, qui en plus de m'avoir grandement aidé pour la partie SIG, fut un colocataire d'exception que je ne pourrais oublier. Il a su animer la Vaterie comme personne.

Merci à toutes les personnes qui m'ont accompagnées sur les plages, Maïlys, Valentine, Lucille, Magalie, Eddy, Jérôme, Sébastien, Rodrigue et tant d'autres que je dois oublier.

Merci à Magda, Lefteris, et Olga d'avoir pris le relais dans mon travail de terrain.

Merci à toutes les personnes qui sont passées par la Vaterie pendant ces six mois, Jérôme pour sa gentillesse et son écoute, Philippe et ses mémorables « crise de neuro-palu », Anaïs de m'avoir supportée pendant ma rédaction. Merci encore à Valentine et Luc et tous ceux que je ne cite pas.
Merci à mes colocataires aux grands cœurs, qui ont su accueillir Totti à bras ouvert.

Enfin, un grand merci à tous les membres de l'association Kwata qui m'ont m'accueillis auprès d'eux, à tous les bénévoles et à tous ceux qui m'ont aidés de prés ou de loin dans mon étude.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

2. CADRE DE L'ETUDE : 8

3. L'ASSOCIATION KWATA 10

3.1. LA STRUCTURE D'ACCUEIL : 10
3.2. LES MISSIONS : 10

4. MATERIEL ET METHODE : 14

4.1. LES ESPECES ETUDIEES : 14
4.1.1. La tortue luth (Dermochelys coriacea) : 14
4.1.2. La Tortue olivâtre (Lepidochelys olivacea) : 16
4.2. LE SITE DE L'ETUDE : 18
4.3. CARACTERISATION DE LA MORPHOLOGIE DE LA PLAGE : 18
4.4. CARACTERISATION DE LA POLLUTION LUMINEUSE : 20
4.5. LA REPARTITION DES NIDS SUR LES SITES D'ETUDE : 21
4.6. SUIVI DE NIDS : 21
4.7. ANALYSE DES DONNEES : 24

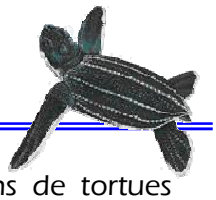
5. RESULTATS : 26

5.1. LOCALISATION DES NIDS : QUELS FACTEURS ORIENTENT UNE TELLE DISTRIBUTION HETEROGENE ? 26
5.2. LE TAUX DE REUSSITE A L'INCUBATION EST IL INFLUENCE PAR SON ENVIRONNEMENT IMMEDIAT ? 28
5.3. VARIATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES : 29
5.4. EVALUATION DU TAUX DE PERTE DE NIDS PAR LES PLAGES : 29

6. DISCUSSION 30

7. BIBLIOGRAPHIE: 34

1. Introduction



Les côtes de Guyanes sont un site d'accueil capital pour les populations de tortues marines. En effet, cinq des sept espèces de tortues marines existantes au monde nidifient sur le littoral de la région des Guyanes (Guyana, Suriname et Guyane française) et plus généralement du Plateau Guyano-brésilien, vaste écosystème marin englobant les littoraux des trois Guyanes plus ceux du Nord du Brésil, de Trinidad et Tobago et du Venezuela.

Ce sont les tortues luth (*Dermochelys coriacea*), olivâtre (*Lepidochelys olivacea*), verte (*Chelonia mydas*), imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la caouanne (*Caretta caretta*). Elles sont toutes inscrites sur la liste rouge de l'IUCN comme espèce menacées ou gravement menacées d'extinction (IUCN).

Dans le cadre de cette étude, seules les deux premières espèces qui nidifient régulièrement en Guyane, sur l'île de Cayenne, sont traitées (*Dermochelys coriacea et Lepidochelys olivacea*) , la présence des autres étant plus rare.

Si elles subissent à terre le même type de menace (comme le braconnage), les deux espèces de tortues subissent toutes deux des menaces en mer mais de nature différente, du fait de leurs différences bioécologiques. La tortue luth est essentiellement pélagique, elle est donc confrontée aux bateaux ligneurs avec lesquels les interactions sont fortes (ref. Ferraroli Nature). La tortue olivâtre fréquente des habitats marins nérétiques, et partage donc les zones utilisées par la pêche au chalut. Il apparait donc comme évident que les moyens mis en œuvre pour leur protection ne peuvent être les même. Il apparait toutefois d'après le diagnostic du Plan de Restauration des Tortues Marines en Guyane (PRTMG 2003), que « les menaces les plus graves sont localisées dans les habitats marins et terrestres du Plateau Guyano-brésilien ». De plus, le Diagnostic conclut que « l'état de conservation des tortues marines est plutôt défavorable en Guyane ».

Les principales menaces recensées en Guyanes pour les tortues marines sont issues :

- Des pêches qui entrainent de fortes captures accidentelles conduisant à d'importantes mortalités d'immatures et d'adultes.
- De l'anthropisation du littoral, que représente l'aménagement du littoral, la fréquentation touristique des plages de ponte, la pollution des eaux littorales et le trafic maritime (plus modéré en Guyane), génère des mortalités anthropiques des premiers stades œufs et des nouveaux nés (chiens errants, circulation d'engins motorisés) et altère les habitats terrestres et marins.
- De la capture de femelles nidifiantes à des fins alimentaires que l'on observe à l'Est, ainsi que le prélèvement d'œufs par les populations de l'Ouest dans le cadre commercial et culturel, constituent aussi des sources importantes de mortalités. Certaines de ces pratiques sont anciennes, mais elles tombent aujourd'hui sous le coup de la loi qui assure la protection des tortues marines ; à ce titre elles relèvent du braconnage.

La Guyane se caractérise aussi par son littoral, long de 350 km il est soumis à une forte dynamique à la fois marine et terrestre. En effet, les bancs vaseux générés par l'Amazone se

déplacent le long du littoral (Augustinus 1978 ; Gardel et Gratiot 2005) entrainant l'apparition et la disparition cycliques de plages de sable et la modification permanente de leur contours.
Cette dynamique littorale entraine deux phénomènes : la disparition de certains sites de ponte et l'apparition de nouveaux, qui peuvent alors être colonisés par les tortues marines, ce qui bouleverse la structuration des colonies (Reichart et Fretey 1993) sur une période de temps de plus ou moins 10 ou 15ans. Sur une échelle plus réduite, la modification de chacune des plages peut alors possiblement non plus perturber la population entière mais influer sur le comportement des individus et conditionner la distribution spatiale de l'activité de nidification le long du littoral.

Le nombre de pontes de tortues marines sur le littoral de Guyane est en augmentation (Girondot *et al.* 2007) en particulier sur les plages de l'est de l'île de Cayenne (Anse de Montjoly (plage des Salines) et l'anse de Rémire (plage de l'Apcat et de Gosselin) depuis prés de dix ans (comptage des nids par l'association Kwata),
Ces plages apparaissent comme de plus en plus attractives pour les tortues marines, or comme les autres plages de Guyane elles sont soumise à la dynamique du littoral et en sont fortement modifiées..

Il a été mis en évidence que l'emplacement des bancs vaseux pouvait orienter en mer le choix du site de ponte chez les tortues luth (les tortues olivâtres étant moins soumise aux contraintes d'envasement) (Kelle & al. 2007 ; Gratiot & al. 2004). Une fois que cette barrière au large est passée, on peut alors se demander dans quelle mesure les tortues marines pourraient orienter le choix de leur site de ponte au niveau de la plage et quel seraient les caractères à la fois physique ou de perturbation anthropique (pollution lumineuse) rentrant en jeux dans ce choix.

Du fait des contraintes auxquels sont soumis les œufs pendant l'incubation, et de l'importance d'un environnement stable au sein du nid et dans ses environs, les œufs ne tolérant pas de trop forte variation de température et d'humidité, le site de ponte peut orienter le succès de l'incubation. Il s'agit d'une phase dont l'issue dépend de nombreux paramètres (Mrosovsky 1983 ; Eckert 1987 ; Hilterman & Goverse 2002, Caut & al. 2006) comme la température et l'humidité du sol, ainsi que la position du nid par rapport à la ligne de marée haute. Si un nid se trouve sous la ligne de haute marée il sera alors perdu du fait du pourrissement des œufs (Caut et al 2006).
La position du nid sur la plage peut alors orienter le taux de réussite à l'incubation (Kamel & Mrosovsky 2004).
Un des autres paramètres influent sur la réussite de la phase d'incubation est l'effet de la densité de ponte sur la plage (Caut & al. 2006). Si la densité de pote sur la plage est trop importante elle engendre des chevauchements de nids qui diminuent la réussite à l'incubation ou qui tue le nid.

Les questions posées du fait de ce contexte particulier de nids requièrent une stabilité physique dans un environnement très instable sont les suivantes :

(i) comment la tortue oriente-elle le choix de sa zone de ponte, certains paramètres physiques peuvent-ils expliquer l'hétérogénéité de la distribution des pontes à l'échelle de la plage ?
(ii) ce « choix » est il pertinent pour l'individu ? en d'autre terme, les zones, préférentiellement utilisées sur la plage sont elles celles sur lesquelles les taux de réussite à l'incubation sont les plus fortes ?
(iii) ce choix est-il pertinent pour la cohorte ? les zones préférentiellement utilisées sur la plage sont elles les plus stables, c'est-à-dire les moins soumises à l'érosion, garantissant à l'échelle de la saison de ponte la plus forte probabilité d'avoir le plus de nids non détruits par la dynamique du littoral ?

Pour tenter de répondre à ces trois questions, nous avons mis en place une étude en trois étapes :

- Dans un premier temps nous étudierons l'influence de paramètre géomorphologique et anthropique susceptible d'orienter la distribution des pontes sur le littoral de l'ile de Cayenne.

- Dans un second temps, nous avons étudié l'effet de paramètres physico chimique déterminants dans la réussite de l'incubation des nids (la température et l'humidité). De plus nous avons regardé si la densité de ponte autour des nids influe sur le nombre d'œufs éclos

- Enfin, nous finirons par évaluer l'efficacité de plage en estimant le nombre d'œufs qui sont perdus ou non par l'érosion du littoral.

2. Cadre de l'étude :

Depuis le sommet de la Terre en 1992 à Rio, où a été adoptée la convention cadre sur la biodiversité, les pays signataires se sont engagés dans différents plans de conservation des espèces menacées. En effet, la France a mis en place différents plans de restauration émanant du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

Les plans de restauration ont pour but la conservation d'espèces ou de populations menacées, par la mise en œuvre d'actions coordonnées. Actuellement, en France, une vingtaine d'espèces font l'objet d'un plan de restauration, dont les trois espèces de tortues marines les plus présentes en Guyane ; la luth (*Dermochelys coriacea*), l'olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la verte (*Chelonia mydas*) ainsi que les deux autres espèces fréquentant occasionnellement le territoire : la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) et la caouanne (*Caretta caretta*).

Afin de mettre en cohérence les opérations de conservation menées en Guyane depuis plusieurs années avec les engagements internationaux de conservation de la biodiversité, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement à confié en 2001 à la DIREN Guyane, en partenariat avec l'ensemble des acteurs locaux, l'élaboration d'un Plan national de restauration des tortues marines en Guyane.

Le plan de restauration des Tortues Marine en Guyane (PRTMG) est un document de planification de la conservation fondé sur une approche méthodologique structurée en deux parties :

- L'inventaire et diagnostic (Bioinsight/DIREN Guyane, 2003) qui constitue une synthèse des connaissances sur l'état de conservation et des menaces qui pèsent sur les tortues marines en Guyane.
- Le plan d'action (Bioinsight/DIREN Guyane, 2006) ce document définit les objectifs à atteindre sur 5 ans (2005-2009) et les actions à mettre en œuvre pour permettre l'amélioration de l'état de conservation des tortues marines de Guyane.

Les trois grands objectifs principaux fixés par le PRTMG sont :

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

La saison 2008 a vu la mise en œuvre du PRTMG qui fixe les objectifs pour 5 ans pour obtenir un bon état de conservation des tortues marines. L'Etat en a confié la double coordination au WWF et à l'ONCFS. Les partenaires principaux sont la Réserve Naturelle de l'Amana et l'association

Kulalasi pour les sites de l'ouest du département, l'association Sépanguy sur les plages de Kourou et sur les plages de l'Est de la Guyane, l'association Kwata qui assure depuis 2000 l'essentiel du travail du suivi des populations, de communications, de prévention des menaces, d'accueil et d'information du public.
C'est dans le cadre de ce Plan de Restauration que ce stage s'inscrit. En effet, l'un des critères permettant de considérer l'état de conservation des tortues marines comme favorable est « qu'il existe et il continuera probablement d'exister un habitat suffisamment étendu pour que ces populations se maintiennent à long terme. » (PRTMG, Diagnostic DIREN/Bioinsight, 2003) ».

Les plages de Guyanes, en particulier celles de l'Est de Cayenne constituent l'un des premiers sites de ponte au monde pour les tortues luth (*Dermochelys coriacea*) (Fossette *et al.* 2008) tout comme il constitue un site d'importance majeure pour les populations de tortues olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) (Kelle *et al.* 2008).
Il est donc important de mieux connaitre cet habitat, comment les populations de tortues s'y répartissent-elles ? La zone de ponte choisie ou non par la tortue est elle plus favorable ? Comment la plage évolue-t-elle au cours de la saison de ponte et quelle incidence cette variation peut elle avoir sur la réussite des nids ? Autant de questions qui sont d'autant plus importante que le nombre de tortues qui viennent pondre ne cesse d'augmenter d'année en année. Ces réponses, en plus d'apporter une meilleure connaissance sur le milieu ainsi que sur la stratégie de ponte que peut avoir la tortue, nous permettraient d'orienter des stratégies de conservation et de gestion du littoral en adéquation avec l'écologie de l'espèce.

3. L'association Kwata

Figure 1 : Logo de l'association Kwata

L'association Kwata est une association guyanaise d'étude et de protection de la nature. Créée en 1994, elle est agréée par le Ministère de l'Environnement, et membre de l'Union Mondiale pour la Nature (IUCN) et du comité français de l'Union Mondiale pour la Nature. Elle sert également de relais local pour plusieurs organisations internationales.
Le nom de l'association vient du nom créole de « l'ambassadeur » des forêts du plateau des Guyanes, le singe araignée noir ou atèle (*Ateles paniscus*). Il n'est présent que dans les forêts primaires épargnées de toute perturbation, il est le premier à subir les conséquences de la chasse et de la déforestation. Il fut l'un des premiers sujets d'étude de l'association.

3.1. La structure d'accueil :

L'association compte quatre salariés en CDI (un responsable scientifique, une responsable animation, un technicien de terrain et un chargé de communication) auxquels viennent s'ajouter des salariés en CDD (7 saisonniers (4 marqueurs et 3 animatrices)) en fonction des besoins des différents programmes, ainsi que des stagiaires (4 pour cette année).

