A photograph of a juvenile hawksbill turtle resting on a rocky, coral-strewn lagoon floor. The turtle is positioned in the lower-left quadrant of the frame, facing towards the right. Its shell is a mix of brown and tan with dark spots. The water is clear and shallow, revealing the sandy and rocky bottom. In the background, there are several low, rocky ledges or reefs extending into the water, with small waves breaking over them. The sky is a pale blue with some light clouds.

Une jeune tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) dans le lagon de Juan de Nova. Photo : S. Ciccione.

A hawksbill juvenile (*Eretmochelys imbricata*) in the lagoon of Juan de Nova. Picture: S. Ciccione.



Les îles Éparses : vingt-cinq ans de recherche sur les tortues marines

par

Jérôme BOURJEA⁽¹⁾, Stéphane CICCIONE⁽²⁾, Marie LAURET-STEPLER⁽²⁾,
Cyril MARMOEX⁽²⁾ & Claire JEAN⁽²⁾

IFREMER Délégation La Réunion
Rue Jean Bertho, BP 60,
97822 Le Port (La Réunion)
jerome.bourjea@ifremer.fr

Centre d'Etude et de Découverte des Tortues Marines (CEDTM), Kélonia
46 rue du Gal De Gaulle
97436 Saint Leu (La Réunion)

stephanecciccione@kelonia.org ; Marielauret@kelonia.org
cyril.marmoe@gmail.com ; clairejean@kelonia.org

Résumé – Depuis le milieu des années 70, les activités de recherche sur les tortues marines des îles Éparses se sont développées de manière constante. Elles ont mis en évidence l'importance des quatre îles Éparses émergées (Europa, Juan de Nova, Glorieuses et Tromelin) qui font partie des principaux sites de ponte des tortues vertes (*Chelonia mydas*) de l'océan Indien et qu'elles appartiennent à 2 stocks génétiques différents pour l'espèce. Mais ces îles ne sont pas que des réservoirs de générations futures. Plus récemment, il a été montré qu'elles sont également des habitats primordiaux pour le développement des Tortues vertes et imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) immatures qui y trouvent une protection contre les prédateurs et de la nourriture. L'ensemble des programmes passés, présents et à venir, permettra d'avoir une vision régionale de l'état de conservation et des risques potentiels pour les individus nidifiant dans ces îles et ainsi de contribuer à la mise en place d'un plan français de conservation pour ces espèces dans le sud-ouest de l'océan Indien.

Mots-Clés : îles Éparses, océan Indien, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, stock, migration, capture accidentelle.

Summary – **The Eparses Islands: Twenty-five years of research on marine turtles.** Since the early 70s, the research on sea turtles in the Eparses Islands has grown steadily and showed that four of the five Eparses Islands, Europa, Juan de Nova, Glorieuses and Tromelin, are among the main nesting grounds for green turtles (*Chelonia mydas*) populations in the Indian Ocean and belong to two different genetic stocks. Furthermore, these islands are not only reservoirs for future generations. It has recently been proved that they are also main habitats for the development of immature green and hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) turtles, where they find food and shelter. Past, present and future programs will contribute to a regional vision of the species conservation status and potential risks to individuals nesting on these islands and thus greatly contribute to the establishment of the Governmental French Authorities plan for the conservation of these species in the Southwestern part of the Indian Ocean.

Key-words: Eparses Islands, Indian Ocean, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, stock, migration, by-catch.

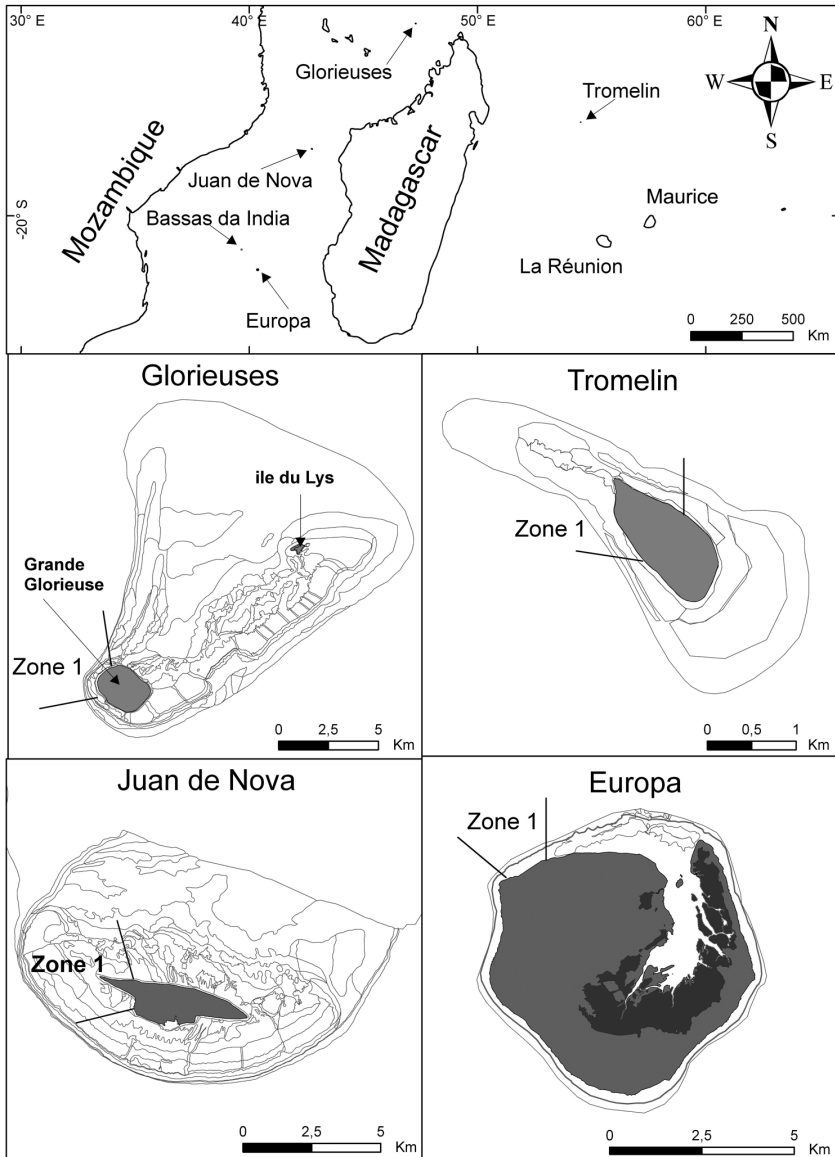
I. INTRODUCTION

Les cinq îles Éparses françaises sont réparties dans le sud-ouest de l'océan Indien : Bas-sas da India (21°28' S et 39°42' E, 10 km de diamètre ; Zone Économique Exclusive (ZEE) = 123 700 km²) qui est un atoll sans terre émergée et quatre îles coralliennes : Europa (22°21' S et 40°21' E ; 24,13 km² de terre ; ZEE = 127 300 km²), Juan de Nova (17°03' S et 42°43' E ; 5,22 km² de terre ; ZEE = 61 050 km²) et Glorieuses (11°35' S et 47°18' E ; 4,67 km² de terre ; ZEE = 48 350 km²) situées dans le canal du Mozambique ; Tromelin (15°53' S et 54°31' E ; 1 km² de terre ; ZEE = 280 000 km²) située à l'est de Madagascar (Diren 2003, Fig. 1).

