



Suivi des pontes de tortues vertes sur l'atoll de Tetiaroa (Polynésie française) durant la saison 2012-2013



Te mana o te moana 2013

Petit Matthieu, Bignon Florent, Besson Marc, Gaspar Cécile

Suivi des pontes de tortues vertes sur l'atoll de Tetiaroa (Polynésie française) durant la saison 2012-2013

PETIT Matthieu, BIGNON Florent, BESSON Marc, GASPAR Cécile

Association Te mana o te moana

BP 1374 Papetoai 98729 Moorea Polynésie française.

Tél / Fax : (689) 56 40 11

www.temanaotemoana.org

temanaotemoana@mail.pf

Droits d'auteurs

© Te mana o te moana 2013.

L'utilisation de ce document à des fins non commerciales, et notamment éducatives, est autorisée sans l'accord préalable des auteurs à condition que la source soit dûment citée.

Citation

PETIT M., BIGNON F., BESSON M., GASPAR C., 2013. Suivi des pontes de tortues vertes sur l'atoll de Tetiaroa (Polynésie française) durant la saison 2012-2013. Te mana o te moana.

Avant-propos

En Polynésie française, les tortues marines sont des espèces protégées car, mises en danger par le braconnage intensif (pour la vente et consommation de viande) et par la destruction ou la détérioration de leurs habitats de nourrissage et de ponte (pollution, développement des activités anthropiques,...). La tortue verte (*Chelonia mydas*) est la seule espèce de tortue marine à venir pondre de manière régulière en Polynésie même si le faible nombre d'études scientifiques menées à ce jour n'a pas permis d'identifier et de caractériser clairement les sites de ponte existants. Ainsi, l'atoll de Tetiaroa, dans l'Archipel de la Société, est le seul site sur lequel est mené un suivi annuel des pontes sur du long terme, organisé par l'association Te mana o te moana depuis 2007 en partenariat avec la société Pacific Beachcomber, la Direction de l'Environnement de Polynésie française et l'association Planète Urgence. Au regard des résultats obtenus durant les saisons 2007-2008 à 2012-2013 et en comparaison avec les observations ponctuelles provenant des autres îles, il apparaît aujourd'hui que l'atoll de Tetiaroa est une aire majeure de ponte pour les tortues vertes au sein de l'Archipel de la Société. Ce programme de recherche s'inscrit donc dans une démarche de conservation sur du long terme et rentre à ce titre dans le cadre des mesures préconisées par le Plan de conservation 2013-2017 des espèces marines emblématiques de Polynésie française.

Sommaire

Avant-propos

Introduction

Matériel et méthodes

Personnel et planning des missions

Protocole des missions

Prospection

Protocole utilisé lors de la découverte d'une trace ou d'un nid

Protocole utilisé lors du creusage du nid

Résultats

Caractérisation des montées et pontes de tortues vertes

Bilan général

Description des traces et des nids

Environnement immédiat

Variations spatiales

Evolution temporelle

Caractérisation des nids et des émergentes

Structure, composition et taux de réussite des nids

Caractérisation des émergentes

Prédation

Discussion

Méthodes : problèmes rencontrés et améliorations possibles

Données recueillies

Caractérisation des montées et pontes de tortues vertes

Bilan général

Description des traces et des nids

Environnement immédiat

Variations spatiales

Evolution temporelle

Caractérisation des nids et des émergentes

Structure, composition et taux de réussite des nids

Caractérisation des émergentes

Prédation

Conclusion

Bibliographie

Annexe

I- Introduction

En Polynésie française, territoire aussi vaste que l'Europe, 5 espèces de tortues marines sont représentées (Code de l'environnement de la Polynésie française) : la tortue caouanne (*Caretta caretta*), la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Cette dernière est, avec la tortue imbriquée, l'espèce la plus souvent rencontrée en Polynésie française (Petit & Gaspar, 2011). Elle y reste, malgré une réglementation stricte et son statut d'espèce en danger (UICN), braconnée et consommée pour sa chair.

Autrefois Territoire d'Outre-Mer autonome (TOM), la Polynésie française est devenue en 2004 un Pays d'Outre-Mer au sein de la République (POM). La législation en matière d'environnement ainsi que le code de l'environnement sont spécifiques à la Polynésie française. Depuis 1971, le gouvernement de la Polynésie française s'est doté d'outils juridiques de protection des tortues marines.

Cette réglementation a évolué en 1990 pour renforcer les mesures de protection des tortues vertes, luth et imbriquées, puis en 2006, le code de l'environnement modifié a inclus dans la protection les tortues caouannes et les tortues olivâtres. Toutes les espèces de tortues marines fréquentant les eaux polynésiennes sont aujourd'hui protégées. Elles restent menacées principalement par le braconnage intensif (pour la vente et la consommation de viande) et par la destruction ou la détérioration de leurs habitats et de leurs sites de ponte.

Les connaissances actuelles sur la biologie et l'écologie des populations de tortues marines en Polynésie française sont parcellaires. L'étendue du territoire est une contrainte majeure rendant difficile la mise en place de programmes de recherche à grande échelle. Les populations de tortues marines en Polynésie française ont fait l'objet de plusieurs études qui portent notamment sur la biologie de reproduction (rapportées par le Centre Océanologique du Pacifique en 1985, par la NOAA et l'EVAAM en 1995, par Te Honu tea de 2007 à 2010; par Te mana o te moana de 2007 à aujourd'hui), les comportements migratoires (NOAA et « Department of marine and wildlife resources of Samoa » en 1994 et 2004) et la génétique des populations (Université de la Réunion en 2007, NOAA en 2010) de la tortue verte *Chelonia mydas*. Le manque de données locales, qui contraste avec les résultats obtenus dans de nombreux pays du Pacifique, rend extrêmement difficile la mise en place de plans de conservation adaptés aux caractéristiques et aux enjeux du terrain.

En Polynésie française, seule la tortue *Chelonia mydas* vient pondre de manière régulière sur le littoral des atolls et des îles hautes, de novembre à avril (Balazs 1995, Lebeau 1985). Dans la littérature, la tortue verte se reproduit selon un cycle de 2 ou 3 ans, nécessaire pour rassembler les réserves alimentaires qui permettront la migration entre les sites d'alimentation et les sites de pontes. Au sein d'une saison de ponte, les femelles viendront en revanche pondre plusieurs fois (Robert, 2005 ; Taquet, 2007 ; Ehrhart et al., 1987 ; Broderick, 2001 ; Carr et Carr 1972 ; Bjorndal et al., 1999 ; Limpus et al, 1992).

Des sites de pontes de *Chelonia mydas* ont été décrits par le passé en Polynésie française, les sites majeurs se situant dans l'Archipel de la Société, notamment à Scilly, Motu

One (aussi appelé Bellinghausen) et Mopelia (Balazs et al., 1995), ainsi qu'à Tetiaroa. Le nombre élevé de pontes observées sur cet atoll ces dernières années en fait le site où le plus d'épisodes de ponte de tortues marines ont été recensés sur l'ensemble de la Polynésie (Petit et al., 2012). D'autres sites, de moindre importance, ont également été décrits comme Tikehau (Tayalé, 2007), Maupiti et Fakarava (association Te Honu Tea). Les suivis de ponte réalisés sur ces atolls étaient cependant épisodiques, trop espacés dans le temps, ou ne décrivaient que trop peu d'événements de ponte pour permettre de dégager une tendance sur l'évolution de ces événements (et donc d'interpréter les stocks des populations présentes) ou leur distribution spatio-temporelle.

Afin d'élaborer des plans de gestion et de conservation efficaces, il est important d'avoir une parfaite connaissance de la biologie de l'espèce, de ses interactions avec les autres espèces (y compris l'homme), de sa place dans l'écosystème, mais aussi de la structure de ses populations et de leurs caractéristiques. Ce projet vise à répondre aux priorités définies par le Programme Régional Océanien pour l'Environnement dans son Plan d'actions 2013-2017. Ainsi, dans le chapitre consacré à la gestion des tortues marines dans le Pacifique, le thème 6 « Recherche et Suivi » fait apparaître un objectif qui est en totale adéquation avec ce projet : l'Objectif 1 « Recenser et surveiller toutes les principales plages de nidification des tortues marines dans le Pacifique insulaire ». Ce projet s'inscrit également dans le cadre d'une démarche globale de renforcement des connaissances soutenue par le Groupe Tortues Marines France.

Le suivi des sites de ponte à terre mené à Tetiaroa par l'association Te mana o te moana permet de compléter une base de données datant de 2007 et fournissant des indications précises sur l'évolution des stocks, la répartition intra-insulaire des zones de ponte et les caractéristiques générales de la reproduction des tortues vertes dans cette région du Pacifique.

Le suivi à terre a ainsi pour objectifs principaux d'inventorier les épisodes de ponte, de rassembler les données les plus complètes possible sur les différents éléments caractérisant les pontes (mères, traces, nids, œufs, juvéniles, environnement immédiat...), de fournir un indice de la taille des stocks et principalement de leur évolution temporelle sur du court, moyen et long terme et d'identifier les sites d'importance majeure pour la ponte des tortues marines afin de permettre la mise en place d'actions de conservation et d'aménagement des zones concernées.

Il permet aussi une identification des femelles observées en ponte (marquage et mesures) mais également de produire des prélèvements de peau issus d'émergentes et de femelles en ponte, et ainsi de contribuer aux études génétiques en lien avec la Direction de l'Environnement et les spécialistes locaux et internationaux.

Zone d'étude

En Polynésie française, au sein de l'Archipel de la Société, Tetiaroa est l'unique atoll des Iles du Vent. Situé à 53 km au nord de Tahiti et s'étendant sur une superficie de 6 km² (près de 33 km² de superficie globale), soit environ 585 hectares. Tetiaroa est composé de 12 *motu* (îlots) émergés : Onetahi, Honuea, Tiaraunu, Tauini, Auroa, Hiraanae, Oroatera, Aie, Tahuna Rahi,

Tahuna Iti, Rimatuu et Reiono (Fig.1). Ces petits îlots constitués principalement de substrat sableux ont une surface, une morphologie et une végétation variable. Caractérisé par l'absence de passes, l'atoll dispose d'un lagon de faible profondeur en moyenne et s'étend d'Est en Ouest sur environ 10 km de large et du Nord au Sud sur environ 5 km. L'atoll de Tetiaroa est classé, selon la typologie de l'IRD établie pour l'Archipel des Tuamotu, comme un atoll de type I (atoll de petite taille, sans passe, avec un développement important de la couronne récifale par rapport aux terres émergées (plus de 37%). Sur cet atoll sauvage, de nombreux épisodes de ponte de tortues vertes sont recensés chaque année durant la saison de ponte, de septembre à avril (Gaspar et al., 2008). Il a ainsi été mis en évidence qu'à l'exception de la réserve territoriale de Mopelia-Scilly-Bellingheusen, Tetiaroa et Tupai restent les deux derniers sites de ponte significatifs de l'Archipel de la Société (Petit and Gaspar, 2011). Les terres émergées de l'atoll sont la propriété de la famille Brando et de la société Pacific Beachcomber SC, autorisant tous deux Te mana o te moana à parcourir ce domaine privé pour la réalisation de suivis. De 1972 à 2004, un petit hôtel se situait sur le versant nord d'Onetahi. Depuis 2009, une nouvelle infrastructure est présente sur ce même *motu* : un hôtel en construction qui ouvrira ses portes en 2014 et qui occupera les trois versants nord, ouest et sud.