Kwata est une association à but non lucratif, financée par diverses sources de subventions (Ministère de l'Environnement, Ministère de la Recherche, Fonds européens FEDER, Fondation Nicolas Hulot, fondation de France, nature et découverte, Mairies, Zoos et la région de Guyane...)

3.2. Les missions :

La mission de l'association est de concilier l'épanouissement de l'Homme, la pérennité des ressources naturelles et la protection de la biodiversité. Les activités de Kwata comprennent des études sur des espèces menacées et sur l'utilisation raisonnée des ressources. A cela s'ajoute un important volet de sensibilisation du public et une activité d'expertise en écologie, protection de l'environnement et aménagement du territoire.
Tous les programmes sont élaborés en étroite collaboration avec les décideurs locaux, les gestionnaires du territoire, les utilisateurs du milieu et le public guyanais.

Les principales actions s'organisent en 4 points :

- la gestion des ressources naturelles ;
- les programmes de conservation des espèces menacées ;
- l'expertise écologique et environnementale ;
- la sensibilisation et l'éducation à l'environnement ;

1- la gestion des ressources naturelles :

Les populations humaines exercent une pression grandissante sur les écosystèmes, et la gestion des ressources naturelles est devenue une nécessité. En Guyane, l'état de conservation de la forêt est encore relativement satisfaisant mais les pressions augmentent : démographie, exploitation forestière et surtout la chasse, qui représentent des menaces importantes sur la faune. Dans un objectif de gestion des ressources naturelles l'association a par exemple réalisé des inventaires sur 5 ans sur les différentes zones de la forêt de Counami avec principalement un suivit des primates qui constituent l'un des principal indicateur des impacts de la chasse et de l'exploitation forestière sur les communautés animales. Il s'agit d'orienter la gestion des forêts de façon durable permettant ainsi une exploitation forestière à faible impact, la prise en compte de la richesse biologique et une utilisation traditionnelle des ressources naturelles par les populations locales.

2 - les programmes de conservation des espèces menacées :

L'association Kwata s'intéresse à de nombreuses espèces présentes en Guyane, les études menées permettent de mieux connaitre l'état de conservation des populations et leur répartition sur le territoire ceci étant indispensable pour la mise en place de plans de gestion. Des études ont été menées sur le caïman noir dans la réserve de Kaw, sur les différentes espèces de primates de Guyanes et sur les lamantins. Actuellement deux principaux programmes sont menés par l'association. A savoir, le programme SPECIES (loutre géante, tapir et jaguar) et le programme tortues marines Est Guyane.

- le programme SPECIES « Suivi des Populations des Espèces Charismatique d'Intérêt Ecologique et Scientifique » :

Figure 2 : Affiche du programme SPECIES

Le projet est porté par le WWF et réalisé par Kwata. Il est financé sur 3 ans par l'Europe et le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur. L'objectif est de progresser sur la connaissance et la protection de trois espèces représentatives des principaux écosystèmes non marins guyanais : la loutre géante, le tapir et le jaguar. Ces trois espèces couvrent en effet une grande part des menaces qui pèsent sur la biodiversité guyanaise : pollution, chasse, dérangement, impact sur l'habitat (fragmentation, déforestation, exploitation forestière...). Cette étude permettra ainsi d'acquérir des connaissances à la fois sur leurs écosystèmes, les statuts des populations et leurs dynamiques. Un autre aspect de l'étude portera sur les impacts des menaces propres à ces trois espèces et leur capacité de réponse.
Ce programme doit ainsi permettre d'envisager la mise en place de stratégies de conservation complémentaires à celles déjà existantes.

- *le Programme Tortues marines Est Guyane* :

Il s'agit d'un programme de conservation des trois espèces de tortues marines nidifiantes en grand nombre en Guyane : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*), et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Ce programme est en place depuis 1998 suite à la mise en évidence de l'importance de l'île de Cayenne, par l'association Kwata, comme l'un des plus importants sites de pontes de tortues marines au monde. Depuis, un important programme de conservation a été mis en œuvre en impliquant salariés, de nombreux bénévoles et de nombreux partenaires institutionnels et privés. Le programme d'étude et de conservation comprend :

- Un travail de comptage et de marquage des femelles adultes dans les secteurs de Cayenne et Rémire-Montjoly pour améliorer la connaissance du statut de l'espèce.
- Un suivit des menaces pesant sur les espèces (braconnages, prise dans les filets, désorientation par les lumières.
- Un travail de protection directe des tortues sur les plages : sauvetage des adultes, des nids et des émergences en difficulté, forte présence nocturne permettant de réduire la pression de braconnage et la destruction par les chiens.
- Un important volet de sensibilisation du public autour des tortues et plus largement à l'environnement.
- Un travail de sensibilisation et de médiation au prés des décideurs locaux. La proximité des sites de pontes des zones urbanisées, les contraintes liées aux aménagements du littoral, font en effet que ce point est fondamental à aborder dans le contexte local.

Le programme comprend également, depuis 2006, un volet d'étude sur la diversité génétique des tortues olivâtres guyanaises, dans le cadre du programme CARET *Guianas*, afin de connaitre « l'état de santé » de la population. L'association a aussi apporté son soutien au CNRS pour la pose de balise ARGOS dans le cadre du suivit satellitaire des tortues olivâtres. Entre 2008 et 2009 les financements ont augmenté de plus de 110 000€ (Annexe 1) ceci en particulier due à la mise en place du programme CARETS 2. Cette augmentation du budget a ainsi permis à l'association d'embaucher une responsable animation ainsi que d'augmenter le nombre de saisonniers (animateurs et équipe de marquage) et ainsi d'être encore plus efficace et plus nombreux sur les plages et ainsi augmenter le nombre de personnes sensibilisées.

Actuellement, un programme sur la génétique des tortues luth est en cours de mise en place.

3 - l'expertise écologique et environnementale :

L'association Kwata peut être sollicitée pour apporter son expertise et ses connaissances dans de nombreux programmes, commissions, et initiatives, autant à l'échelle locales, régionale,

nationale, qu'internationale. En Guyane, le responsable scientifique de l'association, Benoit De Thoisy, est membre du conseil d'administration du parc Amazonien, ainsi que du conseil scientifique des réserves naturelles de Kaw et des Nouragues. L'association est quant à elle membre du comité de gestion des réserves (Kaw et Nouragues). Dans l'Ouest Atlantique, l'association est impliquée dans le réseau WIDECAST (Wider Carribbean Sea Turtle Network) qui permet des échanges entre les différents acteurs des différents pays. Elle est aussi membre du comité l'Union Mondiale pour la Nature (IUCN), servant de relais pour un programme sur les espèces envahissantes et pour la mise en place d'une Liste Rouge régionale sur les espèces menacées. Au niveau international, Benoit De Thoisy est impliqué dans le fonctionnement des groupes « loutres », « tapirs », « caïmans », « pécaris » et « santé de la faune sauvage », des groupes de spécialistes de la commission de survie des espèces (SSC) de l'Union Mondiale pour la Nature.

4 - la sensibilisation et l'éducation à l'environnement :

Le volet éducatif fait partit intégrante des programmes menés par l'association Kwata. Depuis mai 2002, dans le cadre du programme Tortue marines, elle a mis en place un programme d'éducation à l'environnement afin d'informer et de sensibiliser le public à la protection de la faune de Guyane et des milieux naturels. Elle produit de nombreux outils de vulgarisation (plaquettes, posters, livres, expositions, jeux éducatifs,...) permettant de rendre accessible à tous des informations essentielles sur la biodiversité guyanaise.
Dans cette volonté d'éducation et de sensibilisation et dans le cadre du programme SPECIES, l'association intervient directement auprès du public, par des animations dans les écoles et des conférences au grand public sur des thématiques « conservation » et « faune de Guyane ». De plus, l'association accueille le public et les scolaires sur les plages tout au long de la saison de ponte directement sur les plages mais également dans un carbet d'accueil présent sur la plage des Salines de Montjoly et adapté à l'accueil de groupes d'enfants. Des animations de sensibilisation et des expositions sur le thème des tortues marines y sont organisées très régulièrement. Dans cette dynamiques des animateurs et des bénévoles sont présent tous les jours dans l'après midi et en soirée pour sensibiliser mais aussi rappeler les consignes d'observations des tortues marines (annexes 2) qui sont aussi indiquées sur des panneaux à l'entrée de chaque plage en plusieurs langues (annexe 3) réalisés par l'association avec le soutien de partenaires privés.

4. Matériel et Méthode :

4.1. Les espèces étudiées :

Les plages de Guyane comptent parmi les plus importants sites de pontes de tortues marines au monde. Parmi les sept espèces présentent à l'échelle mondiale, seules trois nidifient de façon importante en Guyane : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Dans la présente étude, ne seront suivies que les espèces *Dermochelys coriacea* et *Lepidochelys olivacea* du fait de leurs effectifs plus importants sur le site d'étude (plages Est de l'île de Cayenne).

Les tortues marines étant des reptiles marins, elles passent la plus grande partie de leur vie dans l'océan. Elles viennent uniquement sur les plages à certaines périodes de l'année, que sont les saisons de ponte, pour y déposer leurs œufs et assurer ainsi la survie de l'espèce. Les saisons de pontes diffèrent selon l'espèce.

Tableau 1 : Périodes de pontes et d'émergences de *Dermochelys coriacea* et *Lepidochelys olivacea*.

Espèce de tortue marine	Pontes	Emergences
Tortue luth (Dermochelys coriacea)	Avril-juillet	Juin-Septembre
Tortue olivâtre (Lepidochelys olivacea)	Mai-Août	Juin-Octobre

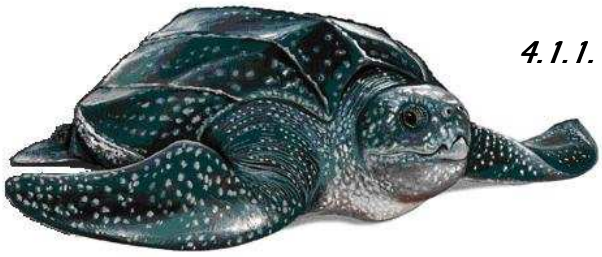


Figure 3 : Dessin de tortue luth (*Dermochelys coriacea*). Mael Dewinter

4.1.1. La tortue luth (Dermochelys coriacea) :

- *Une Anatomie particulière :*

Unique représentante de la famille des Dermochelidae, elle se distingue aisément des autres tortues marines du fait de sont anatomie particulière. Il s'agit de la plus grande tortue au monde avec une taille de dossière mesurant en moyenne 1,60m pour un poids de 400kg. Elle ne possède pas de carapace à proprement dite mais une dossière formée d'une épaisse couche conjonctive adipeuse avec de petites formations osseuses. Le tout est recouvert d'une peau fine de couleur bleue nuit tachetée de blanc ayant l'aspect du cuir (d'où son nom anglais : leatherback « dos de cuir ») (WWF, 2008). La dossière, surmontée de 7 crêtes longitudinales formant des carènes, se termine en éperon sous lequel sont logés la queue et l'appareil reproducteur. Cela lui a valu le nom de « tortue luth » par ressemblance avec l'instrument de musique.
Se nourrissant principalement de cnidaires et de tuniciers (James et Herman, 2001 dans Bioinsight/DIREN, 2003), elle peut parcourir de grande distance et plonger à d'impressionnantes profondeurs (1000m) à la recherche de sont alimentation.

- *La reproduction : ponte et émergence*

Dans les Caraïbes, les mâles sont rarement rencontrés (Eckert 2001 dans Bioninsight/DIREN 2003) ; ceux-ci étant plutôt observés dans les zones d'alimentation. Toutefois, selon Godfrey & Barreto (1998), l'accouplement se ferait autour des plages de ponte.
Les étapes de ponte et d'émergence sont les comportements les mieux connus chez les tortues marines, c'est à cette période qu'elles sont le plus facilement observables.

Comme presque toutes les espèces de tortues marines, la femelle de tortue luth ne nidifie pas tous les ans, mais dépose plusieurs nids au cours d'une saison, à raison de 9 à 10 jours d'intervalle. Le nombre moyen de ponte par saison et par femelle a été estimé à 7,52 (Fossette et al. 2008). Le nombre moyen de ponte par femelle (investissement reproducteur) varie au cours des années. Il a été mis en évidence que l'investissement reproducteur est positivement corrélé avec le nombre d'années sans ponte (entre deux saisons de ponte) ; période qui va lui permettre de faire des réserves.
Le comportement de ponte est constitué de sept étapes successives quasi identiques entre espèces, qui diffèrent en particulier dans leur durée.

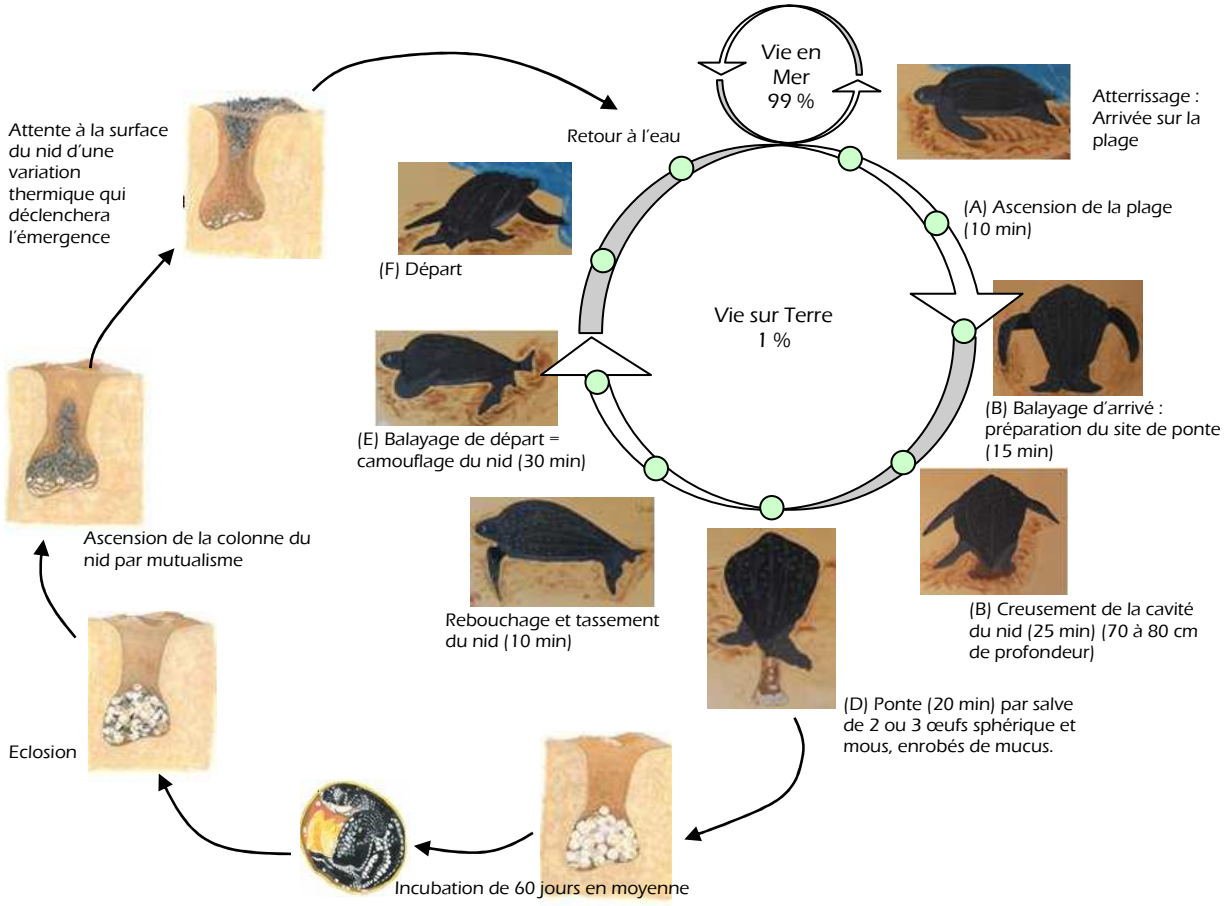


Figure 4 : Schéma explicatif du comportement de ponte et d'émergence chez la tortue luth. La ponte se décompose en sept phases : A l'ascension, B le balayage d'arrivée, C le creusement, D la ponte, E le balayage de départ, F le départ.

