

projet MedMPAnet

SUIVI DE LA NIDIFICATION DE LA TORTUE MARINE *CARETTA CARETTA* SUR LES ÎLES KURIAT EN TUNISIE (2014)

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du CAR/ASP et du PNUE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leur autorité, ni quant au trace de leur frontière ou limites. Les vues exprimées dans ce document d'information technique sont celles de l'auteur et ne représentent pas forcément les vues du PNUE/PAM ou CAR/ASP.

Publié par: CAR/ASP

Droits d'auteur: (c) 2015 - CAR/ASP

Le texte de la présente publication peut être reproduit, à des fins éducatives ou non lucratives, en tout ou en partie, et sous une forme quelconque, sans qu'il ne soit nécessaire de demander une autorisation spéciale au détenteur des droits d'auteur, à condition de faire mention de la source.

Pour des fins bibliographiques, citer le présent volume comme suit :

CAR/ASP - PNUE/PAM, 2014. Suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* sur les îles Kuriat en Tunisie (2014). Par Imed JRIBI et Mohamed Nejmeddine BRADAI. Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis: 24 p + annexes.

Crédit photographique de la couverture: Louis marie PREAU.

Ce document a été édité dans le cadre du « Projet Régional pour le Développement d'un Réseau Méditerranéen d'Aires Protégées Marines et Côtières (AMP) à travers le renforcement de la Création et de la Gestion d'AMP » (Projet MedMPAnet).

Le projet MedMPAnet est mis en oeuvre dans le cadre du PNUE/PAM-FEM MedPartnership avec le soutien financier de: CE, AECID et FFEM.



Sommaire

I.	Introduction	3
II.	Éléments de biologie des tortues marines	5
III.	Milieu d'étude	6
IV.	Parties prenantes	8
V.	Monitoring 2014.....	8
1.	Cadre du travail et participants.....	8
2.	Date de séjour sur la grandeKuriat	8
3.	Déplacements	9
4.	Equipe.....	9
5.	Méthodologie de travail	9
6.	Résultats	13
a.	Plages de ponte et importance de la nidification	13
b.	Période de ponte.....	15
c.	Taille de ponte	16
d.	Marquage et mensuration des femelles nidifiantes	16
e.	Emergence des nouveau-nés.....	17
f.	Etude de la sex-ratio	18
7.	Sources de nuisance	19
8.	Formation et sensibilisation	21
VI.	Conclusion.....	22
VII.	Références	23

I. Introduction

Les études basées sur les monitorings des différents sites de ponte méditerranéens estiment qu'approximativement 7200 nids de caouannes et 1500 nids de tortue verte sont déposés chaque année pendant la saison de ponte (Casale and Margaritoulis, 2010). Il faut indiquer, toutefois, que ce chiffre ne représente qu'un minimum puisque beaucoup de plages ne sont pas surveillées ou ne sont même pas connues.

En Tunisie, seule la caouanne dépose ses œufs sur quelques plages du pays. Sa nidification a été véritablement mise en évidence pour la première fois en 1988 sur la plage située entre Ras Dimas et Mahdia et sur l'île grande Kuriat au large de Monastir (Laurent et al., 1990). Une prospection des plages nord du pays en 2000 n'a montré aucune trace de ponte. Au contraire, plusieurs témoignages évoquent ces dernières années la nidification de la tortue marine sur les plages à l'Est et au Sud-Est telles que celles de Zarzis, Hergla...etc. Les plages de la Chebba montrent aussi, selon les témoignages et nos propres prospections, une régularité de ponte surtout sur la plage nommée « Essir ». Il est à indiquer, par ailleurs, que le site des îles Kuriat reste le plus important en Tunisie du point de vue nombre de nids et régularité du phénomène.

Comme chaque année et depuis 18 ans, et dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'Action pour la Conservation des Tortues Marines de Méditerranée, l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer (INSTM) avec la collaboration et le soutien de l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL), du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) et la Faculté des Sciences de Sfax (FSS), a assuré durant une bonne période de chaque année la protection et le suivi des pontes des tortues marines nidifiant sur les plages des îles Kuriat.

Les travaux de recherche entrepris nous ont permis d'avoir une banque de données importante et nous ont permis de déterminer plusieurs paramètres biologiques propres à la population nidifiante sur les lieux. D'autres travaux de recherche ont été menés sur le site dans le cadre du monitoring et ont concerné principalement l'estimation de la sex-ratio des nouveau-nés et l'étude génétique. Plusieurs communications nationales et internationales ont été ainsi présentées lors de manifestations nationales et internationales et plusieurs articles ont été publiés dans des journaux internationaux. Une importante production diplômante (DEA, Mastère et thèses) en relation avec le monitoring des îles Kuriat et la biologie des tortues a été effectuée. Par ailleurs, les volets formation et sensibilisation ont été particulièrement développés cette année 2014 à travers l'acceptation de plusieurs stagiaires tunisiens au sein de l'équipe de monitoring et avec la collaboration avec des associations de la société civile.

Le monitoring a focalisé l'année 2014 sur principalement :

- L'amélioration des connaissances sur la biologie de la reproduction et sur l'écologie de la caouanne *Caretta caretta* ;
- Etude de la sex-ratio des nouveau-nés par enregistrement électronique de la température dans les nids ;

- La protection des plages de nidification sur les îles Kuriat par gardiennage des nids durant toute la saison estivale de l'action des pêcheurs et des visiteurs des îles et en assurant le maximum de succès aux opérations de montées des femelles nidifiantes et à l'émergence des nouveau-nés ;
- Marquage des femelles nidifiantes ;
- La formation de stagiaires ;
- Sensibilisation des visiteurs et des pêcheurs.

Dans ce rapport nous présentons l'essentiel des résultats de la nidification sur les sites « Grande Kuriat » et « Petite Kuriat » durant la saison 2014 et nous finirons par des recommandations que nous voyons nécessaires pour le bon déroulement des campagnes de suivi des prochaines années et pour valoriser les efforts de protection déployés depuis 18 ans.

II. Éléments de biologie des tortues marines

Les tortues marines passent au cours de leur développement, par différents stades durant lesquels l'habitat, l'alimentation et le comportement peuvent être totalement différents (Fig.1). Les femelles des tortues marines doivent donc remonter sur la terre ferme afin d'y déposer leurs œufs, qui incubent dans des cavités creusées dans le sable des plages. Plusieurs pontes sont réalisées au cours d'une saison de nidification, qui survient tous les 2-3 ans. Généralement, les femelles sont relativement fidèles à leur secteur de nidification. Des observations d'individus revenant pondre sur la même plage sont fréquentes au cours d'une même saison ou d'une saison à une autre. L'émergence des petits a lieu après environ deux mois d'incubation. Les taux de réussite à l'éclosion et à l'émergence varient en fonction de divers paramètres spécifiques et environnementaux. Les montées nocturnes de tortues marines sur les plages de ponte se matérialisent par des traces de reptation laissées dans le sable. Celles-ci sont identifiables sur le sable au petit matin avant d'être effacées par les activités humaines ou atténuées par les conditions climatiques (pluie, vent).

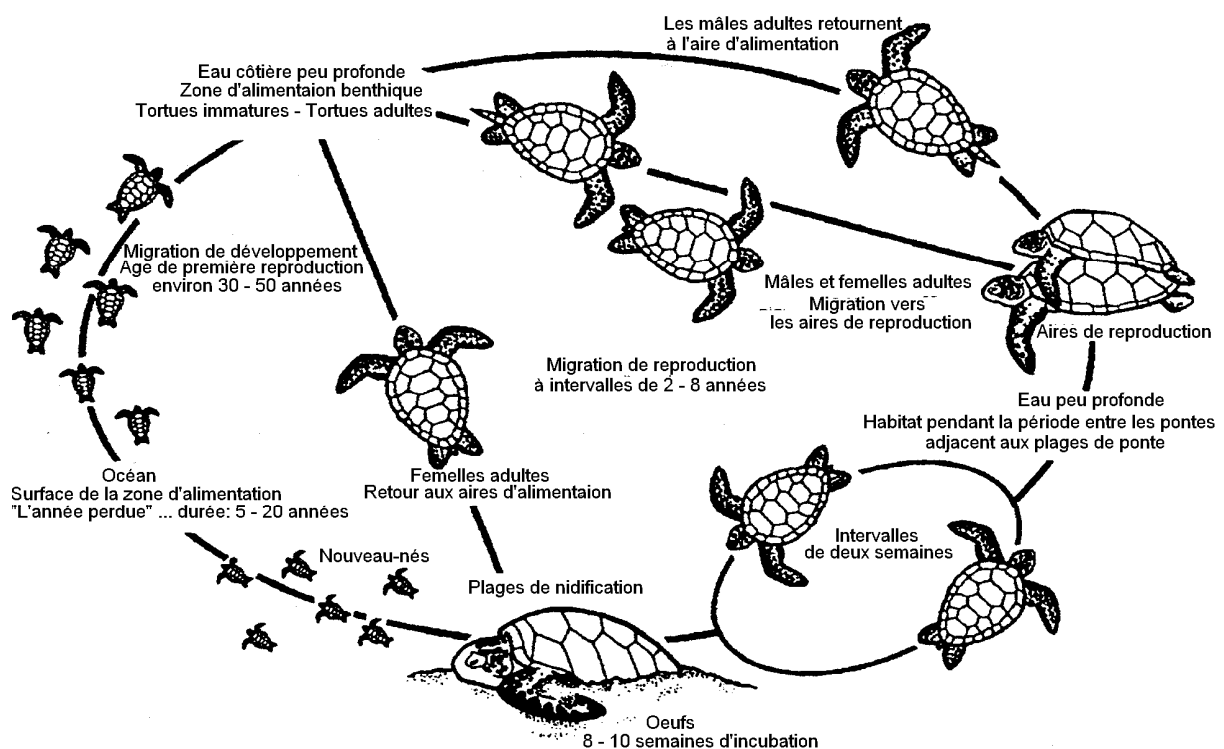


Figure 1 :Cycle de vie d'une tortue marine

III. Milieu d'étude

Les îles Kuriat (قورية) sont deux émergences de hauts fonds, distantes de 2 Km l'une de l'autre, situé à l'Est Nord-Est du Cap de Monastir à 18 Km de cette ville et en face de la baie de Khnis à environ 20 km. Elles comprennent principalement deux petits îlots, une petite d'environ 0,7km² (Qûrya Essaghira) et une plus grande (Qûrya El Kebira) d'environ 2,7 km² (Fig. 2).

Ces deux îlots sont caractérisés par une morphologie plate et basse, ne dépassant pas 4,5 m dans la région la plus élevée, avec plusieurs zones dépressionnaires.

Le substrat de ces îles est formé essentiellement de grès et de roches carbonatées, couvert par de sables. De part leur situation insulaire, elles enregistrent des moyennes pluviométriques plus importantes que celles de la zone de Monastir située entre les isohyètes 400mm et 500 mm. La température moyenne dans cette zone est de l'ordre de 20°C. Les vents les plus fréquents sont de secteurs Nord et Nord-Ouest. Ce sont des vents froids, particulièrement violents en hiver. Les valeurs hygrométriques sont très importantes et l'humidité relative de l'air reste élevée tout le long de l'année, avec des valeurs maximales durant l'automne pouvant atteindre 100 %.

