

REPUBLIQUE TUNISIENNE

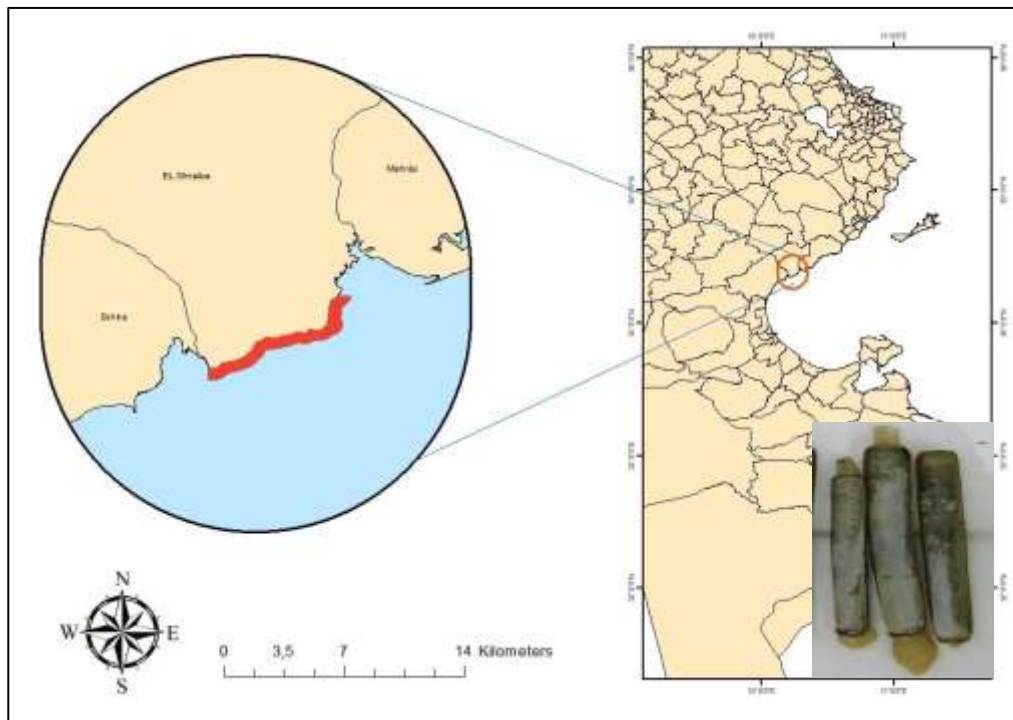
RAPPORT DE PROJET



Association of Continuity of Generations

جمعية تواصل الأجيال

Association de la Continuité des Générations



Suivi et évaluation des stocks du couteau Solen marginatus dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax « Délégation de El Ghraiba »

Réalisé par : Leila HMIDA

- Septembre 2024-

Table des matières

I. Introduction	5
1. Présentation de l'espèce <i>Solen marginatus</i>	6
1.1 Classification.....	6
1.2 Morphologie.....	6
1.3 Taille	7
2. Eco-biologie de <i>S. marginatus</i>	7
2.1 Habitat.....	7
2.2 Distribution	7
2.3 Régime alimentaire	9
2.4 Reproduction.....	9
2.5 Exploitation.....	9
II. Objectifs.....	10
III. Méthodologies	10
1. Zone d'étude.....	10
2. Matériel et méthodes	11
2.1. Travail de laboratoire	11
2.2. Récupération des échantillons	11
2.3. Analyse et enregistrements des données prélevées	12
2.4. Etude de l'indice de condition :	13
2.5. Détermination du sex-ratio:.....	14
2.6. Caractérisation du stade de reproduction:	14
2.7. Détermination des Indices de densité et de biomasse	15
IV. Résultat	16
1. Cartographie des indices d'abondances	16
2. Evaluation du stock	19
3. Etude de la Structures en taille	19
4. Etude de l'Indice de condition.....	20
Caractérisation du.....	21
5. Stade de Reproduction	21
6. Détermination du Sex-Ratio.....	22
V. Conclusions et recommandations	23
Références bibliographiques	25

Liste des figures

Figure 1: Le soleinidés <i>Solen marginatus</i>	6
Figure 2: Caractères descriptifs de la coquille de <i>S. marginatus</i>	6
Figure 3: Photo du couteau (<i>S. spp.</i>). (Veeravaitaya., 2010)	7
Figure 4: Répartition du genre <i>Solen</i> dans le monde (Darriba et Fernandez, 2011).....	8
Figure 5: Répartition de <i>S. marginatus</i> en Tunisie (Ayache et al., 2011)	8
Figure 6: Zone d'étude : délégation de El Ghraïba (zone côtière du gouvernorat de Sfax)....	11
Figure 7: Lavage d'un échantillon sous un jet d'eau	12
Figure 8: Mensurations et pesage des échantillons collectés	13
Figure 9: Etapes pour le calcul de l'indice de condition sec (ICS)	14
Figure 10: Photo de couteau <i>S. marginatus</i> mâle (A) et femelle (B)	14
Figure 11: Photo microscopique qui représente les ovocytes matures de <i>S. marginatus</i> chez une femelle	15
Figure 12: Position géographique des stations de prélèvements dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).	17
Figure 13: Distribution spatiale des indices d'abondances (en nombre/100 m ²) du couteau <i>Solen marginatus</i> dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).....	18
Figure 14: Distribution spatiale des indices de biomasse (g/100 m ²) du couteau <i>Solen marginatus</i> dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).	18
Figure 15: Histogramme de fréquence du stock du couteau <i>Solen marginatus</i> échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).....	20
Figure 16: Histogramme de l'évolution de l'indice de condition du stock du couteau <i>Solen marginatus</i> échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).	21
Figure 17: Histogramme de taux de Maturité / Immaturité du couteau <i>Solen marginatus</i> échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).	22
Figure 18: Histogramme de Sexe Ratio dans le stock du couteau <i>Solen marginatus</i> échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).	23

Liste des tableaux

Tableau 1: Nombre de radiales, stations et informations détaillées concernant la collecte du couteau <i>Solen marginatus</i> dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).	16
Tableau 2: Densité moyenne, abondance et biomasse totales du couteau <i>Solen marginatus</i> dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).....	19

I. Introduction

Solen marginatus, communément appelé le couteau à bordures, est une espèce de bivalve appartenant à la famille des Solenidae. Cette espèce est principalement distribuée dans l'Atlantique Est et la mer Méditerranée, où elle habite des substrats sablonneux et vaseux dans les zones intertidales basses et subtidales, généralement à des profondeurs allant de 5 à 35 mètres.

Solen marginatus se trouve dans divers environnements marins, y compris les lagunes et les estuaires, où il s'enfouit dans les sédiments. Son aire géographique s'étend de 56°N à 16°S de latitude et de 18°W à 36°E de longitude, ce qui indique une préférence pour les climats subtropicaux.

Sur le plan écologique, *Solen marginatus* joue un rôle significatif dans les écosystèmes benthiques. En tant que filtreur, il contribue au cycle des nutriments et à la stabilisation des sédiments, ce qui est essentiel pour maintenir la santé des habitats marins. De plus, il sert de source de nourriture pour divers prédateurs, y compris les poissons et les oiseaux, soutenant ainsi les chaînes alimentaires locales.

Des recherches récentes se sont concentrées sur les schémas de distribution et la diversité génétique de *Solen marginatus*. Une étude menée dans le golfe de Gabès et le golfe de Tunis a révélé des densités variables, avec des concentrations plus élevées observées dans le golfe de Tunis (Ayache *et al.*, 2011). De plus, des analyses génétiques ont été utilisées pour comprendre la structure des populations et l'adaptabilité de cette espèce, ce qui est crucial pour évaluer sa résilience face aux changements environnementaux et aux impacts humains (Hmida *et al.*, 2012). Ces études soulignent l'importance de surveiller *Solen marginatus*, en particulier à la lumière du changement climatique et de la dégradation des habitats.

Cette présente étude se concentre sur l'évaluation des stocks de *Solen marginatus*, ainsi que sur sa cartographie et sa répartition spatiale dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba). L'objectif est de suivre et de mettre à jour les résultats d'évaluation des stocks de cette espèce, peu étudiée jusqu'à présent. Il devient donc crucial de mettre en place une stratégie de gestion efficace pour cette pêcherie, fondée sur des données actualisées et fiables concernant les stocks et leur potentiel d'exploitation. Ce travail vise donc à renforcer et à actualiser les résultats obtenus lors des évaluations précédentes.