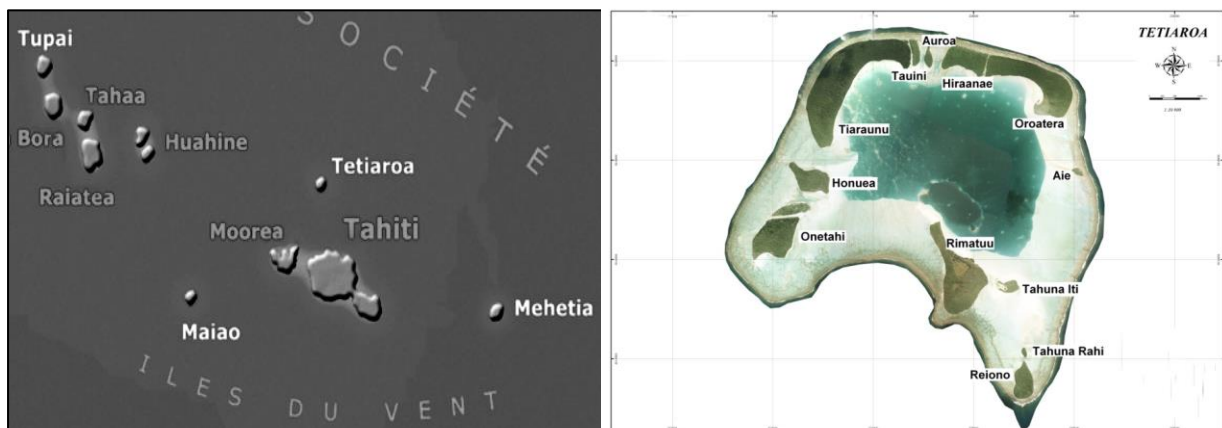


Figure 1: Zone d'étude, atoll de Tetiaroa composé de 12 *motu* (Onetahi, Honuea, Tiaraunu, Tauini, Auroa, Hiraanae, Oroatera, Aie, Tahuna Iti, Tahuna Rahi, Reiono et Rimatuu).

II – Matériel et méthode.

1- Personnel et planning des missions

Cette étude a été menée par l'association Te mana o te moana, coordonnée par Matthieu Petit et Cécile Gaspar, tandis que deux étudiants de Master de l'association, Florent Bignon et Marc Besson étaient en charge de la collecte et de l'analyse des données.

Date des missions	Personnel présent
27/10/2012-05/11/2012	Matthieu Petit ; Florent Bignon ; Marc Besson
24/11/2012-03/12/2012	Florent Bignon ; Marc Besson
15/12/2012-24/12/2012	Florent Bignon ; Marc Besson
12/01/2013-21/01/2013	Florent Bignon ; Marc Besson
09/02/2013-18/02/2013	Florent Bignon ; Marc Besson
09/03/2013-18/03/2013	Florent Bignon ; Marc Besson
15/04/2013-16/04/2013	Florent Bignon

2- Protocole des missions

a- *Prospection*

La méthode utilisée est similaire à celle utilisée dans de nombreux sites de ponte dans le monde. Le tour des *motu* est effectué par des équipes qui arpentent les plages en recherchant les traces d'épisodes de ponte (sable retourné, nid, etc.). Afin de minimiser les chances de manquer une trace, le suivi fait intervenir une personne marchant sur les niveaux bas de l'estran et une autre qui se concentre sur les niveaux les plus hauts de la plage, à la limite de la végétation. La détection des traces laissées sur la plage par les tortues est extrêmement dépendante de :

- la nature du substrat en présence,
- les conditions météorologiques successives au passage de la tortue,
- le marnage et la morphologie de la plage.

Les *motu* de Tiaraunu, Oroatera, Onetahi, Honuea, Tahuna Rahi, Tahuna Iti et Reiono sont prospectés au moins une fois chacun par mission de dix jours. Les *motu* de Rimatuu, d'Hiraanae, présentent d'après les suivis précédents un faible nombre d'épisodes de pontes et ont donc été prospectés 3 fois au cours de la saison, en début de ponte, lors du pic de saison de ponte et en fin de ponte.

b- *Protocole utilisé lors de la découverte d'une trace ou d'un nid*

- Caractéristiques générales de l'observation

Lors de l'observation d'un épisode de ponte, les caractéristiques telles que le nom des observateurs, la date, l'heure et le *motu* où se situe l'épisode de ponte sont notées sur une fiche de suivi. La trace laissée est spécifique à chaque espèce de tortue et nous permet donc de déterminer l'espèce impliquée dans cet épisode de ponte. Le type d'épisode de ponte est ensuite déterminé. En effet, il peut s'agir d'une trace seule, d'une trace accompagnée d'un creusement ou d'un nid seul si la trace a été effacée.

- Caractéristiques de la trace

Lorsqu'une trace de tortue est repérée, si aucun nid n'est observé, les coordonnées GPS au point le plus haut de la trace sont notées. Ces informations sont accompagnées d'un schéma de la trace présentant la partie ascendante et la partie descendante de la trace. Son degré de fraîcheur est ensuite estimé (catégorisé selon ces trois termes : trace « récente », « partiellement effacée » ou « effacée »). A l'aide d'un mètre ruban, la largeur (amplitude maximale) de la trace est ensuite mesurée. Enfin les distances « sommet de la trace à ligne de plus haute marée » et « sommet de la trace à la ligne de végétation » sont également mesurées.

- Caractéristiques du nid

A chaque fois qu'un nid est observé, une photographie de la fiche de suivi, avec son numéro, est réalisée en premier lieu. Ensuite, les coordonnées GPS du ou des creusages relatifs à l'épisode de ponte sont également notées. A l'aide d'un mètre ruban, le diamètre maximal du nid (c'est-à-dire de la zone labourée) est mesuré. Les distances « nid à la ligne de plus haute marées » et « nid à la ligne de végétation » sont mesurées de la même manière que pour les traces seules.

- Marquage de la trace/du nid

Lorsqu'un nouveau nid est observé, un piquet coloré est planté dans le sable au sommet du nid (afin de ne pas gêner l'accès à la plage pour les futures émergentes). Le nid principal (celui contenant les œufs ou, si la présence d'œufs est incertaine, le dernier nid creusé avant la descente) sera étiqueté avec une étiquette métallique numérotée permettant de distinguer les nids au sein d'un même *motu*.

- Caractéristiques environnementales des nids

Au niveau de chacun des nids (zones creusées sans œufs et nids avec œufs), plusieurs paramètres environnementaux sont mesurés :

- Topographie de la plage (largeur et hauteur)
- Informations sur la végétation :
 - présence ou absence de débris végétaux
 - strate de la végétation dans laquelle ou dans lesquelles se trouve le nid : sable seul, strate souterraine/racinaire, strate cryptogamique, strate herbacée, strate arbustive et/ou strate arborée

- densité de végétation (taux de recouvrement au sol et du ciel)
- inventaire de la végétation environnante
- Exposition lumineuse : nid ombragé, exposé ou très exposé au soleil
- Orientation cardinale du nid : on note ici la direction dans laquelle est orienté l'axe nid/mer
- Présence ou absence d'un risque d'inondation du nid
- Accessibilité du nid à la mer : facile, possible ou difficile

c- Protocole utilisé lors du creusage du nid

Lors de la découverte d'un nid, une estimation de la date de ponte est réalisée. La période d'incubation des œufs de tortues vertes étant évaluée entre 49 et 72 jours (Lebuff, 1990), la surveillance des nids en vue de leur émergence se met en place durant cet intervalle. Après celui-ci, le creusage du nid peut être effectué si aucun signe d'émergence n'a été observé avant (zone creusée, présence de coquilles d'œufs ou présence d'émergentes vivantes/mortes à la surface). Au moment de creuser le nid les manipulations et mesures suivantes sont effectuées :

- Prise d'informations générales (jour, heure, numéro du nid)
- Photographie du nid éclos
- Une fois le nid creusé (à la main, avec des gants), mesure des dimensions de la chambre d'incubation
- Comptage du nombre de coquilles vides, du nombre d'œufs non éclos non viables (arrêt du développement) et du nombre d'œufs non éclos sans embryon.
- Si émergence en cours, comptage et photographie des émergentes
- Prise de données sur les émergentes :
 - nombre d'émergentes vivantes encore présentes dans le nid
 - nombre d'émergentes mortes dans le nid
 - longueur Mid to Tip (distance de l'écusson central du bord antérieur de la carapace à l'écusson central du bord postérieur de la carapace), largeur (largeur maximale, perpendiculaire à la longueur Mid to Tip) et mesure du poids sur 5 émergentes vivantes maximum par nid
 - prélèvement de peau sur les nageoires postérieures de 5 émergentes vivantes ou mortes par nid.
- Assistance aux juvéniles, aux retardataires, blessés ou restés coincés dans le nid.
- Observation de prédateurs éventuellement présents dans le nid. En cas de présence de prédateur, il conviendra de noter l'espèce, abondance, et de le photographier.
- Estimation de la texture du substrat

III- Résultats

1- Caractérisation des montées et pontes de tortues vertes

a. Bilan général

57 montées de tortues ont été recensées durant la saison de ponte 2012-2013 sur l'atoll de Tetiaroa. La première montée a été réalisée mi-juillet 2012 (entre le 16 juillet et le 17 juillet 2012) alors que la dernière montée de la saison a été constatée début mars (entre le 1^{er} et le 4 mars 2013). La saison de ponte s'est donc étalée sur environ 8 mois. Ces montées ont été observées sur 6 *motu* seulement : Tiarauu, Tahuna Rahi, Rimatuu, Onetahi, Honuea et Oroatera. La totalité des traces laissées par les tortues ont été identifiées comme des traces de tortues vertes, les empreintes des nageoires antérieures étant apparues profondes et symétriques, typiques du mode de déplacement «par rebond » de cette espèce. Des tortues imbriquées bipèdes et plus légères auraient laissé des traces moins profondes et asymétriques (Mortimer, 1984).

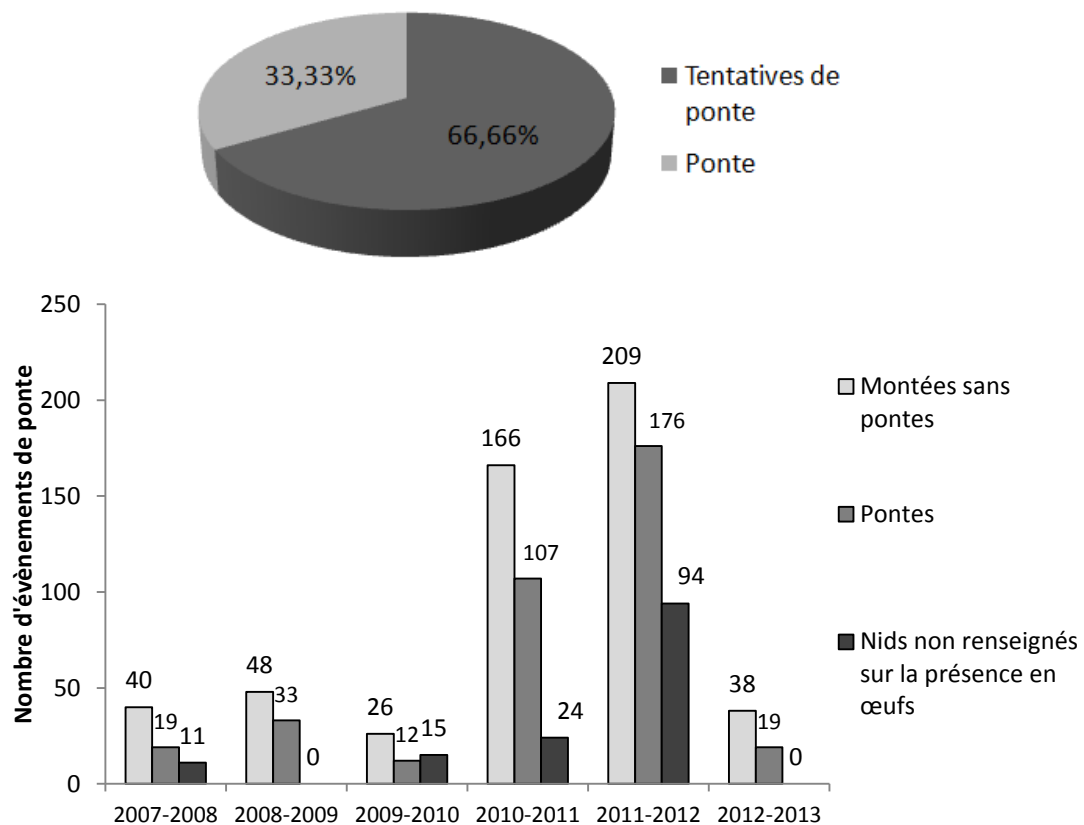


Figure 2: Type d'épisode de ponte pour la saison 2012/2013 et comparatif avec les années antérieures.

