

REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET ESTIMATION DE LA BIOMASSE DES PETITS PELAGIQUES DES COTES TUNISIENNES PENDANT L'AUTOMNE 2018

Lotfi BEN ABDALLAH^{*1}, A. GAAMOUR¹, O. JARBOU¹ et H. MISSAOUI¹

¹ Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

* lotfi.benabdallah@instm.rmt.tn

المخلص

التوزيع الجغرافي وتقدير مخزون الأسماك العائمة الصغيرة الحجم في المياه التونسية خلال فصل الخريف لسنة 2018: تمثل الأسماك العائمة الصغيرة الحجم (السردين، الأنشوبة، الاطشة، الشورو، الماكرو و البوقه) 40% من إجمالي إنتاج الصيد البحري في تونس. وهي تتميز بعدم استقرارها وتنقلاتها وهشاشة توازنها وبالتالي بالتقلبات الكبيرة في الوفرة والتوزيع. لذا، و منذ سنة 1996، طور المعهد الوطني للعلوم وتكنولوجيا البحار برنامج بحث متعدد التخصصات وطويل الأجل يعني بتقييم مخزون الأسماك العائمة الصغيرة الحجم، اعتمادا على الطريقة المباشرة التي تركز على التقنيات الصوتية و الصيد التجريبي. أنجز المسح الأخير، OASIS_16، في فصل الخريف لسنة 2018. و قدرت الكميات الجمالية القابلة للاستغلال بحوالي 50 ألف طن وهي في أدنى مستوياتها منذ سنة 1998. وقد سجل أكبر انخفاض في منطقة خليج قابس. كما لوحظت تقلبات للكميات حسب الأصناف والجهات و تبقى أكثر الأنواع وفرة الشورو و السردينة، وخاصة منها الأحجام الصغيرة التي لم تبلغ بعد النضج الجنسي الأول.

الكلمات المفاتيح: التطبيقات الصوتية، الأسماك العائمة صغيرة الحجم، المياه التونسية، خريف 2018

RESUME

Les petits pélagiques de la côte tunisienne comme *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus*, *sardinella aurita*, *Boops boops*, *Trachurus sp* et *Scomber sp* représentent 40% de la production nationale de la pêche. L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (l'INSTM) a élaboré, depuis 1996, un programme régulier de recherche, dédié à ce groupe de poissons, pluridisciplinaire et à long terme basé sur la méthode directe d'évaluation des stocks. Pour mener à bien son programme, l'INSTM organise des campagnes OASIS (Opérations Anchois et Sardine de l'Institut de Salammbô), de prospection et d'évaluation des stocks des petits pélagiques en utilisant les techniques d'hydroacoustiques associées à des opérations de pêche expérimentales d'identification. La dernière campagne, OASIS_16, a été réalisée en période automnale de l'année 2018. Les potentiels exploitables estimés à 50 milles tonnes sont à leurs plus bas niveaux depuis 1998. Les baisses les plus importantes sont observées dans le golfe de Gabès. Cependant, des fluctuations spécifiques et régionales sont observées. Aussi, les espèces les plus abondantes (*Trachurus sp* et *sardina pilchardus*) présentent, dans leurs majorités, des tailles inférieures à la taille de première maturité sexuelle.

Mots clés : Acoustique, petits pélagique, eaux tunisiennes, automne 2018.

ABSTRACT

Geographical distribution and biomass estimation of the small pelagic species of the Tunisian waters during autumn season 2018: In Tunisia, the small pelagic species (*Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus*, *sardinella aurita*, *Boops boops*, *Trachurus sp* and *Scomber sp.*) account for 40% of the total national landings. Thus, since 1996, INSTM has developed a multidisciplinary and long-term research program, dedicated to this group of fish, based on direct method. Thus, the INSTM organizes OASIS surveys (Operations Anchovy and Sardine of the Institute of Salammbô,) for stock assessment of small pelagic species by acoustic techniques based on échointégration and coupled to experimental fishing hauls. The last survey, OASIS_16, was carried out during autumn season of 2018. The biomasses estimated to 50 thousand tons are at their lowest levels since 1998. The largest decreases are observed in the Gulf of Gabes. However, specific and regional fluctuations are observed. Also, the most abundant species (*Trachurus sp* et *sardina pilchardus*), have, in their majorities, sizes smaller than the size of first sexual maturity.

Keywords: acoustics, small pelagic species, Tunisia waters, autumn season 2018.

INTRODUCTION

Les espèces des petits pélagiques ciblées regroupent 9 espèces appartenant à 5 familles (Tableau I). Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat (Laloë et Samba, 1990 ; Collignon, 1991). Ce sont donc les paramètres physico-chimiques et hydrographiques du milieu qui déterminent, en grande partie, leur répartition spatio-temporelle (Bakun et Parrish,

1990). Ces espèces vivent généralement en bancs et effectuent des déplacements à la recherche des conditions optimales (Fréon, 1988 ; Cury, 1995 ; Pauly, 1997). De plus, leur première maturité sexuelle est atteinte à un jeune âge et leurs périodes de reproduction sont assez étalées (Gaamour et al, 2004), (Tableau II).

Depuis 1998, l'INSTM a élaboré un programme OASIS (Opérations Anchois et Sardine de l'Institut de Salammbô) pour l'évaluation directe des stocks

des petits pélagiques peuplant les eaux tunisiennes. Ce programme se base sur la prospection acoustique et la pêche expérimentale d'identification. Ce programme présente un double avantage. Il permet d'estimer la biomasse instantanée des stocks des

poissons (par échantillonnage) et de suivre l'évolution de leur abondance relative dans le temps et dans l'espace. Dans la présente étude, nous exposons les résultats de la dernière campagne OASIS_16 durant la saison automnale (septembre-décembre) 2018.

Tableau I. Taxonomie des principales espèces des petits pélagiques des eaux tunisiennes.

Ordre	Familles	Noms communs français	Noms communs tunisiens	Noms scientifiques	Code FAO
Clupéiformes	Clupeidae	Sardine	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	PIL
		Sardinelle ronde, allache	Latcha	<i>Sardinella aurita</i>	SAA
	Engraulidae	Anchois	Anchoua	<i>Engraulis encrasicolus</i>	ANE
Perciformes	Sparidae	Bogue	Bouga	<i>Boops boops</i>	BOG
	Scombridae	Maquereau commun	Makrou bou richa	<i>Scomber scombrus</i>	MAC
		Maquereau espagnol	Makrou bou ain	<i>Scomber japonicus</i>	MAS
	Carangidae	Chinchard d'Europe	Chourou Abiadh	<i>Trachurus trachurus</i>	HOM
		Chinchard à queue jaune	Chourou Asfar	<i>Trachurus mediterraneus</i>	HMM
Chinchard bleu		Chourou Azrak	<i>Trachurus picturatus</i>	JAA	

Tableau II: Tailles à la première maturité sexuelle (L_{50}) et périodes de reproduction moyenne des espèces étudiées dans les eaux tunisiennes (Gaamour et al., 2004)

Espèce	L_{50}	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
PIL	12,0												
SAA	13,5												
ANE	7,5												
BOG	12,5												
MAC	19,0												
MAS	17,5												
HOM	15,0												
HMM	14,0												
JAA	16,5												

Zone, matériel et méthodes d'étude

Zone d'étude (Figure 1)

Tenant compte de la morphologie de la côte tunisienne et des caractéristiques physiques des fonds marins (Ben Abdallah & al. 2018), nous avons distingué cinq secteurs/zones :

Secteur 1 : La zone sud qui comprend le golfe de Gabès.

Secteur 2 : La zone du Sahel qui s'étend du plateau des îles Kerkennah jusqu'à Sousse.

Secteur 3 : La zone du golfe de Hammamet qui s'étale de Sousse jusqu'à la pointe du Cap Bon.

Secteur 4 : La zone du golfe de Tunis qui se prolonge du Cap Bon jusqu'à Bizerte y compris les hauts fonds des Esquerquis.

Secteur 5 : La zone Nord qui se prolonge de Bizerte à Tabarka et le plateau de la Galite.

De plus, et afin d'étudier les gradients

bathymétriques, chaque secteur est sub-divisé en trois strates :

Strate A : zones de profondeurs comprises entre 20 et 50 mètres,

Strate B : zones de profondeurs comprises entre 50 et 100 mètres,

Strate C : zones de profondeurs comprises entre 100 et 200 mètres.

Matériel

La campagne OASIS_16 s'est déroulée à bord du N/O *Hannibal* du 09/09/2018 au 29/12/2018. Le sondeur scientifique utilisé est un sondeur 'split-beam' de type *SIMRAD EK-500* en fréquence 38 kHz. Pour l'archivage, le traitement et l'échantillonnage des données, nous avons utilisé le logiciel *MOVIES+ (Module pour la Visualisation l'Intégration des Echos et leur Stockage)*. Ce logiciel permet de travailler soit en acquisition en temps réel en intégrant les données de navigation, soit en rejeu à partir des données stockées sur support informatique. Pour la pêche d'identification, le chalut 4FF_176 (chalut de fond à quatre faces dont la maille du sac est de 12 mm de côté) dont l'ouverture verticale est de 7 m est employé. Durant chaque opération de pêche, l'ouverture du chalut et sa position par rapport au fond ont été contrôlées à l'aide d'un netsonde, de type *Marport*, fixé sur la corde du dos.

