

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du
diplôme d'Ingénieur d'état en sciences de la mer et
de l'aménagement du littoral**

**Spécialité : Ingénierie de l'environnement marin et
côtier**

Thème :

**Les grands pélagiques dans le bassin algérien :
Environnement, Analyse Spatio-temporelle et
Modélisation**

Réalisé par :

CHABANE Ikram

MECHRI Hayem

Soutenu le 09/07/2024, devant le jury composé de :

M.KADA Mohamed MAA..... Président
M.FIRAD Benyahia MCB.....Promoteur
M. BOUGHRIRA AbdelhakMAA.....Examineur

Années universitaires : 2023/2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
Master en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Ingénierie de l'environnement marin et côtier

Thème :

Les grands pélagiques dans le bassin algérien : Environnement, Analyse Spatio-temporelle et Modélisation

Présenté par :

CHABANE Ikram

MECHRI Hayem

Soutenu le 09/07/2024, devant le jury composé de :

M.KADA Mohamed MAA..... Président

M.FIRAD Benyahia MCB.....Promoteur

M. BOUGHRIRA AbdelhakMAA.....Examineur

Années universitaires : 2023/2024

Remerciement

Nous tenons avant tout à remercier Dieu pour le succès et la force qu'Il nous a accordés pour mener à bien ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur **Firad Benyehia**, notre promoteur, pour son accompagnement, ses précieux conseils et son soutien indéfectible tout au long de la réalisation de ce mémoire. Sa disponibilité et son expertise ont été déterminantes dans l'aboutissement de notre travail.*

*Nos remerciements les plus sincères vont au Président du jury **M. KADA Mohamed**, dont l'implication et le professionnalisme ont permis de mener à bien cette évaluation dans les meilleures conditions.*

*Nous souhaitons également remercier chaleureusement le membre du jury de soutenance **M. BOUGHERIRA Abdelhak** pour avoir accepté d'évaluer notre mémoire. Leurs commentaires constructifs et leur rigueur académique ont contribué à enrichir notre réflexion et à améliorer la qualité de notre recherche.*

*Un immense merci à l'incubateur Bleu Start, havre de savoir et de compétences entrepreneuriales, pour son rôle déterminant dans notre parcours. Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à **Mme MAOUEL** et **Mme FALEH**, dont l'expertise et le dévouement ont façonné des programmes de formation d'excellence. Grâce à leur vision et à la compétence des formateurs, nous avons acquis les outils et les connaissances indispensables pour naviguer dans le monde de l'entrepreneuriat et concrétiser nos ambitions.*

Dédicace

Je me dédie ce travail avant tout, en me remerciant pour mon courage, mon sourire dans les moments les plus difficiles, et ma capacité à surmonter de nombreuses épreuves.

À ma chère Mamasse et Djedo, et à mes chers parents pour leur soutien durant les moments les plus difficiles, je vous aime.

À mes tantes Mamou, Dadou, Hako et Nana Faiza, merci de me faire sourire et de m'aider avec tout ce dont j'avais besoin. Merci d'être dans ma vie.

À ma sœur Selma, et à mes cousines Bouchera, Meroua, Asma, Douaa, Khaoula, ainsi qu'à mes frères, je vous remercie de tout cœur pour votre présence et votre soutien. Vous avez été une source de force et de réconfort inestimable pour moi.

À toute ma famille, merci pour votre amour et votre soutien constants. Vous avez été un pilier essentiel dans ma vie.

À ma chère amie et camarade tout le long de mes 5ans Hayem. Je tiens à te remercier du fond du cœur pour tout ce que tu es. Ta présence dans ma vie est un véritable cadeau. Ta gentillesse, ton soutien et ton amitié signifient énormément pour moi. Merci d'être toi et d'être là pour moi.

Un grand merci à Madame Chetaibi Amina pour son aide précieuse dans mon travail.

À mes chers amis : Chayma, Mounia, Ouassama, Nedjma, Rayene et Wissal, merci de m'avoir soutenu dans mes moments difficiles et de m'avoir tendu la main. Merci également d'avoir essayé de me faire rire dans mes moments misérables.

À mes camarades de la promotion 2019, spécialité environnement marin et côtier, merci. Et merci à toutes les personnes que j'ai oubliées mais qui m'ont aidée dans mon parcours.

Ikram

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études, je vous aime.

À ma sœur Wissal et mon frère Mohamed, source de joie et de bonheur.

À ma tante Rabiaa, merci pour votre amour et votre soutien constants. Vous avez été un pilier essentiel dans ma vie.

A toute ma famille, source d'espoir et de motivation, leur confiance en moi a été une source de motivation pour atteindre mes objectifs et réussir cette étape importante de ma vie.

A mes chers amis, tout particulièrement à ma chère camarade Ikram, Chayma, Mounia, Rayene, Nedjma, Wissal, Manel, Zineb, Oussama et Imen, qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant mon cursus universitaire, et à qui je souhaite plus de succès.

Un grand merci à Madame Chetaibi Amina pour son aide précieuse dans mon travail.

A mes camarades de la promotion 2019, spécialité environnement marin et côtier.

Merci à toutes les personnes que j'ai oublié d'avoir m'aider dans mon parcours.

Hayem

Table des matières

REMERCIEMENT	II
LISTE DES EQUATIONS	X
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTES DES SYMBOLES	XII
LISTE DES ABREVIATIONS	XIII
RESUME	XIV
ABSTRACT	1
INTRODUCTION	3
CHAPITRE 1 : GENERALITES	5
I. Inventaire des grands pélagiques	6
1. Le Thon rouge <i>Thunnus thynnus</i>	6
1.1 Classification et taxonomie	6
1.2 Répartition géographique	7
2. Germon (ALB) <i>Thunnus alalunga</i>	7
2.1 Classification et taxonomie	8
2.2 Répartition géographique	8
Espadon (SWO) <i>Xiphias gladius</i>	9
2.3 Classification et taxonomie	10
2.4 Répartition géographique	11
II. Contexte environnementale	11
1. Présentation de La zone d'étude	11
2. Hydrologie	12
2.1 Caractéristiques de la circulation des eaux dans le Bassin Algérien	12
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	14
I. Matériel et méthodes	15
1. Données	15
2. Collecte des données	15

3.	Traitement des données	18
4.	Analyse statistique	20
4.1	Statistique descriptive	20
5.	Analyse temporelle	20
6.	Analyse géostatistique.....	20
6.1	L'interpolation spatiale.....	21
7.	Modélisation	22
7.1	Modélisation descriptive.....	22
	L'analyse en composantes principales (ACP).....	22
7.2	Modélisation prédictive.....	22
CHAPITRE 3 : RESULTAT ET DISCUSSION		23
I. Résultats		24
1.	Analyse statistique	24
1.1	Statistique descriptive	24
2.	Analyse temporelle	29
3.	Analyse spatiale	34
3.	Modélisation	61
3.1	Modélisation descriptive	61
3.1.1	L'analyse en composantes principales	61
3.2	Modélisation prédictive	66
3.2.1	Modélisation temporelle.....	66
3.2.2	Modélisation spatiale.....	70
CONCLUSION		80
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE		84
ANNEXE		88

Liste Des Figures

Figure 1: Thon rouge (BFT), <i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus. 1758) (Linnaeus A/S 1955)	6
Figure 2: Thon Germon (ALB) <i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre 1788)(Linnaeus A/S 1955)	8
Figure 3: Espadon (SWO) <i>Xiphias gladius</i> (Linnaeus, C. 1758)(Linnaeus A/S 1955)	10
Figure 4: La carte de Situation géographique de la zone d'étude réalisée par CHABANE Ikram et MECHRI Hayem-ENSSMAL-2024-Système de projection UTM zone 31-Système géographique WGS 84	12
Figure 5: Schémas représentant les étapes de la collecte des données à partir de la base de données Copernicus Marine	17
Figure 6: Schémas représentant les étapes de traitement des données à l'aide de QGIS.....	19
Figure 7: Schémas représentant les étapes de la méthode d'interpolation IDW à l'aide de QGIS	21
Figure 8 : Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (A.1), NO ₃ - (A.2), Teneur en oxygène (A.3), Salinité (A.4), Température (A.5), Vitesse du courant (A.6), Hauteur des vagues (A.7)..	31
Figure 9: Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (B.1), NO ₃ - (B.2), Teneur en oxygène (B.3), Température (B.4), Salinité (B.5), Vitesse du courant (B.6), Hauteur des vagues (B.7)..	32
Figure 10: Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (C.1), NO ₃ - (C.2), Teneur en oxygène (C.3), Salinité (C.4), Température (C.5), Vitesse du courant (C.6), Hauteur des vagues (C.7)..	33
Figure 11: : Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Longueur totale du thon rouge ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	35
Figure 12: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Teneur en chlorophylle a ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	36
Figure 13: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Teneur en Nitrates et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	37
Figure 14: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Oxygène dissous ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	38

Figure 15: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Température de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	39
Figure 16: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : salinité de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	40
Figure 17: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : vitesse du courant ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	41
Figure 18: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Hauteur de la Vague ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	42
Figure 19: : Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : Longueur totale du l'Espadon ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).	43
Figure 20: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La teneur en Chl-a ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	45
Figure 21: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La teneur en NO ₃ ⁻ ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	46
Figure 22 : Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : O ₂ dissous ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	47
Figure 23: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : Température de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	48
Figure 24: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : Salinité ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	49
Figure 25: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La vitesse du courant ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	50

Figure 26: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La hauteur de la vague ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	51
Figure 27: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : La longueur totale ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	52
Figure 28: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : La teneur en Chlorophylle-a ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).	54
Figure 29: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : La teneur NO ₃ - ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	55
Figure 30: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : O ₂ dissous ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	56
Figure 31: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : Température de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	57
Figure 32: Répartition spatiale des paramètres dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : Salinité ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	58
Figure 33: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : vitesse des courants ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	59
Figure 34: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin A : Poids total du Thon Germon ALB : hauteur des vagues ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).....	60
Figure 35: Visualisation des données avec facteur. (BFT).....	61
Figure 36: Cercle de corrélation entre les variables. (BFT).....	62
Figure 37: Visualisation des données avec facteur. (SWO)	63
Figure 38: Cercle de corrélation entre les variables. (SWO)	64
Figure 39: Visualisation des données avec facteur. (ALB)	65
Figure 40: Cercle de corrélation entre les variables. (ALB)	66

Figure 41: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du model d'estimation (C) : Abondance du thon rouge estimé en longueur total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).....	71
Figure 42: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du model d'estimation (C) : Abondance de l'espadon estimé en longueur total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).....	74
Figure 43: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du model d'estimation (C) : Abondance du thon germon estimé en poids total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).....	76

Liste des équations

- Équation 1:Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle du thon rouge. _____ 67
- Équation 2: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle de l'espadon. _____ 68
- Équation 3: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle du thon germon. _____ 69
- Équation 4: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatiale du thon rouge. _____ 70
- Équation 5: équation de l'erreur quadratique moyenne (Mean Squared Error MSE) _____ 72
- Équation 6: modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatial SWO _____ 73
- Équation 7: Meilleur modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatial ALB _____ 75

Liste des tableaux

Tableau 1: statistiques descriptives du thon rouge (BFT)	24
Tableau 2: statistiques descriptives de l'espadon (SWO).....	24
Tableau 3: statistiques descriptives du thon germon (ALB).....	25
Tableau 4: résumé Statistique des couches raster thon rouge (BFT).....	34
Tableau 5: résumé Statistique des couches raster espadon (SWO)	43
Tableau 6: résumé Statistique des couches raster du thon germon (ALB)	52
Tableau 7: Valeurs propres. (BFT)	61
Tableau 8: Matrice de corrélation du thon rouge (BFT).....	62
Tableau 9: Valeurs propres. (SWO).....	63
Tableau 10: Matrice de corrélation de l'Espadon (SWO)	63
Tableau 11: Valeurs propres. (ALB).....	65
Tableau 12: Matrice de corrélation. (ALB)	65
Tableau 13: Analyse de la variance. (BFT)	67
Tableau 14: Les résultats l'analyse de régression Linéaire multiple Temporelle. (BFT)	67
Tableau 15: Analyse de la variance. (SWO).....	68
Tableau 16: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple Temporelle (SWO)	68
Tableau 17: Analyse de la variance (ALB)	69
Tableau 18: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple Temporelle (ALB).....	69
Tableau 19: résultats statistiques des couches raster des longueurs totales estimé par le model numérique spatiale..	70
Tableau 20: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple BFT	70
Tableau 21: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple SWO.....	73
Tableau 22: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple ALB.....	75

Listes des symboles

Symbole	Définition	Unité
O^2	Oxygène	(mmol.m ⁻³)
NO_3^-	Nitrate	(mmol.m ⁻³)
Chl a	Chlorophylle a	(mg.m ⁻³)
Htvg	Hauteur des vagues	(m)
S	Salinité	(PSU)
T	Température	(c)
Crrntspd	Current speed	(m/s)
Lt	Total length	Cm
Wt	Total weight	Kg
MSE	Mean squared error	
n	Le nombre d'observations dans l'ensemble de données	
Y_i	La valeur réelle de la variable cible pour la i-ème observation.	
\hat{Y}_i	La valeur prédite par le modèle pour la i-ème observation.	

Liste des abréviations

Abréviation	Définition
ALB	Thon Germon (français), Albacore (anglais)
BFT	Thon rouge de l'Atlantique (français), Atlantic Bluefin tuna (anglais)
SWO	Espadon (français), Swordfish (anglais),
ICCAT	Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique
QGIS	Quantum Geographic Information System
Net cdf	Network Common Data Form
sig	Système d'information géographique
idw	Inverse Distance Weighting
acp	Analyse en composantes principales
R^2	Coefficient de détermination
R^2 ADJ	Coefficient de détermination ajusté
r	Coefficient de corrélation
F	Facteur
N	Nord
S	Sud
E	Est
W	Ouest

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la variabilité spatio-temporelle des conditions environnementales sur la distribution des grands pélagiques, notamment le thon rouge (BFT), le germon (ALB) et l'espadon (SWO), dans le bassin algérien durant les deux décennies allant de 2000 à 2019. En utilisant des techniques d'analyse spatio-temporelle, à l'aide d'outils de télédétection, de statistiques et de SIG, nous avons modélisé l'interaction de ces espèces avec leurs facteurs d'habitat, tels que la température de l'eau, la salinité, la concentration de chlorophylle, l'oxygène dissous, la teneur en nitrates, la hauteur des vagues et la vitesse du courant. Les résultats de cette étude permettent de comprendre en profondeur le comportement et les mouvements des espèces étudiées, et surtout d'identifier les zones préférées pour chaque espèce dans le bassin algérien. A la fin de l'étude, nous avons développé un modèle numérique d'estimation de la taille de la population en fonction des facteurs environnementaux qui permettrait de suggérer des zones de pêche optimales, contribuant ainsi à l'amélioration de la rentabilité et de la durabilité des activités de pêche. En résumé, ce projet vise non seulement à enrichir les connaissances scientifiques sur la distribution des grands pélagiques dans la région, mais aussi à fournir des outils pratiques pour la gestion durable des ressources marines et la préservation des écosystèmes marins, ainsi qu'à aider à optimiser les efforts de pêche et à soutenir les activités économiques liées à la pêche en Algérie.

Mots clés : les grands pélagiques ; Bassin Algérien ; Analyse spatio-temporelle ; modèle numérique ; facteurs environnementaux.

Abstract

The aim of this study is to assess the influence of spatiotemporal variability in environmental conditions on the distribution of large pelagic, notably Bluefin Tuna (BFT), Albacore (ALB) and Swordfish (SWO), in the Algerian basin during the two decades from 2000 to 2019. Using spatiotemporal analysis techniques, with the aid of remote sensing, statistical and GIS tools, we modelled the interaction of these species with their habitat factors, such as water temperature, salinity, chlorophyll concentration, dissolved oxygen, nitrate content, wave height and current speed. The outcomes of this study do provide an in-depth understanding of the behaviour and movements of the species studied, and especially, helps identifying the preferred areas for each species in the Algerian basin. By the end of the study, we have developed a numerical model of population size estimates as a function of environmental factors that would make it possible to suggest optimal fishing zones, thus contributing to improving the profitability and sustainability of fishing activities. In summary, this project not only aims to enrich scientific knowledge on the distribution of large pelagic in the region, but also to provide practical tools for sustainable management of marine resources, and preservation of marine ecosystems, as well as help optimizing fishing efforts, and supporting fishing-related economic activities in Algeria.

Key words: large pelagic; Algerian Basin; spatiotemporal analysis; numerical model; environmental factors.

ملخص

هدف هذه الدراسة هو تقييم تأثير التغيرات الزمانية والمكانية للظروف البيئية على توزيع الأسماك السطحية الكبيرة، ولا سيما التونة الحمراء (BFT)، والبانجا (ALB)، وسمك السيف (SWO) في حوض الجزائر خلال العقد من 2000 إلى 2019. باستخدام تقنيات التحليل الزماني والمكاني، وأدوات الاستشعار عن بعد، والإحصاءات ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، قمنا بنمذجة تفاعل هذه الأنواع مع عوامل موطنها، مثل درجة حرارة المياه، والملوحة، تركيز اليخضور، الأكسجين المذاب، محتوى النترا، ارتفاع الأمواج وسرعة التيارات. تتيح نتائج هذه الدراسة فهمًا عميقًا لسلوك وحركات الأنواع المدروسة، والأهم من ذلك، تحديد المناطق المفضلة لكل نوع في حوض الجزائر. في نهاية الدراسة، قمنا بتطوير نموذج رقمي تقدير حجم وتعداد استنادًا إلى العوامل البيئية، والذي من شأنه أن يقترح مناطق الصيد المثلى، مما يساهم في تحسين ربحية واستدامة الأنشطة الصيدية. باختصار، يهدف هذا المشروع إلى إثراء المعرفة العلمية حول توزيع الأسماك الكبيرة المهاجرة في المنطقة، وتقديم أدوات عملية لإدارة الموارد البحرية بشكل مستدام وحماية النظم البيئية البحرية، وكذلك المساعدة في تحسين جهود الصيد ودعم الأنشطة الاقتصادية المرتبطة بالصيد في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الأسماك السطحية الكبيرة؛ الحوض الجزائري؛ التحليل المكاني والزمني؛ نموذج عددي، العوامل البيئية.

INTRODUCTION

Les grands poissons tel que : le thon rouge *Thunnus thynnus*, le thon germon *Thunnus alalunga* et l'espadon *Xiphias gladius* sont des espèces pélagiques migratrices qui fréquentent la méditerrané en particulier dans le bassin algérien, ils jouent un rôle important dans les écosystèmes marins. Les grands poissons pélagiques sont des prédateurs apicaux clé des écosystèmes marins hauturiers et côtiers (Fromentin et Bonhommeau 2012) , ils sont très recherchés par les pêcheurs en raison de leurs valeurs commerciale et de leurs hautes valeurs nutritionnelles. Leur masse musculaire représente 70 % de leur masse totale, ce qui constitue l'une des proportions les plus importantes chez les poissons marins (Hattour, A. 2000) .Ils sont des prédateurs clé des écosystèmes marins. Ils vivent dans différents habitats, sur les plateaux continentaux et en haute mer. Le but de ce présent travail est d'apporté des connaissance a la compréhension de comportement de ces espèces étudiée vis-à-vis de leurs biotopes. La compréhension de l'environnement des grands pélagiques, tels que les thons, les requins et les poissons à rostre, est un domaine d'étude complexe qui implique la modélisation des déplacements, l'impact des techniques de pêche et l'analyse des habitats pélagiques. Les cycles annuels, guidés par l'environnement et influencés par des facteurs tels que la température, la salinité et la disponibilité des proies, déclenchent les grands mouvements de ces espèces en haute mer(Guyomard et al. 2006).

Cette étude vise à évaluer l'influence de la variabilité spatio-temporelle des conditions environnementales la distribution de ces grands pélagiques (Thon rouge BFT, Germon ALB, Espadon SWO) dans le bassin algérien durant les deux décennies de 2000 à 2019, en utilisant l'analyse spatio-temporelle afin de modéliser l'interaction de ces espèces avec les facteurs de leurs habitats. Cette étude peut nous conduire à déterminer les caractéristiques des masses d'eaux qui peuvent influencer sur la distribution de ces espèces et de mieux comprendre leurs comportements dans le bassin Algérien. Cette étude vise à atteindre plusieurs objectifs :

- Comprendre le comportement de ces espèces.
- Déterminer les facteurs environnementaux qui peuvent influencer la distribution de ces espèces dans le bassin algérien.
- Cartographier les variations des populations des grands pélagiques, en fonction des conditions environnementales.
- Développer des modèles spatio-temporels pour prédire les zones d'abondances des grands pélagiques.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons mis en œuvre une méthodologie basée sur l'analyse de données environnementales et halieutiques. Les données halieutiques ont été obtenues auprès du Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques et de la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT). Les données environnementales ont été recueillies via la plateforme Copernicus Marine, qui fournit des informations précises sur des paramètres clés tels que la salinité, la température, la chlorophylle a, la vitesse du courant, l'oxygène dissous, la hauteur des vagues, ainsi que les concentrations en nitrates (NO₃⁻) et en oxygène (O₂).

CHAPITRE 1 : GENERALITES

I. Inventaire des grands pélagiques

1. Le Thon rouge *Thunnus thynnus*

Le Thon Rouge (*Thunnus thynnus*) est la plus grande espèce des thonidés. C'est un poisson marin de 200 cm de long en moyenne, et d'un poids maximum de 726 kg, plusieurs pêcheries opèrent dans l'Atlantique Ouest et en Méditerranée ont signalé des poids allant jusqu'à 900 Kg (Mather, et al., 1995 in Fromentin. 2006). Il est caractérisé par un corps trapu et fusiforme, et de couleur bleu nuit sur le dos (Collette, Reeb, et Block 2001). Le corps du thon rouge présente sa hauteur maximale à proximité du milieu de la première nageoire dorsale. Son dos est bleu foncé, tandis que ses flancs inférieurs et son ventre sont blanc argenté avec des rayures transversales incolores altérant avec des rangés de points incolores (J.-M. FROMENTIN 2006). Il présente 39 vertèbres, 12 à 14 épines dorsales et 13 à 15 rayons mous dorsaux, la première nageoire dorsale est jaune ou bleuâtre, la seconde nageoire dorsale, qui est plus haute que la première, et brune rougeâtre. La nageoire anale et les pinnules sont d'un jaune-brun et bordés de noir, la coquille caudale médiane est noir chez les adultes. Le thon rouge possède des vessies natatoires et ses nageoires pectorales sont très courtes, présentant moins de 80% de la longueur de la tête (FROMENTIN, 2006), les nageoires dorsales et pectorales se replient et s'encastrent dans des cavités pendant la nage (Ravier-Mailly et Fromentin 2003).

- **Maturité sexuelle**

Le thon rouge peut atteindre 4,5 m de longueur, il pèse jusqu'à 700 kg et peut vivre 40 ans. Il atteint la maturité sexuelle lorsqu'il est âgé de 4 à 6 ans.

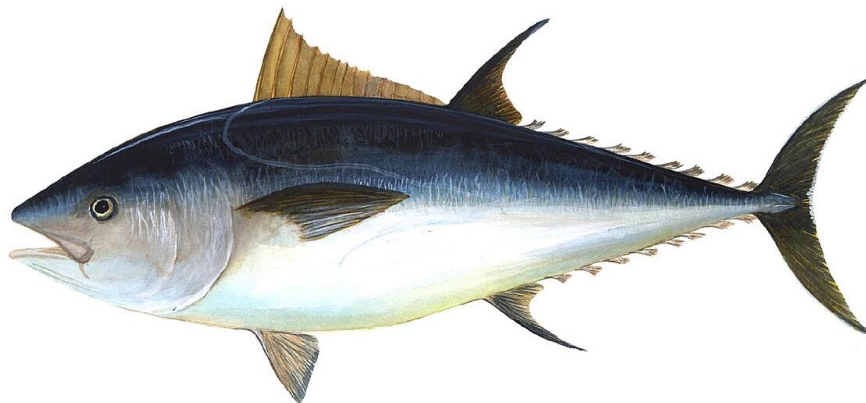


Figure 1: Thon rouge (BFT), *Thunnus thynnus* (Linnaeus. 1758) (Linnaeus A/S 1955)

1.1 Classification et taxonomie

Nom de l'espèce : *Thunnus thynnus* (Linnaeus, C. 1758)

Code espèce ICCAT : BFT

Noms ICCAT : Thon rouge de l'Atlantique (français), Atlantic Bluefin tuna (anglais), Atún rojo del Atlántico (espagnol).

Selon (Collette, Reeb, et Block 2001), le thon rouge est classé comme suit :

- Embranchement : Chordés
 - Sous-embranchement : Vertébrés
 - Super-classe : Gnathostomes
 - Classe : Ostéichthyens
 - Sous-classe : Actinoptérygiens
 - Ordre : Perciformes
 - Sous-ordre : Scombroïdes
 - Famille : Scombridés
 - Tribu : Thunnini
 - Genre : *Thunnus*
 - Espèce : *Thunnus thynnus* (Linnaeus, C. 1758)

1.2 Répartition géographique

Le thon rouge évolue dans l'écosystème pélagique de tout l'Atlantique Nord et ses mers adjacentes, principalement de la Méditerranée (J.-M. FROMENTIN 2006) il est abondant vers le nord de l'Atlantique Est jusqu'au golfe de Gascogne, se raréfiant autour des îles britanniques, devenant occasionnel en Islande et sur les côtes de Norvège. On le trouve dans les eaux chaudes et tempérées de l'Atlantique, du Pacifique et de l'océan Indien (QUÉRO, 1997).

2. Germon (ALB) *Thunnus alalunga*

Le germon, également connu sous le nom scientifique *Thunnus alalunga*, est un thonidé d'eaux tempérées que l'on trouve dans l'ensemble de l'Atlantique et en Méditerranée. Le germon est une des plus petites espèces de thonidés. (Collette et Nauen 1983) ont établi la taille maximale de cette espèce à 127 cm et (Le Gall et al. 1974) ont estimé qu'elle pouvait atteindre une taille maximale de 130 cm dans l'Atlantique. En ce qui concerne l'âge, (Le Gall et al. 1974) ont estimé une longévité théorique de 15 ans, même si des expériences de marquage ont montré que le plus vieux germon récupéré n'avait pas atteint l'âge de 10 ans. Son corps est allongé, fusiforme et robuste couvert d'écailles cycloïdes avec un dos bleu foncé métallique et ventre blanc argenté.(AZTI 2004).

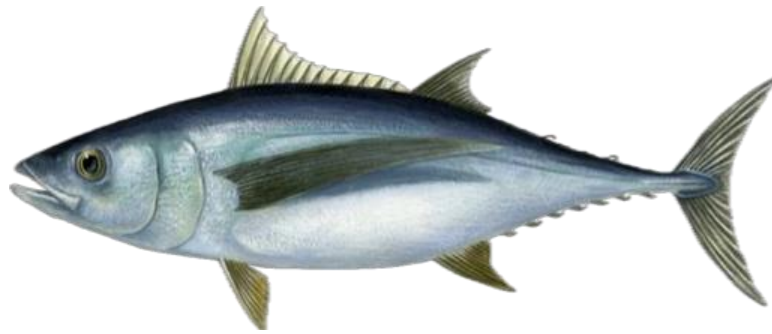


Figure 2: Thon Germon (ALB) *Thunnus alalunga*(Bonnaterre 1788)(Linnaeus 1758)

2.1 Classification et taxonomie

Nom de l'espèce : *Thunnus alalunga* (Bonnaterre 1788)

Synonymes : Germon alalunga (Jordan et Evermann 1896)

Code espèce ICCAT : ALB

Noms ICCAT : Germon (français), Albacore (anglais), Atún blanco (espagnol)

Selon (Collette et Nauen 1983) le germon est classé comme suit :

- Embranchement : Chordés
 - Sous-embranchement : Vertébrés
 - Super-classe : Gnathostomes
 - Classe : Ostéichthyens
 - Sous-classe : Actinoptérygiens
 - Ordre : Perciformes
 - Sous-ordre : Scombroïdes
 - Famille : Scombridés
 - Tribu : Thunnini
 - Genre : *Thunnus*
 - Espèce : *Thunnus alalunga*

2.2 Répartition géographique

Le germon fréquente, à l'état jeune, les couches superficielles des eaux tempérées, puis, à l'état adulte, les couches profondes des eaux tropicales des trois océans. Il évolue dans des eaux dont la température est comprise entre 15 et 22°C. Dans le Pacifique Sud, les larves sont présentes du nord-est de l'Australie jusqu'en Polynésie Française entre 5 et 25°Sud. Les juvéniles sont abondants dans la zone comprise entre les parallèles 30° et 45°Sud (Murray T 1994) proches de la

convergence subtropicale. Les adultes sont distribués en profondeur (100 – 400 m) entre 5°Sud et 40°Sud. La distribution est symétrique dans le Pacifique Nord.