Au total, 18 pontes ont été recensées. Les pontes concernent uniquement les *motu* Tiarauu, Honuea, Onetahi, Rimatuu et Tahuna Rahi, aucune ponte avérée n'ayant été recensée sur Oroatera. Comme les saisons précédentes, cette saison de ponte est caractérisée par une dominance numérique des tentatives de ponte qui représentent 66,7% des observations. Les tentatives de ponte observées étaient des montées simples (12 montées simples recensées) ou des montées avec creusages (26 montées avec creusage recensées). Le

nombre de montées simples de tortues pour la saison de ponte 2012-2013 peut être potentiellement plus important que la valeur annoncée. Il est en effet possible que certaines traces de montées aient pu être effacées, essentiellement à cause du vent, pendant l'absence des équipes de suivi. En revanche, les nids ont été recherchés et caractérisés de manière minutieuse, durant l'intégralité de la saison de ponte, et l'intégralité des nids creusés à Tetiaroa cette saison semble avoir été recensée. Si l'on se réfère aux données générales des saisons passées, il apparaît que le nombre général de montées et de pontes est nettement inférieur à la moyenne générale, notamment aux deux saisons antérieures. On peut également observer cette saison un début de saison précoce comparé aux saisons précédentes et une augmentation de la durée de la période des pontes de près de deux mois par rapport aux deux saisons passées.

b- Description des traces et des nids

La largeur moyenne des traces observées est de $99,3 \pm 5,2$ cm (sur un échantillon de 44 traces). 77,2% des traces ont été découvertes dans un très bon état de fraîcheur tandis que 22,8% des traces n'ont pu être mesurées en raison de leur ancienneté. Les valeurs minimales et maximales constatées sont respectivement de 78,0 cm et de 116,0 cm. Comparativement aux années précédentes, les valeurs des traces mesurées cette saison sont plus homogènes. La largeur moyenne des traces observée cette saison est aussi inférieure par rapport à celle de la saison passée ($108,6 \pm 9,5$ cm en 2011/2012). Les creusages (nids et tentatives de ponte avec creusage) se caractérisent par une morphologie de la zone creusée extrêmement variée en fonction des cas (creusage sphérique, en croissant, en ellipse) et par une hétérogénéité du nombre de creusages observés par trace. Ainsi, sur un échantillon de 45 montées avec creusage, 11,1% des montées présentent des creusages multiples pouvant aller jusqu'à 5 creusages par montée.

Le diamètre maximal moyen des zones creusées mesurées est de $221,8 \pm 50,7$ cm (sur un échantillon de 63 zones creusées). Les valeurs minimales et maximales constatées sont respectivement de 105,0 cm et de 547,5 cm.

c- Environnement immédiat

Tous les creusages ont eu lieu à l'extrémité supérieure des plages, à la limite ou à l'intérieur de la végétation. Les configurations de plages concernées sont très variables. Ainsi, la distance des nids à la mer varie de 0,6 m à 39 m. Dans 42,2% des observations (sur un échantillon de 64 creusages), la majorité des creusages a lieu sur substrat de texture grossière. La majorité des pontes (sur un échantillon de 19 pontes) a eu lieu sur substrat de texture fine. Les creusages sont davantage réalisés dans une végétation peu dense ou modérée (41,5% et 40% sur un échantillon de 65 creusages) présentant des strates herbacée, arbustive et arborée (53,8%, 75,4% et 49,2%), lorsque l'accès à la mer est facile ou possible (46,2% et 35,4%). Les pontes sont majoritairement réalisées elle aussi dans une végétation de type peu dense ou modérée (36,8% et 42%), présentant des strates herbacée, arbustive et arborée (52,6%, 63,2% et 59,2%), lorsque l'accès à la mer est facile (63,2%).

Enfin, les zones de creusage présentes sur les différents *motu* sont caractérisées par une diversité de couleur du substrat ainsi que des assemblages végétaux très variables à leur proximité. Ces deux facteurs assurent une grande diversité thermique à la surface du sol susceptible d'influencer la sex-ratio des nids.

d- Variations spatiales (pour la saison 2012-2013)

La totalité des traces a été trouvée sur 6 *motu* : Tiarauu, Tahuna Rahi, Rimatuu, Onetahi, Honuea et Oroatera. Des traces/nids n'ont pas été trouvés sur les *motu* Hiraanae, Tauini, Auroa et Aie en raison de l'absence de plage qui rend la montée extrêmement difficile dans certains cas et toute ponte impossible. Avec une fréquentation relative de 43,9%, Tiarauu est le *motu* accueillant le plus de montées de tortues mais également le site de nidification majeur cette saison puisque 10 pontes y ont été recensées (soit 57,2% des pontes totales). Oroatera, qui était un site de nidification important les saisons dernières a accueilli 1 montée et aucune ponte de tortues, soit 1,8% des épisodes de ponte contre 24,2% l'année passée. Cette année, Tahuna Rahi a accueilli 26,3% des épisodes de ponte et 15,2% des pontes et représente donc cette année le deuxième *motu* le plus abondant en épisodes de ponte tandis qu'il ne dépassait pas les 4% les années précédentes.

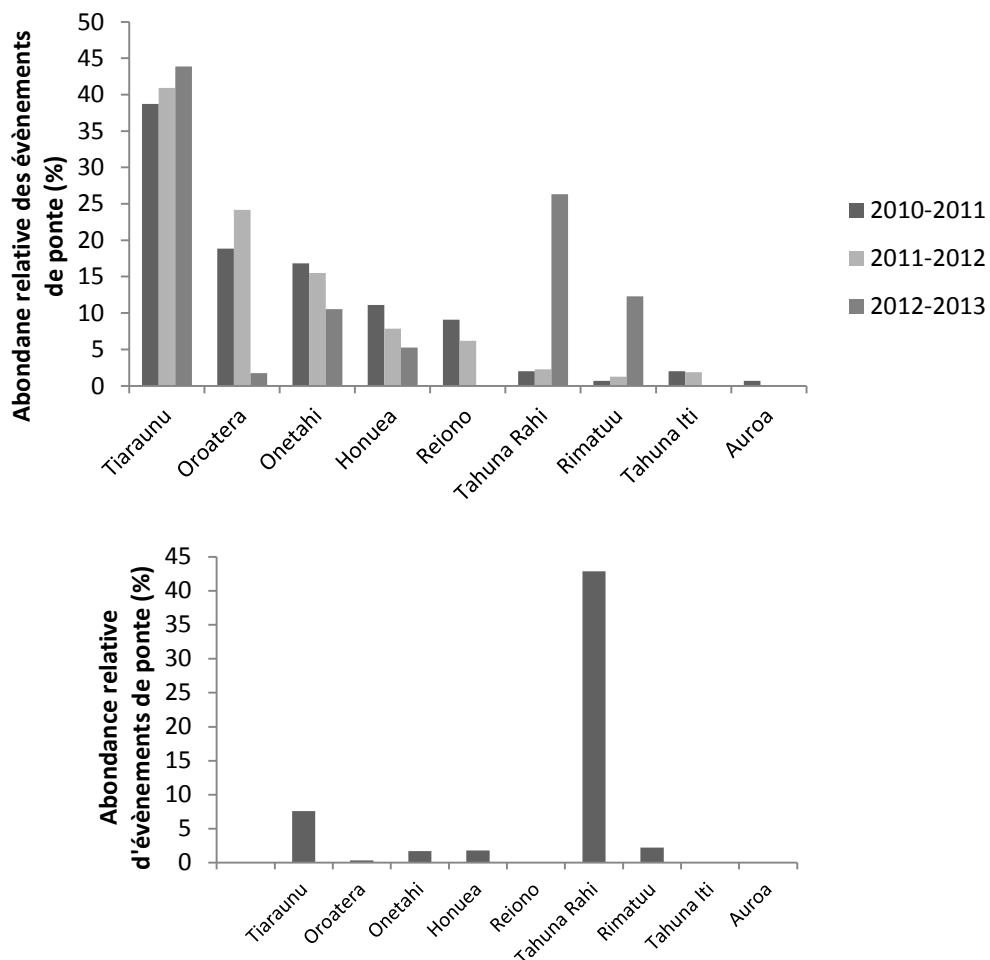


Figure 5: Abondances relatives des événements de ponte par *motu* en 2013.
A : Abondances relatives non pondérées par les linéaires de côtes sur les trois dernières années ;
B : Abondances relatives pondérées par les linéaires de côtes en 2013. Linéaires de côtes :
 Tiarauu – 3280m ; Oroatera – 3070m ; Onetahi – 3500m ; Honuea – 1680m ; Reiono – 1620m ;
 Tahuna Rahi – 350m ; Rimatuu – 3170m ; Tahuna Iti – 990m ; Auroa – 155m



LEGENDE

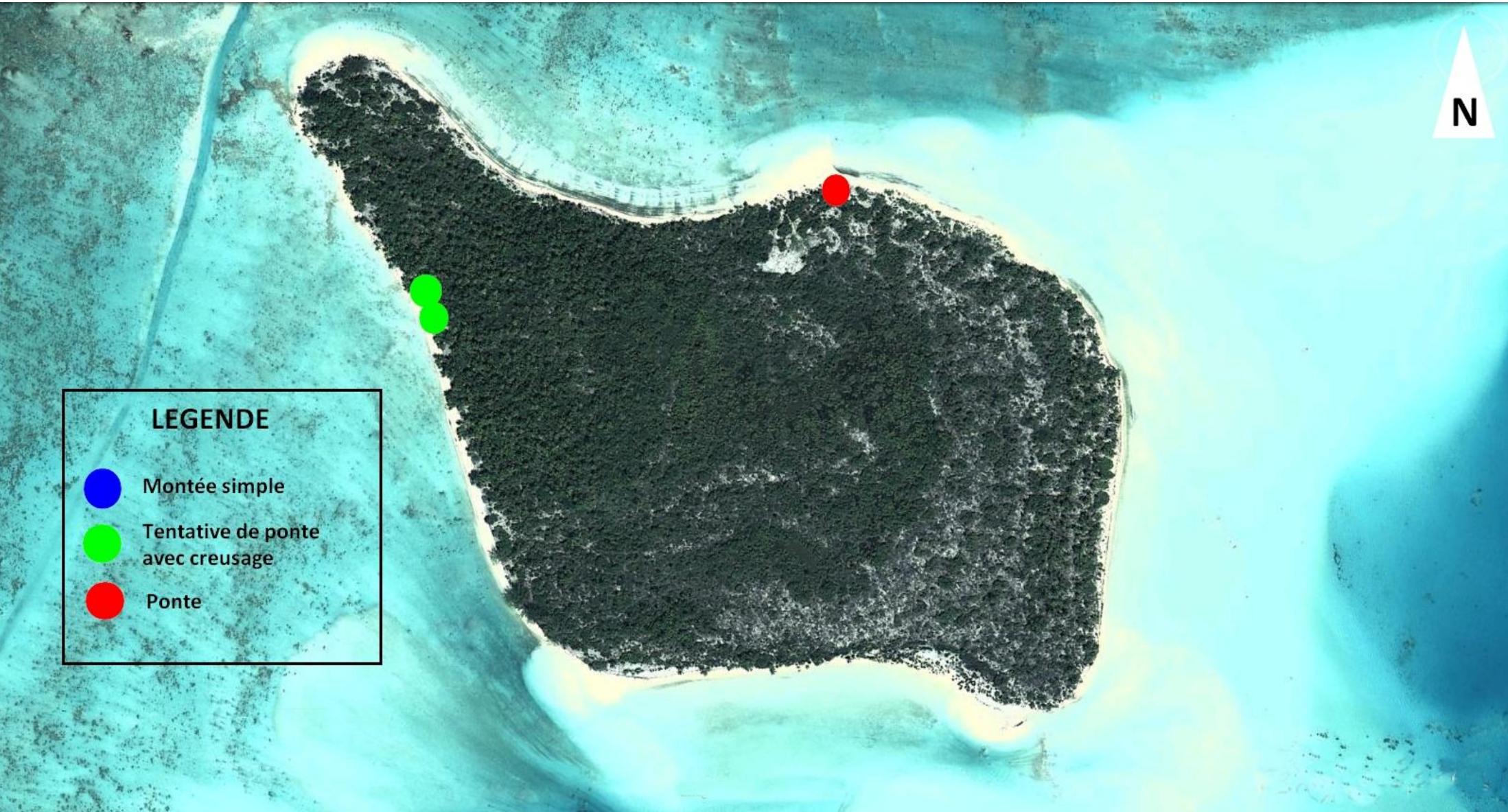
-  Montée simple
-  Tentative de pont avec creusage
-  Ponte