Ces îles ont été administrées depuis 1960 par le Préfet de La Réunion sous l'autorité du Ministère de l'Outre Mer. Elles ont ensuite été confiées en 2005 au Préfet et Administrateur supérieur des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF), un PTOM (pays et territoires d'outre-mer) créé en 1955 et possédant l'autonomie administrative et financière de ses territoires. Depuis 2007, les îles Éparses font partie intégrante des TAAF pour lesquelles elles constituent le cinquième et dernier district.

En 1950, la France a implanté des stations météorologiques sur les îles Éparses (automatisées actuellement, sauf à Tromelin où la souveraineté est toujours exercée par le chef de mission de la station météo). Ces stations jouent un rôle régional déterminant dans la surveillance et la prévision des phénomènes cycloniques. Depuis 1973, des détachements militaires des Forces Armées dans la Zone sud de l'océan Indien (FAZSOI) sont installés sur les îles de Glorieuses, Juan de Nova et Europa et un gendarme est systématiquement présent sur chacune de ces trois îles. La quasi-totalité du soutien logistique et de la surveillance des eaux territoriales et de la ZEE est assurée par des avions de l'Armée de l'Air et des navires de la Marine Nationale (Hoareau 1993).

Ces îles ont été classées en Réserves Naturelles depuis 1975. Elles sont de véritables réservoirs de la biodiversité marine et terrestre, exempts de tout impact anthropique notable depuis 30 ans : végétation quasi originelle présentant une grande richesse patrimoniale, en particulier à Europa qui dispose d'une mangrove intacte, d'importantes populations d'oiseaux marins (frégate du Pacifique, frégate ariel, fou masqué, fou à pieds rouges, sternes fuligineuses... ; Le Corre & Jouventin 1997, Le Corre 2001, Le Corre & Jaquemet 2005, Jaquemet *et al.* 2007) et de « hot spots » de la biodiversité marine (récifs coralliens, hydroids, poissons, cétacés et tortues marines).



Source: Kélonia/Ifremer/Université de la Réunion - Juan de Nova et Glorieuses: Ifreco/Arvam/université de La Réunion - C. Jean, 2010

Figure 1 : Les îles Éparses françaises Europa, Juan de Nova, Glorieuses et Tromelin dans le sud-ouest de l’océan Indien. Les zones 1 correspondent aux zones de comptages journaliers de traces par les gendarmes à Europa, Juan de Nova et Glorieuses et par l’agent Météo à Tromelin.

Figure 1: The French Éparses Islands Europa, Juan de Nova, Glorieuses and Tromelin scattered in the South West Indian Ocean. Daily track counts are done in Zone 1 by the Police Officer in Europa, Juan de Nova and Glorieuses, and by the Weather Station agent in Tromelin.

George Hughes, en novembre 1970, fut l'un des premiers scientifiques à signaler qu'Europa et Tromelin étaient d'importants sites de ponte pour les tortues vertes *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), alors que les îles de Juan de Nova et Glorieuses ne présentaient qu'un nombre de pontes négligeable (Hughes 1974). L'intérêt scientifique pour les tortues vertes de ces îles s'est concrétisé en 1973 par les travaux de Servan (1977) sur Europa et de Batori (1974) sur Tromelin. Cet intérêt s'est renforcé par les études de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM) en vue de la création de l'élevage de tortues vertes en ranch à La Réunion. Ces études se sont ensuite étendues grâce à Jean Yves Le Gall qui fut le premier chercheur à évaluer les populations des îles d'Europa et Tromelin, respectivement 2 000-11 000 et 850-1 100 tortues vertes pondant par saison (Le Gall *et al.* 1986) pour une production respective de 0,7-2,4 millions et 0,15-0,3 millions de nouveau-nés par an (Le Gall 1988). Le Gall a, entre autres, mis en place un suivi sur le long terme d'un indicateur d'abondance du nombre de tortues, le comptage journalier du nombre de traces (Lauret-Steppler *et al.* 2007). Ce suivi continue encore aujourd'hui. Dans les années 80, Europa apparaissait déjà comme le plus gros site de ponte de tortue verte de l'océan Indien.

Les recherches sur la tortue verte des îles Éparses se sont ensuite intensifiées dans le milieu des années 90 suite à la reconversion du ranch de La Réunion en Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines (CEDTM, futur Kélonia) en partenariat scientifique avec l'Ifremer (anciennement ISTPM). Elles ont permis d'améliorer les connaissances sur cette espèce en termes (1) de biologie de la reproduction et d'évolution des populations, (2) de structure génétique et de positionnement régional et (3) de dynamique migratoire. Elles ont enfin permis d'établir que les îles Éparses ne sont pas seulement d'importants sites de ponte pour cette espèce, mais constituent aussi des habitats de croissance uniques pour les immatures de la Tortue verte et de la Tortue imbriquée, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766).

II. RÉSULTATS DE VINGT-CINQ ANNÉES DE RECHERCHE

1. Reproduction : espèces présentes, abondance, saisonnalité

Europa est la plus grande des îles Éparses (Fig. 1). Seule la Tortue verte y pond. Dans le cadre d'un partenariat entre Ifremer/Kélonia et la Gendarmerie nationale, le gendarme en mission sur l'île réalise le comptage journalier du nombre de traces depuis juin 1983 sur 1600 m de plage représentant 26 % des plages accessibles par les tortues marines à Europa

