



UNIVERSITE DE CARTHAGE  
FACULTE DES SCIENCES DE BIZERTE  
Département des Sciences de la Vie



## Mémoire

En vue de l'obtention du

**DIPLOME DE MASTER PROFESSIONNEL**

En

**Pollution et Management Environnemental**

Intitulé

Suivi de la nidification de la tortue *Caretta caretta* dans l'Aire Marine  
et Côtière Protégée Kuriat et étude de l'impact du changement  
climatique et de l'activité anthropique sur ce site de ponte

Présenté par :

**Arij SADRAOUI**

**Mr. Mustapha BEJAOU**

Président (FSB)

**Mr. Mohamed DELLALI**

Examineur (FSB)

**Mr. Samir TOUAYLIA**

Encadrant Universitaire (FSB)

**Mme. Manel BEN ISMAIL**

Encadrant Externe (NGB)

Année universitaire 2019/2020

## *Dédicace*

*A mes très chers parents Ammar et Mouna*

Qui m'ont élevé depuis ma naissance et n'ont cessé de m'offrir des moments de joie et tendresse. Leurs prières et leur amour ont été mon soutien aux moments difficiles. Que Dieu leur préserve tout le bonheur et la pleine santé.



*A mes sœurs Oumaima et Amira*

Aucune parole ne peut exprimer le profond amour que je vous porte.



*A mes amis et à tous mes proches*

Que j'ai eu le plaisir de les rencontrer. Je n'oublierai jamais tous les instants qu'on a partagés ensemble, nos moments d'angoisse et de stress mais surtout de joie et de folie.



*A toute ma famille.*

## *Remerciement*

Ce travail a été rendu possible grâce à de nombreuses personnes qui ont eu la patience et la gentillesse de me soutenir et de m'aider tout au long de ce stage.



Je remercie très chaleureusement l'association Notre Grand Bleu (NGB) pour m'avoir accueillie en stage durant 6 mois. Je remercie Dr. **Manel BEN ISMAIL** pour son encadrement, et qui m'a ouvert toutes les portes et m'a donné de précieux conseils. Je la remercie encore infiniment pour ses qualités humaines et scientifiques, pour l'attention qu'elle m'a accordée tout au long de la direction et de l'orientation de mes travaux, ainsi que pour sa contribution à la rédaction de ce projet de fin d'études.



Je souhaite remercier, de tout mon cœur, Mr. **Samir TOUAYLIA**, d'avoir accepté la charge de m'encadrer, pour son aide précieuse, pour ses conseils éclairés au long de ce travail et pour la qualité de son encadrement si sérieux.



Je remercie également mon amie Melle **Hayet BACCOUCHE**, spécialiste en géomatique, qui m'a énormément aidé et a contribué à ma formation dans le domaine des logiciels d'information géographique, ainsi que son appui et ses encouragements tout au long de cette aventure.



J'exprime ma profonde gratitude à toute l'équipe de l'association Notre Grand Bleu pour leur aide qui m'a permis de réaliser cette étude et surtout : **Sahbi DORAI, Alaeddine SAID, Ons BENZARTI et Amjed KHIAREDDINE.**

## RÉSUMÉ

Les îles Kuriat représentent un site unique par sa biodiversité marine particulière, qui inclut le site le plus important de nidification des tortues marines *Caretta caretta* en Tunisie. D'ailleurs, une nouvelle aire marine et côtière protégée est en cours de mise en place pour la conservation de telles espèces vulnérables.

L'objectif de ce travail est de faire le suivi de la nidification pour la saison estivale 2020 et mettre en évidence les principaux impacts qui peuvent affecter ce phénomène et la survie des embryons et des nouveau-nés sur la plage des îles Kuriat.

Les résultats d'observations directes et la collecte des données relatives à la côte ont montrés plusieurs changements au cours de la dernière année sur les sites de ponte. De plus, l'occupation anarchique et l'exploitation des plages ainsi que la pollution des plages compromettent partiellement la nidification des tortues marines sur les îles Kuriat.

Au final, nous avons comparé nos résultats à ceux des saisons précédentes pour identifier les menaces pouvant affecter significativement le phénomène de la nidification et le succès de l'émergence naturelle.

**Mot clé :** Tortue marine, *Caretta caretta*, AMCP Kuriat, nidification, éclosion, menaces, changement climatique, activité anthropique.

## **ABSTRACT**

The Kuriat Islands represent a unique site for its particular marine biodiversity, which includes the most important nesting site of the *Caretta caretta* sea turtles in Tunisia. Moreover, a new marine and coastal protected area is being set up for the conservation of such vulnerable species.

The objective of this work is to monitor nesting for the 2020 summer season and highlight the main impacts that may affect this phenomenon and the survival of embryos and newborns on the beach of the Kuriat Islands.

The results of direct observations and the collection of coastal data have shown several changes over the past year at the spawning sites. In addition, the anarchic occupation and exploitation of beaches as well as the pollution of beaches partially compromise the nesting of marine turtles on the Kuriat Islands.

In the end, we compared our results to those of previous seasons to identify threats that may significantly affect the nesting phenomenon and the success of natural emergence.

**Key words:** Loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, Kuriat MCPA, nesting, hatching, threats, climate change, human activity.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PRESENTATION DE L'ASSOCIATION .....	4
Synthèse bibliographique.....	5
I) Présentation des îles Kuriat.....	5
1) Zonage .....	5
2) Environnement physique.....	7
2.1. Le climat.....	7
a) Pluviométrie .....	7
b) Température.....	7
c) Le vent.....	7
2.2. Facture dynamique côtières .....	8
a) Hydrodynamique .....	8
b) Houle.....	8
c) Marée .....	8
3) Habitats et espèces marines et côtières .....	8
a) Biodiversité terrestre .....	9
b) Biodiversité marine.....	10
II) La tortue caouanne, <i>Caretta caretta</i> .....	11
1) Description.....	11
2) Habitat et répartition .....	13
3) Cycle biologique.....	14
4) La tortue caouanne aux îles Kuriat.....	15
III) Les menaces .....	17
1) Les menaces naturelles et changement climatique .....	17
a) Elévation du niveau marin et érosion côtière .....	18
b) Réchauffement climatique.....	19
2) Les menaces anthropiques .....	20
a) Fréquentation touristique.....	20
b) Pollution par le plastique.....	21
Matériel et Méthodes .....	24
I) Site d'étude : Les îles Kuriat.....	24
II) Matériel.....	24

III) Cadre de travail .....	26
IV) Méthodologie .....	27
1) Suivi de nidification.....	27
a) Patrouilles nocturnes .....	27
b) Prospection matinale .....	30
c) Localisation des nids.....	30
d) La protection du nid .....	31
2) Suivi de l'émergence .....	32
3) Surveiller les menaces naturelles.....	34
a) Surveillance de l'érosion.....	34
b) Surveillance des banquettes de Posidonie .....	35
4) Surveiller les menaces anthropiques.....	35
a) Suivi de la fréquentation .....	35
b) Suivi de la pollution .....	36
c) Suivi de la pêche .....	36
5) Traitement statistique des données .....	36
a) Etablissement des équations d'allométrie .....	36
b) Test de pente.....	37
Résultats et Discussion .....	38
I) Suivi de la nidification de la tortue marine.....	38
1) Estimation du nombre de pontes durant la saison 2020.....	38
2) Estimation du taux de réussite d'éclosion durant la saison 2020 .....	40
II) Etude de la croissance linéaire de la tortue marine .....	42
III) Comparaison de la répartition géographique des nids de la tortue caouanne sur les îles Kuriat pour les trois dernières saisons (2018, 2019 et 2020).....	42
IV) Impact des menaces naturelles sur le phénomène de nidification et le site de ponte .....	46
1) Impact du changement climatique.....	46
2) Impact de l'érosion côtière sur les sites de ponte .....	49
3) Impact des banquettes de posidonie sur les sites de ponte.....	51
IV) Impact de l'anthropisation .....	52
1) Fréquentation touristique .....	52
2) Impact des activités de pêche .....	55
Conclusion générale et Recommandations .....	57
Références .....	59
ANNEXES .....	64

## FIGURES

Figure 1. Localisation des îles Kuriat (Google Earth 2020).....	5
Figure 2. Biodiversité de l'île Kuriat.....	6
Figure 3. Plan de zonage de l'AMCP (CAR/ASP-PNUE/PAM, 2011).....	6
Figure 4. Exemples de végétation des îles Kuriat.....	9
Figure 5. Accumulation des banquettes de Posidonie sur le littoral de la grande Kuriat.....	10
Figure 6. Morphologie externe et disposition des plaques osseuses de la tortue caouanne.....	12
Figure 7. Les principaux sites de ponte de la tortue caouanne en Méditerranée (D'après Casale et al., 2018).....	13
Figure 8. Cycle de vie d'une tortue marine (d'après Miller 1997).....	14
Figure 9. Dépôt des œufs dans un nid de <i>C. caretta</i> aux îles Kuriat (NGB, 2017).....	15
Figure 10. Nouveau-né d'une tortue caouanne (NGB, 2020).....	15
Figure 11. Nombre de nids déposés annuellement sur la petite et la grande Kuriat.....	16
Figure 12. Observation de plastiques dans le tractus digestif d'une tortue marine caouanne après l'autopsie au sein de l'INSTM.....	23
Figure 13. Le mètre ruban à roulette.....	25
Figure 14. Data logger.....	25
Figure 15. Exemple d'une marque.....	25
Figure 16a. Les circuits des suivis lors des prospections aux îles Kuriat.....	27
Figure 16b. Les circuits des suivis lors des prospections aux îles Kuriat.....	28
Figure 17. Mensurations de la tortue caouanne.....	29
Figure 18. Prélèvement d'échantillons de la tortue nidifiant.....	29
Figure 19. Trace de femelle nidifiante.....	30
Figure 20. Camouflage à l'aire de ponte.....	30
Figure 21. Mesure de la distance Mer-Nid.....	31
Figure 22. Mesure de la longueur de la trace extérieure et intérieure.....	31
Figure 23. Des nids protégés et marqués.....	32
Figure 24. Protection des nids lors de l'émergence.....	32
Figure 25. Ouverture des nids.....	34
Figure 26. Suivi de l'érosion sur les îles Kuriat.....	34
Figure 27. Nombre de nids et de tortues marquées.....	38
Figure 28. Répartition géographique des nids déposés sur la petite île Kuriat durant la période de prospection de 2020.....	39
Figure 29. Répartition géographique des nids déposés sur la grande île Kuriat durant la campagne de prospection de 2020.....	40
Figure 30. Reproduction de la tortue marine au niveau des îles Kuriat.....	41
Figure 31. Rythme de croissance des deux populations de la tortue marine des îles Kuriat.....	42
Figure 32. Répartition géographique des nids de la tortue marine déposés sur la petite Kuriat durant les saisons estivales 2018 (a) et 2019 (b).....	43
Figure 33. Répartition géographique des nids déposés sur la grande île Kuriat durant les saisons estivales 2018 (a) et 2019 (b).....	45
Figure 34. Paramètres climatiques de l'année 2020.....	46



Figure 35. Paramètres climatiques de l'année 2019.....	47
Figure 36. Processus du déplacement du nid.....	48
Figure 37. Erosion côtière de la grande et la petite Kuriat.....	49
Figure 38. Evolution de ligne de la côte de la grande île Kuriat durant les années 2016-2020. ....	50
Figure 39. Evolution de la ligne de la côte de la petite Kuriat durant les années 2016-2020. ....	50
Figure 40. Dégâts de l'érosion à la base touristique « Yasmine » .....	51
Figure 41. Nombre de visiteurs de l'île de Kuriat pendant quatre ans de suivi successifs.....	52
Figure 42. Bouteille en plastique retrouvée dans un nid sur la petite île Kuriat .....	54
Figure 43. Ramassage des déchets plastiques des fermes aquacoles près du nid. ....	54
Figure 44. Les déchets des particuliers et bateliers sur la petite Kuriat (NGB, 2020).....	55
Figure 45. Filets de pêche dans la zone interdite de l'île .....	55
Figure 46. Nasses abandonnées .....	56
Figure 47. Des bébés tortues coincés dans des filets de pêches abandonnées (NGB, 2020). ....	56

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

**AMCP** : Aire Marine et Côtière Protégé.

**APAL** : Agence de Protection et d'Aménagement du littoral.

**ASP/DB** : Aires Spécialement protégées/ Diversité biologique.

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

**CCL** : Curved Carapace Length

**CCW** : Curved Carapace Width

**GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

**GPS** : Global Positioning System

**IHE** : Ingénierie de l'Hydraulique, de l'Équipement et de l'Environnement

**INM** : Institut National de Météorologie

**INSTM** : Institut National des Sciences et Technologie de la Mer

**IUCN** : International Union for Conservation of Nature

**NGB** : Notre Grand Bleu

**OMM** : Organisation météorologique mondiale

**QGIS** : Quantum Geographic Information System

**SCET** : Société Centrale pour l'Équipement du Territoire

## INTRODUCTION GENERALE

Les écosystèmes côtiers (estuaires, lagunes...) représentent des espaces naturels variés avec une forte richesse biologique considérable. Leur évolution est depuis quelques décennies, tributaire des changements climatiques et des fortes pressions anthropiques (IUCN, 2012).

C'est pour cette raison, la communauté internationale et la majorité des pays côtiers et riverains, suite aux plusieurs conférences et sommets internationaux comme la rencontre de Barcelone en 1976 pour la protection du milieu marin méditerranéen, le sommet de Montego Bay en 1982 sur le droit de la mer, le sommet de Rio de Janeiro en 1992, ont tenté d'adapter un outil de gestion des ressources naturelles comme l'AMP « Aire Marine Protégée ». Cet outil serait une réponse à l'accentuation des problèmes environnementaux qui impactent négativement les espaces marins et côtiers (érosion marine, pollution marine, menace d'extinction de certaines espèces, surexploitation des ressources marines, dégradation de la biodiversité marine, etc).

La Tunisie s'est engagée, surtout après l'adhésion à la convention de Barcelone en 1992, à créer un réseau d'aires marines protégées afin de faire face aux pressions que subissent ses zones humides et ses îles (60 îles et îlots). Quatre sites sont en projet de création en tant qu'aire marine et côtière protégée (AMCP), à savoir les îles Kneiss, l'archipel de la Galite, les îles Kuriat, et Zembra - Zembretta. Parmi ces 4 sites, les îles Kuriat ne bénéficient d'aucun autre statut de protection à ce jour.

Le CAR/ASP exécute les activités du Projet MedMPAnet en collaboration avec l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) en vue de mener une action pilote visant à la création, la planification, le zonage et le développement de la future AMCP des îles Kuriat.

Les îles Kuriat sont deux petites îles inhabitées et quasiment dépourvues d'aménagement, distantes de 2 km l'une de l'autre et situées à l'Est-Nord-Est du Cap Monastir, à environ 16 km des côtes. Elles ont des altitudes basses, ne dépassant pas 5 m. Leur géologie de surface montre essentiellement des matériaux très récents, surtout sableux, des plages, des dunes et des sebkhas, des chotts et des marais maritimes. Elles possèdent un

potentiel en termes de biodiversité terrestre et marine d'une importance environnementale avérée. Les différentes espèces faunistiques et floristiques recensées, tant au niveau du milieu terrestre que marin, présentent un haut degré de rareté et vulnérabilité (CAR/ASP - PNUE/PAM, 2011). Les îles Kuriat sont l'un des principaux sites de nidification de la tortue caouanne (*Caretta caretta*) au sud de la Méditerranée (Bradai, 2000; Jribi et al., 2001).

Il existe un total de sept espèces de tortues de mer dans le monde et, selon la liste rouge de l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN), six d'entre elles font l'objet d'une classification variant de « espèce vulnérable » à « espèce en voie de disparition » (Mazaris et al., 2017). La tortue caouanne se trouve dans la liste rouge pour les espèces vulnérables de l'IUCN (Camiñas et al., 2020).

La nidification de la tortue *Caretta caretta* sur la grande île Kuriat a été signalée pour la première fois en 1988, alors que sur la petite île Kuriat, cela n'a été fait qu'en 1993 (APAL/SCET-TUNISIE, 1999; Bradai, 2000 ; Aguir, 2009).

Le déclin des populations de tortues de mer est largement attribué aux activités humaines, notamment la pêche (Allison et al., 2009), la perte des lieux de reproduction par la modification des plages, pollution (Guzzetti et al., 2018) et la forte fréquentation touristique (Whaling, 2017). De ce fait, l'établissement d'une aire marine protégée dans les îles Kuriat semble nécessaire pour protéger et conserver l'habitat de cette espèce.

Comme chaque année et dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'Action pour la Conservation des Tortues Marines de Méditerranée, des campagnes du suivi annuel ont été faites sur les îles Kuriat par une équipe de l'association "Notre Grand Bleu", l'unité de gestion des écosystèmes littoraux en collaboration de l'Agence de la Protection et de l'Aménagement du Littoral, et l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer, avec la coordination du Centre des Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (SPA/RAC).

L'objectif général de notre étude est de fournir aux gestionnaires un diagnostic du statut de la tortue caouanne sur la grande et la petite îles Kuriat à travers le suivi de sa nidification pour la saison 2020 et la description des différentes menaces qui peuvent l'affecter.

Ce travail se présente comme suit :

- 1) Une synthèse bibliographique, décrivant la biodiversité des îles Kuriat, description de la tortue caouanne et présentant les principales menaces qui impactent négativement cette espèce.
- 2) La deuxième partie est consacrée à la méthodologie de travail.
- 3) La troisième et la dernière partie présente les principaux résultats obtenus ainsi qu'une discussion basée sur la confrontation avec d'autres travaux.

## **PRESENTATION DE L'ASSOCIATION**

L'association Notre Grand Bleu (NGB), est une association écologique scientifique. Sa création a été déclarée le 09/06/2012 dans le journal officiel de la république tunisienne numéro 69.

L'activité de l'association se déroule essentiellement sur la commune de Monastir et touche un public d'enfants, jeunes, adultes, personnes âgées, handicapés et bien évidemment la biodiversité et l'environnement marin. Sa vision consiste à préserver la vie marine méditerranéenne des activités humaines qui en dépendent et à assurer un avenir durable.