- Maturité sexuelle

Selon les références bibliographiques, la maturité sexuelle du thon germon (*Thunnus alalunga*) est atteinte à environ 5 ans et à une longueur à la fourche (LF) d'environ 85-95 cm : Dans l'Atlantique Nord et Sud, 50% des poissons sont matures à 90 cm LF (âge 5 ans) (Bard 1981) En Méditerranée, 50% des poissons sont matures à 62 cm LF (Arena, et al 1980) (Arena et al. 1980). Le thon germon acquiert sa première maturité sexuelle à environ 5 ans soit à une longueur de 95 cm. Donc en résumé, la maturité sexuelle du thon germon est atteinte entre 85 et 95 cm LF, ce qui correspond généralement à un âge de 5 ans, avec des variations selon les stocks (Atlantique Nord/Sud vs Méditerranée).

Espadon (SWO) *Xiphias gladius*

L'espadon (*Xiphias gladius*), seul représentant des Xiphiidés, et peut être confondu avec le Makaïre (également appelé Voilier), qui appartient à la famille des Istiophoridae. C'est un poisson apparenté au thon qui peut atteindre 450 cm (taille maximale). Ses dimensions communes sont de 130 à 230 cm ; son poids peut atteindre 450 kg (un record mondial), mais 300 kg est plus courant (F.x BARD 1988). Le corps de cette espèce est allongé et presque cylindrique, avec un long rostre en forme de lame d'épée s'étendant de la mâchoire supérieure et une section aplatie (par rapport à la famille des istiophoridées, la section du rostre est arrondie). L'espèce se caractérise par une carène de chaque côté du pédoncule caudal et l'absence de nageoires pelviennes. Il possède également deux nageoires anales et deux nageoires dorsales (KOUADRI A .et MERAZKA N., 1992) .

- Maturité sexuelle

En Méditerranée, (DE METRIO.G et al. 1989) ont trouvé que les femelles de cette espèce atteignent la maturité à une taille d'environ 130 cm. (DE LA SERNA, J. M, 1996) ont estimé la taille de première maturité sexuelle (L50%) de la femelle d'espadon à 142 cm LJFL.

L'espadon de l'Atlantique Nord devient mature à une taille de 179 cm (AROCHA, F 1996) , tandis que celui de l'Atlantique Sud atteint sa maturité sexuelle à une taille d'environ 156 cm (LJFL) (HAZIN, F. H. 2002). Les mâles sont matures un an plus tôt que les femelles (De Metrio et al., 1989, De La Serna et al., 1996). Sur la base de différents indicateurs macroscopiques, Mejuto & García-Cortes (2007) ont conclu que l'activité reproductrice des femelles semble être liée aux températures des couches épipélagiques et est fortement limitée aux régions tropicales tempérées

de l'Atlantique Ouest. En outre, la taille à la première maturité des femelles a été estimée à 146 cm (LJFL).

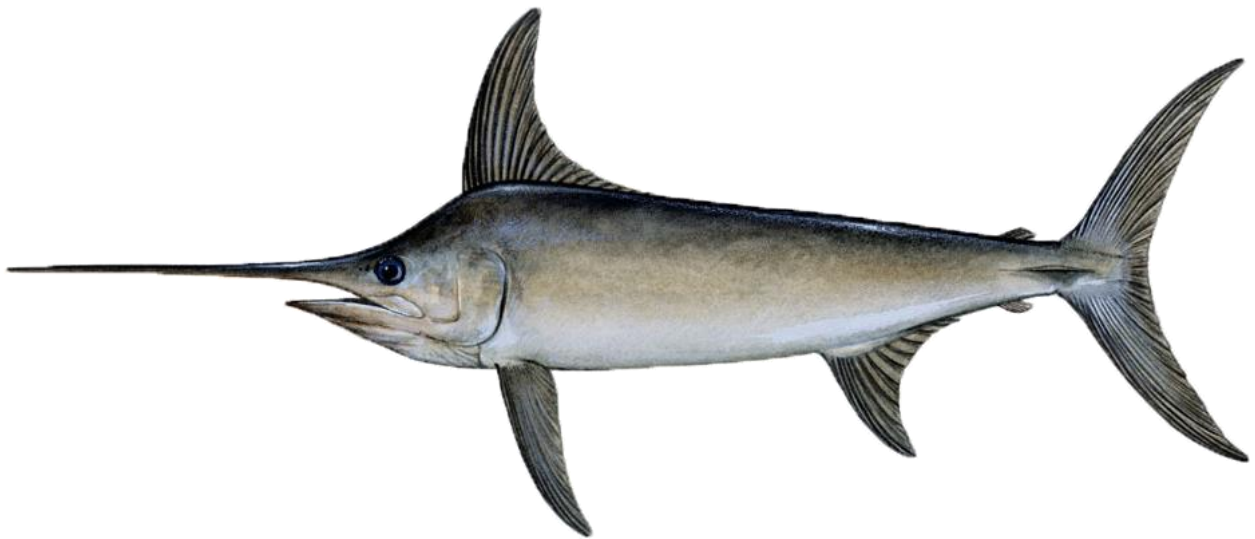


Figure 3: Espadon (SWO) *Xiphias gladius*(Linnaeus, C. 1758)(Linnaeus A/S 1955)

2.3 Classification et taxonomie

Nom de l'espèce : *Xiphias gladius* (Linnaeus, C. 1758)

Code espèce ICCAT : SWO

Noms ICCAT : Espadon (français), Swordfish (anglais), Pez espada (espagnol)

Selon (Hureau, J.G. & Monod, Th. 1973) l'espadon est classé comme suit :

- Embranchement : Vertébrés
 - Sous embranchement : Gnathostomes
 - Superclasse : Poissons
 - Classe : Osteichthyens
 - Sous classe : Actinopterygiens
 - Superordre : Teleosteens
 - Ordre : Perciformes
 - Sous ordre : Scombroides
 - Famille : Xiphiidae
 - Genre : *Xiphias*
 - Espèce : *Xiphias gladius*

2.4 Répartition géographique

L'espadon *Xiphias gladius*, poisson solitaire à la large répartition géographique, peuple les eaux tropicales, subtropicales, tempérées et froides des océans et de certaines mers intérieures comme la Méditerranée. Sa présence s'observe aussi bien près des côtes qu'en haute mer (Miyake, P. M 1978) , avec une distribution variable selon la taille, les conditions environnementales et le stade de développement (Oeufs, larves,juvéniles,adultes)(Quero J.C 1984) . L'espadon affectionne les eaux dont la température de surface se situe entre 18°C et 27°C, mais peut se rencontrer dès 13°C. Sa capacité à descendre jusqu'à 650m de profondeur, où la température oscille entre 6°C et 10°C, lui confère un statut de poisson mésopélagique. Ce comportement s'explique par son régime alimentaire composé de clupéidés, mollusques céphalopodes et anguillidées, espèces également présentes en profondeur. La nuit, l'espadon remonte vers la surface pour suivre les migrations nocturnes de ses proies, ce que les pêcheries nocturnes exploitent à leur avantage (KOUADRI A .et MERAZKAN., 1992) .

II. Contexte environnementale

1. Présentation de La zone d'étude

Le bassin algérien est localisé au sud du bassin occidental méditerranéen à une latitude de 35° à 40° Nord et une longitude de 2° Ouest à 8,7° Est (Figure 1). Il est situé à l'est de la Mer d'Alboran, entre l'Algérie au sud, les Iles Baléares au nord-ouest et la Sardaigne au nord-est (Hemida 2005), qui s'étale sur une superficie environ 150000 km² (FIRAD Benyahia 2023).

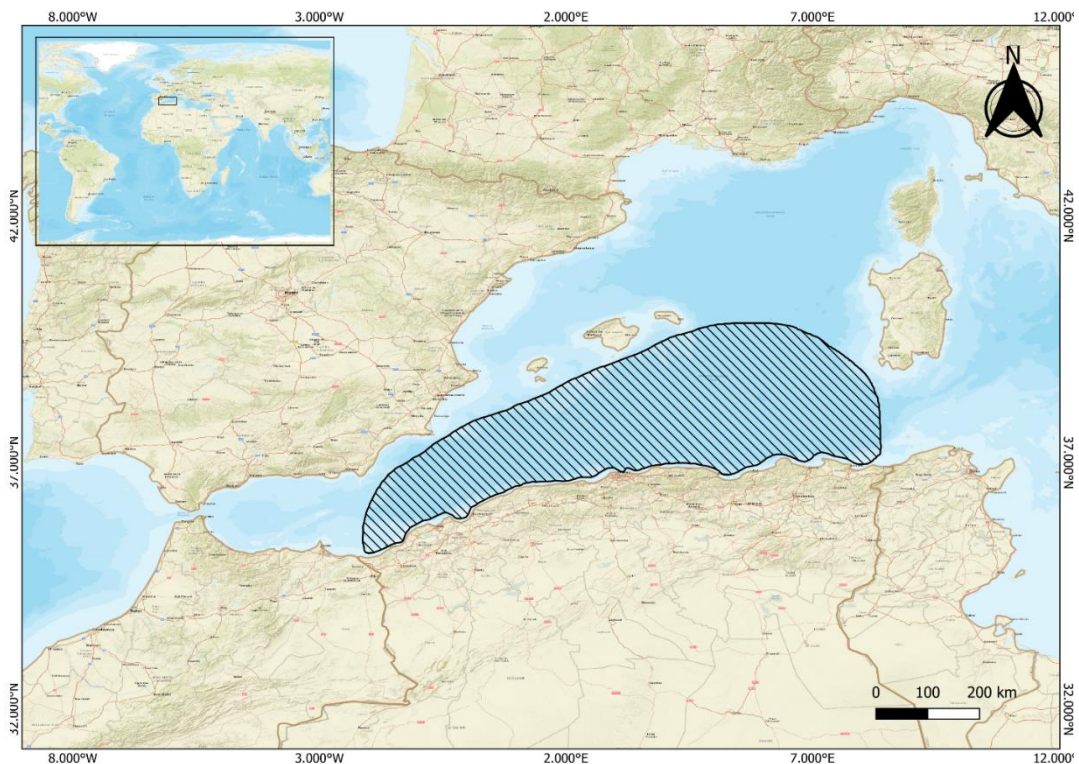


Figure 4: La carte de Situation géographique de la zone d'étude réalisée par CHABANE Ikram et MECHRI Hayem-ENSSMAL-2024-Système de projection UTM zone 31-Système géographique WGS 84

2. Hydrologie

Le bassin algérien constitue une zone clé pour la circulation générale dans la Méditerranée occidentale (Puillat, Taupier-Letage, et Millot 2002). D'un point de vue hydrologique, les eaux qui baignent le plateau continental algérien et son talus correspondent aux principales formations présentes dans le bassin occidental méditerranéen. L'importance du flux d'eau atlantique qui s'écoule vers l'Est à travers le détroit de Gibraltar détermine l'hydrologie de la Méditerranée occidentale. Ce flux entrant comble les pertes en eau de la Méditerranée causées par l'évaporation et la faible quantité de précipitations et d'apports continentaux (Hemida 2005).

2.1 Caractéristiques de la circulation des eaux dans le Bassin Algérien

Le bassin algérien est la zone de transit des eaux de surface de l'Atlantique qui pénètrent dans le détroit de Gibraltar et prennent le nom de « courant Algérien » à environ 0° après le front d'Almeria-Oran (Millot 1985). Le courant algérien est caractérisé par un développement de tourbillons anticycloniques, liés à des instabilités baroclines, dès la longitude de 1° E, qui se déplacent vers l'est et contribuent à mélanger les eaux atlantiques avec les eaux méditerranéennes de surface, plus chaudes et plus salées (Millot et Taupier-Letage 2005).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel et méthodes

1. Données

Notre étude s'intéresse à la répartition spatiale de trois espèces de poissons pélagiques (thon rouge BFT, germon ALB et l'espadon SWO) dans le bassin algérien en relation avec les facteurs environnementaux. Cette analyse s'appuie sur l'étude des interactions entre ces espèces et leur environnement. Pour ce faire, nous utilisons des données environnementales et halieutiques. Plusieurs paramètres environnementaux clés ont été sélectionnés tels que la salinité, la température, la chlorophylle a, la vitesse du courant, l'oxygène dissous, la hauteur des vagues, ainsi que les concentrations en nitrates (NO₃⁻). Le choix de ces paramètres est basé sur des études scientifiques qui ont démontré leur influence sur la distribution des espèces pélagiques.

2. Collecte des données

Pour l'acquisition des données, deux sources principales nous fournissent les données halieutiques : le Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques et l'ICCAT (Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique).

Les données halieutiques sont obtenues à partir de deux sources principales : le Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques et l'ICCAT (Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique), ces derniers, ce sont des points de captures des 3 espèces ciblées avec leurs paramètres morphométriques longueurs et poids durant la période d'étude.

Pour les données environnementales, nous nous appuyons sur la plateforme de référence Copernicus Marine. Cette base de données océanographiques de renommée internationale utilise une combinaison d'observations satellitaires, de mesures in situ et de modèles numériques pour fournir des informations d'une grande précision sur l'état des océans et des mers du globe. Ses données incluent notamment la température de l'eau, la salinité et les courants océaniques, la chlorophylle a, les concentrations en nitrates (NO₃⁻), l'oxygène dissous et la hauteur des vagues qui constituent des paramètres clés pour notre étude.

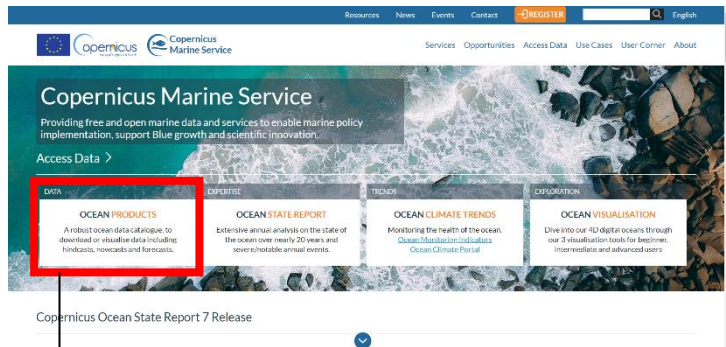
Le processus de collecte des données est composé de plusieurs étapes distinctes qui doivent être suivies :

1. Accéder à la base des données Copernicus Marine service pour télécharger les produits océaniques.
2. Choisissez le type de données à traiter en fonction de votre zone d'étude et de la résolution temporelle souhaitée.
3. Dans la fenêtre dédiée, insérez les coordonnées de la zone d'étude :
 - Latitude nord : 35.3647009°

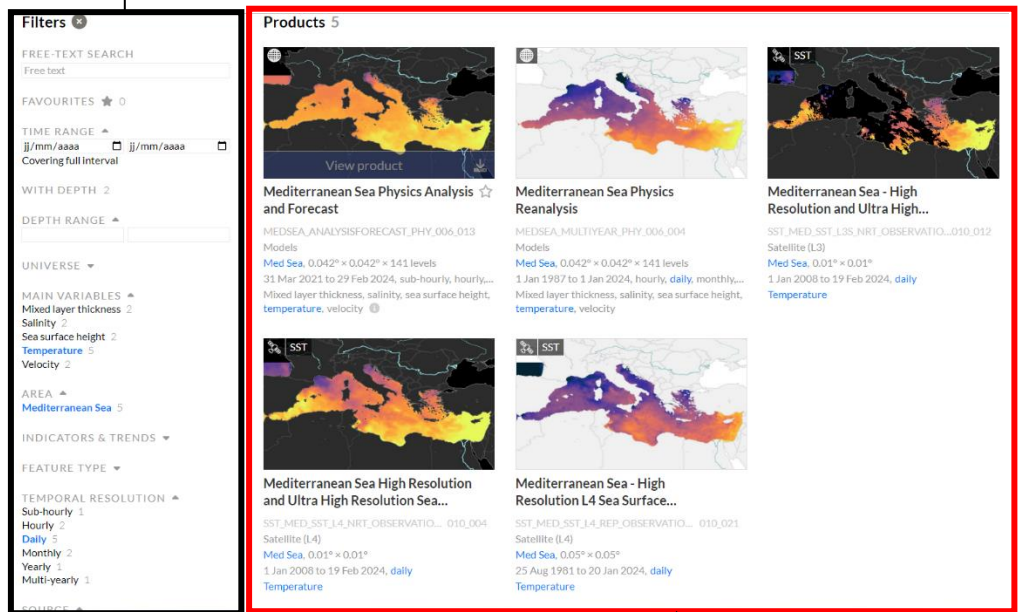
- Longitude ouest : -2.072496602°
 - Latitude sud : 39.372954°
 - Longitude est : 8.78663296°
4. Choisissez la période d'étude souhaitée en précisant le jour, le mois et l'année.
 5. Sélectionnez la profondeur des données que vous souhaitez télécharger.
 6. Cliquez sur le bouton "Télécharger" pour lancer le processus de téléchargement des données sélectionnées.

ETAPE 1

Accédez à la base de données en suivant ce chemin : copernicus > Copernicus Services > marine > Discover marine > ocean products, afin de télécharger les produits océaniques.



Sélectionner avec précision la donnée à traiter (par exemple : la température) en filtrant notamment par la surface (dans ce cas-ci la Mer Méditerranée) et la résolution temporelle



Sélectionnez le résultat qui convient

4. Téléchargement de la donnée en format NetCDF (Network Common Data Form).

1. Insertion des coordonnées de la zone d'étude (35.3647009°N, -2.072496602°W et 39.372954°S, 8.78663296°E)

2. La période (jour mois année)

3. La profondeur

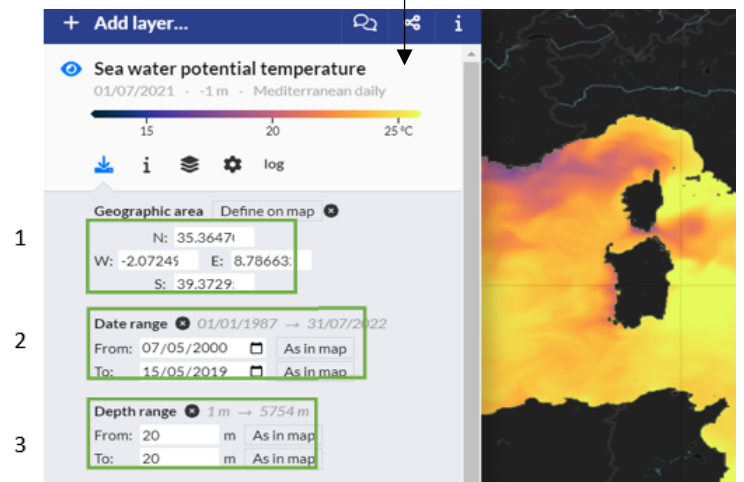


Figure 5: Schémas représentant les étapes de la collecte des données à partir de la base de données Copernicus Marine, réalisé par CHABANE Ikram et MECHRI Hayem

3. Traitement des données

Une fois les données téléchargées, l'étape suivante implique l'extraction des données à l'aide du logiciel QGIS (Quantum Geographic Information System), via le module (prélèvement des valeurs raster vers ponctuels). L'extraction des valeurs d'un paramètre environnemental se fait à partir des points qui correspondent aux mêmes coordonnées géographiques des captures dans notre zone d'étude. Chaque point est identifié par ses coordonnées de longitude et de latitude ainsi qu'un identifiant attribué à chaque point (ID).

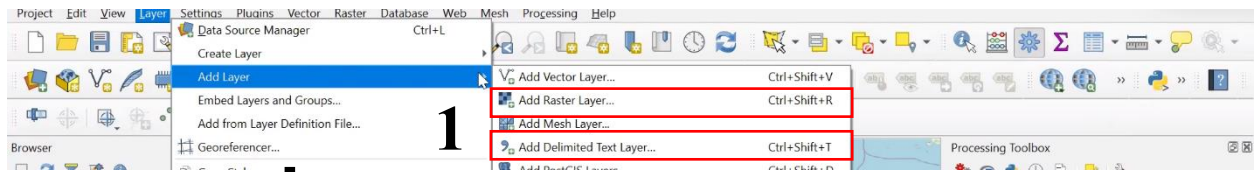
L'extraction des valeurs des paramètres s'effectue selon les étapes suivantes :

1. Ouvrez QGIS. Dans la barre d'outils, sélectionnez "Couche".
2. Importez les fichiers avec les points et les paramètres environnementaux :
 - **Couche > ajouter une couche de texte délimité >pour le fichier des points**
 - **Couche > ajouter une couche raster >pour les paramètres**
3. Dans la fenêtre de traitement, cliquez sur l'icône correspondante pour Accédez à la boîte à outils.
4. Choisissez "Prélèvement des valeurs rasters vers ponctuels".
5. Sélectionnez les données nécessaires dans la fenêtre qui apparaît, y compris la couche source, la couche raster, et l'emplacement des résultats.



ETAPE 2

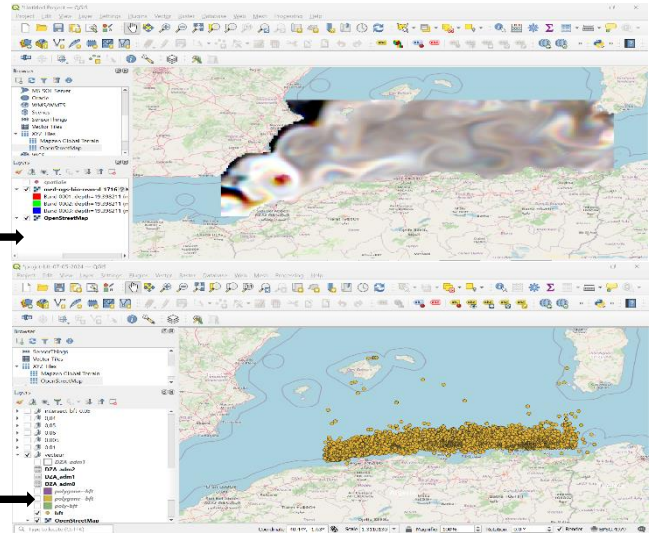
Ouvrir logiciel QGIS



Importer le fichier des points géoréférencé (représenter par une couche vecteur)

- Couche > ajouter une couche de texte délimité >

Les fichiers téléchargés des paramètres environnementales (représentés par une couche raster)



4

5

Sélectionner la couche source (points), la couche raster (exemple : salinité) et l'emplacement de fichier de sortie (format de fichier .xlsx) puis appuyer sur exécuter pour faire l'extraction des valeurs

| | | | | Paramètres | | | | |
|-----|---------|------|------|------------|----------------|---|---|------|
| Id | Espèces | latY | lonX | Chla | O ² | S | T | NO3- |
| Id1 | Esp1 | | | | | | | |
| Id2 | Esp2 | | | | | | | |
| Id3 | Esp3 | | | | | | | |

Résultat de prélèvement des valeurs rasters vers ponctuels

Figure 6: Schémas représentant les étapes de traitement des données à l'aide de QGIS, réalisé par CHABANE Ikram et MECHRI Hayem.

4. Analyse statistique

4.1 Statistique descriptive

La statistique descriptive est une branche qui regroupe les nombreuses techniques utilisées pour décrire un ensemble relativement important de données. Elle est une combinaison de méthodes de représentations graphiques et calculs de caractéristiques numériques permettant de faire une synthèse statistique de données (S. Le Digabel 2017) à travers des mesures telles que la moyenne, la médiane, l'écart-type, la variance, etc.

Les logiciels utilisés pour mener cette analyse sont :

- **Microsoft Excel** (version 2019) : Excel est un logiciel de la gamme Office de Microsoft. Le logiciel comprend des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, d'analyse de données et de programmation, ainsi qu'un langage particulier.
- **XLSTAT** (Version essais 2024) : est un logiciel statistique convivial et performant qui fonctionne en tant qu'add-on pour Microsoft Excel, offrant une variété de fonctionnalités pour l'analyse de données et la modélisation statisticienne. Il peut également traiter des données multivariées et des analyses factorielles.

5. Analyse temporelle

L'analyse temporelle est l'étude des données et des événements sur l'échelle du temps. Elle consiste à rechercher des modèles et des tendances dans les données en les examinant à différentes échelles de temps.

Le logiciel utilisé est :

- **Origin Pro** (Version étudiant 2024) : est un logiciel de statistiques et de graphiques pour la Recherche scientifique. Il est utilisé pour l'analyse des données, Modélisation statistique et représentation graphique des résultats.

6. Analyse géostatistique

L'analyse géostatistique est une branche de la statistique spatiale qui étudie la structure et la dépendance spatiale des phénomènes géographiques. Pour effectuer cette analyse, on fait appel au système d'information géographique "SIG

Le logiciel utilisé pour mener cette analyse est le **Quantum GIS** (Version 3.36.2), est un logiciel libre. Il est caractérisé par son interopérabilité (accepte plusieurs formats GRASS GIS, GEOTIFF, TIFF, JPG, etc.)

Pour effectuer cette analyse, on réalise deux étapes essentielles à l'aide de QGIS.

- L'interpolation spatiale
- L'analyse de régression multiple (dans la partie de la modélisation prédictive)

On a ensuite procédé à la réalisation des cartes géographiques. Ces cartes permettent de visualiser spatialement la distribution des paramètres environnementaux étudiés.

6.1 L'interpolation spatiale

L'interpolation spatiale est une technique employée afin d'évaluer les valeurs de points inconnus en se basant sur des points ayant des valeurs connus. Pendant notre étude, nous avons adopté la méthode suivante.

- **Pondération par l'Inverse de la Distance (IDW)**

La méthode d'interpolation IDW consiste à pondérer les points d'échantillons pendant l'interpolation de manière à ce que l'impact d'un point sur un autre diminue en fonction de la distance du point inconnu que nous souhaitons créer.

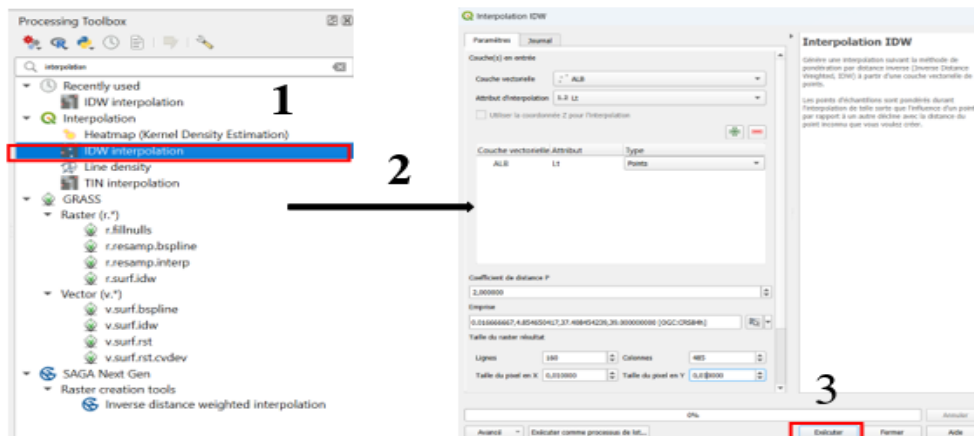


Figure 7: Schémas représentant les étapes de la méthode d'interpolation IDW à l'aide de QGIS, réalisé par CHABANE Ikram et MECHRI Hayem.

L'interpolation IDW se déroule de la manière suivante dans le logiciel QGIS :

1. Lancer QGIS, sélectionner la "boîte à outils de traitement" présente dans la fenêtre "traitement".
2. On peut choisir la couche vectorielle, l'attribut d'interpolation (par exemple, la chlorophylle), l'emprise et la taille du raster (lignes et colonnes) dans la fenêtre suivante.
3. Sélectionnez « exécuter ».

7. Modélisation

7.1 Modélisation descriptive

L'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus fréquemment utilisées. Elle permet de réduire la dimension de l'espace des descripteurs avec le minimum de perte d'information et préservant les relations existantes déjà entre les différents descripteurs. Le logiciel utilisé dans cette analyse est Xlstat.

7.2 Modélisation prédictive

L'analyse de régression linéaire multiple

La régression linéaire multiple est une méthode statistique qui permet de modéliser la relation entre une variable dépendante et plusieurs variables indépendantes.

CHAPITRE 3 : RESULTAT ET DISCUSSION

I. Résultats

Après avoir appliqué une analyse statistique et temporelle aux données, les résultats suivants ont été obtenus.