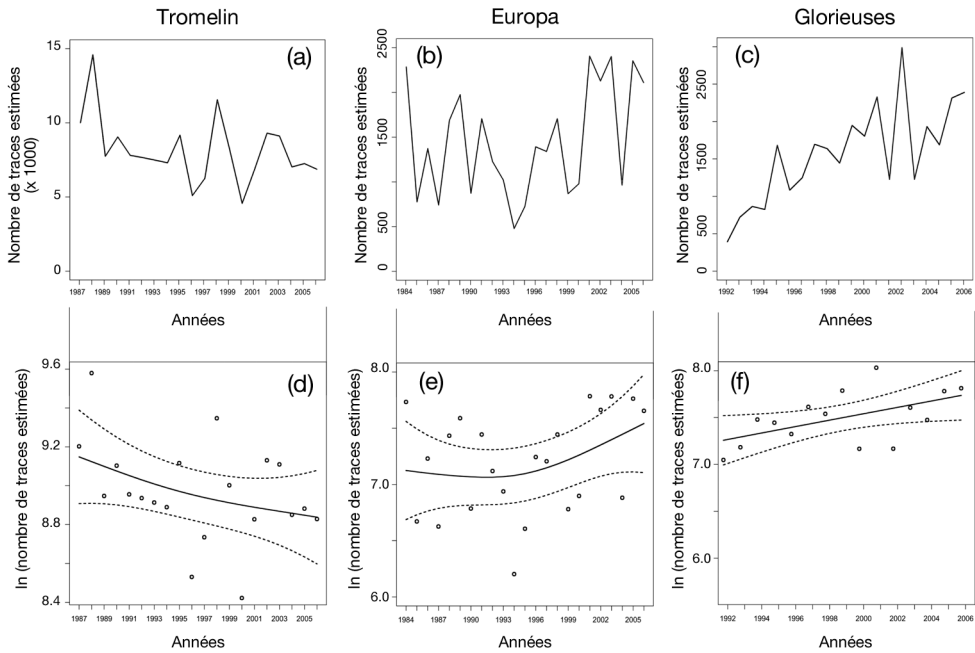


Figure 2 : Séries temporelles du nombre de traces annuelles de tortues vertes venues pondre sur les îles Éparses Europa, Glorieuses et Tromelin, situées dans le sud ouest de l’océan Indien. Les graphiques (a), (b) et (c) représentent l’évolution du nombre de traces annuelles estimées sur Tromelin, Europa et Glorieuses. Le détail de la collecte et de la qualité des données de ces figures est exposé dans Lauret-Stepler *et al.* (2007). Les graphiques (d), (e) et (f) représentent la tendance linéaire du nombre de traces sur Tromelin, Europa et Glorieuses. Cercle : $\ln(\text{nombre de traces})$; courbes pleines : lissage des données par un modèle de lissage ANOVA par Spline (Gu 2002, Kim & Gu 2004). Courbes en pointillés : intervalle de confiance Bayésien (95%) du modèle. Note : le modèle de lissage ANOVA par Spline (Gu 2002, Kim & Gu 2004) est une approche non paramétrique exploitant les séries temporelles saisonnières pour déterminer une tendance lissée avec un intervalle de confiance Bayésien (95%) sans utiliser de fonction spécifique. Si la tendance est linéaire, elle est alors associée à un modèle autorégressif de premier ordre des séries temporelles qui permet d’obtenir une estimation de la pente de la tendance.

Figure 2: Time series plots of the annual green turtle nesting track abundance for Tromelin, Europa, and Glorieuses rookeries. Panels (a) (b) and (c) show respectively track abundance in Tromelin, Europa and Glorieuses. The details of the data collection are shown in Lauret-Stepler *et al.* (2007). Panels (d) (e) and (f) show respectively the estimated underlying trend in tracks abundance corresponding to Tromelin, Europa and Glorieuses. Open circles: $\ln(\text{track abundance})$; Solid curve: smoothing spline regression fit to time-specific track abundance trend (Gu 2002, Kim & Gu 2004); dashed curves: 95% Bayesian confidence interval for the estimated underlying smoothing spline trend. Note: The smoothing spline ANOVA model (Gu 2002, Kim & Gu 2004) is a non-parametric approach that uses the data to determine the smooth trend with 95% Bayesian confidence curves without assuming any specific functional form. If the underlying trend indicated by a smoothing spline is linear, then we matched this linear trend using a parametric time-series regression with either a first-order autoregressive or a first order moving average that accounted for autocorrelated error and the temporal fluctuation in estimated track abundances.

(Fig. 1, Lauret-Stepler *et al.* 2007). Ce suivi a permis de mettre en évidence que les pontes se déroulent toute l'année, avec un pic très marqué durant l'été austral (novembre-février ; Le Gall *et al.* 1986, Le Gall 1988, Lauret-Stepler *et al.* 2007). Les données recueillies de 1983 à 2007 montrent un accroissement annuel du nombre de traces (Lauret-Stepler *et al.* 2007) de 2 % (1,2-2,7 ; Tab. I, Fig. 2) depuis 1983. Il est à noter que l'évolution des traces ne reflète pas forcément l'évolution du nombre de femelles nidifiantes. Pour lier ces deux paramètres, il faudrait vérifier la stabilité des paramètres biologiques individuels (nombre de pontes, succès à la ponte) sur toute la période. Cependant, avec ses 2000-11 000 tortues vertes par an estimées en 1986 et un taux de croissance annuel du nombre de traces de 2 %, Europa est bien le plus important site de ponte de tortues vertes de tout l'océan Indien.

Les Glorieuses sont un archipel composé de 4 îles. Les tortues marines pondent sur l'île du Lys et sur la Grande Glorieuse qui est la plus fréquentée (Fig. 1). Contrairement aux conclusions de Hughes (1974), Frazier (1975) a noté en 1972 que les tortues vertes et imbriquées y poussaient, les premières étant plus nombreuses (environ 250/an) que les secondes (environ 50/an). Le suivi des traces effectué depuis 1987 ne permet cependant pas d'évaluer l'évolution de la reproduction par espèce, mais contrairement à Juan de Nova, les observations de tortue imbriquée pondant sur cette île ont été extrêmement rares. Ce suivi journalier du nombre de traces depuis 1987, sur un linéaire représentant 35 % des plages, a permis d'établir que les tortues pondent toute l'année, avec un pic peu marqué s'étalant de février à août (Lauret-Stepler *et al.* 2007). Cette saisonnalité est identique à celle des îles voisines, Mayotte (Bourjea *et al.* 2007a), Nosy Iranja (Madagascar, Bourjea *et al.* 2006a) et Mohéli (Bourjea com. pers.). Le suivi des traces a également permis de mettre en évidence que leur nombre annuel est en forte croissance depuis 1987 (Lauret-Stepler *et al.* 2007) et présente un taux d'accroissement de 3,5 % (3,4-3,6 ; Tab. I, Fig. 2) depuis 1982. En se basant sur les paramètres biologiques des tortues de l'île la plus proche (Mayotte, Bourjea *et al.* 2007a), une simple extrapolation à l'ensemble de l'île suggère que la population de tortues marines de la Grande Glorieuse est de l'ordre de 1 500-2 500 femelles par an, avec une large prédominance de tortues vertes. Ce fort taux de croissance depuis 20 ans est un indicateur d'une population en reconstruction après une forte période d'exploitation (Limpus *et al.* 2003, Weishampel *et al.* 2003, Balazs & Chaloupka 2004, Troëng & Rankin 2005). Les Glorieuses ont en effet été exploitées pour le copra jusqu'à la fin des années 1960 (Hoareau 1993), avant d'être classées en Réserve Naturelle (Diren 2003).