La mission de NGB est de protéger l'environnement marin, de sensibiliser les jeunes écoliers et lycéens d'une part sur l'importance de la sauvegarde de notre mer et nos ressources naturelles marines en touchant l'importance de la biodiversité marine méditerranéenne ainsi que la protection de quelques espèces en voie d'extinction ou protégées et d'autre part sur l'impact de la pollution marine et la biodégradabilité des déchets dans la mer.

L'association Notre Grand Bleu et l'APAL ont signé le 30 Mai 2017 une convention tripartite avec l'Association pour le Financement Durable des AMP de Méditerranée (The MedFUND), pour mener le projet "Le soutien à la gestion durable des îles Kuriat (Tunisie)".

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## I) Présentation des îles Kuriat

La mer Méditerranée abrite une des plus grandes quantités d'îles du monde, des îles dotées de zones humides. Celles-ci constituent des écosystèmes très riches, ils fournissent de grands services aux populations insulaires, en plus de représenter un pôle économique et touristique majeur (Ben Haj, 2018).

Monastir est une région côtière qui est située dans le centre Est de la Tunisie, une presqu'île entourée par la mer Méditerranée sur trois côtés et formant, vers le sud, le golfe du même nom, qui s'étend jusqu'au cap de Ras Dimass.

Les îles Kuriat est le nom d'un archipel tunisien constitué de deux petites îles situées à l'Est de Monastir, disposant aujourd'hui du statut de zone sensible littorale, et constituent l'un des cinq sites sélectionnés pour bénéficier du statut d'Aire Marine et Côtière Protégé (AMCP) par le programme national de création d'AMCP en Tunisie. Elles comprennent principalement une petite île ou île Conigliera (Qûrya Essaghira) d'environ 70 ha et une île plus grande « Grande Kuriat » (Qûrya El Kabira) d'environ 270 ha de superficie et d'un périmètre 6.9 km et distante d'environ 2.5 km de la première (APAL/SCET-TUNISIE, 2000). Elles ont des altitudes basses ne dépassant pas 5 m (APAL/SCET-TUNISIE, 1999, 2000).



**Figure 1.** Localisation des îles Kuriat (Google Earth 2020)

### 1) Zonage

La zonation attribue des objectifs précis à des espaces délimités et tiennent compte des objectifs fonctionnels de conservation et de leurs interférences avec les activités et les

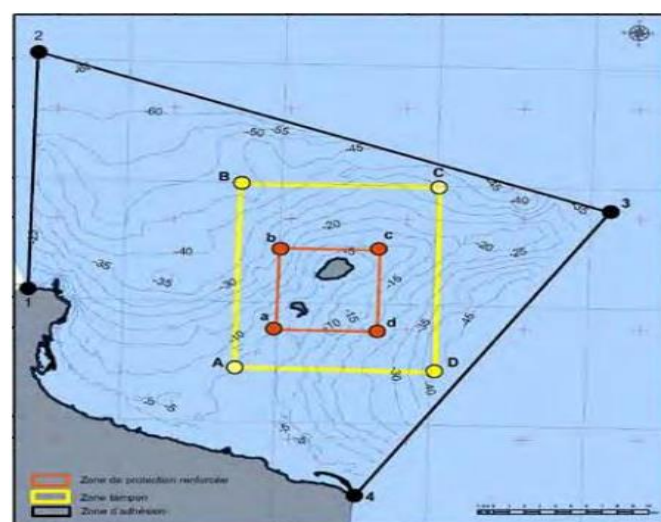
revendications humaines (activités de pêches et tourisme) dans une perspective de développement durable. La superficie totale de l'AMCP est de 84 403 ha (milieux terrestres 340 ha et milieux marins 84 063 ha) (CAR/ASP, 2014).



**Figure 2.** Biodiversité de l'île Kuriat

La partie terrestre de l'archipel présente une grande diversité d'environnements et d'habitats (fig. 2) : dunes, plateau, sebkha, plages et banquettes de Posidonie, et une diversité de faune et de flore. Ces îles constituent un écosystème vulnérable (Aguir, 2011).

La partie marine était divisée en des zones comme le montre la figure ci-dessous (fig. 3) avec des caractéristiques bio-écologiques dans le cadre du projet MedMPAnet en 2011 (CAR/ASP - PNUE/PAM, 2011).



**Figure 3.** Plan de zonage de l'AMCP (CAR/ASP-PNUE/PAM, 2011)



Les zones sont :

- ❖ Zone à protection renforcée (centrale), vouée à la conservation, où les activités y sont limitées et réglementées (pêche artisanale les plus sélectives,...).
- ❖ Zone tampon où il y a la possibilité d'exercer l'activité de pêche artisanale avec usages d'engins conformes à la loi.
- ❖ Zone de transition où peuvent se concentrer les activités humaines qui doivent se tourner vers des pratiques respectueuses de l'environnement, préserver durablement l'écosystème.

## **2) Environnement physique**

### **2.1.Le climat**

#### **a) Pluviométrie**

La zone de Monastir se situe entre les isohyètes 400 mm et 500 mm. Les pluies sont irrégulières et tombent pendant la saison fraîche, sous forme de violentes averses de durée limitée. En effet la pluviométrie du gouvernorat de Monastir varie de 280 à 400 mm par an d'après les dernières statistiques effectuées par l'Institut National de Météorologie (INM, 2010).

Les îles Kuriat enregistrent des moyennes pluviométriques plus importantes que celles de la station de Monastir.

#### **b) Température**

La température moyenne annuelle enregistrée dans la ville de Monastir est de l'ordre de 20°C.

L'amplitude thermique entre les moyennes des mois, le plus froid (janvier) et le plus chaud (juillet), est relativement modérée 15. 4°C (INM, 2010).

#### **c) Le vent**

Par leur position insulaire, les îles Kuriat sont très ventées, les situations calmes ne dépassent pas 15% des observations. Les coups de vents proviennent du secteur Nord et surviennent pendant la saison fraîche avec des vitesses souvent supérieures à 20 m/s. Les vents maxima enregistrés atteignent des vitesses considérables de l'ordre de 50 m/s (Sellami, 2010).

## **2.2.Facture dynamique côtières**

### **a) Hydrodynamique**

L'étude confiée par l'APAL au bureau d'études Ingénierie de l'Hydraulique, de l'Équipement et l'Environnement a montré qu'il y a deux régimes de circulation dominant dans la baie de Monastir (IHE, 2019) :

- ❖ Vents du secteur Ouest au Nord : l'eau rentre dans la baie du côté de la pointe de la presqu'île de Monastir au niveau d'El Ghdamsi et ressort du côté nord des îles Kuriat.
- ❖ Vent Nord-Est à Est : l'eau rentre dans la baie du côté nord des îles Kuriat avec une vitesse moyenne relativement importante et ressort avec une vitesse moyenne supérieure à 10 cm/s du côté nord de la presqu'île de Monastir.

### **b) Houle**

Sur l'ensemble de la baie de Monastir et plus particulièrement au niveau des îles Kuriat, l'agent dynamique prédominant est la houle. Au niveau des îles Kuriat, les courants côtiers générés surtout par les vents du secteur Nord-Est et Est, ils longent la série des hauts fonds reliant de l'archipel Kuriat au rivage de Teboulba (APAL, 2005).

### **c) Marée**

Dans la baie de Monastir, la marée est du type semi-diurne et de faible amplitude. Le marnage est en moyenne de 30 cm et ne dépasse pas 40 cm en vives eaux. Les courants induits, très atténués, sont de l'ordre de 5 à 10 cm/s. Ils ne jouent presque aucun rôle dans la dynamique sédimentaire (APAL, 2005).

## **3) Habitats et espèces marines et côtières**

Les îles Kuriat sont dotées d'une richesse inestimable en termes de biodiversité et considérées comme un espace remarquable, car elles sont un refuge pour plusieurs espèces rares, endémiques et menacées, d'importance majeure au niveau de la biodiversité.

Ces îles présentent plusieurs intérêts écologiques : lieux d'habitat, de nourrissage et/ ou de reproduction pour de nombreuses espèces faunistiques et floristiques aussi bien en milieu terrestre que marin, dont on note ;

## a) Biodiversité terrestre

La biodiversité terrestre renferme une grande diversité faunistique qui se compose de l'avifaune, dont les îles Kuriat est d'une importance internationale, puisqu'elles représentent à la fois une étape de passage et un lieu de nidification pour plusieurs espèces comme les laridés, les sternes et les limocoles (Aguir, 2011). Les différentes espèces fréquentent l'AMCP Kuriat sont le flamant rose (*Phoenicopterus ruber*), du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*), l'Héron cendré (*Ardea cinerea*) et le Goéland railleur (*Larus genei*) classé comme espèce vulnérable. L'herpétofaune tels que les serpents et certains mammifères terrestres comme les lapins sont aussi présents.

La diversité floristique sur les îles Kuriat se caractérise par le couvert végétal qui se répartit en trois paysages :

- \* La végétation halophile appelée aussi végétation azonale, elle est abondante sur les îles Kuriat là où le sol est salin. Cette végétation est liée à la chimie du sol et sa salinité.
- \* La végétation psammophile qui retient le sable transporté par le vent juste en arrière de la plage.
- \* La végétation ligneuse.



**Figure 4.** Exemples de végétation des îles Kuriat

## b) Biodiversité marine

La biodiversité marine des îles Kuriat renferme une richesse floristique et faunistique importante :

- **L'herbier à *Posidonia oceanica*** : C'est une plante à fleur qui vit dans des profondeurs varier entre 23 et 35 m de profondeur (Ben Mustapha et Afli, 2007) et considérée comme étant le poumon des écosystèmes marins. L'herbier de Posidonie représente des lieux de nurseries pour des nombreuses espèces animales et un grand pôle de biodiversité marine puisqu'il accueille entre 20 et 25% des espèces méditerranéennes (400 espèces végétales et 1000 espèces animales). Aussi, la *Posidonia oceanica* constitue également une source importante de nourriture pour certains herbivores (oursin, saupe...) (Ben Mustapha et Afli, 2007). Une partie de la production des feuilles de l'herbier va se retrouver, après un certain temps, détachée et déplacée par les eaux vers les plages, où elle forme des banquettes. Cet herbier permet la fixation des sédiments aux fonds marins grâce aux rhizomes qui forment une matre, et il forme aussi une barrière contre les vagues, les houles et les courants marins. Ainsi, ils protègent le littoral contre l'érosion.



**Figure 5.** Accumulation des banquettes de Posidonie sur le littoral de la grande Kuriat

- **La pelouse à *Cymodocea nodosa*** : C'est une plante à fleurs marine, se développe en milieu abrité entre la côte et les herbiers de Posidonies, près de la surface (<10 m de profondeur) dans l'aire des Kuriat, sur substrats sableux fins et grossiers et sur la roche (avec sable fin).

- **Les fonds de Maërl :** Les fonds de maërl, sont caractérisés par l'accumulation d'algues calcaires rouges corallinacées, vivant librement sur les fonds meubles infralittoraux. Les bancs se forment par accumulation de ces algues sur une épaisseur variant de quelques centimètres à plusieurs mètres. Ces algues riches en calcaire ont une croissance très lente (de 1 à 2 m/an) et sont très sensibles à l'envasement. Les bancs de maërl sont présents dans les eaux peu turbides (en accord avec l'activité photosynthétique), dans des conditions de courants propices au maintien des thalles sur le fond et à la circulation de l'eau pour éviter une trop forte sédimentation. Les bancs de maërl constituent ainsi un réservoir de biodiversité puisqu'ils constituent une zone de nurserie pour des espèces commercialement exploitées, telles que les bivalves et les jeunes stades de poissons (Guillaumont, 2009).

Elle est située dans la partie nord et rocheuse des deux îles Kuriat, à des profondeurs très faibles, de 0.5 à 7 m.

- **La grande nacre *Pinna nobilis* :** La grande Nacre est un animal plein de distinction, c'est le plus grand des coquillages méditerranéens. Il peut atteindre une longueur de 80 cm à 1 m. Les individus les plus âgés ont une vingtaine d'années (Vicente, 1986). C'est une espèce inscrite dans l'annexe II du Protocole ASP/DB. La grande nacre *Pinna nobilis* enracinée avec des densités importantes dans les herbiers de Posidonies entourant les îles Kuriat entre la surface et 35-40 m de profondeur (CAR/ASP, 2014).
- **La tortue caouanne *Caretta caretta* :** C'est l'espèce caractéristique des îles Kuriat et à laquelle nous nous sommes intéressés dans ce travail.

## II) La tortue caouanne, *Caretta caretta*

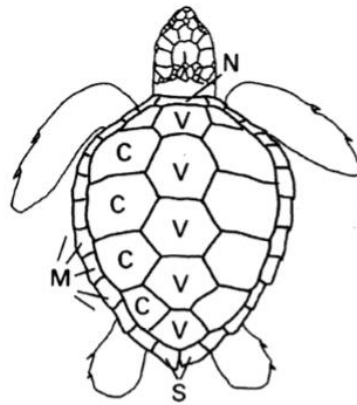
### 1) Description

Les tortues sont des vertébrés qui forment un ancien groupe de reptiles connus depuis le trias (il y a 200 millions d'années). Elles sont des reptiles amniotes à respiration pulmonaire et à température variable (poïkilothermes).

On n'en dénombre que sept espèces appartenant à deux familles : la famille des Chelonidae et la famille des Dermochelidae. La tortue caouanne « *Caretta caretta* » est l'une des six espèces de tortues marines à carapace dure, qui forment la famille des Cheloniidés (ordre des Testudines).

Cette tortue a une carapace de taille moyenne de 95 cm, pour un poids entre 60 kg et 160 kg (Lescure, 2001). A l'âge adulte, les femelles sont plus lourdes que les mâles et leurs corps est plus épais.

Le corps des tortues est enfermé dans une carapace à deux ouvertures (une antérieure, une postérieure) laissant passer la tête, les membres et la queue (fig. 6). Cette carapace, plus longue que large, est formée de plaques osseuses (ostéodermes) recouvertes d'écailles cornées, minces et contiguës. Elle est parfois décrite comme étant en forme de cœur (cordiforme).



**Figure 6.** Morphologie externe et disposition des plaques osseuses de la tortue caouanne.

**V** : plaques vertébrales ; **C** : plaques costales ; **M** : plaques marginales ; **N** : plaque nucale ;  
**S** : plaques supra-caudales (D'après Kamezaki, 2003).

La disposition et le nombre des écailles caractérisent une espèce de tortues. La caouanne possède 5 plaques latérales et 5 plaques vertébrales, entourées d'environ 25 plaques marginales (périphériques). De plus, la plaque nucale, au-dessus du cou, est adjacente aux premières plaques costales (ou latérales) (fig.6).

La couleur de son dos est brun orangé : la dossière (dessus de la carapace) peut avoir des taches claires. Le plastron (« ventre » de la tortue) est jaune pâle, tacheté d'orange, lisse et composé de grosses plaques. Une petite caouanne est entièrement brun foncé ou gris sombre, avec parfois, des pattes plus claires.

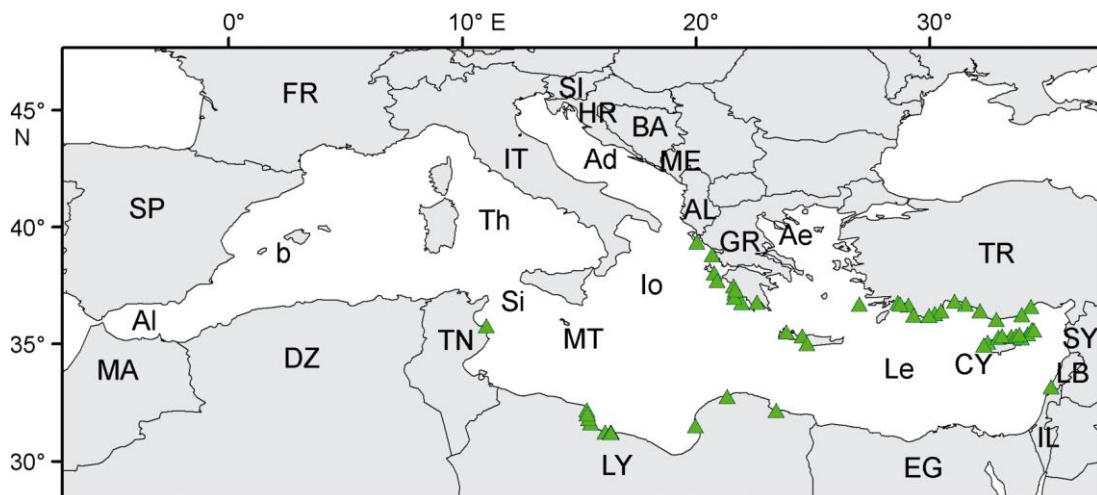
La caouanne possède une grosse tête large (jusqu'à 25 cm) et un bec plus grand que les autres espèces de tortue de mer (Dood et al., 1988).

## 2) Habitat et répartition

La tortue Caouanne a besoin à la fois d'un habitat terrestre et d'un habitat marin, mais elle passe la plus grande partie de sa vie en mer. Dès leur éclosion, les petites tortues quittent les nids creusés sur des plages sableuses pour se réfugier dans la mer. Les mâles ne reviendront jamais sur la terre ferme, alors que les femelles n'y reviendront que pour pondre leurs œufs.

La tortue caouanne vit dans toutes les mers du globe (Océans Indien, Atlantique et Pacifique, Méditerranée, tempérées et tropicales, à une distance constante des côtes et non au milieu des océans). Elle utilise à la fois les zones océaniques et néritiques de l'habitat marin. Selon la définition de Bolten, les zones océaniques sont des zones de pleine mer où la profondeur minimale est supérieure à 200 m. Les zones néritiques correspondent au plateau continental ou aux zones dont la profondeur ne dépasse pas 200 m (Bolten, 2003).

Plusieurs lieux de ponte sont connus dans le monde, y compris en Méditerranée orientale, par exemple en Turquie, Chypre, dans les îles Ioniennes (Grèce), en Tunisie, Libye et même encore en Sicile (fig.7), et récemment en Algérie (Benabdi et Belmahi, 2020).