Pendant la phase de ponte la femelle cache ses œufs avec l'une de ses palettes natatoires arrière. Elle pondra en moyenne 115 œufs par nids, dont 80 environ sont fertiles (Fretey 1980). Ces œufs infertiles ont un rôle de protection pour les œufs fertiles, ils sont souvent déposés en début ou en fin de ponte amortissant les œufs infertile. Un dimorphisme entre œufs fertiles et œufs infertiles est observable. Les œufs fertiles sont de taille assez importante et bien sphérique alors que les infertiles sont de plus petites taille et parfois ovoïdes. L'incubation des œufs dure en moyenne entre 50 et 70 jours en fonction de la température d'incubation, celle-ci déterminant le sexe du nouveau nait (Rimbot et al. 1985, Rimbot-Baly et al. 1986, Chevalier et al. 1999a dans Bioinsight/ DIREN 2003).

La réussite à l'incubation est sous l'influence de nombreux facteurs physico-chimique du sable. L'émergence des nouveau-nés a lieu aux heures les plus fraîches (de la tombée de la nuit au petit matin), quelques jours après l'éclosion : il faut en moyenne 4 jours aux jeunes tortues pour remonter la colonne de sable. Les nouveau-nés se dirigent ensuite vers la mer, attirés par la brillance de celle-ci.

- ***Statut et Répartition de l'espèce :***

La tortue luth est apparue sur les listes rouge de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) en 1982 comme classée en danger (Groombridge 1982), et depuis 2000 elle a été reclassée comme étant en danger critique d'extinction (Baillie et al. 2004).

- ***Répartition de l'espèce :***

- Dans le monde :

Les principaux sites de ponte se situent en Guyane, au Suriname, au Guyana, au Costa Rica, à Trinidad et Tobago, au Mexique, en Malaisie et sur le pour tour du Golfe de Guinée, en particulier au sud du Gabon (Spotila et al. 1996, Fretey 2001)

Figure 5 : Carte de répartition mondiale de la tortue Luth (*Dermochelys coriacea*)

- En Guyane :

Les principaux sites de ponte en Guyane française se site sur la réserve naturelle de l'Amana (Awala-Yalimapo et Organabo) dans l'ouest guyanais.

Depuis 2006, une forte augmentation des pontes de tortue luth dans l'Est guyanais, sur l'île de Cayenne a été mise en évidence par l'association Kwata. Ce qui en fait actuellement le premier site de ponte de tortue luth en Guyane avec, en 2008, 6400 pontes et au jour d'aujourd'hui (27/08/2009) 9457 pontes pour l'année 2009.

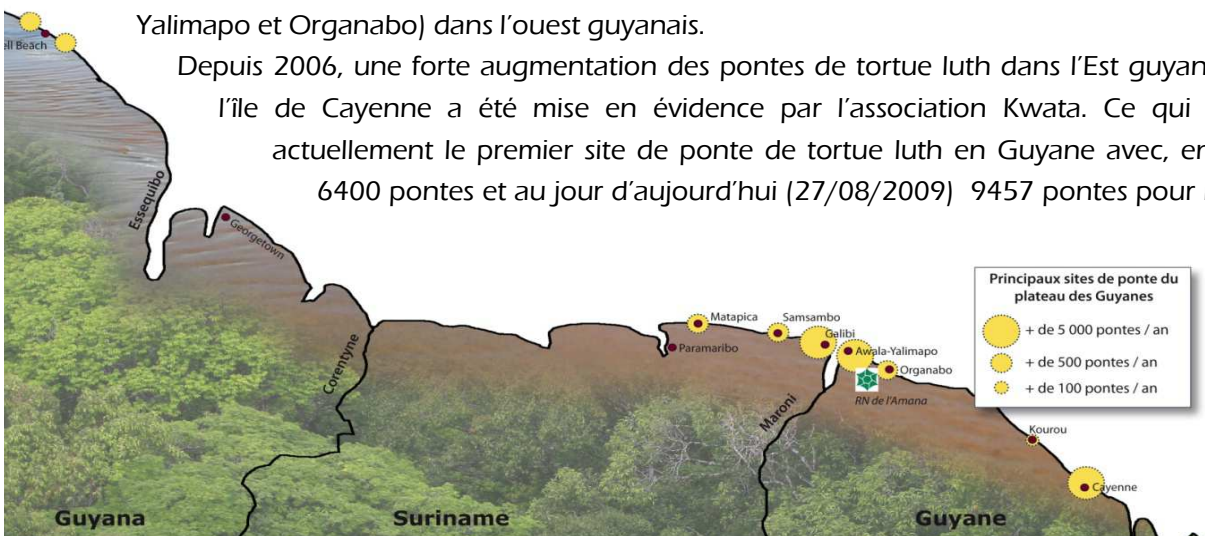


Figure 6 : Schéma de la répartition des sites de pontes sur les côtes des trois Guyanes (Guyana, Surinam et Guyane française)

4.1.2. La Tortue olivâtre (Lepidochelys olivacea) :

- ***Anatomie :***

La tortue olivâtre, est la plus petite des tortues marines, elle doit son nom à la couleur de sa graisse. Cette dernière est nuancée de brun, tandis que sa peau est de couleur plus claire (jaunâtre). Elle mesure environ 70cm de long pour 65 cm de large et pèse en moyenne 36 kg.

Souvent asymétriques, les plaques d'écailles costales et vertébrales ont un nombre variable. La tête, de taille moyenne, est de forme triangulaire vue du dessus. Les tortues marines possèdent un bec et

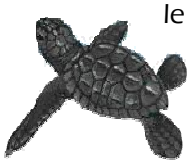
celui de l'olivâtre est de couleur jaune. La carapace des tortues olivâtres se caractérisent aussi par ses bords inférieurs retroussés de manière prononcée (De Thoisy Feuillet 2007).

Les olivâtres ont un régime alimentaire essentiellement carnivore ; elles se nourrissent de crustacés, poissons, mollusques, méduses, oursins auxquels peuvent s'ajouter des algues et des herbes marines et ont une certaine souplesse écologique.

- ***Un comportement grégaire :***

Il existe plusieurs stratégies de ponte chez les tortues marines, c'est sans aucun doute celle de la tortue olivâtre qui impressionne le plus. En effet, cette dernière adopte un comportement grégaire qui se traduit par la sortie simultanée de plusieurs dizaines à plusieurs milliers de femelles la même nuit, sur le même site. Ce phénomène, appelé « arribada » (« arrivée » en espagnol), peut être observé sur les côtes du Pacifique d'Amérique centrale (au Costa Rica) ainsi que sur les plages d'Orisa en Inde. Les stimuli qui gouvernent le début de ces arribadas pourraient inclure des facteurs de l'environnement, comme la vitesse du vent, la hauteur de la marée ou bien la phase lunaire (Bioinsight/DIREN 2003) ; mais aussi des signaux olfactifs grâce à la sécrétion de phéromones (De Thoisy & Feuillet 2007). Les femelles gravides peuvent apparemment retarder leur nidification plusieurs semaines, même en présence d'œufs formés dans leur oviductes. Les tortues olivâtre pondent 1 à 3 nids par saison (données de l'Est Guyanais) par intervalle de 17 à 29 jours, le plus souvent tous les deux ans.

Les cycles de ponte et d'émergence sont similaire à la tortue luth, mais ceci dans un temps plus court. La chambre d'incubation est plus petite que chez les tortues luth du fait de la différence de taille entre les deux espèces. Au cour de chaque ponte les femelles, cachant totalement leur ponte en recouvrant le nid de leur carapace, pondent en moyenne une centaine d'œufs tous fertiles. Le temps d'incubation dure entre 49 et 52 jours. Après l'éclosion, les petits pourront mettre jusqu'à 4 jours avant d'émerger pour retrouver la mer guidé par le scintillement de l'eau.



- ***Statut et répartition de l'espèce :***

La tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) est classée comme espèce vulnérable par UICN (UICN, 2009).

Figure 7 : carte de répartition mondiale de la tortue olivâtre

Les colonies de tortue olivâtre sont localisées dans tous les bassins tropicaux et subtropicaux. A l'échelle mondiale, l'olivâtre est probablement l'espèce la plus abondante, avec certaines plages accueillant la ponte de plus d'un demi-million de femelles en Inde et sur la côte Pacifique du Mexique. En revanche, elle est assez rare dans l'Atlantique, notamment sur la partie ouest.

Ainsi les plages de Guyane constituent les plus gros sites de ponte de l'Amérique du Sud pour l'espèce. L'olivâtre semble avoir une préférence pour les plages de l'Est Guyanais, notamment celles de la périphérie de Cayenne qui totalisent près de 75% des pontes du département avec cette année plus de 2200 pontes. (Kelle et al, 2009).

4.2. Le site de l'étude :

L'étude est réalisée sur les sites de pontes des tortues marines de l'Est de la Guyane française que sont les plages de l'île de Cayenne. Trois plages sont suivies, celle de Montjoly (plage des Salines), la plage de l'Apcat et de Gosselin se qui constitue une longueur totale de prés de 3,5 km de plage. Ces plages sont représentatives de la dynamique du trait de côtes qui se produit sur les plages guyanaises et sont aussi les plages les mieux suivies au monde dans le cadre de suivit tortues marines (Fossette *et al.* 2008).
Ces plages accueillent d'année en année de plus en plus de tortues, mais sont aussi un lieu de détente pour les guyanais et les touristes du fait de leur facilité d'accès et de leur proximité avec la ville de Cayenne (Annexe 4). Les enjeux de gestion de ces sites, qui doivent donc allier conservation d'espèces sensibles et aménagements périurbains, sont donc très importants.

4.3. Caractérisation de la morphologie de la plage :

L'étude repose sur la caractérisation géomorphologique du littoral ainsi que sur la localisation et la quantification des pontes sur les plages. Une précédente étude (Gratiot *et al.* 2004) sur l'effet des bancs de vase dans la répartition des pontes sur les plages a permis de décrire le rôle du proche littoral dans la distribution des pontes. Ici nous tâcherons d'examiner le rôle du profil de plage pour expliquer l'hétérogénéité de cette distribution des pontes sur le site. Pour cela nous nous sommes appuyés sur différents descripteurs du milieu : profil physique, température et humidité pour réaliser la caractérisation géomorphologique du littoral et ainsi obtenir des profils de plages tout au long de la saison de ponte décrivant dans quel type de « paysage » se positionnent les nids au moment de la ponte et comment ce paysage est susceptible d'évoluer au cours des deux mois d'incubation.

Le « profil » des plages est réalisé toutes les deux semaines, afin d'avoir ainsi un suivi fiable de l'évolution de la ligne côtière des plages de l'est de l'île de Cayenne. Au total 9 profils de plages ont pu être réalisés. (cf Annexe 5 calendrier des profils de plage)

- ***Morphologie de la plage :***

Tout d'abord la plage se caractérise par une ligne de crête, rupture de la plage plus ou moins haute créée par l'érosion du littoral due à une conjonction entre les courants

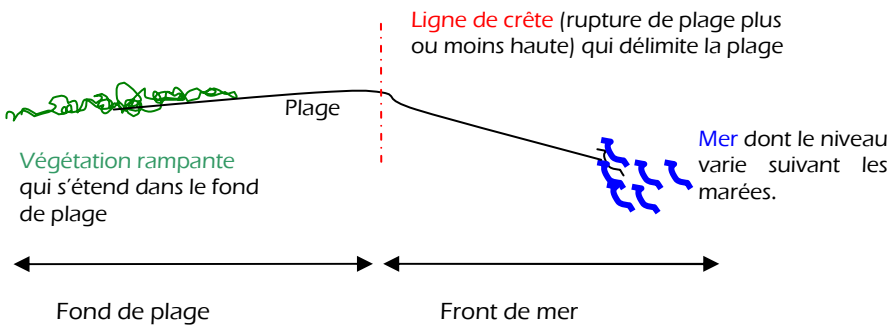
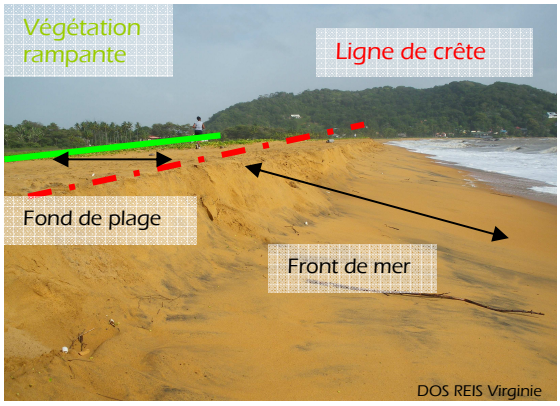


Schéma 1a : représentant les différentes zones qui caractérisent la plage



amazoniens et les marées. Cette ligne de rupture délimite le front de mer du font de la plage (Schéma 1a et 1b). L'inclinaison du front de mer est un élément variable lui aussi influencé par les marées, il est mesuré tout comme l'inclinaison entre la ligne de crête et le font de plage. Le font de plage se distingue quant à lui par la présence d'une végétation rampantes (*Canavalia rosea* et *Ipomea pes caprea*). Cette végétation plus ou moins dense peut être un obstacle à la réalisation d''un nid par les tortues en particulier chez la Luth. Il est considéré que la partie de la plage la plus propice à la réussite d'un nid est la partie relativement plate située entre la végétation et la ligne de crête, cette zone n'étant pas atteinte par la marée. La position de la ligne de crête étant variable sous l'influence des marées (érosion ou rajout de sable) elle influence directement la surface efficace du font de plage. Il est donc nécessaire de savoir comment celle si varie (Schéma). Le contour de plage et l'inclinaison sont réalisés le même jour pour les trois plages (les Salines de Montjoly, l'Apcat et Gosselin).