Cartographie des épisodes de ponte de tortue verte sur le motu Onetahi (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de ponte 2012-2013

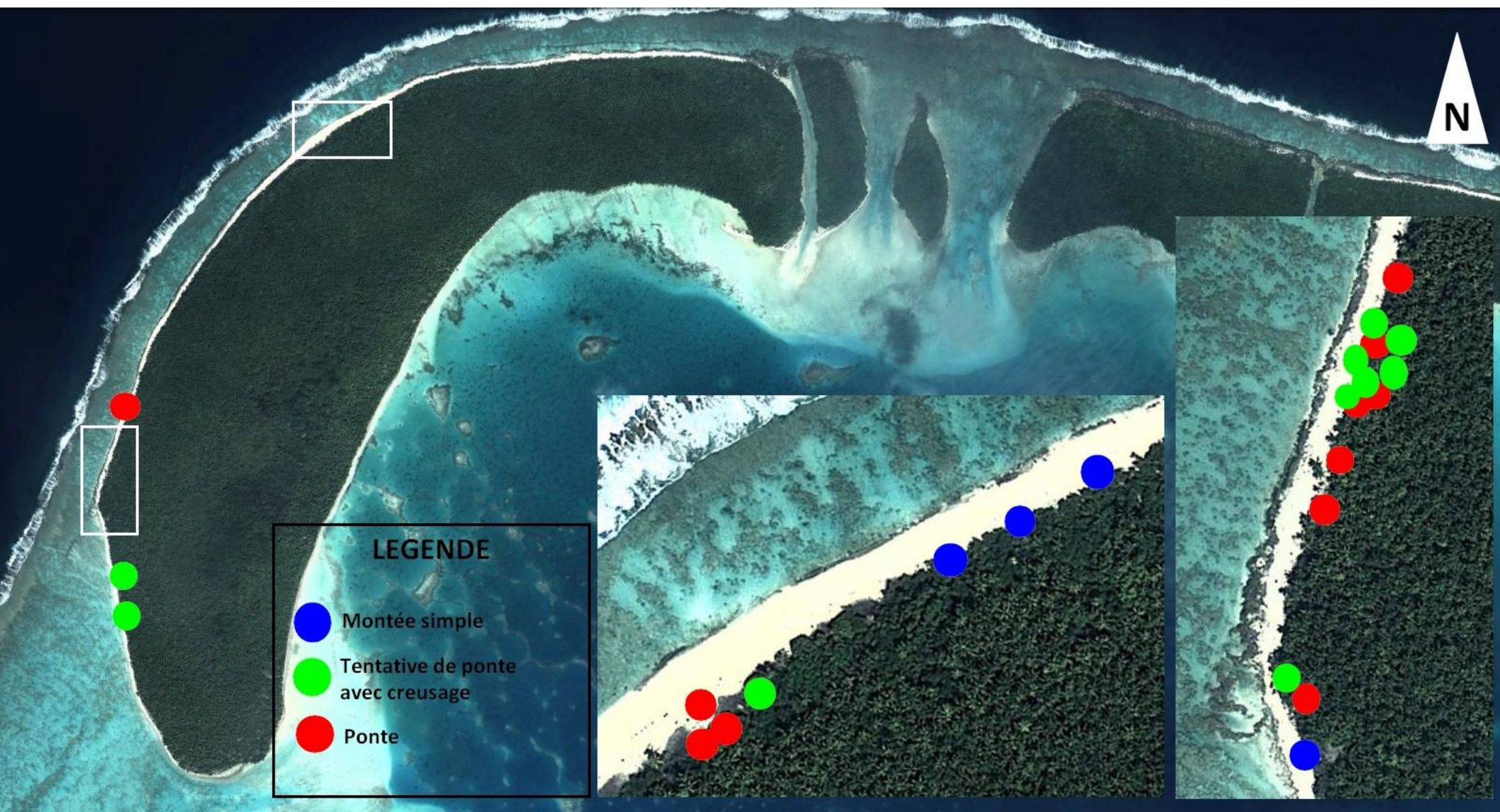


LEGENDE

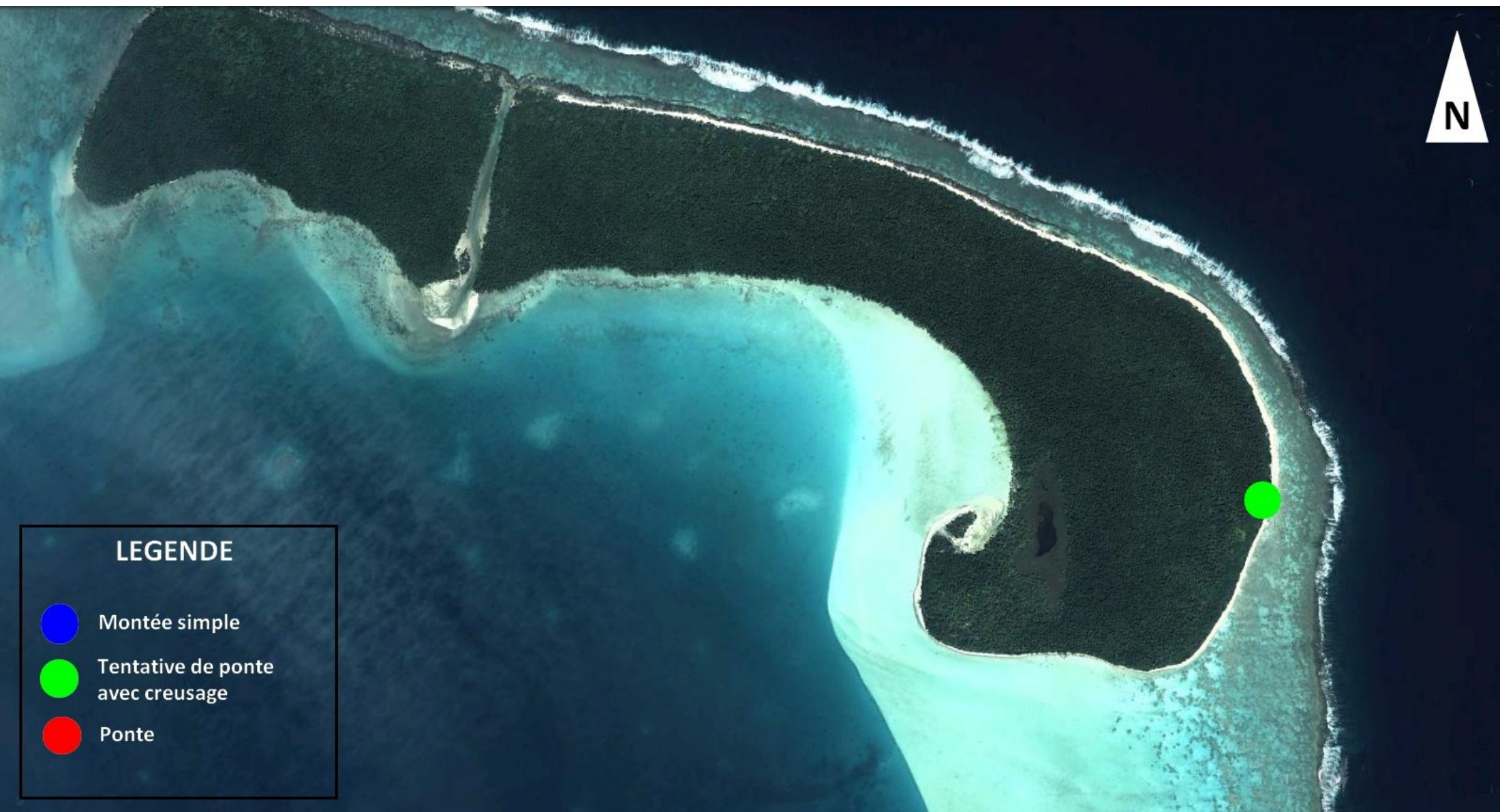
- Montée simple
- Tentative de pont avec creusage
- Ponte



Cartographie des épisodes de ponte de tortue verte sur le motu Honuea (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de ponte 2012-2013



Cartographie des épisodes de pontage de tortue verte sur le motu Tiaraunu (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de pontage 2012-2013



LEGENDE

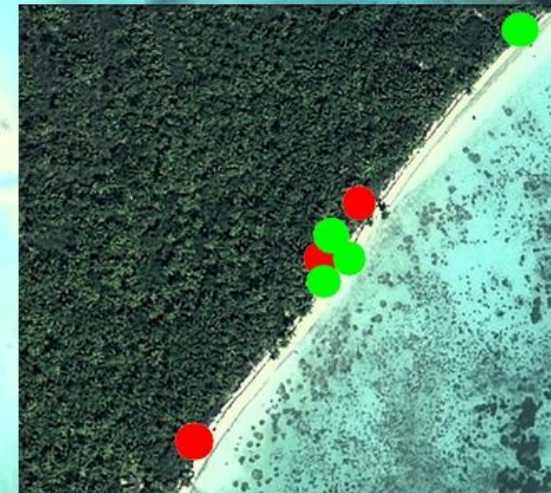
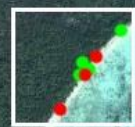
-  Montée simple
-  Tentative de ponte avec creusage
-  Ponte

Cartographie des épisodes de ponte de tortue verte sur le motu Oroatera (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de ponte 2012-2013