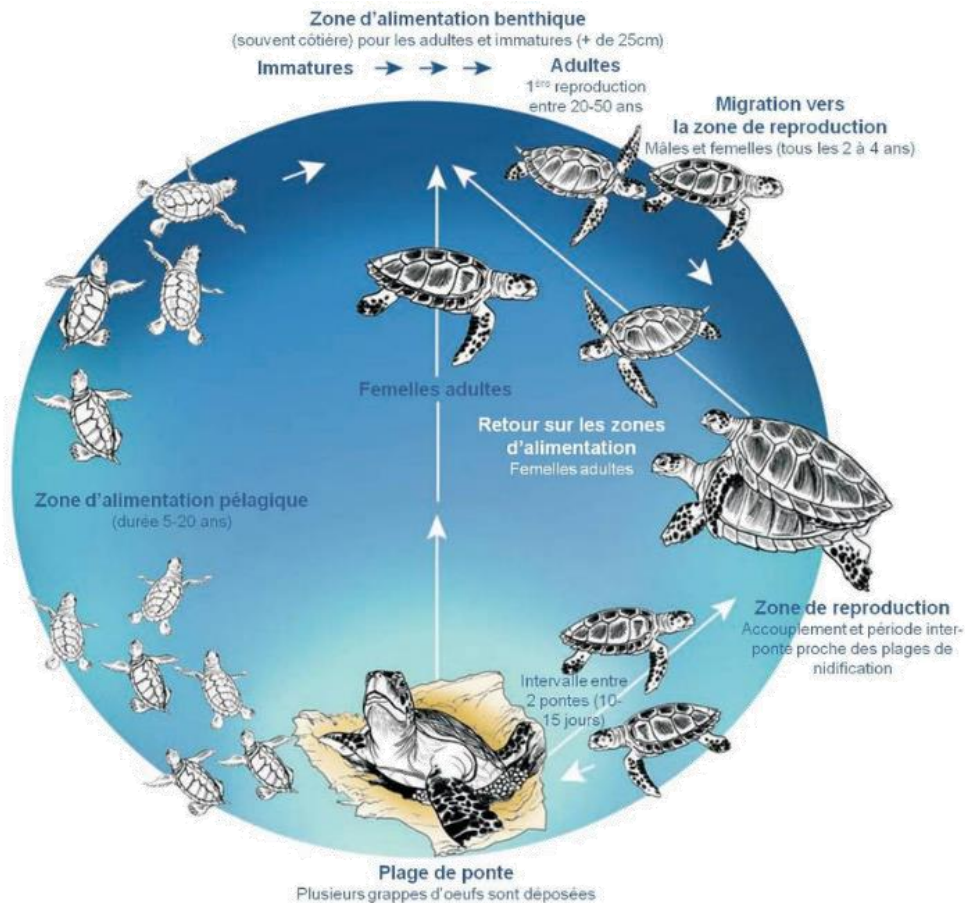


**Figure 7.** Les principaux sites de ponte de la tortue caouanne en Méditerranée (D'après Casale et al., 2018).

Les îles Kuriat sont l'un des principaux sites de nidification de la tortue marine *Caretta caretta* au sud de la Méditerranée, et de ce fait constituent un écosystème vulnérable. La nidification de *C. caretta* a été mise en évidence pour la première fois en 1988, sur la plage située entre Ras Dimas et Mahdia et sur la grande Kuriat, ensuite sur la petite Kuriat en 1993 et à la Chebba en 1994, 1995 et 2000 (Bradai, 2000; Jribi et al., 2001).

### 3) Cycle biologique

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. La figure 8 résume le cycle de vie général des tortues de mer.



**Figure 8.** Cycle de vie d'une tortue marine (d'après Miller 1997)

Les mâles ont une vie uniquement aquatique, les femelles matures ne retournent sur la terre ferme que pour pondre leurs œufs, tous les deux ou trois ans, à quelques exceptions près.

Généralement, les femelles sont relativement fidèles à leurs sites de nidification, elles doivent donc remonter sur la terre ferme afin d'y déposer leurs œufs, et qui sont incubés dans des cavités creusées dans le sable des plages, avec une moyenne de 100 œufs par nid (fig. 9). Les œufs éclosent au bout de 7 à 13 semaines d'incubation, selon la température du nid.

Le sexe des tortues dépend de la température d'incubation : lorsque cette température est supérieure à 29°C, les nouveau-nés sont majoritairement ou exclusivement femelles ; à une température inférieure à ce seuil, ils sont majoritairement ou exclusivement mâles (COSEPAC, 2010).





**Figure 9.** Dépôt des œufs dans un nid de *C. caretta* aux îles Kuriat (NGB, 2017)

L'éclosion survient pendant la nuit et les nouveau-nés utilisent la lumière ambiante pour trouver le chemin de la mer. Ils restent en zone néritique (sur le plateau continental) pendant quelques semaines ou quelque mois, et se dispersent ensuite en zone océanique en empruntant les courants marins (fig. 10).



**Figure 10.** Nouveau-né d'une tortue caouanne (NGB, 2020)

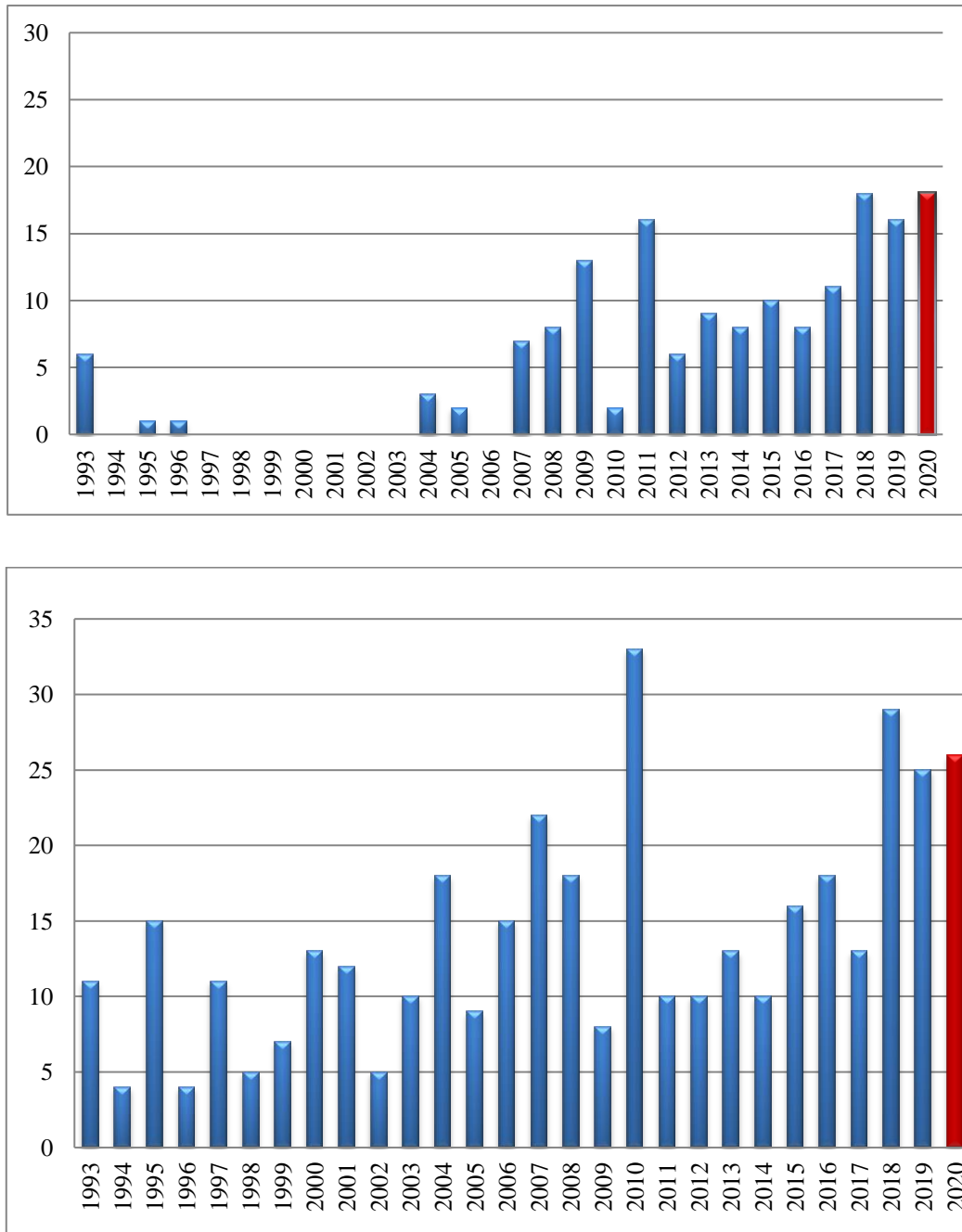
Chez la tortue caouanne, le dimorphisme sexuel devient habituellement apparent lorsque les tortues atteignent la maturité sexuelle entre 16 et 34 ans environ et la durée d'une génération est d'environ 46 ans. Pour déterminer approximativement l'âge des tortues, les chercheurs utilisent généralement la longueur en ligne droite de la dossière (en anglais Curved Carapace Length, noté CCL) pour mesurer les tortues caouannes, où une CCL de plus de 66.5 cm correspond à un âge de maturité (Dodd, 1988 ; Bolten, 1999 ; Rees, 2020).

L'espèce est carnivore et se nourrit de divers types de crustacés, de salpes, de poissons, de calmars et de méduses.

#### **4) La tortue caouanne aux îles Kuriat**

La tortue marine *C. caretta* nidifie en Tunisie principalement aux îles Kuriat et ce à partir du mois de juin jusqu'au mois d'aout, avec un pic au mois de juillet (NGB, 2019).

Les femelles, de 79,2 cm en moyenne, pondent en moyenne 91,27 œufs par nid. Les taux d'éclosion et d'émergence sont respectivement de 76,3% et 74,41% (Jribi et al., 2001). La figure 11 illustre le nombre de nids déposés sur la grande et la petite Kuriat depuis 1993.



**Figure 11.** Nombre de nids déposés annuellement sur la petite et la grande Kuriat

Actuellement, les plages de la grande Kuriat représentent le site le plus important pour la nidification en Tunisie et font l'objet avec celles de la petite Kuriat d'un monitoring, qui a commencé depuis 1997. Actuellement, ce suivi se fait dans le cadre d'une convention quadripartite entre quatre acteurs (INSTM, APAL, CAR/ASP, et NGB).

Le processus de la nidification sur les îles Kuriat et selon les observations faites par l'association, il a été entravé par plusieurs obstacles aussi bien naturels, qu'anthropiques dont on peut noter :

- Le changement climatique (érosion et immersion des nids par la marée).
- La courantologie d'eau et la formation de banquettes.
- La fréquentation humaine et les activités touristiques.
- Activités de pêche.
- Pollution par le plastique...

### **III) Les menaces**

Le nombre de tortues atteignant la maturité sexuelle est estimée à 1 pour 1000. Cette faible proportion est liée d'une part au succès à l'incubation, mais également à de forts taux de prédation. De plus, les conditions environnementales (érosion côtière, courants d'eau, etc) ont un impact direct sur la destruction des nids.

Cependant, les causes du déclin des tortues marines résultent principalement des activités humaines, telles que les activités de pêche (filets, navires,...), la consommation illégale de la chair de tortues, en plus de la pollution par le plastique.

#### **1) Les menaces naturelles et changement climatique**

Le changement climatique correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres du climat de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ce phénomène planétaire peut être dû à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou selon la grande majorité des scientifiques, dû au « forçage anthropique », c'est-à-dire l'augmentation dans l'atmosphère des gaz à effet de serre (et principalement du dioxyde de carbone) en raison des émissions produites par l'activité humaine.

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) et ONU Environnement a créé un Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 1988 en vue de fournir des évaluations détaillées de l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs potentielles et les stratégies de parade. En 2013, le GIEC a publié son cinquième rapport d'évaluation où il a clarifié que le réchauffement du système climatique est sans équivoque et que plusieurs changements notés sont sans précédent depuis des décennies, voire des millénaires : augmentation des

concentrations de gaz à effet de serre, réchauffement de l'atmosphère et des océans, diminution de la couverture neigeuse et de glace, et élévation du niveau des mers.

### **a) Elévation du niveau marin et érosion côtière**

Le littoral, interface entre Terre, Mer et Atmosphère est un milieu extrêmement dynamique.

Une élévation du niveau de la mer, observée au niveau mondial depuis plusieurs années, est directement liée au phénomène de réchauffement climatique. D'après le rapport du Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique (IPCC, 2013), les scénarios de l'élévation du niveau de la mer sont de grande inquiétude. Il est très probable que le taux moyen mondial était de 1,7 [1,5 à 1,9] mm par an entre 1901 et 2010 pour une élévation totale du niveau de la mer de 0,19 [0,17 à 0,21] m. Entre 1993 et 2010, le taux était plus élevé à 3,2 [2,8 à 3,6] mm par an.

Les observations depuis 1971 indiquent que le réchauffement des océans et la fonte des glaciers représentent 75% de l'augmentation observée au XXe siècle. Les changements dans les courants océaniques, la densité des océans et le niveau de la mer sont tous étroitement couplés, de telle sorte que les changements à un endroit impactent le niveau de la mer local et niveau de la mer loin du lieu du changement initial, y compris les changements du niveau de la mer sur la côte en réponse aux changements de température en haute mer (Landerer et al., 2007).

L'accélération du taux de l'élévation du niveau de la mer rend non seulement la possibilité d'impacts plus intenses (érosion côtière, pertes d'habitat, intrusion saline), mais pourrait aussi provoquer une disparition complète des plages sableuses. En effet, les zones littorales ont toujours présenté un grand intérêt dans le monde entier et sont, aujourd'hui, le siège d'activités multiples (loisirs, commerce, agricole). Ces zones connaissent des changements spectaculaires suite aux actions érosives des facteurs naturels (changement climatique, houle, marée, vent) et anthropiques (aménagement et constructions balnéaires). Ces facteurs sont à l'origine, en général d'un déséquilibre sédimentaire au niveau des côtes qui se manifeste par une érosion, qui est un processus progressif de dégradation et de transformation du relief côtier, plus ou moins importante et rapide.

L'érosion englobe à la fois l'ablation des roches par effet d'abrasion et de corrosion sur les côtes rocheuses (falaises et estrans rocheux), mais aussi le déplacement des sédiments meubles par les divers agents de transport sur les côtes sableuses, et enfin les dépôts de ces

sédiments dans les zones en accrétion. L'érosion côtière se traduit souvent par un recul de trait de côte et donc un déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental.

Les modifications morphologiques côtières sont devenues l'un des problèmes environnementaux les plus importants. D'ailleurs, des études ont montré que l'érosion des plages par l'urbanisation côtière aurait probablement des effets sur les schémas de nidification de tortue marine (Spanier, 2016).

Associées à l'augmentation du niveau de la mer, des perturbations du régime des marées (profondeur, température, salinité, dessiccation) et de la courantologie sont prédites ce qui provoquent la modification des voies migratoires des tortues.

## **b) Réchauffement climatique**

Les observations d'augmentation significative des températures se multiplient partout dans le monde, et les projections vont toutes dans le même sens ; la planète se réchauffe. Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toute décennie précédente depuis 1850.

Le période de 1983 à 2012 était probablement la période de 30 ans la plus chaude des 1400 dernières années. Les données de température de surface des terres et des océans combinées en moyenne mondiale calculé montrent un réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] ° C sur la période de 1880 à 2012 (IPCC, 2014).

Dans le contexte du réchauffement global, différentes études rapportent un impact du réchauffement climatique sur la biologie et la dynamique des populations de tortues marines. La modification des températures de l'air peut affecter à la fois les conditions de ponte des femelles (qui peuvent souffrir d'hyperthermie) et d'incubation des œufs. Le principal risque est la surmortalité des œufs par exemple par hyperthermie (Saba et al., 2012; Santidrián-Tomillo et al., 2014). Le sexe étant déterminé chez les tortues marines par la température au cours de l'incubation, il est possible que des biais dans les sex-ratios apparaissent, en faveur des femelles dans les zones où la température augmente, vers les mâles là où elle diminue, ce qui affecterait la capacité de reproduction de cette espèce (Hawkes et al., 2009).

Par ailleurs, en raison de leur statut d'ectotherme (dont le métabolisme est directement dépendant de la température ambiante), les tortues marines, comme la majorité des animaux marins, sont directement exposées aux effets des variations de températures atmosphériques et

océaniques (Mrosovsky, 1980; Spotila et al., 1997; Seebacher et Franklin, 2005). Leurs dépenses énergétiques et par corollaire leurs besoins alimentaires, augmentent avec la température.

Un réchauffement régional des températures de l'eau pourrait conduire, à long terme, à une diminution des ressources en nourriture, une réduction des pontes et du recrutement même si les tortues pourraient s'adapter en déplaçant leurs aires de nourrissages vers des régions plus froides (Chaloupka et al., 2008).

## **2) Les menaces anthropiques**

Les tortues marines subissent des pressions anthropiques extrêmement importantes au cours de leur cycle de vie comme la destruction directe ou la sur-fréquentation de leur site de ponte, la pollution, la prise dans des filets de pêche et le braconnage.

### **a) Fréquentation touristique**

L'industrie du tourisme est désormais perçue comme un outil incontournable pour équilibrer le développement des zones côtières et la conservation des tortues de mer (Meletis et Harrison, 2010).

La fréquentation touristique dans les régions de reproduction des tortues de mer est un problème important puisque la modification de l'environnement naturel des plages pour accueillir les touristes est une source d'impacts négatifs sur les sites de pontes, alors que, pour pouvoir pondre, les tortues nécessitent des plages sombres et calmes avec peu d'activités humaines.

Bien que les activités touristiques sur les plages n'aient pas comme objectif principal l'interaction avec les tortues de mer, elles se déroulent souvent dans des aires de reproduction de celles-ci : leur impact est indirect (Davenport et Davenport, 2006). Les impacts écologiques et sociaux de ce type d'activité sont nombreux et ont la réputation d'être surtout négatifs (Whaling, 2017). Malgré l'émergence récente du « tourisme de masse durable », les activités touristiques de plage et les infrastructures associées continuent de contribuer au déclin des populations de tortues marines à travers le monde.

La présence des touristes sur la plage peut être un facteur de dérangement par les comportements indésirables des voyageurs (feux de camp, utilisation de lampes torches, éclairage de nuit, interactions physiques avec les tortues, etc.) peuvent décourager les femelles de pondre (Tisdell et Wilson, 2003). Il peut survenir ce qui est appelé un false crawl, c'est-à-

dire que la femelle prête à pondre se rend sur la plage, mais retourne à la mer sans pondre (Gerigny et al., 2016), alors que les nouveau-nés deviennent désorientés par la lumière artificielle et peuvent s'éloigner de l'océan, les rendant plus vulnérables et diminuant leurs chances de survie (Robertson et al., 2016).