1. Présentation de l'espèce *Solen marginatus*

1.1 Classification

S. marginatus (**Figure 1**) appartient à la famille des Solénidés qui regroupe plusieurs espèces parmi elles : *E. ensis*, *E. arcuatus*, *E. siliqua*, *E. directus*, *E. macha*, et *S. marginatus*.

Classe : bivalves ou lamellibranches

Ordre : Eulamellibranches

Famille : Solénidae

Genre : *Solen*

Espèce : *Solen marginatus*



Figure 1: Le soleinidés *Solen marginatus*

Autres noms scientifiques encore en usage :

- *S. vagina* (Linnaeus, 1758).

Noms vernaculaires : FAO

- Anglais : Grooved razor shell;
- Espagnol : Longueirón
- Français : Couteau droit d'Europe
- Arabe : kanalouka

1.2 Morphologie

S. marginatus est caractérisée par une coquille rectangulaire, à bords dorsal et ventral subrectiligne ; marge antérieure tronquée, un peu oblique, rebordée par une dépression dorso-ventrale juste en avant des crochets (**Figure 2**).

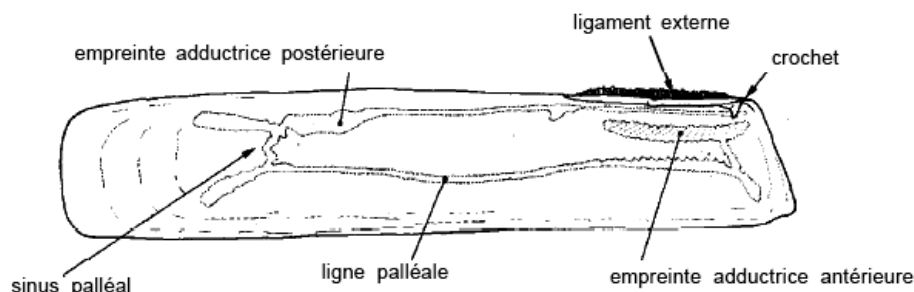


Figure 2: Caractères descriptifs de la coquille de *S. marginatus*

Le ligament s'étendant sur environ 1/4 du bord dorsal. La Charnière est réduite à une dent cardinale par valve. L'empreinte abductrice antérieure à peu près parallèle au bord dorsal du test,

ne dépassant pas vers l'arrière la zone ligamentaire. L'empreinte abductrice postérieure est proche du sinus palléal. Sa coloration est blanchâtre à jaunâtre extérieurement, souvent teintée de fauve ou d'ocre, avec un péri ostracum luisant, beige olive et peu résistant ; intérieur blanchâtre (Fischer *et al.*, 1987).

1.3 Taille

La taille maximale est de 17 cm et la taille commune est comprise entre 9 et 11cm (Fischer, *et al.*, 1987) (**Figure 3**).



Figure 3: Photo du couteau (*S. spp.*). (Veeravaitaya., 2010)

2. Eco-biologie de *S. marginatus*

2.1 Habitat

S. marginatus vit dans les fonds de sables propres ou vaseux de l'étage infralittoral (Fischer *et al.*, 1987). Elle occupe les aires protégées de la houle, elle s'enfouit dans le sédiment pour ne laisser apparaître qu'un trou en forme de huit, trace des siphons.

2.2 Distribution

Les espèces du genre *Solen* sont principalement des espèces tropicales et sub-tropicales localisées tout au long de la région indo-pacifique. On les trouve tout au long des côtes atlantiques européenne, l'Est et le Nord-Ouest du pacifique, les côtes Nord-américaine, l'océan Indien et le bassin méditerranéen (Darriba et Fernadez, 2011). Le couteau droit d'Europe *S. marginatus* se trouve en mer Baltique, en mer du Nord (au sud de la Norvège), en Manche, en Atlantique-est jusqu'au Sénégal, en Méditerranée et en Mer infralittoral (Fischer *et al.*, 1987). (**Figure 4**).

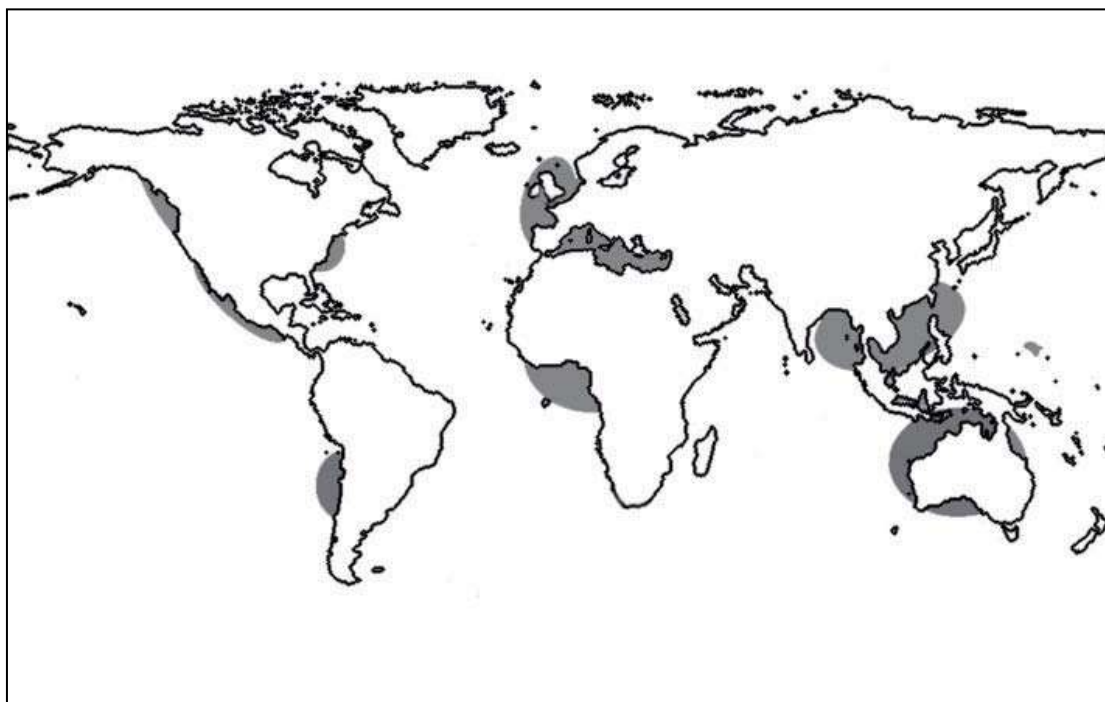


Figure 4: Répartition du genre *Solen* dans le monde (Darriba et Fernandez, 2011)

En Tunisie, ces espèces sont signalées sur toute la côte : au nord de la Tunisie (Oued Tinja, Lagune de Bizerte, Golfe de Tunis), au centre (Baie de Monastir) et au Sud (Golfe de Gabès). L'espèce la plus abondante est *S. marginatus* (Afli *et al.*, 2009 ; Ayache *et al.*, 2011 ; Aloui et Afli, 2012) avec une abondance relativement importante au niveau de la région de Radès (27 individus/m²) et la région du Golfe de Gabès (15 individus/m²) (Marzouki, 2006) (**Figure 5**).