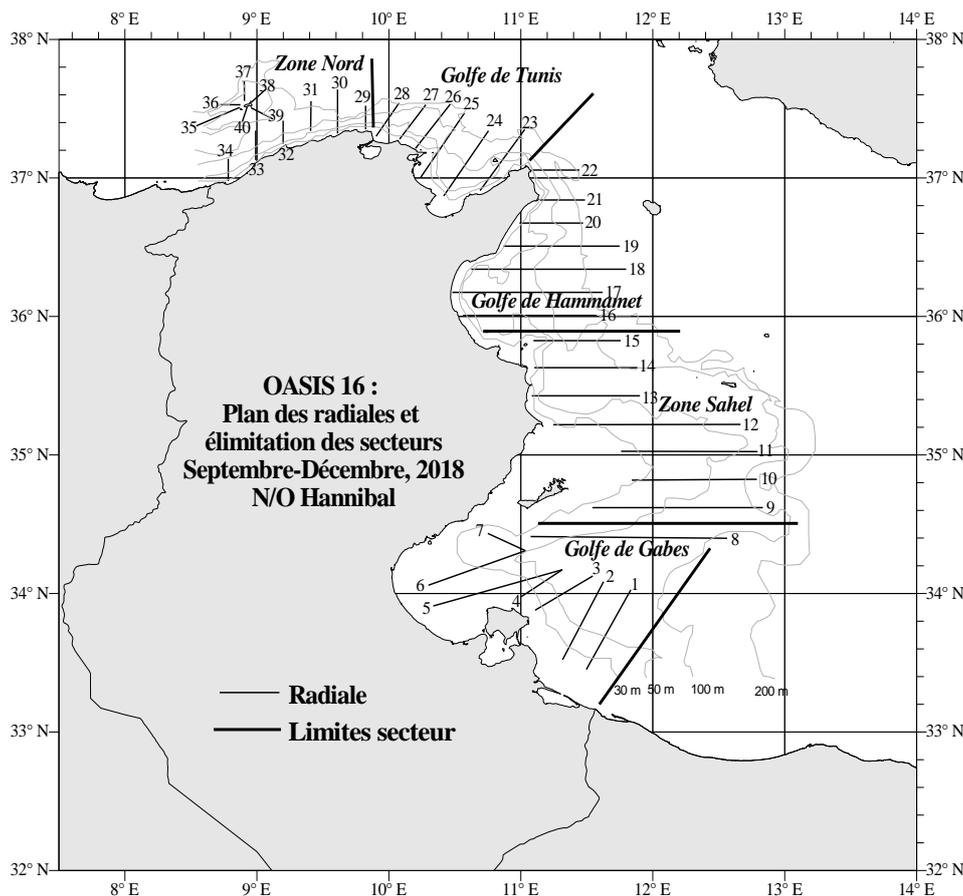


Figure 1: Plan des radiales de prospection acoustique et délimitation des secteurs géographiques.

Approche scientifique

Prospection acoustique et pêche d'identification

Les zones à prospecter sont couvertes suivant un réseau de radiales parallèles adaptées à la topographie et perpendiculaires à la côte (Figure 1). Sauf pour la zone de la Galite, comme c'est une île du large, les radiales ne sont pas parallèles entre elles mais elles sont en zigzag (MacLennan et Simmonds, 1992). Au total, quarante radiales sont définies (tableau III). La distance totale à parcourir est de 1597 mille nautique (Nim) dont 1205 Nim sur radiales. Du fait de l'étendu du plateau continental, les trois secteurs de la façade Est totalisent 70% des distances alors que la façade Nord ne totalise que 30% (Tableau III). La zone d'étude, dont les profondeurs s'étalent entre 20 m et 200 m, totalise une superficie de 10354 Nim².

Aglen, 1983, a défini le paramètre, "degré de couverture (DC)", qui relie la longueur des radiales et la superficie de la zone à prospecter pour estimer le coefficient de variance (CV) lié au plan d'échantillonnage.

$$D = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

Où

D : est le degré de couverture (DC),

L : la longueur totale des radiales

A : Surface de la zone d'étude.

Interprétation :

Si DC ≥ 4 alors CV ≤ 0,25 (25 %)

Si DC ≥ 10 alors CV ≤ 0,1 (10 %)

Pour le présent travail, le DC est de 11,8, il est donc > 10, par suite le CV est inférieur à 0,1 (10 %). Ce qui permet de considérer le plan d'échantillonnage comme étant acceptable. En considérant chaque secteur à part, le DC est inférieur à 4 pour la Galite et la zone Nord et il est supérieur à 4 pour le reste des secteurs (Tableau III). En conséquence, même au niveau des secteurs, le plan d'échantillonnage est acceptable pour 91% des surfaces à prospecter.

Tableau III: Degrés de couverture (DC) par secteur.

	G. Gabès	Z. Sahel	G. Hammamet	G. Tunis	Z. Nord	Galite	Total
Superficie (Nim ²)	2617	3358	2046	1389	693	251	10354
Distance radiale (Nim)	305	341	264	157	79	59	1205
DC	6,0	5,9	5,8	4,2	3,0	3,7	11,8

Lors de la prospection acoustique, la vitesse du navire est stabilisée à 8 nœuds, pour une unité de distance en échointégration (ESDU) de un mille nautique. Les radiales sont espacées au maximum de 10 milles nautiques (MacLennan et Simmonds, 1992). La prospection est faite de jour, lorsque les petites pélagiques sont regroupés en bancs, en allant de la côte vers le large de 20 à 200 m de profondeur. Chaque fois qu'une détection importante est observée et/ou chaque fois que les structures de détection varient, la prospection est interrompue pour la réalisation d'une opération de pêche expérimentale d'identification. Les opérations de chalutage durent entre 30 et 60 minutes à une vitesse de 3 à 4 nœuds. Après chaque trait, nous établissons la composition en poids et en longueur des captures par espèce cible.

Échointégration

L'échointégration permet d'avoir une estimation de la biomasse présente dans un volume insonifié par un échosondeur (Masse, 1996). Il est à signaler qu'il y a deux méthodes d'échointégration : l'échointégration par couche et l'échointégration par banc de poisson. C'est la première méthode qui est utilisée dans ce travail. Pour l'échointégration par couches, la colonne d'eau est divisée en un certain nombre de couches, certaines sont référencées à la surface et d'autres au fond de la mer. Pour chaque couche et pour toute la colonne analysée, le logiciel MOVIES+ fournit les paramètres suivants: N_i , N_T , S_A et S_V (Diner. *et al.* 2001) Avec :

- N_i : le nombre d'échantillons intégrés, c'est-à-dire plus grand que le seuil d'intégration.
- N_T : le nombre total d'échantillons dans la couche.
- S_A : le coefficient de dispersion nautique de secteur dans la couche.
- S_V : l'index de réverbération de volume de la couche

C'est le paramètre (S_A) qui sera analysé dans cette étude. Il est aussi appelé NASC. C'est une grandeur indépendante de la vitesse de navire et du taux d'échantillonnage du sondeur. Une pondération par la distance traversée entre chaque tire est faite pour définir la section transversale d'agrégat balayée (σ_{ag}):

$$\sigma_{ag} = k \sum_N d \sum_n U^2$$

- Avec :
- U = amplitude de chaque échantillon intégré, en volts (référence = 1 volt).
- d = distance traversée entre chaque tire

Le logiciel MOVIES+ effectue l'échointégration sur des amplitudes absolues U qui sont livrés directement par le sondeur SIMRAD EK500. Si nous considérons que:

$$d = S.T$$

- Avec:
- S = vitesse du bateau en mps.
- T = durée des pings en secondes
- Alors nous finissons avec (MacLennan, et Simmonds, 1992; Diner, Marchalot et Berger, 2001; Diner et Marchand, 1996):

$$\sigma_{ag} = \frac{1}{\epsilon} \sum_N S.T \sum_n U^2$$

- Avec ϵ = nombre d'échantillons par mètre
- σ_{ag} ainsi calculé est donc mesuré en "mètre carré".
- La relation suivante définit S_A comme coefficient de dispersion nautique du secteur

$$S_A = 23270 \frac{\sigma_{ag}}{D_E} \text{ en m}^2/\text{Nim}^2$$

- Avec : D_E = longueur de l'ESDU en mille nautique.
- Prétraitement des données*

Les valeurs brutes de NASC ainsi livrées par le logiciel MOVIES+ vont subir un prétraitement pour éliminer les sources d'erreur telles que les couches de plancton et les prises de fond. En effet, MOVIES+ prend parfois pour bancs de poissons des écho-traces de plancton suffisamment denses pour être échointégrés. Les corrections de fond se font manuellement; les écho-traces de bancs qui étaient suffisamment denses pour qu'une partie soit confondue avec le fond marin. Le cas contraire peut aussi se présenter, où une partie du fond peut être intégrée avec un banc. On peut déceler ces phénomènes chaque fois qu'il y a une augmentation aberrante de l'énergie échointégrées sur la couche d'eau correspondante au fond.

Traitement des données

Les valeurs de NASC obtenues pour chaque mille nautique sur les radiales parcourues, vont servir pour une interpolation sur la zone de l'étude et par la suite l'élaboration de la carte de distribution spatiale des densités relatives des petits pélagiques. En raison du plan d'échantillonnage adopté pour chaque secteur et vu le comportement grégaire des espèces cibles, un modèle de type « Voisin naturel » est appliqué. L'algorithme utilisé par l'outil d'interpolation "Voisin naturel" recherche le sous-ensemble d'échantillons en entrée le plus proche d'un point désigné et lui applique une pondération sur la base de surfaces proportionnelles afin d'interpoler une valeur (Sibson, 1981). Cette méthode est également connue sous le nom d'interpolation de Sibson. Ses propriétés de base sont son caractère local (utilisation d'un seul sous-ensemble d'échantillons entourant un point désigné) et la garantie que les hauteurs interpolées se situent dans la plage des échantillons utilisés. Il ne déduit aucune tendance et ne produit pas de sommets, dépressions, crêtes ou vallées autres que ceux déjà représentés par les échantillons en entrée. La surface

passer par les échantillons en entrée ; elle est lisse partout, sauf aux emplacements correspondant à ces échantillons. Dans la présente étude, ces opérations sont exécutées par le logiciel *SURFER*.

Calcul des biomasses et du potentiel exploitable
 Les valeurs moyennes des NASC couplées aux données des pêches d'identification vont permettre l'estimation des biomasses spécifiques. Cette dernière opération est exécutée par le logiciel *PESMA*.
 La biomasse B_i d'une espèce (i) est reliée à la densité relative F_i (exprimée en poids par surface) de cette espèce par l'équation :

$$B_i = \sum A_j F_i \quad \text{Où } j \text{ est le nombre de zones et } A \text{ la superficie.}$$

L'estimation de la densité (F_i) de chaque espèce est obtenue en appliquant la formule suivante (MacLennan, et Simmonds, 1992; Diner, Marchalot et Berger, 2001; Diner et Marchand, 1996) :

$$F_i = C_i E_i$$

Avec : C_i : constante de conversion pour l'espèce (i)
 E_i : valeur d'intégration.