L'observation de l'émergence des nouveau-nés peut aussi avoir un impact sur les taux de reproduction, car la présence de touristes indique aux prédateurs où se trouvent les jeunes tortues (Tisdell et Wilson, 2003).

Le tourisme exacerbe aussi les problèmes de pollutions dans les régions côtières car ils ont tendance à déverser leurs déchets de plastiques et les autres débris solides sur les plages et dans l'océan. Les déchets peuvent être ingérés par les tortues et causer leur mort (Witherington et Witherington, 2015).

En plus de ce qui précède, les principales perturbations des milieux sableux proviennent des aménagements pour le développement des activités touristiques. Le prélèvement de sable entraîne la disparition des formations végétales qui fixent les dunes qui deviennent alors sensibles à l'érosion hydrique et surtout éolienne. L'anthropisation des plages pour le tourisme balnéaire (aménagements de tous ordres, bétonnage du haut de plage) entraîne un abandon des lieux de ponte des tortues marines.

## **b) Pollution par le plastique**

Les pollutions des milieux marins sont en partie dues aux dépôts de déchets souvent entreposés sur les continents ou, parfois, directement déversés dans les océans (Ryan et al., 2009).

L'industrie du plastique a développé notre économie, puisque ces matériaux sont polyvalents, durables et peu coûteux. Ils sont devenus des matériaux indispensables dans l'économie mondiale ; 322 millions de tonnes de plastique ont été produites en 2015 (Plastics Europe, 2016 ; UNEP, 2015). En contrepartie, l'impact des plastiques sur les écosystèmes marins a été constaté dès les années 1970, des « lanceurs d'alerte » ont mis en évidence la présence dans le milieu marin de débris de plastiques de l'ordre du millimètre (Carpenter et Smith, 1972 ; Carpenter et al., 1972).

En 2010, environ 4.8-12,7 millions de tonnes de plastique ont été introduites dans les environnements océaniques (Jambeck et al., 2015) et on estime que plus de 5 billions de pièces en plastique flottent dans les océans du monde (Eriksen et al., 2014).

La pollution par les déchets plastiques touche tous les océans, y compris les zones polaires. Il existe néanmoins des zones d'accumulation créées par des courants marins appelés gyres océaniques (Lebreton et al., 2012), dont la plus connue est celle dans le gyre du Pacifique Nord nommée « 7ème continent de plastique » ou « grande zone d'ordure du Pacifique ».

La Méditerranée est également très polluée par le plastique du fait de son caractère de mer semi-fermée, avec un taux de renouvellement des eaux de 90 ans, alors que la persistance des plastiques est supérieure à 100 ans (Lebreton et al., 2012). Tout plastique soumis aux conditions naturelles finit par se dégrader naturellement.

Lorsqu'un plastique se dégrade, de nombreuses microfractures peuvent se former à sa surface. Ces dernières constituent des zones de faiblesse dans le plastique et peuvent être amplifiées sous l'action des changements de température, de l'humidité ou encore de l'abrasion du sable (Andrad, 2011). À terme, des microplastiques se formeront à partir des microfractures du plastique.

La création du terme de microplastique en 2004 (Thompson et al., 2004) a rapidement induit la création de nouveaux termes en fonction de la taille de ces déchets, tels que « macroplastique » ( $d \geq 25$  mm), « mésoplastique » ( $25 > d > 5$  mm), « grands microplastiques » ( $d < 5$  mm), ou encore « nanoplastique » ( $> 1$  nm) entre la fin des années 2000 et le début 2010.

Mise à part la pollution visuelle qu'ils engendrent, les déchets plastiques touchent les organismes marins de manière directe ou indirecte à différents échelons de la chaîne alimentaire (Wright et al., 2013). Ils sont également des vecteurs de dispersion de composés toxiques qui peuvent aussi s'accumuler dans les chaînes alimentaires. En effet, des composés toxiques (hydrocarbures, pesticides, DDT, PCB et les métaux lourds par exemple Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb et Zn) peuvent s'adsorber sur les plastiques, ce qui est susceptible d'augmenter leur dispersion, leur persistance en mer et leur accumulation dans les échelons trophiques les plus élevés (Teuten et al., 2009). Ils peuvent aussi avoir divers effets nocifs sur la biodiversité marine, telles que l'altération de l'activité métabolique et reproductrice, la diminution de la réponse immunitaire, le stress oxydatif, la toxicité cellulaire, l'inflammation et le cancer (Guzzetti et al., 2018).

Les microplastiques accumulés peuvent avoir divers effets néfastes directement sur l'organisme qui les a ingérés (fig.12), elles comprennent : les blessures internes et / ou



externes, les blocages des voies intestinales qui entraînent un stress physiologique, une altération de l'alimentation et un retard de croissance, une réduction de la fertilité, de la fécondité et du taux de survie des descendants (Guzzetti et al., 2018).

Les débris plastiques constituent une menace sérieuse pour toutes les espèces de conservation telles que les tortues marines, dont les cycles de vie complexes et les comportements très mobiles peuvent les rendre particulièrement vulnérables aux impacts de la pollution plastique directement ou indirectement. Une ingestion accidentelle peut se produire lorsque des débris de plastique sont mélangés avec de la nourriture normale ou pour une erreur d'identité (les tortues sont des prédateurs visuels), tandis qu'une ingestion indirecte peut se produire lorsque des proies contaminées, telles que des mollusques et des crustacés qui ont ingéré et assimilé des microplastiques dans leurs tissus, sont mangés (Caron et al., 2015 ; Nelms et al., 2015)



**Figure 12.** Observation de plastiques dans le tractus digestif d'une tortue marine caouanne après l'autopsie au sein de l'INSTM

# MATERIEL ET METHODES

## I) Site d'étude : Les îles Kuriat

Les îles Kuriat sont des émergences de haut fonds, situées au large de la baie de Khnis au Nord-Est du cap de Monastir à environ 18 km de cette ville. La grande Kuriat est sensiblement de forme ovoïde, elle comprend trois grandes sebkhas situées à l'Est, au Sud-Ouest et à l'Ouest. Le littoral de la grande Kuriat est particulièrement touché par le phénomène d'accumulation des banquettes de Posidonie, les zones Nord-Ouest de l'île est le siège des dépôts les plus importants. La longueur totale de la banquette est estimée à 1500 m, elle est en moyenne large de 8 m et haute de 1 m (CAR/ASP, 2014).

La petite Kuriat, de forme quasi triangulaire, sans relief significative, est inhabitée. La plage sableuse, située au Nord-Est, est d'environ 1000 mètres de long, les côtes rocheuses plates occupent la majeure partie du contour de l'île. Le reste des côtes sont bordé de sebkhas.

Depuis 1997, l'accès du public à la grande Kuriat est interdit, sauf pour les cogestionnaires de l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) et l'association Notre Grand Bleu (NGB), car elle abrite une zone militaire et elle est l'un des principaux sites de nidification de la tortue caouanne (*Caretta caretta*) au sud de la Méditerranée. Cette espèce se trouve dans la liste rouge pour les espèces vulnérable de l'IUCN (Camiñas et al., 2020). L'accès à la petite Kuriat est libre. Cette île est fréquentée, notamment pendant la saison estivale, par des touristes et des plaisanciers.

## II) Matériel

Le matériel de suivi acquis pour la réalisation de ce travail a été fournis par l'association « Notre Grand Bleu » avec l'appui financier du CAR/ASP. Cet équipement, dont la liste est détaillée ci-après, est indispensable pour bien mener les missions de suivis journaliers.

- Le **GPS** (système de positionnement mondial) : Afin de conserver les coordonnées de chaque nid sur les îles Kuriat, un GPS (Gamin ETREX® 10) a été utilisé.
- Le **mètre ruban à roulette** : a été utilisé pour la mensuration de la tortue caouanne nidifiante et de sa trace, ainsi que les paramètres du nid (la profondeur, la distance mer- nid) (fig.13).



**Figure 13.** Le mètre ruban à roulette

- Le **matériel de prélèvement et d'échantillonnage** : Afin de faire des prélèvements de tissus au niveau de la nageoire et de la carapace, il est nécessaire de porter des gants en Latex, d'avoir un scalpel, une boîte d'échantillonnage stérile, et de l'alcool 75%.
- Le « **Data Logger** »: (Hobo Pendant 64K Temp/Alarm Data Logger) est un enregistreur de données destiné à surveiller les conditions de température, sur des périodes de quelques heures à plusieurs mois. Placé dans le nid, il permet de lire, d'envoyer, et de stocker les données de température de manière automatique et instantanée au cours de l'incubation, afin d'en déduire le sexe-ratio (fig. 14).



**Figure 14.** Data logger

- **Lampe torche** : Pendant les patrouilles nocturnes, une lampe torche frontale à lumière rouge est utilisée par les patrouilleurs.
- **Matériel de marquage (les marques et l'applicateur)** : Pour assurer le marquage des femelles nidifiantes, des marques métalliques (fig. 15) portant d'un côté l'adresse de l'INSTM (centre de Sfax) et d'un autre côté un numéro (TN XXXX) en référence à la Tunisie ont été utilisées. Ces marques sont employées à l'aide d'un applicateur spécifique ressemblant à une pince étau.



**Figure 15.** Exemple d'une marque

- **Fiche de suivi** : Afin de collecter le maximum d'informations, des fiches de suivi sont remplies dûment lors des pontes de tortues marines sur les plages des îles Kuriat. Cette fiche contient la date et l'heure de la patrouille, les informations de la tortue nidifiante (nom, des remarques), marquage, mensurations et les détails sur la trace observée (voir annexe).
- Le **matériel de protection des nids** : est composé d'une ardoise en bois en forme de tortue marine, comportant le nom du site (PK pour petite Kuriat et GK pour la grande Kuriat) ainsi qu'un numéro correspondant à celui du nid. Des piquets en canne à sucre sont aussi employés pour la protection.
- **Appareil photo** : pour mémoriser des photos des femelles nidifiantes, un appareil photo Nikon a été utilisé.

### III) Cadre de travail

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

Ce suivi se situe dans le cadre de la mise en œuvre du programme national sur la surveillance de la biodiversité marine et côtière en Tunisie et le plan d'action national pour la conservation des tortues marines.

Le suivi vise outre la détermination des paramètres éco-biologiques de la nidification, la protection du site de ponte, les femelles nidifiantes et les nouveau-nés ainsi que la sensibilisation des visiteurs des îles.

D'autre part, l'équipe chargée du suivi assure des sessions de formation pour les étudiants et les volontaires nationaux et internationaux sur le monitoring du site de ponte et divers aspects de la biodiversité.

## IV) Méthodologie

### 1) Suivi de nidification

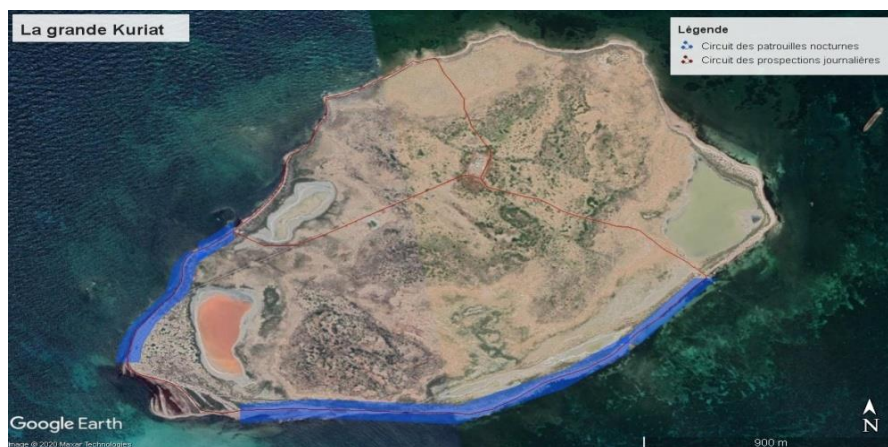
#### a) Patrouilles nocturnes

Le suivi de la nidification des tortues caouannes a été effectué pendant la saison estivale, d'une période de quatre mois dès le mois de Juin 2020 jusqu'à la fin du mois de Septembre 2020.

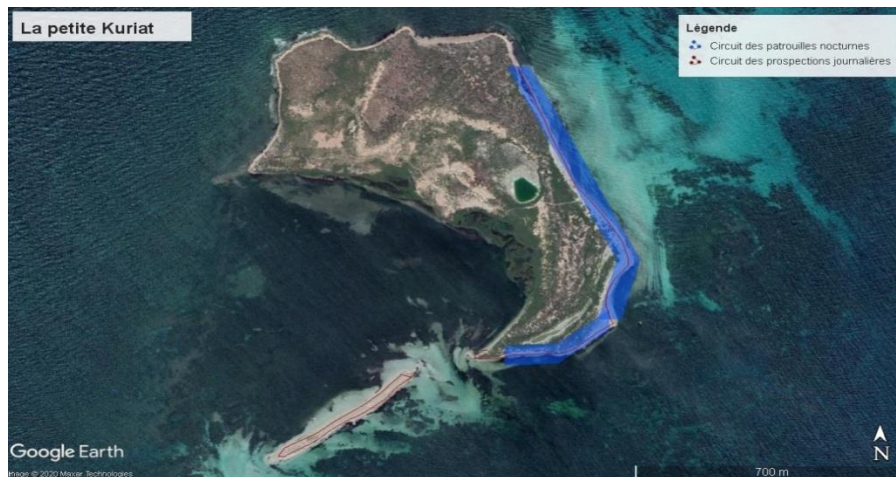
Des patrouilles nocturnes à la recherche de femelles nidifiantes ont été assurées quotidiennement sur l'ensemble des plages de la grande et la petite Kuriat susceptibles d'abriter des pontes et organisés par l'association Notre Grand Bleu (NGB) et équipe de stagiaires de l'INSTM.

Ces prospections nocturnes, assurées de façon journalière, commencent à partir de neuf heure du soir, jusqu'au lever du soleil. Une pause de 15 à 20 minutes est prise au niveau du point de départ, et similairement au niveau du point d'arrivée, avant de reprendre la patrouille. Cette approche a été appliquée pour s'assurer de croiser la majorité si ce n'est pas toutes les femelles nidifiantes sur le site, et pouvoir ainsi les marquer.

Les patrouilles nocturnes sont menées au niveau des circuits de suivis (Figure 16) par trois binômes (1 binôme par zone) sur un tronçon de 3.07 kilomètres, divisé en 3 zones sur la grande Kuriat, et un ou deux binômes sur un tronçon de 1.14 km divisé en 2 zones sur la petite Kuriat.



**Figure 16a.** Les circuits des suivis lors des prospections aux îles Kuriat



**Figure 17b.** Les circuits des suivis lors des prospections aux îles Kuriat

Au cours de ces prospections, une attention particulière est accordée aux empreintes laissées sur le sable par les tortues marines qui montent à la surface des plages la nuit pour pondre leurs œufs.

Une fois une trace de tortue marine, qui est comparable aux marques d'une roue de tracteur, est trouvée, on l'examine pour déterminer la partie correspondant à la montée de celle à la descente de la tortue.

Les traces sont divisées en trois formes :

- S'il s'agit d'une trace seule, la tortue est sur la plage à la recherche d'un emplacement favorable ou entrain de pondre ses œufs.
- S'il s'agit d'une trace en forme U, la tortue a été dérangée et donc elle est retournée à la mer.
- S'il s'agit des deux traces, la tortue a fait une tentative de nidification ou elle est toujours quelque part sur la plage en train de déposer ses œufs.

Les femelles rejoignent l'eau en s'orientant vers l'horizon le plus lumineux qui est, en condition naturelle, la mer (Mrosovsky, 1967). Pour cette raison, lors des patrouilles, il est exigé de porter des vêtements sombres et utiliser des lampes torches à lumière rouge pour ne pas perturber l'activité des tortues et leur retour à l'océan.

Lorsqu'on aperçoit une tortue qui sort de la plage, ou une trace, il faudra rester fixé à nos places, puis on suit les traces sans aucun bruit pour ne pas déranger. Les femelles nidifiantes restent d'une demi-heure à deux heures au maximum pour pondre ses œufs. Lors de la ponte, elle est comme coupée du monde, et ne réagit à aucune stimulation.



Une fois la ponte finie, et avant son retour vers la mer, la mensuration (fig. 17), le marquage, si nécessaire, et la prise des échantillons sont assurés pour la collecte de données. En effet, la femelle nidifiante observée est marquée sur les pattes antérieures par la marque métallique, dont le numéro est enregistré. Le relevé des données du marquage est essentiel pour comprendre la démographie et l'écologie de la tortue Caouanne.



**Figure 18.** Mensurations de la tortue caouanne

La longueur de carapace pour chaque femelle a également été mesurée généralement en ligne droite de la dossière (CCL) à l'aide d'un mètre ruban, quant à la largeur courbe de la carapace, elle est mesurée à l'endroit le plus large de la carapace (CCW).

Aussi, des prélèvements d'échantillons biologiques ont été réalisés afin de collecter le maximum d'informations sur ces individus par analyse génétique qui se fait à l'échelle de la Méditerranée sous la supervision du CAR/ASP. Ces échantillons sont prélevés au niveau de la nageoire et au niveau de la carapace pour la détermination de l'origine et de l'âge de l'individu marqué (fig.18).



**Figure 19.** Prélèvement d'échantillons de la tortue nidifiant

## b) Prospection matinale

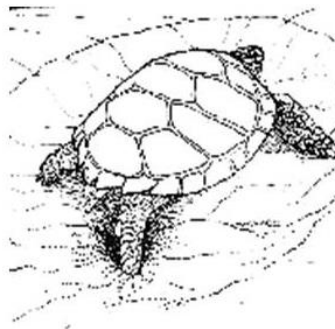
Le matin, des prospections ont été aussi effectuées à la recherche de traces de femelles (fig.19) passées inaperçues pendant la nuit. Dans un premier temps, l'équipe procédait à la recherche des traces d'aller et de retour caractéristiques, comme expliqué précédemment. Dans un second temps on s'assurait que la ponte a eu lieu par la géolocalisation du nid.