1. Analyse statistique

1.1 Statistique descriptive

Les statistiques descriptives jouent un rôle crucial dans notre étude sur la distribution des grands pélagiques en interactions avec les facteurs environnementaux. Cette technique permet de quantifier, d'analyser et de synthétiser les variables à étudiées, fournissant ainsi des informations sur les relations entre eux.

Tableau 1: statistiques descriptives du thon rouge (BFT).

| Statistique | Lt
(cm) | Wt
(kg) | Chl a
(mg.m-3) | NO3-
(mmol.m-3) | O2
(mmol.m-3) | S
(PSU) | T
(c) | Crrntspd
(m/s) | Ht vg
(m) |
|------------------------------|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|
| Nb. D'observations | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Minimum | 64,688 | 5,090 | 0,104 | 0,019 | 223,391 | 36,475 | 17,820 | 0,035 | 0,290 |
| Maximum | 201,718 | 161,455 | 0,818 | 3,204 | 248,834 | 38,724 | 21,932 | 0,603 | 1,279 |
| 1er Quartile | 98,580 | 44,730 | 0,127 | 0,231 | 233,377 | 36,741 | 18,774 | 0,124 | 0,460 |
| Médiane | 123,488 | 73,393 | 0,142 | 0,940 | 235,706 | 37,163 | 19,534 | 0,191 | 0,793 |
| 3ème Quartile | 173,873 | 146,393 | 0,248 | 1,509 | 237,886 | 37,521 | 20,472 | 0,273 | 1,015 |
| Moyenne | 133,003 | 89,108 | 0,218 | 0,936 | 235,815 | 37,193 | 19,676 | 0,227 | 0,756 |
| Variance (n-1) | 1956,622 | 3347,927 | 0,027 | 0,655 | 29,018 | 0,330 | 1,344 | 0,022 | 0,106 |
| Ecart-type (n) | 43,114 | 56,396 | 0,161 | 0,789 | 5,250 | 0,559 | 1,129 | 0,145 | 0,317 |
| Coefficient de variation (n) | 0,324 | 0,633 | 0,735 | 0,843 | 0,022 | 0,015 | 0,057 | 0,638 | 0,420 |

Tableau 2: statistiques descriptives de l'espadon (SWO).

| Statistique | Lt
(cm) | Wt
(kg) | Chl a
(mg.m-3) | NO3-
(mmol.m-3) | O2
(mmol.m-3) | S
(PSU) | T
(c) | Crrntspd
(m/s) | Ht vg
(m) |
|------------------------------|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|
| Nb. D'observations | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| Minimum | 36,893 | 3,000 | 0,073 | 0,007 | 205,180 | 36,644 | 14,833 | 0,002 | 0,275 |
| Maximum | 132,069 | 20,000 | 0,399 | 1,491 | 251,898 | 38,182 | 27,022 | 0,288 | 2,179 |
| 1er Quartile | 71,000 | 7,944 | 0,078 | 0,021 | 215,740 | 36,961 | 18,488 | 0,056 | 0,508 |
| Médiane | 74,000 | 8,449 | 0,084 | 0,115 | 230,230 | 37,191 | 19,701 | 0,096 | 1,037 |
| 3ème Quartile | 79,000 | 9,312 | 0,110 | 0,224 | 239,297 | 37,358 | 24,549 | 0,158 | 1,264 |
| Moyenne | 77,904 | 9,256 | 0,102 | 0,196 | 228,660 | 37,241 | 20,338 | 0,107 | 0,953 |
| Variance (n-1) | 261,905 | 9,072 | 0,003 | 0,065 | 193,402 | 0,141 | 15,713 | 0,005 | 0,171 |
| Ecart-type (n) | 16,055 | 2,988 | 0,052 | 0,253 | 13,792 | 0,373 | 3,931 | 0,069 | 0,410 |
| Coefficient de variation (n) | 0,206 | 0,323 | 0,511 | 1,289 | 0,060 | 0,010 | 0,193 | 0,644 | 0,431 |

Tableau 3: statistiques descriptives du thon germon (ALB)

| Statistique | Lt
(cm) | Wt
(kg) | Chl a
(mg.m-3) | NO3-
(mmol.m-3) | O2
(mmol.m-3) | S
(PSU) | T
(c) | Crrntspd
(m/s) | Ht vg
(m) |
|------------------------------|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|
| Nb. D'observations | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| Minimum | 35,000 | 0,585 | 0,075 | 0,051 | 204,712 | 36,840 | 22,124 | 0,014 | 0,154 |
| Maximum | 106,000 | 17,903 | 0,188 | 3,130 | 235,193 | 38,000 | 26,924 | 0,335 | 2,251 |
| 1er Quartile | 62,500 | 3,505 | 0,080 | 0,204 | 214,318 | 37,127 | 23,283 | 0,068 | 0,366 |
| Médiane | 74,000 | 5,903 | 0,081 | 0,442 | 216,438 | 37,306 | 25,352 | 0,102 | 0,500 |
| 3ème Quartile | 85,500 | 9,221 | 0,085 | 0,638 | 224,264 | 37,496 | 25,577 | 0,160 | 0,801 |
| Moyenne | 73,396 | 6,477 | 0,085 | 0,483 | 218,341 | 37,387 | 24,700 | 0,115 | 0,652 |
| Variance (n-1) | 215,508 | 13,199 | 0,000 | 0,159 | 33,867 | 0,115 | 2,001 | 0,005 | 0,175 |
| Ecart-type (n) | 14,599 | 3,613 | 0,014 | 0,396 | 5,787 | 0,337 | 1,407 | 0,073 | 0,416 |
| Coefficient de variation (n) | 0,199 | 0,558 | 0,164 | 0,820 | 0,027 | 0,009 | 0,057 | 0,634 | 0,639 |

Les tableaux 01,02&03 fournissent une synthèse des statistiques descriptives pour 07 variables étudiées, comprenant la salinité, la température, l'oxygène dissous, la teneur en chlorophylle, la teneur en nitrate, la vitesse du courant et la hauteur des vagues. Ces données ont été relevées dans le bassin Algérien. De plus, 02 paramètres de croissances, le poids total et la longueur totale, des 03 espèces étudiés : thon rouge (BFT), thon germon (ALB) et l'espadon (SWO).

- **Thon rouge**

Écart-type (n) :

L'écart-type mesure la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Un écart-type élevé indique une grande variabilité des données.

- Lt : 43,144 cm. La longueur totale des thons présente une variation considérable.
- Wt : 56,396 kg. Le poids des thons montre également une grande dispersion, ce qui indique une variation dans la population échantillonnée.
- Chl a : 0,151 mg/m³. La concentration de chlorophylle a une variabilité modérée.
- NO3- : 5,250 µmol/L. La concentration de nitrates montre une dispersion relativement faible.
- O2 : 0,559 µmol/kg. La concentration d'oxygène dissous est assez stable avec une faible variation.
- S : 0,330 PSU. La salinité montre peu de variation.
- T : 1,344 °C. La température présente une certaine variation.
- Crrntspd : 0,145 m/s. La vitesse du courant présente une dispersion modérée.
- Ht vg : 0,317 m. La hauteur des vagues montre une variation relativement faible.

Coefficient de variation (n) :

Le coefficient de variation (CV) est l'écart-type divisé par la moyenne. Il exprime la dispersion des données en termes relatifs (pourcentage de la moyenne). Un CV élevé indique une grande variabilité relative par rapport à la moyenne.

- Lt : 0,324 (32,4%). La longueur totale des thons présente une variabilité modérée par rapport à sa moyenne.
- Wt : 0,633 (63,3%). Le poids des thons a une forte variabilité relative.
- Chl a : 0,843 (84,3%). La concentration de chlorophylle montre une très grande variabilité relative.
- NO₃⁻ : 0,022 (2,2%). La concentration de nitrates présente une variabilité très faible, indiquant une grande homogénéité des données.
- O₂ : 0,015 (1,5%). La concentration d'oxygène dissous est extrêmement stable.
- S : 0,057 (5,7%). La salinité montre une faible variabilité relative.
- T : 0,068 (6,8%). La température présente une variabilité modérée relative.
- Crrntspd : 0,638 (63,8%). La vitesse du courant montre une forte variabilité relative.
- Ht vg : 0,420 (42%). La hauteur des vagues présente une variabilité modérée.

- **Espadon**

Écart-type (n) :

L'écart-type mesure la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Un écart-type élevé indique une grande variabilité des données.

- Lt : 16,055 cm. La longueur totale des espadons présente une variation considérable.
- Wt: 2,988 kg. Le poids des espadons montre également une grande dispersion.
- Chl a : 0,052 mg/m³. La concentration de chlorophylle a une variabilité modérée.
- NO₃⁻ : 0,253 µmol/L. La concentration de nitrates montre une dispersion relativement faible.
- O₂ : 13,792 µmol/kg. La concentration d'oxygène dissous présente une certaine variabilité.
- S : 0,373 PSU. La salinité montre peu de variation.
- T : 3,931 °C. La température présente une variation significative.

- Crrntspd : 0,069 m/s. La vitesse du courant présente une dispersion modérée.
- Ht vg : 0,410 m. La hauteur des vagues montre une variation relativement faible.

Coefficient de variation (n) :

Le coefficient de variation (CV) est l'écart-type divisé par la moyenne. Il exprime la dispersion des données en termes relatifs (pourcentage de la moyenne). Un CV élevé indique une grande variabilité relative par rapport à la moyenne.

- Lt : 0,206 (20,6%). La longueur totale des espadons présente une variabilité relative modérée.
- Wt : 0,323 (32,3%). Le poids des espadons a une variabilité relative modérée.
- Chl a : 0,511 (51,1%). La concentration de chlorophylle montre une grande variabilité relative.
- NO₃⁻ : 1,289 (128,9%). La concentration de nitrates présente une très grande variabilité relative.
- O₂ : 0,060 (6,0%). La concentration d'oxygène dissous est stable.
- S : 0,010 (1,0%). La salinité montre une variabilité très faible.
- T : 0,193 (19,3%). La température présente une variabilité relative modérée.
- Crrntspd : 0,644 (64,4%). La vitesse du courant montre une forte variabilité relative.
- Ht vg : 0,431 (43,1%). La hauteur des vagues présente une variabilité relative modérée.

- Thon germon

Écart-type (n) :

L'écart-type mesure la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Un écart-type élevé indique une grande variabilité des données.

- Lt : 14,599 cm. La longueur totale des thons germans présente une variation modérée.
- Wt : 3,613 kg. Le poids des thons germans montre une dispersion notable.
- Chl a : 0,035 mg/m³. La concentration de chlorophylle a une variabilité modérée.
- NO₃⁻ : 0,396 µmol/L. La concentration de nitrates montre une dispersion relativement faible.
- O₂ : 5,787 µmol/kg. La concentration d'oxygène dissous présente une certaine variabilité.
- S : 0,337 PSU. La salinité montre peu de variation.
- T : 1,407 °C. La température présente une variation modérée.

- Crrntspd : 0,046 m/s. La vitesse du courant présente une dispersion modérée.
- Ht vg : 0,416 m. La hauteur des vagues montre une variation relativement faible.

Coefficient de variation (n) :

Le coefficient de variation (CV) est l'écart-type divisé par la moyenne. Il exprime la dispersion des données en termes relatifs (pourcentage de la moyenne). Un CV élevé indique une grande variabilité relative par rapport à la moyenne.

- Lt : 0,199 (19,9%). La longueur totale des thons germes présente une variabilité relative modérée.
- Wt : 0,558 (55,8%). Le poids des thons germes a une variabilité relative notable.
- Chl a : 0,456 (45,6%). La concentration de chlorophylle montre une grande variabilité relative.
- NO₃⁻ : 0,820 (82,0%). La concentration de nitrates présente une très grande variabilité relative.
- O₂ : 0,027 (2,7%). La concentration d'oxygène dissous est stable.
- S : 0,009 (0,9%). La salinité montre une variabilité très faible.
- T : 0,057 (5,7%). La température présente une variabilité relative faible.
- Crrntspd : 0,634 (63,4%). La vitesse du courant montre une forte variabilité relative.
- Ht vg : 0,639 (63,9%). La hauteur des vagues présente une variabilité relative notable.
- Les variables avec des coefficients de variation élevés comme les nitrates (NO₃⁻) et la vitesse du courant (Crrntspd) montrent une grande variabilité dans les données collectées, indiquant des différences significatives au sein des échantillons.
- Les variables comme la salinité (S), l'oxygène dissous (O₂), et la longueur totale (Lt) montrent une faible variabilité, ce qui indique des mesures plus uniformes dans l'environnement étudié.
- Les variables avec des coefficients de variation élevés comme les nitrates (NO₃⁻) et la vitesse du courant (Crrntspd) montrent une grande variabilité dans les données collectées, indiquant des différences significatives au sein des échantillons.
- Les variables comme la salinité (S), l'oxygène dissous (O₂), et la longueur totale (Lt) montrent une faible variabilité, ce qui indique des mesures plus uniformes dans l'environnement étudié.

- Les variables avec des coefficients de variation élevés comme le poids (Wt), la chlorophylle (Chl a), et la vitesse du courant (Crrntspd) montrent une grande variabilité dans les données collectées, indiquant des différences significatives au sein des échantillons.

- Les variables comme les nitrates (NO₃-), l'oxygène dissous (O₂), et la salinité (S) montrent une faible variabilité, ce qui indique des mesures plus uniformes dans l'environnement étudié.

Les graphiques Quantile-Quantile sont présentés dans les figures 1, 2 et 3 de l'annexe A. Permettent de comparer les quantiles observés à ceux d'un échantillon distribué suivant une loi normale de même moyenne, et même variance (les quantiles théoriques). Les points représentant chaque variable sont au tour de la bissectrice (la diagonale) du plan et montrent une tendance linéaire. Selon cette observation, on peut dire que la distribution de la majorité des variables étudiées suit la loi normale.

2. Analyse temporelle

L'analyse temporelle a montré une influence visible et similaire des facteurs environnementaux sur les paramètres de croissance des trois espèces de grands pélagiques étudiées. Elle a mis en évidence une corrélation forte entre les paramètres de croissance des trois espèces de grands pélagiques étudiées et les facteurs environnementaux durant la période d'étude. En particulier, avec les trois paramètres la température, la salinité, et les teneurs en nitrate dans les graphes (A2, A4, A5) de la figure 8 avec des coefficients de corrélations (-0.628, -0.523, -0.842) respectivement, les graphes (B2, B4, B5) de la figure 9 avec des coefficients de corrélations (0.740, -0.090, 0.105) respectivement, les graphes (C2, C4, C5) de la figure 11 avec des coefficients de corrélations (0.042, 0.161, 0.008) respectivement. Ces résultats indiquent qu'il y a une corrélation positive entre ces paramètres par rapport aux paramètres de croissances des 3 espèces.

L'analyse des données prouve que la croissance des espèces est influencée par deux autres facteurs : la hauteur des vagues (graphes A7, B7, C7) avec des coefficients de corrélations (0.706, 0.237, -0.079) respectivement et la vitesse des courants (graphes A6, B6, C6) avec des coefficients de corrélations (-0.080, 0.721, -0.356) respectivement des 03 figures 9, 10 et 11 respectivement. Ces deux facteurs ont une relation opposée sur la croissance des 3 espèces.

L'influence de l'oxygène dissous (graphes A3, B3, C3) avec coefficients de corrélations (0.365, -0.480, 0.241) respectivement et de la concentration en chlorophylle a (A1, B1, C1) avec coefficients de corrélations (-0.221, -0.199, 0.637) respectivement des figures 9, 10 et 11

respectivement sur la croissance des espèces étudiées est faible, et semble avoir peu d'impact sur leur taille et leur poids.

• **Thon rouge (BFT)**

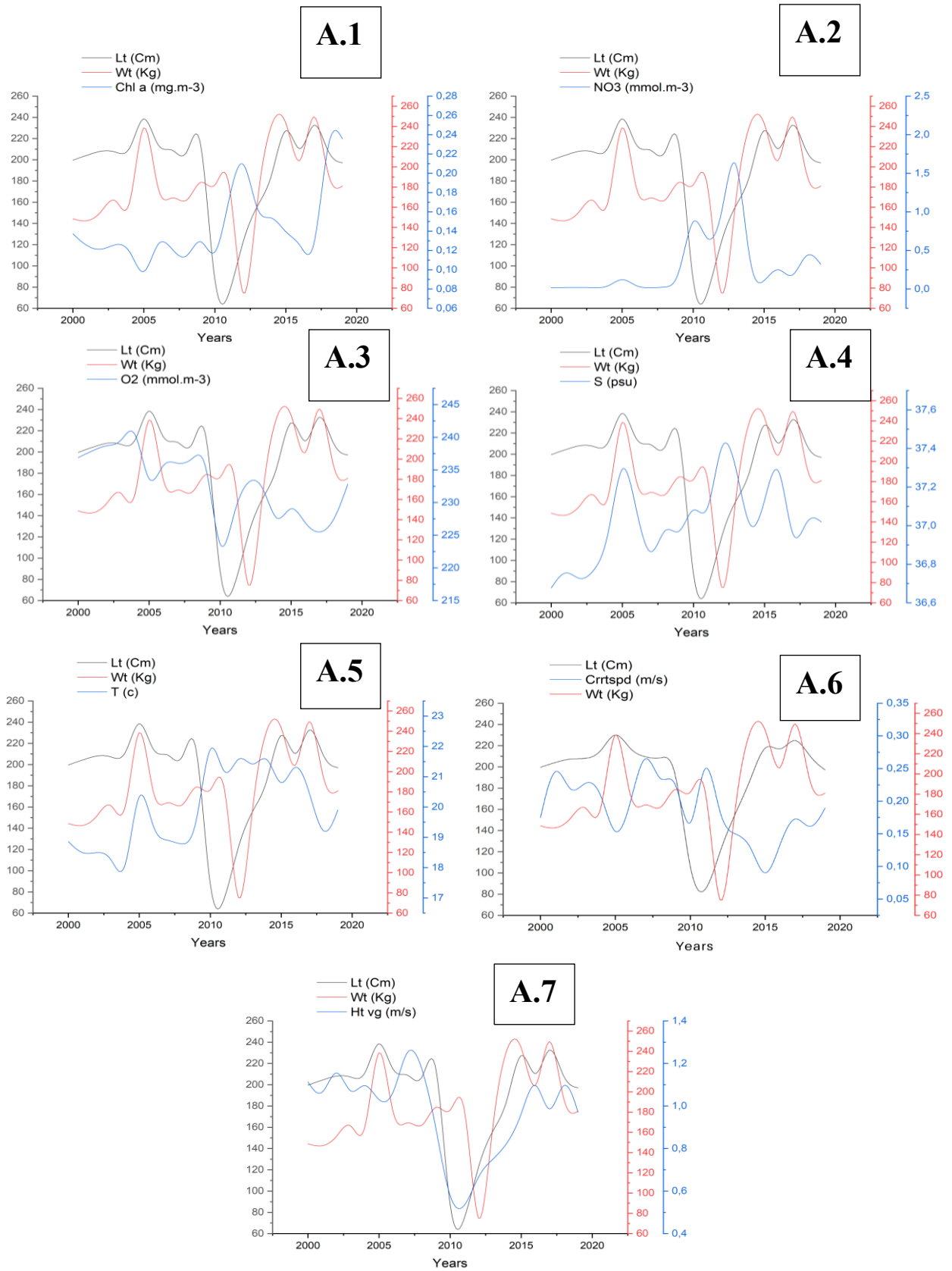


Figure 8 : Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (A.1), NO3 (A.2), Teneur en oxygène (A.3), Salinité (A.4), Température (A.5), Vitesse du courant (A.6), Hauteur des vagues (A.7).

• **Espadon (SWO)**

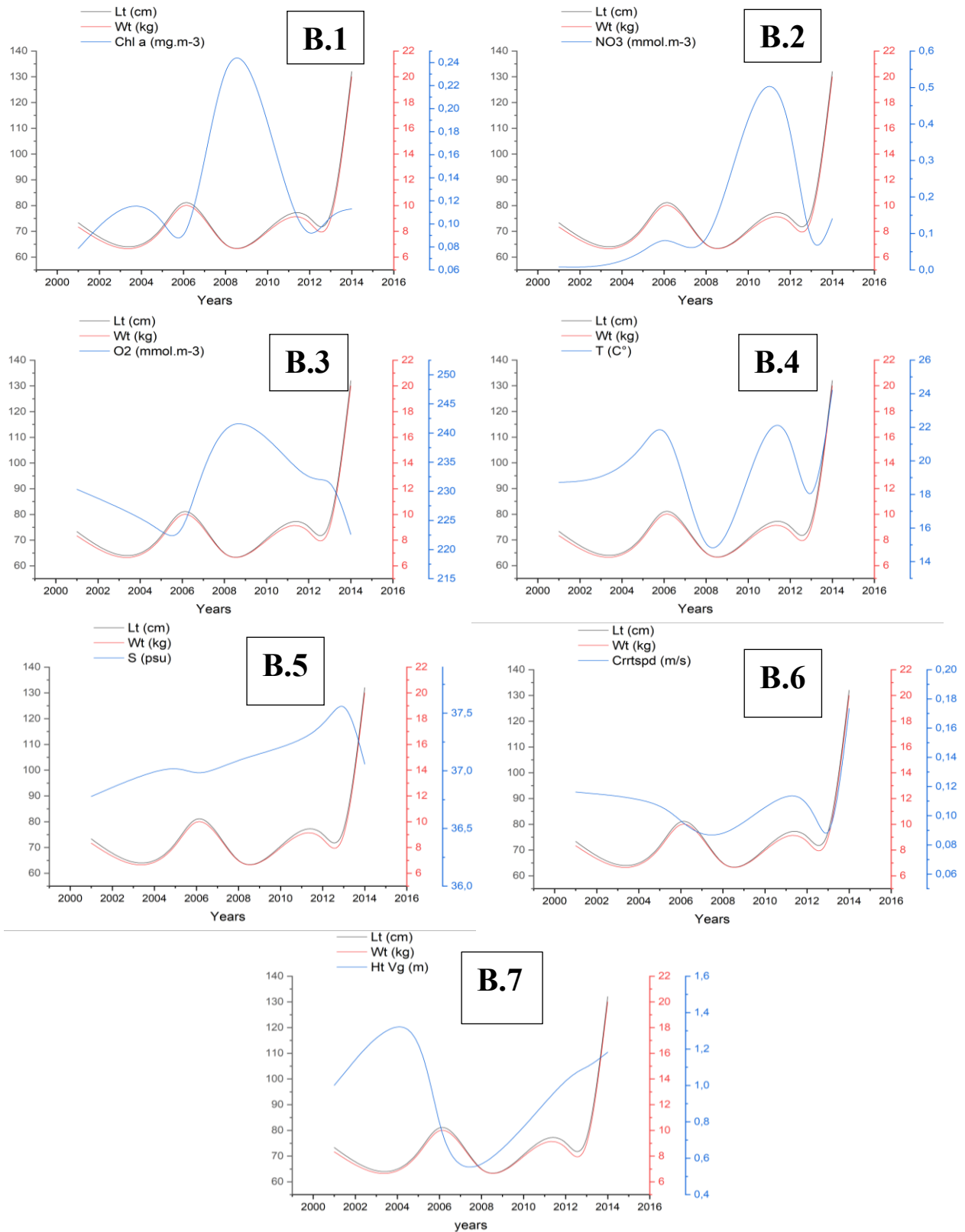


Figure 9: Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (B.1), NO3- (B.2), Teneur en oxygène (B.3), Température (B.4), Salinité (B.5), Vitesse du courant (B.6), Hauteur des vagues (B.7).

• Thon germon (ALB)

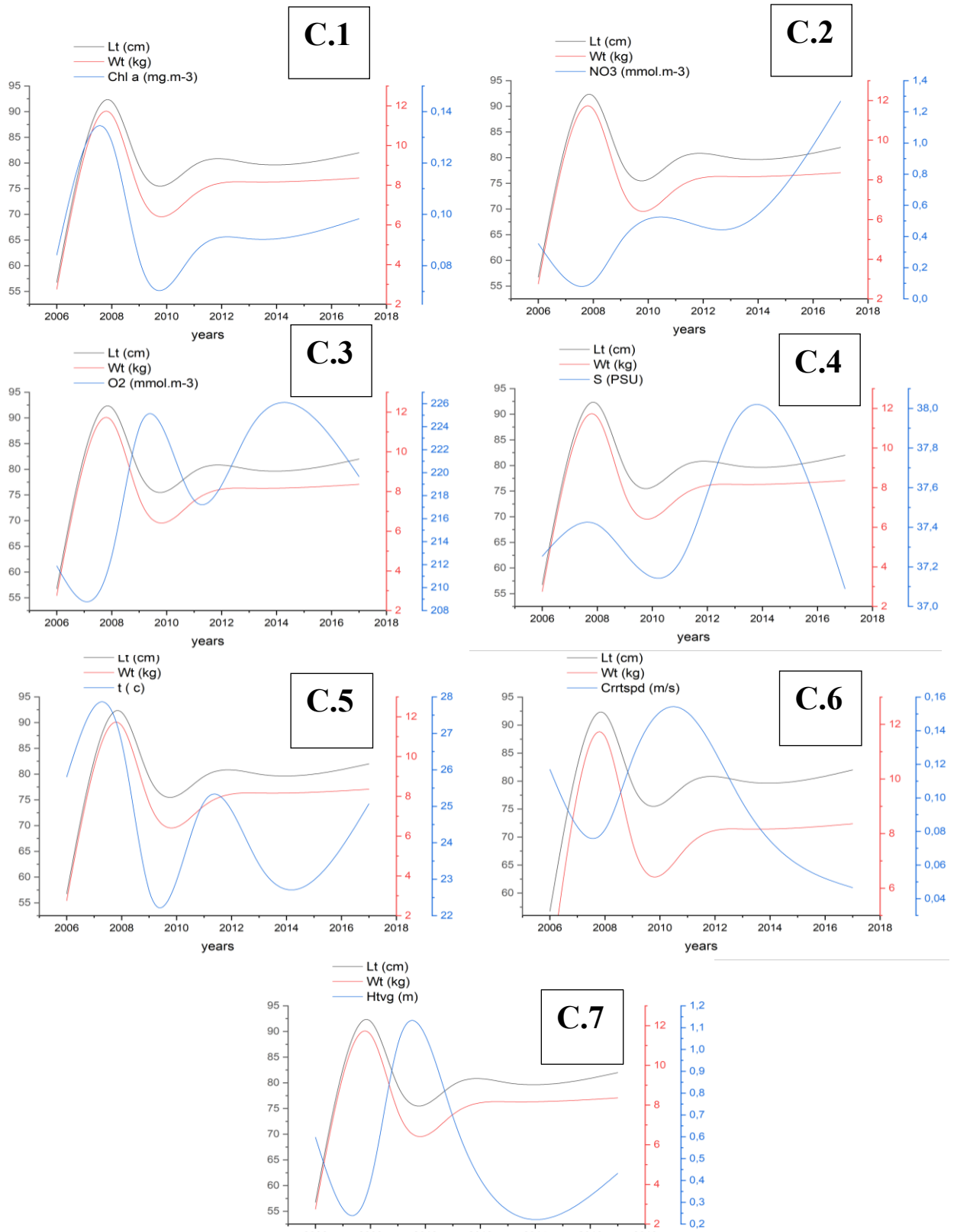


Figure 10: Évolution temporelle sur deux décennies des paramètres biologiques (poids et taille) en lien avec les facteurs environnementaux : Chlorophylle (C.1), NO3 (C.2), Teneur en oxygène (C.3), Salinité (C.4), Température (C.5), Vitesse du courant (C.6), Hauteur des vagues (C.7).