- ***Le Contour de plage :***

Le contour de plage que nous définissons comme la surface « efficace » de la plage est la zone dans laquelle la probabilité que les tortues viennent pondre est la plus importante, sur la base des connaissances acquises par l'association après dix ans de suivi. Nous avons établi cette surface avec le responsable de terrain de l'association (Poirrier Eddy) en accord avec le responsable scientifique (De Thoisy Benoit). Cette zone est délimitée 6 mètres en dessous de la ligne de crête (côté front de mer) et 6 mètres dans la végétation (côtés font de plage) (schéma 2). Pour réaliser le contour de plage, nous utilisons la fonction « traces » d'un GPS (GPSMAP® 60CSx GARMIN™) avec un relevé de point tous les 10 mètres et une précision moyenne de 3 mètres. Une personne marche au niveau de la crête (sans GPS) en traçant un sillon dans le sable à l'aide d'un bâton, pendant qu'une seconde (avec le GPS) se trouve sur le front de mer, toutes deux sont reliées par une corde de 6 mètre de long. La plage est ainsi parcourue sur toute sa longueur en maintenant la corde tendue.

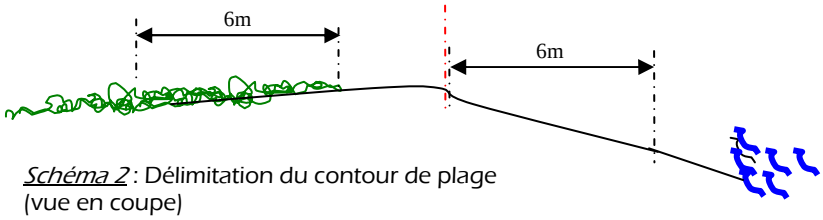


Schéma 2 : Délimitation du contour de plage (vue en coupe)

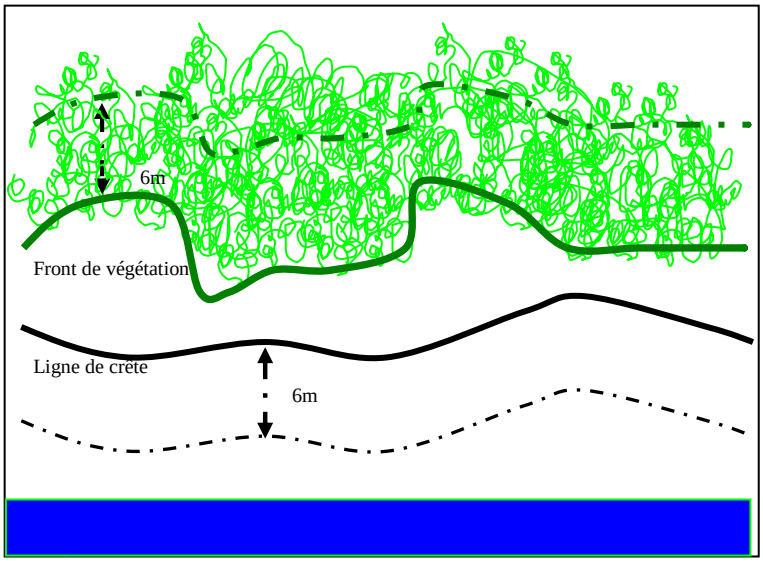


Schéma 3 : Délimitation du contour de plage (vue de haut)

Arrivés en bout de plage, corde toujours tendue, les deux personnes font demi-tour ; la personne sans GPS longe alors la végétation de fond de plage tandis que l'autre marche à 6 mètre d'elle dans la végétation (schéma 3).

Certains secteurs de plage, en particulier sur la plage de l'Apcat, ne sont pas recouverts de végétation. Dans ce cas, la personne avec le GPS passe en fond de plage.
Le contour de plage est ainsi réalisé, il est alors possible de quantifier la perte ou le gain de surface utilisable par les tortues, la ligne de végétation restant fixe au cours de la saison.

- *L'inclinaison de la plage :*

A l'œil nu les variations d'inclinaison sur le linéaire plage sont facilement observables, nous nous en servons pour déterminer où seront placés nos transect de mesure. En moyenne, 43 transects sont effectués à chaque journée de réalisation de profil, soit environ un point tous les 80 mètres.
L'inclinaison mesure la variation de hauteur qu'il y a entre la ligne de crête (tracée lors de la réalisation du contour de plage) qui correspond au point d'altitude zéro, et, dans un premier temps, le point à 6 mètre de distance vers le front de mer, et dans un second temps le point à 6 mètre vers le fond de plage. (Schéma 4).

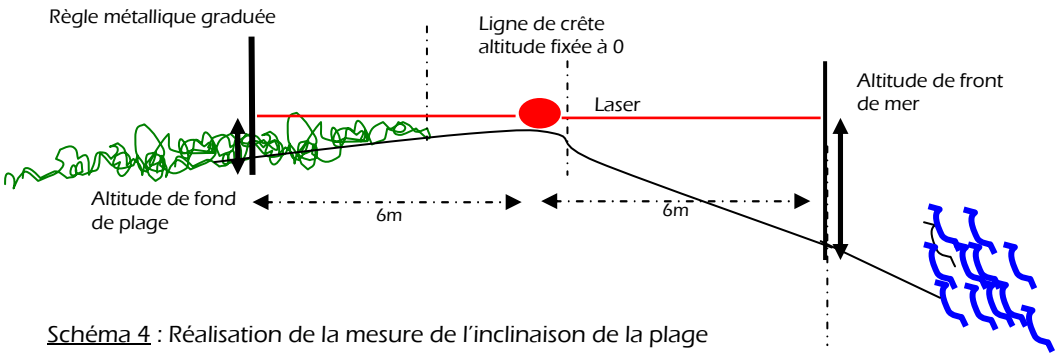


Schéma 4 : Réalisation de la mesure de l'inclinaison de la plage

Pour réaliser ces mesures, on prend tout d'abord le point GPS au point zéro sur la ligne de crête. Sur ce point on place un pied d'appareil photo de 50cm de haut, grâce à un niveau à bulle, on met le socle de niveau. Sur ce socle est positionné un télémètre laser (Télémètre laser PLR30 BOCH®) en direction d'une règle métallique graduée de 2,00 mètre de haut situé à 6 mètres de distance. Grace au laser et à la règle on mesure la différence d'altitude entre les deux points. (Exemple : si le laser éclaire la règle à 175, la différence d'altitude est de 175 – 50, soit 125 centimètre). Le point de mesure est géo-référencé au GPS. La même mesure est réalisée à 6 mètre en direction du font de plage.
Une fois le profil de plage terminé les données sont rentrées dans le logiciel MapSource fournit avec GPS utilisé pour réalisé le profil.

4.4. Caractérisation de la pollution lumineuse :

Cette caractérisation a été réalisée par une stagiaire de l'association au cours de la saison de ponte de cette année. La caractérisation est basée sur la gêne causée pas la pollution lumineuse plutôt que par l'intensité lumineuse (CANCEL, 2009). Cette gêne est quantifiée par la création d'une échelle de mesure semi-quantitative en fonction des degrés de pollution lumineuse observés. Sur chaque site de l'étude la gêne causée est évaluée suivant des transect. (Annexe 6)

Les données obtenues suite à la réalisation d'un profil de plage et à la caractérisation de la gêne lumineuse sont :

- la surface « efficace » de la plage,
- la variation de la largeur de la plage,
- la variation de la hauteur entre la ligne de crête et la ligne de front de mer (hauteur front de mer)
- la variation de hauteur entre la ligne de crête et la ligne de font de plage. (hauteur font de plage)
- La gêne lumineuse sur les secteurs où à été mesurée l'inclinaison.

4.5. La répartition des nids sur les sites d'étude :

Les précédentes années de suivi des pontes sur les plages de Cayenne ont montré une grande hétérogénéité dans la répartition spatiale des pontes sur les plages, au cours d'une même saison. Pour mettre en évidence l'influence que pourrait avoir les caractéristiques du profil physique des plages, et la pollution lumineuse sur les pontes de tortues marines, deux variables ont été prises en compte : le nombre de nids et leur répartition. Ces données sont recueillies deux fois par semaine lors des comptages quotidiens des nids. Chaque ponte est géo-référencées à l'aide du GPS utilisé pour les profils de plages (GPSMAP® 60CSx GARMIN™).
Au total, 36 comptages géo-référencés ont pu être effectués. Ainsi, 1870 pontes de luth et 370 pontes d'olivâtres ont été observés sur l'ensemble des sites de pontes suivis dans le cadre de l'étude. (entre le 6 avril et le 17 aout 2009)

4.6. Suivi de nids :

Pour permettre de mettre en évidence l'effet possible du choix du site de ponte et l'évolution de la morphologie de la plage sur la réussite d'un nid, il est nécessaire de suivre des nids de façon particulière, c'est-à-dire du moment de la ponte jusqu'à l'émergence des jeunes tortues.
Nous avons donc décidé de caractériser les nids à l'aide de plusieurs paramètres : leur situation géographique, le nombre d'œufs pondus, la température et l'humidité à proximité du nid au cours de la période d'incubation et enfin le taux de réussite à l'incubation et à l'émergence du nid.

- ***Suivi du nid au cours de la ponte :***

Pour connaitre le nombre d'œufs pondus par la tortue il est nécessaire d'établir un protocole respectant plusieurs critères. Tout d'abord, pouvoir observer les œufs, les tortues cachant leur ponte, ne pas perturber ou stresser les tortues de quelques manière que ce soit, et enfin être en accord avec la loi (article L 411-1 du code de l'environnement, dérogation) (Annexe 7).

Dans le but de gêner le moins possible les tortues, le sable est dégagé à l'arrière du nid pendant la phase de creusement pour permettre de se coucher derrière elle au moment de la phase de ponte. Il est alors nécessaire d'être deux, une personne est couchée à l'arrière de la tortue soulevant d'une main la palette natatoire cachant la ponte et éclairant le nid de l'autre main (Photo 1). Cette personne

Photo 1 : Suivit d'un ponte d'une tortue luth sur la plage de l'Apcat

va compter et identifier les œufs (fertiles ou Infertiles). La seconde personne pourra noter le nombre d'œufs pour chaque catégorie.

La localisation des nids doit se faire de façon précise pour permettre de retrouver le nid après émergence. C'est pour cette raison que l'utilisation du point GPS ne suffit pas (erreur de ± 3 à 5 mètres). Des études antérieures (Hilterman & Goverse 2002, Kamel & Mrosovsky 2004) ont utilisées, pour repérer l'emplacement des nids après la ponte, des batons plantés dans le sable avec des étiquettes permettant leur identification. Ceci n'est pas possible sur les plages de Cayenne car ce sont des sites à forte fréquentation touristique, et où le braconnage sévit. Il était donc impossible d'utiliser ce mode de repérage. La triangulation a aussi été utilisée (Hilterman & Goverse 2002). Cette méthode requiert des repères géographiques nettement visibles ; hors sur certain site d'étude le fond de plage se compose de forêt. Il est donc difficile, de nuit, d'en faire des repères fiables. Nous avons donc choisi de nous appuyer sur une étude réalisée dans la Réserve Naturelle de l'Amana (Champeaux 2003). La recherche des nids a été réalisée à l'aide d'un détecteur de métaux.

Nous localisons, dans un premier temps, les nids par géo-référencement à l'aide d'un GPS (GPSMAP® 60CSx GARMIN™) pour avoir une idée globale de la position du nid sur la plage.
Ayant choisi de retrouver les nids à l'aide d'un détecteur de métaux, nous plaçons, une fois la phase de tassement entamée, des bagues métalliques servant aux marquages des tortues olivâtres dans des campagnes antérieures.
Nous avons donc cherché à retrouver ces premières pontes à l'aide d'un détecteur de métaux de type SW-238 CONRAD. Ne retrouvant aucun nid, le détecteurs ne repérant rien sur les plages, nous nous somme renseignés au prés d'un site spécialisé (www.lefouilleur.com).
Des spécialistes en matériel de détection nous ont ainsi permis de trouver le meilleur appareil permettant la détection en milieu humide et salés (environnement contraignant pour la détection) que sont les plages. Ils nous ont aussi guidés dans le choix de l'élément métallique à positionner dans le nid, sa taille et sa profondeur.

Ainsi, au moment de l'arrêt de la phase de creusement, une personne se couche à l'arrière de la tortue, soulève la palette natatoire arrière qui cache la ponte et positionne deux plaques de cuivre (un des métaux le mieux détectable avec le plomb) dans la paroi du nid juste sous la tortue à, à peu prés, quinze centimètres de la surface du sable (schéma 5). Ce positionnement (sous la tortue) a été choisi pour limiter le déplacement des plaques pendant la phase de tassement et de balayage.

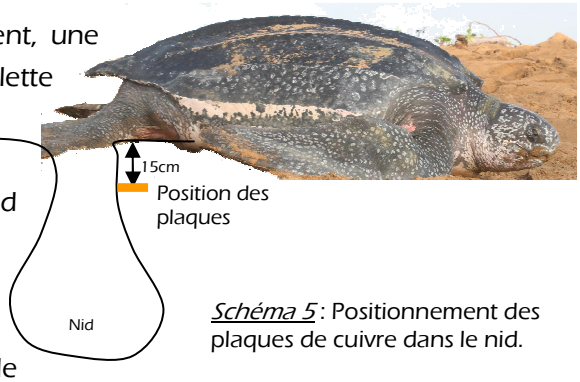


Schéma 5 : Positionnement des plaques de cuivre dans le nid.

Les suivis de nids au cours de la ponte ont été réalisés selon un planning (annexe 5) qui a dû évoluer du fait de problèmes technique (choix des éléments métalliques et achat du détecteur de métaux) mais aussi d'aléas naturels comme des semaines avec peu de ponte de tortues par nuit.

Dans un premier temps, les suivis étaient réalisés entre 23h et 4h du matin dans le but de minimiser la rencontre avec le public. Par la suite, en conséquence à un braquage sur des touristes sur les plages, il a été décidé que les suivis se feraient entre 21h et 1-2h du matin en compagnie de l'équipe de marquage. L'équipe de marquage est présente toute les nuits, tout au long de la saison de ponte dans le cadre du programme de suivi des tortues marines, pour marquer à l'aide d'une puce électronique (PIT) ou pour identifier des femelles déjà marquées qui viennent pondre.

- ***Suivi du nid pendant la période d'incubation :***

Le devenir d'un nid est conditionné par des caractères physico-chimiques tels que la température et l'humidité dans le nid et ses alentours (caut *et al.* 2006). Ces caractères physico-chimiques peuvent être modifiés par les transformations du littoral. Le suivi des nids se fait toutes les semaines (tous les mardis) dans une période de la journée où la température est la plus stable mais aussi la plus chaude, c'est-à-dire entre 10h et 14h. On retrouve la position des nids à l'aide du GPS, une localisation précise n'étant pas indispensable pour les mesures de températures et d'humidité. On fait un trou en forme de cône, d'environ 30 cm de profondeur et d'environ 5cm de diamètre (au plus large). On utilise une sonde C210 Lufft ® pour mesurer la température (°C) et l'humidité absolue (g/m^3).