Le facteur de conversion de l'échointégrateur (C_i) est obtenu en utilisant la formule :

$$C_i = \frac{K}{\sigma_i}$$

Avec : K : constante de l'étalonnage ;
 (σ_i) : la surface de réverbération moyenne.
 Pour une espèce donnée, (σ_i) est une constante. Ce paramètre est relié (1) à la longueur moyenne observée (L) d'une espèce par l'équation :

$$\sigma_i = 4\pi 10^{\left[\frac{a+b \log(L)}{10}\right]}$$

et (2) à l'intensité de réverbération (TS) par l'égalité :

$$\sigma_i = 4\pi 10^{\left[\frac{TS}{10}\right]}$$

Ces deux dernières équations permettent de relier la TS à la longueur moyenne (L) d'une espèce par la formule :

$$TS = a + b \log(L)$$

Où a et b sont deux constantes pour une même espèce.

Cette dernière relation est abrégée pour n'avoir qu'une seule constante par espèce par la formule :

$$TS = 20 \log(L) + b$$

On note que le Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM), recommandait, pour des fréquences de 38 kHz, l'utilisation des relations TS spécifiques suivantes (Diner & Marchand, 1996):

- Clupéidés (sardine, sardinelle, anchois)	TS = 20 log L - 71,2 dB
- Chinchards	TS = 20 log L - 68,5 dB
- Maquereau (pas de vessie natatoire)	TS = 20 log L - 82,0 dB
- Gadidés	TS = 20 log L - 66,0 dB

La biomasse totale (B_t) est égale à la somme des biomasses (B_i) de chaque espèce (MacLennan, et Simmonds, 1992)

$$B_t = \sum B_i$$

$$B_i = N_T * \bar{W}_i$$

Avec N_i nombre de l'espèce (i) $N_T = \frac{S_A}{\sigma}$

Et \bar{W}_i le poids moyen de l'espèce (i) $\bar{W}_i = a \bar{L}_i^b$

avec \bar{L}_i (a) et (b) sont respectivement le poids moyen et les paramètres de la relation taille-poids de l'espèce (i).

Pour cette étude nous avons utilisé les relations taille-poids établies lors de la campagne OASIS 2, 1998 (Tableau IV):

Tableau IV: Relations taille-poids des espèces cibles.

Code FAO	PIL	SAA	ANE	BOG	MAC	MAS	HOM	HMM	JAA
a	0,0059	0,019	0,0042	0,0146	0,027	0,0046	0,0114	0,099	0,0104
b	3,0957	2,653	3,17	2,8257	3,4303	3,2784	2,8921	2,9433	3,2978

Le potentiel exploitable Y_{max} ou potentiel maximal des captures de chaque espèce est calculé en utilisant la formule de Gulland (1971) :

$$Y_{max} = 0.5 M_i B_i$$

où M_i est le coefficient de mortalité naturelle de l'espèce (i). Il est inversement proportionnel à la longévité (i). Les valeurs retenues d'après les données bibliographiques disponibles sont reportées dans le Tableau V

Tableau V: Coefficient de mortalité naturelle (M) des espèces cibles (Hattour et al. 2004).

Code FAO	PIL	SAA	ANE	BOG	MAC	MAS	HOM	HMM	JAA
M	0,6	0,5	0,8	0,5	0,6	0,2	0,5	0,5	0,5

RESULTATS ET DISCUSSION

L'échointégration

Durant les 42 jours de mer, 4250 milles nautiques ont été parcourus dont 2943 milles sont archivés par le système MOVIES+. Sur les 1597 Nmi initialement prévus sur radiales et inter-radiales, 1531 Nmi ont été parcourus soit un taux de réalisation de 96%. Pour l'analyse des données et l'estimation des biomasses, seules les Nmi parcourus sur radiales seront pris en compte, soit 1139 Nim. Ceci nous donne un DC de 11,2 (>10).

Le coefficient de dispersion nautique du secteur dans la couche (NASC) nous donne une idée sur les

densités relatives. Les NASC sont reportés sur la figure 2. La valeur moyenne pour toute la zone d'étude est de 113,8 m²/Nmi². Cependant, les valeurs les plus importantes sont observées, avec un gradient nord-sud, aux alentours de la Galite, dans le golfe de Tunis, dans la région du Sahel et dans le fond du golfe de Gabès. A ces variations inter-secteurs s'ajoute un gradient côte-large. En effet, le NASC moyen pour les strates (A), est généralement le plus élevé sauf pour la zone Nord et la zone du Sahel où les valeurs les plus fortes sont observées au niveau de la strate (B), Les NASC moyens les plus faibles correspondent à ceux des strates (C), (Tableau VI).

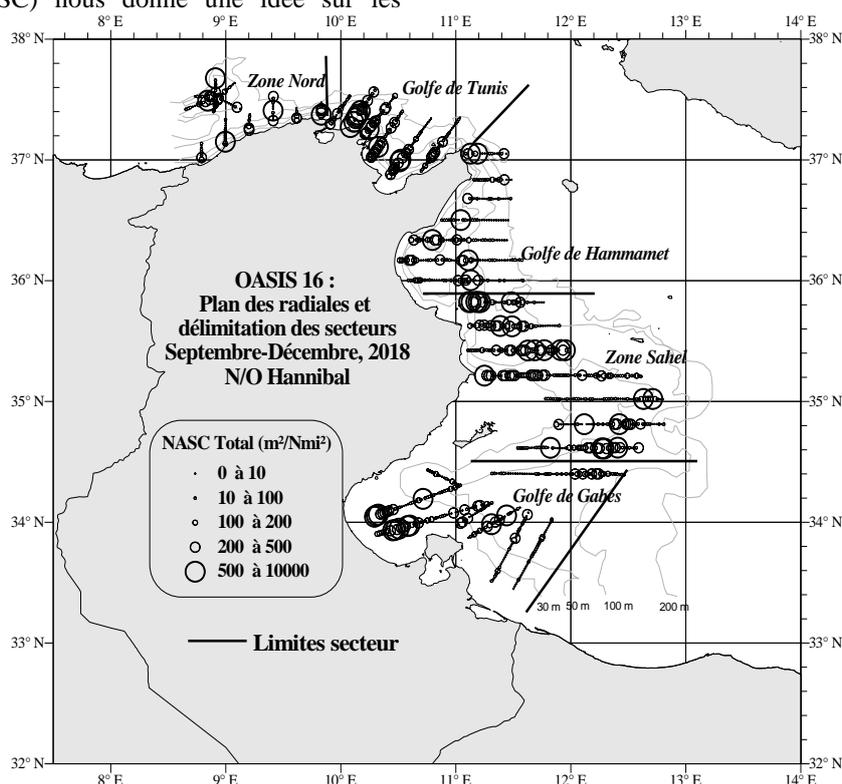


Figure 2: Densité d'échointégration, OASIS 16, 2018.

L'interpolation des valeurs observées des NASC nous donne la carte des densités relatives des petits pélagiques (Figure 3). Par rapport aux études précédentes (Guennegan et al, 1998, Ben Abdallah et Gaamour, 2004, Hattour et al, 2004), les noyaux de fortes concentrations se font rares pour cette campagne. Ils sont également très côtiers. Nous les observons aux alentours des îles Cani entre Cap Zebib et Cap Farina, au centre du golfe de Tunis, aux alentours des îles Kuriate, en face de la Chebba et au fond du golfe de Gabès. Pour les zones denses, elles sont côtières et leurs étendues ne sont importantes que dans le golfe de Tunis et entre Sousse et la Chebba.

La pêche d'identification

A l'issue de chaque opération de chalutage avec le chalut 4FF, la totalité de la capture est triée par

espèces puis pesée. Pour chaque espèce cible, la taille individuelle est enregistrée pour un échantillon représentatif ainsi que le poids de ce dernier. Au total, 57 opérations pêches d'identification ont été réalisées à des lieux et profondeurs variés et éparpillés dans les différentes zones prospectées (Figure 4). La capture totale est évaluée à 3584 kg, dont 2552 kg de petits pélagiques (soit 71,2%). Les espèces les plus fréquentes sont *Sardina pilchardus* et *Trachurus mediterraneus* (plus de 80%) et les moins observées sont *Scomber scombrus* et *Trachurus picturatus* (Tableau VII). Cependant, les espèces les plus abondantes sont *Trachurus trachurus* (49,4%), *Sardina pilchardus* (22,9%) et *Engraulis encrasicolus* (17,1%) (Tableau VIII, Figure 5). La composition spécifique en petits pélagiques de chaque pêche est portée au niveau de la figure 6.

Tableau VI: Distance parcourue, NASC moyen et DC par secteur, OASIS 16, 2018.

	Strate	Distance (Nmi)	Surface (Nmi ²)	NASC moyen (m ² /Nim ²)	DC
G, de Gabès	A	160	1499,0	108,4	4,1
	B	135	1118,0	61,4	4,0
	C				
Z, Sahel	A	162	1888,0	123,7	3,7
	B	144	1310,0	180,1	4,0
	C	31	160,0	10,0	2,5
G, Hammamet	A	30	353,0	180,6	1,6
	B	104	997,0	75,1	3,3
	C	95	696,0	24,1	3,6
G, Tunis	A	31	201,0	338,0	2,2
	B	70	575,0	205,9	2,9
	C	59	613,0	55,8	2,4
Z, Nord	A	9	83,0	253,1	1,0
	B	16	156,0	275,9	1,3
	C	36	454,0	41,8	1,7
Galite	A	8	16,0	349,2	2,0
	B	43	226,0	60,3	2,9
	C	6	9,0	31,3	2,0
Total		1139	10354,0	113,8	11,2

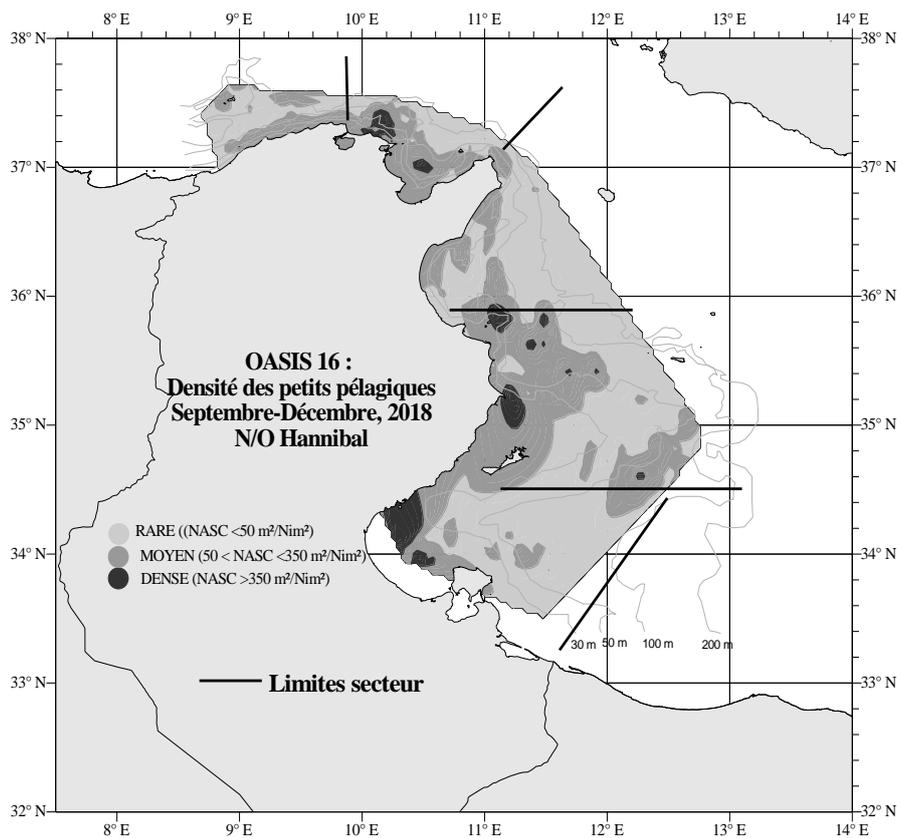


Figure 3: Répartition géographique des densités des petits pélagiques, OASIS 16, 2018.