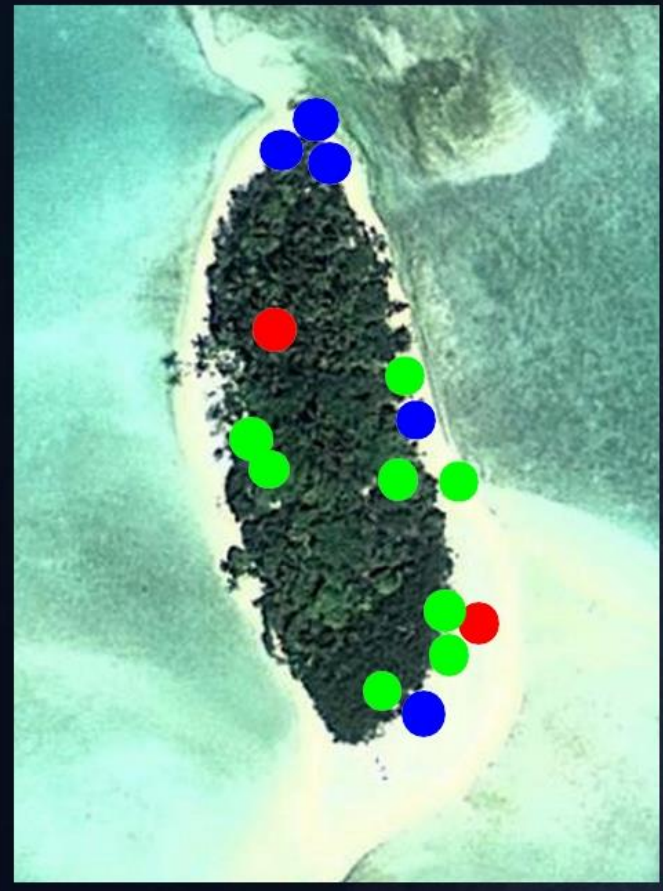
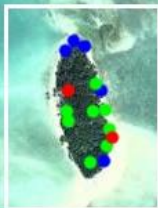


LEGENDE

- Montée simple
- Tentative de pont avec creusage
- Ponte



Cartographie des épisodes de ponte de tortue verte sur le motu Rimatuu (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de ponte 2012-2013



LEGENDE

-  Montée simple
-  Tentative de pontage avec creusage
-  Pontage

Cartographie des épisodes de pontage de tortue verte sur le motu Tahuna Rahi (Atoll de Tetiaroa) durant la saison de pontage 2012-2013

e- Evolution temporelle

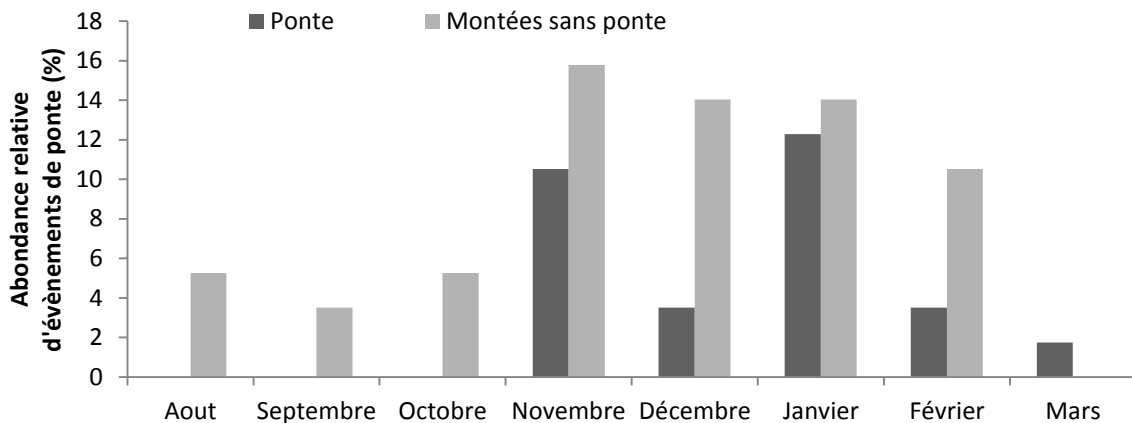


Figure 6: Evolution temporelle des épisodes de ponte (ponte, montées sans ponte) au cours de la saison 2012/2013.

La présence régulière de l'équipe de suivi tout au long de la saison de ponte a permis, d'estimer avec précision l'ancienneté des traces et nids observés. Les épisodes de ponte sont répartis de début aout à début mars. Cette saison, le pic de ponte correspond aux mois de novembre à janvier puisque cette période représente 70% des épisodes de ponte de l'année.

2- Caractérisation des nids et émergentes

a. Structure, composition et taux de réussite des nids

La profondeur maximale des nids (c'est-à-dire l'emplacement des coquilles les plus profondes) est de $50,8 \pm 1,09$ cm, les valeurs extrêmes pour cette variable étant de 25,0 et de 62,0 cm (échantillon de 18 nids mesurés). Le diamètre maximal de la chambre (à la forme ovale) est de $30,5 \pm 1,7$ cm avec une valeur maximale de 39 cm de large et une valeur minimum de 15 cm de large (échantillon de 18 nids mesurés).

En moyenne, les nids contiennent $75,4 \pm 5,2$ œufs, la valeur minimale observée étant de 6 œufs et la valeur maximale de 100 œufs comptabilisés (sur un échantillon de 18 nids). Le nombre moyen d'œufs ayant éclos est de $63,3 \pm 21,3$ œufs/nid ce qui porte le nombre d'œufs non éclos à $10,7 \pm 9,9$ œufs/nid. Les écart-types très importants nous indiquent de fortes variations des proportions d'œufs éclos et non éclos en fonction des nids considérés.

Au total, au moins 1207 œufs de tortues vertes ont été pondus cette année à Tetiaroa. Sur cet ensemble d'œufs, 1012 œufs ont éclos. Le succès d'éclosion naturel est de $83,1 \pm 5,9\%$ (échantillon de 18 nids), les valeurs minimales et maximales étant respectivement de 0% et de 100%.

16,7% des nids contenaient au moins une tortue juvénile morte (soit 3 nids sur 18). La précision du comptage des juvéniles mortes dans les nids est proportionnelle à l'ancienneté de ceux-ci puisque contrairement aux œufs, le temps de décomposition des juvéniles de tortues dans le sable est assez rapide (quelques semaines). Les nids qui ont été creusés tard après la

période supposée d'éclosion n'ont donc pas permis de récolter de données précises sur le nombre de juvéniles mortes qu'ils contenaient. Si l'on considère le nombre de juvéniles retrouvées mortes dans chaque nid, on peut établir le succès d'émergence qui est en fait le rapport du nombre d'émergentes sur le nombre total d'œufs ayant éclos. Ce succès d'émergence est de $93,6 \pm 5,5\%$ (sur un échantillon de 18 nids). Enfin à partir des succès d'éclosion et d'émergence, peut-être mis en évidence le taux de réussite et la production moyenne des nids. Le taux de réussite d'un nid correspond au nombre d'émergentes rapporté au nombre total d'œufs pondus. La production d'un nid correspond au nombre d'émergentes que le nid produit. Le taux de réussite moyen des nids est de $83,2 \pm 15,5\%$, les valeurs minimales et maximales enregistrées étant respectivement de 0% et de 100%. La production moyenne des nids est de $66,3 \pm 20,2$ émergentes.

Les dates estimées de ponte et d'éclosion ont permis de déterminer un temps moyen d'incubation avec une précision différente suivant les nids. 16 nids avaient des dates estimées de ponte et d'éclosion suffisamment précises pour permettre de calculer leur temps d'incubation. Avec une précision moyenne de $9,6 \pm 3,2$ jours, le temps moyen d'incubation est de $68,1 \pm 10,5$ jours. Le minimum constaté est de 39 jours (à 6 jours près) et le maximum de 102 jours (à dix jours près).

Enfin, les indices témoignant de la présence d'œufs éclos dans les zones creusées par les tortues mis en évidence les saisons passées ont été réutilisées cette année pour localiser la chambre et les œufs. En effet, 73,3% des zones creusées présentant des œufs éclos présentaient en surface une dépression de quelques centimètres en forme de cuvette. Cette dépression est due à l'effondrement du sable dans le nid, lui-même causé par la libération de place suite à la sortie des émergentes et à la diminution du volume occupé par les œufs.

L'absence de cuvette en surface n'est pas forcément synonyme de l'absence d'œufs éclos dans la zone creusée par la tortue. En revanche, la présence d'une cuvette en surface signifie systématiquement que la zone creusée contient des œufs éclos. En effet, 100% des zones creusées présentant une cuvette contenaient des œufs éclos (observations effectuées une fois la période d'incubation théorique arrivée à terme).

b- Caractérisation des émergentes

107 émergentes vivantes, réparties sur 4 nids, ont été observées sur toute la saison de ponte. L'ensemble des émergentes observées correspondaient en fait à des « retardataires ». Celles-ci ont été découvertes lors du creusage des nids, alors que l'ensemble des œufs avaient éclos, et présentaient un état de faiblesse avancé rendant peu probable leur émergence à la surface du nid. Dans les cas où le relâcher dans le lagon a montré l'incapacité des émergentes à nager de façon correcte et à atteindre la barrière de corail, ces émergentes ont été acheminées à la Clinique des tortues de Moorea pour une prise en charge médicale et un grossissement jusqu'à l'âge de 6 mois. La longueur courbée moyenne de la carapace des juvéniles est de $5,1 \pm 0,3$ cm et la largeur moyenne courbée est de $4,4 \pm 0,4$ cm (échantillon de 29 tortues). Le poids moyen des juvéniles est de $25,2 \pm 1,9$ g (échantillon de 29 tortues).

3- Prédation

Tableau 1: Prédateurs potentiels observés sur l'ensemble de l'atoll de Tetiaroa (milieu terrestre et lagunaire) au cours de l'année 2013

Oiseaux	Crustacés
Aigrette sacrée (<i>Egretta sacra</i>) Fou à pieds rouges (<i>Sula sula</i>) Fou brun (<i>Sula leucogaster</i>) Frégate ariel (<i>Fregata ariel</i>) Frégate du Pacifique (<i>Fregata minor</i>) Gygis blanche (<i>Gygis alba</i>) Noddi brun (<i>Anous stolidus</i>) Noddi marianne (<i>Anous tenuirostris</i>) Pluvier fauve (<i>Pluvialis fulva</i>) Sterne à dos gris (<i>Onychoprion lunatus</i>) Sterne fuligineuse (<i>Onychoprion fuscatus</i>) Sterne huppé (<i>Sterna bergii</i>)	Bernard l'hermite (<i>Calcinus seurati</i>) Bernard l'hermite fraise (<i>Coenobita perlatus</i>) Bernard l'hermite terrestre (<i>Coenobita brevimanus</i>) Crabe de terre (<i>Cardisoma carniflex</i>) Crabe des cocotiers (<i>Birgus latro</i>) Crabe des rochers (<i>Grapsus tenuicrustatus</i>) Crabe du récif aux yeux rouges (<i>Eriphia sebana</i>) Crabe fantôme (<i>Ocypode ceratophthalma</i>) Crabe tank (<i>Callapa hepatica</i>) <i>Geograpsus crinipes</i>
Prédateurs lagunaires	Autres
Baliste titan (<i>Balistoides viridescens</i>) Carangue bleue (<i>Caranx melampygus</i>) Carangue rayée (<i>Carangoides ferdau</i>) Requin citron (<i>Negaprion acutidens</i>) Requin pointe blanche (<i>Triaenodon obesus</i>) Requin pointe noire (<i>Carcharhinus melanopterus</i>)	Fourmis Cent-pieds (<i>Scolopendra subspinipes</i>) Rat indigène (<i>Rattus exulans</i>) Rat noir (<i>Rattus rattus</i>)

Lors de la saison 2012-2013, la liste des différents prédateurs potentiels observée durant les missions a été réalisée pour chaque *motu* de l'atoll et a permis de compléter celui réalisé en 2007-2008. La liste générale de l'atoll de Tetiaroa est présentée dans le Tableau 1. Il est important de noter que la densité de prédateurs potentiels varie selon les espèces et les *motu*. En effet, Tiaraunu, Oroatera et Reiono présentent des densités importantes de fous à pieds rouges (*Sula sula*), de fous bruns (*Sula leucogaster*) ainsi que de frégates ariel (*Fregata ariel*). Les *motu* Tahuna Iti, Tahuna Rahi, Rimatuu et Aie présentent essentiellement des densités fortes en noddis marianne (*Anous tenuirostris*) ou noddis brun (*Anous stolidus*) tandis que les *motu* Tahuna Iti et Rimatuu présentent de fortes densités de sternes. De plus, il est important de noter que les *motu* présentant le plus grand nombre d'épisodes de pontes sur ces 6 dernières années sont Tiaraunu et Oroatera, là où les densités de fous et de frégates sont élevées.