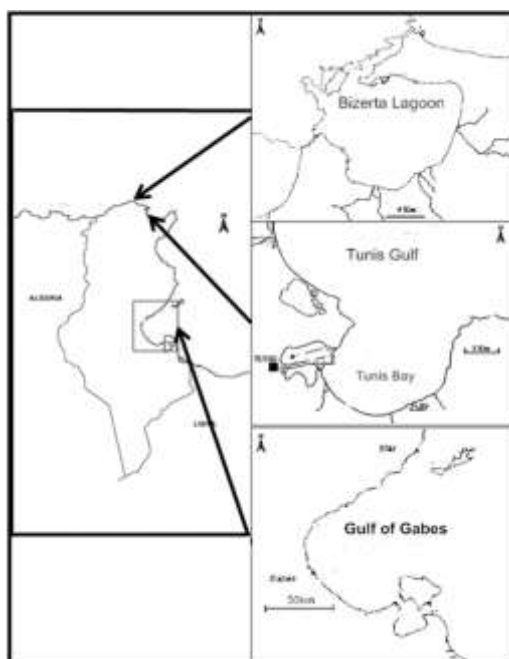


Figure 5: Répartition de *S. marginatus* en Tunisie (Ayache *et al.*, 2011)

2.3 Régime alimentaire

Animaux filtreurs se nourrissent de détritus et de phytoplanctons ramenés par les courants des marées. Des recherches ont montré chez une espèce très proche de *S. marginatus*, *S. Cylindracea* que la taille minimale pour une rétention complète est de 3 à 3,5 μm . *S. Cylindracea* retienne des particules dans un large spectre de diamètre. La plus faible limite étant de 2,5 μm (40-60% de rétention) ce qui permet aux nanoplanctons et aux agrégats bactériens de contribuer avec le microplancton au régime alimentaire. Le degré de filtration est influencé par la température et la salinité. Il diminue lorsque la température et la salinité diminuent. (De Villiers *et al.*, 1988)

2.4 Reproduction

Il existe très peu d'étude sur les espèces de solénidés. Quelques récentes études ont été menées ou elles sont en cour d'élaboration. Parmi les espèces étudiées, le genre *Ensis* : *E. siliqua*, *E. arcuatus* (Darriba *et al.*, 2004 ; Darriba *et al.*, 2005b) et *E. directus* (kenchington *et al.*, 1998). En ce qui concerne le cycle de reproduction de *S. marginatus*, il a été étudié en Espagne par Remacha-Trivino et Anadon (2006) et Lopez *et al.* (2005).

S. marginatus est une espèce gonochorique. Les mâles et les femelles ne présentent pas de dimorphisme sexuel, seule l'observation de la gonade permet de distinguer le sexe de l'individu (couleur marron de la gonade pour les femelles et blanche pour la gonade des mâles). La gonade est isolée, elle est restreinte à la face interne du pied pendant tout le cycle de reproduction. D'autres auteurs rapportent que la gonade tend à sortir de la face interne du pied en période d'intense activité gamétique. (Remacha-Trivino et Anadon, 2006)

La variation de l'indice de condition et communément utilisée dans l'étude de la reproduction des invertébrés comme une première approche du développement sexuel. Certains auteurs utilisent toute la chair (tissus somatiques et gonadique) pour le calcul du rapport de l'index, ou bien une portion de la masse viscérale. D'autres auteurs ont établi un rapport entre le poids de la gonade et le poids total de la chair ou le poids total de l'individu entier (Beninger, 1984 ; Darriba *et al.*, 2004 ; Lopez *et al.*, 2005 ; Remacha-Trivino et Anadon, 2006). S'ajoute à cela l'étude histologique de la gonade pour observer de plus près l'évolution de la gamétogenèse et pouvoir établir par la suite une échelle gamétique plus précise.

L'études de l'évolution de l'indice de condition de la chair (Remacha-Trivino et Anadon 2006 ; Lopez *et al.*, 2005) et celui de la gonade ont permis d'établir le cycle de reproduction de *S. marginatus* qui est annuel, avec une très brève période de repos sexuel. Par contre une longue émission gamétique successive est observée. Le cycle de reproduction de cette espèce est fortement influencé par la variation des facteurs externes comme la température et l'abondance trophique du milieu, c'est le cas de la plupart des mollusques bivalves. Néanmoins, le cycle de reproduction est aussi influencé par la variation des facteurs internes tels que les facteurs génétique et/ou endocrinien.

2.5 Exploitation

S. marginatus est objet d'une pêche industrielle à semi industrielle en haute Adriatique et Sicile, artisanale ou occasionnelle ailleurs. Les engins de pêches sont diversifiés en fonction du site de collecte et la profondeur du milieu. Parmi les engins de pêche on trouve les chaluts de fond, dragues, ou encore une collecte à la main moyennant un agent excitateurs (sel ou chaux), avec des crochets ou des bèches, une pelle, un râteau ou par carottage (Constantino *et al.*, 2009 ; Fahy *et al.*, 2001 ; Gaspar *et al.*, 2011 ; Breen *et al.*, 2011)

Le prélèvement par le sel est la technique qui n'endommage pas l'animal, impact moins l'écosystème et permet de collecter l'animal sain moyennant une coquille intacte. Cette technique permet de remettre l'animal dans son milieu (si sa taille est inférieure à la taille commerciale) avec une grande chance de survie. Cette espèce apparaît régulièrement sur les marchés italiens, occasionnellement ailleurs, utilisée fraîche ou comme appât. (Constantino *et al.*, 2009 ; Fahy *et al.*, 2001 ; Gaspar *et al.*, 2011 ; Breen *et al.*, 2011)

Seul le Maroc, pays Nord-africain pratique l'élevage du couteau pour une exportation vers les pays européens, sa production avoisine les 500 tonnes en 2014 (DGSC, 2015). En Tunisie cette espèce reste sous exploitée malgré l'importance de sa valeur marchande ailleurs.

II. Objectifs

Les principaux objectifs de cette présente étude sont :

1. Réactualisé les résultats de l'évaluation du stock du couteau *Solen marginatus* dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).
2. Cartographier l'abondance et la distribution géographique de cette espèce dans la zone étudiée.
3. Etablir la structure en taille des échantillons collectés.
4. Caractériser le cycle de reproduction de cette espèce dans la zone et la période d'étude
5. Etudier le sexe ratio comme un indicateur crucial pour mieux comprendre la dynamique des populations de cette espèce
6. Déterminer l'indice de condition, un indicateur de l'état physiologique et de la qualité des bivalves permettant d'évaluer l'embonpoint et la santé générale des individus.

III. Méthodologies

1. Zone d'étude

La zone d'étude est localisée dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax, délégation de El Ghraïba. La zone d'étude s'étend sur 14 KM depuis la première radiale de prélèvement (34°22'42.48", 10°16'23.58") jusqu'à la dernière radiale (34°22'14.51", 10°16'12.98") (Figure 6)

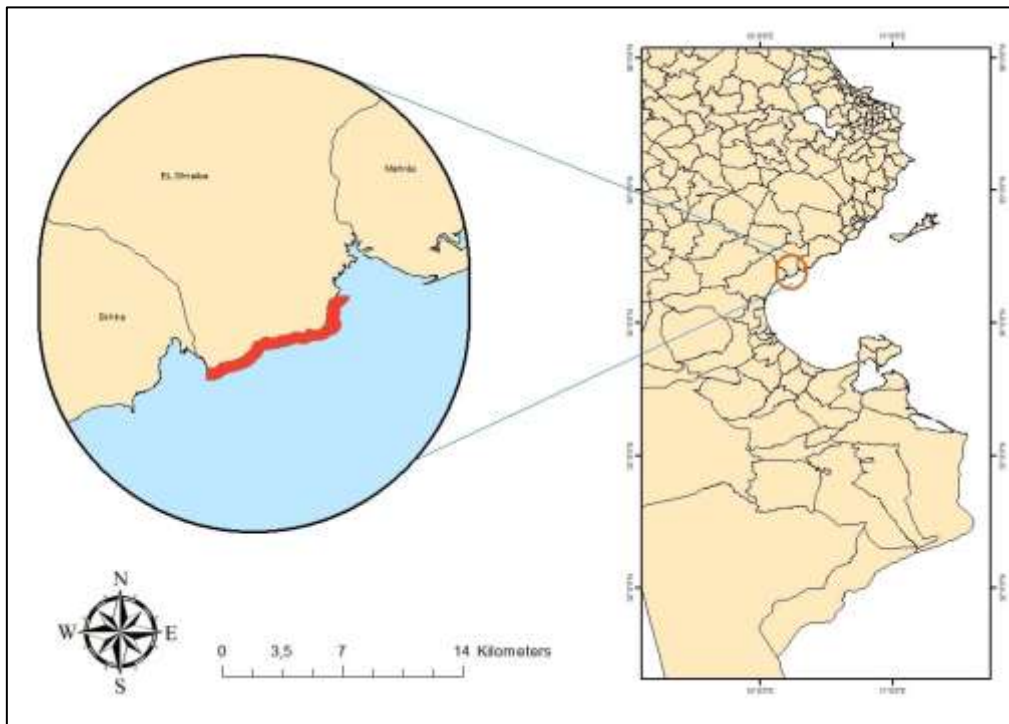


Figure 6: Zone d'étude : délégation de El Ghraiba (zone côtière du gouvernorat de Sfax)

2. Matériel et méthodes

2.1. Travail de laboratoire

Le travail au laboratoire a pour objectif essentiel le traitement des échantillons du couteau. Ce traitement passe par plusieurs phases à savoir :

- Le lavage des échantillons ;
- La récupération des individus collectés ;
- La prise des différentes mensurations des individus collectés ;
- L'enregistrement de l'information prélevée ;
- La saisie et l'archivage ainsi que la constitution d'une base de données relative à l'espèce faisant l'objet du présent travail.