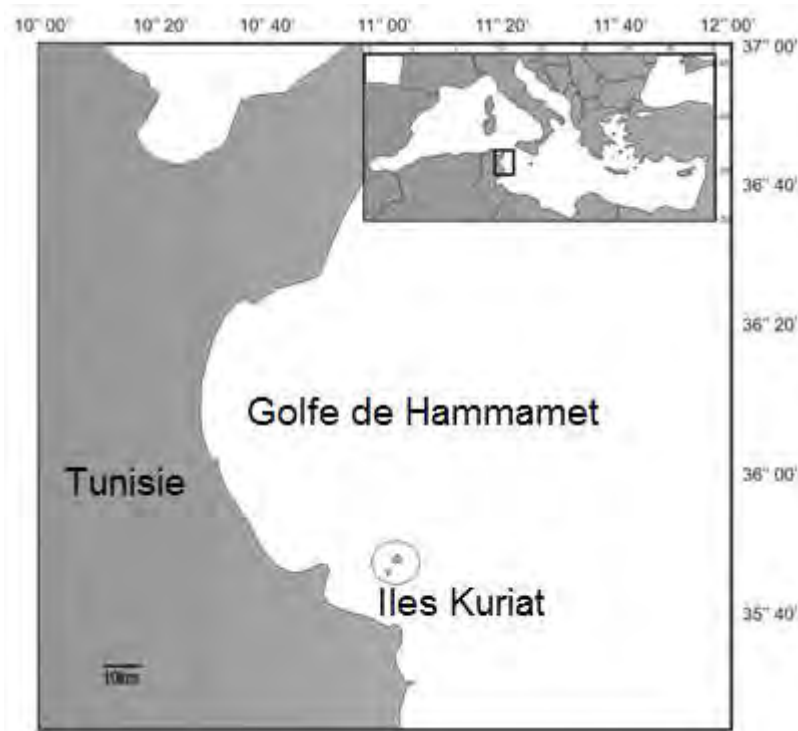


Figure 2 : Emplacement géographique des îles Kuriat

Le couvert végétal sur les îles Kuriat est important. Il est estimé à plus de 50% de la surface du sol. Ce couvert végétal se répartit en trois paysages correspondants à trois profils topographiques:

- la végétation halophile dans les dépressions (sebkhas) ;
- la végétation psammophile sur les étendues sableuses ;
- la végétation ligneuse dans les parties les plus élevées des îles.

Concernant la faune, les îles Kuriat se composent de :

- Une avifaune d'une importance internationale, puisque les îles représentent, à la fois une étape de passage et un lieu de nidification pour plusieurs espèces. Les espèces observées sur les deux îles sont les mêmes que celles qui fréquentent le littoral et le continent et comportent une majorité d'oiseaux migrateurs et de nombreuses espèces de nicheurs, comme les laridés, les sternes et les limicoles.
- Une herpétofaune formée essentiellement de squamates (serpents et lézards) tel que la couleuvre et surtout de la tortue marine *Caretta caretta*.
- Les mammifères terrestres représentés par le rat noir *Rattus rattus* plus abondant sur la petite Kuriat mais qui a signalé sa présence importante depuis 2013 sur la grande Kuriat et une forte colonie de lapins de garenne *Oryctolagus Cuniculus* plus importante sur la grande île.

Pour la biodiversité marine et sur la base de récoltes sauvages depuis la côte jusqu'à 200 à 300m du rivage, nous avons pu inventorier l'essentiel des espèces animales et végétales présentes sur les côtes de l'île grande Kuriat. Les espèces ou formations remarquables pour leur rareté ou pour leur importance en tant que pôle de biodiversité sont :

- L'herbier de *Posidonia oceanica* qui pousse depuis le large de Monastir jusqu'aux îles Kuriat. Cet herbier représente l'étendue la plus importante en Tunisie, après celui des hauts-fonds de Kerkennah. La partie entourant les îles est en très bon état, et présente deux écomorphoses importantes et rares en Méditerranée: le récif barrière et l'herbier tigré (Ben Mustapha et Hattour, 1992).
- Les fonds de Maërl qui sont des fonds meubles composés d'algues rhodophytes calcaires libres (*Lithophyllum racemus*, *Lithophyllum sp*, *Lithothamnion coralloides*...). Cette formation est considérée comme très vulnérable et très rare à l'échelle méditerranéenne. Elle semble avoir un rôle écologique important puisqu'elle serait la frayère de plusieurs espèces halieutiques. Elle est située dans la partie nord et rocheuse des deux îles à des profondeurs très faibles, de 0,5 à 7 m.

En plus de la tortue marine, deux espèces menacées et endémiques à la Méditerranée ont été récoltées sur la grande Kuriat, il s'agit de l'algue brune *Cystoseira sedoides* et du lamellibranche *Pinna nobilis* qui s'est raréfié dans certaines zones méditerranéennes suite à sa surexploitation, les aménagements du littoral et la pollution.

IV. Parties prenantes

Les principaux acteurs actuellement impliqués dans la protection des tortues marines en Tunisie et du suivi du monitoring annuel sur les îles Kuriat sont :

- L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) chargé de coordonner l'exécution du programme de suivi en affectant les chercheurs et autre personnel nécessaire ;
- L'Agence de Protection et Aménagement du Littoral (APAL) engagé à effectuer les contacts notamment auprès du ministère de la Défense nationale et des autorités régionales à Monastir en vue d'obtenir les autorisations nécessaires pour le séjour sur l'île Kuriat. L'APAL est chargée aussi d'assurer le transport de l'équipe de terrain entre le continent et les îles ;
- Le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) à travers le projet MedMPAnet (Projet Régional pour le Développement d'un Réseau Méditerranéen d'Aires Protégées Marines et Côtières (AMP) à travers le renforcement de la Création et de la Gestion d'AMP), est chargé d'assister financièrement l'INSTM dans l'organisation et l'exécution de la campagne de suivi de la nidification ;
- La Faculté des Sciences de Sfax (FSS) chargée de faciliter la formation diplômante des étudiants.

Il est à noter par ailleurs que des associations de la société civile très actives et impliquées dans la conservation de l'environnement ont participé cette année dans les efforts de protection et surtout dans la sensibilisation du grand public. Nous citons principalement l'Association des Fans de la Chebba (AFC) à travers son projet « Protection de l'environnement côtier et les tortues marines sur les îles Kuriat (Tunisie) » financé par le Fonds de partenariat pour les Ecosystèmes Critiques (CEPF) en partenariat avec l'institution, centre et agence cités ci-dessus et l'Association Notre Grand Bleu (NGB) siégré à Monastir.

V. Monitoring 2014

1. Cadre du travail et participants

Le suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* sur les îles Kuriat, l'été 2014, a été réalisé dans le cadre de la convention établie en 2014 entre l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) et le Centre des Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP).

2. Date de séjour sur la grande Kuriat

Le campement sur l'île Grande Kuriat a pris place cette année de juillet à octobre. Plusieurs visites d'une journée chacune ont été réalisées, avant le campement, pour localiser les premiers nids déposés et après notre départ pour suivre l'émergence et ouvrir les derniers nids.



Campement sur la grande Kuriat

3. Déplacements

Les déplacements entre le continent et les îles ont été assurés par un bateau touristique qui faisait des excursions journalières pour la petite Kuriat et le transport entre les deux îles grande et petite Kuriat a été assuré par un zodiac et un hors-bord mis à notre disposition.

4. Equipe

Les participants dont les noms figurent ci-dessous ont participé à la réussite de la campagne de suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* sur les îles Kuriat l'année 2014.

- Mohamed Nejmeddine BRADAI (INSTM): coordinateur du projet
- Imed JRIBI (FSS): coordonnateur responsable du travail sur terrain
- Jamel JRIJER (FSS) : Doctorant
- Naoufel MOSBAHI (FSS): Doctorant
- Omran MAHFOUDH : Etudiant volontaire
- Naceur MAHFOUDH: Etudiant volontaire

5. Méthodologie de travail

Durant notre séjour sur la grande Kuriat, une équipe de trois personnes en permanence sur le site a permis de suivre les pontes de *Caretta caretta*. Pour cela, des patrouilles nocturnes à la recherche de femelles nidifiantes ont été assurées quotidiennement sur l'ensemble des plages de la grande Kuriat susceptibles d'abriter des pontes. Le matin, des prospections sont effectuées à la recherche de traces de femelles passées inaperçues. Dans un premier temps,

l'équipe procède à la recherche des traces et puis dans un second temps elle s'assure de la présence des œufs.



Trace de femelle nidifiante



Dépôt des œufs dans un nid

Par ailleurs, les plages de la petite Kuriat ont été également prospectées chaque jour sauf lorsque les conditions météorologiques ne permettent pas la navigation.

Les femelles caouannes nidifiantes étaient identifiées à l'aide d'un marquage par marque métallique portant un numéro et l'adresse de l'INSTM. Chaque femelle a également été mesurée à l'aide d'un mètre ruban. La longueur courbe de la carapace est mesurée au milieu de la carapace depuis l'encoche nucale à la jonction de la carapace et de la peau, jusqu'à l'extrémité la plus distale des deux plaques supra-caudales (CCLn-t). Quant à la largeur courbe de la carapace, elle est mesurée à l'endroit le plus large de la carapace (CCW).



Mesure d'une tortue



Marquage d'une femelle nidifiante

Les nids détectés sont protégés par des cages (en bois en remplacement des cages métalliques) pour les repérer et éviter leur piétinement par les visiteurs. Un panneau est fixé à côté de chaque cage pour indiquer le numéro du nid.



Protection des nids

Chez les tortues marines, la détermination du sexe dépend de la température d'incubation. Ce phénomène est connu sous le terme de TSD (Temperature dependent Sex Determination) (Yntema and Mrosovsky, 1980). Il est caractérisé par la présence d'une température dite pivot, engendrant une sex-ratio équilibrée, et d'une marge de températures dite TRT (Transitionnal Range of Temperature) correspondant aux températures donnant les deux sexes. De part et d'autre de cette marge, les nouveau-nés sont soit de sexe mâle (pour les températures faibles) soit de sexe femelle (pour les températures élevées) (Mrosovsky and Pieau, 1991).

Pour estimer la sex-ratio des nouveau-nés des tortues caouannes, nous nous sommes basés sur deux méthodes : la première utilise la température moyenne au cours du deuxième tiers de la période d'incubation, tandis que la seconde utilise la durée d'incubation. Les courbes utilisées pour l'estimation de la sex-ratio en fonction de la durée d'incubation et en fonction de la température pendant le deuxième tiers de la durée d'incubation sont celles de Mrosovsky et al. (2002) adaptée au terrain. La courbe de la sex-ratio (% de femelles) en fonction de la température moyenne pendant le deuxième tiers de la période d'incubation a été adaptée au terrain par addition de 0,4°C (Mrosovsky et al., 2002), qui correspond à la différence entre la température ambiante et la température de l'œuf (fig.3). La courbe de la sex-ratio (% de femelles) en fonction de la durée d'incubation (Mrosovsky et al., 2002) a également été adaptée au terrain en ajoutant 4 jours, qui correspond à l'intervalle entre l'éclosion et l'émergence de nouveau-nés à la surface du sable (Godfrey and Mrosovsky, 1997) (fig.4). Les équations des deux courbes utilisées (après adaptations) ont été calculées et les valeurs exactes de la sex-ratio ont été tirées. Le choix de l'étude de Mrosovsky et al. (2002) est basé sur le fait que les tortues en provenance de Grèce et celles de Libye ou de la Tunisie font partie de la même population Méditerranéenne et ont la même aire géographique. Ce choix se fonde également sur le fait que la température pivot des tortues marines est une caractéristique relativement conservée chez les tortues marines (Rees et Margaritoulis 2004 ; Mrosovsky et al., 2009).