**Figure 20.** Trace de femelle nidifiante

## c) Localisation des nids

L'emplacement exact des nids est un peu difficile à retrouver une fois que la tortue ait effectué un camouflage à l'aire de ponte.



**Figure 21.** Camouflage à l'aire de ponte<sup>1</sup>

Afin de le localiser, des barres fines en aluminium ou des cannes à sucre sont utilisées par l'équipe de suivi qui les enfonçaient délicatement dans le sable de proche en proche jusqu'à trouver le nid.

---

<sup>1</sup>[https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-generalbehavior/?fbclid=IwAR00b6tEnTMsFsUbM8QAzk8ZDc8ZcygQhlsy\\_xg76SDwV6KK-T1h8sNP9bo#nest](https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-generalbehavior/?fbclid=IwAR00b6tEnTMsFsUbM8QAzk8ZDc8ZcygQhlsy_xg76SDwV6KK-T1h8sNP9bo#nest)



Une autre mesure importante faite est la « distance mer-nid » à l'aide d'un mètre ruban (fig.21), qui va du centre du nid jusqu'aux limites de l'eau. Ces mesures aident à reconnaître s'il existe un risque d'inondation des nids, pour prendre des précautions de gestion. Si c'est le cas, le nid doit être transféré vers un autre lieu plus approprié, mais au plus tard dans les vingt-quatre heures qui suivent la nidification.



**Figure 22.** Mesure de la distance Mer-Nid

La largeur de la trace extérieure et intérieure a été prise aussi pendant les patrouilles matinales, pour estimer la taille de la tortue caouanne (fig. 22).



**Figure 23.** Mesure de la longueur de la trace extérieure et intérieure

#### **d) La protection du nid**

Les nids détectés sont protégés par des cages (en cannes à sucre/ 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 (fig. 23).



**Figure 24.** Des nids protégés et marqués

## 2) Suivi de l'émergence

Lors de la découverte d'un nid, la date de ponte est estimée. La période d'incubation des œufs, déposés par les femelles, est entre 50 et 60 jours, et ceci dépend du lieu de réalisation du nid et de la température. Une fois en mer, les nouveau-nés appelés « émergences ».

Avant la fin de la période d'incubation, la protection des nids des tortues marines a été renforcée par la mise en place d'un siège de courts piquets de canne, afin d'orienter les bébés vers la mer, et éviter leur piétinement au cas où certains d'entre eux sortent pendant la journée (fig. 24).



**Figure 25.** Protection des nids lors de l'émergence

A la fin de la période d'incubation, dont la première a été au mois d'août, le creusage du nid peut être effectué si aucun signe d'émergence n'a été observé, ou si par contre, l'émergence s'est déjà passée pendant 2 à 4 jours. Les nids sont alors ouverts par l'équipe de

surveillance, afin d'aider les retardataires à rejoindre la mer et réaliser le comptage des paramètres d'éclosion. Si des nouveau-nés vivants sont trouvés lors du creusement du puits de ponte, le trou est rebouché immédiatement avec du sable humide et au moins 72 heures sont attendues avant de recommencer le creusement. Les mesures à effectuer sont les suivantes (fig. 25) :

- ✓ **Prise d'informations générales** (jour d'ouverture, heure, numéro du nid).
- ✓ **Comptage des œufs éclos** : qui correspondent aux bébés déjà sortis du nid, vivants.
- ✓ **Les œufs infertiles** : qui sont de petite taille « sans jaune » non fécondés, ou des œufs « normaux » au cours des premiers jours d'incubation ne blanchissent pas et ils ne présentent aucun signe de développement embryonnaire lorsqu'ils sont ouverts.
- ✓ **Les œufs fertiles non éclos** : reflétant une mortalité précoce. Ces sont des œufs « non développés » et les signes de développement embryonnaires sont minuscules. La mortalité est tardive, après le développement de l'embryon qui devient visible à l'œil nu.
- ✓ **Les nouveau-nés morts dans les œufs** : on observe des bébés tortues malformées ou qu'elles ne peuvent pas creuser pour monter à la surface du nid, et étouffent.
- ✓ **Mesure de la profondeur du nid.**

La collecte de ces données nous ont permis par la suite de déterminer les tailles de ponte et les différents taux de fertilité, d'éclosion et d'émergence (Rees, 2020) selon les formules suivantes :

**Taille de ponte** = Nombre des œufs + Nombre des œufs non éclos

**Taux de fertilité** = (Nombre des œufs fertiles/ Nombre totale 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





**Figure 26.** Ouverture des nids

A partir de ces calculs, il nous serait possible de faire une estimation de la réussite de l'incubation des nids, et pouvoir par la suite en déduire les conditions favorables et identifier les principales menaces pour les femelles, les nids et les nouveau-nés sur l'AMCP Kuriat.

### **3) Surveiller les menaces naturelles**

#### **a) Surveillance de l'érosion**

Les changements climatiques et l'érosion côtière sont des risques naturels qui affectent le phénomène de la nidification de tortue caouanne sur les îles Kuriat.

Un suivi de l'érosion côtière a été fait au début de la saison de nidification (fig. 26). Le protocole de suivi qui doit être assuré d'une façon régulière est le suivant :

- ✓ Localiser des points fixes tout le long des côtes et conserver les coordonnées de chaque point par le GPS.
- ✓ Mesurer à l'aide d'un mètre ruban la longueur à partir du point choisi à la limite terre/mer.
- ✓ Comparer les données collectées sur une longue période.



**Figure 27.** Suivi de l'érosion sur les îles Kuriat

Dans le présent travail, et en raison de contraintes de temps, on a utilisé les images satellitaires de la future AMCP Kuriat pour le suivi de trait de côte. Les images ont été extraites du logiciel Google Earth des années 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020. Ces images ont été traitées sous le logiciel QGIS 3.14.

## **b) Surveillance des banquettes de Posidonie**

Etant donné l'importance des banquettes de posidonie autour du site de ponte, une prospection de ces banquettes a été effectuée en collaboration avec Mr. Amjed Khiereddine, dans le cadre de son projet de fin d'étude à l'INAT.

Dans cette partie, nous avons déterminé le positionnement de ces banquettes sur les côtes de la petite et grande Kuriat.

Pour les paramètres climatiques, les informations ont été acquises à partir de la plateforme Meteoblue<sup>2</sup>.

## **4) Surveiller les menaces anthropiques**

### **a) Suivi de la fréquentation**

La petite Kuriat est un lieu fréquenté par nombreux visiteurs pendant la saison estivale alors que la grande Kuriat n'est pas accessible au grand public que sous l'autorisation de l'armée militaire. Pendant cette saison estivale, 4 opérateurs touristiques (Lac Majeur, Hannibal, Soltane et Yasmine) ont assuré leurs activités à travers l'organisation d'une journée sur la petite Kuriat via une embarcation privée.

Au cours de la saison estivale de 2020, une enquête pour le suivi de fréquentation a été effectuée entre le 18 juillet et le 02 septembre. Le principe du suivi consiste à recenser le nombre des bateaux (de plaisance et de particuliers) et des personnes arrivées sur la petite Kuriat. Le modèle des fiches de données à remplir, que ce soit pour les embarcations touristiques ou celles des particuliers, est disponible dans l'annexe.

La collecte des données a eu lieu au niveau du site d'étude. On a commencé à enquêter avec l'équipe des éco-gardes le matin, au moment où les visiteurs débarquent sur le site.

La présence de visiteurs a été principalement concentrée du côté Est et Sud-Ouest de l'île (zone Yasmine « Kerwana كروانة »). Approximativement, les visiteurs ont accès à une côte de longueur 1000 m.

---

(1) <sup>2</sup> <https://www.meteoblue.com/fr>

## b) Suivi de la pollution

Pour faire un suivi de la pollution, des tours de l'île sont effectués afin de repérer à l'œil nu les déchets pouvant être délaissés soit par certains des bateliers, ou plus fréquemment par les visiteurs particuliers.

## c) Suivi de la pêche

Les patrouilles journalières nous ont permis d'identifier différentes activités liées aux pêcheurs au sein de l'AMCP. Toute activité pouvant entraver la nidification et/ou l'émergence des bébés tortues a été notée comme observations.

## 5) Traitement statistique des données

### a) Etablissement des équations d'allométrie

La croissance relative d'un paramètre corporel par rapport à la longueur de référence est estimée par la relation d'allométrie :  $Y_i = b X_i^a$  ( $b$  : constante/  $a$  : coefficient d'allométrie).

La linéarisation se produit par une transformation logarithmique de cette équation et aboutit à l'expression mathématique suivante :  $\text{Log } Y_i = a \text{ Log } X_i + \text{Log } b$  ( $Y_i$  : valeur de la variable aléatoire pondérale ou morphométrique/  $X_i$  : longueur de référence/  $a$  : pente de la droite de régression/  $\text{Log } b$  : ordonné à l'origine).

La valeur ( $t$ ) de Student est donnée par la formule suivante :

- Soit **A** et **B** deux groupes différents à comparer.
- Soit  $m_A$  et  $m_B$  la moyenne du groupe A et celui du groupe B, respectivement.
- Soit  $n_A$  et  $n_B$  la taille du groupe A et celle du groupe B, respectivement.

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{S^2}{n_A} + \frac{S^2}{n_B}}}$$

$S^2$  est la variance commune aux deux groupes. Elle est calculée par la formule suivante :

$$S^2 = \frac{\sum(x - m_A)^2 + \sum(x - m_B)^2}{n_A + n_B - 2}$$

Pour savoir si la différence est significative, il faut tout d'abord lire dans la table  $t$ , la valeur critique correspondant au risque  $\alpha = 5\%$  pour un degré de liberté :  $ddl = n_A + n_B - 2$ .

Si la valeur absolue de  $t$  ( $|t|$ ) est supérieure à la valeur critique, alors la différence est significative. Dans le cas contraire, elle, ne l'est pas.

## b) Test de pente

Ce test permet la comparaison des pentes ( $a_1$  et  $a_2$ ) des droites de régression entre elles pour chaque caractère étudié en vue d'apprécier sa variation spatio-temporelle et en fonction des sexes. La comparaison de la valeur du **tpe** à celle de la table (1.96) permet de conclure au parallélisme ou à l'intersection des deux droites de régression :

- **tpe  $\geq 1.96$**  : différence significative de pente : droites de régression sont concourantes.
- **tpe  $< 1.96$**  : différence non significative de pente : droites de régression parallèles ou confondues.

Soient  $Y = aX + b$  ( $r$  = coefficient de corrélation de la droite de régression /  $n$  = effectif de l'échantillon).

$$\mathbf{tpe} = \frac{|a_1 - a_2|}{\sqrt{S^2(a_1 - a_2)}} \quad \text{avec ddl} = N - 4$$

$$S^2(a_1 - a_2) = \text{variance de } (a_1 - a_2) = \text{variance de } (a_1) + \text{variance de } (a_2)$$

$$S^2(a_1 - a_2) = S^2 a_1 + S^2 a_2$$

$$S^2 a_1 = S^2 y_1 (1 - r_1^2) / S^2 x_1 (n_1 - 2)$$

$$S^2 a_2 = S^2 y_2 (1 - r_2^2) / S^2 x_2 (n_2 - 2)$$

Avec  $S^2 y_1, S^2 y_2, S^2 x_1, S^2 x_2$  = les variances respectives de  $y_1, y_2, x_1, x_2$

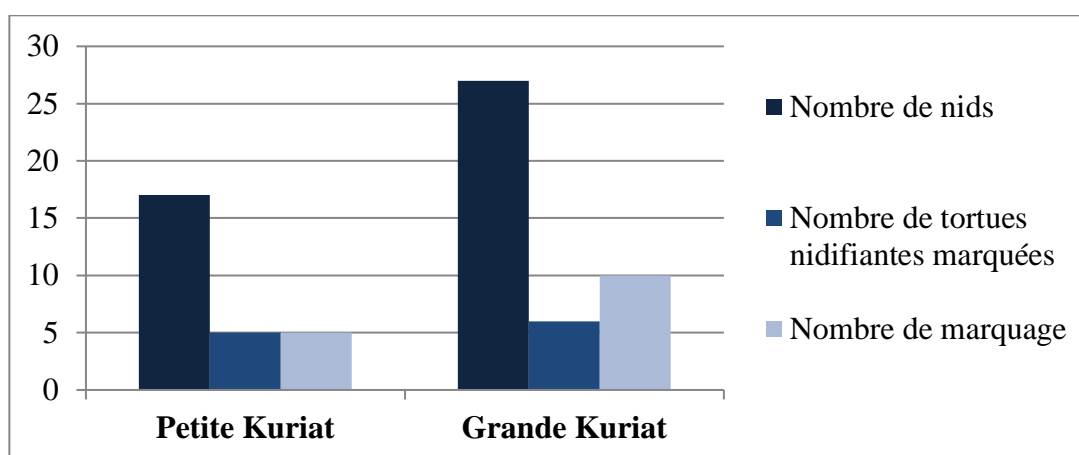
# RESULTATS ET DISCUSSION

## I) Suivi de la nidification de la tortue marine

Comme chaque année, et dans le cadre du suivi de la nidification de la tortue caouanne aux îles Kuriat, nous avons effectué des missions de prospection nocturnes et matinales journalières, sauf en cas de mauvais temps et restriction de navigation vers les îles par les autorités. Le suivi de la nidification des tortues Caouannes a duré 146 jours, du 31 Mai jusqu'à 23 octobre.

### 1) Estimation du nombre de pontes durant la saison 2020

Durant la saison de la ponte de l'année 2020 sur les îles Kuriat, 44 nids de tortues caouannes ont été recensés, et 15 femelles ont été marquées (fig. 27). Les tortues marquées avaient une longueur courbe (CCL) moyenne de 76.17cm et une largeur courbe (CCW) moyenne de 67.81 cm. Les mensurations obtenues sur les individus marqués sont en accord avec les données disponibles, stipulant que les tortues Caouanne qui nidifient en Méditerranée ont une CCL > 70 cm (Margaritoulis et al., 2003).



**Figure 28.** Nombre de nids et de tortues marquées

La première montée de la tortue *Caretta caretta* pendant la saison actuelle au sein de l'AMCP Kuriat a eu lieu le 28 Mai 2020 sur la petite Kuriat, alors que la dernière montée de la saison sur le même site a été enregistrée le 26 Juillet 2020.

La collecte des coordonnées de chaque nid, nous ont permis d'élaborer une carte de positionnement des nids pour la petite Kuriat (fig. 28). Au total, 17 nids ont été recensés sur la petite Kuriat, et 5 femelles nidifiantes ont été marquées durant les prospections nocturnes. Comme l'indique la figure ci-dessous, les nids sont repartis essentiellement sur la partie Nord-



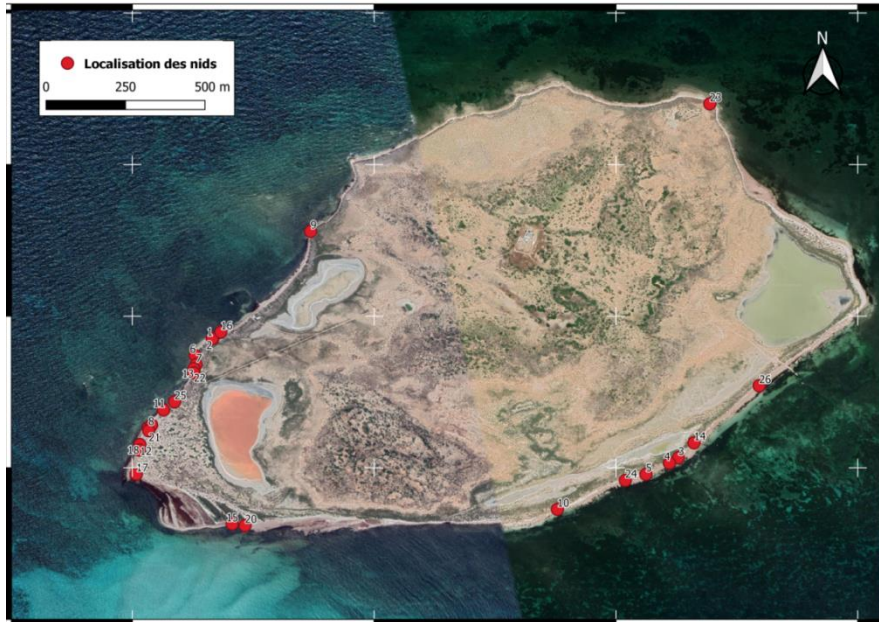
Est et Sud de l'île à faciès sableuse, contrairement à la partie septentrionale rocheuse et celle Ouest marécageuse non occupées.



**Figure 29.** Répartition géographique des nids déposés sur la petite île Kuriat durant la période de prospection de 2020

Pour la petite île Kuriat (PK), la taille de la ponte est variable entre 67 à 132 œufs/nid. Au total, 1506 œufs de tortues caouannes ont été pondus cette année.

En ce qui concerne la saison de la nidification sur la grande île Kuriat (GK), celle-ci a débuté le 12 Juin jusqu'au 30 Août 2020, avec un nombre total de nids de l'ordre de 27 nids dont la taille de la ponte varie entre 58 à 136 œufs/nid, avec un nombre total d'œufs égal à 2344. Durant les prospections nocturnes, 6 femelles nidifiantes ont été marquées. La carte de positionnement des nids pour la grande Kuriat montre que ces derniers sont repartis essentiellement sur la partie Sud-Ouest de l'île (fig. 29).



**Figure 30.** Répartition géographique des nids déposés sur la grande île Kuriat durant la campagne de prospection de 2020

Les tortues caouannes semblent préférer les plages sableuses relativement étroites et à grains grossiers (Proancha et Ehrhart, 1987), de telles constatations retrouvent les nôtres.

En Méditerranée, la taille de la ponte est variable de 1 à > 200 œufs par nid (Margaritoulis et al., 2003) ce qui se concorde avec nos résultats, avec un maximum de 136 œufs par nid pondus au niveau de la grande Kuriat.