2.2. Récupération des échantillons

Il est essentiel de souligner que notre première opération en laboratoire consiste à rincer les échantillons sous un jet d'eau. Cette étape initiale permet d'éliminer le sable, la vase et divers autres débris (caillots, sables, etc.). Une fois cette étape terminée, les spécimens récupérés sont prêts pour l'analyse et le traitement. **(Figure 7).**



Figure 7: Lavage d'un échantillon sous un jet d'eau

2.3. Analyse et enregistrements des données prélevées

La deuxième phase du travail de laboratoire consiste à analyser les données collectées sur le couteau *S. marginatus*. Pour chaque station de prélèvement, le nombre et la masse des spécimens sont enregistrés dans des fichiers appropriés. Ces fichiers contiennent également des informations plus détaillées, notamment les mensurations individuelles (longueur totale, hauteur et épaisseur) ainsi que la masse individuelle et totale, mesurée à l'aide d'une balance électronique précise à 0,01 g (**Figure 8**).

Les paramètres mesurés sont les suivants :

- **Longueur (L)** : Correspond à la plus grande distance entre le bord antérieur et le bord postérieur de la coquille, mesurée à l'aide d'un pied à coulisse digital avec une précision au centième de millimètre.
- **Hauteur (H)** : Pour les bivalves, ce paramètre est mesuré de la charnière dorsale au bord ventral, également avec un pied à coulisse digital à précision au centième de millimètre.
- **Épaisseur (E)** : Représente la longueur maximale de la convexité des deux valves unies, mesurée de la même manière que la longueur et la hauteur.
- **Masse (M)** : Il s'agit de la masse corporelle de l'individu échantillonné, déterminée avec une balance électronique de précision à 0,01 gramme près.



Figure 8: Mensurations et pesage des échantillons collectés

Ainsi, dans le cadre de ce travail, diverses analyses spécifiques sont réalisées sur un échantillon minimale de 15 spécimens prélevés à chaque station.

2.4. Etude de l'indice de condition :

Par définition, l'indice de condition (IC) est un indice physiologique correspond au rapport du poids de la chair sur le poids de la coquille multiplié par 100 (**Figure 9**).

L'indice de condition est un indicateur de l'état physiologique et de la qualité des bivalves. Il permet d'évaluer l'embonpoint et la santé générale des individus en comparant le poids de la chair par rapport au poids total de la coquille. Un indice de condition élevé indique que le bivalve est en bonne santé et a accumulé suffisamment de réserves énergétiques, généralement avant la période de reproduction. À l'inverse, un indice faible peut signifier un stress environnemental ou une période de jeûne comme après la ponte.

Pour chaque individu, l'indice de condition sec (ICS) sont alors calculés.

$$ICS = \frac{\text{Poids sec de chair (sèche)}}{\text{Poids de coquille}} \times 100$$

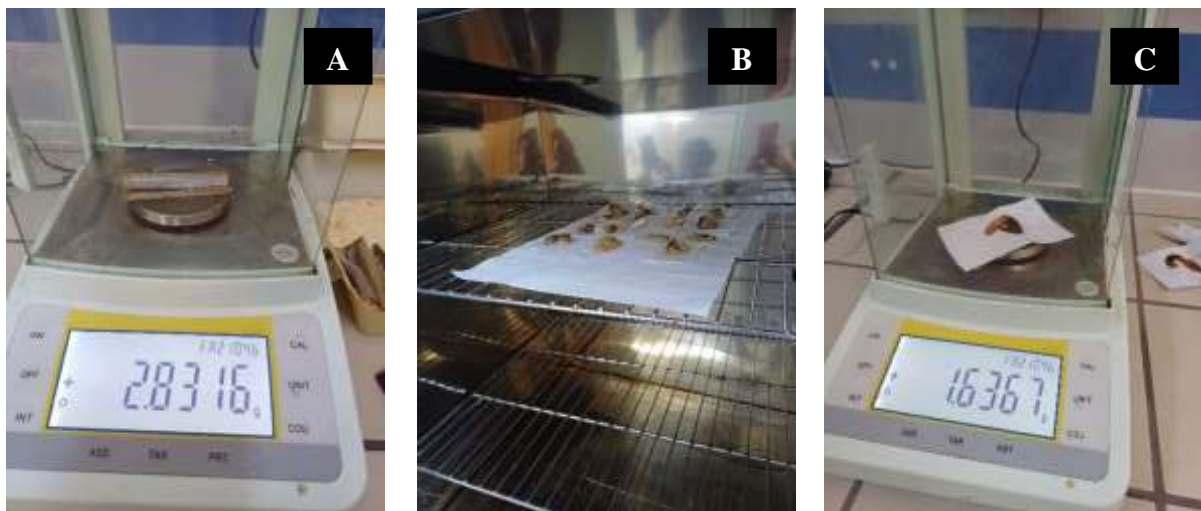


Figure 9: Etapes pour le calcul de l'indice de condition sec (ICS)

A : Pesage des coquilles sèche

B : Séchage de la chaire à l'aide d'une étuve pendant 24h à 60°C

C : Pesage de la chair sèche

2.5. Détermination du sex-ratio:

Le sex-ratio ou rapport de masculinité, est une mesure qui exprime la proportion d'individus mâles par rapport aux individus femelles dans une population donnée. (Figure 10). C'est un indicateur crucial pour comprendre la dynamique des populations. Un déséquilibre dans le sex-ratio peut avoir des conséquences significatives sur la reproduction et la survie de l'espèce.



Figure 10: Photo de couteau *S. marginatus* mâle (A) et femelle (B)

2.6. Caractérisation du stade de reproduction:

Le stade de reproduction (Mature/Immature) fait référence au développement reproductif d'un individu au sein d'une espèce. (Figure 11).



Figure 11: Photo microscopique qui représente les ovocytes matures de *S. marginatus* chez une femelle

2.7. Détermination des Indices de densité et de biomasse

Dans la présente étude, les indices d'abondance sont calculés en termes de nombre et de masse par unité de surface (100 m²). Pour chaque station de prélèvement, nous avons également déterminé l'indice d'abondance moyen ainsi que les divers paramètres nécessaires. Afin d'estimer l'abondance et la biomasse totales, nous avons extrapolé l'indice d'abondance moyen ou la densité moyenne à l'ensemble de la zone concernée.

De plus, la cartographie de la densité et de la biomasse de l'espèce étudiée a été réalisée grâce à l'utilisation **des Systèmes d'Information Géographique (ArcGIS 10.8)**. La cartographie, qui constitue un de nos principaux objectifs, permet également de classer les strates spatiales selon la densité de l'espèce (en g/100 m² et/ou en individus/100 m²). Pour garantir des extrapolations précises, les strates choisies doivent être aussi homogènes que possible. Le principe fondamental de cette opération repose sur l'extrapolation des indices d'abondance à l'ensemble de l'aire de répartition globale de l'espèce étudiée.