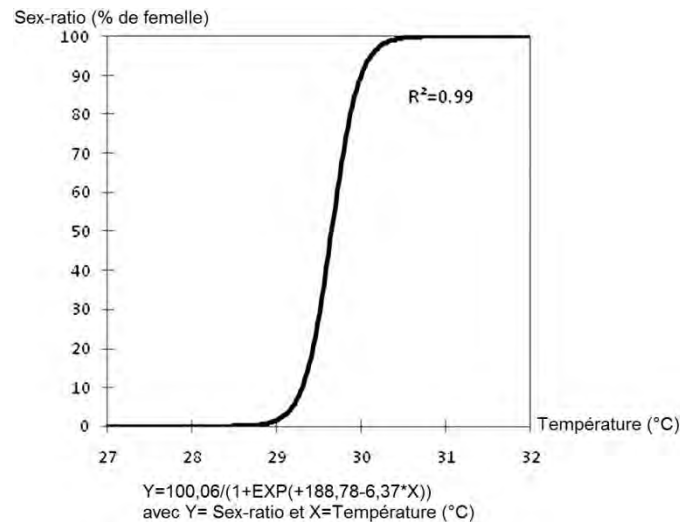


Figure 3 : Courbe et équation de la sex-ratio en fonction de la température d'incubation
(Mrosofsky et al., 2002, courbe adaptée au terrain)

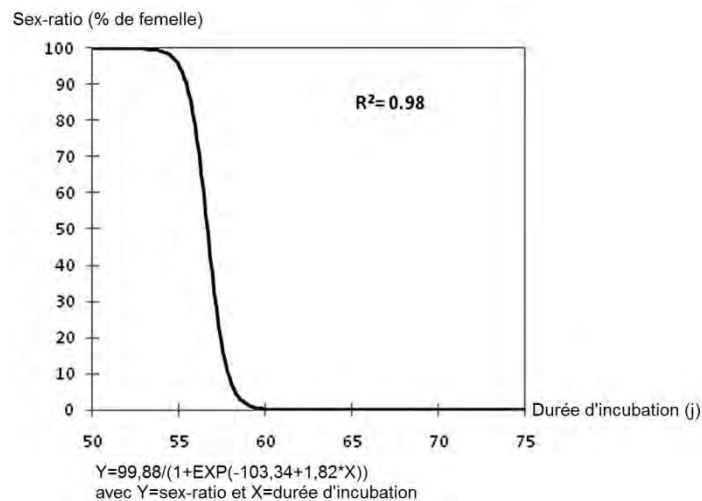


Figure 4 : Courbe et équation de la sex-ratio en fonction de la durée d'incubation
(Mrosofsky et al., 2002, courbe adaptée au terrain)

A la fin de la période d'incubation et après l'émergence des nouveau-nés, les nids sont ouverts pour compter les œufs éclos, les œufs infertiles, les œufs fertiles non éclos (mortalité précoce et mortalité tardive), les nouveau-nés morts dans les œufs et les nouveau-nés morts dans les nids pour déterminer les tailles de ponte et les différents taux de fertilité, d'éclosion et d'émergence.

- **Taille de ponte** = Nombre des œufs éclos + Nombre des œufs non éclos ;
- **Taux de fertilité** = (Nombre des œufs fertiles/Nombre total des œufs)*100 ;
- **Taux d'éclosion** = (Nombre des œufs éclos/ Nombre total des œufs)*100 ;
- **Taux d'émergence** = (Nombre des œufs éclos - Nombre des nouveau-nés morts dans le nid/ Nombre total des œufs)*100.



Emergence de nouveau-nés



Ouverture de nid et comptage des œufs

6. Résultats

Au total, 18 nids ont été déposés sur les îles Kuriat en 2014, dix sur la grande Kuriat et huit sur la petite Kuriat. Ce nombre est légèrement supérieur à la moyenne des nids déposés sur les îles Kuriat (15,64 ; Nbre de saison= 22) depuis 1993. Depuis 1997, la ponte sur la petite Kuriat a enregistré des années de présence et d'autres d'absence. Les dernières années et depuis 2004 (excepte l'année 2006), le phénomène de nidification sur la petite Kuriat est devenu régulier. Les efforts de protection déployés depuis 1997, auraient joué un rôle dans cette restauration du phénomène sur cette petite île.

a. Plages de ponte et importance de la nidification

i. La petite Kuriat

Environ la moitié des côtes de la petite Kuriat est sablonneuse se situant au Nord et à l'Est de l'île. Le reste est soit rocheux soit marécageux. Les plages sablonneuses sont toutes propices à la nidification et ont toujours abrité des pontes. Les dépôts de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* sont moins importants que ceux de la grande Kuriat.

Cette année, les nids ont été déposés sur toute la longueur de cette plage avec une concentration sur la plage Est. Cette belle plage renferme les campements touristiques ce qui augmente les risques de perte et de perturbation. En effet, un nid déposé sur cette plage n'a pas été retrouvé.

Au total, 8 nids ont été déposés l'année 2014 sur la petite Kuriat. Ce nombre est plus important que la moyenne des nids déposés depuis 1993 (Moyenne= 3,73 ; Ecartype=4,72) (Fig. 5).

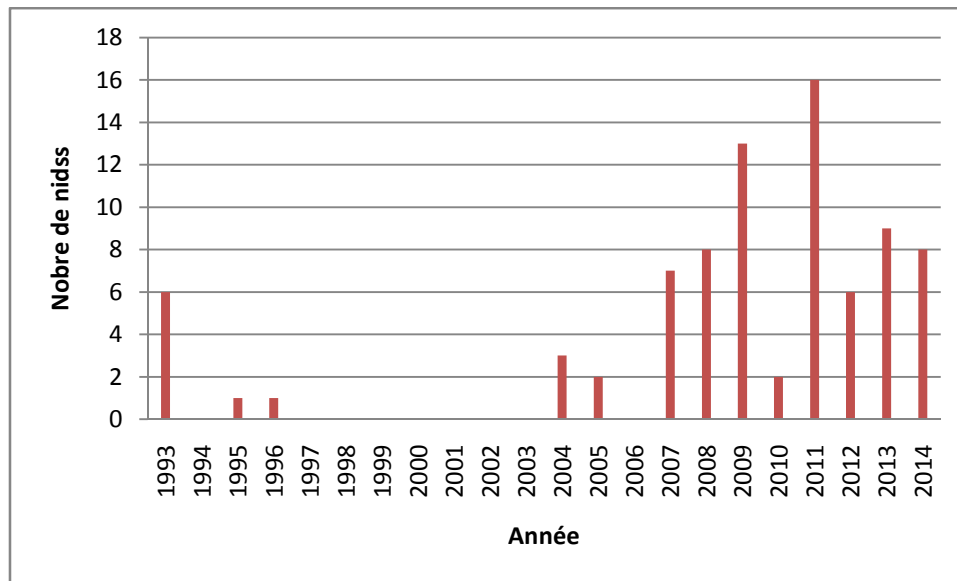


Figure 5 : Nombre de nids déposés annuellement sur la petite Kuriat

Il est à indiquer que le nombre de nids sur la petite Kuriat a nettement augmenté depuis 2007. Les efforts de protection qui ont permis de restaurer ce site doivent continuer pour permettre aussi de diminuer les effets indésirables de la fréquentation abusive de ce site.

ii. *La grande Kuriat*

Environ un tiers des côtes de la grande Kuriat est rocheux et se situe au Nord de l'île. Le reste est sableux. Les côtes rocheuses sont intercalées par trois petites portions de plages sableuses de longueurs comprises entre 100 et 150 m. Ces portions pourraient abriter des pontes de tortues.

Sur les côtes sableuses, les dépôts énormes de feuilles mortes de phanérogame marine *Posidonia oceanica* limitent énormément la longueur des plages utilisable par les tortues. Ils constituent parfois des banquettes infranchissables par les femelles nidifiantes. Par ailleurs, ces dépôts sont d'importance et d'emplacement variables d'une année à l'autre, délimitant ainsi, chaque année, les portions de plages utilisables par les femelles.

Sur la grande Kuriat, le site de ponte coïncide principalement aux côtes ouest et sud de l'île. La plage ouest de longueur 1000m environ, abritée en arrière par des dunes bordières, constitue la plage la plus propice à la nidification et enregistre généralement le nombre de nid le plus important. La plage sud, de longueur plus importante, abrite aussi un nombre important de nids mais sa texture permettant une haute capacité de rétention d'eau augmentant ainsi l'humidité au sein du nid, la rend parfois non favorable à l'incubation. L'inondation est aussi importante sur cette plage ce qui augmente les risques.

Au cours de l'année 2014, nous avons enregistré 15 traces de tortue caouanne dont 10 aboutissaient à des nids. La plupart étaient déposés sur la plage ouest mais deux, déposés sur la plage sud, ont été perdus suite à leur inondation. La figure 6 illustre le nombre de nids déposés sur la grande Kuriat depuis 1993.

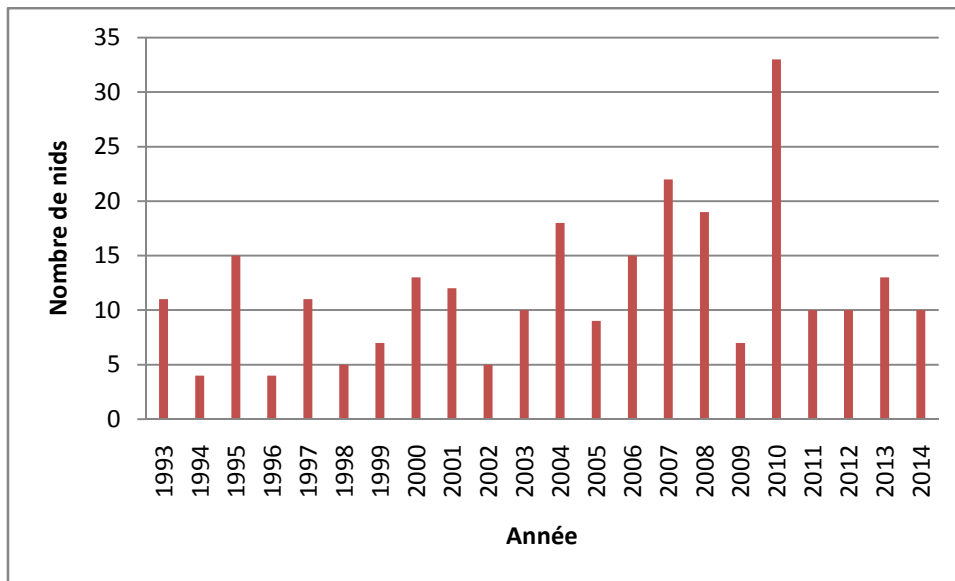


Figure 6 : Nombre de nids déposés annuellement sur la grande Kuriat

b. Période de ponte

Le suivi de la nidification sur la grande Kuriat depuis 1997 a permis de situer la période de ponte de *Caretta caretta* principalement aux mois de juin, juillet et août de chaque année (Jribi et al., 2006). Des pontes à la fin du mois de mai sont très probables. La répartition mensuelle des dépôts de nids sur les îles Kuriat pour l'an 2014 (Fig. 7) est similaire à celle enregistrée durant les années précédentes avec un nombre plus important pour le mois de Juillet suivi du mois de Juin. Toutefois, il est à indiquer que nous avons assisté les dernières années à une augmentation du nombre de nids déposés pendant le mois d'août. Une translation en arrière de la période de ponte serait possible mais doit être confirmée par le suivi durant les années prochaines.

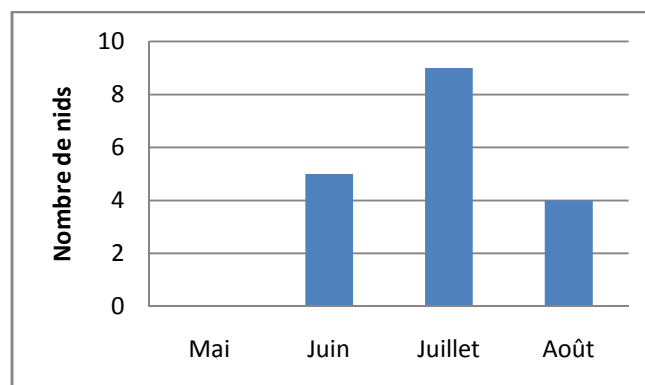


Figure 7 : Nombre de nids déposés mensuellement sur les îles Kuriat (année 2014)

Cette répartition des pontes sur les îles Kuriat se retrouve dans la fourchette des dates observées en Méditerranée. En effet, la caouanne *Caretta caretta* commence à pondre dès la fin du mois de mai jusqu'à la fin août, quelques individus continuent à pondre jusqu'au début septembre (Demetropoulos and Hadjichristophorou, 1995).