Tableau I : Estimation du taux de croissance annuelle (en %) des traces de tortues marines avec un intervalle de confiance Bayésien de 95% pour les sites de Glorieuses, Tromelin et Europa. Ce taux a été estimé à partir de la tendance annuelle (Fig. 2) lorsque celle-ci était linéaire sur au moins 15 ans.

Table I: Estimated annual number of track growth (in %) and 95% Bayesian confidence interval for Glorieuse, Tromelin and Europa rookeries displaying linear trend (Fig. 2) over more than 15 years.

Site	Croissance annuelle (%)	Intervalle de confiance 95 %
Glorieuses * 1992 – 2006	3,5	3,4 – 3,6
Tromelin 1987 – 2006	-1,6	-1,8 – -1,3
Europa 1984 – 2006	2,0	1,2 – 2,7

* Ne concerne que Grande Glorieuse.

Tromelin est la plus petite des îles Éparses (Fig. 1). Seule la tortue verte y pond toute l'année, avec un pic de ponte marqué durant l'été austral (novembre-mars ; Le Gall *et al.* 1986, Le Gall 1988, Lauret-Stepler *et al.* 2007). Le suivi journalier du nombre de traces réalisé depuis mars 1986 sur l'ensemble des plages accessibles par les tortues a permis de mettre en évidence, depuis 1987, une réduction du nombre de traces (Lauret-Stepler *et al.* 2007) de -1,6% (-1,3 – -1,8 ; Tab. I, Fig. 2). L'étude des paramètres de reproduction depuis 2008 permettra de déterminer si la réduction du nombre de traces correspond à une diminution des femelles ou à la variation des paramètres de reproduction. Cependant, il est à noter que les tortues pondant à Tromelin se nourrissent probablement sur la côte est malgache (Le Gall & Hughes 1987 ; Le Gall 1988) où elles sont victimes de captures accidentelles ou accessoires importantes (Bourjea *et al.* 2009c) par les chalutiers à crevettes (Randriamiarana *et al.* 1998) et les filets à requin (Rakotonirina & Cook 1994), pouvant affecter le stock reproducteur.

Juan de Nova (Fig. 1) est l'île Eparse la moins fréquentée par les tortues marines, probablement parce qu'elle a été la plus affectée par les activités humaines dans le passé (Diren 2003). Les tortues vertes et imbriquées y pondent toute l'année, les premières étant la plus abondantes (Lauret-Stepler *et al.* 2010). Le comptage de traces réalisé depuis 1987 a malheureusement été irrégulier et ne permet pas comme pour les autres îles de faire une estimation fiable de la tendance sur le long terme. Cependant, un accroissement du taux d'échantillonnage depuis 2003 indique une augmentation du nombre de traces entre 2003 et 2010 (Lauret-Stepler *et al.* 2010). En 2008, l'échantillonnage a été effectué tous les jours : 234 traces de tortues ont été relevées (Lauret-Stepler *et al.* 2010). Sur la base des paramètres de reproduc-

tion des tortues vertes de Mayotte (Bourjea *et al.* 2007a), on peut estimer qu'une soixantaine de tortues vertes et imbriquées auraient pondu en 2008. Enfin, une récente étude menée de décembre 2006 à juillet 2009 sur la largeur des traces suggère que sur 455 traces mesurées, 33 % seraient produites par des tortues imbriquées (Lauret-Stepler *et al.* 2010).

2. Les îles Éparses, des habitats de nourrissage ?

Des herbiers de phanérogames marines sont présents dans la mangrove d'Europa ; ils sont composés d'une espèce dominante, *Halophila ovalis* (R. Brown) Hooker, 1858 (Hydrocharitales : Hydrocharitaceae), ainsi que d'*Halodule uninervis* (Forsskal) Boiss., 1882 (Najadales : Cymodoceaceae), de *Thalassia sp* Banks et Soland. ex Koenig (Hydrocharitales : Hydrocharitaceae) et de *Cymodocea rotundata* Ehrenberg & Hemprich ex Ascherson, 1870 (Hydrocharitales : Cymodoceaceae). Ces herbiers présentent un taux de recouvrement < 5 % et occasionnellement de l'ordre de 5-25 % (Bourjea *et al.* 2006b). Les tortues vertes adultes ne fréquentent pas ces herbiers. Des taches d'herbiers composés des espèces habituellement consommées par les tortues vertes ont également été observées dans les lagons des îles de Juan de Nova, mais leur abondance est extrêmement faible et aucune observation de tortue verte adulte en phase d'alimentation n'a été faite dans ces îles. Sur les Glorieuses, d'importants herbiers sont présents, mais essentiellement constitués de *Thalassodendron ciliatum* (Forsskal) de Hartog, 1970 (Najadales : Cymodoceaceae). Les contenus stomacaux de trois spécimens de tortues vertes (un immature, un mâle et une femelle) retrouvés morts sur Glorieuses ont montré la présence d'algues rouges du genre *Gracilaria* (3/3) et de phanérogames marines (1/3 ; Ciccione com. pers.).

Les tortues imbriquées sont présentes sur les récifs d'Europa (Bourjea *et al.* 2006b ; 23 km² de construction de corail), des Glorieuses (Frazier 1975 ; 160 km²), et surtout de Juan de Nova (Bourjea *et al.* 2007c ; 310 km²). Cette dernière île accueille sur ses platiers est et ouest des tortues imbriquées adultes (Bourjea & Ciccione com. pers.) pouvant être soit en phase de nourrissage soit des femelles venant pondre sur l'île.

Aucune information n'est disponible à ce jour sur l'alimentation des tortues vertes ou imbriquées à Tromelin. A défaut d'observation d'animaux en phase de nourrissage, on peut penser que les adultes de tortues vertes présentes dans les îles Éparses sont donc essentiellement des individus en reproduction et que leurs aires de nourrissage se situent en dehors de ces îles. Les premiers résultats du suivi par satellite de tortues femelles nidifiant sur ces îles

entre 1998 et 2009 ont permis d'avoir une première estimation de leurs aires de nourrissage (Tab. II). Mais les lacunes en terme d'identification de ces principaux sites en fonction de la saison de reproduction sont encore importantes et se doivent d'être comblées. Quatre vingt balises Argos seront ainsi déployées entre 2010 et 2011 sur les îles de Tromelin, Glorieuses, Juan de Nova et Europa dans le cadre de projets Ifremer/Kélonia.