- ***Suivi du nid après émergence :***

Le suivi des nids se fait jusqu'à l''mergence, soit environ 60 jours après la ponte ; un planning a été établi (annexe 5). Le premier jour de suivi on repère de façon globale la position du nid, on s'y rend et grâce au détecteur de métaux Sovereign GT de MINELAB™ on cherche à détecter la position exacte du nid. Si le nid est détecté et les traces d'émergence évidente on peut alors déterrer le nid (autorisation pas Arrêté 2009-03 DIREN du 17 mars 2009). Un trou est creusé à l'emplacement du point d'émergence avec précaution à l'aide d'une pelle. On creuse jusqu'à atteindre les premiers œufs. Les œufs sont déterrés à la main, un à un avec des gants, comptés et identifiés : œufs fertiles éclos, œufs fertiles non éclos, juvénile non émergés et enfin infertile. On peut alors juger du taux de réussite à l'incubation (nombre d'œufs éclos (vide)/nombre d'œufs fertiles total) et à l'émergence ((Nombre d'œufs éclos – jeunes morts dans le nid)/ nombre d'œufs fertiles total) (Hilterman et al. 2007).
Les nids ne sont pas toujours détectables du fait du phénomène d'accrétion ou lors du balayage qui peuvent rendre les plaques plus dures à détecter car plus en profondeur.
Peu de nids ont été détectés lors de la première session de suivi.
Pour compenser le nombre de nids perdus ou non détectés, nous décidons de déterrer les nids émergés se trouvant à proximité (2 – 3 mètres) des nids suivis. L'estimation du nombre d'œufs pondus étant fiable (la différence entre le nombre d'œufs comptés lors de la ponte et le nombre compté au déterrage est quasi nulle).

4.7. Analyse des données :

Pour analyser la totalité de nos données nous avons utilisé le programme de traitement statistique XLstat ainsi que le logiciel de cartographie MapSource fourni avec le GPS (GPSMAP® 60CSx GARMIN™).

- ***Répartition des pontes*** :

Pour évaluer l'effet des paramètres géomorphologique et de la gêne lumineuse sur la répartition des pontes, nous avons travaillé par date de profil de plage. Considérant qu'un profil est relativement stable sur une quinzaine de jours on quantifie la densité de ponte en regroupant les données des comptages réalisés une semaine avant le profil et une semaine après le profil.

La plage est divisée en secteurs qui se répartissent autour de chaque point de mesure du profil (transect de points) (schéma 6). Les transects de mesure n'étant pas effectués à distance régulière les éléments des secteurs sont variables. A chaque secteur correspond une surface (mesurée sous MapSource), une hauteur de front de mer, une de font de plage et une gêne lumineuse à marée haute. La densité de ponte correspond au nombre de pontes dans un secteur divisé par sa longueur.

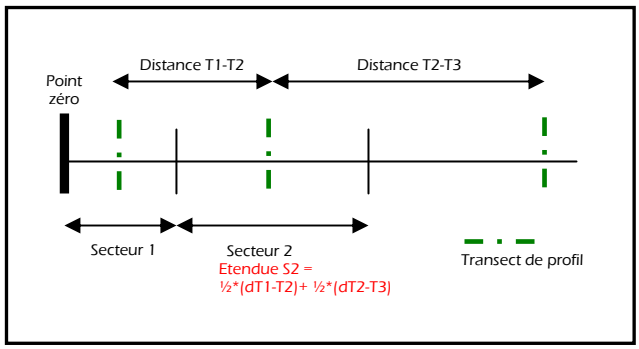


Schéma 6 : Schéma explicatif du calcul des secteurs.

Lors de cette analyse ont été analysées seules les dates où les effectifs de pontes étaient suffisamment importants (n > 40), soit 6 dates sur les 9 réalisées.

Des régressions linéaires multiples sont alors utilisées pour déterminer quels facteurs influent sur la densité de ponte. Ces analyses sont réalisées pour l'ensemble de la saison (toutes les plages à toutes les dates analysées), à l'échelle des plages (chaque plage pour toute la saison) et enfin à l'échelle de chaque plage pour chaque date.

- ***Réussite à l'incubation :***

Les dates de pontes des nids suivis représentent deux périodes (mois de mai et mois de juin) transition entre la saison des pluies et la saison sèche. Dans un premier temps nous testons donc s'il y a une différence significative du taux de réussite à l'incubation entre ces deux périodes par un test t de Student.

Nous avons ensuite une régression linéaire pour étudier si le taux de réussite à l'émergence était influencé par la densité cumulée des pontes. Le cumul des pontes est l'ensemble des pontes recensées depuis le début de l'étude jusqu'à la date de ponte du nid suivi dans le secteur de ce dernier divisé par la longueur du secteur. Nous avons aussi testé l'effet des paramètres ayant un effet significatif sur la densité de ponte. Ce volet n'a été effectué que pour la tortue luth, pour la tortue Olivâtre ceci n'a pu être testé du fait de l'insuffisance du nombre de nids déterré actuellement (2 nids déterrés au 27 aout 2009).

- *Variation des paramètres physico-chimiques :*

Le but ici est dans un premier temps d'identifier parmi les nids suivis, ceux qui se trouvent dans un environnement stable (peu de variation des paramètres physiques) et ceux dans un environnement plus instable. Il nous est alors nécessaire de créer des classes qui regroupent des segments de plage ayant les mêmes caractéristiques. Ces classes devant être comparable entre plages et entre dates de suivi nous regroupons l'ensemble des données pour les traiter ensemble. Les classes sont créées tout d'abord par la méthode de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui nous permet de déterminer en combien de classes peuvent être regroupés les différents secteurs échantillonnés ; puis nous utilisons la fonction de classification k-means avec comme paramètres 100 000 itérations et 20 000 répétitions. Cette méthode permet d'identifier dans quelle classe homogène se trouve chaque secteurs de plage.
Une fois ces classes déterminées nous regardons si les secteurs dans lesquels se trouvent les nids changent de classe au cours du temps.
On détermine alors deux types de nids ceux dont l'environnement n'est pas ou peu modifié (≤ à 1 changement de classe au cours des deux mois d'incubation) et ceux dont il y a une plus forte modification (> à 1 changement de classe).

A chaque nid suivi, correspond une température et une humidité aux cours du temps, on veut alors savoir si ces deux paramètres sont influencés par la modification des paramètres physiques du site. Pour ceci, sera testée l'existence ou non d'une différence de la température et de l'humidité entre les deux groupes de nids. Nous utiliserons la comparaison des variances des points (par un test F de Fisher) plutôt que leur moyenne pour éliminer les biais lié à l'effet de la température extérieure. En effet les mesures de la température et de l'humidité du nid sont influencées par la météo.

- *Efficacité des sites de ponte :*

L'efficacité des sites de pontes que sont les plages de Cayenne, se mesure en plus du taux de succès es nids préalablement décrite, par l'évaluation du pourcentage de pontes perdues, c'est-à-dire nombre de nids qui ne sont plus compris dans la surface efficace de la plage pendant la période d'incubation des nids (60 jours) divisé par le nombre total de nids. Ceci est évalué avec les pontes associées au profil de plage (nids pondus une semaine avant et une semaine après le profil). On fait se succéder les profils et on regarde les nids n'étant plus contenus dans le contour de plage côté front de mer (soumis aux marées). On quantifie le pourcentage de perte pour l'ensemble des plages de Cayenne sur l'ensemble de la saison, et pour chaque plage séparées.

5. Résultats :

5.1. Localisation des nids : Quels facteurs orientent une telle distribution hétérogène ?

- Tortue Luth (*Dermochelys coriacea*)

Les comptages et le géo référencement bi hebdomadaire des nids sur les plages de Cayenne ont permit de mettre en évidence une distribution hétérogène des pontes on peut constater sur les cartes de répartition que certaines zones ne sont jamais occupées par des nids alors que d'autres le sont. La distribution des pontes est hétérogène à la fois au sein d'une même plage mais aussi au cours du temps (figure 8)

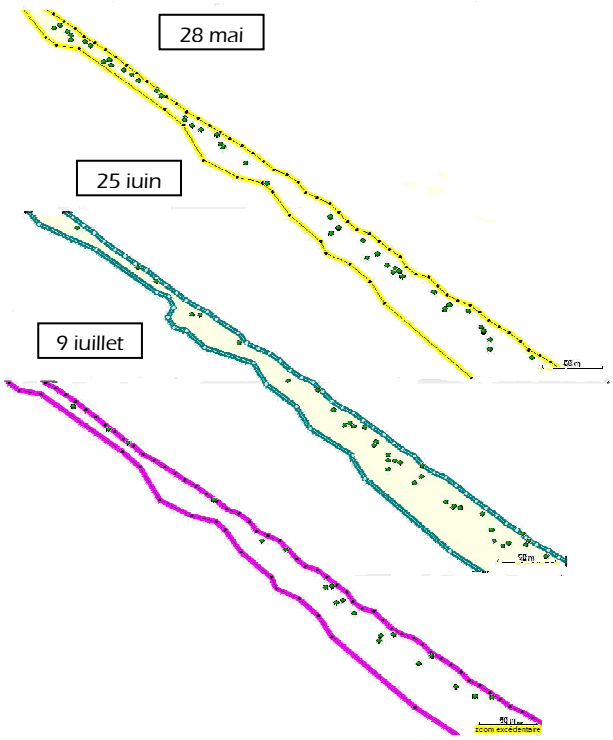
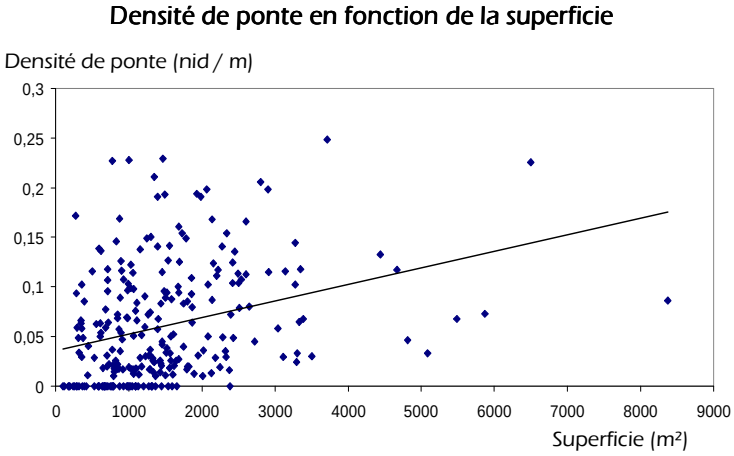


Figure 8 : Répartition hétérogène des nids sur un segment de la plage de l'Apcat pour différente date de profil.

Sur l'ensemble de la saison de ponte, dates et plages regroupées, la totalité des paramètres mesurés influent significativement sur la densité de ponte par secteur (R^2 = 0,199 ; superficie : t = 4,195 $p < 0,0001$; hauteur front de mer : t = -3,419 $p = 0,001$; hauteur fond de plage : t = 2,070 $p = 0,039$; Gène lumineuse : t = -4,089 $p < 0,0001$).



On observe que plus la superficie de plage disponible est importante plus la densité de ponte sera importante (test de corrélation de Pearson : Densité/superficie = 0,309). (Figure 9)

Figure 9 : Corrélation positive entre la densité de ponte et la superficie

Par contre, plus la gêne lumineuse est importante moins les pontes sont nombreuses (test de corrélation de Pearson : Densité/Gêne marée haute = -0,269) (figure 10).

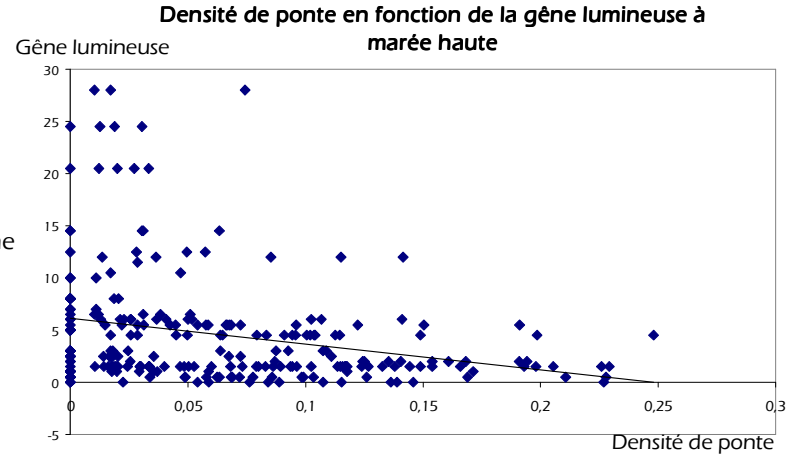


Figure 10 : relation négative entre la gêne lumineuse et la densité de ponte.

La densité de ponte et l'altitude du front de mer sont anti corrélés (test de corrélation de Pearson : Densité/hauteur front de mer = -0,269) (figure11) On rappelle que l'altitude du front de mer est mesurée par rapport au point zéro de la ligne de crête, les valeurs de mesure sont donc négatives. Ainsi plus l'écart de hauteur par rapport à la ligne de crête est important plus la densité de ponte du secteur est importante.

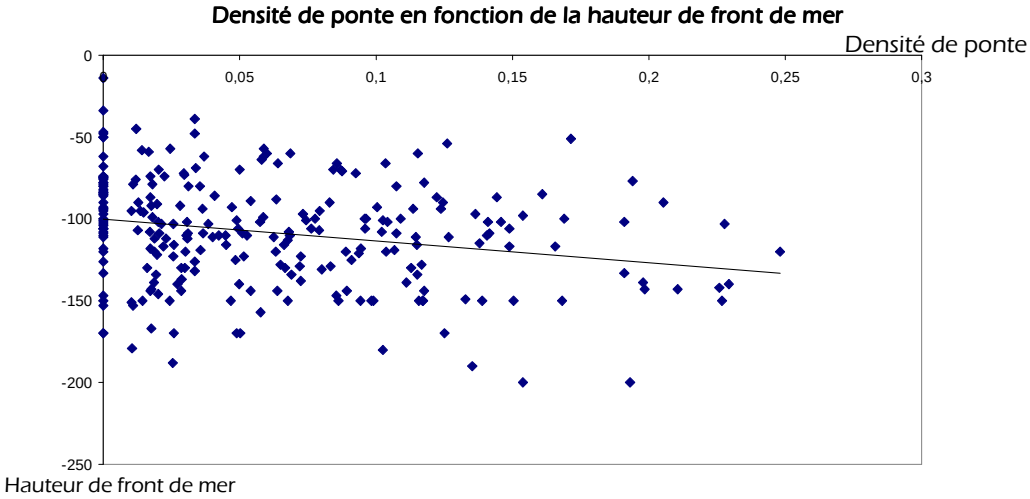


Figure 11 : Relation négative entre la hauteur du front de mer et la densité de ponte

En étudiant les plages séparant au cours de la saison on met tout d'abord en évidence que sur toutes les plages la densité de ponte est influencée de façon significative par la superficie des secteurs de plage. (Montjoly : t = 5,477 p < 0,0001 ; Apcat : t = 4,282 p < 0,0001 ; Gosselin : t = 3,633 p = 0,001).
Apparait aussi sur les plages de Montjoly, un effet significatif de la hauteur en fond de plage (p = 0,012), alors que sur la plage de l'Apcat, la hauteur de front de mer semble influer de façon significative (p = 0,030).