La répartition mensuelle des dépôts de nids sur les îles Kuriat est similaire à celle des plages de la Grèce (Margaritoulis and Rees, 2001) mais différente de celle des plages de la Turquie où la majorité des tortues *Caretta caretta* déposent leurs nids au mois de juin (Erk'Akan, 1993; Baran and Türkozan, 1996; Türkozan, 2000). Ce paramètre est très important à connaître pour la mise en place de toute activité de conservation. En effet, sa connaissance permet de réduire les perturbations anthropiques surtout lorsque le phénomène de nidification coïncide avec la fréquentation des plages de ponte par les estivants et les touristes (Jribi et al., 2006).

c. Taille de ponte

La taille de ponte est le nombre total d'œufs dans un nid. Il est déterminé lors de la ponte ou lors de l'exhumation du nid après l'émergence des nouveau-nés. Selon Hays and Speakman(1991), cette taille de ponte est positivement corrélée à la taille des femelles nidifiantes.

En Méditerranée, cette taille de ponte est très variable. Les données disponibles indiquent une variation dans les valeurs individuelles allant de 1 à plus que 200 œufs par nid (Margaritoulis et al., 2003). Selon Frazer (1984), les capacités reproductrices de *Caretta caretta* augmentent avec l'âge après la première nidification. Les néophytes ont alors une production plus faible que celle des adultes expérimentées. Elles ont aussi une tendance à nidifier une seule fois au cours de la première saison (Carr et al., 1978) et le taux de fertilité pourrait être très bas.

La fréquence des tailles de ponte, au cours de l'année 2014, sur les îles Kuriat est illustrée sur la figure 8. Cette taille a varié, entre 63 à 98 œufs/nid avec une moyenne de 76,2 (SD= 10,36 ; N= 18) et paraît similaire à ce qui est enregistré sur les autres sites méditerranéens (Margaritoulis et al., 2003).

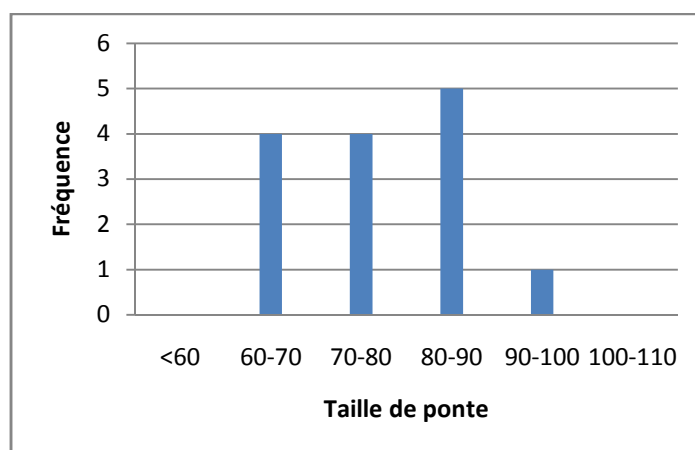


Figure 8 : Fréquence des tailles de ponte sur les îles Kuriat en 2014

d. Marquage et mensuration des femelles nidifiantes

Les femelles nidifiantes en Méditerranée sont les plus petites au monde (Dodd, 1988 ; Margaritoulis, 1982, 1988 ; Broderick and Godley, 1996). Les données disponibles montrent

que celles de Chypre sont les plus petites alors que celles de Grèce sont les plus grosses (Margaritouli et al., 2003).

Pendant notre séjour sur la grande Kuriat, 2 tortues *Caretta caretta* ont été observées durant leurs montées pour pondre. Les données biométriques des deux tortues nous donnent une moyenne de longueur courbe de dossière de 73,25 cm et une moyenne de largeur courbe de dossière de 67 cm. Ces deux tortues ont été marquées, par deux marques chacune, sur les pattes antérieures.

Depuis le début de notre monitoring en 1997 sur les îles Kuriat, 34 tortues caouanne ont été mesurées et marquées. Les longueurs carapace courbe (CCL_{n-t}) mesurées vont de 70 à 85 cm avec une moyenne de 76,03 cm ($SD=4,07$; $N=34$) et les largeurs carapace courbe (CCW) vont de 60 à 74 cm avec une moyenne de 66,65 cm ($SD=3,61$; $N=34$).

e. Emergence des nouveau-nés

L'émergence des nouveau-nés a commencé au mois d'Août et s'est étalée jusqu'au mois d'Octobre pendant lequel nous avons ouvert les derniers nids. En faisant abstraction au nid 1 déposé sur la grande Kuriat (déposé très proche de la laisse-mer et détecté tardivement ce qui n'a pas permis son transfert) et aux nids perdus et inondés, les différents paramètres de nidification de *Caretta caretta* sur les îles grande et petite Kuriat sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Données sur la nidification de *Caretta caretta* sur la grande Kuriat en 2014

N° Nid	Taille de pont	œufs éclos	infertiles	Œufs non éclos		morts dans l'œuf	morts dans le nid	Taux de fertilité	Taux d'éclosion	Taux d'émergence
				early	late					
1	68	42	7	12	7	0	0	89,71	61,76	61,76
2	68	56	8	4	0	0	0	88,24	82,35	82,35
3	77	63	8	5	1	0	0	89,61	81,82	81,82
4	81	49	20	9	3	0	0	75,31	60,49	60,49
6	63	33	5	19	6	0	0	92,06	52,38	52,38
9	74	47	0	0	27	0	0	100,00	63,51	63,51
Moyenne	71,83	48,33	8,00	8,17	7,33	0,00	0,00	89,15	67,05	67,05
Ecartype	6,68	10,50	6,60	6,74	10,01	0,00	0,00	7,99	12,25	12,25

Tableau 2 : Données sur la nidification de *Caretta caretta* sur la petite Kuriat en 2014

N° Nid	Taille de ponte	œufs éclos	infertiles	Œufs non éclos		morts dans l'œuf	morts dans le nid	Taux de fertilité	Taux d'éclosion	Taux d'émergence
				early	late					
1	84	35	40	4	5	0	2	52,38	41,67	39,29
2	98	84	6	6	2	0	0	93,88	85,71	85,71
3	82	74	2	2	3	1	1	97,56	90,24	89,02
6	82	46	11	22	3	0	0	86,59	56,10	56,10
7	71	65	2	1	3	0	0	97,18	91,55	91,55
8	71	19	25	23	4	0	0	64,79	26,76	26,76
Moyenne	81,33	53,83	14,33	9,67	3,33	0,17	0,5	82,06	65,34	64,74
Ecartype	9,99	24,78	15,21	10,09	1,03	0,41	0,84	19,02	27,77	27,98

Les taux d'éclosion et d'émergence moyens sur les îles Kuriat sont assez élevés et dépassent comme les années précédentes les 60% indiquant que ces sites sont propices à la nidification (Hirth, 1980).

f. Etude de la sex-ratio

En général, les sex-ratios sont fréquemment biaisées vers l'un des deux sexes chez les espèces à TSD (Temperature Sex Determination) comparativement aux espèces avec une GSD (Genotypic Sex Determination) (Bull, 1983). Les tortues marines ne font pas exception et les sex-ratios biaisées vers les femelles sont observées dans la plupart des cas (Wibbels, 2003).

L'étude de ce paramètre sur les îles Kuriat a été réalisée dans le cadre de nos activités sur le site en 2013 et a montré, contrairement à ce qui est dominant globalement, une sex-ratio biaisée vers les mâles (Jribi and Bradai, 2014 (annexe)).

Nous avons retenu en 2014, pour l'étude de la sex-ratio, 7 nids dont les durées d'incubation étaient déterminées avec précision : 3 sur la grande Kuriat et 4 sur la petite Kuriat. Malheureusement plusieurs thermomètres ont disparu suite à l'inondation ou à la perte des nids. Les résultats concernant les durées d'incubation et les températures moyennes dans les différents nids ainsi que les estimations des sex-ratios par les deux méthodes sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Informations et estimation de la sex-ratio dans différents nids étudiés sur les îles Kuriat (2014)

Nid	Durée d'incubation	Température d'incubation	Sex-ratio (T°)	Sex-ratio (DI)
GK2	62	28,7	0	0
GK3	58	28,1	0	10
GK7	60	28,6	0	0
PK2	63	28,3	0	0
PK5	56	28,1	0	80
PK6	54	29,6	44	99
PK8	59	29,4	18	2
Moyenne			9,0	27,4
Ecartype			17,0	43,2

Les estimations de la sex-ratio sur les îles Kuriat en 2014 varient entre 0% (% de femelle) et 44% si l'estimation est basée sur la température d'incubation et entre 0% et 99% si l'estimation est basée sur la durée d'incubation. L'analyse montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux méthodes (Test Kruskal-wallis : $H=0,8$; $P=0,32$). Ces résultats viennent confirmer ceux de 2013 montrant une sex-ratio biaisée vers les mâles contrairement à la tendance générale au niveau de la Méditerranée et globalement. Toutefois, cette tendance est similaire à celle trouvée en Sicile (Casale et al., 2012), un site proche du territoire tunisien.

7. Sources de nuisance

Les îles Kuriat se prêtent bien à la nidification de la caouanne, elles représentent actuellement le site le plus important en Tunisie avec une régularité du phénomène. Toutefois, elles connaissent certains problèmes dont les plus importants résident dans :

- Fréquentation humaine : les îles Kuriat et particulièrement la petite Kuriat, sont très fréquentées pendant l'été par les touristes et les estivants surtout pendant la période de nidification de la tortue marine. Les nids peuvent être perturbés surtout en notre absence.



Principale plage de nidification sur la petite Kuriat

- Activité pêche : l'activité pêche est intense autour des îles Kuriat. Les filets de pêche posés près des côtes gênent les femelles nidifiantes et forment des barrages pour les nouveau-nés qui peuvent finir émaillés dans ces filets après leur émergence.



Activité pêche en face de la plage de nidification sur la grande Kuriat

- Elevage des chèvres : Un troupeau de chèvres avec un nombre important est élevé sur la grande Kuriat. Depuis l'apparition de ce troupeau, il y a environ 10 ans, le paysage terrestre a complètement changé et une catastrophe bio-écologique est apparente pour les connaisseurs du site surtout que ces animaux sont complètement libres. Nous citons à titre d'exemple la disparition *Pancratium maritimum* se développant sur les dunes de sable avec ses très belles fleurs et son odeur magnifique caractéristique. Cette plante est très estimée par les chèvres ce qui a provoqué sa disparition complète.



Troupeau de chèvres sur la grande Kuriat

- Invasion par le rat noir *Rattus rattus* : Sur la petite Kuriat, la présence de l'espèce date depuis longtemps. L'augmentation en nombre les dernières années est liée principalement à la disponibilité de l'alimentation, une conséquence de la présence des campements touristiques et de la fréquentation importante par les pêcheurs et les estivants. Sur la grande Kuriat, nous avons constaté la présence du rat pour la première fois en 2013. Le rat n'a jamais été observé depuis le début de notre monitoring du site en 1997. Il s'agit donc d'une invasion récente qui pourrait être liée à l'approvisionnement en orge des animaux des militaires. Vue le caractère omnivore et

opportuniste des rats noirs avec leur fort pouvoir de reproduction et d'invasion, leur présence dans un écosystème insulaire est très dangereuse. Les rats noirs sont connus par leur régime alimentaire à spectre large y compris les œufs d'oiseaux nidifiant, les différentes espèces de végétaux (ils attaquent surtout les racines et les bulbes à la recherche d'eau) et ils imposent une forte pression de compétition interspécifique sur la population de lapin de garenne (rongeur autochtone des îles Kuriat). Le rat noir attaque aussi les nouveau-nés de la tortue marine. Ces menaces viennent s'ajouter au pouvoir zoonotique de *Rattus rattus* en tant que vecteur de maladies infectieuses pouvant contaminer les aliments surtout dans les campements touristique de la petite Kuriat et dans notre campement sur la grande Kuriat.