Durant le suivi effectué, nous avons observé qu'une tortue *C. caretta* baptisée « Sabra » marquée le 20 Juillet 2019 par l'équipe de l'association, est revenue pour pondre encore une fois sur la petite île Kuriat le 29 Juin 2020. Il est à noter que selon la bibliographie, les tortues marines présentent un haut degré de fidélité au site de naissance (Bowen, 1995) et au site de la ponte (Carr et Carr, 1972 ; Carr, 1975). Les femelles ne nichent généralement pas pendant des années consécutives, mais passent plutôt un an ou plus à chercher de la nourriture dans la mer entre les années de nidifications successives. Ceci nous pousse à poser une hypothèse autour du comportement de certaines tortues, qui pourrait être soit des femelles âgées et plus expérimentées qui viennent pondre des œufs chaque année, soit que celles-ci ne migrent pas loin, et seraient-elles sédentaires, ce qui leur permettrait de revenir chaque année au site de ponte.

## 2) Estimation du taux de réussite d'éclosion durant la saison 2020

Généralement, le suivi du nombre de nids et de femelles venant pondre leurs œufs n'est pas suffisant pour connaître le statut de cette population. En effet, il est important de

quantifier la productivité de ces nids, en évaluant le nombre de bébé tortue qui survivent au processus d'incubation, et émergent de ces nids.

Dans notre étude, et afin de pouvoir déterminer le taux de réussite d'éclosion sur les plages des îles Kuriat, et par la suite en déduire l'impact des différentes menaces, nous avons entamé l'ouverture des nids (sur la petite et la grande Kuriat) pour le comptage des œufs à partir du 29 Juillet jusqu'au 23 octobre 2020.

Au niveau de la petite île Kuriat, sur les 1506 œufs pondus cette année, 1099 ont éclos, soit un taux de succès d'émergence naturel de 73%. Quant à la grande Kuriat, le taux de succès d'émergence naturel est de 67%, avec un total d'œufs éclos égale à 1620. Cette légère différence peut être liée au positionnement des nids par rapport au niveau de la mer, de nombreux nids peuvent être affectés par les tempêtes. Pour la saison 2019, 1809 bébés ont émergés, réparties sur 42 nids observées sur toute la saison de ponte avec un taux d'émergence de l'ordre de 58.29 sur la petite Kuriat et 49.82 sur la grande Kuriat. Ces résultats confirment que la qualité et la texture du sable est différente entre les deux îles, et qu'au niveau de la petite Kuriat, le taux d'émergence est meilleur.

La comparaison établie entre les deux populations des deux îles Kuriat montre de légères différences qui demeurent non significatives (fig. 30). Les valeurs du test relatives aux nombres d'œufs pondus et ceux éclos sont respectivement de 0,0298 et 0,0242 (inférieures aux valeurs table pour un ddl=40, respectivement de 2,021 et 2,021). La taille de ponte et des œufs éclos sont presque similaires pour la grande et la petite Kuriat.

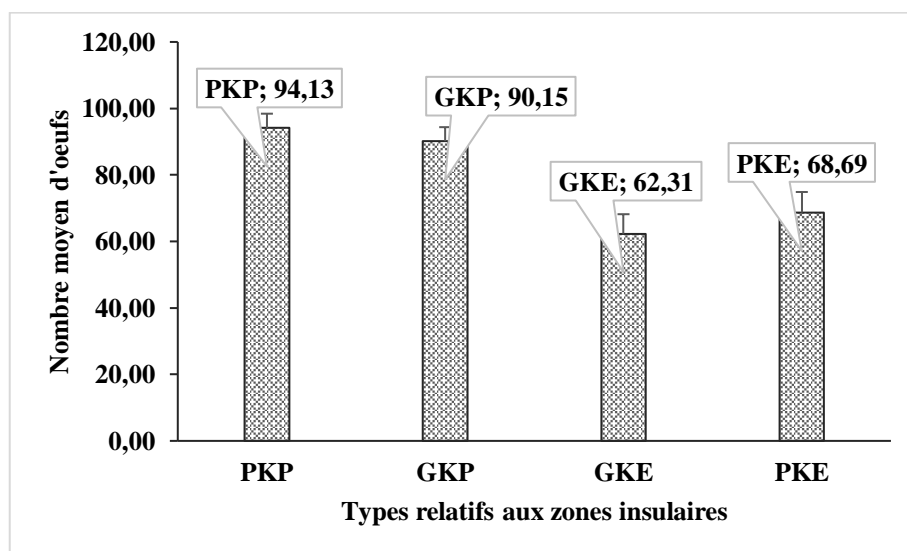


Figure 31. Reproduction de la tortue marine au niveau des îles Kuriat.

## II) Etude de la croissance linéaire de la tortue marine

La croissance de la tortue marine au niveau des deux îles Kuriat est similaire chez les deux populations suivant une isométrie (fig. 31). L'établissement d'une comparaison des tailles moyennes au moyen du test t de Student donne respectivement de 1,863 et 1,837 (inférieures aux valeurs table pour un ddl=4 de 2,77).

L'application du test de pente (tpe) de l'évolution des couples de caractères, la taille CCW en fonction de la longueur de référence CCL, donne une valeur inférieure à la valeur théorique (1,96), de l'ordre de 0,255, il n'y a donc pas de différence de taille pour les tortues nidifiantes sur les îles.

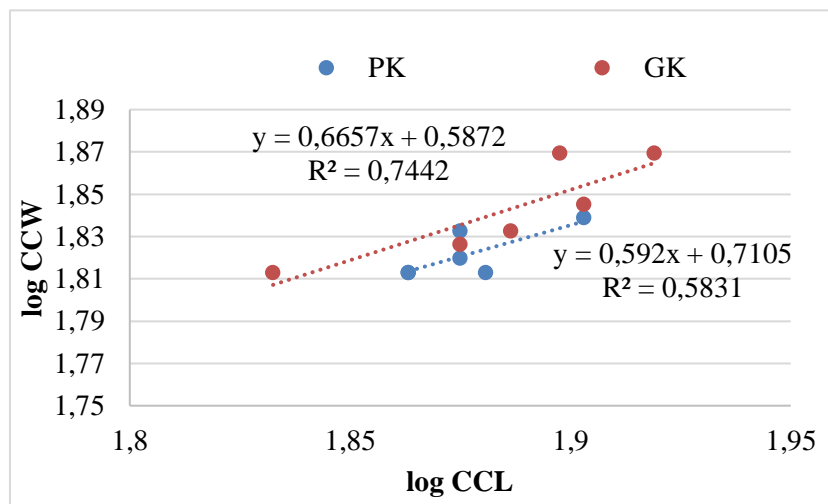


Figure 32. Rythme de croissance des deux populations de la tortue marine des îles Kuriat.

## III) Comparaison de la répartition géographique des nids de la tortue caouanne sur les îles Kuriat pour les trois dernières saisons (2018, 2019 et 2020)

Les cartes de la répartition des nids ont été faites par le logiciel QGIS 3.14 pour les années précédentes 2018 et 2019. Pour la petite Kuriat les cartes ont montrées les profils suivants, mettant en relief de légères différences tout en gardant globalement une même aire de localisation, soit la plage sableuse (Fig. 32). Plus nous comprenons comment, où et quand les tortues de mer nichent, mieux nous serons en mesure de protéger leur habitat de nidification.





**Figure 33.** Répartition géographique des nids de la tortue marine déposés sur la petite Kuriat durant les saisons estivales 2018 (a) et 2019 (b).

On remarque que le positionnement des nids est toujours dans la partie Nord-Est et Sud de l'île aussi bien pour les saisons 2018 et 2019 que cette saison 2020. De plus, le nombre des nids reste quasi le même avec 16 nids en 2019 et 17 nids en 2018.

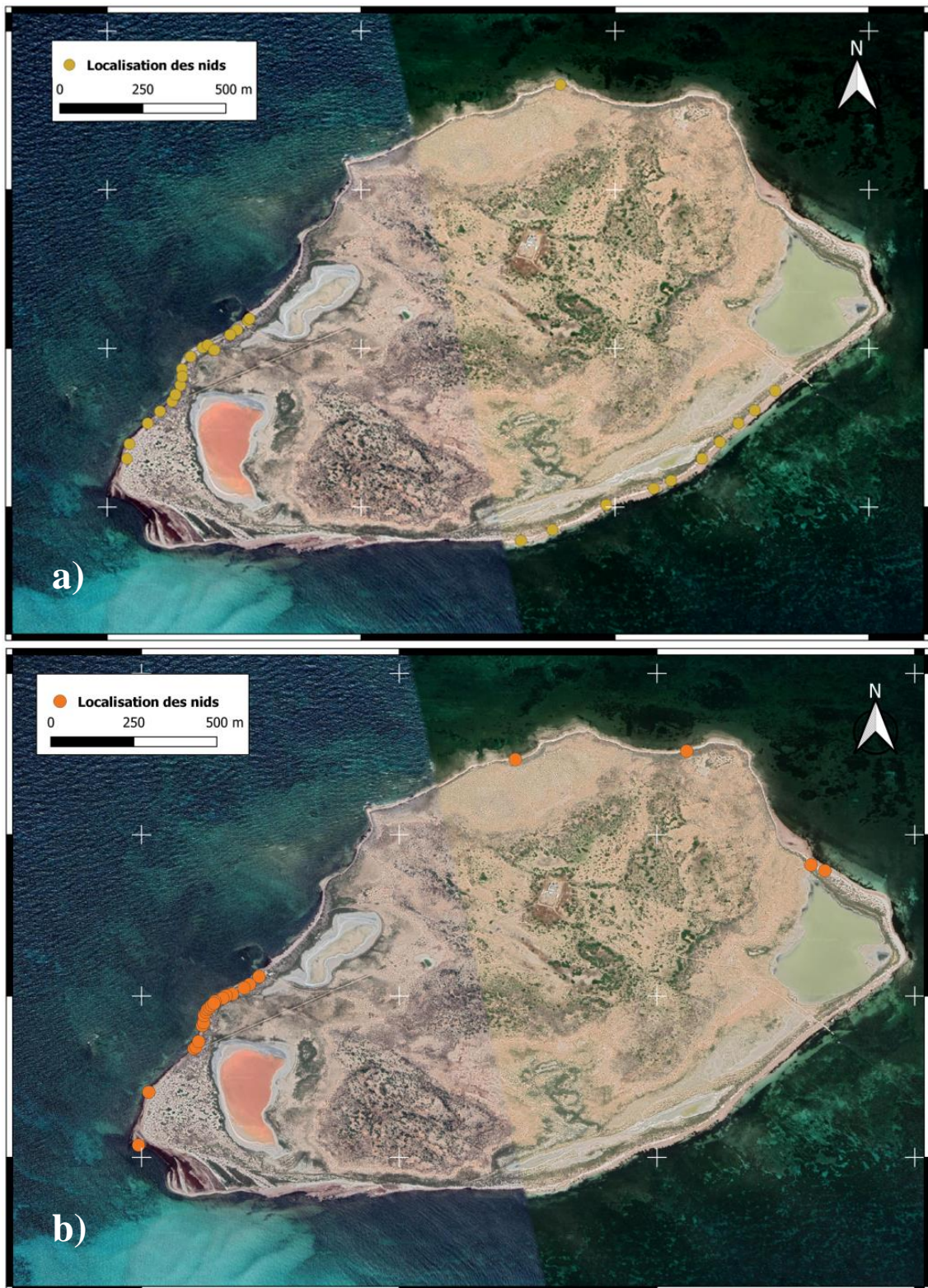
Après la projection des coordonnées GPS des nids de la saison 2018 sur une image satellitaire de l'année 2020, on observe que dans la zone marquée en rouge dans la figure 32 montre un nid localisé dans l'eau, due au changement des lignes de côtes.

Pour la grande île Kuriat, le nombre de nids pour les années 2018 et 2019 est respectivement de 29 et 25 nids. La majorité des nids se localise au niveau des côtes Sud-Ouest de l'île (fig. 33). En 2019, le manque des nids dans la zone Sud et Sud-Est est dû au manque de patrouilles par manque d'effectif.

La plage ouest de longueur 1 km, est longée en arrière par des dunes bordières, moins large et à pente élevée, constitue la plage la plus propice à la nidification et abrite généralement le nombre de nid le plus important (CAR/ASP/2011).

La plage sud, de longueur plus importante que la plage ouest, est occupée par un nombre important de nids pour cette saison et pour l'année 2018. Sa texture, permettant une haute capacité de rétention d'eau, et sa pente douce augmentent ainsi l'humidité au sein du nid et le rend parfois non favorable à l'incubation. L'inondation est ainsi fréquente sur cette plage, ce qui augmente les risques de perdre le nid. Les autres zones sont soit rocheuses, soit contiennent des banquettes de posidonies.





**Figure 34.** Répartition géographique des nids déposés sur la grande île Kuriat durant les saisons estivales 2018 (a) et 2019 (b).

## IV) Impact des menaces naturelles sur le phénomène de nidification et le site de ponte

### 1) Impact du changement climatique

Les observations et les données des paramètres climatiques ont relevés que les changements brutaux des conditions météorologiques durant les mois de juillet et août ont influencé de manière remarquable la nidification des tortues caouannes d'une part et le déroulement de l'embryogenèse des bébés-tortues dans les nids d'autre part.

Pour cette saison, la température du mois de Juin était entre 43°C et 15°C alors que pour la saison de 2019, elle était de 41°C. On observe un changement remarquable de la température en mois de juillet avec 35°C au maximum en 2020 par rapport à 42 °C en 2019, alors que le mois d'Août 2020 était plus chaud (fig. 34).

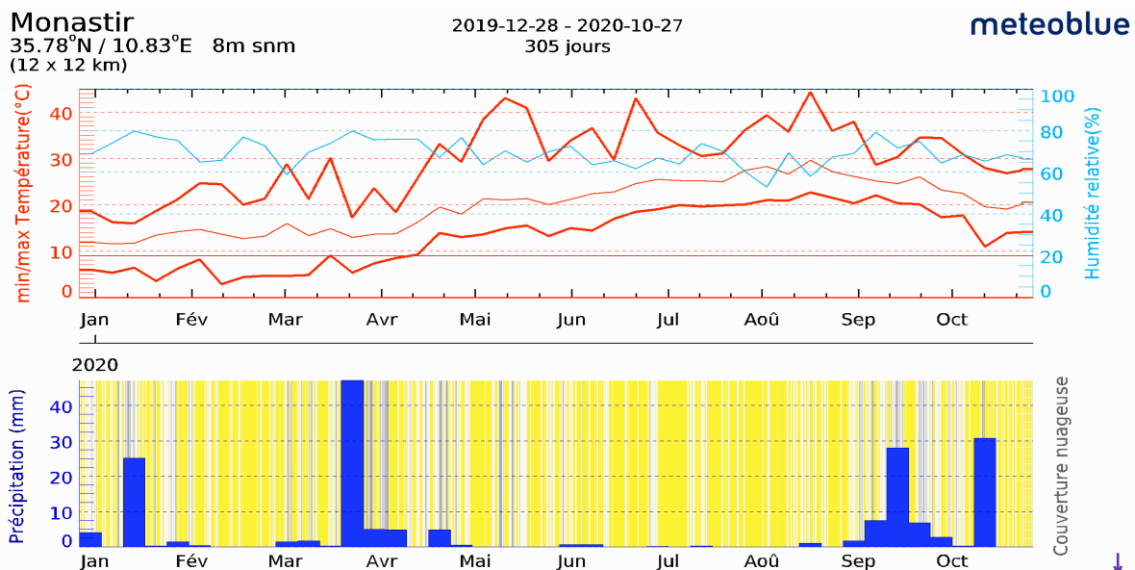


Figure 35. Paramètres climatiques de l'année 2020

Selon les observations, les conditions météorologiques, durant les années précédentes, auraient très probablement influencées directement ou indirectement la composition des plages sur îles Kuriat. Ces changements entravaient et rendaient difficile l'accessibilité des femelles nidifiantes à leurs zones de pontes habituelles, ce qui explique, par conséquence, les changements annuels des zones importantes de nidification.

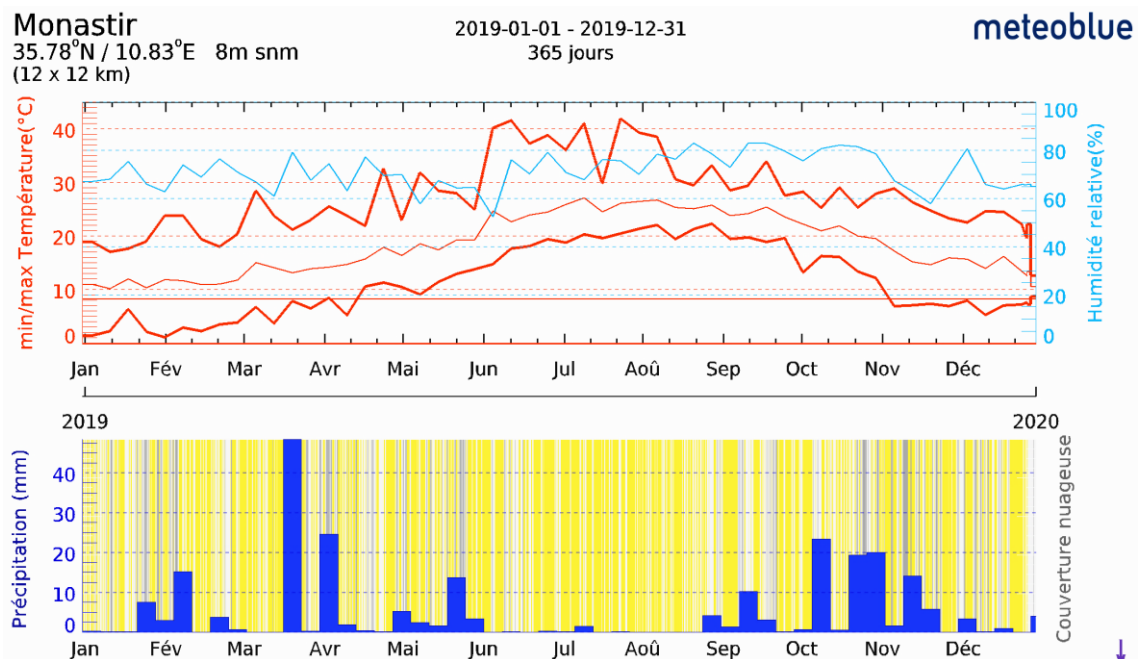
Pour le réchauffement climatique, aucune étude réelle n'a été entreprise sur les îles Kuriat jusqu'à maintenant. Le réchauffement climatique est un phénomène global qui touche tous les compartiments écosystémiques du monde. Ainsi, le dimorphisme sexuel des tortues marines est altéré en raison de l'élévation de la température globale (réchauffement



climatique) qui agit sur les températures des plages (sites de la nidification) générant plus de femelles que de mâles (sex-ratio déséquilibré). Cette élévation peut devenir létale pour les tortues nidifiantes.