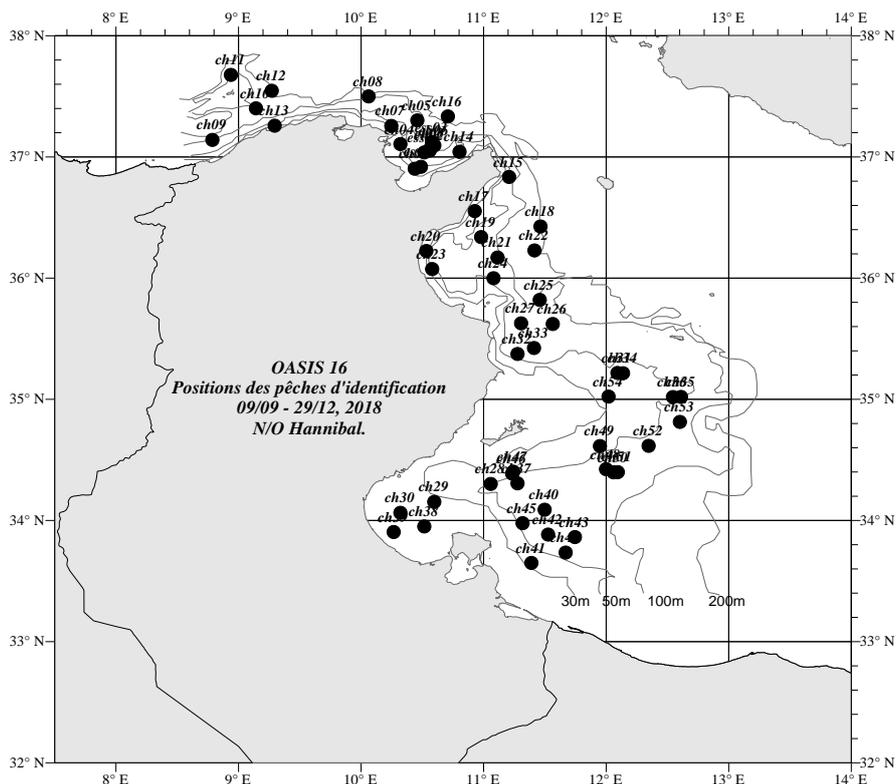


Figure 4.: Position des pêches d'identifications, OASIS 16, 2018

Pour l'établissement des fréquences des tailles des différentes espèces cibles, 370 kg (soit 13% des captures des petits pélagiques) de poisson ont été échantillonnés et 14692 spécimens traités (Tableau VIII).

Tableau VII: Fréquences des espèces cibles dans les opérations de chalutage expérimentales, OASIS 16, 2018.

Nom Commun	Nom scientifique	Code FAO	Fréquence (dans les 57 pêches)	
				%
Chinchard à queue jaune	<i>Trachurus mediterraneus</i>	HMM	44	85
Sardine commune	<i>Sardina pilchardus</i>	PIL	42	81
Bogue	<i>Boops boops</i>	BOG	36	69
Anchois	<i>Engraulis encrasicolus</i>	ANE	34	65
Chinchard d'Europe	<i>Trachurus trachurus</i>	HOM	32	62
Allache	<i>Sardinella aurita</i>	SAA	24	46
Maquereau espagnol	<i>Scomber japonicus</i>	MAS	24	46
Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>	MAC	11	21
Chinchard bleu	<i>Trachurus picturatus</i>	JAA	7	13

Tableau VIII: Composition des captures en petits pélagiques, OASIS 16, 2018.

ESPECE	Code FAO	Poids Total (kg)	%	Poids Echantillon (kg)	% échantillon	Nombre d'individus /échantillon
<i>Trachurus trachurus</i>	HOM	1261.2	49.4	56.4	4	3210
<i>Sardina pilchardus</i>	PIL	583.8	22.9	49.9	9	3510
<i>Engraulis encrasicolus</i>	ANE	437.2	17.1	19.7	5	2391
<i>Trachurus mediterraneus</i>	HMM	169.3	6.6	93.7	55	3361
<i>Boops boops</i>	BOG	47.4	1.9	46.2	97	989
<i>Sardinella aurita</i>	SAA	25.1	1.0	14.8	59	636
<i>Scomber japonicus</i>	MAS	20.7	0.8	20.7	100	426
<i>Scomber scombrus</i>	MAC	5.4	0.2	5.4	100	39
<i>Trachurus picturatus</i>	JAA	1.9	0.1	1.9	100	130
Total		2551.9	100	306.7		14692

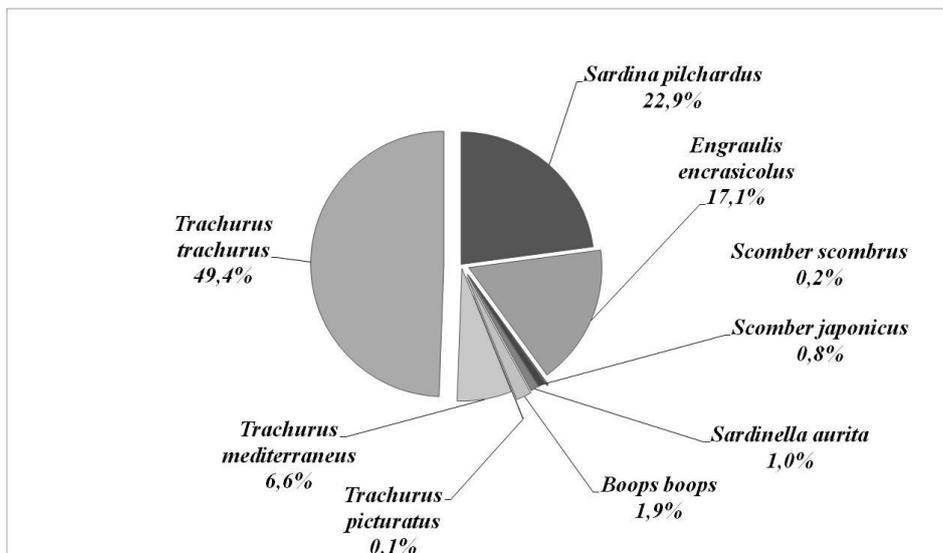


Figure 5: Composition spécifique des captures en petits pélagiques, OASIS 16, 2018.

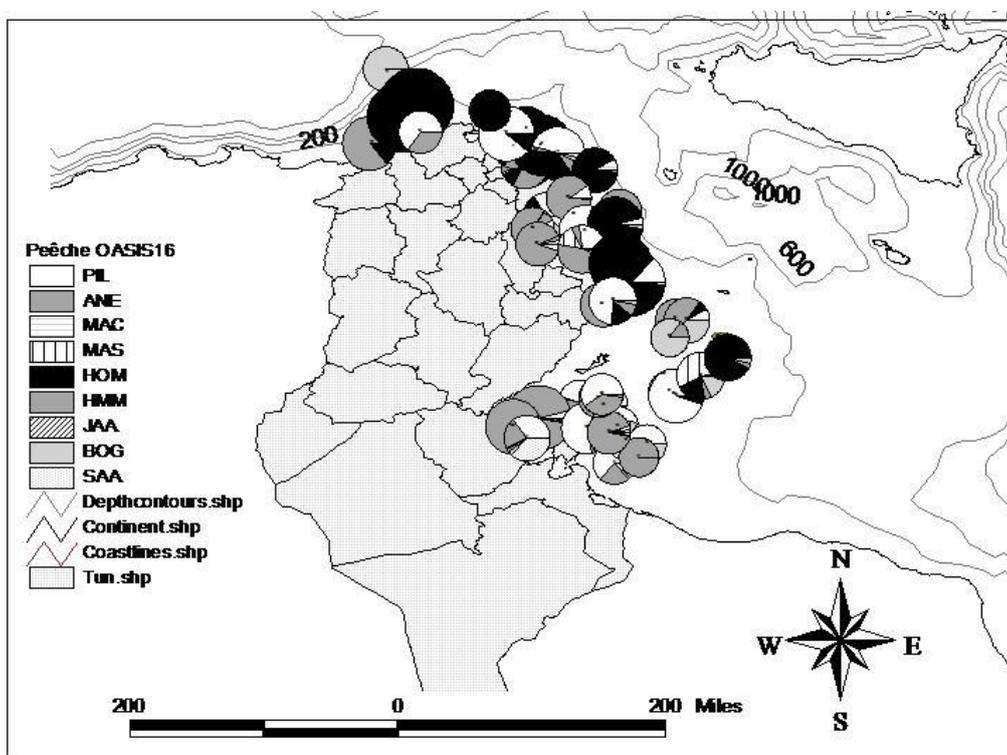


Figure 6: Répartition géographique de la composition spécifique des pêches expérimentales d'identification, OASIS 16, 2018.