Deux nouveau-nés attaqués par le rat noir sur la petite Kuriat

8. Formation et sensibilisation

Depuis le début du monitoring des îles Kuriat en 1997, le centre de suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* accueille chaque année un nombre de volontaires et de stagiaires tunisiens et étrangers de différentes institutions. Deux sessions de formations ont lieu généralement :

Une première session en Juillet pour assister aux montées des femelles nidifiantes. Au cours de cette session, les stagiaires auront l'occasion de faire les patrouilles du site, localiser et protéger les nids et mesurer et marquer les femelles nidifiantes.

Une deuxième session en août pour assister à l'émergence des nouveau-nés. Les stagiaires auront l'occasion d'ouvrir les nids, observer les différents types des œufs et faire les statistiques pour chaque nid.

Généralement, les étudiants sont invités à assister aux deux sessions pour avoir une formation complète. Cette année et pour des raisons logistiques, les deux sessions de formation ont eu lieu pendant le mois de Août. Huit étudiantes de l'INAT ont bénéficié de ces stages.

Par ailleurs, deux doctorants de la Faculté des Sciences de Sfax (FSS), et deux étudiants de l'Ecole Supérieure des Sciences et des Techniques de Sousse (ESSTSS) ont participé comme volontaires durant toute la campagne et ont participé à la réussite des activités sur les lieux.

Par ailleurs, et vu la fréquentation importante surtout de l'île petite Kuriat, le volet sensibilisation a été bien développé à travers la collaboration avec des associations de la société civile qui s'intéressent à la protection de l'environnement. Cette collaboration s'est manifestée particulièrement par l'installation d'un Kiosque de sensibilisation sur la petite Kuriat dans le cadre d'un projet intitulé « Protection de l'environnement côtier et les tortues marines sur les îles Kuriat (Tunisie) » financé par CEPF et exécuté par l'Association des Fans de la Chebba (AFC) en partenariat avec les différents institutions qui supportent l'activité sur les îles Kuriat (INSTM, APAL, CAR/ASP et FSS) ainsi que l'association notre Grand Bleu (NGB) (Planche 1). Au total, plus que 4000 visiteurs tunisiens et étrangers, 70 pêcheurs et 600 enfants ainsi que nombreuses associations ont visité ce Kiosque. Des brochures illustrant l'importance du site en tant que pôle de biodiversité marine et terrestre ainsi que la conduite à tenir sur la plage ont été distribuées au plus grand nombre. Des panneaux de sensibilisation ont été aussi érigés sur les sites de ponte de la grande et la petite Kuriat ainsi que le port de la Marina Monastir. Les enfants ont bénéficié eux aussi d'une animation et de différents cadeaux.

VI. Conclusion

Parmi les espèces de tortues marines de Méditerranée, seule la caouanne *Caretta caretta* nidifie en Tunisie. Actuellement, le site des îles Kuriat est le site de nidification le plus important dans le pays, il connaît une régularité du phénomène et bénéficie d'un monitoring depuis 1997. A cet effet, et pour protéger le site avec toutes ses caractéristiques physiques et naturelles (paysages et espèces marines et terrestres particulières), il est urgent de déclarer ces îles comme aire protégée pour contrôler ou éviter les interférences humaines. Plusieurs mesures, à caractère légal, doivent être prises pour limiter ou contrôler le débarquement du public sur les plages de ponte durant la période de nidification et celle de l'incubation des œufs.

A côté de ces mesures, la sensibilisation menée cette année sur le site à travers la collaboration avec la société civile a montré une très grande efficacité. Nous proposons de continuer cet effort et de doter le site d'un centre de formation et de sensibilisation qui fonctionne en même temps et en intime collaboration avec le centre de suivi de la nidification pour améliorer les connaissances scientifiques et atteindre les objectifs de protection.

Remerciement :

*Les auteurs remercient vivement les Directeurs Généraux de L'INSTM, de l'APAL et du CAR/ASP pour leurs soutiens au Monitoring du site de ponte de *Caretta caretta* aux îles Kuriat. Nos remerciements particuliers vont à Mme Saba Guellouze de l'APAL, Mesdames Souha El Asmi et Lobna Ben Nakhla et Mr Atef Limam du CAR/ASP qui n'ont épargné aucun effort pour améliorer nos conditions de travail sur terrain. Les auteurs tiennent aussi à remercier toute l'équipe (volontaires et stagiaires) impliquée dans le programme l'année 2014 qui, sans eux, la campagne ne pourrait réussir. L'effort de sensibilisation déployé par les différentes associations de la société civile et particulièrement les Fans de la Chebba et Notre Grand Bleu était très efficace, nos sincères reconnaissances vont à leurs différents responsables.*

VII. Références

- Baran I. and Türkozan O. (1996). Nesting activity of the Loggerhead (*Carettacaretta*) on Fethiye Beach, Turkey, in 1994. *Chelon. Cons. Biol.* 2(1) :93-95
- Broderick A.C. and Godley B.J. (1996). Population and nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, and the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, in northern Cyprus. *Zoo. Middle East.*, 13 : 27-46.
- Bull J. J. (1983). Evolution of Sex Determining Mechanism. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California.
- Carr A.F., M.H. Carr and A.B. Meylan. (1978). The ecology and migrations of sea turtles, 7. The West Caribbean Green Turtle colony. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 162:1–46.
- Casale P. and Margaritoulis D. (2010). Sea turtles in the Mediterranean: distribution, threats and conservation priorities. Gland (IUCN). 294 p.
- Casale P., G. Palilla, Salemi A., et al., (2012). “Exceptional sea turtle nest records in 2011 suggest an underestimated nesting potential in Sicily (Italy),” *Acta Herpetol.*, 7 (1):181–188.
- Demetropoulos A. and Hadjichrostophorou M. (1995). Manuel on marine turtle conservation in the Mediterranean. *UNEP (MAP) SPA/IUCN/CWS/ Fisheries Department, MANRE (Cyprus)* : 63 p., 24 plates.
- Dodd C.K. (1988). Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). *U.S. Fish. Wild. Ser. Biol. Rep.*, 88, 110 p.
- Erk' Akan F. (1993). Nesting biology of loggerhead turtles *Caretta caretta* L. On Dalyan beach, Mugla-Turkey. *Biol. Conserv.* 66, 1 – 4.
- Frazer N.B. (1984). A model for assessing mean age-specific fecundity in sea turtle populations. *Herpetologica*. 40: 281–291
- Godfrey M. H. and Mrosovsky N. (1997). Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest. *Chel. Conser. Biol.* 2: 581-585.
- Hays G. C., and Speakman J. R. (1991). Reproductive investment and optimum clutch size of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *J. Anim. Ecol.*, 60:455–462.
- Hirth F. (1980). Some aspects of the nesting behaviour and reproductive biology of sea turtles. *Amer. Zool.*, 20 : 507-523.
- Jribi I. and Bradai M.N. (2014). Sex ratio estimations of loggerhead sea turtle hatchlings at Kuriat islands, Tunisia. Can minor nesting sites contribute to compensate globally female biased sex ratio? *Sci. World J.* Volume 2014, 8 pages

- Jribi I., Bradai M.N. and Bouain A., (2006). The loggerhead turtle nesting activity in Kuriat islands (Tunisia): Assessment of nine years monitoring. *Marine turtle Newsletter*. 112:12-13
- Laurent L., Nouria S., Jeudy De Grissac A. et Bradai, M.N. (1990). Les tortues marines de Tunisie : *Premières données*. *Bull. Soc. Herp. Fr.* 53 : 1-17.
- Margaritoulis D. (1982): Observations on loggerhead sea turtle *Caretta caretta* activity during three nesting seasons (1977-1979) in Zakynthos, Greece. *Biol. Conserv.* 24: 193-204.
- Margaritoulis D. (1988). Post-nesting movement of loggerhead sea turtles tagged in Greece. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 31 (2) : 284.
- Margaritoulis D. and Rees A. (2001). The Loggerhead Turtle, *Caretta caretta*, population nesting in Kyparissia Bay, Peloponnesus, Greece : Results of beach surveys over seventeen seasons and determination of the core nesting habitat. *Zool.Middle East.*, 24: 75-90.
- Margaritoulis D., Argano R., Baran I., Bentivegna F., Bradai M.N., Caminas J.A., Casale P., De Metrio G., Demetropoulos A., Gerosa G., Godley B.J., Haddoud D.A., Houghton J., Laurent L. and Lazar B. (2003). Loggerhead turtles in the Mediterranean Sea: Present knowledge and conservation perspectives. In: A.B. Bolten and B.E. Witherington (eds.), *Loggerhead Sea Turtles*, pp. 175-198. Smithsonian Books, Washington DC.
- Mrosovsky N., and Pieau, C. (1991). Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. *Amphibia-Reptilia* 12, 169-179.
- Mrosovsky N., Kamel S., A. F. Rees, and Margaritoulis D. (2002). Pivotal temperature for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Kyparissia Bay, Greece. *Can. J. Zool.*, 80, (12). 2118–2124.
- Mrosovsky N., Kamel S., Diez C., and van Dam R. (2009). Methods of estimating natural sex ratios of sea turtles from incubation temperatures and laboratory data. *Endang. Species Res.* 8: 147-155.
- Rees A.F., Margaritoulis D. (2004). Beach temperatures, incubation durations and estimated hatchling sex ratio for loggerhead sea turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece. *Testudo* 6: 23-36.
- Türkozan O. (2000). Reproductive ecology of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, on Fethiye and Kizilot beaches, Turkey. *Chel. Conserv. Biol.* 3(4): 686-692.
- UNEP-MAP-RAC/SPA. (2007). Action Plan for the conservation of Mediterranean marine turtles. RAC/SPA (ed). Tunis, 40p. Ben Mustapha et Hattour, 1992
- Yntema C. L. and Mrosovsky N. (1980). Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica*, 36 (1) : 33-36.

Planche 1

Formation



Etudiants et volontaires participant à la campagne 2014



Session de formation sur la grande Kuriat



Planche 2

Sensibilisation





Research Article

Sex Ratio Estimations of Loggerhead Sea Turtle Hatchlings at Kuriat Islands, Tunisia: Can Minor Nesting Sites Contribute to Compensate Globally Female-Biased Sex Ratio?

Imed Jribi¹ and Mohamed Nejmeddine Bradai²

¹ Sfax Faculty of Sciences, University of Sfax, P.O. Box 1171, 3000 Sfax, Tunisia

² National Institute of Sea Sciences and Technologies, 3000 Sfax, Tunisia

Correspondence should be addressed to Imed Jribi; imed.jribi@fss.rnu.tn

Received 13 July 2014; Accepted 8 September 2014; Published 14 October 2014

Academic Editor: Veronique Martin-Jezequel

Copyright © 2014 I. Jribi and M. N. Bradai. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Hatchling sex ratios in the loggerhead turtle *Caretta caretta* were estimated by placing electronic temperature recorders in seven nests at Kuriat islands (Tunisia) during the 2013 nesting season. Based on the mean temperatures during the middle third of the incubation period, and on incubation duration, the sex ratio of hatchlings at Kuriat islands was highly male-biased. Presently, the majority of hatchling sex ratio studies are focused on major nesting areas, whereby the sex ratios are universally believed to be heavily female biased. Here we present findings from a minor nesting site in the Mediterranean, where the hatchling sex ratio was found to be male-biased, suggesting a potential difference between major and minor nesting sites.