Tableau II : Bilan des trajets post-nidification des tortues vertes équipées de balises Argos entre 1998 et 2009 sur les îles Éparses de Tromelin, Glorieuses, Juan de Nova et Europa.

Table II: Review of green turtle post nesting Argos tracks from the Tromelin, Glorieuses and Europa islands between 1998 and 2009.

Site de Ponte	Nombre de balises	Année (nb de balises)	Mois (nb de balises)	Site de nourrissage (nb de tortues)	Référence
Tromelin	1	1998 (1)	Avril (1)	Est madagascar (1)	Roos <i>et al.</i> (1999)
Glorieuses	15	2008 (8) 2009 (7)	Mai (15)	Nord Mozambique (3)	Bourjea <i>et al.</i> 2008, Bourjea <i>et al.</i> 2009a www. Ifremer.fr/lareunion
				Nord/Ouest Madagascar (1) Nord/Est Madagascar (1) Sud Kenya (1) Côte Tanzanie (9)	
Juan de Nova	1	1998 (1)	Décembre (1)	Nord Mozambique (1)	Roos <i>et al.</i> (1999)
Europa	2	2003 (2)	Novembre (2)	Sud Tanzanie (1)	Girard (2005)
				Centre/ouest Madagascar (1)	

3. Les îles Éparses : des habitats de développement

Les lagons et mangroves des îles Éparses sont des habitats de développement pour les immatures de la Tortue verte et dans une moindre mesure pour les immatures de la Tortue imbriquée (Ciccione 2005, Bourjea *et al.* 2006b, 2007c, Bourjea & Benhamou 2008, Bourjea *et al.* 2009a). Or ce stade du cycle biologique, crucial pour la conservation des tortues marines, est beaucoup moins connu que celui de la reproduction, notamment en termes de localisation, de temps de résidence, de structure en taille et de taux de croissance annuel.

Les différentes missions effectuées dans les îles depuis 2005 ont permis de marquer 256 tortues vertes et imbriquées immatures et d'en recapturer 30 entre 2008 et 2009 (Tab. III). Les premiers résultats indiquent que le temps de séjour des tortues vertes immatures est de plusieurs années dans la mangrove d'Europa et les lagons de Juan de Nova et Glorieuses. Ils indiquent également que les taux de croissance mensuels moyens de ces immatures sont variables selon les îles (Tab. III ; Europa : $0,09 \text{ cm} \pm 0,001$, Bourjea *et al.* 2006b ; Juan de Nova : $0,07 \text{ cm} \pm 0,01$; Bourjea *et al.* 2007c ; Glorieuses : $0,23 \text{ cm} \pm 0,07$, Ciccione 2005,

Tableau III : Bilan des marquages/recaptures de tortues vertes *Chelonia mydas* et imbriquées *Eretmochelys imbricata* immatures dans la mangrove d'Europa et les lagons de Juan de Nova et Glorieuses. La technique utilisée est le « boat jumping ». Les tortues ont été été marquées avec des bagues Monel métalliques. Les tortues sont considérées remarquées lorsque qu'une trace d'ancienne bague est observée. Cependant, ne connaissant pas le numéro de la bague perdu, les tortues remarquées sont considérées comme de nouvelles tortues marquées pour les calculs de taux d'accroissement.

Table III: Summary of the tagging/recapture data of green (*Chelonia mydas*) and hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) turtles captured in the Mangrove of Europa and in the lagoons of Juan de Nova and Glorieuses islands. The method used is the « boat jumping ». Marine turtles were tagged with Monel Metallic tags.

Année		Nombre					Moyenne			
		Marquées	Recapturées	Remarquées	Mesurées	Pesées	LCC + EC (cm)	Poids + EC (kg)		
Europa	2006	CM	38	0	0	38	0	51,1+8,2	-	
		EI	13	0	0	13	0	60,1+12,4	-	
	2008	CM	3	0	0	3	0	48,7+3,6	-	
		EI	1	0	0	0	0	39	-	
	2009	CM	38	4	1	44	43	51,9+6,1	15,8+5,9	
		EI	15	1	0	16	16	52,8+8,5	15,7+6,8	
Total			108	5	1	114	59			
Juan de Nova	2007	CM	21	0	0	21	0	47,1+7,7	-	
		EI	2	0	0	2	0	51,5+14,8	-	
	2009	CM	36	2	0	38	23	49,9+5,3	12,7+2,4	
		EI	18	0	0	18	13	72,1+13,5	43,9+13,4	
	Total			77	2	0	79	36		
	Glorieuses	2005	CM	29	0	0	29	0	50,4+7,2	-
		EI	0	0	0	0	0	-	-	
2008		CM	11	4	0	15	0	52,3+7,8	-	
		EI	0	0	0	0	0	-	-	
2009		CM	29	19	2	48	32	56,0+8,0	21,4+10,1	
		EI	2	0	0	2	2	47,5+11,7	43,9+3,0	
Total			71	23	2	94	34			

LCC = Longueur curviligne de la carapace. EC = écart-type. CM = *Chelonia mydas*. EI = *Eretmochelys imbricata*

Bourjea & Benhamou 2008, 2009a). Ces taux de croissance mensuels pour des individus de taille identique sont comparables à ceux observés en Floride (Bresette & Gorham 2001, Kubis *et al.* 2009), mais plus rapides qu'à Hawaï (Balazs *et al.* 1998), en Australie (Limpus & Chaloupka 1997) et aux Galapagos (Green 1993). Cependant, les taux de croissance restent fonction de la classe de taille concernée et de la disponibilité en nourriture qui varie donc d'un site à l'autre. Dans le cas des îles Éparses, ces taux de croissance ne peuvent être validés et nécessiteront des données de recapture plus importantes qu'à l'heure actuelle (Tab. III) sur l'ensemble des îles Éparses ainsi qu'une étude approfondie des habitats.