Concernant les crustacés, la plupart des espèces telles que le crabe tank *Callapa hepatica*, le crabe des cocotiers *Birgus latro*, *Geograpsus crinipes* ou le crabe du récif aux yeux rouges *Eriphia sebana* ont été observées de manière épisodique. Certaines espèces ont été observées en densités importantes, notamment les bernard l'hermite fraise *Coenobita perlatus*, les crabes de terre *Cardisoma carniflex*, les crabes des rochers *Grapsus tenuicrustatus* et les crabes fantômes *Ocypode ceratophthalma* sur certaines plages des *motu* Oroatera et Tiaraunu. Les crabes de terre ne sont pas toujours observés directement mais la présence en grande densité de terriers sur la plupart des *motu* traduisent leur présence.

Concernant les prédateurs lagunaires, les balistes titan *Balistoides viridescens* ont été observés dans le lagon prêt du *motu* Rimatuu. Les requins citrons *Negaprion acutidens* et pointes noires *Carcharhinus melanopterus* adultes et juvéniles sont observés dans le lagon de Tetiaroa. Des

jeunes requins pointes noires et citrons sont observés en grande densité près des *hoa* d'Oroatera et Tiarauu.

Des rats ont été observés ponctuellement sur certains *motu* mais l'étude de l'invasion des rats sur l'atoll de Tetiaroa fait l'objet d'une étude complète par Russell et al (2009).

Discussion

1- Méthodes : problèmes rencontrés et améliorations possibles

Grâce aux problèmes logistiques et méthodologiques constatés les saisons précédentes et aux améliorations effectuées la saison dernière, peu de problèmes logistiques et techniques ont été rencontrés cette saison. Le suivi diurne des traces et des nids a été réalisé de manière régulière grâce aux équipes présentes tous les mois.

Au vu du peu d'épisodes de ponte et de la disponibilité des équipes de terrain, le suivi nocturne a été effectué une seule fois cette saison. Aucune protection ni transfert de nids n'a également été réalisé. La priorité a ainsi été donnée au suivi diurne des traces et des nids.

2- Données recueillies

Les paramètres utilisés pour le suivi de ponte sur Tetiaroa durant la saison 2012/2013, sont similaires à ceux utilisés dans les différents programmes de protection et de suivi des tortues marines dans le monde, par des organisations gouvernementales ou non, depuis les années 1960 (programme Xcaret au Mexique, Association Kwata en Guyane, Association Archelon, en Grèce, ...). Ils sont largement admis comme étant des paramètres pertinents pour la constitution d'une base de données, renseignant sur les particularités biologiques et écologiques des tortues venant nidifier sur les plages du monde entier.

A l'issue de cette sixième année de suivi régulier, la base de données sur la ponte des tortues vertes à Tetiaroa commence à s'étoffer et devrait permettre la soumission prochaine de trois maquettes de publications concernant les aspects suivants :

- La distribution des épisodes de ponte de tortues vertes sur l'atoll de Tetiaroa
- La sélection des sites de ponte par les femelles de tortues vertes
- L'impact de l'environnement des nids sur les œufs et les émergentes

Cette étude est une première dans l'archipel de la Société, de par le nombre, la diversité et la régularité des données récoltées mais également par la durée sur laquelle elle espère se maintenir. L'accumulation de ces données au fil des années de suivi, pourrait accroître de manière précieuse les connaissances scientifiques sur la tortue verte à Tetiaroa, et ainsi permettre de mieux envisager sa protection à plus grande échelle, en Polynésie française.

3- Caractérisation des montées et pontes de tortues vertes

a- Bilan général

Le nombre d'épisodes de ponte observés sur l'atoll de Tetiaroa est resté plutôt constant durant les trois premières saisons de ponte de l'étude et a nettement augmenté en 2010-2011 et 2011-2012. En 2012-2013, le nombre d'événement de ponte observé a été du même ordre de grandeur que lors des trois premières saisons de suivi. C'est donc au cours des deux saisons qui ont suivi le phénomène El Nino qu'une hausse importante du nombre d'événements de pontes sur Tetiaroa a été remarquée. Limpus et Nicholls en 1988, relatent ce même phénomène d'augmentation du nombre de ponte de tortues vertes durant les deux années ayant suivi un précédent phénomène El Nino. Si l'on se base uniquement sur le nombre d'événements observés, sans prendre en compte des facteurs extérieurs comme le braconnage (fréquent au niveau de l'atoll de Tetiaroa pour la consommation de leur chair) ou les phénomènes météorologiques à l'instar d'El Nino, on peut également penser qu'un cycle de ponte de 4 à 5 ans est valable pour les tortues marines fréquentant l'atoll de Tetiaroa, et que ces variations du nombre d'événements de ponte correspondent uniquement à des variations du nombre de femelles venues pondre. Il est en effet nécessaire aux tortues de stocker des graisses sur leur lieu d'alimentation afin de migrer ensuite vers les sites de reproduction et pondre (Robert, 2005). Le suivi des sites de ponte de tortue apparaît donc comme inadapté s'il est réalisé sur une durée inférieure à 10 ans (Balazs et al., 2004 ; Chaloupka, 2004). Cependant un tel cycle de ponte, d'environ 4 ans avec des cas extrêmes à 2 et 6 ans selon les sites, a déjà été décrit concernant la tortue verte (Ehrhart et al., 1987 ; Taquet, 2007). De plus la distance séparant les zones de nourrissage et de ponte est un facteur important de la fréquence à laquelle une femelle vient pondre : plus la distance est grande, plus le cycle de ponte est grand (Broderick et al., 2001). La distance qui sépare les zones d'alimentation des zones de reproduction est d'environ 3400 km pour les tortues vertes venant pondre à Tetiaroa, les zones de nourrissage de ces tortues se trouvent à l'est de la Mélanésie (îles Fidji et Samoa notamment (Craig, 1994 ; Craig, 1995, Petit et al., 2011).

En Polynésie française, les seuls suivis réalisés jusqu'alors sur les pontes de tortues vertes témoignaient de 300 et 400 à Scilly lors de la saison de ponte 1983/1984 (Lebeau, 1985) et d'une quarantaine d'événements de ponte à Tikehau de 2006/2007 à 2009/2010 (Tayalé, 2007 ; Vucher-Visin et al., 2010). Enfin, d'autres observations réalisées en 2010/2011 sur les îles de Tupai, Maupiti et Maiao relatent l'observation de respectivement 37, 1 et 2 épisodes de ponte uniquement sur ces atolls (Petit et al., 2011). Les résultats présentés ici identifient donc Tetiaroa comme étant actuellement un site de ponte majeur (au regard des connaissances actuelles) pour les tortues vertes avec respectivement 297 et 487 épisodes de ponte recensés lors des saisons 2010-2011 et 2011-2012. Cependant ces suivis doivent être maintenus si l'on souhaite mettre en évidence et caractériser précisément le cycle de ponte des tortues vertes qui viennent pondre dans cette région du Pacifique.

b- Caractéristiques des traces et des nids

La largeur des traces moyenne observée a été de $99,3 \pm 5,2$ cm, une mesure très cohérente avec les données sur la tortue verte trouvées dans la littérature. La forte variabilité autour de la moyenne implique que plusieurs cohortes de tortues vertes d'âges distincts viennent pondre. Pour obtenir plus d'informations sur ces populations de femelles, une intensification des suivis nocturnes permettrait des observations et baguages afin de déterminer précisément la durée de l'intervalle entre chaque saison de ponte (actuellement connue comme étant de 3- 4 ans) et la taille des individus. De même, pour déterminer avec certitude la fréquence de la durée de la période interponcte, la largeur des traces ne peut suffire, si plusieurs tortues issues d'un même nid, donc de même âge et très probablement de même ordre de taille viennent pondre sur les mêmes zones.

Les nids ont montré des schémas très variés, et la prise de donnée du plus grand diamètre de chaque nid, bon indicateur de l'intensité du creusage n'a pas permis de mettre en évidence une corrélation avec la présence d'œufs.

c- Environnement immédiat

Sur l'atoll de Tetiaroa, la présence de végétation est un facteur de sélection des plages. Les tortues vertes pondant à Tetiaroa creusent près de la ligne de végétation et montrent une préférence pour une végétation peu dense et modérée. Contrairement à nos résultats, la littérature recense davantage de ponte ayant lieu dans un milieu ouvert (milieu de plage le plus souvent).

La littérature ne recense pas d'étude sur les effets de l'exposition lumineuse (ombre, exposée, très exposée). Elle recense davantage les effets des lumières artificielles sur les comportements des tortues marines (Mortimer, 1982 ; Witherington, 1992 ; Salmon et al., 1995). Les tortues pourraient cependant, lors d'une forte luminosité nocturne, réaliser une discrimination positive sur les zones plus éclairées.

Les épisodes de pontes sont rarement réalisés sur une topographie de plage plane, mais sur une plage de pente importante afin de favoriser la survie de la progéniture, ce qui a été démontré chez les tortues imbriquées (Horrocks et al., 1991). De plus, cette stratégie permet aux nids de ne pas être inondés et donc d'augmenter la survie des œufs (Kikukawa et al., 1999). Cela explique les résultats obtenus pour le facteur de la distance à la ligne de plus haute marée. En effet, les épisodes de pontes sont en moyenne réalisés à une distance de $15,6 \pm 7,2$ mètres à la ligne de plus haute marée. Cette stratégie permet également la non-inondation des nids et la survie des œufs (Kikukawa et al., 1999).

La réalisation des épisodes de ponte serait simplifiée lorsque le sable est fin et donc facile à creuser afin de réaliser les nids (Mortimer, 1980 ; Kikukawa et al., 1999). En effet la texture du sable serait un facteur important et le fait d'être fin et humide permettrait la facilitation de la diffusion des gazs, l'échange d'air avec les œufs et d'éviter l'effondrement de la chambre d'incubation (Mortimer, 1982).

Variations spatiales

La distribution spatiale des épisodes de ponte s'explique avant tout par la sélection des plages par les tortues vertes selon certains paramètres tels que la géomorphologie de la plage (Mortimer, 1982 ; Johannes et al., 1984), la texture du sable (Stancyk et al., 1978 ; Mortimer, 1980), l'humidité du sable (Karavas et al., 2005) ou encore la présence ou l'absence de lumière artificielle (Mortimer, 1982 ; Witherington, 1992 ; Salmon et al., 1995). Ces paramètres peuvent changer d'une saison à l'autre aussi il serait intéressant et important d'étudier d'éventuelles corrélations entre ces caractéristiques environnementales des nids et ces zones de regroupement afin de mieux appréhender cette sélection spatiale. Ceci pourrait expliquer qu'Oroatera cette année n'est présentée aucune ponte contrairement à Tahuna Rahi. De plus, de nombreux pêcheurs ont été observés sur la pente externe coté récif du *motu* Oroatera durant les prospections ce qui pourrait expliquer, dans l'hypothèse d'un potentiel braconnage, la diminution du nombre d'épisodes de ponte sur Oroatera.