1. Introduction

Evolutionary theory [1] suggests that male and female offspring should be produced in equal proportions (Fisherian equilibrium). There should be selective pressure for this to be the case, because if one sex became rarer, that sex would have proportionally more opportunities to reproduce and would therefore contribute a higher proportion of offspring to the gene pool. The benefit of being the rarer sex should continue until the sex ratio reaches 1:1, an “evolutionary stable strategy” [2]. “Fisherian” equilibrium however, includes the total parent’s investment until the end of the parental care period. In sea turtles the parental care ends at the egg laying phase, which means that determination of sex ratio is largely controlled by environmental parameters including the nest temperature.

Sex determination is the initial event in which undifferentiated gonads opt for either ovarian or testicular differentiation. This process in most vertebrate species is genotypic (GSD for genotypic sex determination), leaving little scope for deviation from a balanced primary sex ratio [3].

Sea turtles, like many other members of the Class Reptilia, possess temperature-dependent sex determination, or TSD (reviewed by Mrosovsky [4]). Research has indicated that sexual differentiation in TSD species is determined by the temperature at which the eggs are incubated, the crucial period being the approximate middle third of development [5, 6]. The point at which a balanced sex ratio occurs is known as the pivotal temperature; more females result from temperatures above the pivotal temperature and more males from cooler temperatures (see [7] for a review).

TSD is an important factor to consider in the conservation of the sea turtle species. Not only does this aspect of their development affect the natural populations, but should be an important consideration when designing nest relocation and hatchery programs. It is imperative that an accurate and nonlethal sexing technique is developed so that sex ratios can be monitored in conservation programs [8].

The determination of sex and, hence, the sex ratio of hatchlings are very significant basic information in marine turtle population dynamics [3, 9, 10]. It should therefore be taken into account in any conservation planning of nesting

beaches in order to conserve the "population's sexual structure" and act in an appropriate manner for the protection of these endangered reptiles, especially in the context of current global warming [11, 12]. Indeed, in species with TSD, the sex-determining pathway is extremely sensitive to temperature [13]. The transitional range of temperature within which the complement of offspring sex shifts from 100% male to 100% female (or vice versa) is generally less than 2°C and may be less than 1°C [14], while the mean warming predicted on a scale of 100 years is 2°C [15].

Investigations of the sex ratio of all three classes of loggerhead turtles (hatchlings, juveniles, and adults) have suggested prioritizing the study of the ecological effects of anthropogenic climate change on marine turtles [10]. Such studies have recently begun in the Mediterranean region, but the results cannot yet be considered conclusive at the regional population scale [9]. The loggerhead hatchling sex ratios are estimated to be female-biased on most beaches in the Mediterranean [16–20] in contrast with more balanced sex ratios in adult and juvenile [21].

Among the world's seven marine turtle species, three species are regularly observed in the Mediterranean: the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, the green turtle, *Chelonia mydas*, and the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*.

All three marine turtle species mentioned were reported in Tunisian waters, but only the loggerhead turtle is a nesting species on some beaches [22–24]. Nesting activity in Tunisia was mentioned in the literature but not based on systematic surveys [25–27]. The nesting of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) was first recorded in 1988 on the beach situated between Ras Dimas and Mahdia and on the island Great Kuriat [28], the latter of which is considered as the most important nesting site in the country [23, 24]. Few nests were sometimes laid in other beaches along the Tunisian coasts but the nesting is not regularly observed.

Since 1997, the beaches of both Great and Small Kuriat islands have been monitored, to study nesting density and protect nests, nesting females and hatchlings and to determine reproductive parameters. Despite the importance of the Kuriat islands in Tunisia, their beaches should be considered as minor Mediterranean nesting sites for the loggerhead turtle.

Studies of hatchlings sex-ratio in the Mediterranean concerned mainly major nesting sites such as Zakynthos [3] and Kyparissia Bay [29, 30] in Greece, Alagadi in Cyprus [16], Fethiye [31], Patara beaches [17] in Turkey, Sirte in Libya [19] but few studies have been conducted for minor nesting sites such as Sicily in Italy [32]. The protection and the study of these minor nesting sites are informative because they can give an appreciable contribution to sea turtle biology, both in number and in genetic diversity [24]. Moreover, minor site studies may also reveal novel sex-ratio data for the Mediterranean suggesting a much less female-biased ratio than previously believed.

Recalling the articles of the SPA protocol and the revised action plan on marine turtles in the Mediterranean [33], taking into account the new developments concerning conservation measures based on scientific groundwork, and considering the potential effects of global warming on future

population structure and on the dynamics of these endangered species [11, 12], the present study aimed to provide data on hatchling sex ratio estimation from beaches of Great and Small Kuriat, which are the most important nesting grounds for loggerhead turtles in Tunisia. Since the sex of marine turtle hatchlings cannot be assessed from external morphology as it needs direct observation of the gonads which imply to kill the individuals and since sacrificing hatchlings was not an option for ethical and conservation reasons, we used incubation duration of clutches and the mean temperatures during the middle third of the incubation period as indirect methods for predicting the sex ratios within the nests.

2. Material and Methods

The Tunisian coast spans approximately 1200 km, representing about 2.5% of the coasts of the Mediterranean (about 46000 km) [34]. In the north, most of coasts are rocky while in the centre and in the south, the coasts are mostly sandy with a very large continental shelf in the Gulf of Gabes.

The Kuriat islands are situated in the centre of Tunisia (Figure 1) (35° 48' 05" N, 11° 02' 05" E) and lie 18 km from the coast of Monastir. They consist of two small islands: the Small Kuriat (Kuria Sgira) which is ca. 0.7 km² and the Great Kuriat (Kuria Kbira) which is ca. 2.7 km² in area. Small Kuriat has a total of 1500 m of sandy beach situated in the north-eastern and east parts of the island whereas the rest of the coastline is rocky or marshy. Almost one-third of the Great Kuriat shoreline is rocky and large deposits of sea grass, *Posidonia oceanica*, and detritus further restrict the accessible nesting sites particularly in the south and the south-western beaches. The principal nesting beach lies on the western and southern coast and it is almost 3000 m in length.

The nesting season in Kuriat islands generally starts at the beginning of June and ends at the middle of August. Deposition of nests occurred in June and mainly in July, whereas nesting in August remains rare [24]. The fieldwork was conducted during the summer months of 2013 on the beaches of both Great and Small Kuriat. Nesting and hatching activity were observed over the beaches as part of the long-term monitoring undertaken by the Tunisian Sea Turtle Programme (TunSTP) since 1997 following a convention signed every year between the National Institute of Sea Sciences and Technologies (INSTM), the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA), and the Agency of Protection and Management of the Littoral (APAL). The beach is surveyed throughout the nesting season, on both islands. A team of three to four persons (researchers, students, and volunteers) is permanently present during the season in order to record female laying or hatchlings emergence dates. Each nest was located by walking on the beach and the precise GPS position was recorded in order to locate the nest and identify its first hatchling emergence date. For the purpose of this study, incubation duration is defined as the period in days between observation of the newly laid nest and the first record of emergence, by either direct observation of hatchlings or their crawl tracks emerging from nests.

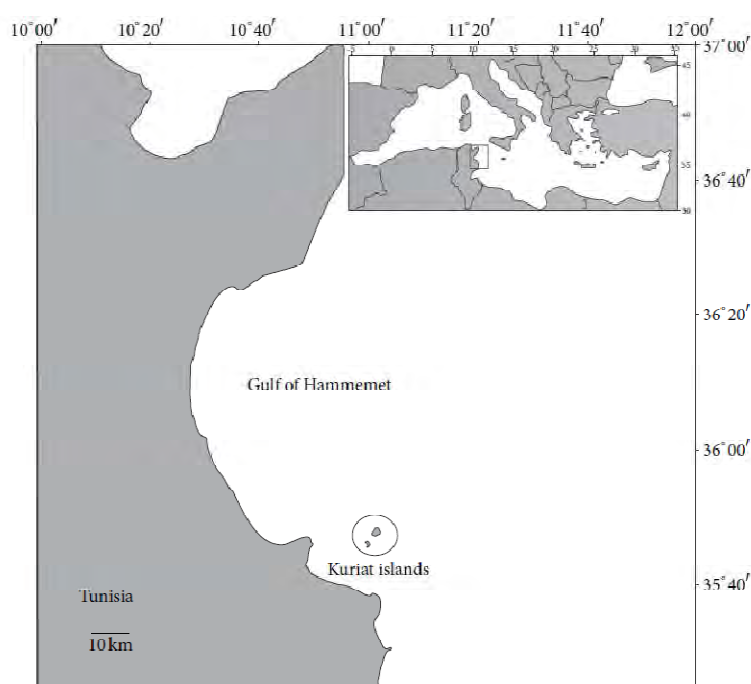


FIGURE 1: Geographic position of Kuriat islands.

Temperatures in seven loggerhead turtle nests were examined using a Hobo data logger Pendant UA Temp/Alarm (Prosensor, Fr) from July to September 2013 on beaches of Small and Great Kuriat (when most clutches are in their thermosensitive stage for sex determination). In order to cover the entire nesting site so that the study could be representative of the area, the data loggers were distributed to the beaches according to the nesting densities of previous four seasons: 4 in Great Kuriat and 3 in Small Kuriat. Within each nesting beach, nests were selected so that the data loggers were homogeneously spread along the beach length. Furthermore, the locations of studied nests were also chosen within the area of mean distance from the wave line, based on data of nests laid at previous seasons. In all cases temperature data loggers were placed into the centre of the nests before the start of the second third of the incubation period either during the egg-laying, in the following morning or a few days after the discovery of the nest. In this latter case, to avoid disturbing the nest, a small hole was made adjacent to the egg chamber, without excavating the nest, 3-4 eggs were carefully removed in order to place the data logger and then they were returned to their initial positions, with the exact orientation. Temperatures at three levels (top, middle, and bottom) in two nests were also recorded.

In order to study the effect of metabolic heating, a second temperature data logger was buried adjacent to each nest (approximately 1 m from the nest at the same depth and the same distance from the sea). All loggers were programmed to record a reading every 15 minutes.

Nest contents were excavated within a specific period after the first hatchling emergence, as suggested by Adam et al. [35]; nest depths were measured and data loggers were retrieved. The total number of eggs (the number of eggs laid into the nest) and the hatching success were calculated by counting unhatched eggs, dead hatchlings in eggs, and dead hatchlings in nests. Empty eggshells (>50% complete) were characterized as successful hatching. The hatching success (%) is calculated as follows: (empty eggshells/total number of eggs) * 100. The middle third of the incubation period was calculated on the basis of the incubation period mentioned above.

Two methods were used to estimate the sex ratio of hatched loggerhead turtles. The first used the mean temperature during the middle third of the incubation period, while the second used the incubation duration. The curves used for estimation of sex ratio as functions of incubation duration and temperature during the second third of the incubation duration were those of Mrosovsky et al. [29] adapted to the field. This choice is based on the fact that turtles from Greece and those of Tunisia are part of the same Mediterranean population and have the same geographic range. It is also based on the fact that pivotal temperature in marine turtles is a relatively conservative characteristic [13, 30]. The sex ratio curve (% of females) as a function of the mean temperature during the second third of incubation duration was adapted to the field by adding 0.4°C [29], which corresponds to the difference between ambient temperature and egg temperature. The sex ratio curve (% of females) as

TABLE 1: Information on studied nests.

Nest	Laying date	Start of monitoring	Clutch size	Emergence success	Incubation duration (days)
GK4	06-07	17-07	83	50.6	57
GK6	18-07	18-07	121	60.3	63
GK7	25-07	25-07	57	0.0	57*
GK8	31-07	31-07	75	86.7	60
SK4	15-07	16-07	56	78.6	61
SK5	15-07	16-07	104	0.0	66*
SK6	19-07	21-07	98	95.9	65

GK: Great Kuriat. SK: Small Kuriat. * Day of excavating the nest.

TABLE 2: Mean temperature in study nests and adjacent sand during different incubation periods. IP, incubation period. The data loggers in sand adjacent to nests 6 and 8 in Great Kuriat were lost.