La température d'incubation des œufs affecte la viabilité des embryons (Van Damme et al., 1992), la durée de l'embryogénèse (Miller, 1985), la morphologie, la couleur, la taille et les performances des nouveau-nés (Van Damme et al., 1992 ; Du et Ji, 2003 ; Booth, 2006) ainsi que le développement du système immunitaire (Freedberg et al., 2008) et le sexe chez les espèces à déterminisme sexuel sensible à la température (TSD) (COSEPAC, 2010). Le réchauffement global du climat perceptible via la hausse de température de 0,7°C au cours des 35 dernières années est probablement responsable d'une diminution de la production de nouveau-nés males (Glen et Mrosovsky, 2004).

Un deuxième paramètre étudié lors de ce suivi est la pluviométrie qui ne cesse de chambouler durant ces dernières années. Les jours de pluie au mois de juillet 2019 de 5 jours ont été plus importants que ceux observés au cours de cette saison (seulement un jour), tandis que, la forte pluviométrie était au mois de septembre 2020, avec un maximum de 16 mm en mi-septembre et 9 mm en début septembre 2019 (fig. 35).



**Figure 36.** Paramètres climatiques de l'année 2019

Pendant cette saison de nidification, parmi les nids déposés, deux nids ont été inondés sur la grande île Kuriat, dont un nid a disparu, aussi sur la petite Kuriat, un nid a été inondé. Ceci amène à envisager l'action ou la décision de transfert des nids au cas où l'avenir de la

ponche présente un risque d'inondation, afin d'assurer un meilleur succès de la protection des nids. Ce qui est le cas pour le nid (24) de la date 03/08/2020, ce dernier avait un mauvais emplacement qui risque d'être inondé d'où les membres de NGB ont décidé de le déplacer, comme présenté dans la figure 36. Ce transfert a été bien réussi avec un taux d'émergence de 57% et de fertilité de 88%.



**Figure 37.** Processus du déplacement du nid

Pour la saison 2019, cinq nids aussi ont été inondés ; deux nids sur la grande Kuriat, et deux nids sur la petite île, alors qu'un nid a complètement disparu.

Les faibles taux d'émergences sur la grande Kuriat pour cette saison étaient de 15%, 18%, 23% et 25% pour les nids numéros 10, 3, 25 et 4, avec 55 mortalités précoces et 5 tardives pour le nid (25) pondu le 4 août 2020. La période d'incubation de ce nid (25) a connu des pluies torrentielles qu'elles peuvent être la raison de ce grand nombre de mortalités précoces. Pour la petite Kuriat, les faibles taux étaient 8% pour le nid (3), 42% pour le nid (11) et 51% pour le nid (15) pondu le 14 juillet 2020 avec un maximum de taux de mortalité, répartis en 11 mortalités précoces et 11 tardives.

Pour la saison 2019, on observe sur la grande Kuriat que les nids (3 et 5) pondus au mois de juin 2019, avaient de grands nombres de mortalités précoces (97 et 52) avec des taux d'émergence respectivement de 3% et 12%. Un faible taux d'émergence a été enregistré dans la petite Kuriat (37%) pour le nid 4 pondu le 20 juin 2019 avec 4 mortalités précoces et 41 tardives.

On peut conclure que le succès d'éclosion est fortement influencé par les paramètres physiques du milieu (température, humidité, pluviométrie...). L'inondation, par la pluie ou la marée, provoque la mort des embryons lorsque les œufs sont immergés, aussi à cause de la forte salinité de l'eau de mer. Les nids creusés après de fortes pluies présentent un sable saturé

d'eau et de nombreux embryons morts, avec une homogénéité des stades de mortalité observés.

La date à laquelle le développement a été interrompu correspond à un jour de très fortes pluies. Une mortalité de 100% a été enregistrée dans une population de nids de tortue caouanne (dans l'île Sapelo, Géorgie) au cours d'une année avec des pluies particulièrement fortes et rapprochées (Ragotzkie, 1959).

Le choix du site de la ponte par la femelle a une importance capitale. Ainsi, dans une population de tortues caouannes de Turquie, la cause principale de la mortalité des œufs et des nouveau-nés est identifiée comme un mauvais choix de site de la ponte, dans une zone inondable ou un sable trop compact (Peters et al., 1994).

## 2) Impact de l'érosion côtière sur les sites de ponte

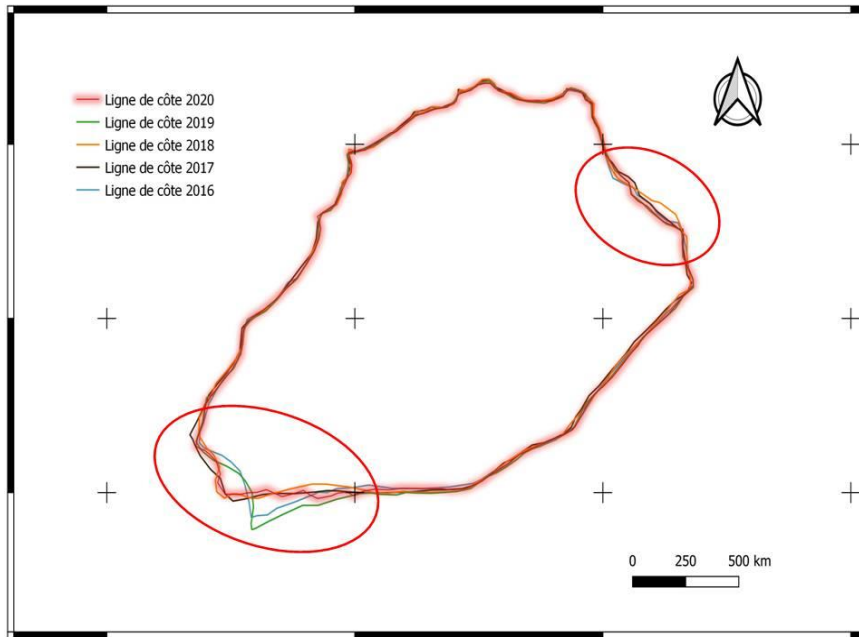
Le phénomène d'élévation du niveau des océans et la forte fréquence des événements météorologiques de fortes énergies tels que les tempêtes, ont accéléré l'érosion côtière et le recul du trait de côte, menaçant ainsi les plages sableuses, dont la bande sableuse se rétrécit rapidement. Cette interface entre le territoire terrestre et marin joue un rôle important dans le maintien de la biodiversité marine, tel est le cas des tortues marines. De ce fait, nous avons étudié la variation des traits de côtes, afin d'en déduire l'impact de ce phénomène d'érosion sur la population des tortues aux îles Kuriat pendant la saison de nidification.

Au cours des cinq dernières années, le littoral de la petite Kuriat a subi d'importantes modifications (fig. 37). De ce fait, la perte d'habitat de nidification convenable, en tant que produit de l'érosion des plages, peut être une perturbation importante en termes de sélection des sites de nidification (Rivas et al., 2016).



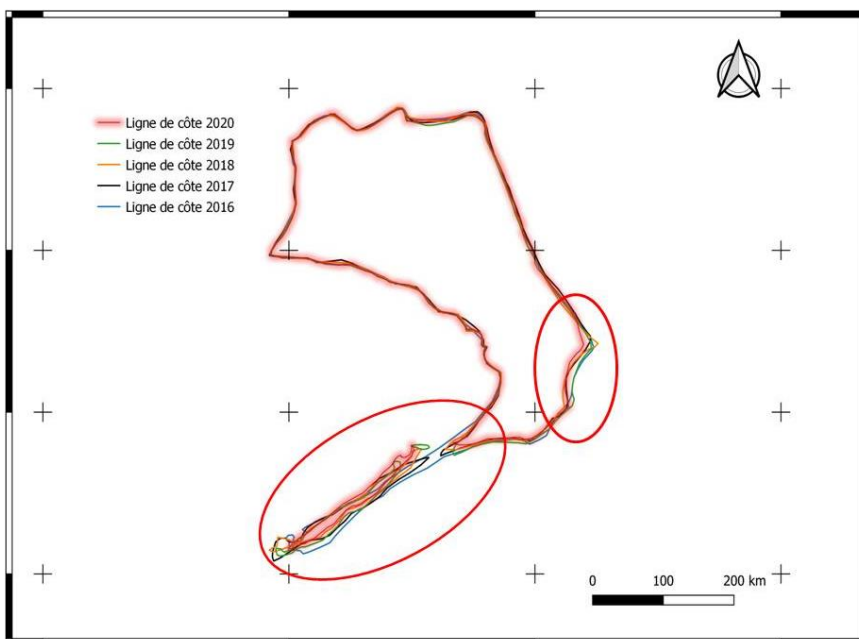
**Figure 38.** Erosion côtière de la grande et la petite Kuriat

La figure 38 met en évidence les variations qui ont touché le littoral de la grande île de 2016 à 2020.



**Figure 39.** Evolution de ligne de la côte de la grande île Kuriat durant les années 2016-2020.

On observe une zone au Nord-Est où il y a une érosion et l'autre zone au Sud où il y a une alternance entre érosion et reconstitution. Nous avons également remarqué que la ligne de côte du reste de la grande Kuriat n'était pas dégradée grâce à la présence des banquettes qui stabilisent les dunes et luttent contre les vagues lors des tempêtes hivernales.



**Figure 40.** Evolution de la ligne de la côte de la petite Kuriat durant les années 2016-2020.

En revanche, la petite Kuriat possède deux zones présentant une régression importante de la ligne de côte (fig. 39). La première est celle de la base touristique «Hannibal», où les bancs de Posidonie sont enlevés quotidiennement et la seconde partie où se trouve la grande base touristique «Yasmine» à la partie Sud (fig. 40), qui est devenue complètement isolée de l'île.



**Figure 41.** Dégâts de l'érosion à la base touristique « Yasmine »

### **3) Impact des banquettes de posidonie sur les sites de pont**

Pendant cette saison, on a estimé l'existence de plus de 4 km de banquettes tout au long de la côte de la grande Kuriat, avec des concentrations massives dans le Sud-Est et Nord-Est de l'île et une hauteur maximale de l'ordre de 2,9 mètres, enregistrée au niveau des banquettes de la zone du quai de l'ancien port (Nord-Est) (Khiareddine, 2020). Ces banquettes déposées sur la plage constituent parfois des barrages infranchissables par les femelles nidifiantes, mais ceci n'a pas empêché, dans des cas rares sur l'île, certaines femelles de les monter à la recherche du sable (Bradai, 2000).

Les banquettes contiennent également une partie sédimentaire estimée entre 20 à 80 kg/m<sup>3</sup> de banquette en moyenne de 54 kg/m<sup>3</sup> sur les plages de la grande île Kuriat (Khiareddine, 2020), et d'ailleurs, pendant l'hiver, période de mauvaises conditions météorologiques, les banquettes ont un rôle de protection du trait de côte.

Nous pouvons conclure que les banquettes n'ont pas seulement un rôle de protection des plages contre les vagues mais elles favorisent aussi le piégeage des sédiments déplacés par les vents et les vagues. Par ailleurs, si ces dernières étaient enlevées par les opérations touristiques, ceci entraînerait la perte d'une grande quantité de sable de cette plage.



## IV) Impact de l'anthropisation

### 1) Fréquentation touristique

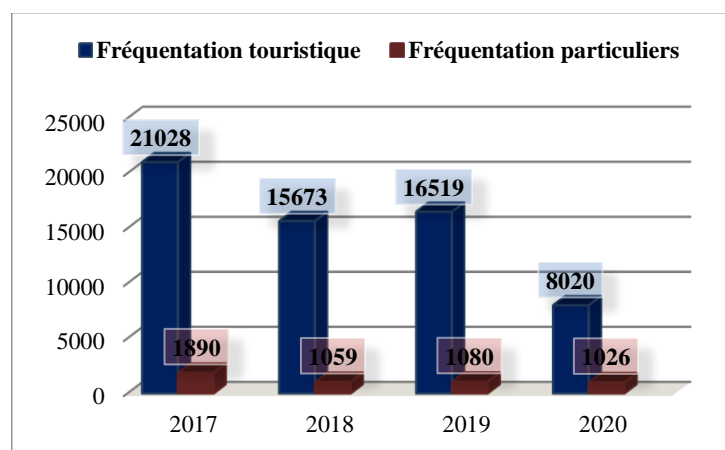
Bien que les îles Kuriat soient une future aire marine et costière protégée, le phénomène de la nidification connaît certains problèmes liés aux activités humaines sur le site.

La présence pratiquement journalière des visiteurs sur la petite île Kuriat pourrait affecter négativement la stabilité des nids. Certains nids qui étaient localisés au niveau des bases nautiques, ont incité auparavant certains curieux à les creuser et les fouiller.

La présence de visiteurs a été principalement concentrée du côté Est et Sud-Ouest de la petite île Kuriat. Approximativement, les visiteurs ont accès à une côte de longueur 1400mètres.

Cette saison, sur la base des informations collectées, le nombre total de visiteurs de l'île Kuriat, indépendamment du type de la fréquentation (type touristique ou type particulier), est de l'ordre de 9046, avec 1026 visiteurs arrivants par des embarcations de particuliers et 8020 visiteurs arrivants par des embarcations touristiques. La moyenne des arrivées pendant les mois de juillet et août 2020 est respectivement de l'ordre de 186 et 244 visiteurs/ jour. Ces valeurs sont quasi similaires aux moyennes obtenues au cours de la saison de 2019 et pour la même période (Juillet 2019 : 251 visiteurs/ jour, Aout 2019 : 330 visiteurs/ jour).

Le nombre de visiteurs pour cette année est inférieur aux chiffres enregistrés pendant les saisons estivales de 2019 et 2018, suite à la situation pandémique Covid-19 en Tunisie et partout dans le monde. Toutes les activités touristiques ont été arrêtées à un temps donné, et les frontières ont été fermées. La figure 41 illustre la distribution des visiteurs de l'île pour la même période de suivi, depuis la saison estivale de 2017.



**Figure 42.** Nombre de visiteurs de l'île de Kuriat pendant quatre ans de suivi successifs

Le camping n'est pas interdit sur la petite île Kuriat, mais à des conditions. Les visiteurs doivent faire une demande aux autorités et coordonner avec les cogestionnaires avant de débarquer. De plus, des écogestes sont imposés par les cogestionnaires pour éviter tout dérangement au processus de nidification (exemple : interdiction d'usage de lumière blanche, etc).

Alors que la grande île Kuriat est plutôt fréquentée par les pêcheurs, toutefois, il est interdit d'y passer la nuit. Cependant, des pratiques « insensés » ou « irrationnelles » de certains visiteurs, représentées par la pollution lumineuse ont été notées. C'est un comportement que nous avons vu chaque semaine en raison du manque de conscience envers l'importance de l'île chez une partie de ces visiteurs et/ou pêcheurs et chasseurs, dérangeant ainsi la montée des tortues nidifiantes la nuit. La forte pression sur la plage a un effet négatif sur le site de la ponte.

Des tentatives de ponte non achevées ou des demi-tours sans ponte, en nombre de 39, ont été enregistrées cette année dont certaines étaient dues à des obstacles sur les plages, les dérangements et par la pollution lumineuse.

La mécanisation du nettoyage près des stations balnéaires diminue le taux de la survie des tortues de mer, car les nids sont compactés et détruits où les femelles sont incapables de creuser et pondre leurs œufs dans un sable trop compact (Davenport et Davenport, 2006).

La présence des accessoires mis à la disposition des visiteurs (chaises et parasols par exemple), crée de l'ombre sur les plages et peut faire un coup double, d'une part diminuer la température des nids, ce qui pourrait être à l'origine de la mortalité des œufs, ou d'autre part modifier le sexe-ratio mâle/femelle (Katselidiset al., 2013).

Le tourisme exacerbe aussi les problèmes de pollution dans les îles Kuriat ; lors de nos prospections, on a trouvé des sachets ainsi que des bouteilles en plastique considérés comme des sources de nuisances pour les femelles nidifiantes lors de la montée pour pondre. On a même trouvé une bouteille à l'intérieur d'un nid sur la petite île Kuriat (fig. 42).



**Figure 43.** Bouteille en plastique retrouvée dans un nid sur la petite île Kuriat.

Nous avons par ailleurs constaté que la pollution en plastique sur les îles Kuriat provient aussi des fermes aquacoles aux alentours, à travers les sachets en plastiques d'aliments des poissons (fig. 43) jetés directement et/ou perdus dans l'eau et qui reviennent sous effet de la courantologie autour des îles.



**Figure 44.** Ramassage des déchets plastiques des fermes aquacoles près du nid.

Parfois, les déchets de certains particuliers venant visiter l'île ou de bateliers restent en place (fig. 44) jusqu'à ce que les éco-gardes coordonnent avec l'un des usagers pour les enlever ou via l'intervention de l'association Notre Grand Bleu dans le cadre de ses activités de sensibilisation et nettoyage de la plage de l'île Kuriat.





**Figure 45.** Les déchets des particuliers et bateliers sur la petite Kuriat (NGB, 2020).

## 2) Impact des activités de pêche

La pêche maritime, avec sa gamme de techniques et d'engins, exerce une importante pression sur les tortues marines. Les patrouilles journalières nous ont permis d'identifier différentes activités interdites aux pêcheurs d'utiliser dans une AMCP, mais ils continuent à la pratiquer (fig. 45).



**Figure 46.** Filets de pêche dans la zone interdite de l'île

En effet, la majorité des tortues marines lorsqu'elles attendent proche du littoral la tombée de la nuit pour descendre à la plage, sont prises accidentellement dans les filets des pêcheurs et meurent finalement noyées.

Les tortues marines caouannes peuvent être prises et coincées aussi bien dans les filets de pêche, et les nasses en plastique (fig .46) que dans les filets abandonnés tout le long de la côte.



**Figure 47.** Nasses abandonnées

Chaque année, des milliers de tortues sont capturées accidentellement par les grands navires de pêche et les petits pêcheurs (Allison *et al.*, 2009). Sur la grande île Kuriat, 32 bébés-tortues ont été retrouvés morts et coincés dans les filets de pêche abandonnés sur la plage (fig. 47).