3. Analyse spatiale

Cette partie fournit une visualisation spatiale des résultats dans notre zone d'étude. Les résultats sont les suivants :

Tableau 4: résumé Statistique des couches raster thon rouge (BFT)

| | Lt (cm) | Wt (kg) | Chl a (mg.m ⁻³) | NO3- (mmol.m ⁻³) | O2 (mmol.m ⁻³) | S (PSU) | T (c) | Crrntspd (m/s) | Ht vg (m) |
|------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| MIN | 60.643 | 41.20 | 0.085 | 0.0053 | 212.536 | 36.518 | 15.764 | 0.338 | 0.032 |
| MAX | 262.893 | 294.063 | 0.369 | 2.419 | 245.637 | 37.528 | 27.199 | 3.972 | 0.554 |
| MEAN | 204.793 | 161.359 | 0.124 | 0.028 | 237.672 | 36.815 | 18.653 | 1.118 | 0.224 |
| ECART TYP | 11.737 | 10.148 | 0.01 | 0.044 | 2.067 | 0.087 | 0.553 | 0.140 | 0.041 |

Thon rouge (BFT) :

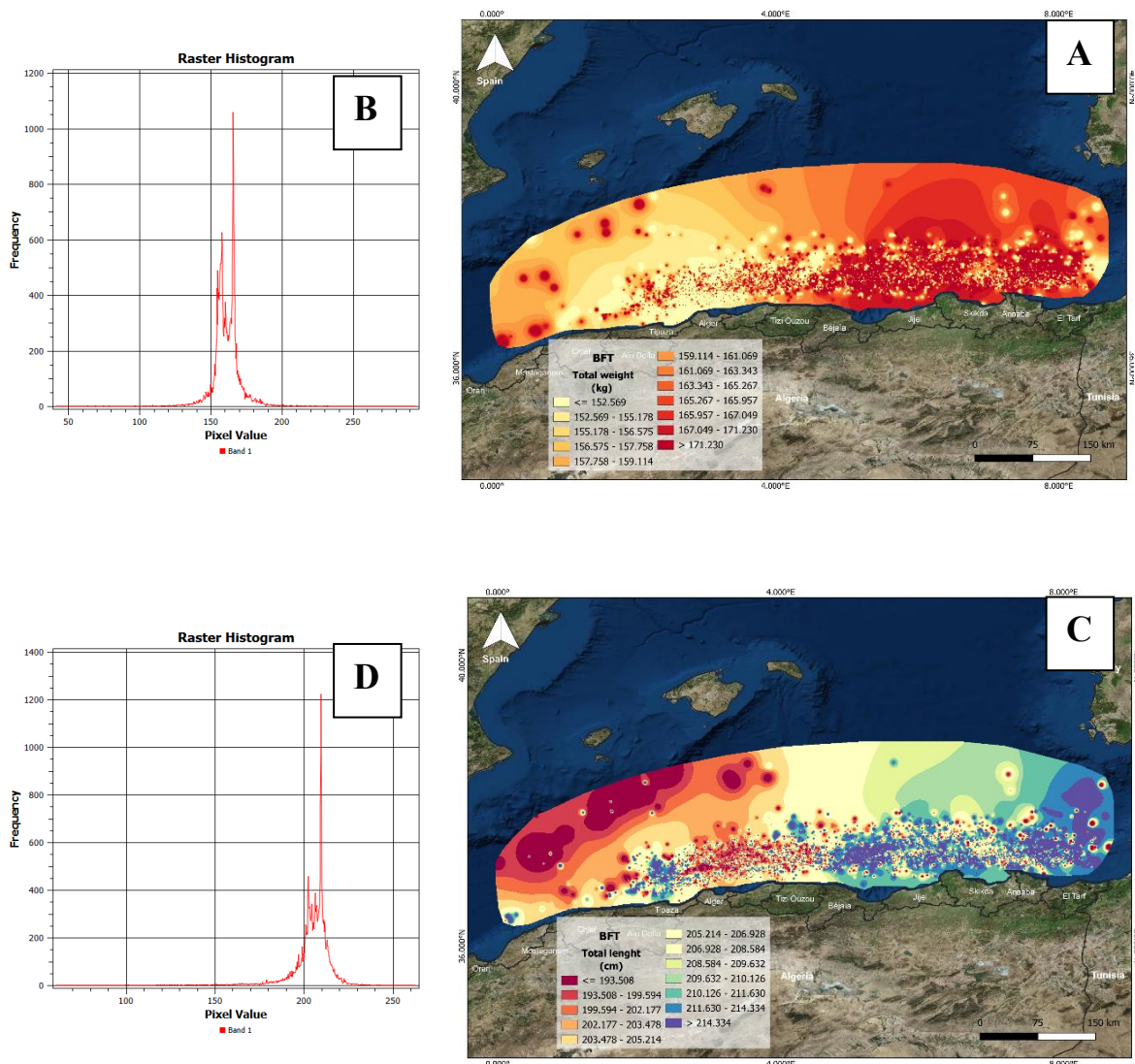


Figure 11: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Longueur totale du thon rouge ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

L'histogramme raster B (Figure 12) montre les fréquences des pixels des poids totaux de thon rouge. Selon la (Figure 12. A), il est possible de conclure que la majeure partie de la zone d'étude était occupée par des individus ayant un poids total compris entre 130 et 188 kg, avec une moyenne de 161.359 kg (tableau 4). La zone Ouest du bassin algérien est peuplée de thons rouges pesant moins de 157.758 kg. Les individus de poids entre 157.758 et 165.267 kg sont majoritaires dans la partie centrale du bassin, en particulier en haute mer, tandis que les individus du poids supérieur à 165.267 kg sont majoritaires dans la partie Est. La taille totale du thon rouge en cm est représentée dans la Figure 12.C, tandis que son histogramme raster associé (figure 12.D), indiquant la fréquence en fonction des valeurs de la taille totale du thon rouge. L'intervalle de longueur totale se varie de 171 cm à 226.8 cm, avec une valeur dominante de 209 cm. Par ailleurs, l'analyse spatiale démontre que la majorité des individus de moins de 203.478 cm se repèrent dans la partie Ouest du bassin, tandis que ceux de 203.478 cm à 209.632 cm se situent dans la partie centrale (Figure 12. C). En ce qui concerne les grands individus mesurant plus de 209.632 cm, ils sont remarque dans la partie Est du bassin algérien.

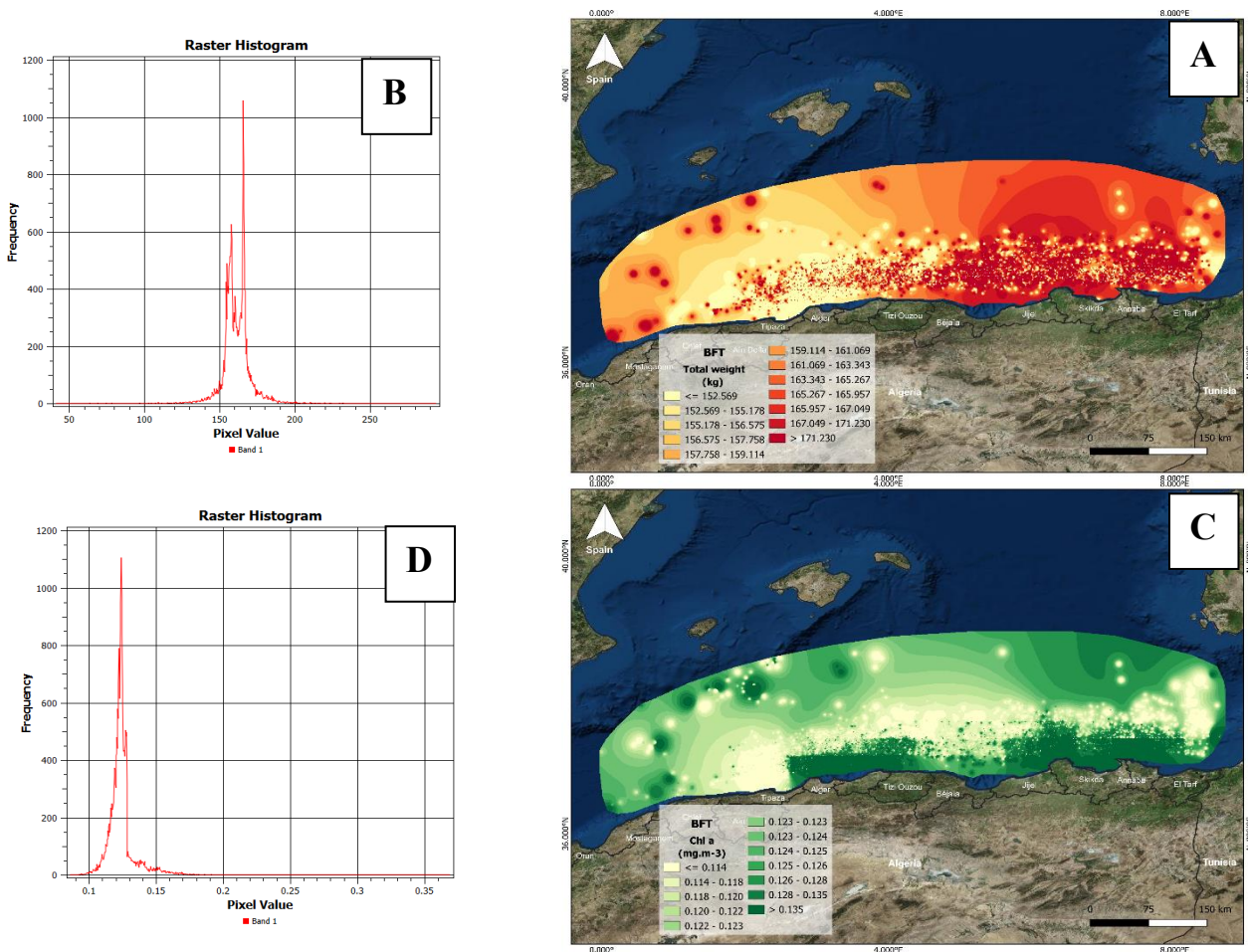


Figure 12: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Teneur en chlorophylle a ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

L'histogramme Raster (figure 13. D) montre que les teneurs en Chl-a dans le bassin Algérien varient entre 0.09 mg/m^3 et 0.16 mg/m^3 , d'une moyenne de 0.124 mg/m^3 (tableau 4). Les masses d'eaux durant la période d'étude dans la partie Ouest et le large de la partie centre sont caractérisés par des concentrations en chlorophylle a inférieure à 0.114 mg/m^3 (figure 13.C), elles sont improductives. En revanche, les masses d'eaux de la partie Est et la cote de la partie centre ont une concentration en chlorophylle a supérieure à 0.135 mg/m^3 . Ces zones sont très productives. Donc on constate que le poids total et la longueur totale du BFT sont positivement liés à la teneur en chlorophylle-a dans l'espace. En effet, les masses d'eau des teneurs en chl-a ($\leq 0,114 \text{ mg/m}^3$) sont fréquentées par des individus du poids totaux inférieur a 152.5 Kg qui correspondent aux longueurs totaux inférieures 193.5 cm . En revanche, les masses d'eaux de la partie Est du bassin algérien est occupée par les grands individus avec une longueur total supérieur de 214.334 cm et un poids

totale supérieure de 171.230 kg qui coïncide avec les masses d'eaux de fortes teneurs en chl-a ($\geq 0.135 \text{ mg/m}^3$).

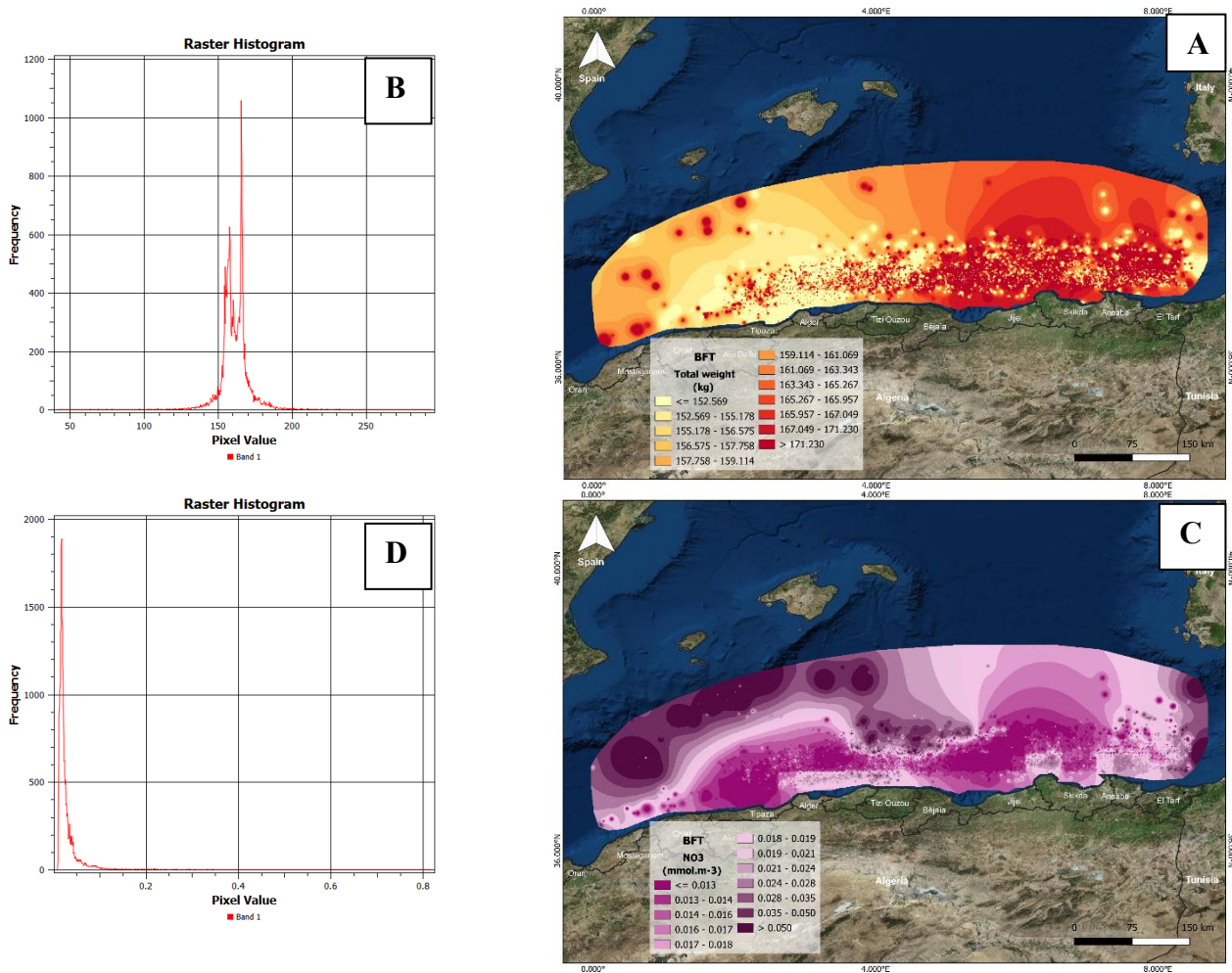


Figure 13: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Teneur en Nitrates et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La répartition spatiale des teneurs en nitrate dans le bassin Algérien pendant la période d'étude est illustrée dans la Figure 14. Selon l'histogramme (Figure 14. D), les valeurs dominantes des teneurs en nitrate varient entre 0.00882 mg/m^3 et 0.097 mg/m^3 autour d'une moyenne de 0.0289 mg/m^3 (tableau 4).

En analysant les deux cartes A (Poids) et C (NO_3^-) de la Figure .14, il est possible de conclure que la répartition des individus ayant un poids total inférieur à 161 Kg correspond aux masses d'eau avec des teneurs en nitrate inférieure à 0.021 mg/m^3 dans les mêmes régions. En ce qui concerne les individus de plus de 160 kg de poids total, elles se répartit dans des eaux caractérisées des teneurs en nitrate supérieure à 0.021 mg/m^3 .

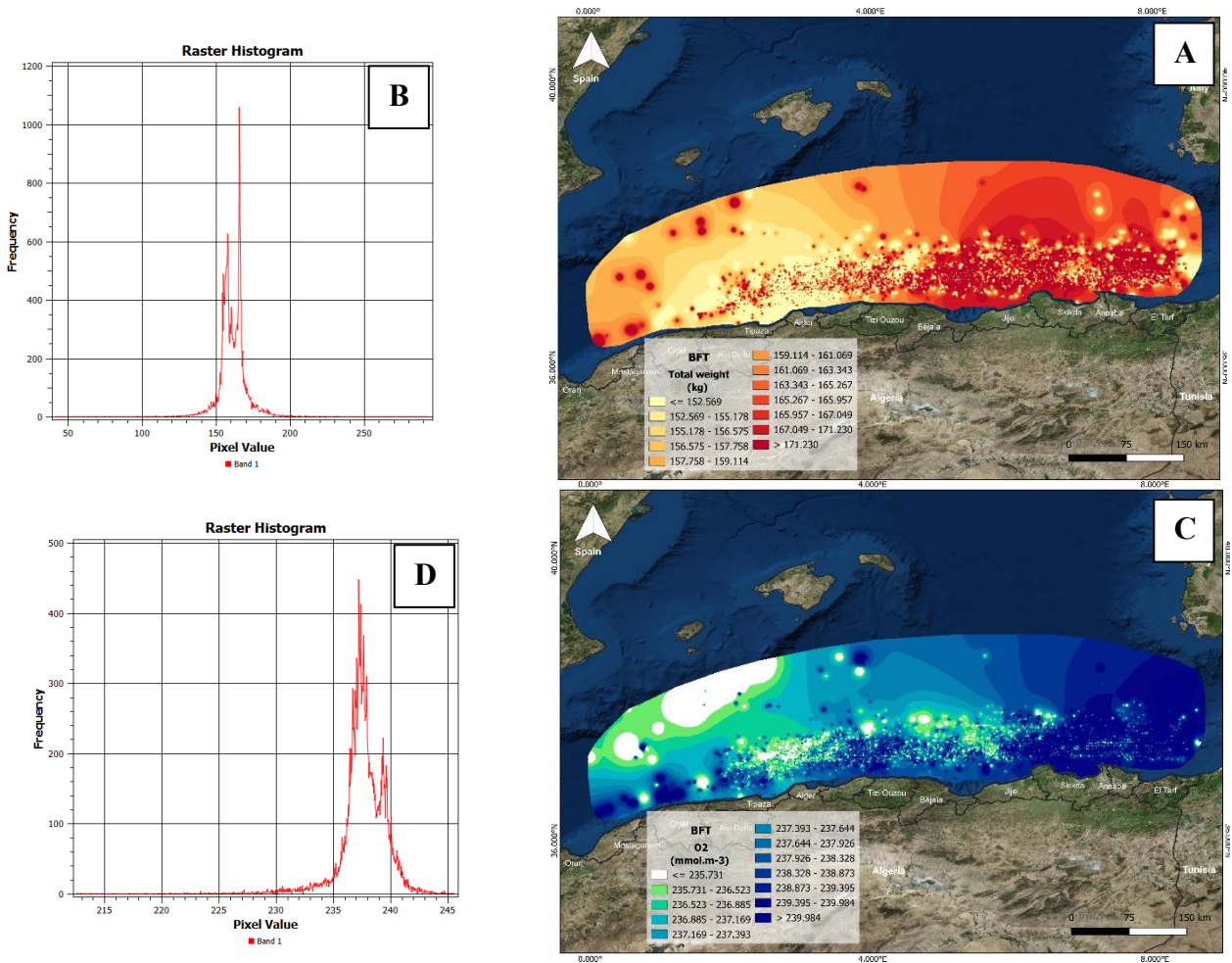


Figure 14: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Oxygène dissous ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Dans notre zone d'étude, nous constatons une grande variation des concentrations en O_2 , avec des valeurs dominantes qui varient de 230 à 244 $mmol.m^{-3}$ (Figure 15. D) autour d'une moyenne de 237.672 $mmol.m^{-3}$ (tableau 4). En comparant les deux cartes A et C de la Figure 15, il est possible de constater que la distribution des individus ayant un poids total inférieur à 159 Kg correspond aux masses d'eau caractérisée des teneurs en O_2 inférieure à 237 $mmol.m^{-3}$. Par contre les individus de poids total supérieur à 159 kg, ils occupent des masses d'eau avec des teneurs supérieures à 237 $mmol.m^{-3}$.

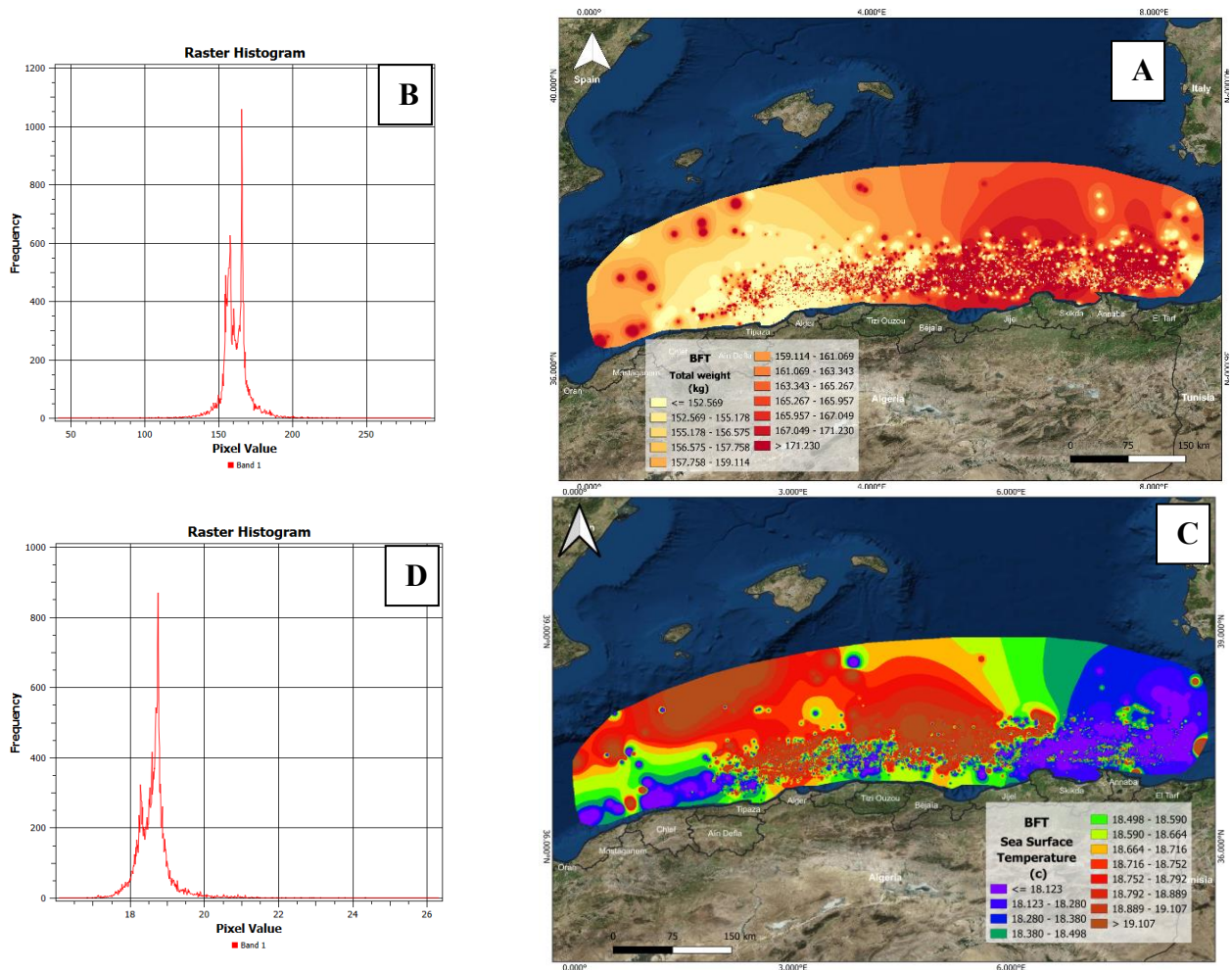


Figure 15: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Température de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

D'après l'histogramme (Figure 16.D), il est possible de constater que les températures dominantes varient entre 17.43 °C et 20.02 °C, avec une moyenne 18.65°C. D'après la représentation spatiale, on observe des températures de surface élevées (plus de 18.95 °C) dans les régions du centre et de l'Ouest, tandis que des températures basses (inférieures à 18.59 °C) se manifestent dans les masses d'eau de la région Est.

Selon l'analyse des deux cartes (A et C), les individus du thon rouge pesant plus de 163 kg ont une préférence pour les eaux avec une température comprise entre 18.12°C et 18.59°C, tandis que ceux pesant moins de 159 kg préfèrent les masses d'eaux avec une température comprise entre 18.59°C et 19.1°C.

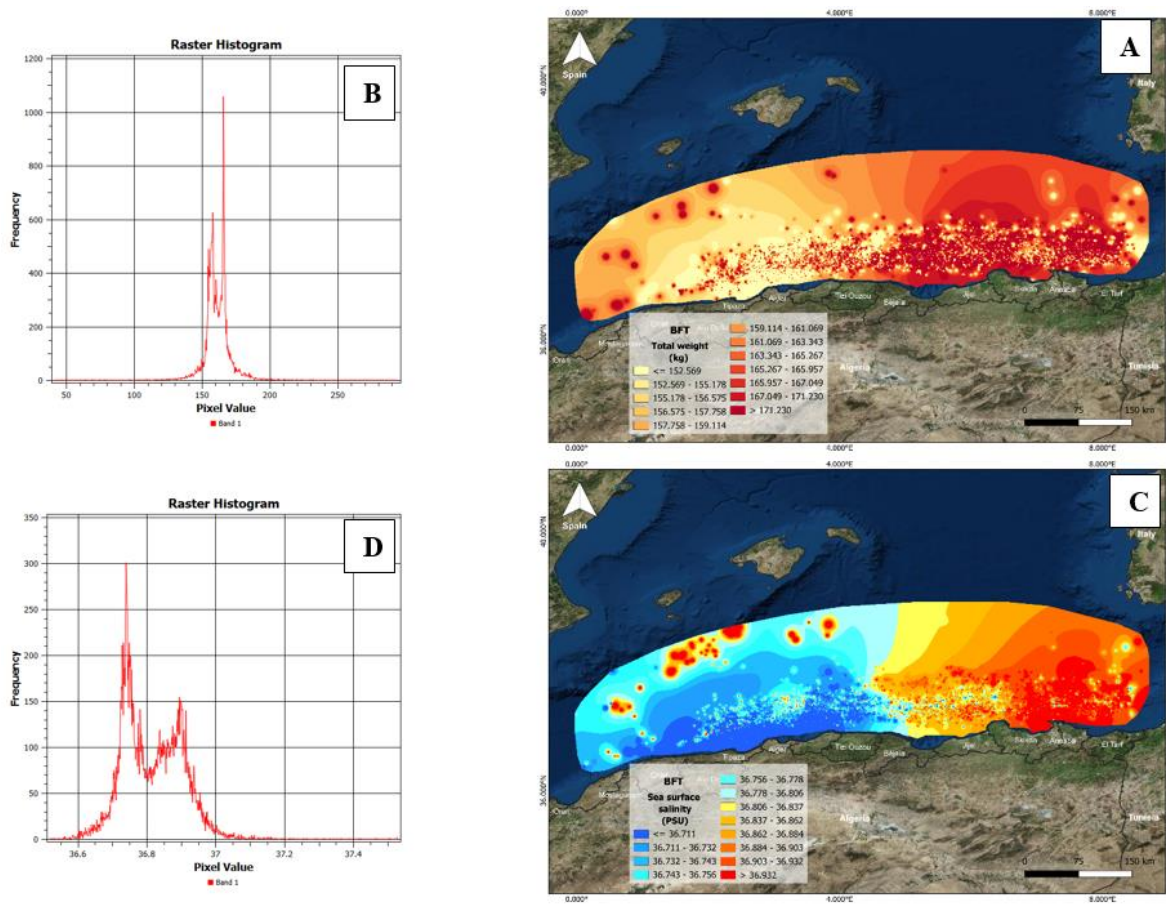


Figure 16: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : salinité de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Des valeurs de salinité dominantes observées se varient de 36.5 à 37.15 PSU, autour d'une moyenne de 36.815 PSU (Figure 17. D). Au cours de la période d'étude, les eaux de la région Est présentent une salinité supérieure à 36.83 PSU, tandis que les eaux des régions centre et Ouest présentent une salinité inférieure à 36.83 PSU.

En comparant (Figure 17.C) et (Figure 17.A), il est observé que les individus de poids inférieur à 163 kg ont été pêchés dans des masses d'eau avec une salinité inférieure à 36.83 PSU, tandis que les individus du poids total supérieur à 163 kg ont été pêchés dans masses d'eau avec une salinité supérieure à 36.83 PSU.