La densité de ponte sur la plage de Montjoly, au cours de la période d'étude, a successivement été influencée par plusieurs facteurs suivant les dates de suivi : la hauteur de front de mer (le 9

avril : p = 0,041 et le 25 juin : p = 0,037), la gêne lumineuse à marée haute (le 14 mai : p = 0,020 et le 25 juin : p = 0,002) et la superficie et la hauteur de fond de plage le 11 juin (superficie : p = 0,008 ; Hauteur font de plage : p = 0,036).

Sur la plage de l'Apcat, la superficie influence la répartition des nids sur trois des six relevés.

Pour la plage de Gosselin aucun paramètre ne semble influencer la répartition des pontes sur le site. (Annexe tableau récapitulatif).

- Tortue Olivâtre (*Lepidochelys olivacea*):

Seules trois dates ayant pu être suivies pour cette espèces il est difficile de mettre en évidence des interactions.

Sur toutes les plages regroupées et sur l'ensemble de la saison, un facteur ressort comme orientant significativement la densité des nids d'olivâtre sur les plages. Il s'agit de la gêne lumineuse à marée haute (t = -2,815, p = 0,006). La densité de ponte est d'autant pus importante que la gêne lumineuse est moindre (test de corrélation de Pearson : Densité/Gêne lumineuse = -0,222) (figure 12).

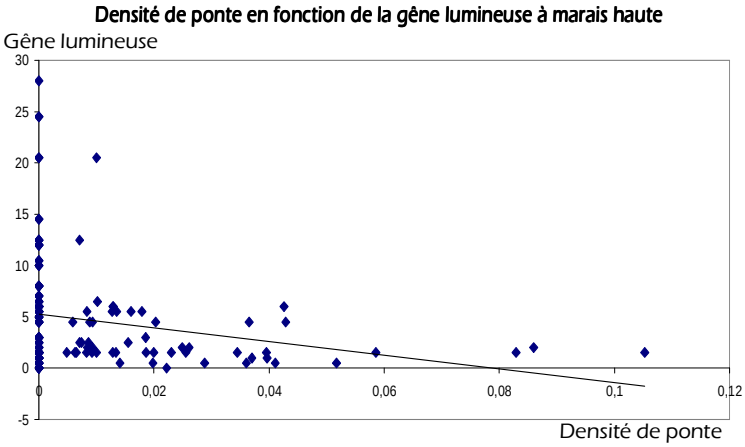


Figure 12 : Corrélation négative entre la gêne lumineuse et la densité de ponte

En étudiant les plages séparément sur l'ensemble de la saison, il apparait que sur Montjoly la gêne lumineuse est le paramètre influençant significativement la dispersion des pontes (p = 0,025), alors que sur l'Apcat la densité de ponte ne semble avoir était influencée par aucun paramètre. Sur Gosselin, la superficie semble influer sur la répartition des pontes (p = 0,048).

En étudiant chacune des plages à chacune des dates, aucun paramètre n'est significativement en relation avec la densité de ponte (Annexe 8). Sur l'Apcat, seul le 9 juillet, des paramètres ressortent comme orientant la dispersion des pontes, il s'agit de la superficie (p = 0,001), la hauteur de front de mer (p = 0,019) et la gêne lumineuse à marée haute (p = 0,047). Le paramètre qui semble le plus expliquer la répartition est la superficie.

5.2. Le taux de réussite à l'incubation est il influencé par son environnement immédiat ?

Le test t de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative du taux de réussite à l'incubation entre la période du moi de mai et celle du moi de juin (DDL = 14, p = 0,251). De même, le taux de réussite à l'incubation n'est pas affecté par les densités cumulées des secteurs de pontes (t = -1,821, p = 0,090).

5.3. Variation des paramètres physico-chimiques :

Quarante six nids ont été suivis, cinq n'ont pas changé de classe, dix-neuf en ont changé une fois, douze en ont changé deux fois, huit trois fois et deux quatre fois. On a donc testé s'il y avait une différence des variances entre un groupe de 24 nids se trouvant dans des secteurs considérés comme stable (les nids n'ayant jamais changé de secteur et ceux qui en ont changé une fois) et un groupe de 22 nids se trouvant dans un milieu qui varie. Nous avons pu constater qu'il n'y avait pas de différence significative entre les variances de température des zones stable et des zones variable ($F = 1,405$; $p = 0,429$) de même pour l'humidité ($F = 0,642$; $p = 0,298$).

5.4. Evaluation du taux de perte de nids par les plages :

L'efficacité du site de ponte s'explique en partit par le taux de nids perdus et donc aussi gardés au cours d'une saison de ponte. Au cours de la saison de ponte (entre le 9 avril et le 30 janvier), sur 907 nids échantillonnés, 47 ont disparues de la surface de plage dite « efficace », soit 5,18%. Au niveau de l'échelle des plages, celle qui a perdu le plus de nids est la plage de Gosselin avec 7,81% de perte (10 sur 128 pontes). Par contre, la plage de l'Apcat apparait comme la plage la plus efficace avec 2,90% de perte (7 pour 241 nids).

6. Discussion

Les plages de Guyanes constituent un site d'accueil primordial pour la nidification des tortues marines en particulier pour la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) et la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) dont les effectifs de pontes augmentent d'années en années (Girondot *& al.* 2007).

Mais le littoral du plateau des Guyanes se singularise par son trait de côte particulièrement mobile (Augustinus 1978 ; Gardel et Gratiot 2005), les plages se formant et disparaissant de façon périodique. Il s'agit de la seule région de ponte des tortues marines, en particulier de la tortue luth, soumit à ce genre de contraintes.
Il était donc nécessaire de s'attarder sur ce sujet ; la conservation des espèces passant par la conservation de leur habitat (Bioinsight/DIREN 2003) il était indispensable d'identifier les facteurs influençant, à une échelle locale, les sites de ponte et de savoir si les caractéristiques du milieu pouvaient orienter le choix du site de ponte une fois sur la plage.

Nous avons pu voir dans nos résultats que, chez la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) en particulier, tous les paramètres rentrent en jeux dans l'orientation de la position du site de ponte au moins à un moment donné au cours de la saison. Cependant, il est nécessaire de modérer ce résultat car des paramètres qui influent sur la densité de ponte à un moment donné, ne sont pas forcément répétables d'un site à l'autre et d'une période à l'autre. Mais il ressort qu'un des paramètres semble influer plus particulièrement sur l'orientation de la zone choisit. En effet, le « choix » du secteur serait orienté positivement par l'importance de surface disponible. Hors, les connaissances actuelles sur les tortues marines ne nous permettent pas d'envisager que lorsque les femelle arrivent sur le site de ponte elles sont capable d'évaluer la surface de plage disponible. Il apparait alors que la distribution hétérogène des pontes ne s'explique par pas les paramètres terrestres utilisés.

En revanche, nous savons que les tortues marines sur les côtes Guyanaises, en particulier la tortue Luth sont orientées en mer dans leur choix de site de ponte par la présence de bancs vaseux qui créaient des barrières physiques à leur passage. Parfois des couloirs se forme, ils permettent le passage le passage des femelles, ce qui oriente le trajet des tortues en mer. (Gratiot *& al* 2004, Kelle 2007).
S'il n'y a donc pas de choix du site de ponte à l'échelle locale de la plage, on peut supposer que la tortue une fois après avoir passé le banc de vase va où elle peut devenant opportuniste, elle va profiter de l'espace à sa disposition sur la plage si celui-ci est suffisant.

Par contre, nous ne savons pas quel est l'état actuel des bancs vaseux sur les côtes de l'île de Cayenne, il aurait ainsi était intéressant de savoir si les tortues ont été orientées préalablement en mer dans le choix du site de ponte ou si actuellement aucun banc vaseux n'est présent, et que finalement les tortues se sont répartie sur les sites de pontes de façon aléatoire.

Contrairement aux Luth, la tortue olivâtre n'est pas orientée en mer par les bancs vaseux elle passe au dessus sans problème (Gratiot *et al.* 2004). La dispersion hétérogène des pontes ne peut donc s'expliquer par une préalable orientation en mer.
Il apparait pour l'espèce que le facteur le plus explicatif de la dispersion des pontes sur les plages est la gêne lumineuse à marais haute. Ce paramètre qui n'est pas significatif sur la plage de Gosselin, peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un site relativement épargné par la pollution lumineuse. Ainsi, ce résultat ne parait pas choquant, en effet, la tortue olivâtre est une espèce très craintive qui est facilement perturbée par un environnement qui peut s'avéré trop stressant pour elle notamment durant la phase d'ascension. Dans une situation où la tortue s'avère être perturbée, elle fait généralement demi-tour pour repartir à l'eau.
On peut alors penser que la pollution lumineuse peut être un facteur de stress pour les olivâtres, elles orienteraient donc leur choix en fonction de cet élément perturbateur. Il s'agit là d'un élément intéressant d'un point de vue de la conservation de l'espèce qui mérite d'être approfondit par des effectifs de ponte plus important pour l'espèce ce qui permettrait de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Les sites de ponte de l'île de Cayenne sont les plages de Guyane les plus fréquentées pour les deux espèces étudiées ici. En effet, depuis l'année dernière (2008) les effectifs de ponte chez la Luth ont augmenté de moitié et il ne cesse d'augmenter aussi chez l'Olivâtre (comptage réalisés par l'association Kwata).
Ainsi les nids sont de plus en plus nombreux sur des surfaces d'accueil très variable dont on ne peut prévoir l'évolution.

Sachant que la densité de nid influe sur le taux de réussite à l'incubation (Caut *et al.* 2005) le choix du site de ponte par la femelle peut être déterminant dans le succès d'éclosion des œufs. (Ackerman 1997). En effet, des nids peuvent se chevaucher les uns les autres et perturber leur propre environnement, ce qui diminue le taux de réussite à l'incubation voir tue le nid. Nous avons donc souhaité savoir si les densités de ponte des plages de Cayenne influent sur le taux de réussite à l'incubation. Mais dans un premier temps, les nids émergés se répartissant dans deux périodes météorologiques différentes (période de transition entre la saison des pluies et la saison sèche), nous avons voulut voir si la réussite à l'incubation ne pouvaient pas être influencée par ces paramètres climatique. Effectivement, il est montré que la température et l'humidité sont des paramètres très influents dans le devenir d'un nid. (Hilterman 2002, de Champeaux 2003). Nous avons constaté qu'il n'y avait pas de différence du taux de réussite des nids entre ces deux périodes. Ceci peut traduire une certaine tolérance des nids face à des variations de l'humidité est de la température. Ceci dit il faut tout de même signaler que cette année la saison des pluies ne fut que très peu marquée.

Le fait que le taux de réussite à l'incubation ne soit pas influencé par la densité de nid sur les sites de ponte, laisse à supposer que la densité critique du site ne doit pas être atteinte. Ceci nous laisse à penser que le site peut encore accueillir d'autres femelles sans que le taux de réussite à l'incubation en soit diminué. Cependant, la ponte d'autres femelles sur des nids pourrait être

selon Girondot et al. (2002) un élément régulateur des populations qui finalement permettrait de maintenir une densité de ponte permettant la réussite à l'incubation.
Mais il faut garder à l'esprit que les plages de Guyanes sont des sites très variable, dont l'érosion et l'accrétion font varier la surface efficace. Il est donc intéressant d'évaluer si les paramètres essentiels que sont la température et l'humidité, qui caractérisent l'environnement immédiat du nid et influent sur sa survie sont modifiés par les modifications du paysage (profil de la plage).

Nous avons observé que les paramètres physico chimique les plus influant sur un nid (Hilterman *et al* 2001.) ne sont pas différent entre un site dont les paramètres physiques varient et un site stable. De ce fait malgré une variation globale du site de ponte l'environnement immédiat du nid ne semble pas perturbé. On peut alors penser que les modifications physiques du littoral qui se produisent actuellement ne modifient pas l'environnement immédiat des nids et donc le taux de succès à l'incubation.

Finalement, l'efficacité du site de ponte doit s'établir grâce pourcentage de nids qui sont ou non gardés par la plage. Ici nous avons pu voir que les plages de Montjoly malgré la variabilité du littoral conservent prés de 95% des nids pondus sur les plages. Cependant il est nécessaire de préciser que les 5% de perte de nids n'est que la perte minimale de ponte. Effectivement, nous ne prenons en compte dans la quantification des nids perdus que ceux qui se trouvent au delà de 6m en dessous de la ligne de crête. Des nids peuvent être perdus même s'ils sont comprit dans la surface dite « efficace » sous la ligne de crête, les coefficients de marée étant variable. La ligne de haute marée peut être très variable au cours de la saison de ponte de ce fait un nid peut être ou non conservé par la plage suivant la date où il a été déposé, mais aussi suivant le temps d'immersion sous la marée. Il est donc plus complexe qu'il n'y parait d'évaluer avec précision l'efficacité des plages de Cayenne du fait de leur variation morphologie au cours d'une même saison de ponte.

Finalement, la tortue Luth semble se répartir de façon aléatoire sur un territoire de ponte assez mobile, ce qui du point de vue de la conservation de l'espèce, ne permet d'accès la protection sur des zones précise de forte densité de ponte. Il est donc nécessaire de maintenir une protection et une surveillance intense sur l'ensemble des sites de pontes.. Par ailleurs, les nids font preuve d'une forte tolérance aux variations naturelles du milieu tout en y restant dépendant.
Il serait par contre réellement intéressant de quantifier de façon plus précise qu'elle est l' »efficacité » réelle de la plage. Ces sites qui accueillent chaque année de plus en plus de tortues sont ils réellement favorable pour l'espèce ? Si ce n'est pas le cas le travail de protection et de sensibilisation devra être renforcé pour permettre le maintient et la survie du plus grand nombre possible de nids.
De plus, si les tortues sont guidées en mer par des bancs vaseux il serait alors judicieux d'orienter la gestion des populations de tortue Luth et du littoral en fonction des bancs de sables. Hors il s'agit de quelques chose d'irréalisable en pratique. Il est donc nécessaire de préserver l'intégralité des habitats disponibles pour les populations de tortues marines nidifiant sur le littoral du plateau des Guyanes.

Par ailleurs il serait important d'approfondir l'étude sur *Lepidochelys olivacea*, et ainsi établir s'il y a un lien réel entre la dispersion des pontes et la position lumineuse. Au quel cas un important travail de gestion des sites devra être menés à la fois au prés des riverains mais aussi des riverains locaux.