Les tortues imbriquées immatures sont moins abondantes que les tortues vertes immatures dans les lagons et pentes externes des îles de Juan de Nova et Glorieuses. En revanche, une prospection de la mangrove d'Europa a mis en évidence une zone de résurgence des eaux

externes dans la mangrove qui présente un écosystème marin proche de celui du lagon externe de l'île, avec la présence d'espèces de poissons et de coraux typiques de platiers coralliens tropicaux (Bourjea *et al.* 2006b). Cette résurgence constitue un habitat de développement exceptionnel pour les tortues imbriquées qui y trouvent un abondant couvert d'*Actinia sp.* (Actinaria : Actiniidae) dont elles se nourrissent très majoritairement tout en étant protégées des prédateurs. Nous évaluons la population d'immatures à 20-40 individus sur une surface de 7-10 000 m²

4. Structure génétique des tortues vertes

La structure génétique des tortues vertes dans le sud-ouest de l'océan Indien est composée de 2 à 3 stocks : un stock sud du canal du Mozambique (SCM) appartenant au grand stock Atlantique, un stock nord du canal du Mozambique (NCM), typiquement associé au grand stock de l'océan Indien et un troisième stock qui semble apparaître à partir du plateau Seychellois (SEY) appartenant également au grand stock océan Indien (Bourjea *et al.* 2007b). Les tortues nidifiant à Tromelin et Glorieuses appartiennent au stock NCM, comme la majorité des sites de ponte du bassin des Comores, du Kenya, de Tanzanie et du nord de Madagascar (Bourjea *et al.* 2007b). En revanche, les tortues d'Europa et de Juan de Nova appartiennent au stock SCM et sont donc apparentées au stock Atlantique. Les différences génétiques entre les stocks SCM et NCM sont très significatives [Indice de fixation de Wright $F_{ST} = (0,307-0,912)$; $P < 0,001$; Bourjea *et al.* 2007b] impliquant que les îles Éparses, compte tenu de l'abondance de tortues femelles en phase de reproduction qu'elles accueillent à chaque saison de ponte, sont de véritables réservoirs durables de la diversité génétique des océans Atlantique et Indien.

Une étude semblable a été menée sur la caractérisation génétique des immatures présents dans les lagons d'Europa, de Juan de Nova et de Glorieuses. Alors qu'il n'existe aucune différence significative entre immatures et femelles nidifiant à Juan de Nova, des différences significatives ont été observées au niveau mitochondrial et/ou microsatellite entre les immatures et les femelles qui pondent sur Europa et les Glorieuses (Taquet 2007). Ces résultats indiquent que, dans le cas de ces deux îles, les immatures présents n'ont pas un mécanisme de recrutement fonction de leur stock d'origine, contrairement aux femelles qui y nidifient. Ces résultats indiquent également un brassage individuel important lors de la phase pélagique avant structuration lors de l'entrée dans la phase mature. La composition des immatures

aux Glorieuses serait alors un mélange entre le stock SEY et NCM. A Europa, le mélange proviendrait des stocks NCM et SCM (Bourjea com. pers.).

5. Interactions avec les activités anthropiques et impacts

Juan de Nova a été l'île Éparse la plus anthropisée avec des tentatives de colonisation depuis le XVI^e siècle et une pression importante de pêcheurs malgaches ciblant entre autres les tortues marines durant le XIX^e siècle (Diren 2003). Le XX^e siècle a été marqué par une exploitation de guano/phosphate jusqu'en 1968 (Diren 2003) avec plus d'une centaine de travailleurs. Les Glorieuses montrent une histoire similaire avec une exploitation de la cocoteraie durant la première moitié du XX^e siècle comprenant jusqu'à 22 personnes y travaillant en permanence. Tromelin et Europa n'ont pas eu de colonisation notable (Diren 2003) et de ce fait sont beaucoup moins touchées par les activités humaines.

Les îles Éparses sont des réserves naturelles depuis 1975 ; toute activité touristique y est donc interdite depuis plus de 30 ans. L'introduction d'espèces végétales et animales (filaos, rats, chats, chèvre...) durant l'exploitation des îles a perturbé l'écosystème terrestre. Depuis 1973, le classement des îles et le contrôle de leur accès a permis une protection et une conservation efficaces de ces territoires.

Comme dans la majorité des pays du sud-ouest de l'océan Indien, la principale interaction entre les activités humaines et les tortues marines dans les îles Éparses est la pêche (Bourjea *et al.* 2009c). Les captures accidentelles de tortues marines autour de ces îles sont uniquement dues à l'activité des palangriers pélagiques et des thoniers senneurs océaniques opérant dans la ZEE des Éparses. Dans le cas des palangriers, les TAAF n'ont délivré qu'une seule licence de pêche aux Coréens depuis 2005 et l'activité des palangriers réunionnais est mineure dans ces zones (Bourjea *et al.* 2009b). Les TAAF attribuent cependant tous les ans des licences aux thoniers senneurs espagnols, mais le niveau de captures accidentelles par cette flottille reste très faible ; de plus les tortues sont relâchées vivantes dans la majorité des cas (Amande *et al.* 2008). Les TAAF ont mis en place depuis 2008 un programme d'observateurs visant entre autres à surveiller les niveaux de capture accidentelle de tortues marines par les palangriers et senneurs ainsi que les taux de mortalité qu'ils engendrent.

III. QUEL AVENIR POUR LA RECHERCHE DANS LES ÎLES ÉPARGES ?

Menés par l'Ifremer et Kelonia, l'observatoire des tortues marines de La Réunion, dans le cadre de la convention tri-partite avec les TAAF, les programmes « tortues marines » dans les îles Éparses sont actuellement structurés en trois volets.

Le premier volet sur le suivi de la reproduction (comptage de traces), a été complété en 2008 pour une période de cinq ans, par la réévaluation des paramètres reproductifs des tortues vertes en reproduction dans les quatre îles Éparses, à raison d'une île par an. En parallèle au suivi de l'activité de ponte, un suivi des nids est opéré. L'objectif est d'évaluer la production de nouveau-nés mais également, dans un contexte de changement climatique, d'évaluer les conséquences d'une augmentation de température sur la production et la détermination épigénétique du sexe des nouveau-nés.

Le second volet concerne le suivi des immatures dans les lagons des îles Éparses. L'objectif est de mieux comprendre la dynamique et la croissance de ces individus en fonction des caractéristiques spécifiques et environnementales des habitats. Cette étude vise à valider les taux de croissance par classe de taille pour les îles Europa, Juan de Nova et Glorieuses ; il nécessitera d'accroître les données de recapture ainsi que la mise en place d'une approche écosystémique incluant le comportement alimentaire des immatures, la structure des habitats de développement et leurs interactions.