La distribution des épisodes de ponte sur les différents *motu* de l'atoll de Tetiaroa a énormément varié durant les saisons et seuls les *motu* Tiaraunu et Oroatera ont été prédominants la plupart des saisons, avec tout de même des années creuses (2012-2013 pour Oroatera). Cela s'explique notamment par le fait que les tortues d'une saison ne sont pas les mêmes que les tortues de la saison suivante (Broderick et al., 2001) et donc que les sites de pontes changent (« home fidelity » des tortues marines (Avens et al., 2003)).

d- Evolution temporelle

En Polynésie française, la saison de ponte des tortues vertes s'étend généralement de novembre à avril de l'année suivante (Lebeau, 1985 ; Balazs et al., 1995). Cependant, cette année, le premier épisode de ponte fut recensé début août, plus tôt que les années précédentes. Des variations dans la phénologie des pontes ont déjà été observées précédemment chez les oiseaux et les tortues marines (Bjorndal et al., 1999 ; Chaloupka, 2001). Ces apparitions de plus en plus précoces des saisons de ponte sont souvent corrélées à une hausse de la température des océans (Chaloupka et al., 2008 ; Hawkes et al., 2007 ; Pike et al., 2006 ; Weishampel et al., 2004), cependant aucune mesure de la température des eaux autour et à l'intérieur de l'atoll de Tetiaroa n'a été réalisée depuis 2005.

4- Caractérisation des nids et des émergentes

a. Structure, composition et taux de réussite des nids

Actuellement, peu de données sont disponibles sur les caractéristiques générales des nids de tortues vertes en Polynésie française. Le nombre d'œufs moyen trouvés dans les nids sur l'atoll de Tetiaroa semble en accord avec les différentes données trouvées dans le monde ainsi qu'en Polynésie. En effet, nos résultats suggèrent une moyenne sur les 5 dernières années d'un nombre d'œufs total de 75,4 œufs. En Polynésie, les études sur l'atoll de Tikehau nous permettent de faire une comparaison et montrent un nombre moyen de 78 œufs pondus

par nids avec des valeurs maximales de 126 œufs (Albar, 2007 ; Tayalé, 2007) correspondant à l'ordre de nos données. Ailleurs dans le monde, les tortues vertes pondent en moyenne cent œufs par nids (Waqas et al, 2011 ; Hamann et al, 2006 ; Aureggi, 2001) et peuvent dans certaines régions avoir une moyenne très forte comme aux îles Tromelin et Glorieuses où en moyenne le nombre d'œufs pondus est respectivement de 136 et 135 avec des valeurs maximales de 191 (Vergonzanne et al., 1976). Il est vrai que le taux de fécondité des tortues marines est élevé et serait une évolution en réponse aux taux élevés de prédation sur les nouveau-nés (Hendrickson, 1980 ; Gyuris, 1994). La profondeur des nids ne varie pas selon les saisons contrairement aux nombre d'œufs. Peu de données sont existantes sur la profondeur des nids dans d'autres suivis.

Sur l'atoll de Tetiaroa, le succès d'éclosion est supérieur à 80%. Nos données correspondent à ce que la littérature recense sur les succès d'éclosion des tortues vertes, évaluant ces derniers entre 85 et 95% pour cette espèce (Bustard, 1972; Limpus et al., 1983). Cependant d'autres études observent des succès d'éclosion plus faible, de 59% a Melbourne beach en 1985 (Ehrhart et al., 1987) ou encore plus récemment en Polynésie, lors d'une mission à Tikehau en 2007 où en moyenne seulement 51 à 77% des œufs totaux étaient éclos (Albar, 2007).

Le succès d'émergence est en moyenne de 93,6%, ce qui apparait très élevé en comparaison avec la littérature existante. En Polynésie française, seule l'étude à Tikehau nous indique que le succès d'émergence moyen pour les tortues vertes se situe entre 40 et 66% (Albar, 2007). Ailleurs dans le monde, des études reflètent des succès d'émergence moindres, 6% par Ehrhart en 1967, 35% par Fowler en 1979 et 29% par Vergonzanne en 1976, souvent en corrélation avec une forte prédation par des chiens, coatis ou des ratons laveurs. Les ouragans influencent également ces succès d'émergence en modifiant entièrement le substrat et la topographie des plages, faisant passer les succès d'émergence de 88 à 90% en 1991 à des valeurs de 14 à 19% après l'ouragan (Milton et al., 1994). Sur Tetiaroa, le cyclone Oli en février 2010 ne semble pas avoir affecté les succès d'émergence qui sont restés très élevés les années ultérieures à cette intempérie.

Le temps d'incubation moyen sur l'atoll de Tetiaroa est de 68,1 jours avec des temps d'incubation minimal et maximal de 39 à 102 jours. Dans le monde, le temps d'incubation des tortues vertes est évalué entre 49 et 72 jours (Lebuff, 1990). En Polynésie française, les seules autres données disponibles sont celle de l'atoll de Tikehau où l'incubation moyenne des œufs était de 54 jours (Albar, 2007). Ailleurs les temps d'incubation sont du même ordre, de 53 jours sur les plages de Melbourne (Waqas et al., 2011), de 62 jours au Costa Rica (Fowler, 1979), de 58 jours au Surinam (Pritchard, 1969). Des valeurs de temps d'incubation plus fort, tels que 104 jours (Waqas et al., 2011) et de 95 jours (Vergonzanne et al., 1976) ont également été enregistrées et seraient expliquées par les conditions d'ensoleillement et de pluies (Vergonzanne et al., 1976) allongeant ces temps d'incubation. De plus ces variations peuvent être dues aux changements de températures différentes selon l'emplacement du nid. Ceux près de la ligne de plus haute marée ont une température plus faible augmentant le temps d'incubation permettant aux œufs d'éclore (Waqas et al., 2011).

b- Caractérisation des émergentes

A Tetiaroa, les émergentes ont une longueur moyenne de 5,1cm, une largeur moyenne de 4,4cm et un poids moyen 25,2g. A Tikehau, ces caractéristiques sont de même ordre, respectivement de 5 et 4cm (Albar, 2007). Sur les sites de ponte hors Polynésie, les caractéristiques ne varient pas énormément. Des longueurs moyennes de 5 - 4,92 – 4,7cm, des largeurs de 4,22 – 3,93 ainsi que des poids de 23,6 et de 22g ont été respectivement observés sur les îles de Europa, Tromelin et sur la plage de Kazanli en Turquie (Vergonzanne et al., 1976 ; Aureggi, 2001). Ces variations peuvent être le résultat de différences dans les caractéristiques génétiques et / ou des différences de quantité de nutriments donnée par les femelles (Booth et al., 2001). Ces caractéristiques sont tout de même importantes dans le cycle de vie de la tortue puisque cela influence leur survie puisqu'en ayant des tailles importantes, cela les protège de la prédation (Bustard, 1972) et les nouveaux nés sont de meilleurs nageurs.

5- Prédation

Sur l'atoll de Tetiaroa, que ce soit dans le milieu terrestre ou aquatique, de nombreuses espèces de prédateurs de tortues émergentes sont présentes. Malgré cela, peu de prédation est observée sur Tetiaroa au sein des nids ou lors de la relâche d'émergentes retardataires. Cependant il est plausible de penser que, si l'émergence a lieu de jour ou en fin de journée, les frégates (*Fregata minor*) connues pour être capable d'attaquer toutes les émergentes sur le sable et même en mer (Vergonzanne et al., 1976), seraient capables d'effectuer des prélèvements importants sur les émergentes. Les populations de noddis, de fous et de sternes, présentes en grand nombre sur Tetiaroa sont exclusivement piscivores mais pourraient également représenter une menace pour les émergentes. Les crabes sont également des prédateurs importants des œufs et des émergentes, notamment les crabes fantômes (Dodd, 1988). Les crabes creusent des tunnels jusqu'à la chambre et permettent donc le passage à d'autres prédateurs « secondaires » tels que des fourmis rouges et les rats (Ali et al., 2002) mais exercent également un effet sur la température du nid, les faisant fluctuer à un degré plus élevé causant des dommages sur les œufs (Ali et al., 2004). Les bernard-l'hermite prédatent également les émergentes en s'accrochant solidement et en les vidant en perçant les endroits les plus vulnérables (Vergonzanne et al, 1976). Malgré la forte concentration de crustacés sur Tetiaroa, aucune observation directe de prédation via les crabes ou les bernard-l'hermite n'a été observée. Les rats, présents sur tous les *motu* de Tetiaroa, excepté Tahuna Rahi (Russell et al., 2011), n'attaquent pas directement les tortues émergentes saines mais achèvent parfois les émergentes abandonnés par les bernard-l'hermite (Vergonzanne et al, 1976) ce qui représente une part négligeable de la prédation.

La prédation lagonaire est très rarement étudiée dans les suivis de sites de pontes de tortues marines. Certaines études ont montré que les frégates (*Fregata minor*) attaquaient les émergentes dans l'eau mais ce sont principalement les poissons tels que les mérours, les carangues ou les requins pointes noires pouvant se rassembler en groupe qui les consomment

(Vergonzanne et al, 1976). Les prédateurs les plus couramment observés sont ceux appartenant à la famille des Serranidae, suivie par Lutjanidae et Labridae dont certaines espèces sont présentes à Tetiaroa (Gyuris, 1994). D'autres études relatent des nids de tortues prédatés par des fourmis de feu (LeBuff, 1990 ; Allen et al, 2001), des larves de coléoptères (Donlan et al., 2004) ainsi que des champignons et micro-organismes (Ali et al., 2002). Tout ceci n'a jusqu'à présent pas été observé à Tetiaroa, où les succès d'éclosion et d'émergence à ne semblent pas ou très peu être affectés par la prédation.

Conclusion

L'atoll de Tetiaroa demeure à ce jour l'un des derniers sites de ponte significatif des tortues vertes (*Chelonia mydas*) des îles du Vent. Pour conserver au mieux un tel patrimoine, il était nécessaire de pérenniser une étude à long terme sur la nidification des tortues au sein de cet atoll. La poursuite de la campagne menée depuis 2007-2008 a d'ores et déjà permis de collecter six ans de données et confirmer l'importance de l'atoll de Tetiaroa pour la conservation des tortues vertes en Polynésie française. Cette sixième campagne a permis de recueillir à nouveau une importante diversité de données à la fois sur les traces, les nids, les œufs et les juvéniles mais également sur l'environnement immédiat des nids. Les données recueillies ont permis d'observer des tendances liées à la distribution spatiale des sites de ponte, à la morphologie des traces et des nids, aux différents taux de réussite de l'incubation, aux spécificités des émergentes et à l'influence des paramètres environnementaux. Tous ces résultats devraient faire l'objet de publications dans les revues scientifiques dans les mois à venir. Il sera primordial de poursuivre les suivis des pontes les saisons prochaines, d'appliquer la méthode mise en place en 2012/2013 à l'ensemble des suivis et d'affiner au fil des campagnes la collecte des données, afin d'avoir des données plus utilisables statistiquement.

L'objectif de l'étude des sites de ponte pour la saison 2013/2014 est de continuer à assurer une présence très régulière sur place pour avoir une fréquence d'observation élevée sur l'ensemble des *motu* de l'atoll. Pour obtenir des informations spécifiques aux femelles, il conviendra également de mettre en place une logistique humaine pour des suivis nocturnes, permettant entre autres d'assister aux pontes (donc de mieux prédire l'éclosion, et déterminer précisément la durée d'incubation) et de baguer les individus. D'une manière générale, l'une des principales recommandations en vue de la conservation du patrimoine naturel de Tetiaroa, demeure le suivi et la protection des sites de pontes de tortues vertes (limitation des pollutions anthropiques, surveillance des dynamiques d'érosion des plages, limitation de la prédation par les chiens et les rats), des femelles (dissuasion du braconnage par la présence humaine sur les *motu* lors des saisons de ponte) et des juvéniles. Des activités écotouristiques responsables pourront y être développées (sensibilisation à l'environnement et à l'écologie des tortues marines, activités ludiques et pédagogiques en rapport avec la tortue pour les enfants, meilleure connaissance des écosystèmes lagunaires et terrestres, etc.) afin de mettre en valeur la richesse de ce patrimoine naturel.