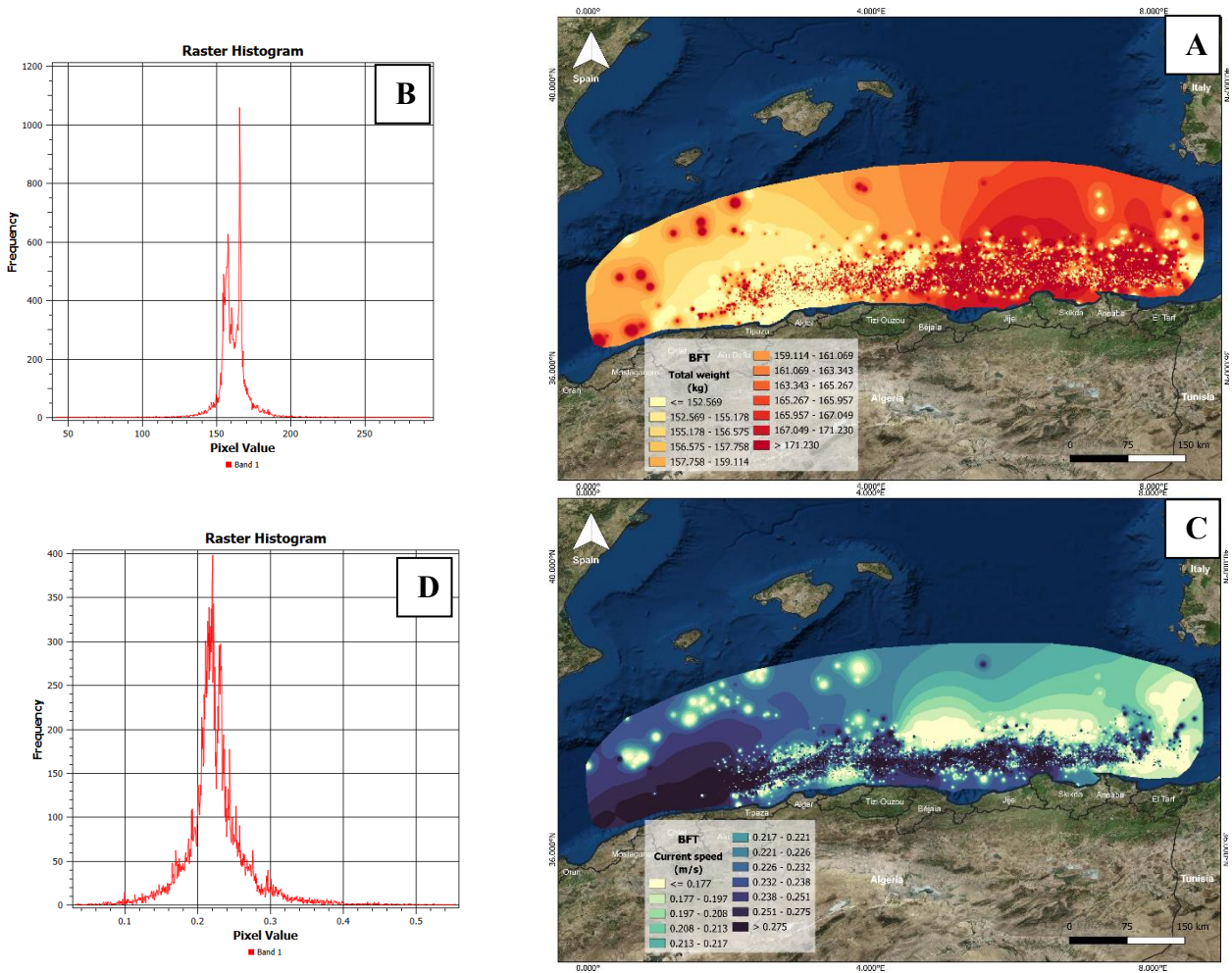


Figure 17: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : vitesse du courant ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La Figure 18 représente la répartition spatiale de la vitesse du courant dans le bassin Algérien durant la période d'étude. Selon l'histogramme (Figure 18. D), la vitesse des courants dominantes est entre 0.1 m/s et 0.4 m/s avec une moyenne de 0.224 m/s. la carte C figure 18 représente la répartition spatiale de la vitesse de courant. On constate que les régions côtières du bassin présentent une vitesse de courant supérieure à 0.232 m/s, tandis le large du bassin en particulier la partie Est présentent une vitesse de courant inférieure à 0.232 m/s. Lorsqu'on compare la carte A et C de la figure 18, on constate que les individus du poids total supérieur à 163.34 kg observés dans des masses d'eau d'une vitesse du courant inférieure à 0.232 m/s, et les individus du poids total moins de 163.34 kg sont répartis dans des eaux avec une vitesse du courant supérieure à 0.232 m/s.

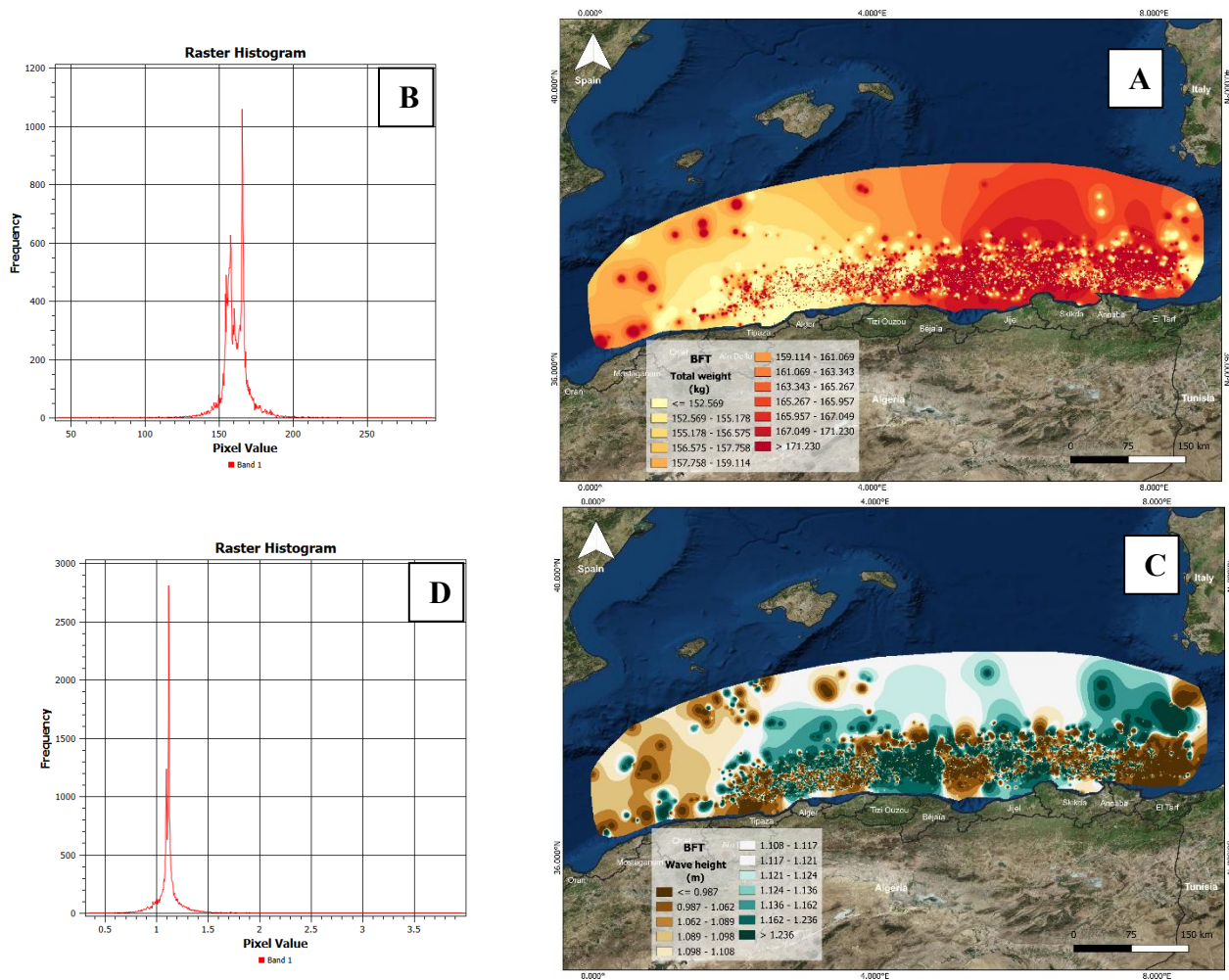


Figure 18: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du thon rouge C : Hauteur de la Vague ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

D'après l'histogramme (Figure 19. D), les valeurs dominantes de la hauteur des vagues varient dans l'intervalle de 0.808 m à 1.4 m autour avec une moyenne de 1.118 m. La carte C illustre la répartition spatiale de ces hauteurs significatives, on constate que la région Ouest et les zones côtière en Algérie présentent une légère agitation avec une hauteur des vagues inférieure à 1.098 m.

En revanche, le large des région Centre et Est, présentes une agitation intense avec une hauteur des vagues supérieur à 1.121 elle peut atteindre jusqu'à 4m. Lorsqu'on compare la carte A et C de la figure 19, on perçoit que les individus qui pesant entre 156 et 159 kg remarqués dans des eaux légèrement agitées avec une hauteur de la vague inférieure à 0.9 m, et les grands individus pesant plus de 161 kg sont répartis dans des eaux avec une hauteur de la vague supérieure à 1.12 m.

• **Espadon (SWO)**

Tableau 5: résumé Statistique des couches raster espadon (SWO)

| | Lt
(cm) | Wt
(kg) | Chl a
(mg.m-3) | NO3-
(mmol.m-3) | O2
(mmol.m-3) | S
(PSU) | T
(c) | Crrntspd
(m/s) | Ht vg
(m) |
|-----------|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|
| MIN | 55.001 | 5.434 | 0.073 | 0.0066 | 205.179 | 36.643 | 15.022 | 0.274 | 0.032 |
| MAX | 131.814 | 19.970 | 0.398 | 0.526 | 246.075 | 37.887 | 27.021 | 1.682 | 0.210 |
| MEAN | 76.937 | 9.081 | 0.094 | 0.159 | 227.766 | 37.166 | 20.627 | 0.904 | 0.1139 |
| ECART TYP | 4.427 | 0.793 | 0.0126 | 0.0643 | 4.805 | 0.1819 | 1.306 | 0.170 | 0.022 |

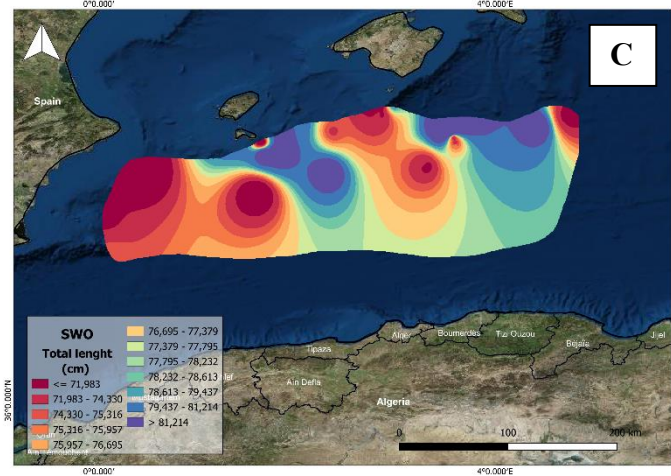
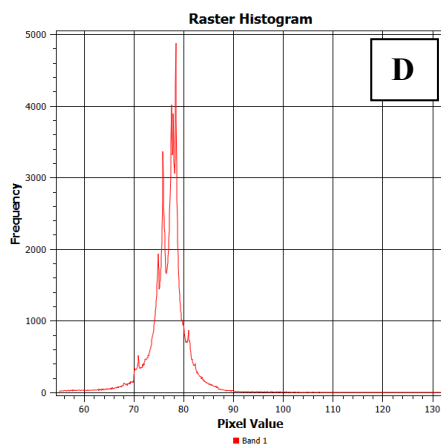
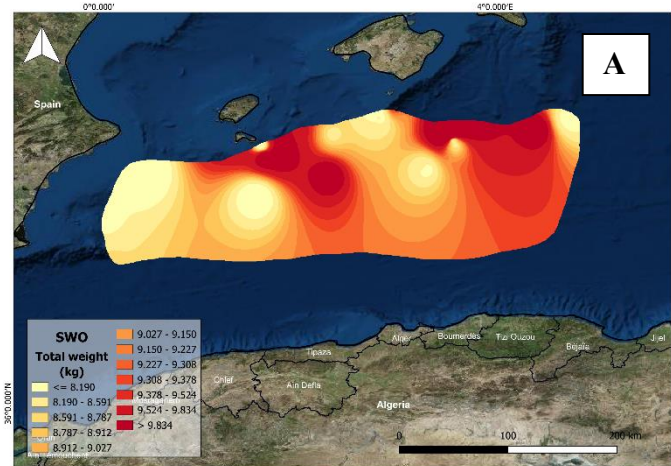
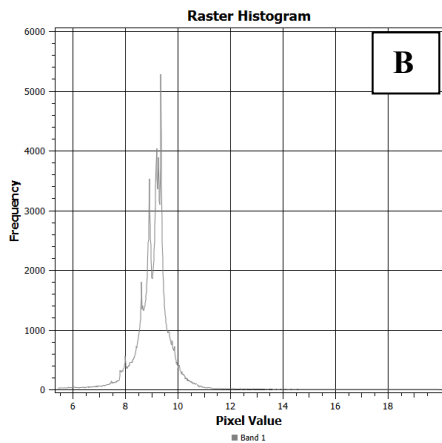


Figure 19: : Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l’Espadon SWO C : Longueur totale du l’Espadon ; et représentation de l’histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

L’histogramme raster B (Figure 21) montre les fréquences des pixels en fonction des poids totaux de l’Espadon (SWO). D’après la Figure 21.A, il est possible de conclure que la majeure partie de la zone d’étude était occupée par des individus ayant un poids total compris entre 8 et 10 kg, avec une moyenne de 9.081 kg. La partie ouest et une grande partie du centre de la zone d’étude dans

le bassin algérien sont occupées des petits individus d'un poids total faible inférieur à 9 kg. Les individus de poids supérieur à 9.15 Kg sont prédominants dans le reste de la zone d'étude du bassin. La longueur totale de l'Espadon en cm est représentée dans la Figure 21.C, et son histogramme raster associé (figure 21.D), d'après cette dernière on peut dire que la majorité de notre zone d'étude est occupée par des individus d'une longueur totale qui varie de 73 cm à 83 cm, avec une moyenne de 76.937cm. d'après les 2 cartes A et C de la figure 21, On a constaté les individus d'une longueur totale inférieure à 76cm avec un poids total inférieur à 9,15kg sont observés dans la partie extrême Ouest et une grande partie du centre de notre zone d'étude. Tandis que ceux d'une longueur totale supérieure à 76cm avec un poids total supérieur à 9,15kg se répartissent dans le reste de la zone d'étude.

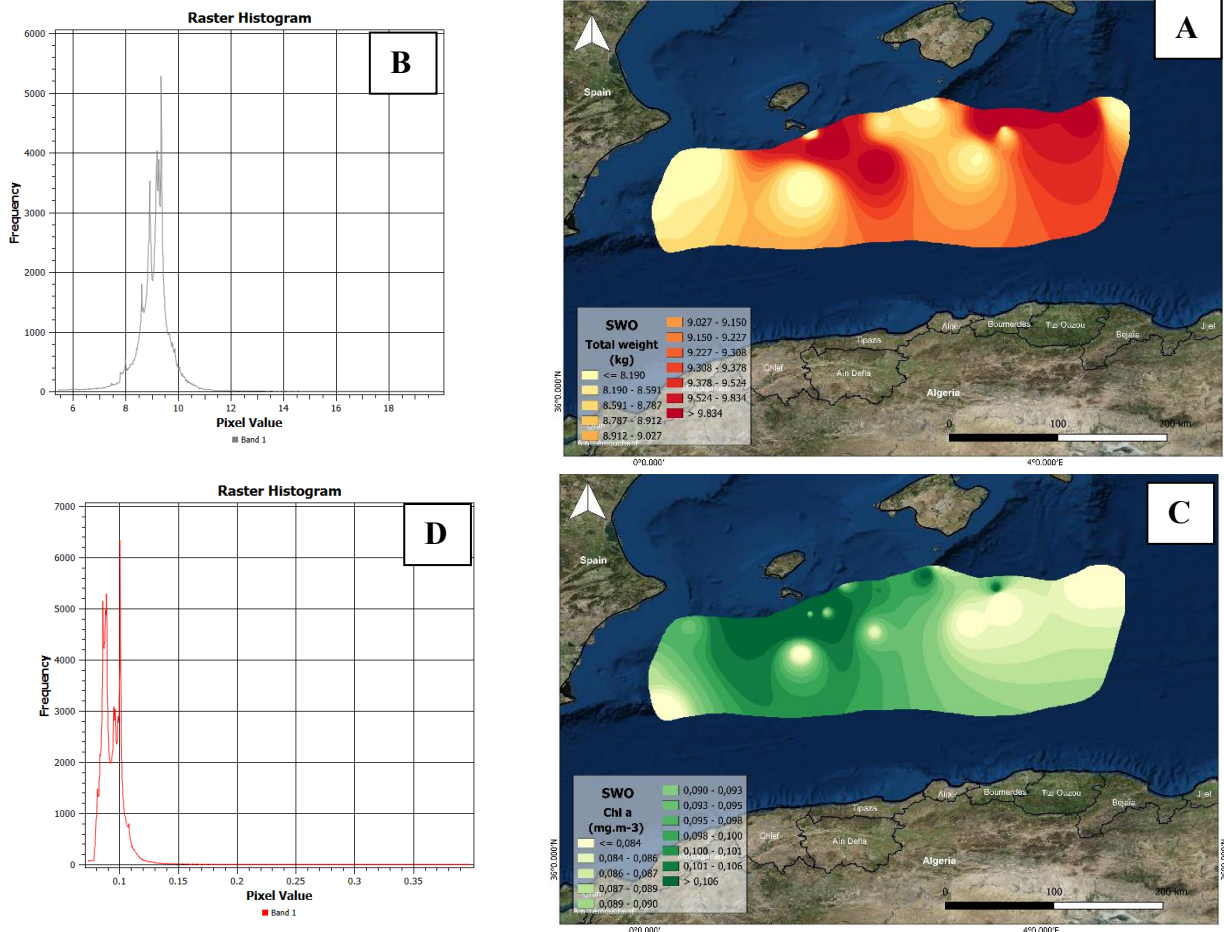


Figure 20: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La teneur en Chl-a ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Durant notre période d'étude, les concentrations dominantes en Chl-a dans les masses d'eaux de notre zone de la même espèce (SWO) varient de 0.074 mg/m^3 à 0.15 mg/m^3 (figure D.21), autour d'une moyenne de 0.094 mg/m^3 (tableau 5).

Les masses d'eaux des parties Ouest et centre de la zone d'étude sont caractérisés par des teneurs en chlorophylle qui varient de $0,09$ à $0,398 \text{ mg/m}^3$. Dans le reste de la zone d'étude, les concentrations en chlorophylle-a des masses d'eaux sont inférieure à 0.098 mg/m^3 .

Les individus d'un poids totale supérieur à 9.15 Kg ont été pêché dans les masses d'eau caractérisés par des concentrations en chl-a supérieur à 0.106 mg/m^3 . En revanche, les individus avec un poids inférieur à 9.15 Kg ont été capturer dans des eaux avec des concentrations en chl-a inférieur à 0.106 mg/m^3 .

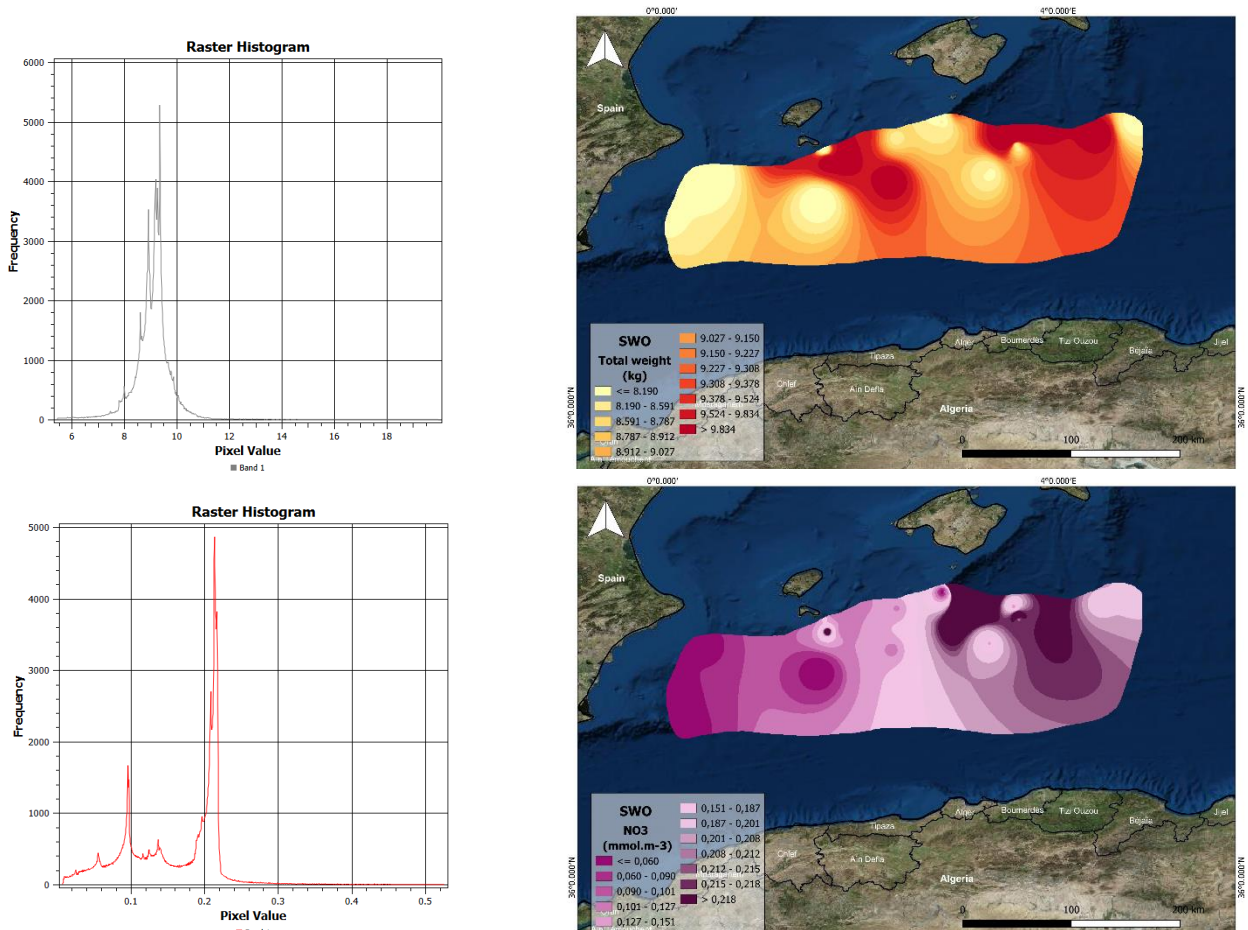


Figure 21: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La teneur en NO_3 ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La répartition spatiale des teneurs en nitrate dans la zone d'étude de l'espadon (SWO) pendant la période d'étude est illustrée dans la Figure 23. Selon l'histogramme (Figure 23. D), les valeurs dominantes des teneurs en nitrate varient entre 0.0067 mg/m^3 et 0.3 mg/m^3 autour d'une moyenne de 0.159 mg/m^3 (Tableau 5). En analysant les deux cartes A (Poids) et C (NO_3^-) de la Figure 23, il est possible de conclure que la répartition des individus ayant un poids total inférieur à 9.15 Kg correspond aux masses d'eau avec des teneurs en nitrate inférieure à $0,18 \text{ mg/m}^3$. En revanche les individus supérieurs à 9.2 kg de poids total, elles occupent des masses d'eaux caractérisés par des teneurs en nitrate supérieure à 0.20 mg/m^3 .

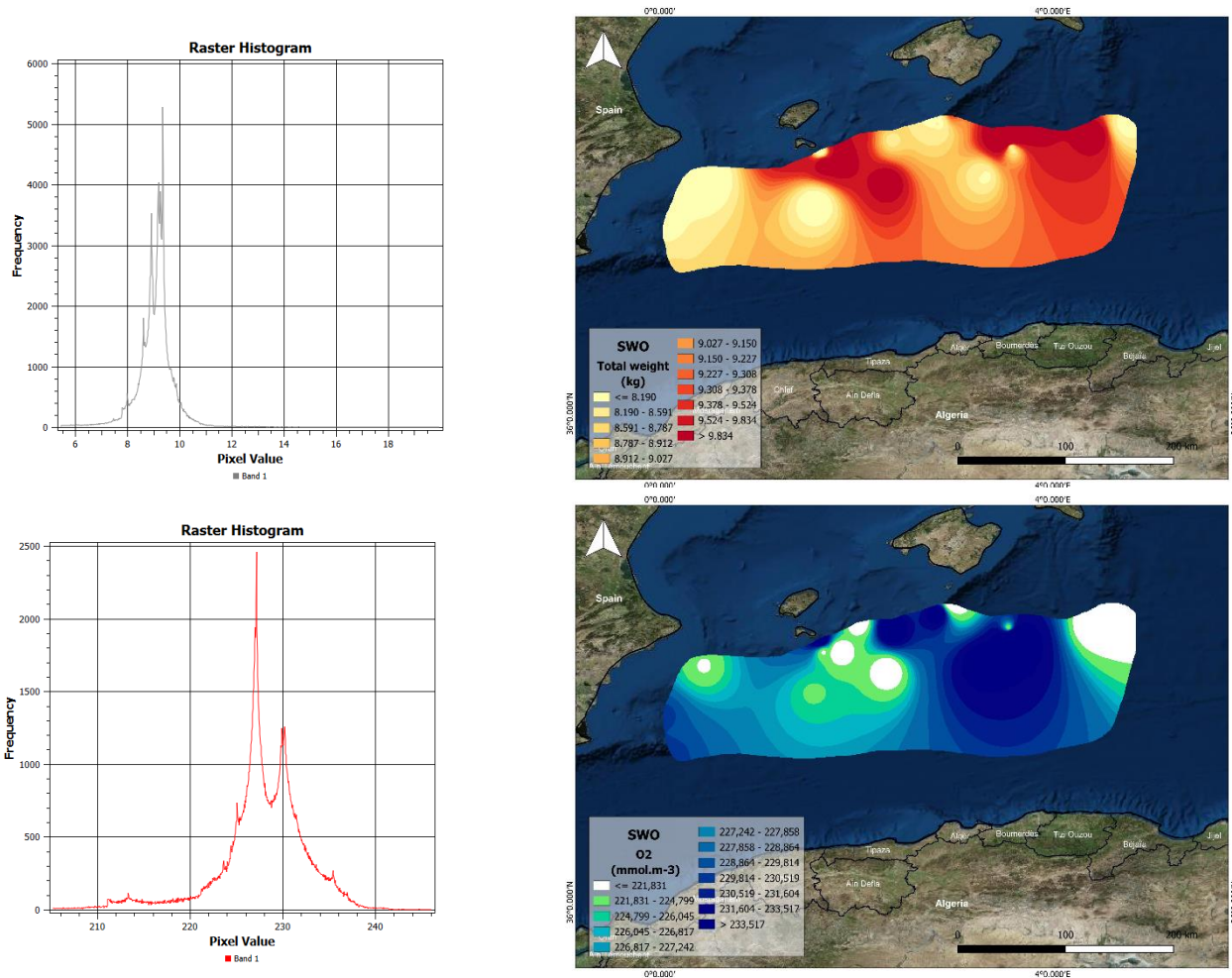


Figure 22 : Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l’Espadon SWO C : O₂ dissous ; et représentation de l’histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La variation des concentrations en O₂ dans notre zone d’étude les plus dominantes varient de 209 à 240 mmol.m⁻³ (Figure 24. D), avec une moyenne de 227.766 mmol.m⁻³ (tableau 5). La carte C illustre la répartition de ces concentrations dans la zone d’étude de l’espadon au cours de la période d’étude. En comparant les deux cartes A et C de la Figure 24, on peut observer que la répartition des individus dont le poids total est inférieur à 9.02 Kg correspond aux masses d’eau dont la teneur en O₂ est inférieure à 227.2 mmol.m⁻³. En ce qui concerne les individus ayant un poids total supérieur à 9.15 kg, Ils se répartirent dans des eaux caractérisées par des concentrations qui dépassent 228.8 mmol.m⁻³.