Potentiel exploitable

Le potentiel exploitable des petits pélagiques des eaux tunisiennes est estimé à 50161 tonnes. Il est composé essentiellement par les chinchards (*Trachurus sp*) (64%), la sardine (*sardina pilchardus*) (24%) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) (9%). L'espèce la plus abondante est le chinchard à queue jaune (*T. mediterraneus*) avec une part de 52% (Figure 7). La sardine (*sardina pilchardus*) est relativement plus abondante dans le golfe de Tunis et le golfe de Gabès. Alors que l'anchois (*Engraulis*

encrasicolus) l'est dans la zone Nord et dans le golfe de Gabès. Le chinchard d'Europe (*T. trachurus*) est abondant dans tous les secteurs sauf dans le golfe de Gabès. Le chinchard à queue jaune (*T. mediterraneus*) est abondant dans tous les secteurs. La sardinelle ronde (*Sardinelle aurita*), la bogue (*Boops boops*), les maquereaux (*Scomber sp*) et le chinchard bleu (*T. picturatus*) sont très peu abondantes voir même absents dans certains secteurs (Tableau IX).

Tableau IX; Le potentiel exploitable par espèce et par secteur, OASIS 16, 2018.

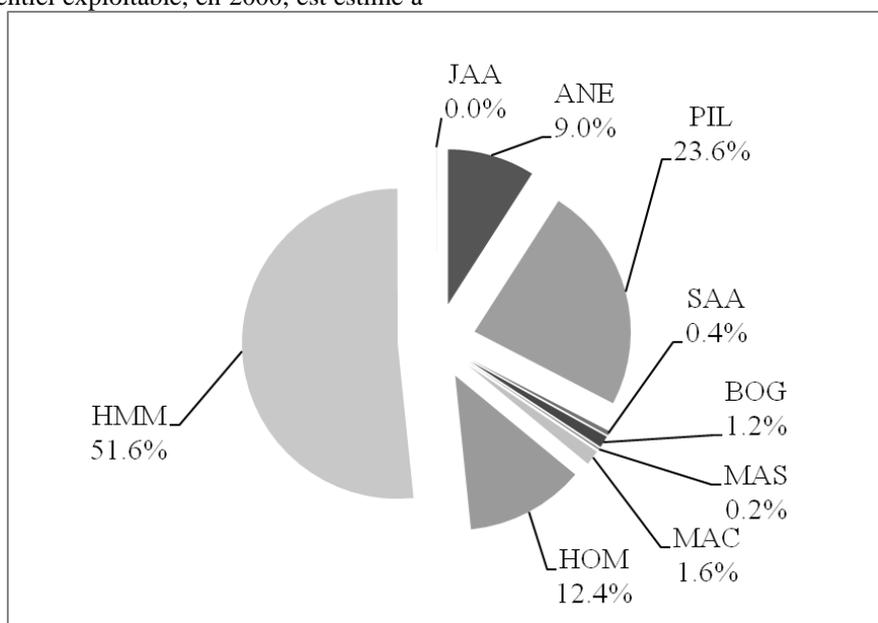
OA16- 2018	Nord	G. Tunis	G. Hammamet	Z. Sahel	G. Gabès	Total	%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1964	562	194	2	1810	4532	9
<i>Sardina pilchardus</i>	789	3574	892	280	6307	11842	24
<i>Sardinella aurita</i>	0	27	89	14	87	218	0
<i>Boops boops</i>	109	50	60	313	82	615	1
<i>Trachurus trachurus</i>	208	1339	804	3798	48	6196	12
<i>T. mediterraneus</i>	1511	6343	10099	4259	3662	25873	52
<i>T. picturatus</i>	0	1	11	8	0	20	0
<i>Scomber japonicus</i>	1	16	27	21	20	85	0
<i>Scomber scombrus</i>	0	385	333	35	28	781	2
Total	4583	12296	12507	8731	12044	50161	100
%	9	25	25	17	24	100	

Sur le plan régional, le golfe de Tunis, le golfe de Hammamet et le golfe de Gabès totalise, presque à part égale, 75% du potentiel exploitable (Tableau VI, Figure 8). La zone du Sahel totalise 17% du potentiel exploitable. Cependant la zone Nord ne représente que 9% de ce potentiel exploitable.

Ce résultat est en concordance avec les études antérieures, notamment celles de Guennegan et *al.* (1998), Ben Abdallah et *al.* (2000) ; Ben Abdallah et Gaamour (2004) et Hattour et *al.* (2004), par le fait que l'essentiel du potentiel exploitable est dans les golfes. Cependant, en terme quantitatif, la façade Nord de la Tunisie (le Nord et le golfe de Tunis) a conservé son potentiel par contre la façade Est a vu son potentiel chuter. La chute est d'autant plus grande en allant du golfe de Hammamet au golfe de Gabès. En effet le potentiel exploitable, en 2000, est estimé à

93185 tonnes dont 40979 tonnes dans le golfe de Gabès, soit 44%. En comparant les potentiels spécifiques, nous constatons une nette régression pour *Sardina pilchardus* (38000 tonnes en 2000, soit 41% du potentiel), *Sardinella aurita* (12600 tonne en 2000, soit 14% du potentiel) *Scomber sp* (7700 tonnes en 2000, soit 19% du potentiel) et *Boops boops* (11000 tonnes en 2000, soit 12% du potentiel). Par contre *Trachurus sp* ont progressée pour atteindre 32089 tonnes soit 64% du potentiel (17800 tonnes en 2000, 19% du potentiel).

Sur le plan bathymétrique, l'essentiel du potentiel exploitable (96%) se situe entre 20 et 100 m de profondeur. En effet les strates (A) et (B) totalisent, respectivement, 54% et 42% du potentiel exploitable, alors que la strate (C) ne contient que 4% (Figure 9).

**Figure 7:**Composition spécifique du potentiel exploitable en petits pélagiques en Tunisie, OASIS 16, 2018.

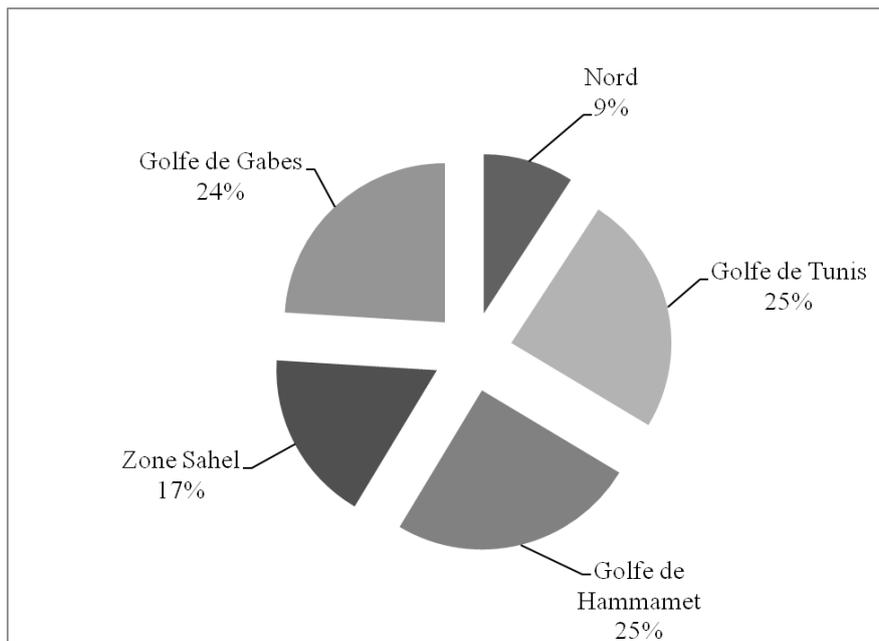


Figure 8: Répartition du potentiel exploitable en petits pélagiques par secteur, OASIS 16, 2018.

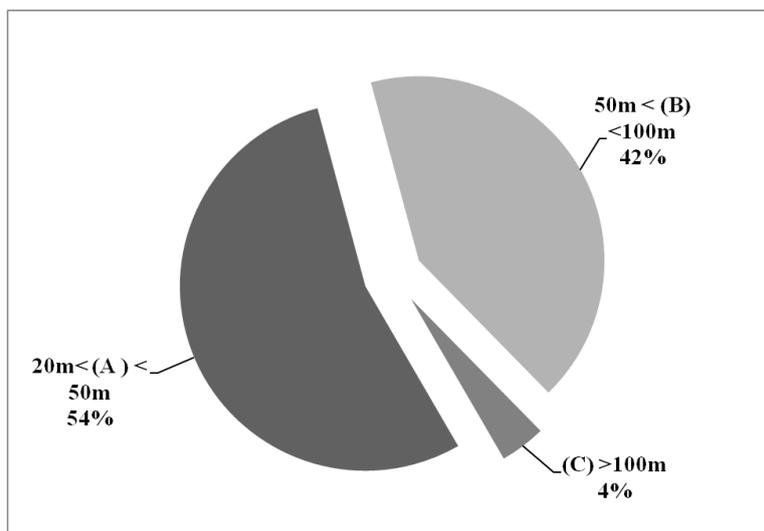


Figure 9: Répartition du potentiel exploitable en petits pélagiques par strate, OASIS 16, 2018.

Répartition géographique des tailles moyennes spécifiques

L'analyse des fréquences des tailles, nous a permis d'établir les tailles moyennes ainsi que les fréquences relatives des juvéniles dans les captures pour les différentes espèces étudiées. Il en sort que la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) et les chinchards (*Trachurus sp*) capturés lors de cette campagne sont, dans leur majorité, des juvéniles. Cependant, la boguie (*Boops boops*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et le maquereau commun (*Scomber scombrus*) sont majoritairement des adultes. La sardine (*Sardina pilchardus*) et le maquereau espagnol (*Scomber japonicus*) sont composés à part égale de juvéniles et d'adultes (Tableau X).

Les petits pélagiques atteignent leurs première maturité sexuelle à un jeune âge et leurs périodes de reproduction sont assez étalées (Gaamour et al, 2004), (Tableau II). En plus, l'âge de recrutement varie selon les espèces. Ainsi, ces jeunes poissons peuvent être les « recrues » pour chaque espèce. Cependant, les variations observées peuvent résulter du fait que l'actuelle campagne s'est déroulée entre le mois de septembre et le moi de décembre. Cette période correspond à la fin de la période de reproduction pour certaines espèces (l'anchois, la sardinelle ronde, le chinchard à queue jaune et le maquereau espagnol) et le début pour d'autres (la sardine et le chinchard d'Europe).

Tableau X: Fréquences relatives en (%) des individus juvéniles dans les captures de la pêche expérimentale et taille à la première maturité sexuelle (L_{50}) par espèce, OASIS 16, 2018.