7. Bibliographie:

Augustinus, P. (1978). *The changing shoreline of Surinam (SouthAmerica).* University of Utrcht: The Netherlands.

Bioinsight, & Guyane, D. (2003). *Plan de restauration des tortues marines en Guyane Partie I.* Cayenne: Direction Régionale de l'Environnement.

Cancel, M. (2009). *Evaluation des impacts de la pollution lumineuse sur les sites de ponte des tortues marines de Rémire-Montjoly.* Cayenne: Université Des Antilles et de la Guyane.
Caut, S., Guirlet, E., Jouquet, P., & Girondot, M. (2006). Influence of nest location and yolkless eggs on the hatching succes of leatherback turtle clutches. *French Guiana Canadian Journal of Zoologie* , 84: 908-915.

Chevalier J., Desbois X., Girondot M. (1999). The reason of decline of Leatherback turtles (Dermochelys coriacea) in French Guiana: an hypothesis. Pages 79-88 in R. Guyétant and C. Miaud, editors. 9th *extraordinary meeting of the Societas Europaea Herpetologica*, University of Savoy, Le Bourget du Lac, France, 25-29 august 1998. Chambéry, France.

Daridan, S. (2005). *Répartition des pontes de tortues marines en fonction de l'évolution du profil des plages en Guyane.* IESG.

De Champeaux, C. (2003). *Influence des paramètres physico-chimiques sur la réussite d'incubation des tortues luths en Guyane française.* Bordeaux: ENI des Travaux Agricoles de Bordeaux.

Eckert, K. (1987). Environmental unpredictability and leatherback sea turtle (Dermochelys coriacea) nest loss. *Herpetologia* , 43:315-323.

Eckert K.L. (2001). Status and distribution of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, in the Wider Caribbean Region. Pages 24-31 in K.L. Eckert and F.A. Abreu Grobois, editors. *WIDECAST*, 2001. WIDECAST.

Feuillet, G., & De Thoisy, B. (2007). *La tortue Olivâtre.* Cayenne: Collection Nature Guyanaise.

Fossette S, G. P. (2008). Dive and break movement patterns in leatherback turtles Dermochelys coriacea during internesting intervals en FrenchGuiana. *Journal of Animal Ecology* , 77:236-246.

Fossette, S., Gaspar, P., Le Maho, Y., & Georges, J.-Y. (2008). Dive and beak movement patterns in leatherback turtles Dermochelys coriacea durins internestin intervals en French Guiana. *Journal of Animal Ecology* , 77: 236-246.

Gardel, A., & Gratiot, N. (2005). A satellite image-based method for estimating rates of mud bank migration, French Guiana, South America. *Journal of Coastal Research* , 21 (4) : 720-728.

Godfrey M.H., Barreto R. (1998). Dermochelys coriacea (Leatherback sea turtle) copulation. Herpetological Review, 29 : 40-41.

Gratiot, J., Gratiot, N., & Thoisy, B. (s.d.). Evolution de la distribution des pontes de tortues marines de l'Ile de Cayenne lors de la migration d'un banc de phase. Guyane française: Congrès Ecolab Cayenne.

Hilterman, M., & Goverse, E. (2001). The leatherback turtle (Dermochelys coriacea) aspects of nesting and nest success in Suriname. *Biotopic* .

Kamel, S. J., & Mrovosky, N. (2004). Nest site selection in leatherbacks, Dermochelys coriacea: individual patterns and their consequences. *Animal behavious* , 68:357-366.

Kelle, L., & Feuillet, G. (2008). *La tortue Luth.* Cayenne: Collection Nature Guyanaise.

La boutique du fouilleur. (2008). Consulté le mai 13, 2009, sur Le fouilleur: http://www.lefouilleur.com/

Reichart, H., & Fretey, J. (1993). *Widecast sea turtle recovery action plan for Suriname* . UNEPCEP Tech. Rep No. 24. Programme Kingston. Jamaica: Eckert, K.L.

Rimblot F., Fretey J., Mrosovsky N., Lescure J., Pieau C. (1985). Sexual differentiation as a function of the incubation temperature of eggs in the sea turtle *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). *Amphibia-Reptilia*, 85: 83-92.

La boutique du fouilleur. (2008). Consulté le 13 mai 2009 sur *Le fouilleur* : www.lefouilleur.com

Texte de Lois. (2006). Consulté le 27 avril 2009 sur Legi France : www.legifrance.gouv.fr

Annexe 1 :

Budget de l'association Kwata et répartition des subventions pour l'année 2008 et 2009.

Figure 1 : Répartition des subventions en 2009

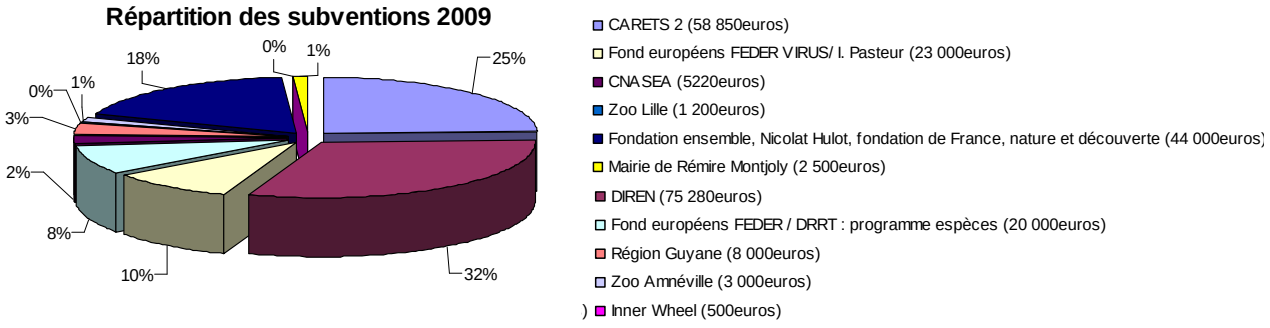
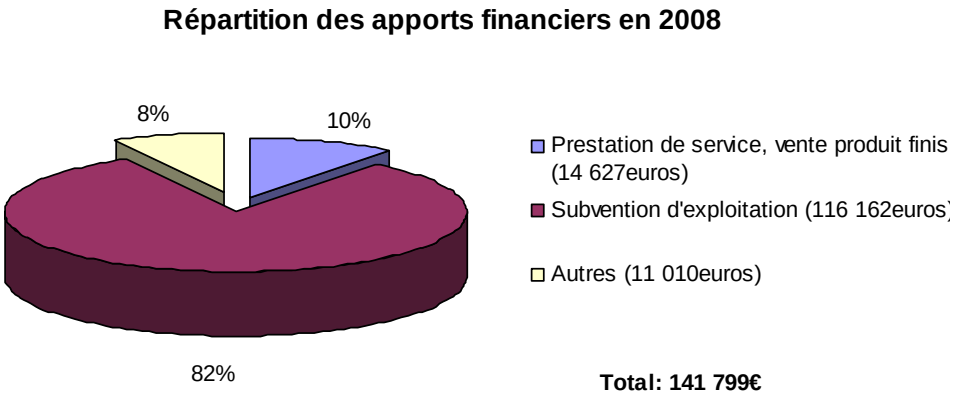
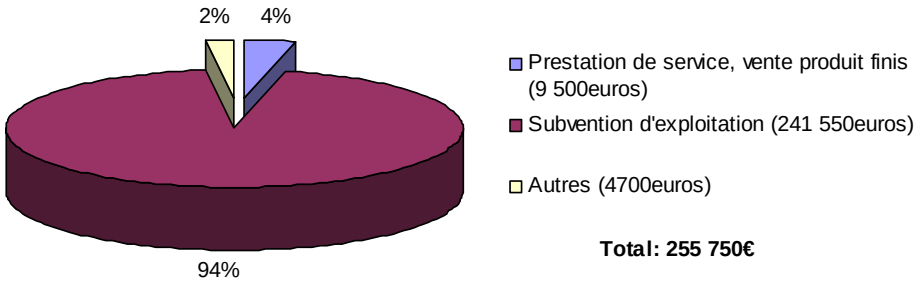


Figure 2 : Répartition des apports financiers en 2008 et 2009





Annexe 2 :

Les consignes à faire respecter sur les plages lors de l'observation de tortues marines

- Toujours rester derrière une tortue et à une distance suffisante.
- Ne pas éclairer les tortues pendant les phases de déplacement mais attendre le creusement, la ponte ou le comblement du nid.
- Eclairer toujours par l'arrière. Pour la tortue olivâtre il est déconseillé d'éclairer, car elles sont très farouches ; et pourraient quitter la plage avant d'avoir fini de pondre.
- Ne pas toucher les œufs ou les tortues ; rester à une certaine distance pour éviter la gêne et l'éboulement du nid.
- Quelques photos sont possibles lorsque la tortue repart et qu'elle a touché l'eau avec ses pattes, et éventuellement pendant la ponte. Les photos se font uniquement par derrière et sont déconseillées pour la tortue olivâtre. Conseiller aux visiteurs de tenter leur chance en fin d'après-midi ou au levé du jour pour voir les tortues de jour.
- Tout simplement respecter l'animal.

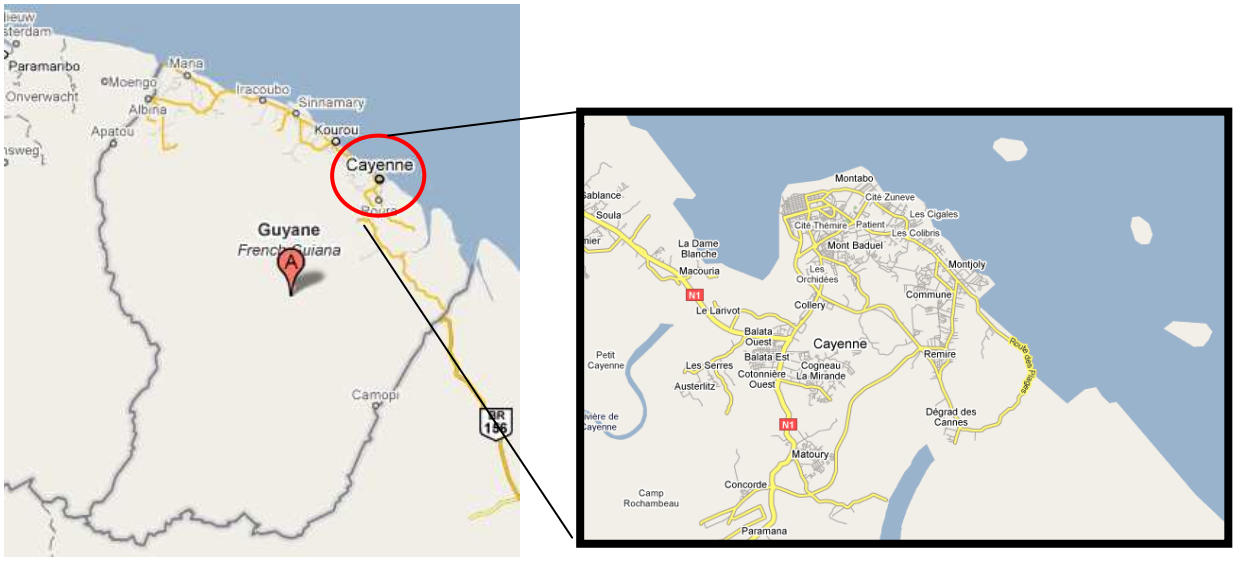
Annexe 3 :

Panneau d'information à l'entrée de chaque plage.

Les panneaux sont en français et en portugais pour qu'il soit compris des Guyanais et des Brésiliens (communauté importante en Guyane).

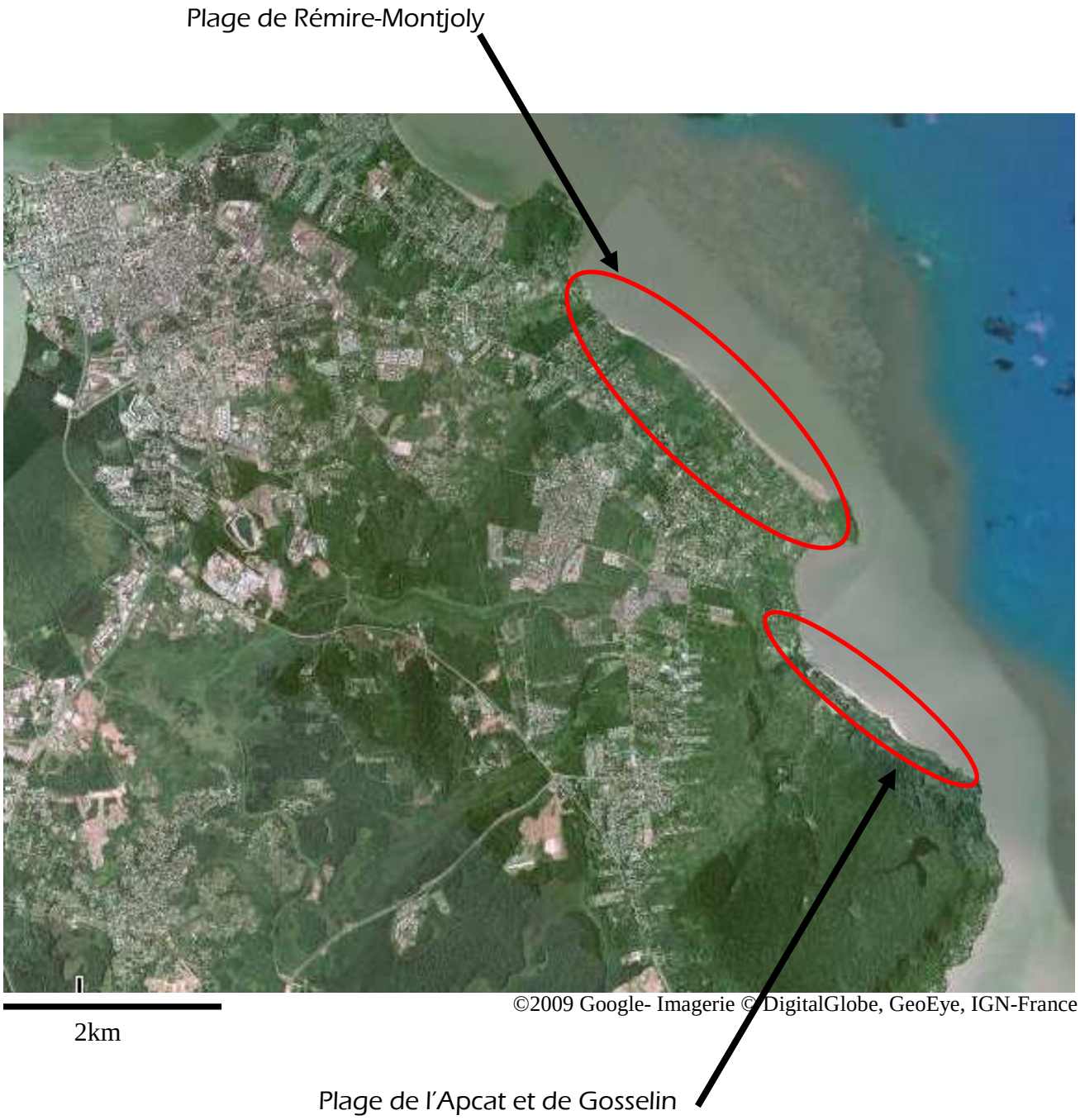
Annexe 4 :

Situation géographique du site de l'étude, Plage de l'Est de l'Ile de Cayenne



Situation géographique de la Guyane française et de l'Ile de Cayenne.