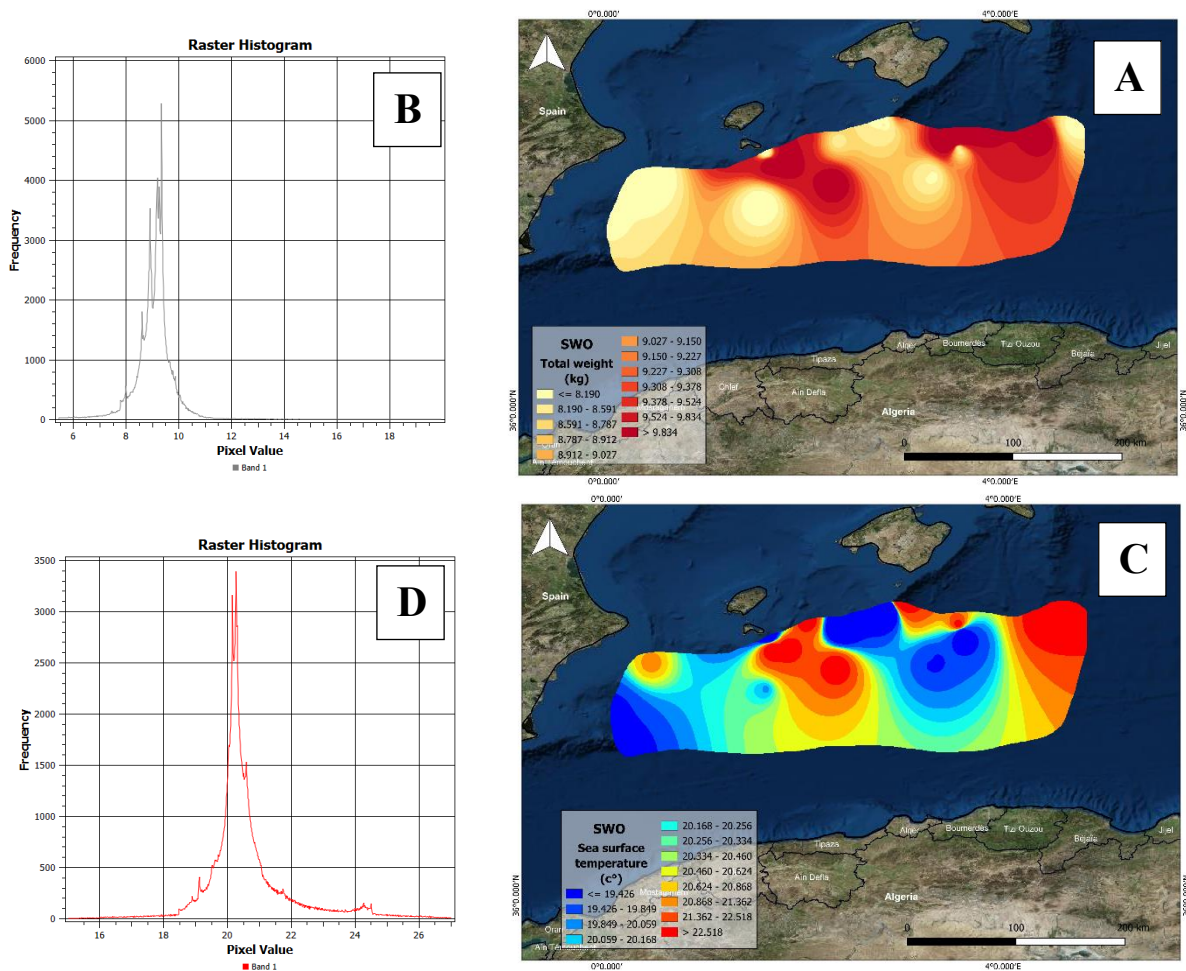


Figure 23: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l’Espadon SWO C : Température de surface ; et représentation de l’histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

D’après l’histogramme (Figure 25. D), on constate que les températures dominantes varient entre 17,4 °C et 27 °C, autour d’une moyenne de 20.627°C (tableau 5). Selon l’analyse des deux cartes A et C, les individus de l’Espadon pesant d’un poids totale supérieur à 9,2 kg sont capturés dans des masses d’eaux avec une température comprise entre 20,3°C et 22°C, tandis que les individus pesant d’un poids inférieur à 9.02 kg sont pêchés dans des masses d’eaux avec une température comprise entre 19,42°C et 20,1°C.

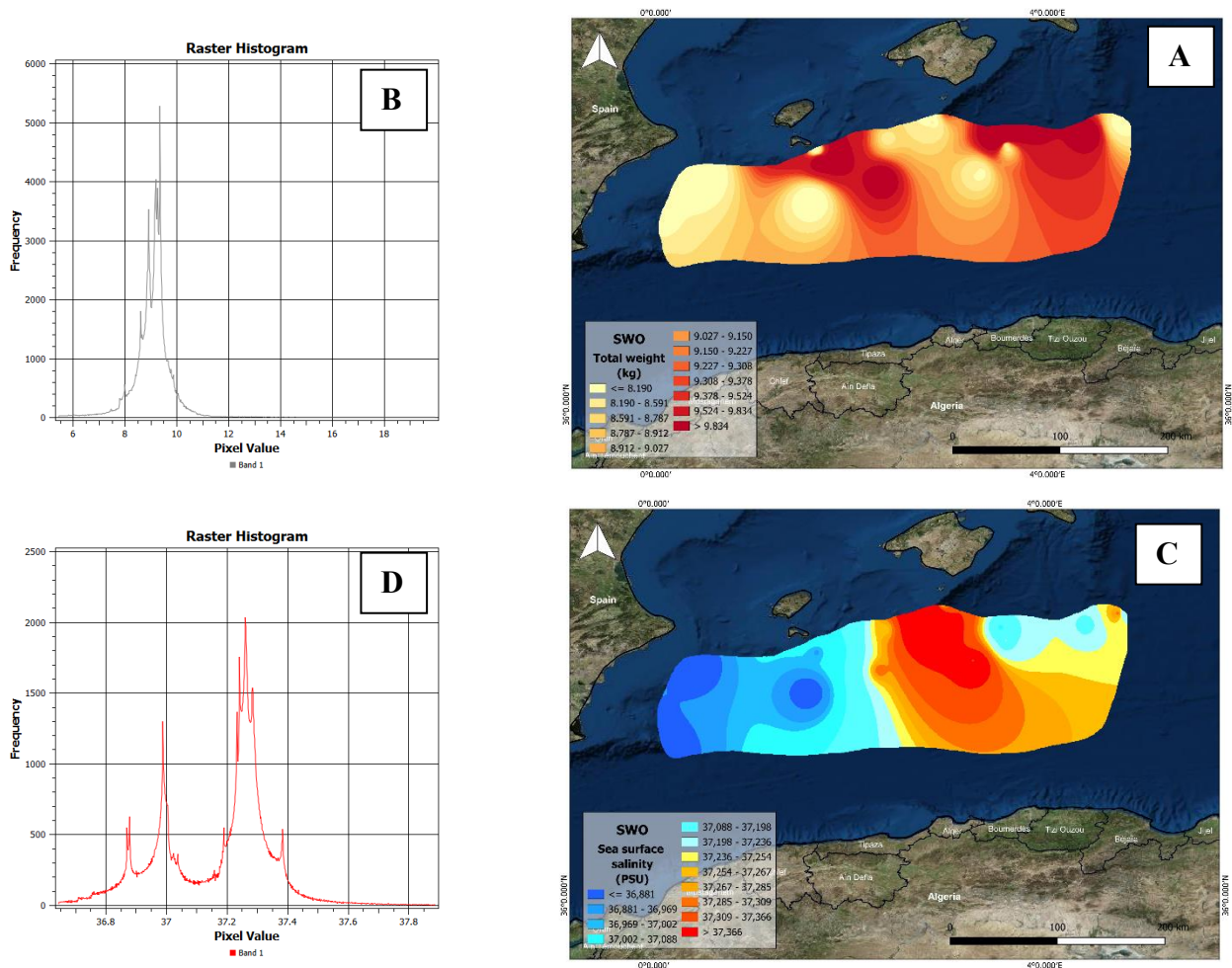


Figure 24: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : Salinité ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Des valeurs de salinité dominantes, allant de 36.6 à 37.9 PSU (Figure 26. D) sont observées dans les masses d'eaux de la zone d'étude avec une moyenne de 37.166 PSU (tableau 5). En comparant (Figure 26.C) et (Figure 26.A), il est observé que les individus d'un poids total inférieur à 9.02 kg se repèrent dans des masses d'eaux avec une salinité inférieure à 37.08 PSU, tandis que les individus d'un poids total supérieur à 9.1 kg se réparties dans des masses d'eaux avec une salinité supérieure à 37.19 PSU.

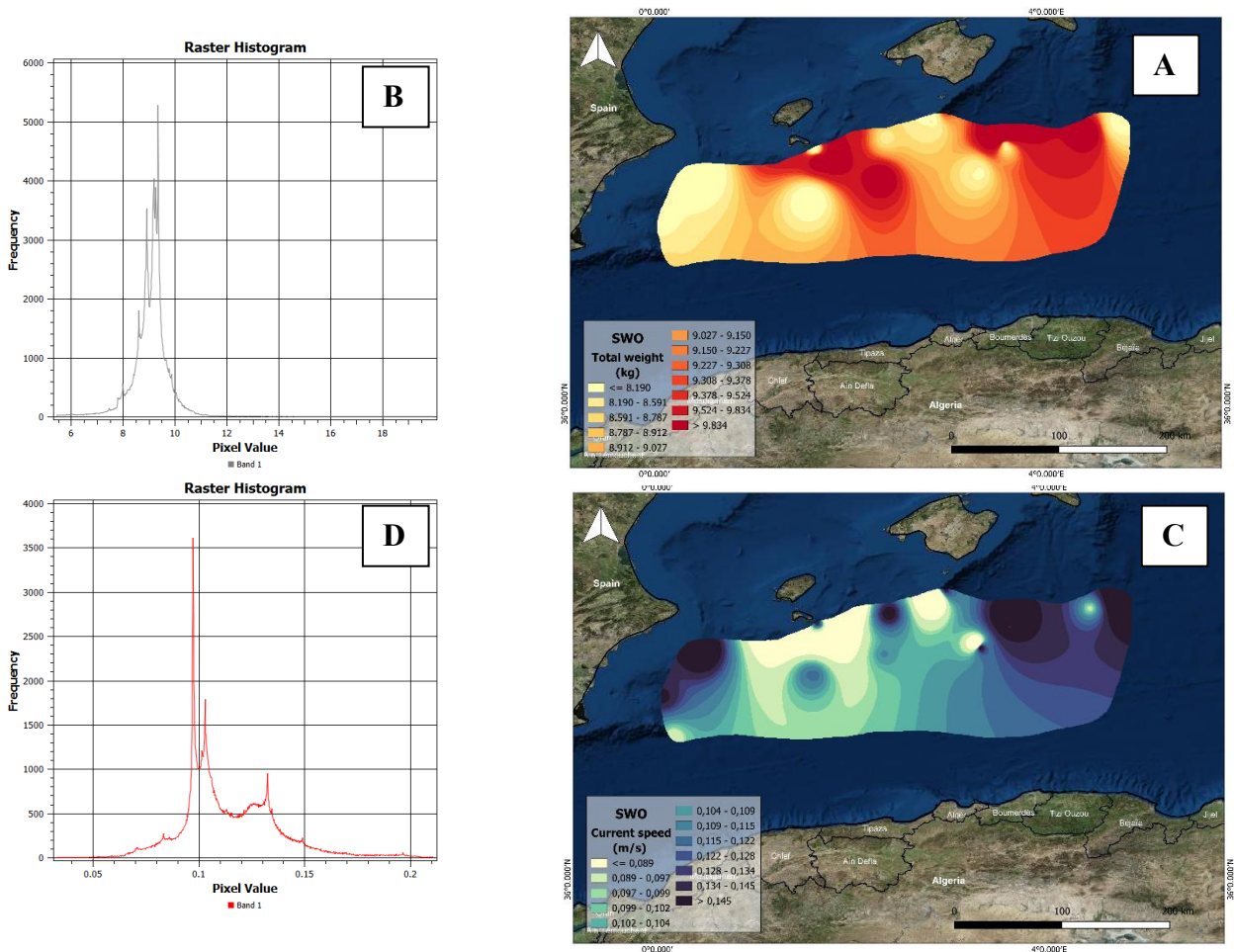


Figure 25: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La vitesse du courant ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La répartition spatiale de la vitesse du courant dans le bassin algérien pendant la période d'étude est illustrée dans la Figure 27. La vitesse des courants dominants est comprise entre 0.0654 m/s et 0.2 m/s (figure 27) autour d'une moyenne de 0.1139 m/s (tableau 5). Quand on compare la carte A et C de la figure 27, on remarque que les individus d'un poids total plus de 9.2 kg sont prédominants dans des masses d'eaux à vitesse du courant inférieure à 0.109 m/s, tandis que les individus d'un poids total moins de 9.15 kg sont réparties dans des eaux à vitesse du courant supérieure à 0,115 m/s.

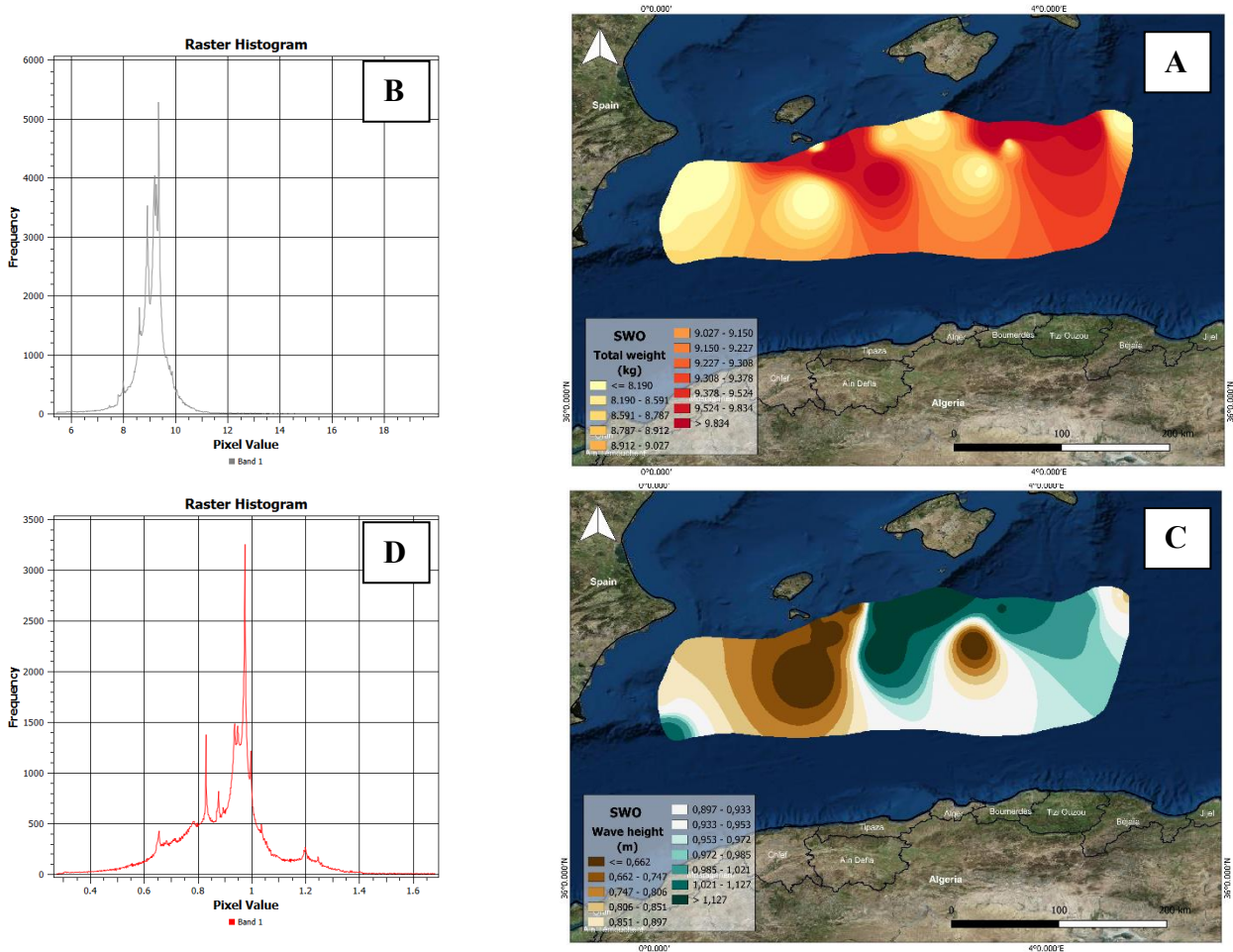


Figure 26: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total de l'Espadon SWO C : La hauteur de la vague ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Selon l'histogramme (Figure 28. D), la hauteur des vagues varie de 0,403 m à 1,4 m autour d'une moyenne de 0.904 m (tableau 5). La représentation spatiale de ces hauteurs significatives est illustrée sur la carte C. On remarque une légère agitation dans la région Ouest de notre zone d'étude, avec une hauteur des vagues inférieure à 0,933 m. Par ailleurs, dans le large des régions Centre et Est de notre zone d'étude on remarque une forte agitation, avec une hauteur importante supérieur à 0,953m. En comparant la carte A et C de la figure 28, On remarque que les individus de 8 kg jusqu'à 9.15 kg occupent les masses d'eaux légèrement agitées avec une hauteur de la vague inférieure à 0,953 m, tandis que les individus de plus de 9,227 kg sont répartis dans des eaux réparties dans des eaux avec une hauteur de la vague supérieur à 0.972 m.

Thon germon (ALB)

Tableau 6: résumé Statistique des couches raster du thon germon (ALB)

| | Lt | Wt | Chl a | NO3- | O2 | S | T | Crrntspd | Ht vg |
|-----------|---------|--------|----------|------------|------------|--------|--------|----------|--------|
| | (cm) | (kg) | (mg.m-3) | (mmol.m-3) | (mmol.m-3) | (PSU) | (c) | (m/s) | (m) |
| MIN | 35.011 | 0.586 | 0.0752 | 0.0066 | 204.725 | 36.730 | 20.464 | 0.232 | 0.0166 |
| MAX | 103.802 | 17.060 | 0.1875 | 3.111 | 235.059 | 37.988 | 26.923 | 2.151 | 0.334 |
| MEAN | 72.151 | 6.114 | 0.0842 | 0.159 | 219.352 | 37.269 | 23.992 | 0.824 | 0.125 |
| ECART TYP | 6.995 | 1.483 | 0.0025 | 0.0728 | 3.888 | 0.1068 | 1.222 | 0.2 | 0.02 |

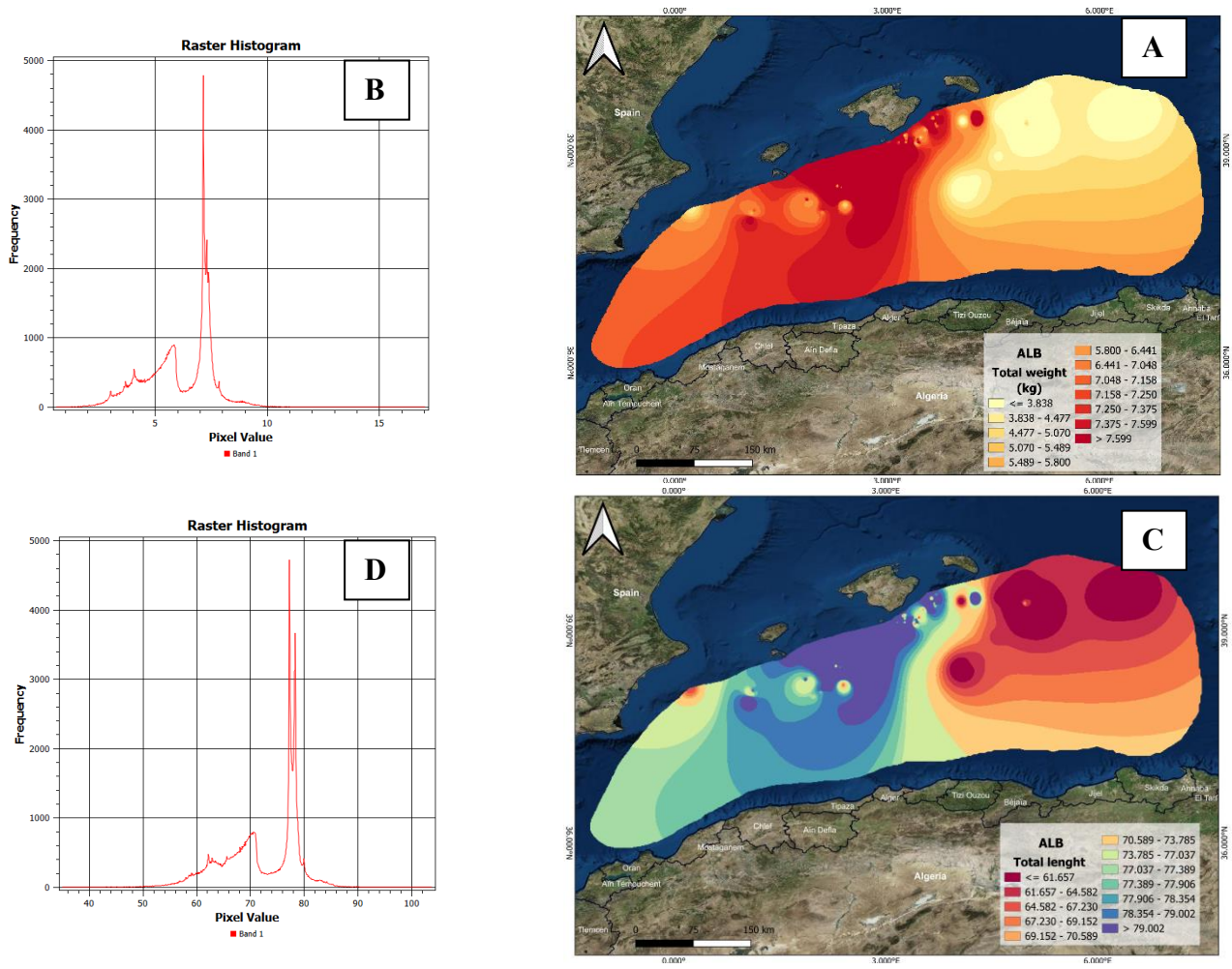


Figure 27: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : La longueur totale ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La Figure 30 nous a permis de dire que la majorité de la zone d'étude était occupée par des individus pesant entre 2,4 kg et 17,51 kg (histogramme D), autour d'une moyenne de 6.114kg (tableau6). L'Ouest et le centre du bassin algérien sont occupés par des individus du poids total supérieur à 7kg. Le poids total du thon germon dans les eaux de large de la partie Est de la zone d'étude est inférieur à 6,41 kg. La Figure 30.C présente la taille totale du thon germon en cm, la

Figure 30.D présente son histogramme raster associé, qui représente la fréquence en fonction des valeurs de la taille totale. D'après cette dernière on peut dire que la majorité de notre zone d'étude est occupés par des individus d'une longueur totale qui varie de 50 cm à 88,3 cm, avec une moyenne de 72.151cm. D'après les 2 cartes A et C de la figures 30, On a constaté les individus d'une longueur totale inférieur à 73.78 cm avec un poids totale inférieur à 7 kg sont observés dans la partie extrême Est et une partie du centre de notre zone d'étude. Tandis que ceux d'une longueur totale supérieure à 73.78 cm avec un poids totale supérieur à 7kg se réparties dans la partie Ouest de la zone d'étude.

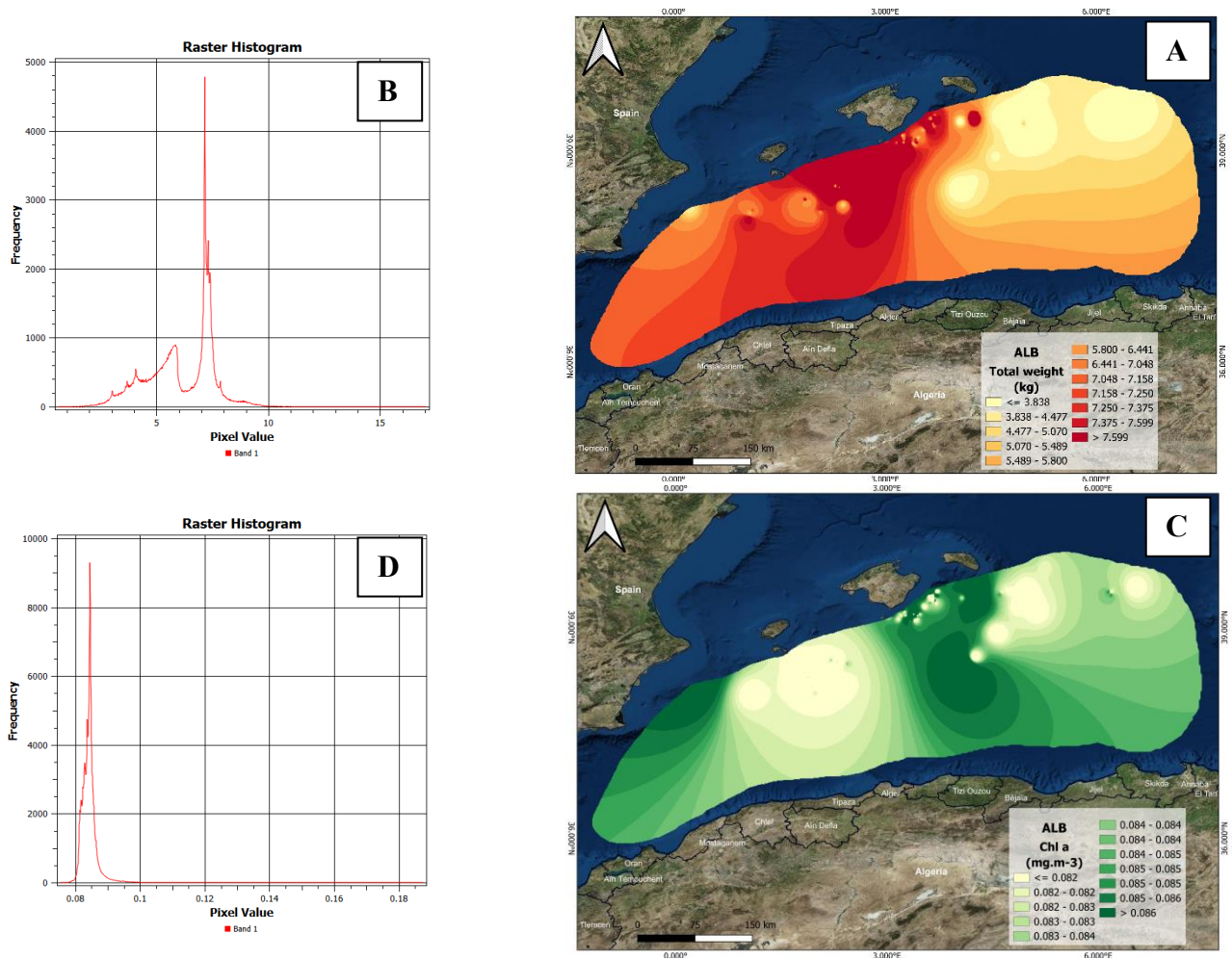


Figure 28: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : La teneur en Chlorophylle-a ; et représentation de l'historgramme raster associé à chaque carte (B et D).

L'analyse de l'historgramme Raster D de la figure 31 montre une variation de concentrations en Chl-a dans notre zone d'étude de $0,074 \text{ mg/m}^3$ à $0,15 \text{ mg/m}^3$ avec une moyenne de $0,0842 \text{ mg/m}^3$ (tableau 6). La carte C montre que la concentration de chlorophylle dans le large des régions Ouest et une partie du centre de notre zone d'étude supérieure à $0,084 \text{ mg/m}^3$. Dans le reste de la zone d'étude la teneur en chlorophylle-a est inférieure à $0,083 \text{ mg/m}^3$. Les cartes A et C montre le rapport entre le poids total du Thon germon et les teneurs en chlorophylle-a présente. On constate que les individus d'un poids total inférieur à 7 kg se trouvent dans les masses d'eau avec les concentrations en chlorophylle-a inférieure à $0,083 \text{ mg/m}^3$. D'autre part, la zone où sont présents des individus d'un poids totale supérieur à 7 kg est associée à des niveaux de teneurs en chlorophylle-a supérieure à $0,086 \text{ mg/m}^3$.