Espèce	JAA	HOM	HMM	SAA	PIL	MAS	BOG	ANE	MAC
L_{50}	16,5	15	14	13,5	12	17,5	12,5	7,5	19
% des immatures dans les captures	98	90	60	58	50	50	9	8	0

La sardine (PIL)

La sardine est présente dans 82% des pêches de Cap Serrat à Zarzis mais elle est abondante dans le golfe de Tunis, entre Sousse et La Chebba et dans le golfe de Gabès (Figure 10). Les juvéniles représentent 50%

des captures de la sardine. Ils sont observés dans la frange côtière des trois golfes par des profondeurs inférieures 50 m. Les adultes sont observés le plus souvent sur toute la façade Est par des profondeurs supérieures à 50 m (Figure 11).

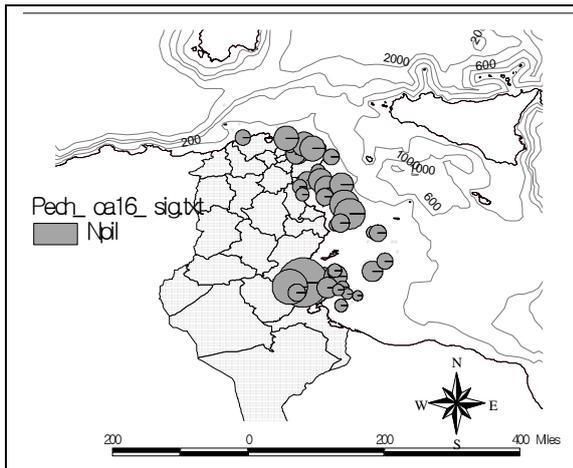


Figure 10: Abondance de la sardine dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

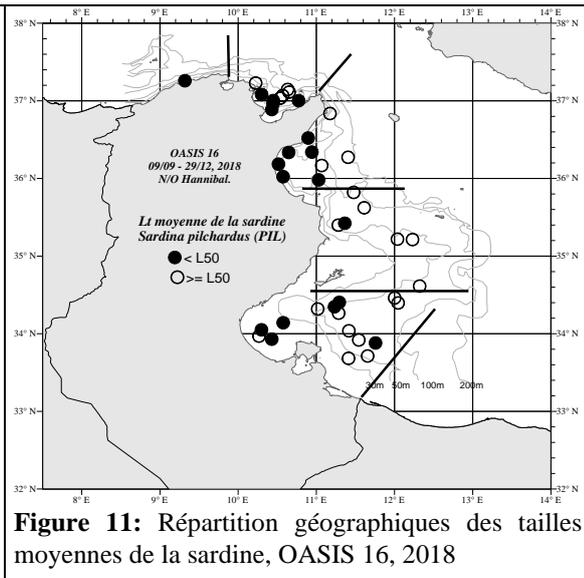


Figure 11: Répartition géographique des tailles moyennes de la sardine, OASIS 16, 2018

L'anchois (ANE)

L'anchois n'a pas été capturé dans la zone du Sahel. Dans les autres secteurs, il est présent dans 65% des captures des pêches expérimentales. Il est abondant surtout dans les golfes (Figure 12). Les juvéniles ne

représentent que 8% des captures, ces derniers sont localisés au fond du golfe de Hammamet. Les individus adultes occupent toutes les profondeurs (Figure 13).

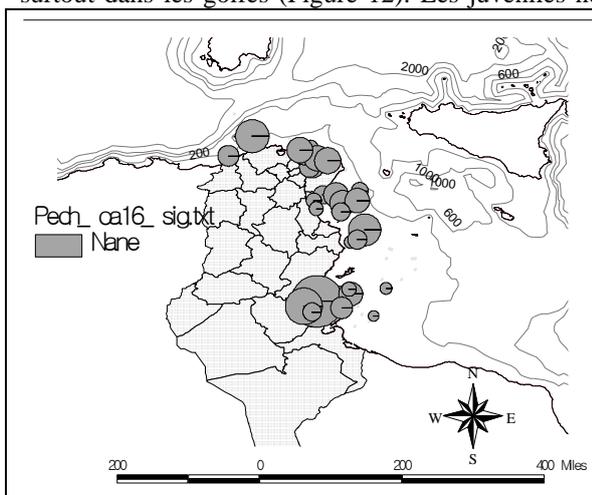


Figure 12: Abondance de l'anchois dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

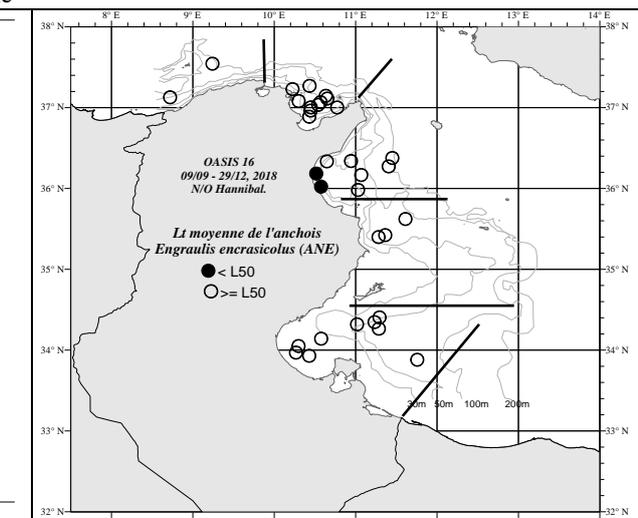


Figure 13: Répartition géographique des tailles moyennes de l'anchois, OASIS 16, 2018.

La sardinelle ronde (SAA)

La sardinelle ronde est présente dans 46% des captures des pêches expérimentales. Elle est absente dans la région Nord et abondante dans le golfe de Gabès (Figure 14). Les individus de taille inférieure à L₅₀ représentent 58% des échantillons examinés et ils

sont observés entre les isobathes de 30 et de 50 m. Les sardinelles rondes de taille supérieure à L₅₀ sont observées dans la frange côtière des golfes de Tunis et de Hammamet. Cependant, dans le golfe de Gabès elles ont une répartition bathymétrique plus étendue (Figure 15).

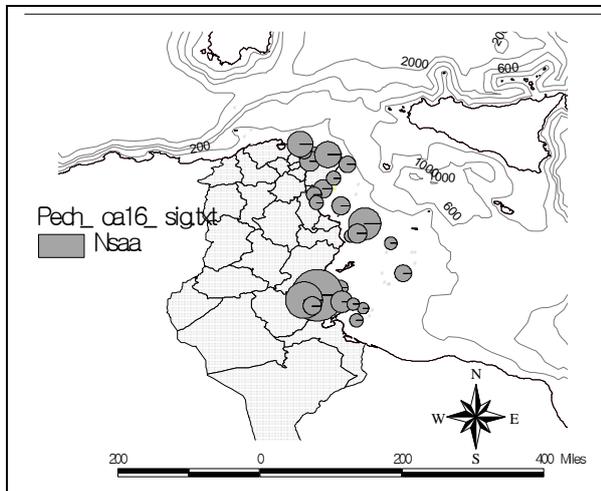


Figure 14: Abondance de la sardinelle ronde dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

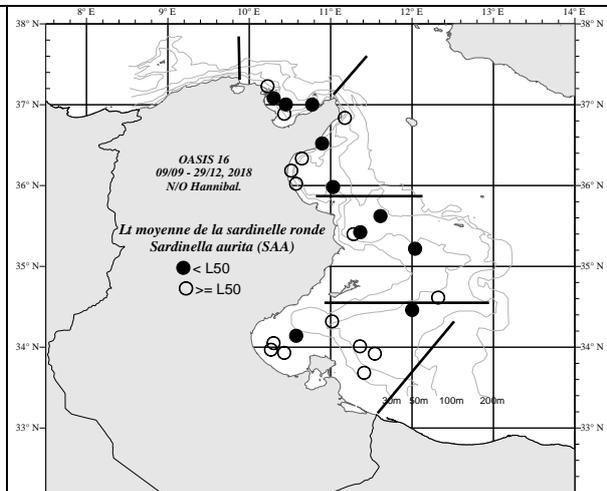


Figure 15: Répartition géographiques des tailles moyennes de la sardinelle ronde, OASIS 16, 2018.

La bogue (BOG)

La bogue est présente dans 69% des pêches. Elle est présente dans tous les secteurs et elle est plus abondante dans le golfe de Gabès (Figure 16). Les

juvéniles ne représente que 9% des captures et ils ne sont observés que dans une seule pêche dans la zone du Sahel à 30 m de profondeur. Les adultes occupent toutes les strates bathymétriques (Figure 17).

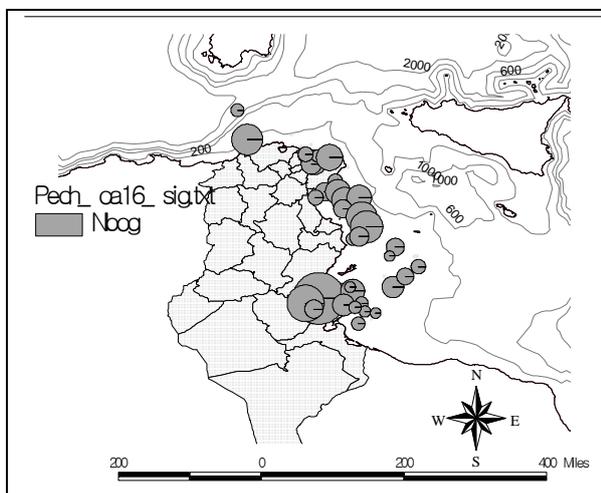


Figure 16: Abondance de la bogue dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

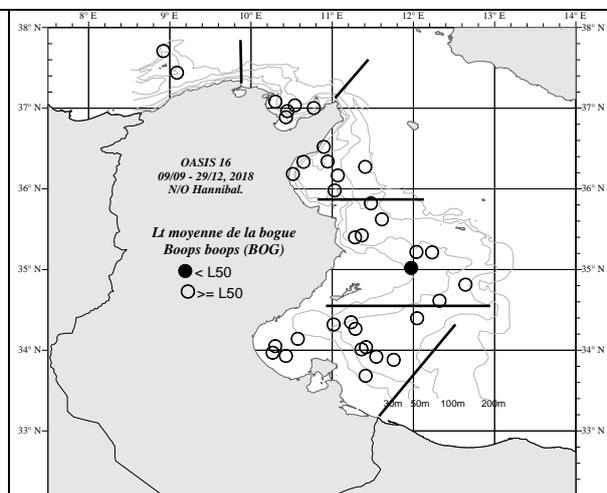


Figure 17: Répartition géographiques des tailles moyennes de la bogue, OASIS 16, 2018.