Pour une espèce donnée (i), l'estimation (Bi) du stock en nombre et/ou en poids est effectuée selon la méthode d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques proposée par **Gulland (1969)**.

$$B_i = N_i \frac{A_i}{a_i} \times \frac{1}{X_e}$$

Bi : Biomasse du stock (en nombre et/ou poids), **Ni** : l'indice de l'abondance moyen (en nombre/m² et/ ou en poids/m²), **Ai** : Surface totale du site ou de la strate, **ai** : Surface de prélèvement des échantillons (surface du quadra par site), **Xe** : Proportion des retenus, **1/Xe** : Facteur d'échappement de l'espèce considérée

IV. Résultat

1. Cartographie des indices d'abondances

Les opérations de prospection et de prélèvement des échantillons du couteau *S. marginatus* ont été effectuées dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba). Les stations de prélèvement étaient dispersées à travers toute la zone d'étude (**Figure 12**). Il convient de noter que le nombre de stations de prélèvement dans chaque radiale varie en fonction des conditions de marée. En tout, **14 stations** ont été échantillonnées à partir de **8 radiales** dans la zone côtière (El Ghraïba) au cours de trois missions de terrain. Les résultats montrent que le nombre de prélèvements varie d'une zone à l'autre, en raison principalement de la présence ou de l'absence de l'espèce dans les sites prospectés.

Les coordonnées géographiques, ainsi que le nombre de radiales et de stations de prélèvement explorées dans la zone, sont répertoriés dans le **tableau 1**.

Tableau 1: Nombre de radiales, stations et informations détaillées concernant la collecte du couteau *Solen marginatus* dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).

Radiales	Stations	Coordonnées originales GPS		Coordonnées converties	
		Latitude (DMS)	Longitude (DMS)	Latitude	Longitude
R1	S1	34°22'42.48"	10°16'23.58"	34,378466	10,273216
	S2	34°22'16.50"	10°16'26.37"	34,371251	10,273991
R2	S3	34°22'45.77"	10°16'28.02"	34,379381	10,274451
	S4	34°22'45.43"	10°16'30.41"	34,379286	10,275113
	S5	34°22'42.95"	10°16'33.16"	34,378596	10,275878
R3	S6	34°22'50.12"	10°16'26.08"	34,38059	10,27391
R5	S8	34°22'36.07"	10°16'18.45"	34,376685	10,271791
	S9	34°22'34.29"	10°16'21.67"	34,376191	10,272686

R6	S10	34°22'19.28"	10°16'18.50"	34,372023	10,271805
	S11	34°22'18.98"	10°16'21.55"	34,371938	10,272653
R7	S12	34°22'14.51"	10°16'12.98"	34,370698	10,270271
	S13	34°22'13.44"	10°16'14.70"	34,370401	10,27075
R8	S14	34°20'50.16"	10°12'44.42"	34,347266	10,21234
	S15	34°20'49.22"	10°12'46.61"	34,347005	10,212948

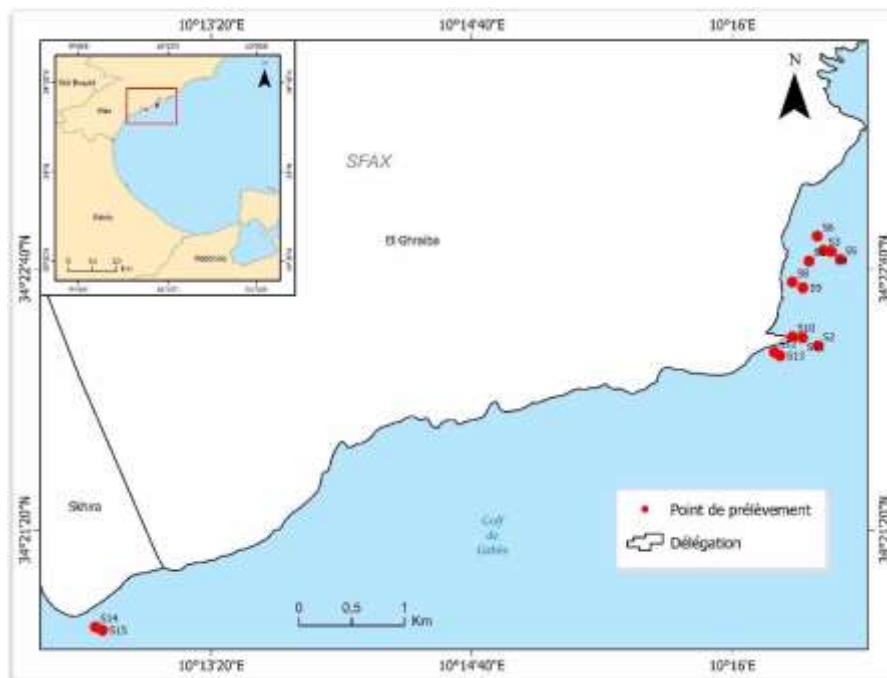


Figure 12: Position géographique des stations de prélèvements dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).

Les résultats de la cartographie et de la distribution spatiale des indices d'abondance de cette espèce ont été représentés graphiquement sous forme des cartes (nombre d'individus/100 m² et g/100 m²). Ces cartes révèlent que les concentrations varient en fonction des zones étudiées. Le couteau colonise principalement la partie nord de la zone étudiée, avec des densités maximales atteignant 144 individus/100 m², correspondant à une biomasse d'environ 1354 g/100 m².

En revanche, dans les autres zones prospectées, les densités sont moyennes à faibles, avec des indices d'abondance allant de 0 à 72 individus/100 m² et des biomasses variant entre 0 et 583 g/100 m² (Figure 13, 14).

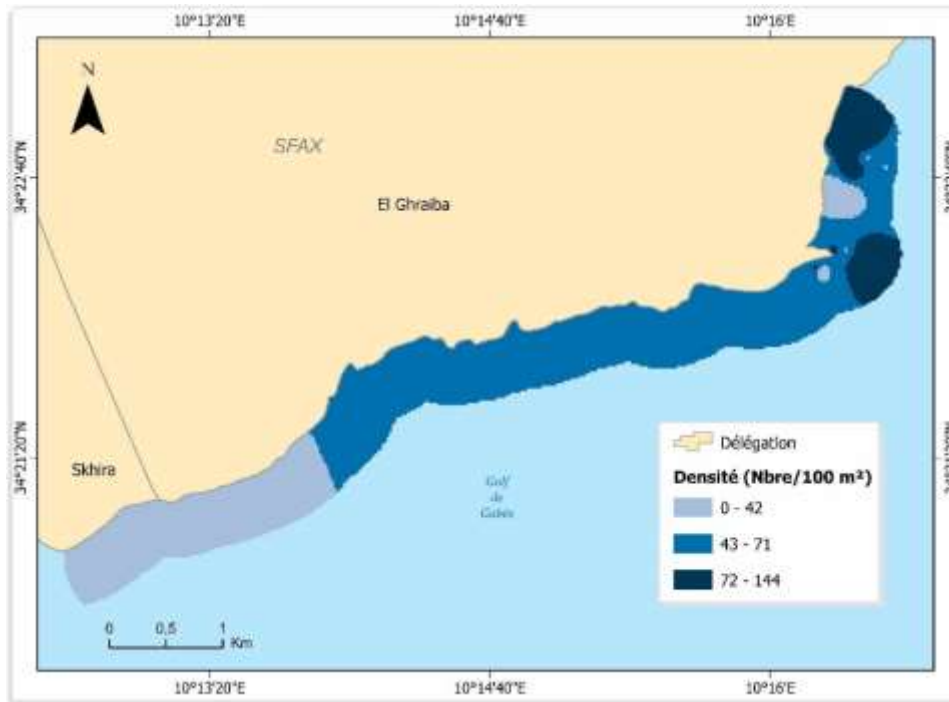


Figure 13: Distribution spatiale des indices d'abondances (en nombre/100 m²) du couteau *Solen marginatus* dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba)