**Figure 48.** Des bébés tortues coincés dans des filets de pêches abandonnées (NGB, 2020).

## CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Les îles Kuriat constituent un réservoir biologique très important de point de vue richesse terrestre et marine. Actuellement, les îles Kuriat sont le site de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* le plus important où ce phénomène connaît une régularité et bénéficie d'un monitoring depuis 1997.

Les tortues caouannes sont des espèces figurant actuellement dans la liste rouge pour les espèces vulnérables de l'IUCN, surtout à cause des pressions anthropiques sur leur milieu de vie, leur s'ajoutent les changements climatiques.

Cette étude vise à faire le suivi de l'activité de la ponte des tortues caouannes pendant la saison estivale 2020, à mettre en évidence et à quantifier certains facteurs pouvant affecter ce phénomène et la survie des embryons et des nouveau-nés sur la plage des îles Kuriat.

L'étude a montré que le succès de l'éclosion est bon sur les îles Kuriat, si on le compare à celui des années précédentes avec un taux d'éclosion 69,35% pour cette saison, *versus* 53,84% pour la saison de 2019 et 44,11% pour 2018.

Pendant la saison estivale 2020, 44 nids de tortues ont été déposés sur les plages des îles Kuriat. Cependant, ces plages accueillent pendant la même période un nombre important de visiteurs, de l'ordre de 9046. Ces visites et ces pressions exercées sur les plages ne font que gêner les lieux de la ponte et mettent en danger les nids et les œufs malgré les énormes efforts et la surveillance appliqués par le personnel chargé de la mission de suivi.

Des tentatives de ponte non achevées ou des demi-tours sans ponte, en nombre de 39, ont été enregistrées cette année dont certaines étaient dues à des obstacles sur les plages, les dérangements ou la pollution lumineuse. De plus, les activités de pêche affectent négativement la conservation des tortues, 32 bébés-tortues ont été retrouvés coincés et morts dans un filet de pêche abandonné sur la plage de grande île Kuriat et un autre spécimen dans une nasse en plastique.

La conservation de la tortue caouanne dans les îles Kuriat nécessite des mesures au niveau des sites de ponte et la réduction de la mortalité des adultes en pleine mer. On peut faire le suivi et l'identification des types de déchets surtout plastiques trouvés dans les îles, effectuer des campagnes pour enlever les filets fantômes et les nasses en plastique abandonnés.

Notre étude a montré que la topographie de la plage influence le choix du site de la ponte pour la tortue caouanne. Les cartes ont démontré la régression de la ligne de côte au cours des années surtout pour la petite île Kuriat. Toutefois, le profil de la plage est profondément et rapidement bouleversé par l'érosion et le changement climatique est à surveiller.

La distribution spatiale sur la plage de la ponte de la tortue marine est donc régie par les conditions environnementales. Les zones contiennent des banquettes de Posidonie, qui peuvent atteindre plusieurs décimètres voire plus d'un mètre et constituer un obstacle à la progression des tortues vers leur plage de ponte, mais également à leur retour à l'eau après la ponte, celles-ci vont devoir modifier leurs trajectoires pour atteindre d'autres secteurs de la plage, et pour repartir vers le large.

La production de nouveau-nés est un enjeu pour la conservation de la population de tortues caouannes. Cette étude contribue partiellement à son estimation, il serait utile d'évaluer la proportion de nids totalement détruits, par l'érosion, les changements climatiques (haute ou basse température, forte pluviométrie...) ainsi que les pertes occasionnées par la prédation lors de la course vers l'océan.

L'estimation globale des pertes de nouveau-nés permettrait de déterminer les phases prioritaires pour la conservation et de prendre des mesures fermes pour la conservation.

Ces travaux de recherche exploratoires, ne sont que le préambule de futures recherches pluridisciplinaires sur les îles Kuriat qui devront intégrer l'habitat de la ponte des tortues marines et leur évolution dans un contexte de changements globaux. Ce type d'approche écosystémique ne peut être que bénéfique pour les futurs plans d'actions de restauration de ces espèces, sur des littoraux vulnérables diminuant d'une part les capacités d'accueil des plages de ponte et réduisant également le succès à l'incubation et ainsi le renouvellement de la population de tortues marines.

## REFERENCES

- Aguir. A, (2011).** Étude de l'impact de la protection du milieu marin sur les activités Socioéconomiques des îles Kuriat. halshs-00747015
- Allison. D, Griffin. E, Miller. K.L et Rider. S, (2009).** U.S. Sea turtles: A comprehensive overview of six troubled species. Repéré à <https://oceana.org/reports/us-sea-turtles-comprehensive-overviewsix-troubled-species>.
- Andrad. A, (2011).** Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin Volume 62, Issue 8, Pages 1596-1605
- APAL, (2005).** Phase I- Caractérisation des sites sensibles, in Impact de la pisciculture en cages flottantes sur des sites littoraux sensibles (la lagune de Khniss et les îles Kuriat) à l'aide de l'outil SIG.
- APAL/SCET-TUNISIE, (1999).** Etude de gestion des zones sensibles littorales : Iles Kuriat. Technical report, Rapport de synthèse, 96pp.
- APAL/SCET-TUNISIE, (2000).** Gestion des zones sensibles littorales : Les îles Kuriat. Technical report, Rapport définitif de Phase 2, 42pp.
- Ben Haj. S, (2018).** D'îles en îles numéro 22 la newsletter de l'initiative PIM.
- Ben Mustapha. K, Afli. A, (2007).** Rapport quelques traits de la biodiversité marine de Tunisie. Proposition d'aires de conservation et de gestion.
- Bolten. A. B, (1999).** Techniques for measuring sea turtles.
- Bolten. A.B, Witherington.B.E, (2003).** Loggerhead Sea Turtles, Smithsonian Books, Washington D.C, in Evaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Tortue caouanne *Caretta caretta* au Canada.
- Booth. D.T, (2006).** Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. Physiological and Biochemical Zoology 79:274-281.
- Bowen. B.W, (1995).** Molecular genetic studies of marine turtles. In Dynamique littorale et comportement de ponte des tortues marines en Guyane française.
- Bradai.M.N, (2000).** Les tortues marines en Tunisie. Etat de connaissances et recommandation de conservation : 2ème. Thèse Doct. Etat, Es-Sc. Nat., Univ. Sfax,
- Camiñas. J.A, Kaska .Y, Hochscheid. S, Casale. P, Panagopoulou. A, Báez. J.C, Otero. M.M, Numa. C, Alcázar. E, (2020).** Conservation of marine turtles in the Mediterranean sea [brochure]. IUCN, Malaga, Spain.
- CAR/ASP - PNUE/PAM, (2011).** Habitats marins et principales espèces des îles Kuriat (Tunisie) – Etude complémentaire : Formations naturelles d'intérêt pour la conservation. Par Langar H., Bouafif C., Charfeddine A., El Asmi S., Limam A., Ouerghi A., Sghaier Y.R. Ed. CAR/ASP- Projet MedMPAnet, Tunis: 30 pages + annexes.
- 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.

- Caron. A.G.M, Thomas. C.R, Ariel. E, Berry. K.L.E, Boyle. S, Motti. C.A. et Brodie. J.E, (2015).** Extraction and identification of microplastics from sea turtles: method development and preliminary results. Tropical Water Report No. 15/52. TropWater.
- Carpenter. E.J, Anderson. S.J, Harvey. G.R, Miklas. H.P et Peck. B.B, (1972).** Polystyrene spherules in coastal waters. Science 178, 749–750 in Premières investigations sur les microplastiques en Seine.
- Carpenter. E.J, Smith. K.L, (1972).** Plastics on the Sargasso sea surface. Science 175, 1240–1241 in Premières investigations sur les microplastiques en Seine.
- Carr. A, (1975).** The Ascension Island green turtle colony. Copeia, pp.547-555.
- Carr. A, Carr. M.H, (1972).** Site fixity in the caribbean green turtle. Ecology 53: 425-429.
- Casale. P, Broderick. A.C, Camiñas. J.A, Cardona. L, Carreras. C, Demetropoulos. A, Fuller. W.J, Godley. B.J, Hochscheid. S, Kaska. Y, Lazar. B, Margaritoulis. D, Panagopoulou. A, Rees. A.F, Tomas. J et Turkozan. O, (2018).** Mediterranean sea turtles : current knowledge and priorities for conservation and research. Endanger. Species Res. 36, 229–267.
- Chaloupka. M, Kamezaki. N, Limpus. C,(2008).** Is climate change affecting the population dynamics of the endangered Pacific loggerhead sea turtle? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 356: 136-143.
- COSEPAC, (2010).** Evaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Tortue caouanne *Caretta caretta* au Canada. (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada).
- Davenport. J, Davenport. J.L, (2006).** The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 67(1-2), 280-292.
- Dood. C, Kenneth. Jr, (1988).** Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758).
- Du. W.G, Ji. X, (2003).** The effects of incubation thermal environments on size, locomotor performance and early growth of hatchling soft-shelled turtles, *Pelodiscus sinensis*. Journal of Thermal Biology 28:279-286.
- Eriksen. M, Lebreton. L.C.M, Carson. H.S, Thiel. M, Mooroe. C.J, Borerro. J.C, Galgani. F, Ryan. P.G et Reisser. J, (2014).** Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea.
- Freedberg. S, Greives. T.J, Ewert. M.A, Demas. G.E, Beecher. N et Nelson. C.E, (2008).** Incubation environment affects immune system development in a turtle with environmental sex determination. J Herpetol 42:536-541.
- Gerigny. O, Delaugerre. M et Cesarini. C, (2016).** Love is a Losing Game. Loggerhead Turtle in Corsica vs. Tourism = Nesting Failure. Marine Turtle Newsletter, 148, 12-14.
- Glen. F, Mrosovsky. N, (2004).** Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperature at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. Global Change Biology 10, 2036-2045.
- Guillaumont. B, (2009).** Fiche de synthèse : Habitat Maërl Ed2009.

- Guzzetti. E, Sureda. A, Tejada. S, Faggio. C, (2018).** Microplastic in Marine Organism: Environmental and Toxicological Effects, *Environmental Toxicology and Pharmacology*. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>.
- Hawkes. L.A., Broderick. A.C., Godfrey. M.H., et Godley. B.J, (2009).** Climate change and marine turtles. *Endanger. Species Res.* 7, 137–154.
- IHE, (2019).** Rapport provisoire phase 1 étape 1 Etude de faisabilité technico-économique et financière du projet de réhabilitation de la baie de Monastir et de création d'une zone d'activités économiques durables.
- INM, (2010).** Rapport d'évolution météorologique et bioclimatique entre (2000 – 2010).
- IPCC, (2013).** Climate Change 2013, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, (2014).** Climate Change 2014, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Jambeck. J.R, Geyer. R, Wilcox. C, Siegler. T.R, Perryman. M, Andrady. A, Narayan. R, et Law. K.L, (2015).** Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768-771.
- Jribi. I, Bradai. M.N et Bouain. A, (2001).** Quatre ans de suivi de la nidification de la tortue marine *Caretta caretta* aux îles Kuriat.
- Kamezaki. N, (2003).** What is a Loggerhead sea turtle? the morphological perspective, p. 28-43.
- Katselidis. K.A, Schofield. G, Stamou. G, Dimopoulos. P et Pantis. J.D, (2013).** Evidence-based management to regulate the impact of tourism at a key marine turtle rookery on Zakynthos Island, Greece. *Oryx*, 47 (4), 584-594.
- Khiareddine. A, (2020).** Cartographie et rôle des banquettes de l'herbier de Posidonie dans les îles de Kuriat. Univ: INAT.
- Landerer. F.W, Junglaus. J.H, et Marotzke. J, (2007).** Regional dynamic and steric sea level change in response to the IPCC-A1B scenario. *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 296–312 In *Climate Change 2013*.
- Lebreton. L.C.M, Greer. S.D et Borrero. J.C, (2012).** Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. *Mar Pollut Bull* 64(3) : 653–661 In *la dégradation des plastiques en mer*.
- Lescure. J, (2001).** Les tortues marines : Biologie et statut. In *Développement de modèles d'habitats pour les tortues caouannes (Caretta caretta) de Méditerranée occidentale*.
- Margaritoulis. D, Bentivegna. F, Zoologica. S, Dohrn. A, Bradai. M.N, Caminas. J.A, (2003).** Loggerhead turtles in the Mediterranean Sea: present knowledge and conservation perspectives.
- Meletis. Z.A, Harrison. E.C, (2010).** Tourists and turtles: Searching for a balance in Tortuguero, Costa Rica. *Conservation and Society*, 8(1), 26.

- Miller. J.D, (1985).** Embryology of marine turtles. Pages 270-328
- Miller. J.D, (1997).** Reproduction in sea turtles. In P. L. Lutz and J. A. Musick (eds.). The biology of sea turtles, 51–80. Boca Raton, Fla.: CRC Press
- Mrosovsky. N et Kingsmill. S.F, (1967).** "How turtles find the sea." Science journal reprint: 7p.
- Mrosovsky. N, (1980).** Thermal biology of sea turtles. American Zoologist 20: 531-547.
- Nelms. E, Duncan. E.M, Broderick. A.C, Galloway. T.S, Godfrey. M.H, Hamann. M, Lindeque. P.K, et Godley. B.J, (2015).** Plastic and marine turtles: a review and call for research. ICES Journal of Marine Science, 73: 165-81. doi:10.1093/icesjms/ fsv165.
- NGB, (2019).** Rapport relatif au suivi du site de ponte des tortues marine sur les îles Kuriat.
- Peters. A,Verhoeven. KJ.F et Strijbosch. H, (1994).** Hatching and emergence in the Turkish Mediterranean loggerhead turtle, *Caretta caretta*: natural causes for egg and hatchling failure. Herpetologica, 50(3):369-373.
- Plastics Europe, (2016).** Plastics – the Facts 2016: An analysis of European Plastic Production, Demand and Waste Data. Brussels, Belgium
- Provancha. J.A, Ehrhart. L.M, (1987).** Sea turtle nesting trends at Kennedy Space Center and Cape Canaveral Air Force Station, Florida, and relationships with factors influencing nest site selection. NOAA Technical Report NMFS, 53, 33-44. In Evaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Tortue caouanne *Caretta caretta* au Canada
- Ragotzkie. R, (1959).** Mortality of loggerhead turtle eggs from excessive rainfall. Ecology 40:303–305.
- Rees. A.F, (2020).** MedPAN Collection. 68 pp.
- Robertson. K, Booth. D.T et Limpus. C.J. (2016).** An assessment of 'turtle-friendly' lights on the seafinding behaviour of loggerhead turtle hatchlings (*Caretta caretta*). Wildlife Research, 43, 27-37.
- Ryan. P.G, Moore. C.J, van Franeker. J.A et Moloney. C.L, (2009).** Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 364, 1999-2012.
- Saba. V.S, Stock. C.A, Spotila. J.R, Paladino. F.V, et Tomillo. P.S, (2012).** Projected response of an endangered marine turtle population to climate change. Nat. Clim. Change 2, 814–820.
- Sallemi. R, (2010).** Analyse spatiale des usages au sein de la future aire marine protégée des îles Kuriat. Master, Univ. Manouba, 154p.
- Santidrián-Tomillo. P, Oro. D, Paladino. F.V, Piedra. R, Sieg. A.E, et Spotila. J.R, (2014).** High beach temperatures increased female-biased primary sex ratios but reduced output of female hatchlings in the leatherback turtle. Biol. Conserv. 176, 71–79.
- Seebacher. F, Franklin. C.E, (2005).** Physiological mechanisms of thermoregulation in Écologie trophique de la tortue verte *Chelonia mydas* dans les herbiers marins et algueraies du sud-ouest de l'océan Indien.
- Solow. A.R, Bjorndal. K.A et Bolten. A.B, (2002).** Annual variation in nesting numbers of marine turtles: the effect of sea surface temperature on re-migration intervals. Ecology Letters 5:742-746.



- Spanier. M.J, (2016).** Beach erosion and nest site selection by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) and implications for management practices at Playa Gandoca, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4): 1237-1246
- Spotila. J.R, O'Connor. M.P, Paladino. F.V, (1997).** Thermal Biology. In: *Écologie trophique de la tortue verte Chelonia mydas dans les herbiers marins et algues du sud-ouest de l'océan Indien*
- Teuten. E.L, Saquing. J.M et al., (2009).** Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364: 2027e2045.
- Thompson. R.C, Olsen. Y, Mitchell. R.P, Davis. A, Rowland. S.J, John. A.W.G, McGonigle. D et Russell. A.E, (2004).** Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 304, 838-838.
- Tisdell. C, Wilson. C, (2003).** Does Ecotourism Contribute to Sea Turtle Conservation? Is the Flagship Status of Turtles Advantageous? (Rapport de recherche 48971). St-Lucia, Queensland, Australia: University of Queensland, School of Economics.
- UNEP, (2015).** Massive Online Open Course (MOOC) on Marine Litter. UNEP (United Nations Environment Programme).
- Van Damme. R, Bauwens. D, Brana. F, et Verheyen. R.V, (1992).** Incubation temperature differentially affects hatching time, egg survival, and hatchling performance in the lizard *Podarcis muralis*. *Herpetologica* 48:220-228.
- Vicente. N, (1986).** La grande Nacre de Méditerranée.
- Whaling. M, (2017).** How To For Turtle Tourism: A Review of Sea Turtle Tourism, Its Impacts, and Guidelines to Inform Stakeholders in Martinique (Projet de maîtrise). Duke University, Durham, Caroline du Nord, États-Unis.
- Witherington. B.E et Witherington. D, (2015).** Our Sea Turtles: A Practical Guide for the Atlantic and Gulf, from Canada to Mexico. Sarasota, Floride, États-Unis : Pineapple Press inc..
- Wright. S.L, Thompson. R.C et Galloway. T.S, (2013).** The physical impacts of micro- plastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178: 483e492.



Date : .. / .. / 2020

Boat	Departure Port	Number of persons	Departure time	Return time	Type of visit	Number of shuttles	Comment
Lac majeure							
Pacha II							
Barbarous							
Hannibal							
Soltan Kuriat							
Yasmin							
<b>Total number Boat trip</b>							
<b>Total number Day trip in Kuriat island</b>							

Bateau	Barbarous	Hannibal	Lac Majeur	Kuriat	Pacha	Soltane	Yasmine
Capacité maximale	170	75	56	55	76	90	35

Annexe 2 : Fiche de suivi de la fréquentation.