Le maquereau commun (MAC)

En Tunisie, comme pour toute la Méditerranée, le maquereau commun se raréfie ces dernières années (Giannoulaki & al, 2017). Pour la présente étude, cette espèce est présente uniquement dans 21% des

pêches. Cette espèce est abondante dans le golfe de Tunis alors qu'elle est absente dans la zone Nord (Figure 18). Les spécimens capturés sont tous adultes et ils sont observés par des profondeurs supérieures à 50 m (Figure 19).

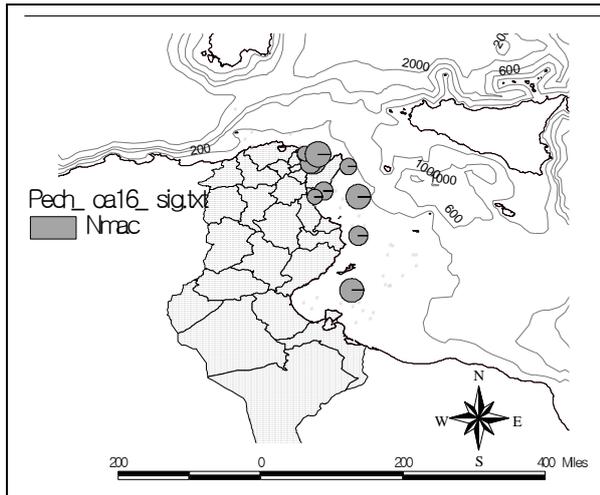


Figure 18: Abondance du maquereau commun dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

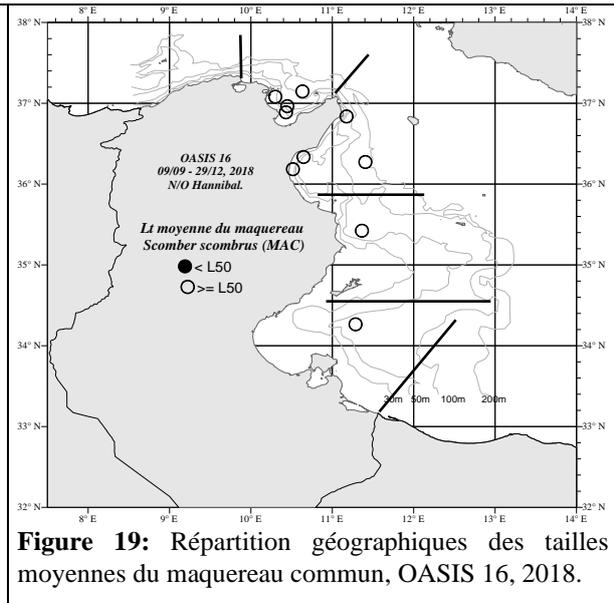


Figure 19: Répartition géographique des tailles moyennes du maquereau commun, OASIS 16, 2018.

Le Maquereau espagnol (MAS)

Le maquereau espagnol est présent dans 46% des pêches. Il est abondant dans les trois golfes et au large de la zone du Sahel (Figure 20). Les juvéniles représentent 50% des captures. Ils sont observés entre 30 et 50 m de profondeur essentiellement dans les

golfs de Tunis et de Hammamet. Cependant, les adultes sont observés au large du golfe de Hammamet, entre 100 et 200 m de profondeur, et dans le golfe de Gabès de 20 à 70 m de profondeur (Figure 21).

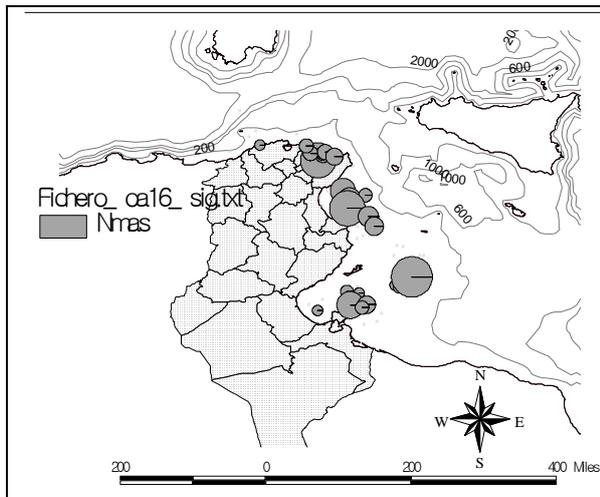


Figure 20: Abondance du maquereau espagnol dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

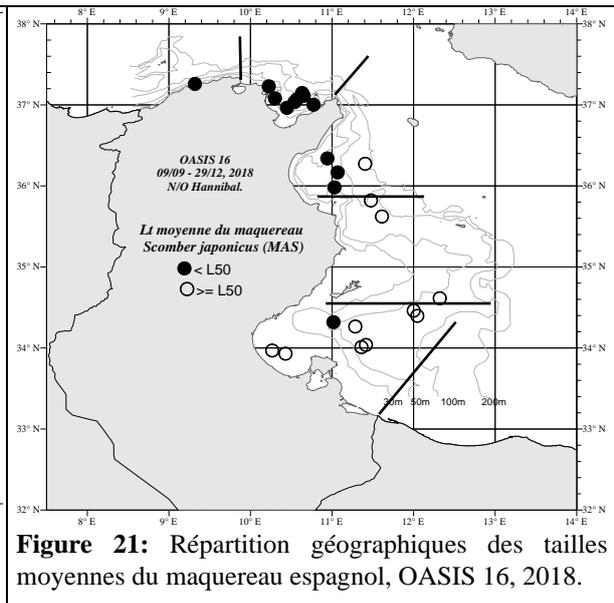


Figure 21: Répartition géographique des tailles moyennes du maquereau espagnol, OASIS 16, 2018.

Le chinchard d'Europe (HOM)

Le chinchard d'Europe est présent dans 62% des pêches. Il est observé dans tous les secteurs, son abondance va en diminuant de la zone Nord vers le golfe de Gabès (Figure 22). Les juvéniles

représentent 90% des spécimens capturés et ils sont observés dans tous les secteurs et au niveau de toutes les strates. Les adultes sont observés uniquement dans la zone du Sahel entre 50 et 100m de profondeur (Figure 23).

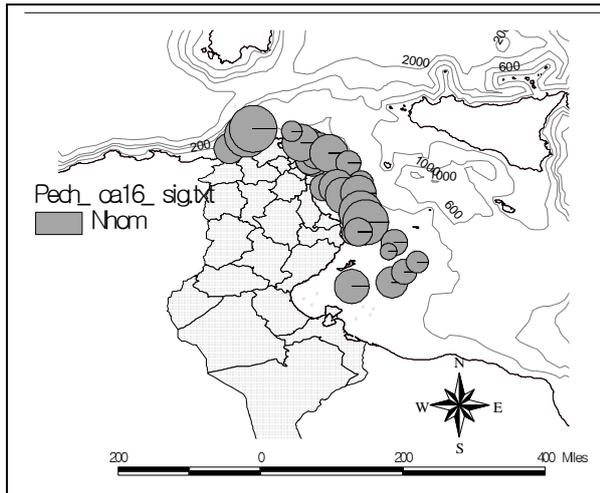


Figure 22: Abondance du chinchard d'Europe dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

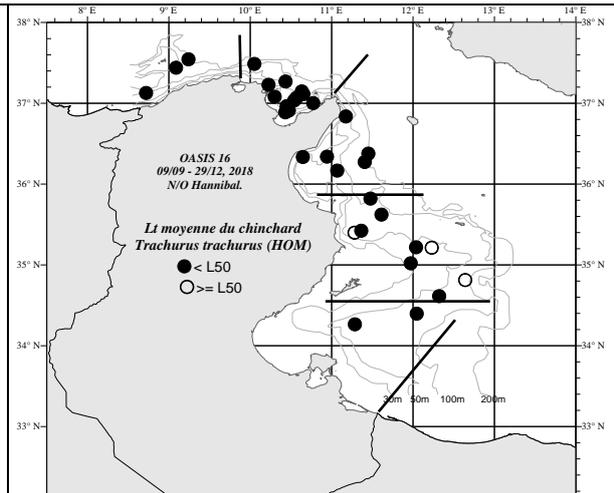


Figure 23: Répartition géographique des tailles moyennes du chinchard d'Europe, OASIS 16, 2018.

Le chinchard à queue jaune (HMM)

Le chinchard à queue jaune est l'espèce relativement, la plus fréquente, il est présent dans 85% des pêches. Il est abondant surtout au fond du golfe de Gabès et aux alentours de la Galite (Figure 24). Les juvéniles

représentent 60% des captures de cette espèce et ils sont observés partout jusqu'à 100m de profondeur. Les adultes sont observés au large de la zone du Sahel et dans le golfe de Gabès (Figure 25).

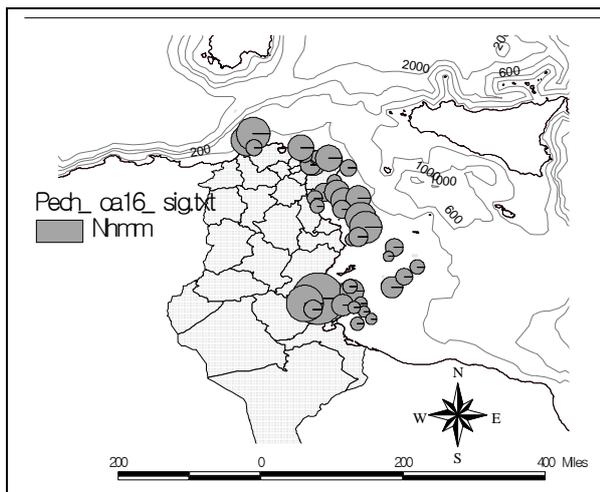


Figure 24: Abondance du chinchard à queue jaune dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

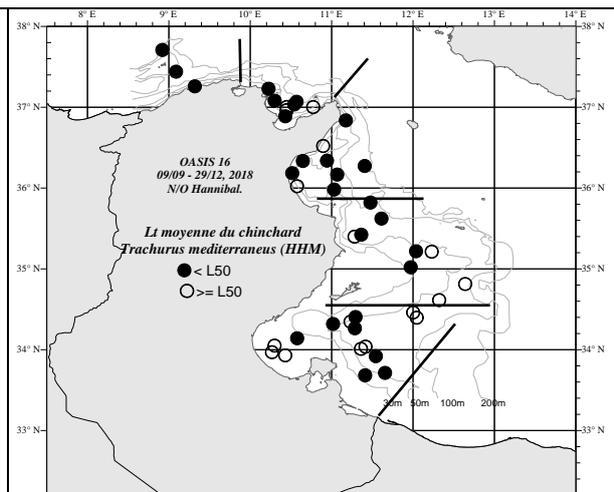


Figure 25: Répartition géographique des tailles moyennes du chinchard à queue jaune, OASIS 16, 2018.