©2009 Google- Imagerie © DigitalGlobe, GeoEye, IGN-France


Plage de Rémire-Montjoly
©2009 Google- Imagerie © DigitalGlobe, GeoEye, IGN-France
2km
Plage de l'Apcat et de Gosselin

Annexe 5 :
Calendrier des étapes terrains de l'étude

Légende :

- Réalisation du profil de plage
- 2 Géo référencement de nids
- Suivit de pontes
- 3 Mesure de la température et de l'humidité
- Déterrage des nids

AVRIL

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

MAI

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

JUIN

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

JUILLET						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

AOUT						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

SEPTEMBRE						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11		

Annexe 6
Protocole de la caractérisation de la pollution lumineuse.

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

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

Protocole :

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

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

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

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

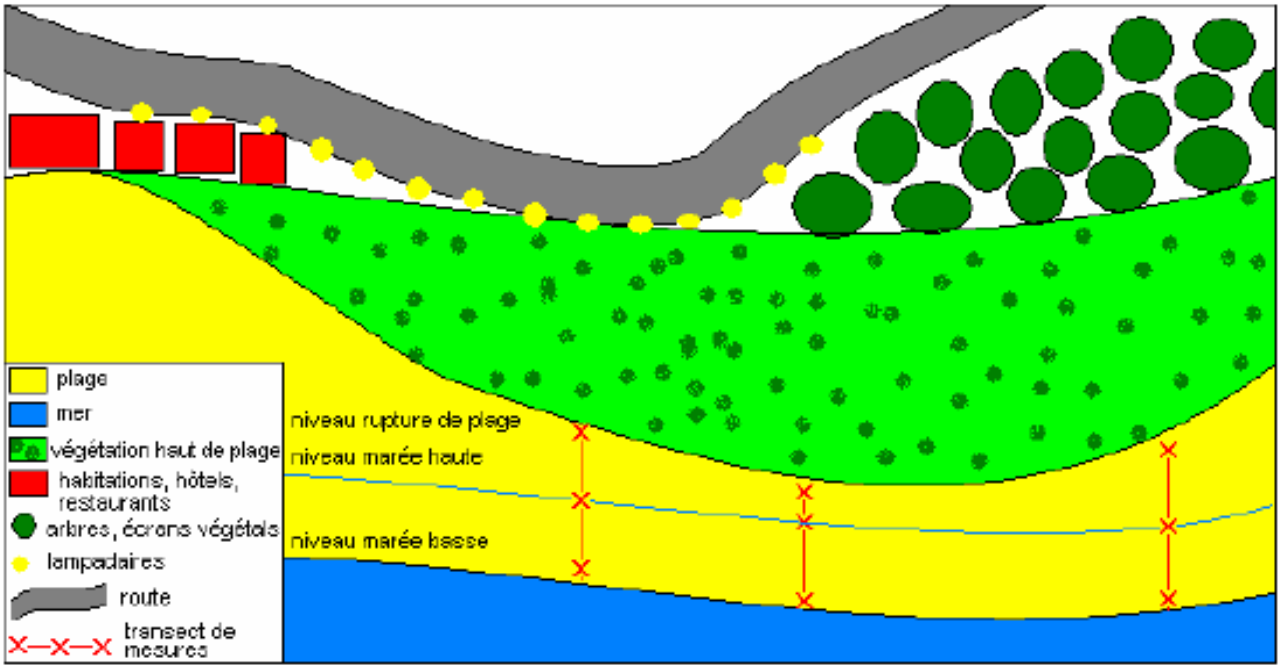


Figure 21 : schéma explicatif du protocole de mesure de la gêne causée par la pollution lumineuse

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

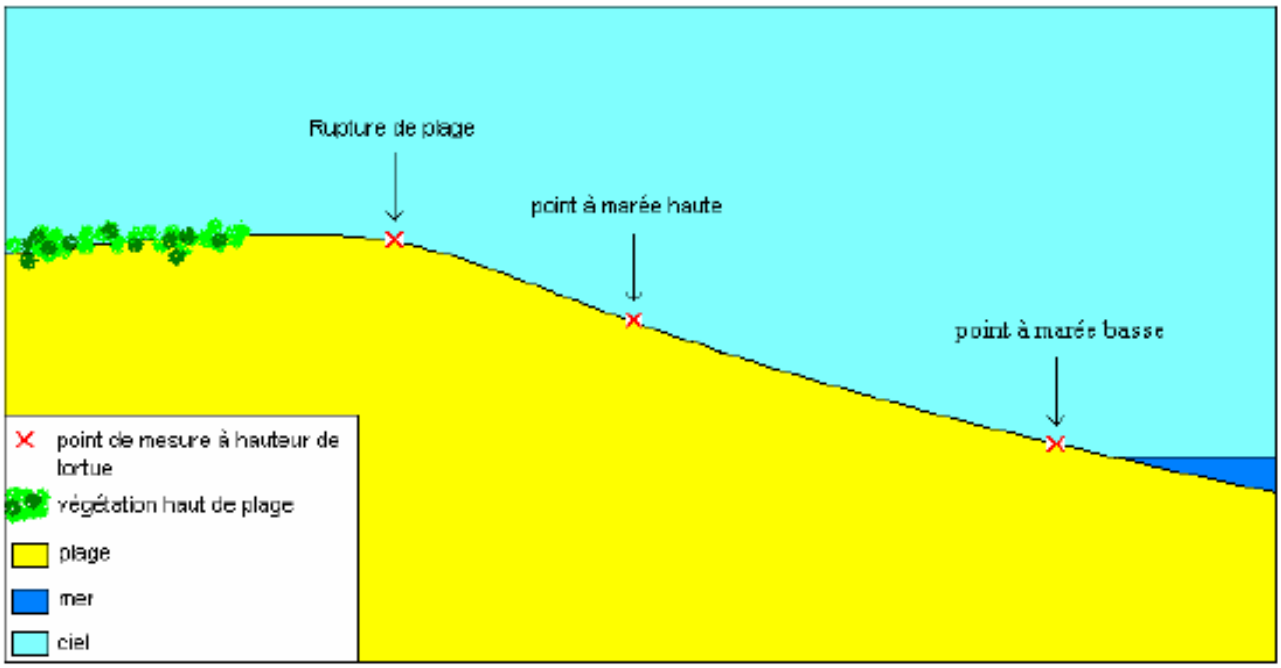


Figure 22 : schéma explicatif des différents niveaux de prise de mesure de la gêne causée par la pollution lumineuse sur un même transect

Paramètres à prendre en compte lors des mesures :

- Phase lunaire : autour de la période de pleine lune, la luminosité naturelle est beaucoup plus prononcée et il est plus difficile d'évaluer la gène causée par la pollution lumineuse, notamment pour les éclairements éloignés. Par conséquent, la prise de mesures est à éviter dans les 9 jours encadrant la pleine lune, soit 4 jours avant, et 4 jours après la pleine lune.

- Horaires des marées : pour chaque transect, des mesures sont faites en 3 points (marée basse, marée haute et rupture de plage). Le point rupture de plage et marée haute sont facilement repérable par les traces laissées dans le sable. Afin de pouvoir effectuer le point de mesure à marée basse, les mesures sont faites aux horaires de marée basse, soit dans un créneau horaire de 4h encadrant la marée basse (2h avant et 2h après la marée basse).

- Horaire des mesures : certains éclairements restent allumés toute la nuit, d'autres non ; certain sont éclairés toute la semaine, d'autres non. Cela varie selon le type de structure (maison de particulier, hôtel, restaurant, éclairement urbain…). L'horaire des mesures est fixé entre 20h00 et 23h00. Lorsqu'une absence d'éclairage est constatée lors de la réalisation des mesures, celle-ci doit être notée afin de pouvoir être prise en compte lors du traitement des données terrain.

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

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

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

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

Annexe 7 :
Code de l'environnement sur la protection des espèces. Article L411 – 1

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.

Annexe 8

Tableau récapitulatif de l'influence des paramètres physiques sur la densité de ponte.

A – Tortue Luth (*Dermochelys coriacea*)

LUTH

	Journée				Montjoly				Apcat				Gosselin			
	RI		Interaction		RI		Interaction		RI		Interaction		RI		Interaction	
09-avr	superficie	0,031	ns	ns	alt fond	0,041	alt front*alt fond*G M haute	0,041	superficie	0,010	alt front*alt font	0,021	ns		ns	
	ns		.	.	.	.	ns	ns	ns		alt fond*G M haute	0,013	.		.	
	.		.	.	.	.	.	.	.		superficie*alt front*alt fond	0,032	.		.	
	.		.	.	.	.	.	.	.		superficie*alt front*G M haute	0,039	.		.	
	.		.	.	.	.	.	.	.		superficie*alt fond*G M haute	0,021	.		.	
14-mai	alt front	0,020	superficie*alt front	0,014	G M haute	0,020	ns	ns	ns		ns	ns	ns		ns	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.		.	
28-mai	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.		.	
	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.		.	
11-juin	superficie	0,039	superficie*G M haute	0,002	superficie	0,008	ns	ns	superficie	0,051	superficie*G M haute	0,042	ns		ns	
	alt fond	0,036	alt front*G M haute	0,024	alt fond	0,036	.	.	.		alt front*G M haute	0,042	.		.	
	G M haute	0,013	superficie*alt front*G M haute	0,001	.	.	.	.	.		superficie*alt front*G M haute	0,036	.		.	
25-juin	G M haute	0,001	alt front*G M haute	0,049	alt front	0,037	ns	ns	superficie	0,004	ns	.	ns		ns	
	.			.	G M haute	0,002	.	.	.		.	.	.		.	
09-juil	G M haute	0,006	.	.	.	.	ns	.	superficie	< 0,0001	superficie*alt front	0,021	.		ns	
	.		.	.	.	.	.	.	.		.	.	.		.	
PLAGE	superficie	< 0,0001	superficie*alt front	0,001	.	.	ns	.	.		.	.	.		ns	
	alt front	0,001	.	.	superficie	< 0,0001	alt front*G M haute	0,047	superficie	< 0,0001	superficie*alt front	< 0,0001	superficie	0,001	superficie*alt front	0,006
	alt fond	0,039	.	.	alt fond	0,012	.	.	alt front	0,030	.	.	.		.	
	G M haute	< 0,0001	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.		.	

B – Tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*)

	Journée		Montjoly		Apcat		Gosselin	
	RI	Interaction	RI	Interaction	RI	Interaction	RI	Interaction
11-juin	ns ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns -	-	-	-	-	-	-	-
25-juin	ns -	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
09-juil	G M haute 0,002	-	-	-	superficie 0,001	superficie*alt font 0,037	-	-
	-	-	-	-	alt front 0,019	-	-	-
	-	-	-	-	G M haute 0,047	-	-	-
PLAGE	G M haute 0,006	-	G M haute 0,025	-	-	-	superficie 0,048	superficie*G M haute 0,036
	- -	-	-	-	-	-	-	-
	- -	-	-	-	-	-	-	-
	- -	-	-	-	-	-	-	-

Annexe 9 :

Tableau récapitulatif du pourcentage de nid perdu à chaque date et pour chaque plage

09-avr	Gosselin	Apcat	Montjoly	total
pontes	5	17	26	48
pertes	0	2	4	6
% perte	0	11,76	15,38	12,50
23-avr				
pontes	11	17	99	127
pertes	2	0	7	9
% perte	18,18	0	7,07	7,09
14-mai				
pontes	23	43	149	215
pertes	3	0	8	11
% perte	13,04	0	5,37	5,12
28-mai				
pontes	29	66	148	243
pertes	3	0	3	6
% perte	10,34	0	2,03	2,47
11-juin				
pontes	60	98	116	274
pertes	2	5	8	15
% perte	3,33	5,10	6,90	5,47
cumul	128	241	538	907
	10	7	30	47
	7,81	2,90	5,58	5,18

Résumé

Les plages de Guyane ont une importance capitale pour la conservation des Tortues Marines. Ce sont des sites d'accueil d'importance mondiale pour des populations de femelles nidifiantes de plus en plus nombreuses. Mais les plages et le littoral sont aussi un milieu où les tortues subissent des pressions anthropiques dont la gestion s'intègre désormais dans le Plan de Restauration des Tortues Marines de Guyane. Le littoral guyanais se démarque des autres sites de pontes par sa très forte dynamique côtière. Cette dynamique se traduit en mer par de forts mouvements de banc de vases émanant de l'Amazone, et sur les plages elles-mêmes, par l'apparition et la disparition de sable et la modification permanente des contours et des surfaces. Ces mouvements ont pour conséquence, à l'échelle de la plage, une hétérogénéité de la distribution spatiale des nids. Nous avons donc cherché à comprendre, chez la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) et la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) comment un site de pontes instable peut être efficace en terme de succès des nids sachant que ceux-ci requièrent une stabilité physique de leur environnement.

Nous avons tout d'abord montré que la répartition hétérogène des nids sur les plages n'est significativement influencée ni par la hauteur du front de plage ni par la hauteur du fond de plage. En revanche la densité de ponte est liée à la surface de sable disponible, variable qui ne semble cependant pas pouvoir être perçue par les tortues. Ensuite, il est apparu que la densité de pontes et la modification physique du site au cours de la période d'incubation ne modifient pas à l'échelle locale l'environnement du nid, et n'ont pas d'influence sur les taux de réussite. Ainsi les nids montrent une certaine tolérance et une capacité relative à évoluer dans un habitat instable du trait de côte entraîne cependant la perte moyenne directe de 5% des nids.

Connaître les facteurs orientant la distribution des nids sur les sites de pontes doit permettre d'orienter les stratégies de conservation et de gestion du littoral en adéquation avec l'écologie des espèces. Hors il ressort de ce travail que le profil de la plage n'est pas un facteur limitant dans la distribution des pontes, les deux espèces étudiées montrant un comportement opportuniste en utilisant toutes les surfaces disponibles. L'hétérogénéité de la distribution des pontes pourrait alors s'expliquer par d'autres facteurs. Dans le cas de la tortue luth, du fait de sa taille, les bancs de vase au large peuvent limiter l'accès à certaines zones de plage. Dans le cas de la tortue olivâtre, plus petite et moins gênée par le platier vaseux, les facteurs de perturbation anthropique du milieu et notamment la pollution lumineuse limitent l'utilisation de certains secteurs.