Le troisième volet s'insère dans un programme régional visant à mieux comprendre la dynamique spatiale des tortues marines adultes (identification des sites d'alimentation et comportement face aux variations environnementales) et des immatures (étude de la dynamique océanique des phases pélagiques), ainsi que les interactions avec les pêcheries hauturières (senne et palangre). En partenariat avec les Comores, les Seychelles, Maurice et le Mozambique, ce projet est une partie intégrante du South West Indian Ocean Fisheries Project (SWIOFP) ; il est financé par le FFEM, la Région Réunion, la Diren, les TAAF, Kelonia et Ifremer. Ce projet exploitera essentiellement l'outil satellitaire (déploiement de 150-180 balises Argos dans le sud-ouest de l'océan Indien) et la modélisation (thèse en cours dont le sujet est « Intégration et modélisation de la dynamique spatiale des populations de tortues vertes de la zone sud-ouest de l'océan Indien : application à l'identification de zones à risques pour une stratégie régionale de conservation », Mayeul Dalleau, Université de la Réunion). Sur chacune des îles Éparses, il est prévu de déployer 20 balises sur des femelles venues

pondre (10 durant le pic de reproduction, 10 hors du pic) auxquelles s'ajoutent 10 balises sur les tortues vertes et les tortues imbriquées immatures capturées par les thoniers senneurs et récupérées par les observateurs TAAF ; soit au total 90 balises sur la période 2010-2011.

L'étude de la flore des îles Éparses menée par le Conservatoire Botanique National de Mascarin et les programmes d'éradication des rats et des chats menés par les TAAF avec le laboratoire d'Ecologie Marine de l'Université de La Réunion ont permis de mieux comprendre l'impact des espèces de la flore et de la faune introduites (flore (i.e. le Filao *Casuarina equisetifolia* Linnaeus, 1759 (Casuarinales : Casuarinaceae) et faune (i.e. le chat *Felis silvestris catus* (Linnaeus, 1758) (Carnivora : Felidae)) et de contribuer au retour de l'écosystème d'origine. A présent, il serait intéressant de mettre en place (i) un programme de caractérisation des plages de ponte, (ii) l'évaluation de l'impact de ces espèces indigènes sur la reproduction des tortues vertes et (iii) un plan de réhabilitation de la végétation littorale qui est la plus dégradée.

Les données acquises dans le cadre des programmes scientifiques sur les îles Éparses sont intégrées dans la base de donnée Tortues du sud-ouest de l'océan Indien (TORSOOI) qui centralise les données collectées sur les tortues marines par les équipes scientifiques de La Réunion et est compatible avec la base de données nationale *Quadrigé2* alimentant le SINP Mer (Système d'Information Nature et Paysage). Associé à la signature par la France en janvier 2009 du MoU de l'IOSEA (*Memorandum of Understanding on the Conservation and Management of Marine Turtles and their Habitats of the Indian Ocean and South East Asia*), l'ensemble de ces données permet d'envisager, à l'horizon 2012, de disposer des éléments nécessaires à la définition des recommandations scientifiques indispensables à l'élaboration d'un plan de conservation des tortues marines dans les eaux sous juridiction française du sud-ouest de l'océan Indien. Ces recommandations consisteront notamment en des mesures concrètes de gestion de ces espèces et de leurs habitats basées sur une bonne connaissance de leur biologie et de l'environnement terrestre et marin, compatibles avec un développement régional durable (ex : écotourisme...).

Remerciements. – Nous tenons avant tout à remercier J.Y. Le Gall qui a pris l'initiative dans les années 80 d'organiser un partenariat avec la Gendarmerie Nationale et Météo France pour le comptage des traces dans les îles Éparses. Ce comptage se poursuit encore. Nous remercions J.Y. Le Gall, G. Hughes et J. Frazier pour leurs conseils avisés pour les programmes tortues dans les îles Éparses depuis 1998. Nous remercions Météo France et la Gendarmerie Nationale pour le comptage de traces qu'ils ont effectué et qu'ils continuent à effectuer aujourd'hui ; sans leur travail, toute évaluation sur le long terme des populations de tortues marines des îles n'aurait pas été possible. Nous remercions également les

Forces armées dans la zone sud de l’océan Indien pour leur constant appui logistique et les Terres Australes et Antarctiques Françaises pour leur soutien aux programmes tortues marines. Nous tenons à remercier tous les stagiaires, CDDs, VCATs, thésards, post doctorants, objecteurs de Conscience et volontaires de l’Ifremer et de Kélonia qui ont contribué, année après année, au succès des programmes tortues marines de l’Ifremer et de Kélonia dans les îles Éparses. Enfin, nous tenons à remercier I. Ineich, C. Blanc, J. Castanet et J.Y. Le Gall pour leur relecture du manuscrit et leurs conseils avisés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amande J. M., Ariz J., Chassot E., Chavance P., Delgado A., Gaertner D., Murua H., Pianet R. & Ruiz J. 2008 – By-catch and discards of the European purse seine tuna fishery in the Indian Ocean. Estimation and characteristics for the 2003-2007 period. Indian Ocean Tuna Commission (IOTC), Working Party on Ecosystem and By-catch 2008, *WPEB-12*. 26 p.
- Balazs G., Rice M., Murakawa K. & Watson G. 1998 – Growth rates and residency of immature green turtles at Kiholo Bay, Hawaii. Proceedings of the 17th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. U.S. Dep. Comm., NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-415.
- Balazs G.H. & Chaloupka M. 2004 – Thirty-year recovery trend in the once depleted Hawaiian green sea turtle stock. *Biol. Conserv.*, 117: 491-498.
- Batori G. 1974 – Rapport d’activité. Ile Tromelin. Note ronéotypée. Service Météorologique de la Réunion. 15 p.
- Bourjea J., Ciccione S. & Ratsimbazafy R. 2006a – Marine turtles surveys in Nosy Iranja Kely, north-western Madagascar. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 5 (2): 209-212.
- Bourjea J., Gravier-Bonnet N., Boulet V., Ciccione S. & Rolland R. 2006b – Rapport de mission pluridisciplinaire ‘EUROPA’. 22 mai au 6 juin 2006. Rapport de Mission IFREMER, Le Port, La Réunion. 19 p.
- Bourjea J., Frappier J., Quillard M., Ciccione S., Roos D., Hughes G.R. & Grizel H. 2007a – Mayotte Island: Another important green turtle nesting site in the southwest Indian Ocean. *Endang. Species Res.*, 3: 273 - 282.
- Bourjea J., Lapègue S., Gagnevin L., Broderick D., Mortimer J.A., Ciccione S., Roos D., Taquet C. & Grizel H. 2007b – Phylogeography of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the Southwest Indian Ocean. *Mol. Ecol.*, 16: 175-186.
- Bourjea J., Ribes S. & Sauvignet H. 2007c – Rapport de mission Mada-Nova. 30 mai au 13 juin 2007. Rapport de Mission IFREMER, Le Port, La Réunion. 27 p.
- Bourjea J. & Benhamou S. 2008 – Rapport de Mission scientifique dans les Éparses – Glorieuses. 4 au 17 mai 2008. Rapport de Mission IFREMER, Le Port, La Réunion. 11 p.
- Bourjea J., Benhamou S., Mouquet P. & Quod P. 2009a – Rapport de Mission scientifique dans les Éparses – Glorieuses. 23 mai au 5 juin 2009. Rapport de Mission IFREMER, Le Port, La Réunion. 17 p.
- Bourjea J., Evano H. & Leru L. 2009b – Up-date of the La Réunion longline and coastal fisheries data with special focus on billfishes. Indian Ocean Tuna Commission (IOTC), Working Party on Billfish 2009, *WBP-07*. 10 p.
- Bourjea J., Nel R., Jiddawi N.S., Koonjul M.S. & Bianchi G. 2009c – Sea turtle bycatch in the West Indian Ocean: Review, recommendations and research priorities. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 7: 137-150.