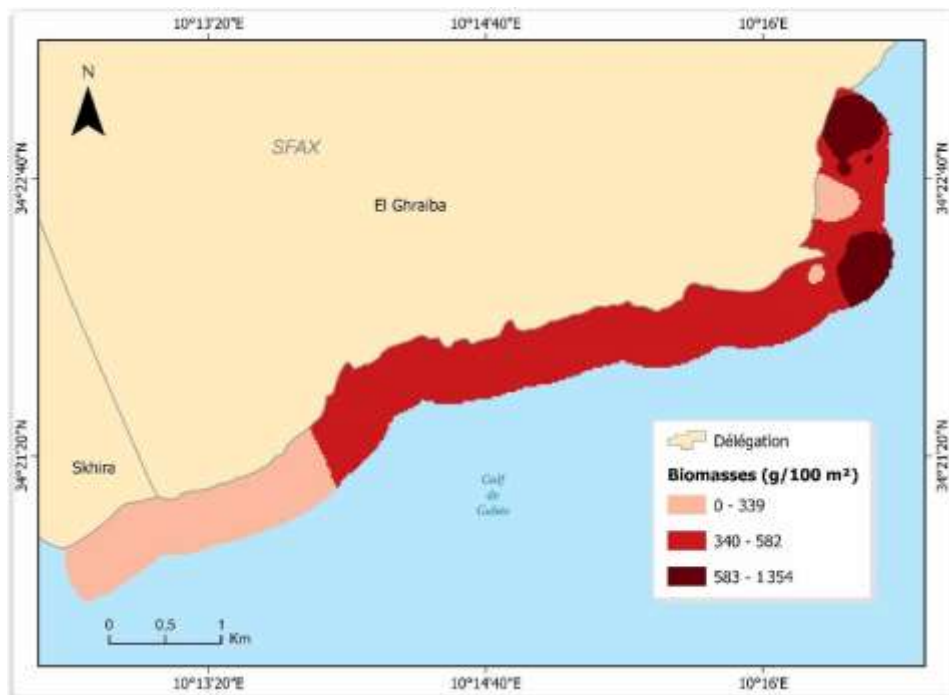


Figure 14: Distribution spatiale des indices de biomasse (g/100 m²) du couteau *Solen marginatus* dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).

Les anciennes études montrent que la densité de *S. marginatus* atteint entre 22 et 26 individus par mètre carré (125-200 g/m²) dans la partie nord du golfe de Tunis, et entre 30 et 7 individus par mètre carré (125-25 g/m²) dans la partie sud du golfe. Les densités les plus élevées sont observées

dans les estuaires fluviaux, notamment ceux de Mejerdah, Meliane, Abid, et Oued Maltine. (Ayachi *et al*, 2011).

2. Evaluation du stock

Dans la zone d'El Ghraiba, Les échantillons issus de 14 stations ont été collectés lors de l'exploration de 8 radiales. Cette première évaluation indique que les concentrations les plus élevées de l'espèce se trouvent principalement dans la partie nord de la zone côtière d'El Ghraiba.

Selon les résultats obtenus, la zone côtière renferme un stock considérable de couteaux, avec une biomasse totale estimée à environ $55,15 \pm 20$ tonnes, correspondant à une abondance totale d'environ $06,88 \pm 1,9$ millions d'individus, en tenant compte de la proportion échappée. Les chiffres relatifs à cette biomasse sont présentés dans le **tableau 2**.

Tableau 2: Densité moyenne, abondance et biomasse totales du couteau *Solen marginatus* dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba)

Zone	Densité moyenne		Abondance totale (millions) \pm IC	Biomasse totale (tonnes) \pm IC	Biomasse féconde (tonnes) \pm IC
	(Inds/100 m ²)	(g/100 m ²)			
El Ghraiba	56.29	451.29	$06,88 \pm 1,9$	$55,15 \pm 20$	$54,75 \pm 20$

En plus de l'étude de la distribution spatiale et de l'estimation du stock total de *couteaux S. marginatus*, cette étude a également porté sur l'estimation de la biomasse féconde par zone d'étude. Il convient de rappeler que la taille à la première maturité sexuelle chez *S. marginatus* a été estimée à 45 mm (Ayache, 2016). Ainsi, la biomasse féconde dans la zone d'El Ghraiba a été estimée à $54,75 \pm 20$ tonnes. Par ailleurs, le potentiel exploitable de cette espèce est évalué à environ 34 tonnes, en prenant en compte la taille réglementaire proposée de 70 mm.

3. Etude de la Structures en taille

Les opérations de prospection et d'échantillonnage ont permis de recueillir 788 spécimens de couteaux *S. marginatus* dans l'ensemble de la zone côtière d'El Ghraiba. L'analyse de leur structure en taille révèle que les longueurs mesurées varient entre un minimum de 46 mm et un maximum de 104 mm, avec un noyau du stock composé principalement d'individus dont la taille se situe entre 68 mm et 90 mm. Cette marge de tailles représente 83 % de l'ensemble des individus échantillonnés dans la zone d'étude (**Figure 15**).

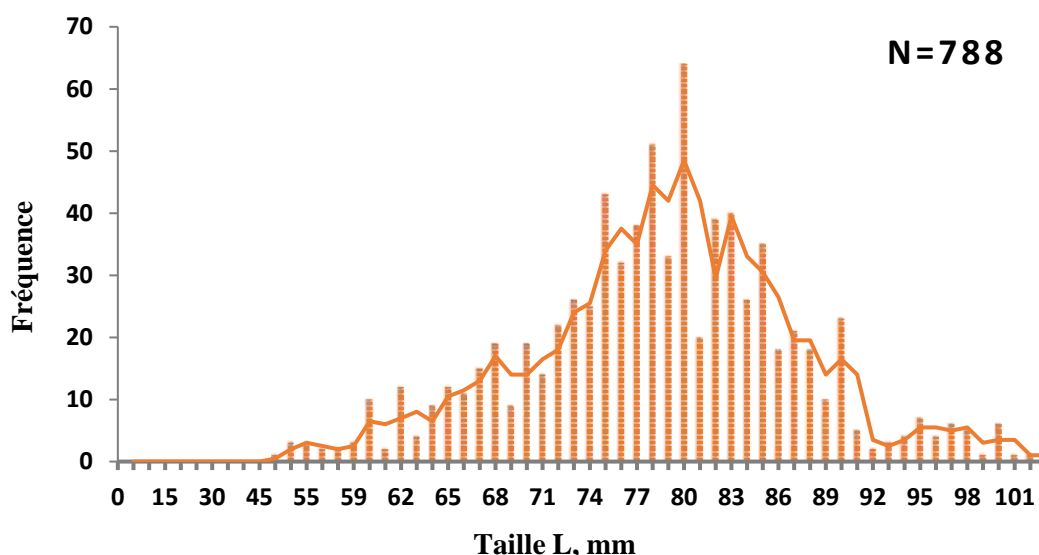


Figure 15: Histogramme de fréquence du stock du couteau *Solen marginatus* échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).

4. Etude de l'Indice de condition

L'indice de condition est un indicateur de l'état physiologique et de la qualité des bivalves. Il permet d'évaluer la santé générale des individus en comparant le poids de la chair par rapport au poids total de la coquille.

Il est essentiel de calculer l'indice de condition chez les couteaux *S. marginatus* afin de mieux comprendre l'efficacité avec laquelle ces organismes transforment la nourriture ingérée en biomasse. Cet indice permet d'évaluer la croissance des individus en fonction des ressources alimentaires disponibles, ce qui est crucial pour estimer le rendement et la viabilité des populations dans leur habitat naturel.

Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent influencer l'indice de condition de *Solen marginatus* :

- Saison et cycle reproducteur : L'indice est généralement plus élevé avant la ponte et plus faible après, lorsque les réserves sont mobilisées pour la reproduction.
- Disponibilité en nourriture : Une abondance de phytoplancton et de matière organique dans l'eau permet une meilleure condition des bivalves.
- Température : Des températures optimales favorisent une meilleure condition, tandis que des stress thermiques la diminuent.
- Pollution : Une exposition à des contaminants peut réduire l'indice de condition

Les résultats obtenus de pourcentage d'indice de condition dans ce travail révèle des variations significatives entre les différentes stations d'échantillonnage. Chaque station présente une valeur distincte de l'indice de condition, ce qui reflète la variabilité des conditions environnementales, de la disponibilité des ressources alimentaires, et peut-être des pressions de prédation ou de compétition. Par exemple, les stations avec un pourcentage d'indice de conversion les plus élevés (R1 ; R2 ; R3 ; R5) indiquent une conversion efficace de la nourriture en biomasse,

suggérant des conditions favorables pour la croissance des individus. En revanche, des valeurs plus faibles pourraient signaler des conditions moins optimales, telles qu'une disponibilité limitée en nutriments ou un stress environnemental (**Figure 16**).

En conclusion, ces variations dans l'indice de condition entre les stations d'échantillonnage soulignent l'importance de la prise en compte des facteurs locaux lors de l'évaluation des populations de *S. marginatus*. Ces résultats permettent d'identifier les zones où la gestion et la conservation des stocks pourraient nécessiter des ajustements pour maintenir la santé et la durabilité des populations.