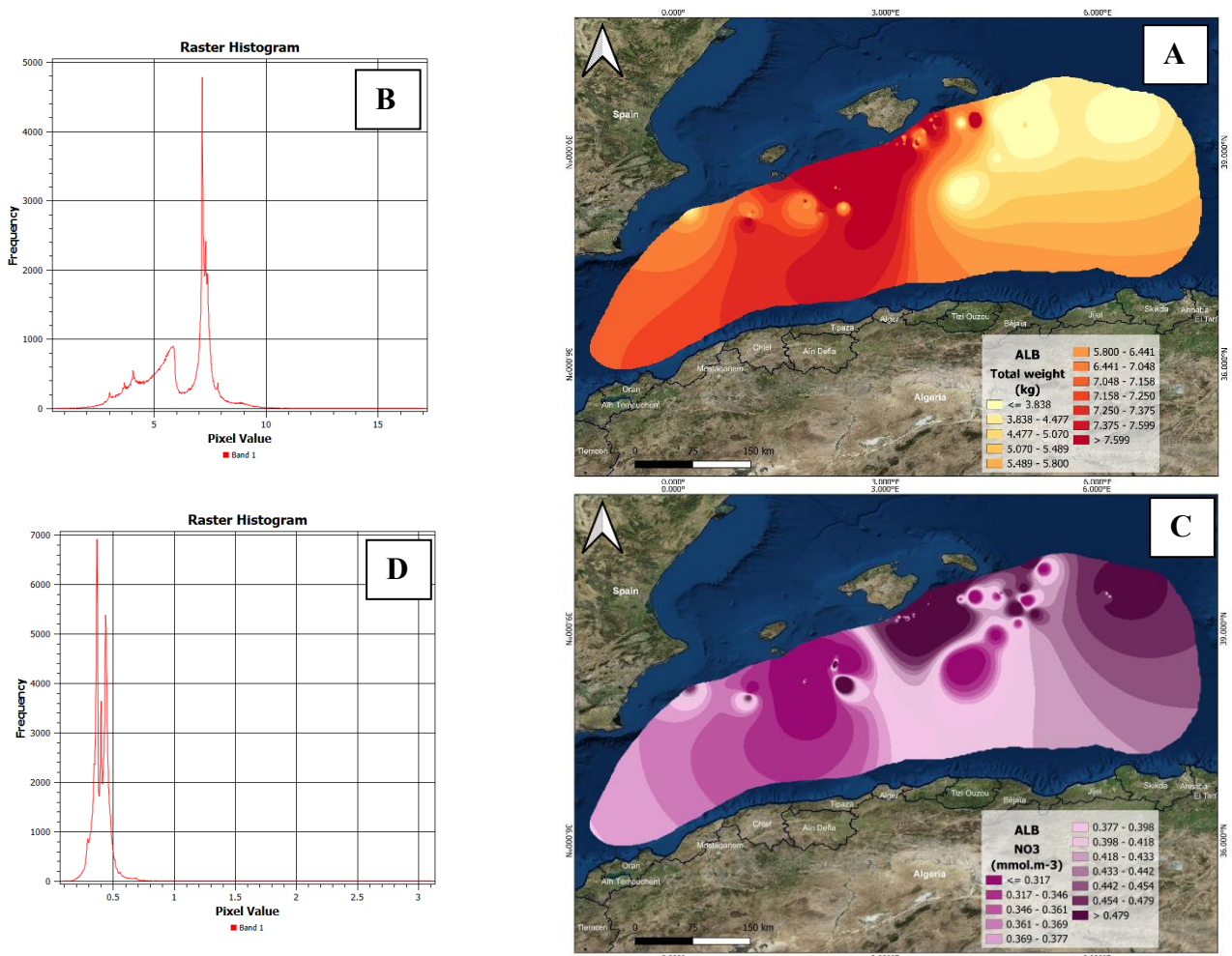


Figure 29: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB ; La teneur NO_3^- ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La Figure 32 présente la distribution spatiale des nitrates dans le bassin algérien pendant la période d'étude. D'après l'histogramme (Figure 32. D), les teneurs en nitrate dominante varient de 0.138 mg/m^3 à 1.130 mg/m^3 , autour d'une moyenne de 0.159 mg/m^3 (tableau 6). Les cartes A (Poids) et C (NO_3^-) de la Figure 32 indiquent que la distribution des individus ayant un poids total inférieur à $6,41 \text{ kg}$ correspond aux masses d'eau avec des teneurs en nitrate supérieure à $0,418 \text{ mg/m}^3$. Par contre les individus ayant un poids total supérieur à $7,048 \text{ kg}$, ils se trouvent dans des eaux avec des teneurs en nitrate inférieure à $0,377 \text{ mg/m}^3$.

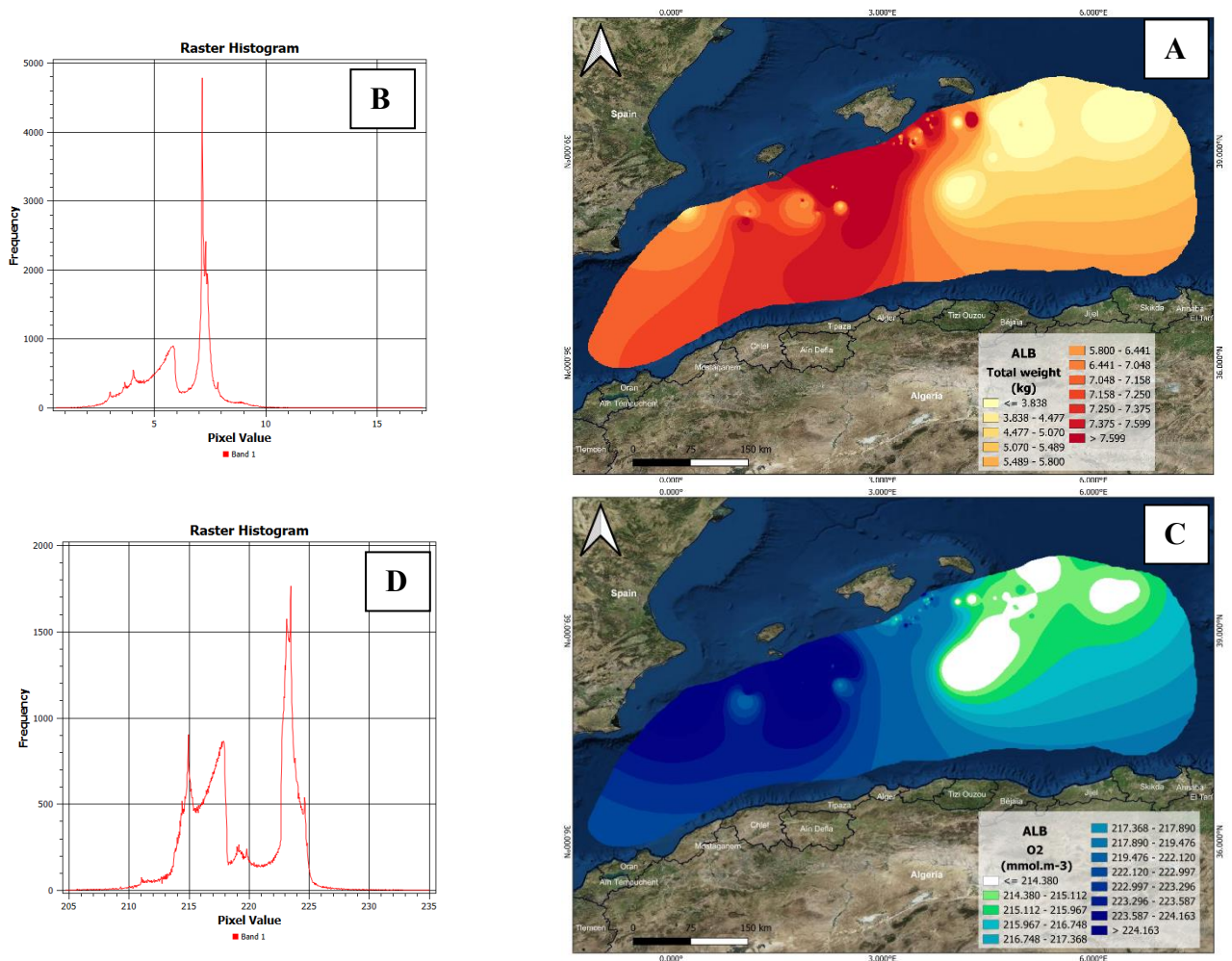


Figure 30: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB ; O₂ dissous ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Notre zone d'étude présente une variation des concentrations en O₂, avec des valeurs dominantes de 204,73 à 232.83 mmol.m⁻³ autour d'une moyenne de 219.352 mmol.m⁻³ (tableau 6). La répartition de ces concentrations pendant la période d'étude est représentée par la carte C de la Figure 33. La présence d'oxygène dans les régions du centre et de l'Ouest est marquée par des niveaux d'oxygène supérieurs à 219,476 mmol.m⁻³. D'autre part, dans la région Est, les concentrations d'oxygène dissous sont inférieures à 217,368 mmol/m⁻³. En analysant les deux cartes A et C de la Figure 33, on constate que la distribution des individus dont le poids total est inférieur à 6.44 Kg correspond aux masses d'eau dont la teneur en O₂ est inférieure à 217.368 mmol.m⁻³. En ce qui concerne les individus d'un poids totale supérieur à 7.048 kg se trouvent dans des masses d'eaux où les teneurs en O₂ dissous sont supérieurs à 219,476 mmol.m⁻³

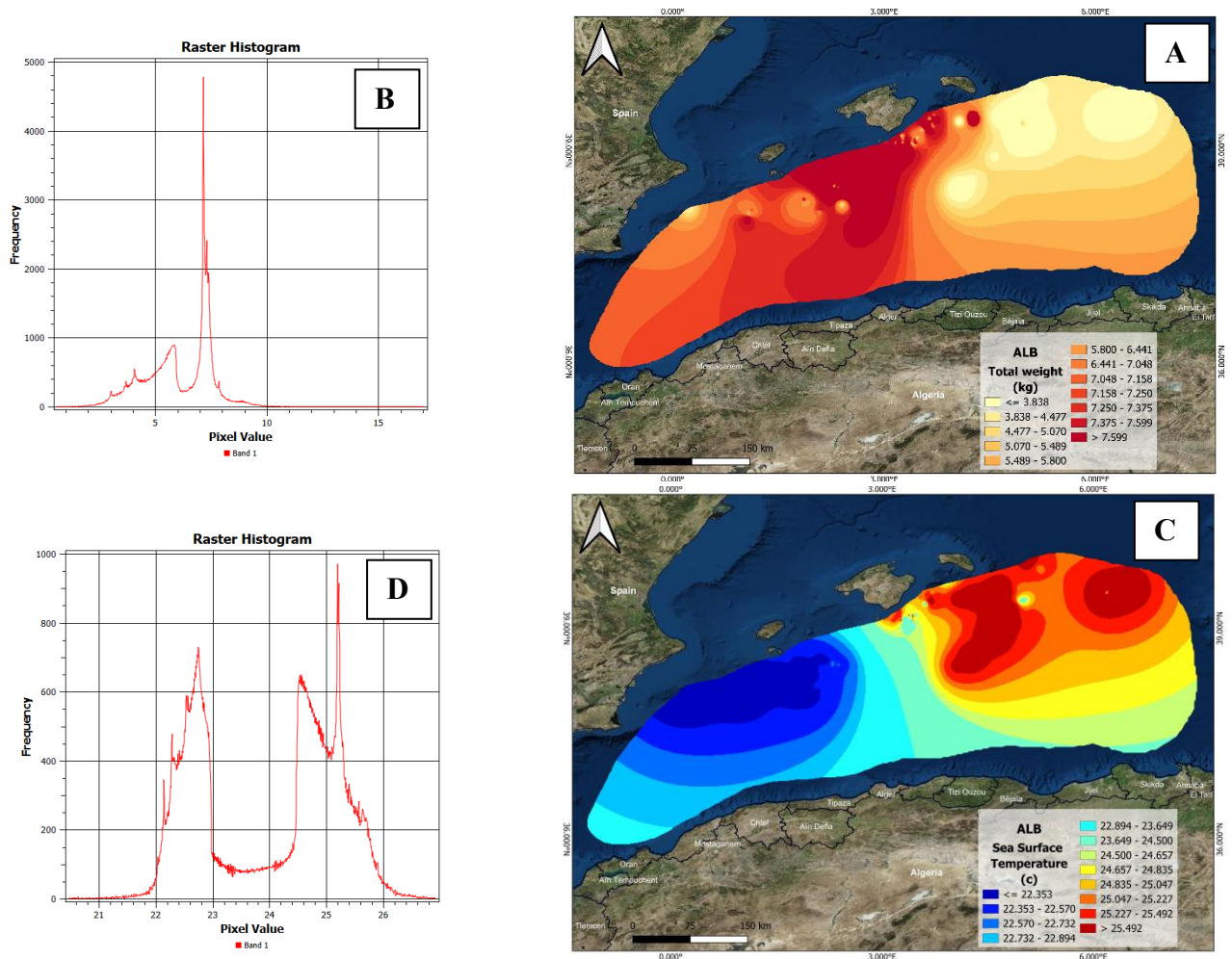


Figure 31: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : Température de surface ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

L'histogramme (Figure 34. D) montre que les températures dominantes dans notre zone d'étude pendant la période d'étude étaient de 21 °C à 26,9 °C, autour d'une moyenne de 23,9°C (tableau 6). On compare les cartes A et C de la figure 34 on constate que les individus du thon Germon d'un poids total supérieurs à 7.048 kg se trouvent dans des masses d'eaux à une température inférieure à 23.649 °C, tandis que ceux d'un poids totale inférieure à 6.441 kg se trouvent dans les masses d'eaux dont une température supérieure à 23,649°C.

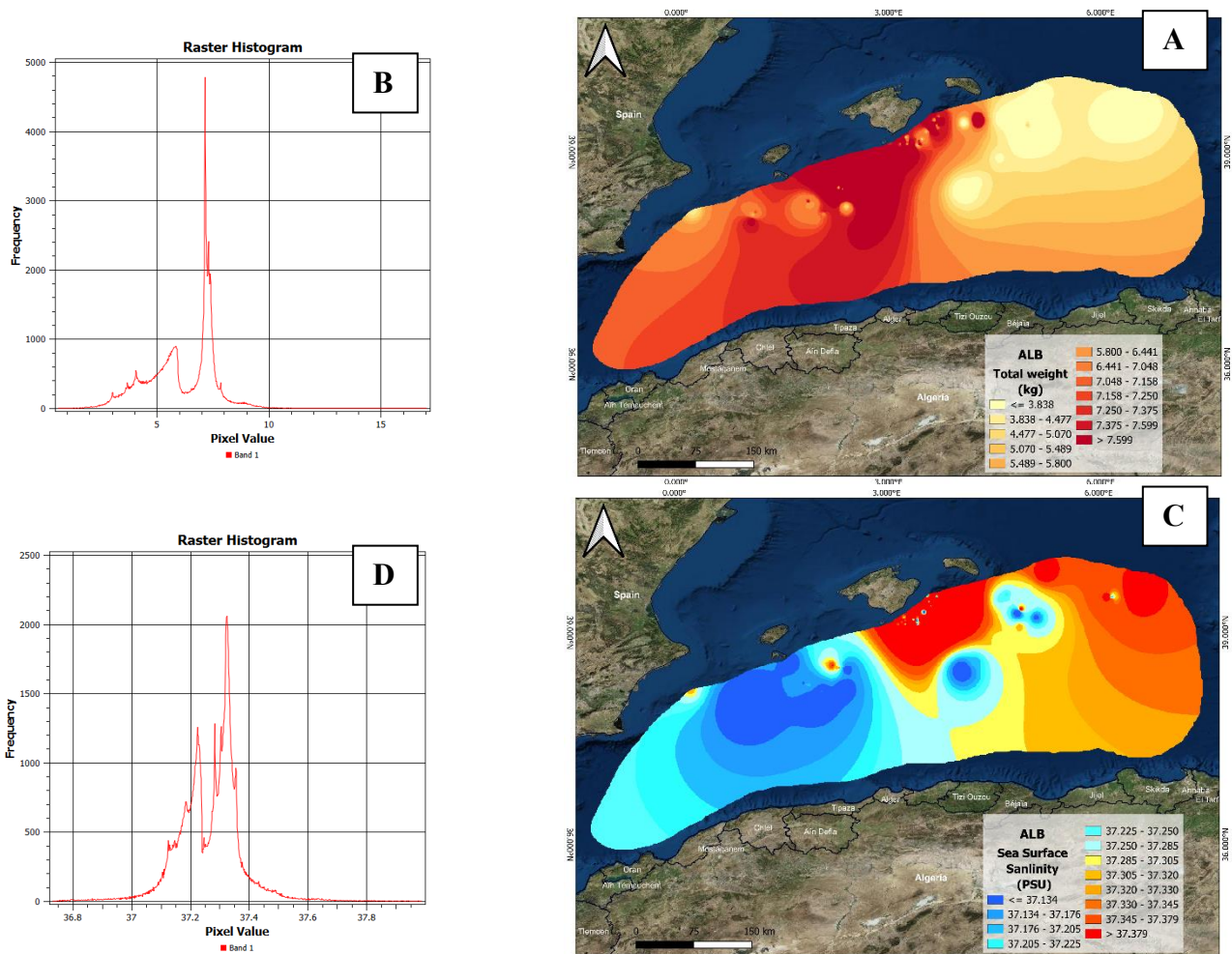


Figure 32: Répartition spatiale des paramètres dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : Salinité ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La figure 35 représente les variations de salinité dans notre zone d'étude pendant la période d'étude allant de 36,73 à 37,39 PSU (figure 35. D), avec une moyenne de 37.2PSU (tableau 6). En analysant (Figure 35.C) et (Figure 35.A), on constate que les individus d'un poids totale inférieur à 6.441 kg occupent les masses d'eaux ayant une salinité supérieure à 37,250 PSU. Alors que les individus d'un poids totale supérieur à 7,048 kg se trouvent dans les masses d'eau dont la salinité est inférieure à 37,225 PSU.

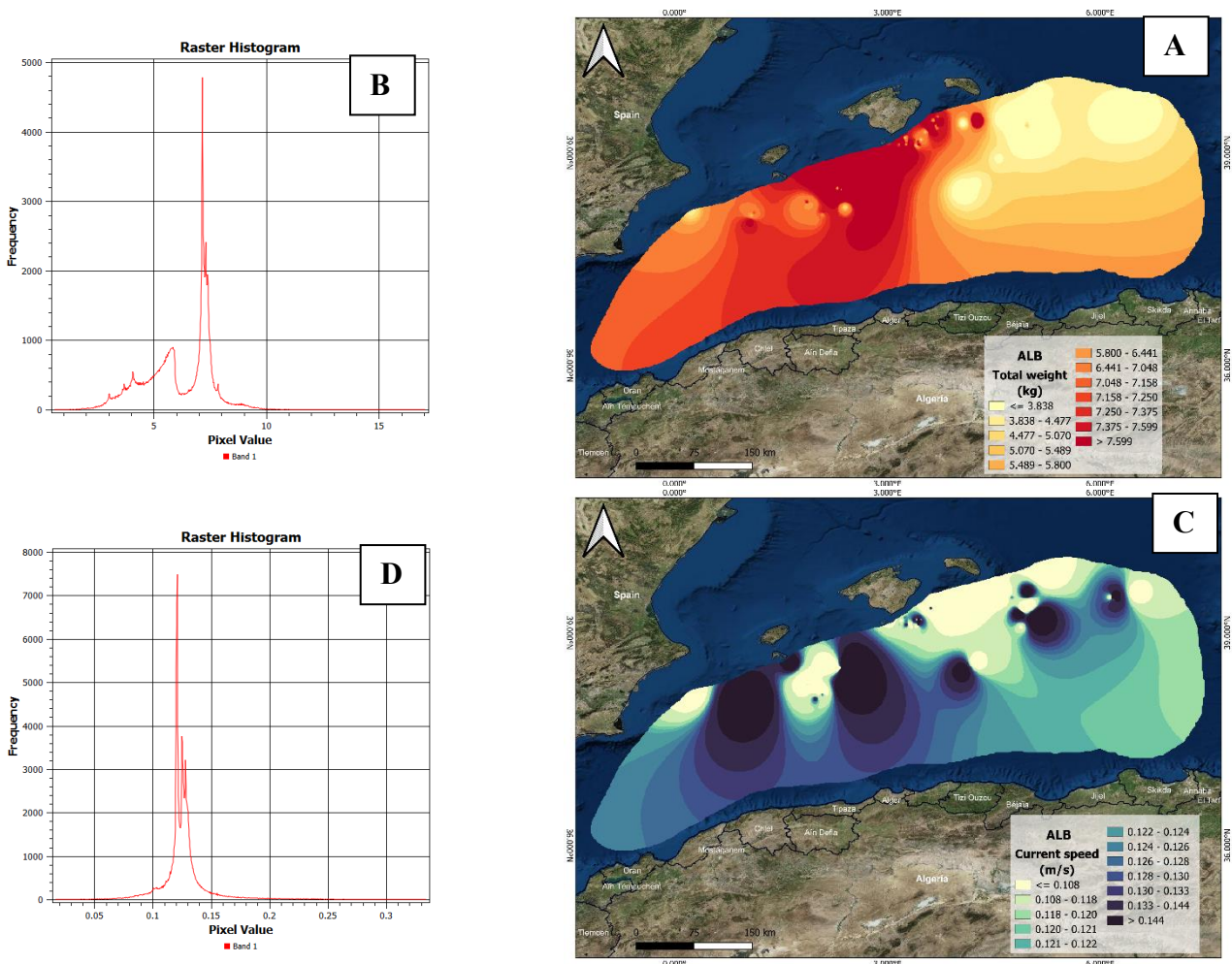


Figure 33: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin algérien A : Poids total du Thon Germon ALB : vitesse des courants ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

La Figure 36 présente la répartition spatiale de la vitesse du courant dans le bassin algérien pendant la période d'étude. Selon l'histogramme (Figure 36. D), la vitesse des courants dominants varie de 0,0535 m/s à 0,25 m/s autour d'une moyenne de 0.824 m/s (tableau 6). La répartition spatiale de la vitesse de courant est illustrée sur la carte C, On constate que la vitesse du courant dans le large des régions du centre et Ouest est supérieure à 0,126 m/s tandis que la vitesse des courants est inférieure à 0,126 m/s dans le reste de la zone d'étude. Lorsqu'on compare la carte A et C de la figure 36, on constate que les individus de plus de 6,441 kg de poids total sont majoritaires dans les eaux à vitesse du courant supérieure à 0,124 m/s, tandis que les individus de moins de 5,8 kg sont réparties dans des eaux à vitesse du courant inférieure à 0,121 m/s.

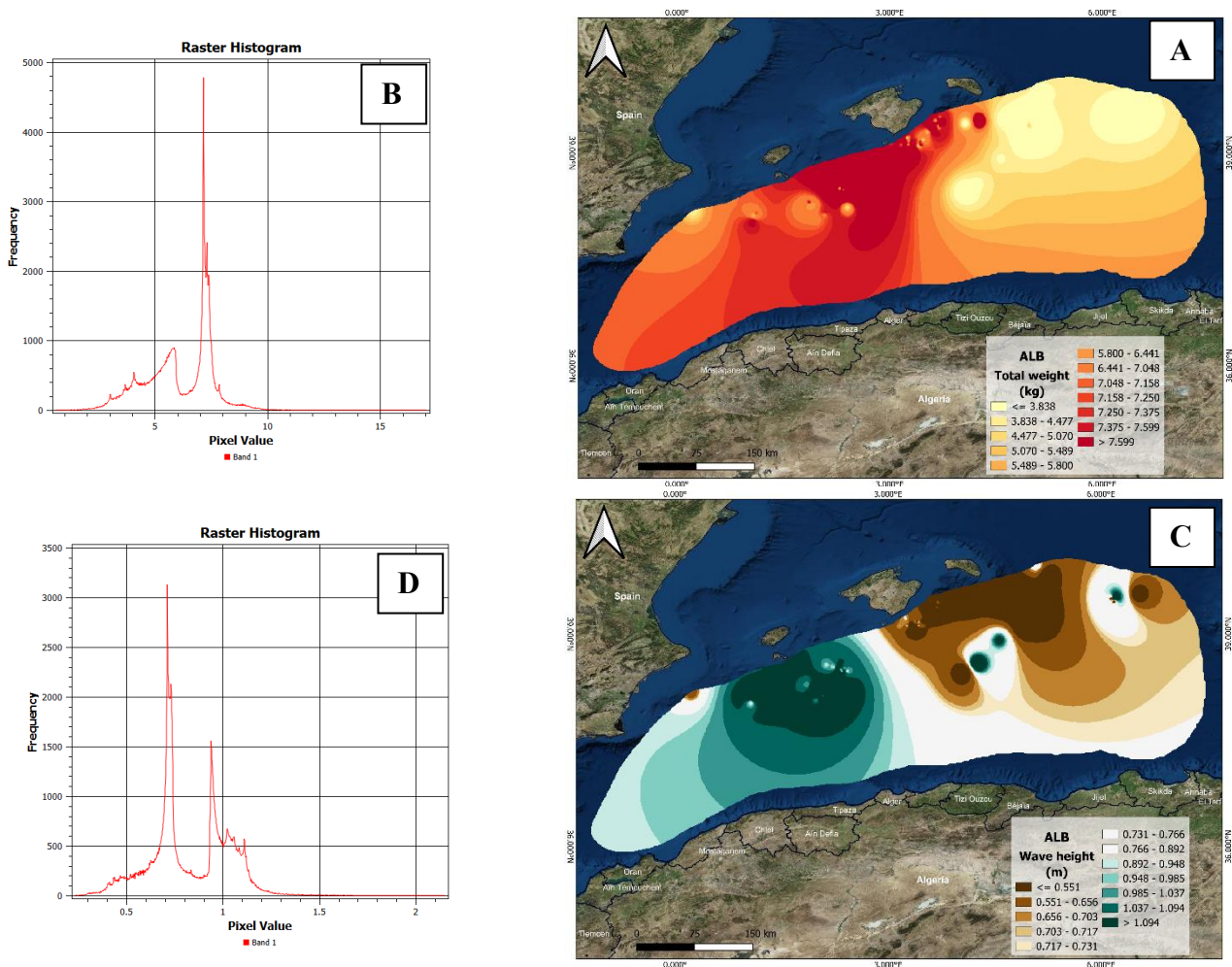


Figure 34: Répartition spatiale des paramètres étudiés dans le bassin A : Poids total du Thon Germon ALB : hauteur des vagues ; et représentation de l'histogramme raster associé à chaque carte (B et D).

Les valeurs dominantes de la hauteur des vagues dans notre zone d'étude pendant cette période d'étude varient de 0,402 m à 1,5 m comme le montre l'histogramme (Figure 37. D) et autour d'une moyenne de 0,824 m (tableau 6). La carte C présente la représentation spatiale de ces hauteurs importantes. La région Ouest présente une légère agitation, avec une hauteur importante allant de 0,892 m à 1,037 m. De plus, le large de la région Centre est extrêmement agité, avec des vagues très élevées dépassant 1,127 m. Alors que la hauteur des vagues des eaux de la région Est inférieure à 0,731 m.

La carte A et C de la figure 37 montrent que les individus d'un poids totale inférieure à 7.375 kg sont répartis dans des eaux légèrement agitées avec une vague inférieure à 1.037 m, tandis que les individus d'un poids totale supérieur à 7.599 kg sont répartis dans des eaux en haute mer et se trouvent dans des eaux fortement agitées avec une vague supérieure à 1.094 m. Quant aux petits

individus de moins de 5 kg, ils apparaissent dans les eaux calmes avec une hauteur des vagues inférieure à 0,717m.

3. Modélisation

3.1 Modélisation descriptive

3.1.1 L'analyse en composantes principales

Nous avons pu extraire de nombreuses informations intéressantes de l'ensemble des données collectées grâce à l'analyse en composantes principales.