- Bresette M. & Gorham J. 2001 – Growth rates of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) from the Atlantic coastal waters of St. Lucie county, Florida, USA. *Mar. Turtle Newsl.*, 91: 5-6.
- Ciccione S. 2005 – Rapport de Mission scientifique dans les Éparses – Glorieuses, 9 au 16 août 2005. Rapport de Mission Kélonia, St Leu, La Réunion. 9 p.
- DIREN 2003 – Document de prise en considération pour le classement des îles Éparses en réserve naturelle nationale. Direction Régionale de l'Environnement de la Réunion, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Saint Denis, La Réunion. 158 p.
- Frazier J.G. 1975 – Marine turtles of the Western Indian Ocean. *Oryx*, 13: 164-175.
- Girard C. 2005 – Etude du comportement d'orientation d'espèces pélagiques tropicales vis-à-vis d'attracteurs. Thèse de Doctorat de l'Université de La Réunion, Biologie Marine. 250 p.
- Green D. 1993 – Growth rates of wild immature green turtles in the Galapagos Islands, Ecuador. *J. Herpetol.*, 27(3): 338-341.
- Gu C. 2002 – Smoothing Spline ANOVA Models. New York: Springer-Verlag. 289 p.
- Hoareau A. 1993 – Les îles Éparses, histoire et découverte. Azalée Edition, Saint André, La Réunion. 239 p.
- Hughes G.R. 1974 – The sea turtles of south east Africa. PhD. Thesis, University of Natal., University of Natal. 200 p. + 153 p. Graphs and Plates.
- Kim Y.J. & Gu C. 2004 – Smoothing spline Gaussian regression: more scalable computation via efficient approximation. *J. R. Stat. Soc., Ser. B*, 66: 337-356.
- Kubis S., Chaloupka M., Ehrhart L. & Bressette M. 2009 – Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 389: 257-269.
- Lauret-Stepler M., Bourjea J., Roos D., Pelletier D., Ryan P.G., Ciccione S. & Grizel H. 2007 – Reproductive seasonality and trend of *Chelonia mydas* in the SW Indian Ocean: A 20 year study based on track counts. *Endang. Species Res.*, 3: 217-227.
- Lauret-Stepler M., Ciccione S. & Bourjea, J. 2010 – Monitoring of marine turtles reproductive activities in Juan de Nova, Éparses Islands, South Western Indian Ocean. *Indian Ocean Turtle Newsl.*, 11:18-24.
- Le Corre M. & Jouventin P. 1997 – Ecological significance and conservation priorities of Europa Island (western Indian Ocean), with special references to seabirds. *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, 52: 205-220.
- Le Corre M. 2001 – Breeding seasons of seabirds at Europa Island (southern Mozambique Channel) in relation to seasonal changes in the marine environment. *J. Zool.*, 254: 239- 249.
- Le Corre M. & Jaquemet S. 2005 – Assessment of the seabird community of the Mozambique Channel and its potential use as an indicator of tuna abundance. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 63(2005): 421-428.
- Jaquemet S., Le Corre M. & Quartly G.D. 2007 – Ocean control of the breeding regime of the sooty tern in the southwest Indian Ocean. *Deep-Sea Res. I*, 54(2007): 130-142.
- Le Gall J.Y., Bosc P., Château D. & Taquet M. 1986 – Estimation du nombre de tortues vertes femelles adultes *Chelonia mydas* par saison de ponte à Tromelin et Europa (Océan Indien) (1973-1985). *Océanog. Trop.*, 21: 3-22.
- Le Gall J.Y. & Hugues G.R. 1987 – Migration de la tortue verte *Chelonia mydas* dans l'Océan Indien sud ouest observées à partir des marques sur les sites de ponte Europa et Tromelin (1970-1985). *Amphibia-Reptilia*, 8(3): 227-282

- Le Gall J.Y. 1988 – Biologie et évaluation des populations de tortues vertes *Chelonia mydas* des atolls Tromelin et Europa (océan Indien S.O.). *Mésogée*, 48: 33-42.
- Limpus C. & Chaloupka M. 1997 – Nonparametric regression modelling of green turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 149: 23-34.
- Limpus C., Miller J., Parmenter C., & Limpus D. 2003 – The green turtle, *Chelonia mydas*, population of Raine Island and the northern Great Barrier reef, 1843–2001. *Mem. Queensl. Mus.*, 49: 349-440.
- Rakotonirina B. & Cook A. 1994 – Sea turtles of Madagascar - their status, exploitation and conservation. *Oryx*, 28(1): 51-61.
- Randriamiarana H., Rakotonirina B. & Maharavo J. 1998 – TED experience in Madagascar. In G.M. Wamukoya & R.V. Salam, eds. Report of the Western Indian Ocean Turtle Excluder Device (TED) Training Workshop, Mombasa, Kenya, January 1997. Nairobi, IUCN East Africa Regional Office : 16-17.
- Roos D., Ciccione S., Pelletier D. & René F. 1999 – Étude scientifique et mesures d'accompagnement à la création du centre d'étude et de découverte des tortues marines – Population, migration et génétique. Programme régional d'étude et de préservation de tortues marines ; Rapport de IFREMER de convention n°DAA2 :970727. Le Port, La Réunion. 72 p.
- Servan J. 1977 – Écologie de la tortue verte à l'île Europa. Canal du Mozambique. *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, 16: 421-464.
- 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. Thèse de Doctorat de l'Université de la Réunion, Biologie Marine, 226 p.
- Troëng S. & Rankin E. 2005 – Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biol. Conserv.*, 121: 111-116.
- Weishampel J.F., Bagley D.A., Ehrhart L.M. & Rodenbeck B.L. 2003 – Spatiotemporal patterns of annual sea turtle nesting behaviours along an East Central Florida beach. *Biol. Conserv.*, 110: 295-303.

Manuscrit accepté le 20 août 2010