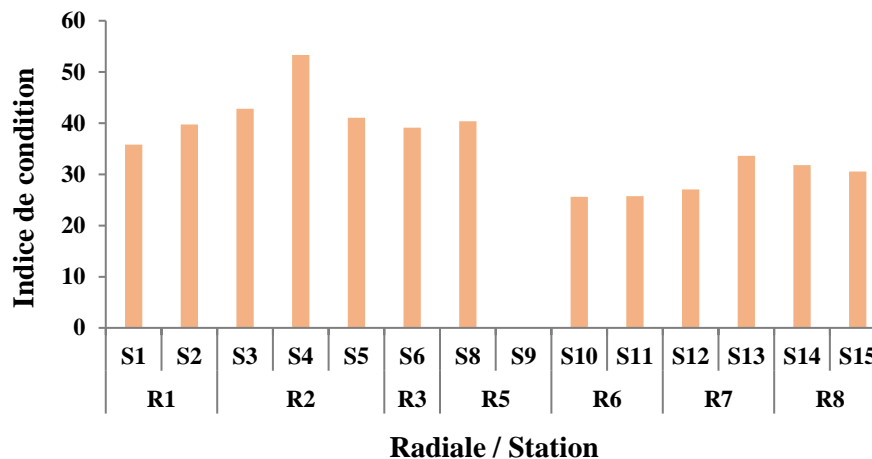


Figure 16: Histogramme de l'évolution de l'indice de condition du stock du couteau *Solen marginatus* échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraïba).

5. Caractérisation du Stade de Reproduction

Les résultats obtenus montrent une répartition variable des individus matures et immatures selon les stations. La plupart des stations présentent une proportion élevée d'individus matures, représentant environ 80 % de l'ensemble des individus échantillonnés. La période d'échantillonnage est réalisée au cours du mois mai, une saison favorable correspondant à la période reproductive de l'espèce. Ces stations pourraient correspondre à des habitats avec des ressources suffisantes, des températures optimales, ou une moindre perturbation environnementale. D'autre part, les stations avec une majorité d'individus immatures (R5 S8) peuvent signaler des zones de recrutement ou des habitats moins propices à la reproduction active (**Figure 17**).

Ce type de répartition est essentiel pour comprendre les cycles de reproduction et les périodes de frai, et pour identifier les zones de protection prioritaires pour soutenir le renouvellement des populations.

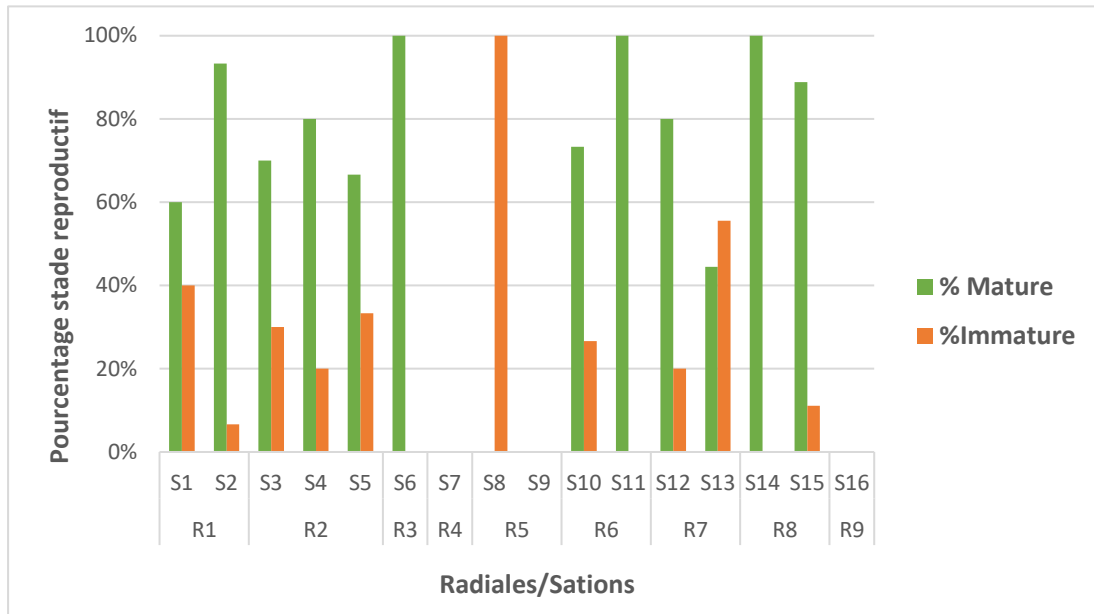


Figure 17: Histogramme de taux de Maturité / Immaturité du couteau *Solen marginatus* échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).

6. Détermination du Sex-Ratio

Le sex-ratio est un indicateur crucial pour comprendre la dynamique des populations. Un déséquilibre dans le sex-ratio peut avoir des conséquences significatives sur la reproduction et la survie de l'espèce. Par exemple, un sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles peut entraîner des difficultés pour le processus de reproduction, tandis qu'une surpopulation de femelles peut conduire à une compétition accrue pour les ressources.

Le sex-ratio, ou la proportion de mâles par rapport aux femelles, peut également varier entre les stations. Un sex-ratio équilibré (R2 S4 ; R6 S11 ; R8 S14) est souvent signe d'une population en bonne santé, tandis qu'un déséquilibre pourrait indiquer des problèmes potentiels tels que des pressions environnementales, des différences dans les taux de mortalité, ou des stratégies reproductives spécifiques. Par exemple, une surreprésentation des femelles dans certaines stations (R2 S5 ; R3 ; R6 S10 ; R7 S13) pourrait suggérer que ces zones sont des lieux de frai privilégiés, où les femelles matures se concentrent pour pondre leurs œufs. À l'inverse, une prédominance de mâles (R7 S12 ; R8 S15) pourrait indiquer des zones où les femelles sont absentes ou en nombre réduit, peut-être en raison de conditions de vie moins favorables. (Figure 18).

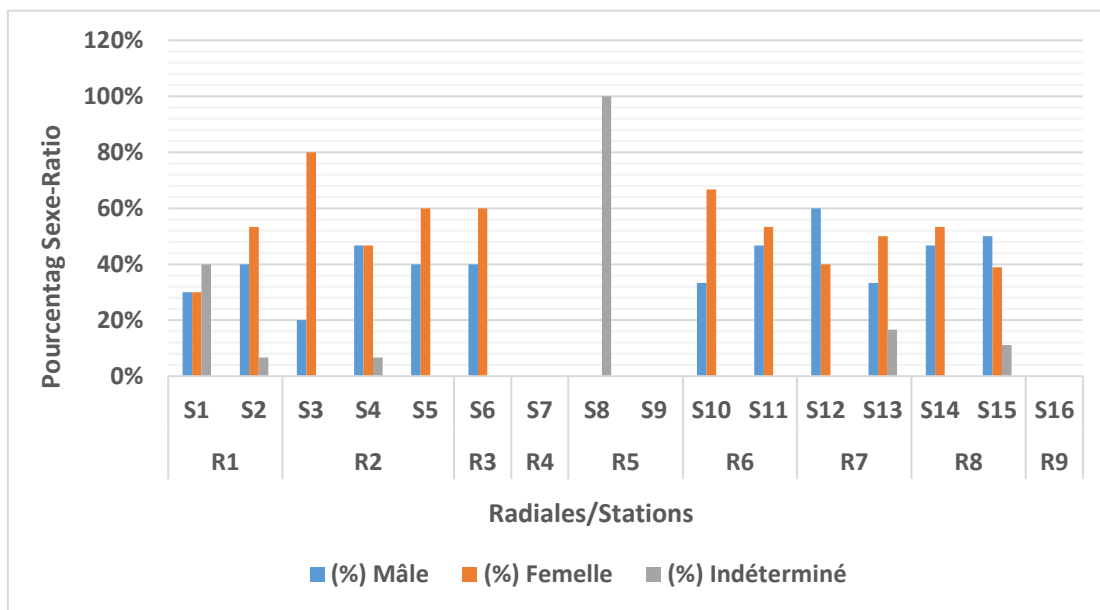


Figure 18: Histogramme de Sexe Ratio dans le stock du couteau *Solen marginatus* échantillonné dans la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba).