Nest	In nest				In sand			
	Total IP	First third IP	Middle third IP	Last third IP	Total IP	First third IP	Middle third IP	Last third IP
GK4	29.68	27.97	29.29	30.68	28.90	27.84	28.92	29.25
GK6	29.03	28.19	28.98	29.88	—	—	—	—
GK7	27.46	27.76	27.55	27.10	27.99	28.55	28.08	27.37
GK8	28.24	28.60	28.04	28.08	—	—	—	—
SK4	28.49	27.68	28.59	29.08	28.16	28.10	28.38	28.00
SK5	28.13	27.62	28.82	27.99	27.14	27.13	27.38	26.91
SK6	28.78	28.42	28.89	28.97	28.37	28.70	28.67	27.79

a function of incubation duration [29] was also adapted to the field by adding 4 days, which corresponds to the interval between hatching and the emergence of hatchlings at the sand surface [36]. The equations of the two curves used (after corrections) calculated by Jribi et al. [19] were used and the exact values of sex ratios were derived.

These equations are written as follows.

The equation of sex ratio as a function of temperature derived from Mrosovsky et al. [29] is written as follows:

$$Y = \frac{100.06}{1 + \text{Exp}(+188.78 - 6.37 * X)}, \quad (1)$$

where Y is the sex ratio and X is the temperature.

The equation of sex ratio as a function of incubation duration derived also from Mrosovsky et al. [29] is written as follows:

$$Y = \frac{99.88}{1 + \text{Exp}(-103.34 + 1.82 * X)}, \quad (2)$$

where Y is the sex ratio and X is the incubation duration.

3. Results

During the 2013 nesting season, 22 nests were recorded in Kuriat islands, 13 in Great Kuriat and 9 in Small Kuriat. This number exceeds slightly the average registered since the start of monitoring in 1997 (average = 16.8; SD = 8.8; N = 17). All these nests were controlled until their emergence and excavation. Table 1 presents the information on the seven studied nests.

Emergence success was null in two studied nests. In nest GK7, the majority of eggs were unhatched (90% of total) and in nest SK5, almost all embryos were dead at a late stage of embryonic development for unknown reason.

The information on temperature recorded in the studied nests and in adjacent sand is presented in Table 2. Two temperature data loggers buried in the sand were lost, their data are lacking in the table.

The mean temperature of the whole incubation period (each temperature data point recorded was used) for the 7 nests ranged from 27.46°C to 29.68°C. The maximum temperature increase during the incubation period was 6°C (for nest SK6, minimum of 24.7°C and maximum of 30.7°C).

The mean temperature in nests during the middle third of the incubation ranged from 27.6°C (Nest GK7) to 29.3°C (Nest GK4). The maximum temperature increase during this period was 2.29°C (nest SK6: minimum of 28.16°C and maximum of 30.46°C). The minimum temperature increase was 0.99°C (nest SK4: minimum of 27.96°C and maximum of 28.95°C) ignoring the nest GK7 (increase was 0.6°C) where the majority of eggs were unhatched.

The mean temperature during the incubation period increased in the middle third of the incubation period compared with the first third and continued to increase during the last third. This is not the case for the adjacent sand (control), where air temperature controls the increase and decrease in soil temperature. This evolution of the temperature is observed in the case of nests in normal conditions (Figure 2 in nest GK4, e.g.). When the conditions are not normal, the patterns become different. Figure 3 shows the temperatures in nest GK7 where the majority of eggs were unhatched and

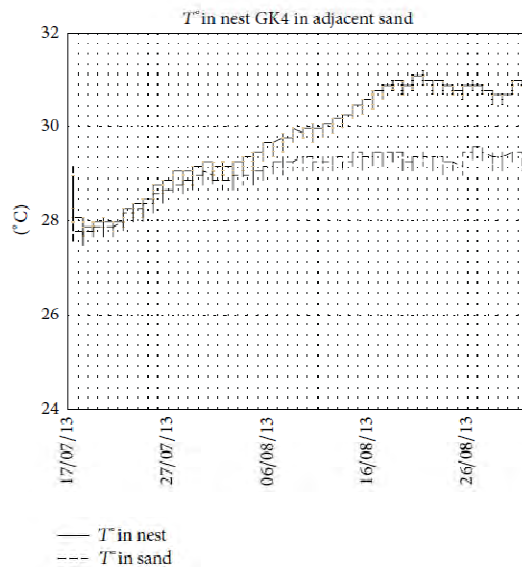


FIGURE 2: Temperatures in nest GK4 (normal nest) and in adjacent sand. Note the difference between inside and outside the nest due to metabolic heating.

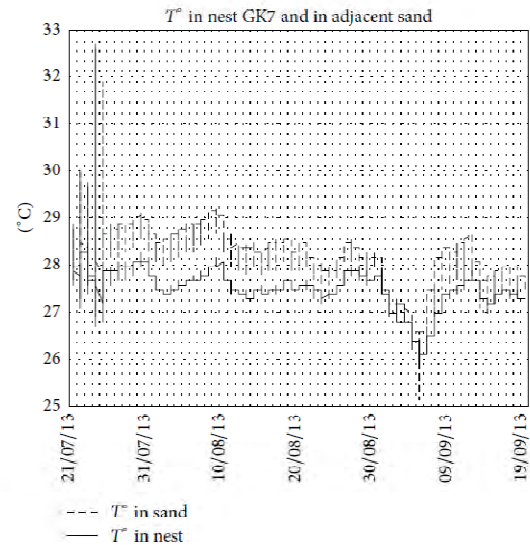


FIGURE 3: Temperatures in nest GK7 (with a majority of unhatched eggs) and in adjacent sand. Note the nest temperature is lower than outside temperature, lacking metabolic heating.

TABLE 3: Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) in different parts of the nests GK6 and GK8 during the incubation period. T, top; M, middle; B, bottom; and TSP, thermosensitive period.

Period		Mean temperature	
		Nest GK6	Nest GK8
Incubation period	T	29.19	28.64
	M	29.03	28.24
	B	28.19	27.96
Before TSP	T	28.87	29.25
	M	28.19	28.60
	B	27.44	28.33
TSP	T	29.2	28.45
	M	28.98	28.04
	B	28.1	27.81
After TSP	T	29.49	28.23
	M	29.88	28.08
	B	29.03	27.76

in adjacent sand and the Figure 4 shows the case of nest SK5 where the majority of embryos died in a late phase of development and in adjacent sand.

The study of temperature at different levels of a nest indicates, as expected, that temperatures decreased with increasing depth (Table 3). This parameter was studied in two nests (GK6 and GK8). In these two nests, no difference was recorded between temperature in the middle part of the nest

and the mean temperature of the three levels of the nest (t -test, $t = 2.76$, P value = 0.125 for nest GK6 and $t = -1.08$, P value = 0.375 for nest GK8).

Recording temperature in both the sand and the nests allowed us to compare the temperatures at the same depth in both settings. During the total incubation duration, the daily mean sand temperatures were 0.33°C to 0.99°C lower than in loggerhead nests at the same time and depth. During the middle third of the incubation period, when sex is thought to be determined, the mean temperature difference between nest and sand was 0.56°C ($n = 4$; 0.21 – 1.44°C). In nests GK7 with majority of unhatched eggs, the difference was -0.53°C .

The estimated sex ratios of hatchlings for all studied nests from equations are shown in Table 4.

The sex ratio ranged between 0% (with the two methods) and 10% (with the T° method) or 40% (with the ID method).

All nests were predicted to produce more males. With ID methods, only one nest can produce females (40%). With T° method, only one nest can produce females (10%) with three others with very low proportion (1 or 2%). Comparison of the two methods indicates that sex ratios are not significantly different ($t = -0.8765$, P value = 0.43026). Comparison of the two methods for Great Kuriat and Small Kuriat taken separately also shows that there is no significant difference; P values of the t -test for the two beaches were, respectively, 0.46 and 0.5.

The analysis of the sex ratios estimated by the two methods shows that there was no difference between the two beaches of Great Kuriat and Small Kuriat (Kruskal-Wallis test, $H = 0.125$, P value = 0.711 for the T° method and $H = 0.333$, P value = 0.414 for the ID method).

TABLE 4: Information on studied nests with estimated sex ratio (%♀).

Nest	Clutch size	Emergence success	ID	T° (middle third ID)	Sex ratio (%♀) from T°	Sex ratio (%♀) from ID
GK4	83	50.6	57	29.29	10	40
GK6	121	60.3	63	28.98	2	0
GK7	57	0.0	57	27.55	0	—
GK8	75	86.7	60	28.04	0	0
SK4	56	78.6	61	28.59	0	0
SK5	104	0.0	66	28.82	1	—
SK6	98	95.9	65	28.89	1	0
Mean	84.9	53.2	61.3	28.6	2.0	8.0

ID: incubation duration.

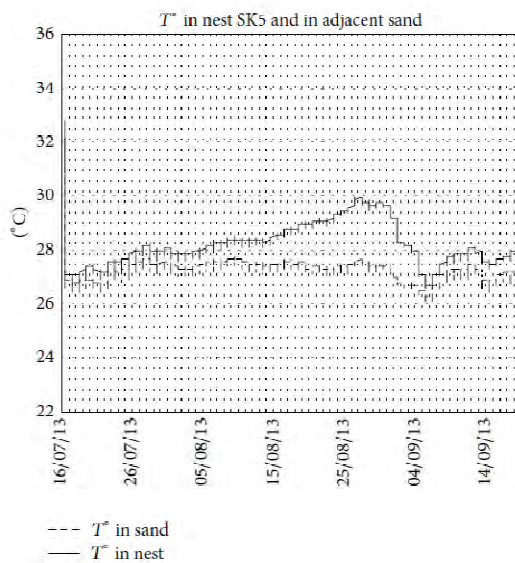


FIGURE 4: Temperatures in nest SK5 (majority of eggs with embryos died in late phase of development) and in adjacent sand. Note the lower difference between inside and outside of the nest after embryos died on 04/09/2013.

Furthermore, the analysis of the results of the sex ratio for the nests laid in early July (1–15 July) and those laid in late July (16–31 July) showed no significant differences (Kruskal-Wallis test, $H = 0.2813$, P value = 0.5784 for the T° method and $H = 0.75$, P value = 0.2207 for the ID method).

4. Discussion

Nest temperature and incubation duration are the two approaches used for estimating the sex ratios of hatchlings born in the minor nesting site of Kuriat islands, Tunisia, during the 2013 nesting season. Although the results are comparable and close, the temperature method was more accurate, because the incubation duration method was based

on the relationship between incubation duration and the temperature during the entire development period. Therefore, it is less accurate, as it is indirect and based not only on the middle third of the incubation duration when sex is thought to be determined. The other thirds may confound results in case of within clutch heterogeneous temperature regimes [19].

Temperatures from pilot experiments in two nests were measured at different parts (top, middle, and bottom). Results allowed us to claim that the mean temperature in the central part of the nest is representative of the whole nest sections. Recording only central parts of the nests therefore yielded the best estimation of sex ratios [8, 37] and allowed us to save more data loggers to be used at other nests.

During our study, we had the opportunity to monitor the temperature in nests at different states: (i) nests in normal conditions (Figure 2), (ii) nest with majority of unhatched eggs (Figure 3), and (iii) nest with majority of dead embryos at late stage of development (Figure 4). These three figures illustrate well the metabolic heating in the nest. Clutch temperatures closely followed the course of sand temperatures during the first third of incubation. The increasing discrepancy between nest and sand temperature afterwards is attributed to metabolic heating. In the absence of live embryos, there is no metabolic heating. During the middle third of incubation duration, this increase is estimated to be 0.56°C. Knowing that we measured the nest temperature at the centre of the clutch and that it has been shown, however, that temperature in loggerhead clutches is not evenly distributed [8, 37–41] and that the amount of metabolic heating is higher in the centre than at the sides of the clutch [39, 40], our results are likely to have overestimated the amount of metabolic heating experienced by the average egg. This potential bias is not likely to affect the sex ratio in Kuriat islands, as this heat increase is negligible [18].