Bibliographie

- Albar, G., 2007. Contribution à la mise en place d'un programme de conservation des tortues marines sur l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie française). Rapport de l'association *Te honu tea*.
- Ali, A., and Ibrahim, K. 2002. Crab predation on green turtle (*Chelonia mydas*) eggs incubated on a natural beach and in turtle hatcheries. Proceedings of the 3rd workshop on SEASTAR2000, Graduate School of Informatics, Kyoto University, 95–100.
- Ali, A., Talib, Z., Isa, M.M., Razak, S.A., and Zakaria, N.A. 2004. A Guide to set up and manage sea turtles hatcheries in the Southeast Asian region. *Marine Fishery Resources Development and Management Department - Southeast Asian Fisheries Development Centre*. 60pp.
- Allen, C.R., Forsys, E.A, Rice, K.G., and Wojcik, D.P. 2001. Effects of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtle nesting beaches in Florida. *Florida Entomol.* **84**(2):250-253.
- Aureggi, M. 2001. Green turtle monitoring programme Kazanli beach, Turkey, 2001. UNEP, Mediterranean Action Plan, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas – Boulevard de l'Environnement, BP 337 – 1080 Cedex – Tunisie.
- Avens, L., Braun-McNeill, J., Epperly, S., and Lohmann, K.J. 2003. Site fidelity and homing behavior in juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Marine Biology*, **143**:211–220.
- Balazs, G.H., Siu, P., and Landret, J.P. 1995. Ecological aspects of green turtles nesting at Scilly atoll in French Polynesia. *NOAA Tech. Memo*, **361**:7–10.
- Balazs, G.H. and Chaloupka, M.Y. 2004. Thirty-year recovery trend in the once depleted Hawaiian green sea turtle stock. *Biological Conservation*, **117**:491–498.
- Bjorndal, K.A., Wetherall, J.A., Bolten, A.B., and Mortimer, J.A. 1999. Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica : an encouraging trend. *Conservation Biology*, **13**:126–134, 1999.
- Broderick, A.C., Godley, B.J., and Hays, G.C. 2001. Trophic status drives interannual variability in nesting numbers of marine turtles. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 268, **1475**:1481–1487.
- Bustard, H.R. 1972. Sea Turtles: Their Natural History and Conservation. *Collins, London*, **12**(2):255-256.
- Cayol, C., Maillard, J.F. and Dubief, L., 2008, Vers la réhabilitation de sites de nidification des tortues marines en Martinique, *Faune sauvage*, **281**:40-47.

- Chaloupka, M. 2001. Historical trends, seasonality and spatial synchrony in green sea turtle egg production. *Biological Conservation*, **101**(3):263–279.
- Chaloupka, M. 2004. Exploring the metapopulation dynamics of the southern great barrier reef green sea turtle genetic stock using ramas/metapop. *in* : Akçakaya, H., Burgman, M., Kindvall, O., Wood, C., Sjogrenkulve, P., Hatt-Field, J., McCarthy, M., (eds.), species conservation and management : Case studies. Ox-ford University Press, New York, 340–354.
- Chaloupka, M., Kamezaki, N., and Limpus C. 2008. Is climate change affecting the population dynamics of the endangered pacific loggerhead sea turtle? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **356**:136–143.
- Craig, P. 1994. Sea turtles migrate from America Samoa to Fiji. *Marine Turtle Newsletter*, **66**:7–8.
- Craig, P. 1995. Turtle travels from American Samoa to French Polynesia. *Marine Turtle Newsletter*, **70**:5–6.
- Dodd, C.K. 1988. Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). *U.S. Fish Wildlife Service Biological Report*. 88(14).110 pp.
- Donlan, E.M., Townsend, J.H, and Golden, E.A. 2004. Predation of *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) eggs by larvae of *Lanelater sallei* (Coleoptera: Elateridae) on Key Biscayne, Florida. *Caribbean Journal of Science*. **40**(3): 415-420.
- Ehrhart, L.M. and Witherington, B.E. 1987. Human and natural causes of marine turtle nest and hatchling mortality and their relationship to hatchling production on an important Florida nesting beach. Fla. Game and Fresh Water Fish Commission, *Nongame Wildl. Program*, Technical Report, **1**:1–141.
- Fowler, L.E. 1979. Hatching success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology*, **60**:946–955.
- Gaspar, C., Petit M., and Leclerc N. 2008. Rapport final relatif au suivi des sites de ponte sur l’atoll de Tetiaroa (saison 2007-2008). Association Te mana o te moana, Direction de l’environnement de Polynésie française. 104 p.
- Gyuris, E. 1994. The rate of predation by fishes on hatchlings of the green turtle. *Coral Reefs*, **13**:137–144.
- Hamann, M., Schäuble, C.S., Simon, T., Johnson, J., Evans, S., Dorr, T., and Kennett, R. 2006. Sea turtles nesting in the Sir Edward Pellew islands, gulf of Carpentaria, Northern territory. *Memoirs of the Queensland Museum*, **52**(1):71–78.
- Hawkes, A., Broderick, A.C., Godfrey, M.H., and Godley, B.J. 2007. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology*, **13**:1–10.

- Hendrickson, J.R. 1980. The ecological strategies of sea turtles. *Am. Zool.* **20**:597-608.
- Henry, T., 1928. Tahiti aux temps anciens. Publication de la Société des Océanistes n°1. Réédité en 1993 par le musée de l'Homme, Paris.
- Hirth, H.F. 1971. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonya mydas* (Linnaeus, 1758). *F.A.O. Fisheries Synopsis*, No. 58.
- Johannes, R.E. and Rimmer, D.W. 1984. Some distinguishing characteristics of nesting beaches of the green turtle *Chelonia mydas* on North West cape Peninsula, western Australia. *Marine Biology*, **83**:149–154.
- Karavas, N., Georghiou, K., Arianoutsou, M., and Dimopoulos, D. 2005. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation*, **121**:177–188.
- Kikukawa, A., Kamezaki, N., and Ota, H. 1999. Factors affecting nesting beach selection by loggerhead turtles (*Caretta caretta*): a multiple regression approach. *J. Zoo. Lond*, **249**:447-454.
- Leach, B.F., Intoh, M., and Smith, I.W.G. 1984. Fishing, turtle hunting and mammal exploitation at Fa'ahia, Huahine, French Polynesia. *Journal de la Société des Océanistes*. **79**:183-197.
- Lebeau, A. 1985. Essai d'évaluation des pontes de la tortue verte *Chelonia mydas* (linne) sur l'atoll de Scilly (îles-sous-le-vent, Polynésie française) au cours des saisons 1982-1983 et 1983-1984. *Proceedings of the Fifth Intercontinental Coral Reef Congress, Tahiti*, **5**:487–493.
- LeBuff, C.R. 1990. The Loggerhead Turtle in the Eastern Gulf of Mexico. *Caretta Research, Inc., Sanibel, FL*. 216 pp.
- Limpus, C.J., Reed, P. and Miller, J.D. 1983. Islands and turtles. "The influence of choice of nesting beach on sex ratio. In "Proceedings: Inaugural Great Barrier Reef Conference." (J.T. Baker, R.M. Carter, P.W. Sammarco and K.P. Stark, eds). James Cook University Press Townsville, Aust., 397-402.
- Limpus, C.J. and Nicholls, N. 1988. The southern oscillation regulates the number of green turtles (*Chelonia mydas*) breeding around northern Australia. *Australian Wildlife Research*, **15**:157–161.
- Milton, S.L., Leone-Kabler, S., Schulman, A.A., and P.L. Lutz. 1994. Effects of hurricane Andrew on the sea turtle nesting beaches of south Florida. *Bulletin of Marine Science*, **54**:974–981.
- Mortimer, J.A. 1980. The influence of beach sand characteristics on the nesting behaviour and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, **1990**:802-817.

- Mortimer, J.A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. *Biology and Conservation of Sea Turtles - Smithsonian Institution*.
- Mortimer, J.A. 1984. Marine Turtles in the Republic of the Seychelles : status and management . International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Publication Services, Gland, Switzerland.
- Petit, M., Gaspar, C. 2011. Double programme de recherche sur les tortues marines de l'archipel de la société, Polynésie française. Rapport de l'association *Te mana o te moana*.
- Pike, D.A., Antworth, R.L., and Stiner J.C. 2006. Earlier nesting contributes to shorter nesting seasons for the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*. *Journal of Herpetology*, **40**:91–94.
- Pritchard, P.C.H. 1980. The conservation of sea turtles : practices and problems. *Amer. Zool.* **20**, 3:609-617.
- Robert, M. 2005. Plan de conservation des tortues marines à la Réunion. Rapport pour l'Université de Liège, 2005.
- Russell, J., and Faulquier, L. 2009. Tetiaroa rat and seabirds survey. University of California Berkeley and Société d'Ornithologie de Polynésie MANU. 11p.
- Russell, J., Faulquier, L., and Tonione, M.A. 2011. Rat invasion on Tetiaroa atoll, French Polynesia. University of California Berkeley and Société d'Ornithologie de Polynésie MANU.118-1 23 *In*: Veitch, C.R., Clout, M.N., and Towns, D.R. (eds.). 2011. Island invasives: eradication and management. IUCN, Gland, Switzerland.
- Salmon, M., Reiners, R., Lavin, C., and Wyneken, J. 1995. Behavior of loggerhead sea turtles on an urban beach. i. correlates of nest placement. *Journal of Herpetology*, **29**(4):560–567.
- Stancyk, S., and Ross, J.P. 1978. An analysis of sand from green turtle nesting beaches on Ascension island. *Copeia*, **1978**:93–99.
- Taquet, C. 2007. Diversité et différenciation génétiques des populations de tortues vertes (*Chelonia mydas*) dans les sites de ponte et d'alimentation du sud-ouest de l'océan indien : Application aux stratégies de conservation de l'espèce. Rapport pour l'Université de la Réunion, 2007.
- Tayalé, A. 2007. Etude de la saison de ponte des tortues marines 2007-2008 sur l'île de tikehau. Rapport de l'association *Te honu tea*.
- Vergonzanne, G., Servan, J., and Batori, G. 1976. Biologie de la tortue verte sur les îles : Glorieuses, Europa et Tromelin. *In* : Guézé, P. Biologie marine et exploitation des ressources de l'Océan Indien occidental. Paris : *ORSTOM*, **47**: 193-208.
- Vucher-Visin, J., Petit, M., and Brasseur., S. 2010. 1^{er} Symposium International sur les tortues marines en Polynésie française. Rapport de synthèse. 25 pp.

- Waqas, U, Hasnain, S.A, Ahmad, E., Abbasi, M., and Pandrani, A. 2011. Conservation of green turtle (*Chelonia mydas*) at Daran Beach, Jiwani, Balochistan. *Pakistan Journal of Zoology*, **43**:85-90.
- Weishampel, J.F., Bagley, D.A., and Ehrhart, L.M. 2004. Earlier nesting by loggerhead sea turtles following sea surface warming. *Global Change Biology*, **10**:1425–1428.
- Witherington, B.E. 1992. Behavioral responses of nesting sea turtles to artificial lighting. *Herpetologica*, **48**(1):31–39.
- Wood, F.E. and Wood, J. 1993. Release & recapture of captive reared green sea turtle, (*Chelonia mydas*) in the waters surrounding Grand Cayman. *Herpetological journal*. **3**: 84-89.