V. Conclusions et recommandations

Il est important de rappeler que l'espèce *Solen marginatus*, bien qu'elle soit abondante, n'est pas actuellement exploitée de manière significative en Tunisie. Son faible intérêt économique a conduit à une certaine négligence de la part des communautés scientifiques. À travers cette étude, nous avons actualisé les résultats d'évaluation des stocks obtenus en 2021 et en 2022 dans les Îles de Kneiss.

Les résultats montrent que les concentrations de *S. marginatus* varient selon les zones explorées. Le couteau colonise principalement la partie nord de la zone côtière du gouvernorat de Sfax (El Ghraiba), avec des densités maximales atteignant 144 individus pour 100 m², correspondant à une biomasse d'environ 1354 g pour 100 m². En revanche, dans les autres zones prospectées, les densités sont moyennes à faibles, avec des indices d'abondance allant de 0 à 72 individus pour 100 m², correspondant à des biomasses variant entre 0 et 583 g pour 100 m².

En outre, la zone côtière abrite un stock important de couteaux, estimé à 55.15 tonnes, soit une abondance totale d'environ 6.88 millions d'individus. La biomasse féconde dans la zone d'El Ghraiba a été estimée à 54.75 tonnes. Le potentiel exploitable de cette espèce est estimé à environ 34 tonnes, en prenant en compte la taille réglementaire proposée de 70 mm.

L'analyse des tailles montre que les longueurs mesurées varient de 46 mm à 104 mm, avec un stock majoritairement composé d'individus de 68 à 90 mm, représentant 83 % des échantillons.

L'indice de condition alimentaire varie entre les stations, reflétant les différences en termes de conditions environnementales et de disponibilité des ressources. Les stations avec des indices élevés (R1, R2, R3, R5) suggèrent des conditions favorables pour la croissance, tandis que des

indices plus faibles indiquent des conditions moins optimales. La majorité des stations abritent principalement des individus matures (environ 80 %), favorables à la reproduction, tandis que d'autres (R5, S8) sont dominées par des individus immatures, signalant des zones de recrutement.

Le sex-ratio qui varie également, avec certaines stations montrant un équilibre, signe de santé populationnelle, et d'autres une surreprésentation des femelles (R2 S5, R3, R6 S10, R7 S13) ou des mâles (R7 S12, R8 S15), ce qui pourrait indiquer des zones de frai ou des conditions de vie spécifiques.

Références bibliographiques

- Afli, A., R. Chakroun, R. Ayari & P. Patricia Aissa. 2009. Seasonal and spatial variability of the community and trophic structure of the benthic macrofauna within Tunisian lagoonal and marine coastal areas (southwestern Mediterranean). *J. Coast. Res.* 25:1198–1209.
- Aloui-Bejaoui, N. & A. Afli. 2012. Functional diversity of the macroinvertebrate community in the port area of Kerkennah Islands (Tunisia). *Med. Marine Sci.* 13:93–102.
- Ayache, N., 2016. Eco-biologie du mollusque bivalve *Solen marginatus*: phénologie de la reproduction, abondance et distribution du stock. pp 128.
 - Ayache, N., Hmida, L., Fassatoui, C., Romdhane, M.S., 2011. Overview of the state of the razor clam (*S. marginatus* and *Ensis minor*) in Tunisia. In: Guerra, A., Lodeiros, C., Gaspar, M.B., Da Costa, F. (Eds.), *Razor Clams: Biology, Aquaculture and Fisheries*. Xunta de Galicia, Consellería do Mar, Santiago de Compostela, pp. 361–368.
- Ayari, R. & Afli, A. 2005 - Bionomie Benthique du petit Golfe de Tunis. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô.* 30: 79-90.
- Beninger, P. G. 1984. Seasonal variations of the major lipid classes in relation to the reproductive activity of two species of clams raised in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys, 1863) and *T. philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 79:79–90.
- Breen, M., T. Howell & P. Copland. 2011. A report on electrical fishing for razor clams (*Ensis* sp.) and its likely effects on the marine environment. Scotland: Marine Scotland Science Report. 117 pp.
- Constantino, R., M. B. Gaspar, F. Pereira, S. Carvalho, J. Curdia, D. Matias & C. C. Monteiro. 2009. Environmental impact of razor clam harvesting using salt in Ria Formosa lagoon (southern Portugal) and subsequent recovery of associated benthic communities. *Aquat. Conserv.* 19:542–553.
- Darriba Couñago S et Martínez Patiño D. 2011. Chapter 3 : Reproduction. In Book : *Razor clams : Biology, Aquaculture and Fisheries*.
- Darriba Counago, S. & J. Fernandez Tajés. 2011. Systematics and distribution. In: Guerra, A., C. L. Seijo, M. Gaspar & F. Da Costa, editors. *Razor clams: biology, aquaculture and fisheries*. A Coruña, Spain: Xunta de Galicia: Consellería do Mar. España. pp. 65–87.
- Darriba, S., F. San Juan & A. Guerra. 2004. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffrey, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 311:101–115.
- Darriba, S., F. San Juan & A. Guerra. 2005b. Gametogenic cycle of *Ensis Siliqua* (Linnaeus, 1758) in the Ria de Corcubion, northwestern Spain. *J. Molluscan Stud.* 71:47–51.
- De Villiers C.J., *et al.*, 1988. Effect of the salinity and temperature on the filtration rate and distribution of *S. cylindraceus*. Department of Zoology and Entomology, Rhodes University.
- DGSC. 2015. Direction Générale de la Santé et des consommateurs. Commission Européenne. Rapport d'un audit effectué au Maroc 11 – 22 juin 2012. Evaluation des systèmes de contrôles en place régissant la production des produits de la pêche et des mollusques bivalves vivants destinés à l'exportation vers l'Union Européenne
- Fahy, E., Gaffney, J., 2001. Growth statistics of an exploited razor clam (*Ensis siliqua*) bed at Gormanstown, Co Meath, Ireland. *Hydrobiologia* 465, 139–151.

- Ficher W., Schneider M. & Bauchot M.L., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Révision 1. Vol. I. Végétaux et invertébrés : 760 p.
- Gaspar, M.B., Castro, M., Monteiro, C.C., 2011. Effect of tooth spacing and mesh size on the catch of the Portuguese clam and razor clam dredge. ICES J. Mar. Sci. 56, 103–110.
- Gulland J.A. 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuels FAO des Sciences Halieutiques, N° 4, FRS/M4, 160p.
- Hmida L., Fassatoui C., Ayed D., Ayache N. & Romdhane M.S., 2012. Genetic characterization of the razor clam *Solen marginatus* (Mollusca : Bivalvia : S.idae) in Tunisian coasts based on isozyme markers. Biochemical Systematics and Ecology., 40 (2012) 146-155.
- Kenchington, E., R. Duggan & T. Riddell. 1998. Early life-history characteristics of the razor clam (*Ensis directus*) and the moonsnails (*Euspira spp.*) with applications to fisheries and aquaculture. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2223, vii + 32 pp.
- Lopez, J., C. Rodriguez & J. F. Carrasco. 2005. Comparacion del ciclo reproductor de *S. marginatus* (Pulteney, 1799) (Mollusca: Bivalvia) en las rias del Eo y Villaviciosa (Asturias, noroeste de Espana): relacion con las variables ambientales. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 21:317–327. (In Spanish).
- Marzouki, M. 2006. Biologie et parasitologie d'un bivalve d'intérêt commercial: *S. marginatus* (Pennant, 1777). Diplôme de mastère en biodiversité et ressources aquatiques, faculté des sciences de Sfax. 55 pp.
- Remacha-Trivino, A. & N. Anadon. 2006. Reproductive cycle of the razor clam *S. marginatus* (Pulteney, 1799) in Spain: a comparative study in three different locations. J. Shellfish Res. 25:869–876.
- Veeravaitaya, N. 2010. Interaction Between Razor Clams (*S. spp*) and Environmental Factors at Don Hoi Lot Tidal Flat, Samut Songkhram Province, Thailand. Ph.D Thesis in Environment and Resource Studies, Bangkok, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.