The results of our study indicate that the primary sex ratio of hatchlings in 2013 was strongly male-biased in Kuriat islands (Tunisia). These results are in agreement with those of Casale et al. [32] in Sicily (a minor nesting site in Italy) and differ from the general pattern of producing female dominated sex ration in loggerhead marine turtle of the Mediterranean region and globally [7, 8, 12, 16, 17, 19, 30, 31, 37, 38]. These results confirm also the importance of studying minor nesting sites, because they can give an

appreciable contribution, to male hatchlings number (sex ratio) and genetic diversity [24]. At first glance and taking into account the small area of minor nesting sites in the Mediterranean, like Kuriat islands, it can be assumed that they have no significant effect on the Mediterranean female-biased hatchlings production, but knowing that majority of published studies concentrated only on major nesting sites that attract more attention for protection effort, and small number of studies investigated this phenomenon in smaller nesting sites and the fact that both sexes of juvenile and adult in Mediterranean foraging grounds in the open sea have approximately equal proportions: 50% : 50% [21], results from minor nesting sites can be important and can give some elements of answer to the difference recorded in sex ratio among the different life stages of *Caretta caretta* in the Mediterranean which provoke their study more.

Taking into account that only females come to beach to lay and show a certain fidelity to their natal nesting sites and that major nesting sites are producing mainly females, we can infer that major nesting sites remain usually major and minor nesting sites with male-biased sex ratios remaining usually minor.

It would be then very important to continue the estimation of sex ratio in Kuriat islands to see if 2013 nesting season was exceptional or if the male-biased sex ratio is a character of the site. It is also very important to extend the estimations of sex ratio in order to cover the minor nesting sites, even if scattered over long coastal tracts, because they may contribute to a better understanding of the sex ratio patterns and may also represent important areas in future scenarios of climate change [11].

Conflict of Interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Acknowledgments

The authors would like to thank Directors and staffs of the National Institute of Sea Sciences and Technologies (INSTM), the Agency of Protection and Management of the Littoral (APAL), and the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA) for support of the conservation program on Kuriat islands. Thanks are also due to the team of volunteers who presented their best to achieve this conservation program. The authors would particularly like to thank the two anonymous reviewers for corrections and constructive comments. All thanks are also addressed to Abdelmaula Hamza and Nadège Zaghoudi-Allan for the revision of English.

References

- [1] R. A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press, Oxford, UK, 1930.
- [2] J. M. Smith and G. R. Price, "The logic of animal conflict," *Nature*, vol. 246, no. 5427, pp. 15–18, 1973.
- [3] J. A. Zbinden, C. Davy, D. Margaritoulis, and R. Arlettaz, "Large spatial variation and female bias in the estimated sex ratio of loggerhead sea turtle hatchlings of a Mediterranean rookery," *Endangered Species Research*, vol. 3, no. 3, pp. 305–312, 2007.
- [4] N. Mrosovsky, "Sex ratios of sea turtles," *Journal of Experimental Zoology*, vol. 270, pp. 16–27, 1994.
- [5] C. L. Yntema and N. Mrosovsky, "Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*)," *Herpetologica*, vol. 36, no. 1, pp. 33–36, 1980.
- [6] T. Wibbels, J. J. Bull, and D. Crews, "Chronology and morphology of temperature-dependent sex determination," *Journal of Experimental Zoology*, vol. 260, no. 3, pp. 371–381, 1991.
- [7] T. Wibbels, "Critical approaches to sex determination in sea turtles," in *The Biology of Sea Turtles*, P. L. Lutz, J. A. Musick, and J. Wyneken, Eds., pp. 103–134, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2003.
- [8] J. Hanson, T. Wibbels, and R. E. Martin, "Predicted female bias in sex ratios of hatchling loggerhead sea turtles from a florida nesting beach," *Canadian Journal of Zoology*, vol. 76, no. 10, pp. 1850–1861, 1998.
- [9] P. Casale, B. Lazar, S. Pont et al., "Sex ratios of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the Mediterranean Sea," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 324, pp. 281–285, 2006.
- [10] M. Hamann, M. H. Godfrey, J. A. Seminoff et al., "Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century," *Endangered Species Research*, vol. 11, no. 3, pp. 245–269, 2010.
- [11] L. A. Hawkes, A. C. Broderick, M. H. Godfrey, and B. J. Godley, "Climate change and marine turtles," *Endangered Species Research*, vol. 7, no. 2, pp. 137–154, 2009.
- [12] M. J. Witt, L. A. Hawkes, M. H. Godfrey, B. J. Godley, and A. C. Broderick, "Predicting the impacts of climate change on a globally distributed species: the case of the loggerhead turtle," *Journal of Experimental Biology*, vol. 213, no. 6, pp. 901–911, 2010.
- [13] N. Mrosovsky, S. J. Kamel, C. E. Díez, and R. P. van Dam, "Methods of estimating natural sex ratios of sea turtles from incubation temperatures and laboratory data," *Endangered Species Research*, vol. 8, no. 3, pp. 147–155, 2009.
- [14] M. A. Ewert, D. R. Jackson, and C. E. Nelson, "Patterns of temperature-dependent sex determination in turtles," *Journal of Experimental Zoology*, vol. 270, pp. 3–15, 1994.
- [15] GIEC, "Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat," in *Équipe de rédaction principale*, R. K. Pachauri and A. Reisinger, Eds., p. 103, GIEC, Geneva, Switzerland, 2007.
- [16] B. J. Godley, A. C. Broderick, and N. Mrosovsky, "Estimating hatchling sex ratios of loggerhead turtles in Cyprus from incubation durations," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 210, pp. 195–201, 2001.
- [17] M. Öz, A. Erdogan, Y. Kaska et al., "Nest temperatures and sex-ratio estimates of loggerhead turtles at Patara beach on the Southwestern coast of Turkey," *Canadian Journal of Zoology*, vol. 82, no. 1, pp. 94–101, 2004.
- [18] J. A. Zbinden, D. Margaritoulis, and R. Arlettaz, "Metabolic heating in Mediterranean loggerhead sea turtle clutches," *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 334, no. 1, pp. 151–157, 2006.
- [19] I. Jribi, A. Hamza, A. Saied, and A. Ouergui, "Sex ratio estimations of loggerhead marine turtle hatchlings by incubation

- duration and nest temperature at Sirte beaches (Libya)," *Scientia Marina*, vol. 77, no. 4, pp. 617–624, 2013.
- [20] W. Fuller, B. Godley, D. Hodgson, S. E. Reece, M. Witt, and A. Broderick, "Importance of spatio-temporal data for predicting the effects of climate change on marine turtle sex ratios," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 488, pp. 267–274, 2013.
- [21] P. Casale, D. Freggi, F. Maffucci, and S. Hochscheid, "Adult sex ratios of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in two Mediterranean foraging grounds," *Scientia Marina*, vol. 78, no. 2, 2014.
- [22] I. Jribi, M. N. Bradai, and A. Bouain, "Quatre ans de suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* aux îles Kuriat (Tunisie)," Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, 2001.
- [23] I. Jribi, M. N. Bradai, and A. Bouain, "Marine Turtles nesting in Kuriat islands (Tunisia) in 2000," *Marine Turtle Newsletter*, vol. 96, pp. 4–6, 2002.
- [24] I. Jribi, M. N. Bradai, and A. Bouain, "Loggerhead turtle nesting activity in Kuriat Islands (Tunisia): assessment of nine years monitoring," *Marine Turtle Newsletter*, vol. 112, pp. 12–13, 2006.
- [25] L. P. Knoepffler, "Une curieuse anomalie de la carapace chez *Caretta caretta* L.," *Vie et Milieu*, vol. 13, no. 2, pp. 237–331, 1962.
- [26] R. Argano, "Preliminary report on western Mediterranean sea turtles," WWF Project 1474, 1979.
- [27] G. H. Parent, "Quelques observations écologiques sur l'herpétofaune de l'île de Djerba," *Naturel Belg*, vol. 62, pp. 122–150, 1981.
- [28] L. Laurent, S. Nouira, A. Jeudy de Grissac, and M. N. Bradai, "Les tortues marines de Tunisie: premières données," *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, vol. 53, no. 1, pp. 1–17, 1990.
- [29] N. Mrosovsky, S. Kamel, A. F. Rees, and D. Margaritoulis, "Pivotal temperature for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Kyparissia Bay, Greece," *Canadian Journal of Zoology*, vol. 80, no. 12, pp. 2118–2124, 2002.
- [30] A. F. Rees and D. Margaritoulis, "Beach temperatures, incubation durations and estimated hatchling sex ratio for loggerhead sea turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece," *Testudo*, vol. 6, pp. 23–36, 2004.
- [31] Y. Kaska, Ç. Ilgaz, A. Özdemir et al., "Sex ratio estimations of loggerhead sea turtle hatchlings by histological examination and nest temperatures at Fethiye beach, Turkey," *Naturwissenschaften*, vol. 93, no. 7, pp. 338–343, 2006.
- [32] P. Casale, G. Paililla, A. Salemi et al., "Exceptional sea turtle nest records in 2011 suggest an underestimated nesting potential in Sicily (Italy)," *Acta Herpetologica*, vol. 7, no. 1, pp. 181–188, 2012.
- [33] UNEP MAP RAC/SPA, *Action Plan for the Conservation of Mediterranean Marine Turtles*, RAC/SPA, Tunis, Tunisia, 2007.
- [34] S. Karaa, I. Jribi, A. Bouain, M. Girondot, and M. N. Bradai, "On the occurrence of leatherback turtles *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761), in Tunisian waters (Central mediterranean sea) (Testudines: dermochelyidae)," *Herpetozoa*, vol. 26, no. 1, pp. 65–75, 2013.
- [35] V. Adam, C. Tur, A. F. Rees, and J. Tomás, "Emergence pattern of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings from Kyparissia Bay, Greece," *Marine Biology*, vol. 151, no. 5, pp. 1743–1749, 2007.
- [36] M. H. Godfrey and N. Mrosovsky, "Estimating the time between hatching of sea turtles and their emergence from the nest," *Chelonian Conservation and Biology*, vol. 2, pp. 581–585, 1997.
- [37] Y. Kaska, R. Downie, R. Tippet, and R. W. Furness, "Natural temperature regimes for loggerhead and green turtle nests in the Eastern Mediterranean," *Canadian Journal of Zoology*, vol. 76, no. 4, pp. 723–729, 1998.
- [38] A. F. Rees, D. Margaritoulis, R. Newman et al., "Ecology of loggerhead marine turtles *Caretta caretta* in a neritic foraging habitat: movements, sex ratios and growth rates," *Marine Biology*, vol. 160, no. 3, pp. 519–529, 2013.
- [39] M. H. Godfrey, R. Barreto, and N. Mrosovsky, "Metabolically generated heat of developing eggs and its potential effect on sex ratio of sea turtle hatchlings," *Journal of Herpetology*, vol. 31, no. 4, pp. 616–619, 1997.
- [40] D. T. Booth and K. Astill, "Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas* (Cheloniidae) on Heron Island, Great Barrier Reef," *Australian Journal of Zoology*, vol. 49, no. 1, pp. 71–84, 2001.
- [41] J. D. R. Houghton and G. C. Hays, "Asynchronous emergence by loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings," *Naturwissenschaften*, vol. 88, no. 3, pp. 133–136, 2001.

**Centre d'Activités Régionales
pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)**

Boulevard du Leader Yasser Arafat
B.P. 337 - 1080 Tunis Cedex - TUNISIE
Tél. : +216 71 206 649 / 485 / 765
Fax : +216 71 206 490
e-mail : car-asp@rac-spa.org
www.rac-spa.org