Le chinchard bleu (JAA)

Le chinchard bleu est le moins fréquent, il est présent dans 13% des pêches. Il est présent uniquement dans la zone Nord, dans le golfe de Tunis et dans le golfe de Hammamet. Il est abondant surtout au large du

golfe de Hammamet et aux alentours de la Galite (Figure 26). Tous les spécimens capturés sont des juvéniles et ils sont observés entre 70 et 150m de profondeur (Figure 27).

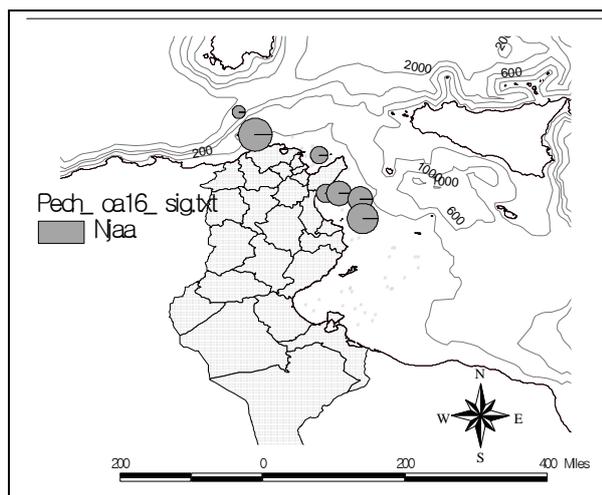


Figure 26: Abondance du chinchard bleu dans les captures des pêches expérimentales, OASIS 16, 2018.

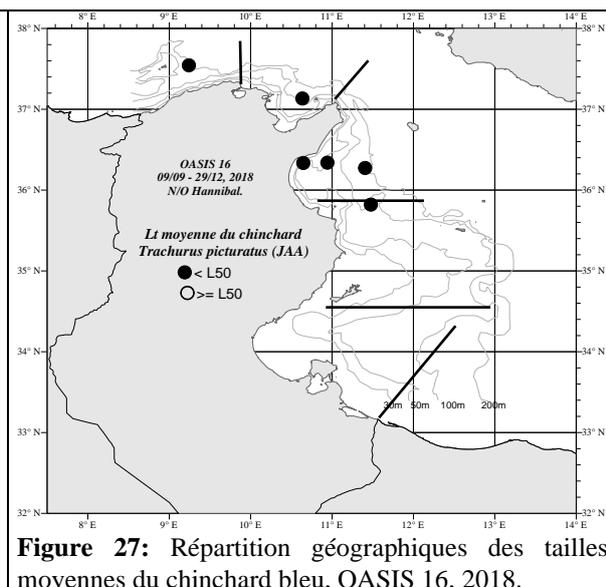


Figure 27: Répartition géographique des tailles moyennes du chinchard bleu, OASIS 16, 2018.

CONCLUSION GENERALE

La campagne OASIS 16 a permis de conclure que les densités des petits pélagiques dans les eaux tunisiennes en saison automnale sont variables d'une part suivant les secteurs et d'autre part suivant les espèces. Cette répartition peut être le résultat d'un et/ou de plusieurs facteurs, entre autres, les exigences écologiques des espèces. La diversité des conditions physico-chimiques et hydrographiques des eaux tunisiennes peut également jouer un rôle dans cette variabilité. En comparaison aux études antérieures notamment ceux de Guennegan *et al.* (1998), Ben Abdallah *et al.* (2000) ; Ben Abdallah et Gaamour (2004) et Hattour *et al.* (2004), le potentiel exploitable des petits pélagiques est actuellement à son plus bas niveau et il est dominé par les chinchards. Les fortes densités sont observées dans les strates dont la profondeur ne dépasse pas 50 m avec une prédominance des juvéniles. Ainsi, un suivi régulier de ces ressources s'impose dans le but d'assurer leurs exploitations rationnelles. Les différences constatées concernant les densités peuvent être liées à la saisonnalité. En effet, les travaux précédents auxquels nous faisons référence concernent la saison estivale alors que notre étude concerne la saison automnale. Ainsi, les densités élevées observées, dans la frange côtière du littoral tunisien, pourrait être liées à des migrations liées à la recherche des zones de reproduction et des conditions optimales pour la croissance (Fréon, 1988 ; Pauly, 1997 ; Cury, 1991) d'où la prépondérance des juvéniles dans ces zones. De plus, nous nous sommes limités, pour des raisons techniques, dans notre étude à la profondeur de 20m. Cependant, la frange du littoral tunisien dont la profondeur est inférieure à 20m s'étend sur près de 3500 Nmi², soit le un tiers des surfaces prospectées

lors de cette étude, et qui pourrait abriter, par continuité, des fractions des détections observées. Ainsi, pour les travaux futurs, la méthode directe d'évaluation des stocks des petits pélagiques reste indispensable. Cependant, l'utilisation d'algorithmes plus performants (Marrakchi, 1999 ; Scalabrin, 1996) améliorera le pouvoir de discrimination entre les différentes espèces afin de mieux estimer leurs biomasses. Aussi, il est très vivement recommander d'étendre les zones à prospecter pour couvrir la frange du littoral dont la profondeur est inférieure à 20m afin de mieux délimiter les aires de répartition et de migration spécifiques.

Remerciements

Nous adressons nos vives remerciements à :
Tous les membres du groupe de travail sur les petits pélagiques de l'INSTM,
L'équipage du N.O. Hannibal,
Pour la coordination et l'aide si précieuse pour la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Aglen, A. 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.* 300, 293-298.
- Bakun, A., Parrish R .H.(1990).Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella aurita*). *ICES Journal of Marine Science*, Volume 46, Issue 3, 1990, Pages 269–283, <https://doi.org/10.1093/icesjms/46.3.269>

- Ben Abdallah, L., Barra, M., Gaamour, A. et al., 2018. Small pelagic fish assemblages in relation to environmental regimes in the Central Mediterranean. *Hydrobiologia* (2018) 821: 113. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3540-0>.
- Ben Abdallah, L., Ben Salem, S., Gaamour, A., El Abed, A. (2000) Estimation de la biomasse et distribution des petits pélagiques dans les eaux tunisiennes. Atelier national organisé par le gouvernement tunisien et JICA sur le développement durable de pêche en Tunisie. Mahdia, 23–25 octobre 2000.
- Ben Abdallah, L., Gaamour, A., 2004. Répartition géographique et estimation de la biomasse des petits pélagiques des côtes tunisiennes. *MedSudMed Technical Documents*, 5: 132 pp.
- Collignon, J. (1991) *Ecologie et biologie marines : introduction à l'halieutique*. Masson, Paris. 298 pp.
- Cury, P., 1995. Comparison of the Ivoir-Ghanaian fishery with other exploited upwelling systems in the world. In: *Dynamique et usage des ressources en sardinelles de l'upwelling côtier du Ghana et de la Côte d'Ivoire*. Bard, F.X. et Koranteg, K.A. (eds.) *Colloques et Séminaires*, ORSTOM, Paris. pp169–193.
- Diner, N., Marchalot, C., Berger, L. 2001. L'échointégration par banc dans le logiciel *Movies+*. Document technique DITI/DSI/DTI/98-242, Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Paris.
- Diner, N., Marchand Ph., 1996. *Acoustique et pêche maritime*. Editions IFREMER, 147p.
- Fréon, P. 1988. Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. *Collection Etudes et Thèses*. ORSTOM, Paris.
- Gaamour A., Ben Abdallah L., Khemiri S. et Mili S., 2004. Etudes de la biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie. *MedSudMed Technical Documents*, 5: 132 pp.
- Giannoulaki M, Pyrounaki MM, Bourdeix J-H, Ben Abdallah L, Bonanno A, Basilone G, Iglesias M, Ventero A, De Felice A, Leonori I, Valavanis VD, Machias A and Saraux C., 2017. Habitat Suitability Modeling to Identify the Potential Nursery Grounds of the Atlantic Mackerel and Its Relation to Oceanographic Conditions in the Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.* 4:230. doi: 10.3389/fmars.2017.00230
- Guennegan Y., Hattour A., et Ben Abdallah L., 1998. Evaluation des ressources pélagiques des eaux tunisiennes. IFREMER, Direction des Ressources Vivantes, Laboratoire Ressource Halieutiques des Sète, Contrat N°98/1212943/F. 26 pp.
- Gulland, J.A., 1971. The fish resources of the ocean. Surrey, West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., for FAO, 255 p. Rev.ed.of *FAO Fish.Tech.Pap.*, (97):425 p. (1970)
- Hattour A., Ben Abdallah L. et Guennegan Y., 2004. Abondance relative et estimation de la biomasse des petits pélagiques des eaux tunisiennes. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, Vol. 31, 2004.
- Laloë, F., et Samba, A. (1990) La pêche artisanale au Sénégal : Ressources et stratégies de pêche. *Collection Etud. Thèses*,. ORSTOM. 395 pp + annexes.
- MacLennan, D.N., and Simmonds, E.J. (1992) *Fisheries acoustics*. Fish and Fisheries Series 5, Chapman & Hall, London.
- Marrakchi, O. (1999) Identification et caractérisation de textures d'images radar à synthèse d'ouverture par les classifieurs neuronaux. Thèse de Doctorat de l'École Nationale des Ingénieurs de Tunis, Tunis, Tunisie.
- Massé, J. (1996) L'échointégration en halieutique. *Oceanis*, 22(1):23-38.
- Pauly, D. P. (1997) Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Adaptation française, Moreau J. Cepadues, Toulouse : 288pp.
- Scalabrin, C. (1997) Identification acoustique des espèces pélagiques à partir d'attributs caractéristiques des bancs de poissons mono-spécifiques. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, Brest, France.
- Sibson, R., (1981). "A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation", chapter 2 of "Interpolating Multivariate Data". New York: John Wiley & Sons, 1981. 21–36.