- **Thon rouge (BFT)**

Tableau 7: Valeurs propres. (BFT)

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Valeur propre | 4,335 | 1,743 | 1,595 | 0,612 | 0,341 | 0,202 | 0,079 | 0,062 | 0,030 |
| Variabilité (%) | 48,169 | 19,369 | 17,724 | 6,801 | 3,790 | 2,245 | 0,874 | 0,692 | 0,336 |
| % cumulé | 48,169 | 67,538 | 85,262 | 92,063 | 95,853 | 98,098 | 98,972 | 99,664 | 100,000 |

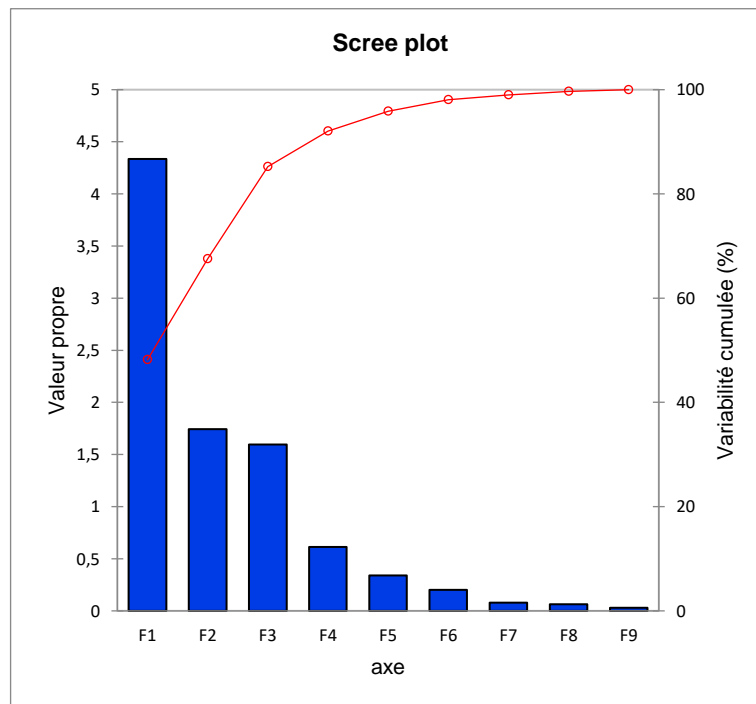


Figure 35: Visualisation des données avec facteur. (BFT)

Selon le tableau 7 et la figure 39, il a été observé que F1, F2 et F3 sont les deux composantes principales, car elles représentent respectivement un pourcentage d'inertie de 48.169% ,19.369 %

et 17,724 %. De plus, les deux éléments constituent le plan de représentation graphique le plus efficace, avec un taux d'inertie de 85,262 %.

Tableau 8: Matrice de corrélation du thon rouge (BFT).

| Variables | Lt | Wt | CHL | NO3- | O2 | S | T | Crrtspd | HtVg |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lt | 1 | 0,886 | -0,221 | -0,842 | 0,365 | -0,523 | -0,628 | -0,080 | 0,706 |
| Wt | 0,886 | 1 | -0,328 | -0,835 | 0,405 | -0,493 | -0,656 | -0,032 | 0,689 |
| CHL | -0,221 | -0,328 | 1 | 0,267 | 0,508 | 0,002 | 0,221 | -0,197 | -0,496 |
| NO3- | -0,842 | -0,835 | 0,267 | 1 | -0,258 | 0,590 | 0,498 | -0,060 | -0,473 |
| O2 | 0,365 | 0,405 | 0,508 | -0,258 | 1 | -0,309 | -0,286 | -0,065 | 0,062 |
| S | -0,523 | -0,493 | 0,002 | 0,590 | -0,309 | 1 | 0,360 | -0,689 | -0,149 |
| T | -0,628 | -0,656 | 0,221 | 0,498 | -0,286 | 0,360 | 1 | 0,088 | -0,755 |
| Crrtspd | -0,080 | -0,032 | -0,197 | -0,060 | -0,065 | -0,689 | 0,088 | 1 | -0,230 |
| HtVg | 0,706 | 0,689 | -0,496 | -0,473 | 0,062 | -0,149 | -0,755 | -0,230 | 1 |

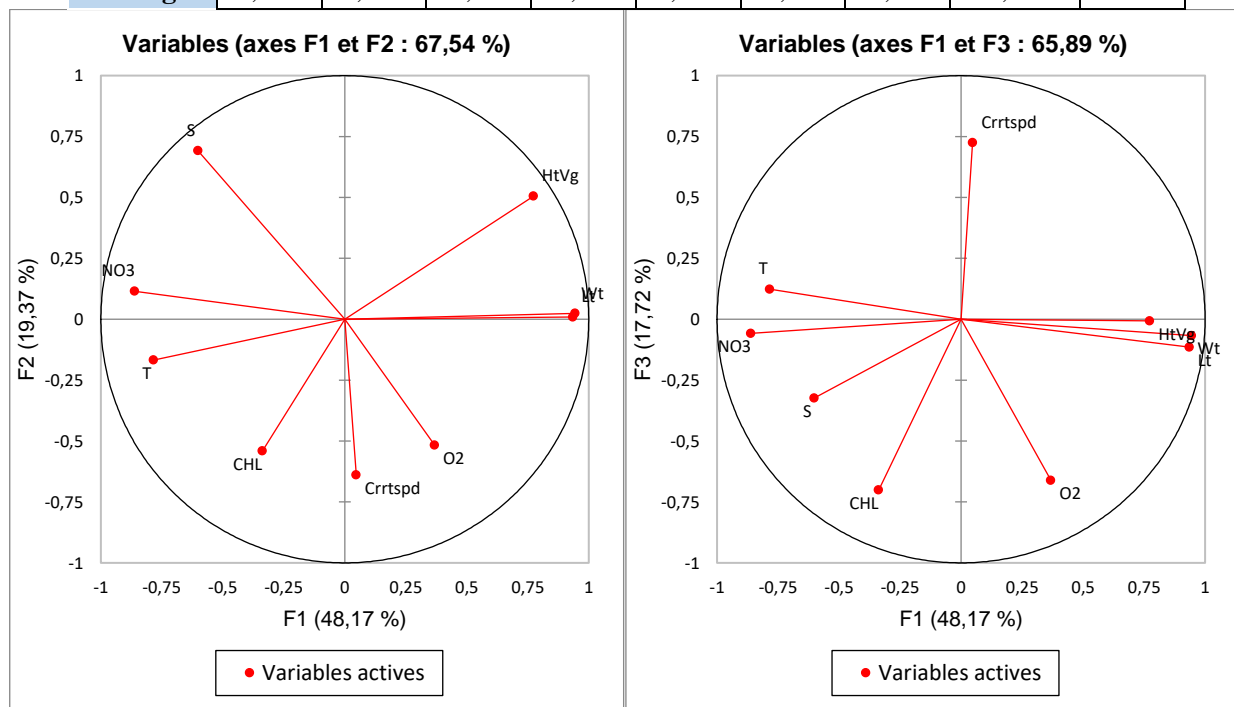


Figure 36: Cercle de corrélation entre les variables. (BFT)

Le cercle de corrélation représente visuellement la relation entre les variables d'un ensemble de données, en analysant les liens entre elles. Une corrélation forte est observée entre la longueur totale (Lt) et le poids total (Wt) ainsi qu'avec les paramètres suivants les nitrates (NO₃-), la hauteur des vagues (Htvg), la température (T) et la salinité (S) avec des coefficients de corrélation respectivement ($r=-0.842$, $r=0.706$, $r=-0.628$, et $r=-0.523$) (tableau 8). Par contre avec le reste des paramètres tel que d'oxygène dissous (O₂), la concentration de chl-a et la vitesse des courants (Crrtspd) est peu significative, avec un coefficient de corrélation respectivement de ($r=0,365$, $r=-0,221$ et $r=-0.080$).

- Espadon (SWO)

Tableau 9: Valeurs propres. (SWO)

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Valeur propre | 4,480 | 1,506 | 1,363 | 0,918 | 0,584 | 0,149 |
| Variabilité (%) | 49,774 | 16,734 | 15,139 | 10,200 | 6,494 | 1,659 |
| % cumulé | 49,774 | 66,508 | 81,647 | 91,847 | 98,341 | 100,000 |

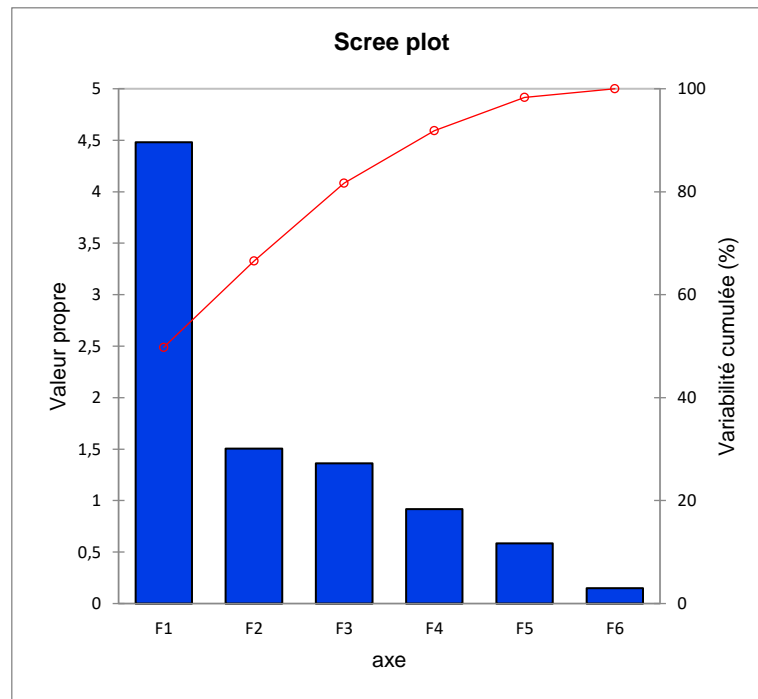


Figure 37: Visualisation des données avec facteur. (SWO)

Selon le tableau 8 et la figure 41, les facteurs : F1, F2 et F3 sont les composantes principales, car elles représentent respectivement un pourcentage d'inertie de 49,774%, 16,734 % et 15,139 %. De plus, les facteurs représentent les deux meilleurs plan (F1 et F2) et (F1 et F3)

Tableau 10: Matrice de corrélation de l'Espadon (SWO)

| Variables | Lt | Wt | CHL | NO3- | O2 | S | T | Crrtspd | HtVg |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Lt | 1 | 0,996 | -0,199 | 0,105 | -0,480 | -0,090 | 0,740 | 0,721 | 0,237 |
| Wt | 0,996 | 1 | -0,180 | 0,095 | -0,473 | -0,103 | 0,736 | 0,721 | 0,228 |
| CHL | -0,199 | -0,180 | 1 | -0,092 | 0,827 | 0,077 | -0,647 | -0,324 | -0,529 |
| NO3- | 0,105 | 0,095 | -0,092 | 1 | -0,028 | 0,302 | 0,283 | 0,385 | 0,041 |
| O2 | -0,480 | -0,473 | 0,827 | -0,028 | 1 | 0,268 | -0,899 | -0,503 | -0,452 |
| S | -0,090 | -0,103 | 0,077 | 0,302 | 0,268 | 1 | -0,218 | -0,451 | 0,183 |
| T | 0,740 | 0,736 | -0,647 | 0,283 | -0,899 | -0,218 | 1 | 0,770 | 0,464 |
| Crrtspd | 0,721 | 0,721 | -0,324 | 0,385 | -0,503 | -0,451 | 0,770 | 1 | 0,377 |
| HtVg | 0,237 | 0,228 | -0,529 | 0,041 | -0,452 | 0,183 | 0,464 | 0,377 | 1 |

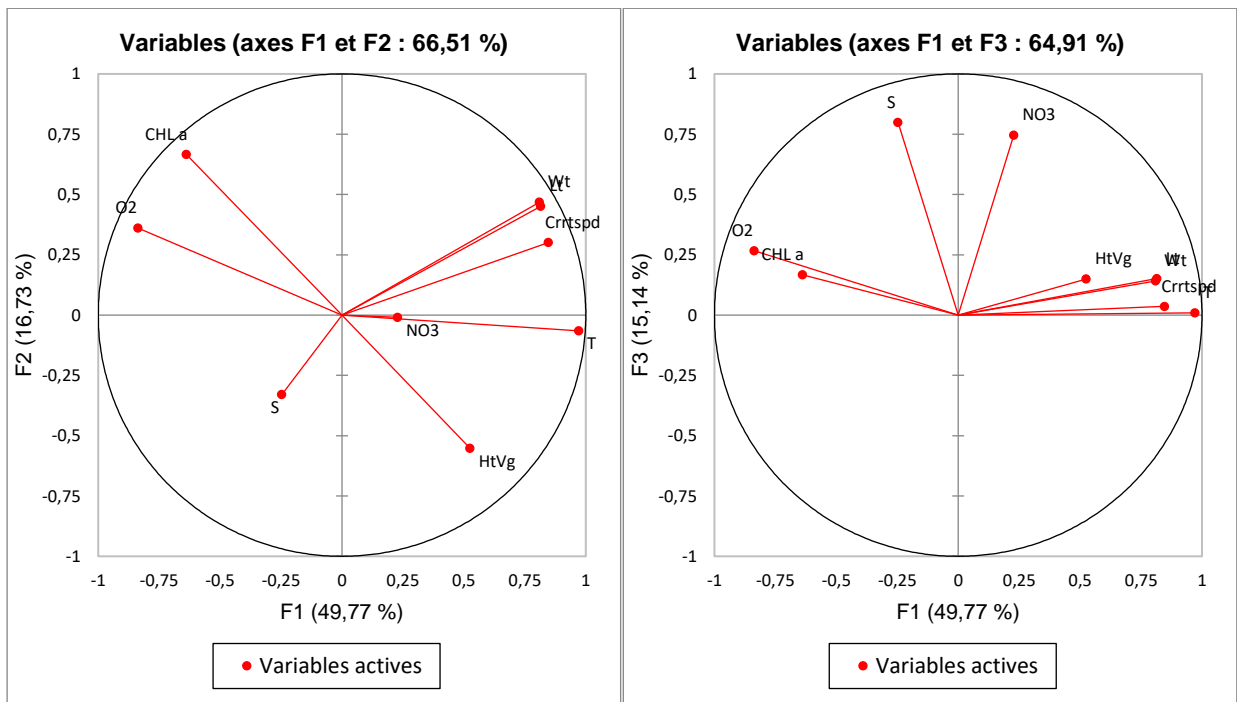


Figure 38: Cercle de corrélation entre les variables. (SWO)

Le cercle de corrélation est une représentation graphique qui permet de visualiser la relation entre les variables d'un ensemble de données, il examine les liens entre les variables. D'un côté la longueur totale (Lt) et le poids total (Wt) sont fortement corrélés, avec un coefficient de corrélation $r=0.996$, ainsi qu'avec les paramètres suivants : température (T), la vitesse des courants (Crrtspd) et la teneur en oxygène dissous (O2), avec des coefficients de corrélation respectivement ($r=0.740$, $r=0.721$ et $r=-0.480$) (tableau 10). D'autre coté une corrélation Peu importante entre la longueur totale et la hauteur des vagues, la concentration de chl-a, les nitrates (NO₃-), ainsi qu'avec la salinité, et avec un coefficient de corrélation respectivement ($r=0,237$, $r=-0,199$ et $r=0.105$).

- Thon germon (ALB)

Tableau 11: Valeurs propres. (ALB)

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Valeur propre | 3,211 | 2,552 | 1,759 | 1,296 | 0,183 |
| Variabilité (%) | 35,677 | 28,353 | 19,541 | 14,400 | 2,030 |
| % cumulé | 35,677 | 64,029 | 83,571 | 97,970 | 100,000 |

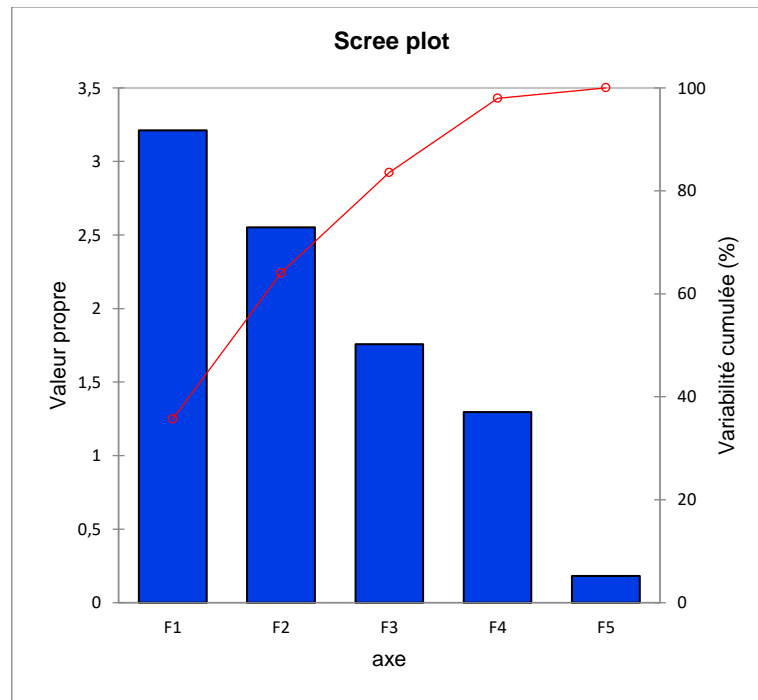


Figure 39: Visualisation des données avec facteur. (ALB)

D'après le tableau 8 et la figure 43 les F1, F2 et F3 sont les composantes principales, car elles représentent respectivement un pourcentage d'inertie de 35.677%, 28.353% et 19.541%. De plus, les trois facteurs peuvent être représentés les deux meilleurs plans graphiques (F1 et F2) et (F1 et F3).

Tableau 12: Matrice de corrélation. (ALB)

| Variables | Lt | Wt | CHL | NO3- | O2 | S | T | Crrtspd | HtVg |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lt | 1 | 0,992 | 0,637 | 0,008 | 0,241 | 0,161 | 0,042 | -0,356 | -0,079 |
| Wt | 0,992 | 1 | 0,715 | -0,074 | 0,176 | 0,195 | 0,097 | -0,385 | -0,135 |
| CHL | 0,637 | 0,715 | 1 | -0,244 | -0,426 | -0,007 | 0,623 | -0,574 | -0,500 |
| NO3- | 0,008 | -0,074 | -0,244 | 1 | 0,376 | -0,463 | -0,228 | -0,537 | -0,041 |
| O2 | 0,241 | 0,176 | -0,426 | 0,376 | 1 | 0,517 | -0,946 | -0,074 | 0,108 |
| S | 0,161 | 0,195 | -0,007 | -0,463 | 0,517 | 1 | -0,579 | 0,145 | -0,347 |
| T | 0,042 | 0,097 | 0,623 | -0,228 | -0,946 | -0,579 | 1 | -0,137 | -0,181 |
| Crrtspd | -0,356 | -0,385 | -0,574 | -0,537 | -0,074 | 0,145 | -0,137 | 1 | 0,575 |
| HtVg | -0,079 | -0,135 | -0,500 | -0,041 | 0,108 | -0,347 | -0,181 | 0,575 | 1 |

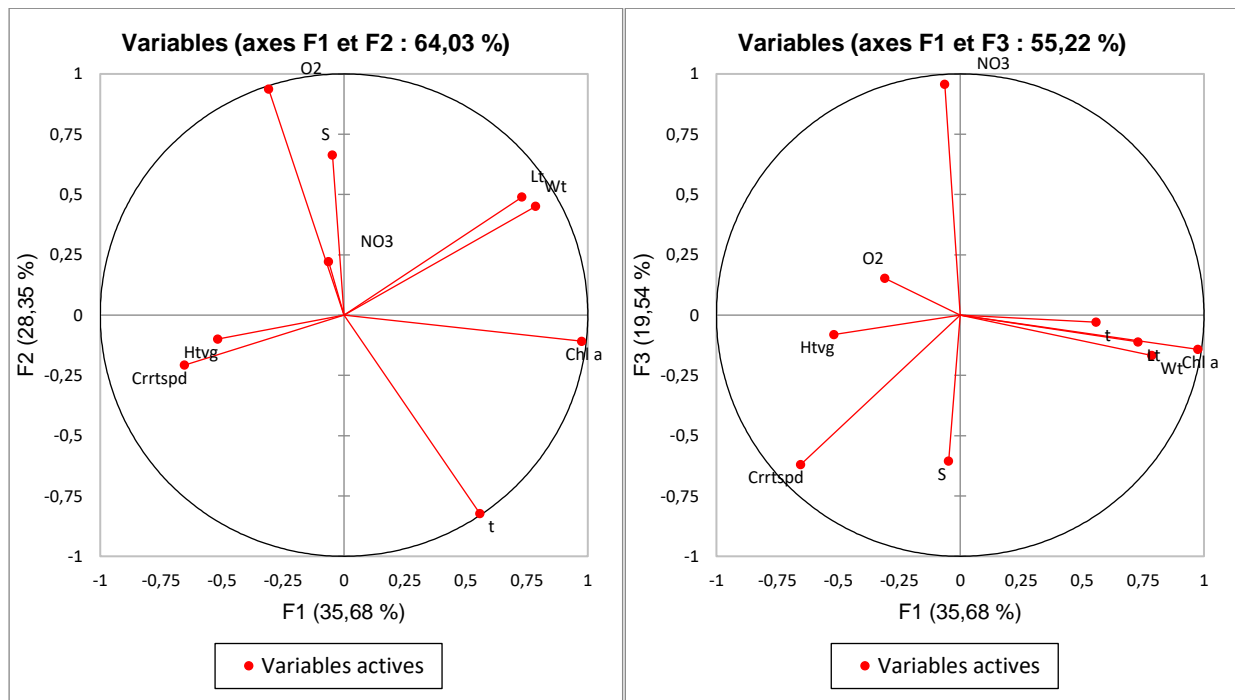


Figure 40: Cercle de corrélation entre les variables. (ALB)

Le cercle de corrélation représente la relation entre les variables d'un ensemble de données, en analysant les liens entre elles. Premièrement une corrélation forte est observée entre la longueur totale (Lt) et le poids total (Wt) ainsi qu'avec les paramètres suivants : la concentration en chl-a, avec un coefficient de corrélation ($r=-0.796$,) (tableau 12). Deuxièmement la corrélation entre la longueur totale et la vitesse des courants (Crrtspd), la concentration d'oxygène dissous (O2), la salinité (S), la hauteur des vagues (HtvG), la température (T) ainsi que les nitrates (NO₃-), est peu significative, avec un coefficient de corrélation respectivement de ($r=-0,356$, $r=0,241$, $r=0.161$, $r=-0.079$, $r=0.042$ et $r=0.008$).

3.2 Modélisation prédictive

3.2.1 Modélisation temporelle

La mise en œuvre de l'analyse par régression linéaire multiple nous a permis de déterminer des modèles numériques temporelle.

- **Thon rouge (BFT)**
 - **Le coefficient de détermination :**

$$R^2=0.887$$

Le coefficient de détermination R² permet d'obtenir une estimation du pourcentage de variabilité de la variable à modéliser, expliqué par les variables explicatives. Le modèle est plus performant lorsque ce coefficient est proche de 1. Pour notre cas, 89%. Les effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en considération dans cet exemple sont responsables du reste de la variabilité.

➤ **Le test du F de Fisher**

Tableau 13: Analyse de la variance. (BFT)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Modèle | 7 | 56397,169 | 8056,738 | 13,403 | < 0,0001 |
| Erreur | 12 | 7213,452 | 601,121 | | |
| Total corrigé | 19 | 63610,621 | | | |

Le test du F de Fisher est utilisé. La probabilité associée au F étant dans ce cas inférieure à 0.0001, il y a un risque de se tromper de moins de 0,01 % en concluant que les variables explicatives fournissent une quantité d'information importante au modèle.

➤ **Équation 1:Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle du thon rouge.**

$$W_t = 523,442350187043 - 136,375083233126 * CHLa - 26,1576556540368 * NO3^- + 4,00458725702506 * O2 - 35,9167329531956 * S + 0,670222784270047 * T - 119,87103228773 * Crrtspd + 33,9107791946227 * HtVg$$

Tableau 14: Les résultats l'analyse de régression Linéaire multiple Temporelle. (BFT)

| Source | Valeur |
|------------------|----------|
| Constante | 523,442 |
| CHL a | -136,375 |
| NO3- | -26,158 |
| O2 | 4,005 |
| S | -35,917 |
| T | 0,670 |
| Crrntspd | -119,871 |
| Htvg | 33,911 |

• **Espadon (SWO)**

➤ **Le coefficient de détermination :**

$$R^2 = 0,154$$

Le coefficient de détermination R2 permet d'obtenir une estimation du pourcentage de variabilité de la variable à modéliser, expliqué par les variables explicatives.

Pour notre cas, 15%. Les effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en considération dans cet exemple sont responsables du reste de la variabilité. Le R2 de 15% dans ce cas met en évidence la faible performance du modèle de régression linéaire simple pour expliquer la

variabilité de la variable à modéliser. L'utilisation d'un modèle spatial est suggérée pour capter des effets supplémentaires et améliorer la signification du modèle.

➤ **Le test du F de Fisher**

Tableau 15: Analyse de la variance. (SWO)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|--------|
| Modèle | 7 | 2502,828 | 357,547 | 1,432 | 0,212 |
| Erreur | 55 | 13735,309 | 249,733 | | |
| Total corrigé | 62 | 16238,137 | | | |

Le test du F de Fisher est utilisé. La probabilité associée au F étant dans ce cas inférieure à 0.212, il y a un risque de se tromper de moins de 21.2 % en concluant que les variables explicatives fournissent une quantité d'information très peu importante au modèle.

➤ **Équation 2: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle de l'espadon.**

$$Lt = 108,676806637841 + 39,0974692517485 * CHLa - 8,3426091668779 * NO3 + 5,56746953897322E-02 * O2 - 2,33085762794317 * S + 1,93500726855711 * T - 33,951798549529 * Crrtspd + 5,79169600368284 * HtVg$$

Tableau 16: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple Temporelle (SWO)

| Source | Valeur |
|------------------|---------|
| Constante | 108,677 |
| CHL a | 39,097 |
| NO3- | -8,343 |
| O2 | 0,056 |
| Sal | -2,331 |
| T | 1,935 |
| Crrtspd | -33,952 |
| HtVg | 5,792 |

- **Thon germon (ALB)**
 - **Le coefficient de détermination :**

$$R^2 = 0,406$$

Le coefficient de détermination R^2 permet d'obtenir une estimation du pourcentage de variabilité de la variable à modéliser, expliqué par les variables explicatives.

Pour notre cas, 40%. Les effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en considération dans cet exemple sont responsables du reste de la variabilité.

- **Le test du F de Fisher**

Tableau 17: Analyse de la variance (ALB)

| Source | DDL | Somme des carrés | Moyenne des carrés | F | Pr > F |
|---------------|-----|------------------|--------------------|-------|-----------------|
| Modèle | 7 | 7867,963 | 1123,995 | 8,093 | < 0,0001 |
| Erreur | 83 | 11527,795 | 138,889 | | |
| Total corrigé | 90 | 19395,758 | | | |

Le test du F de Fisher est utilisé. La probabilité associée au F étant dans ce cas inférieure à 0.0001, il y a un risque de se tromper de moins de 0,01 % en concluant que les variables explicatives fournissent une quantité d'information importante au modèle.

- **Équation 3: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple temporelle du thon germon.**

$$L_t = -355,992261694657 + 78,9518840212396 * \text{Chla} - 1,42776179419258 * \text{NO}_3 + 1,24875533198803 * \text{O}_2 + 4,30820647672512 * \text{S} - 0,478111851995123 * \text{T} - 28,6423803651914 * \text{Crrntspd} + 7,26290626038938 * \text{Htv}g$$

Tableau 18: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple Temporelle (ALB)

| Source | Valeur |
|------------------|----------|
| Constante | -355,992 |
| CHL a | 78,952 |
| NO3- | -1,428 |
| O2 | 1,249 |
| S | 4,308 |
| T | -0,478 |
| Crrntspd | -28,642 |
| Htv}g | 7,263 |

3.2.2 Modélisation spatiale

L'analyse de régression linéaire multiple nous a permis d'avoir un modèle numérique spatiale.

Tableau 19: résultats statistiques des couches raster des longueurs totales estimées par le modèle numérique spatiale

| Espèces | Thon rouge (BFT) | Espadon (SWO) | Thon germon (ALB) |
|-----------|------------------|---------------|-------------------|
| MAX | 242.871 | 105.045 | 105.195 |
| MIN | 8.696 | 60.542 | 38.175 |
| MEAN | 205.393 | 76.941 | 72.151 |
| ECAR-TYPE | 7.610 | 3.713 | 6.327 |

- **Thon rouge (BFT)**

Tableau 20: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple BFT

| Multi-corrélation avec les résultats du modèle de régression | | | |
|--|---------------------------|---------------|-----------------|
| Variables | Coefficients d'estimation | | |
| B0 | -830.7092038300 | | |
| Chl a | -82.0658563080 | R2 | 0.72771514 |
| NO3- | -104.4722261700 | R2_ADJ | 0.7274850401 |
| O2 | 4.2101660280 | MSE | 29.5943052860 |
| T | 2.9120479586 | F | 3162.6054509000 |
| Crntspd | -16.6004705850 | | |
| Htvgr | -2.3469827784 | | |

➤ **Équation 4: Modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatiale du thon rouge.**

$$LT = -82.0658563080 * CHLa - 104.4722261700 * NO3 + 4.2101660280 * O2 + 2.9120479586 * T - 16.6004705850 * Crntspd - 2.3469827784 * Htvgr - 830.7092038300$$

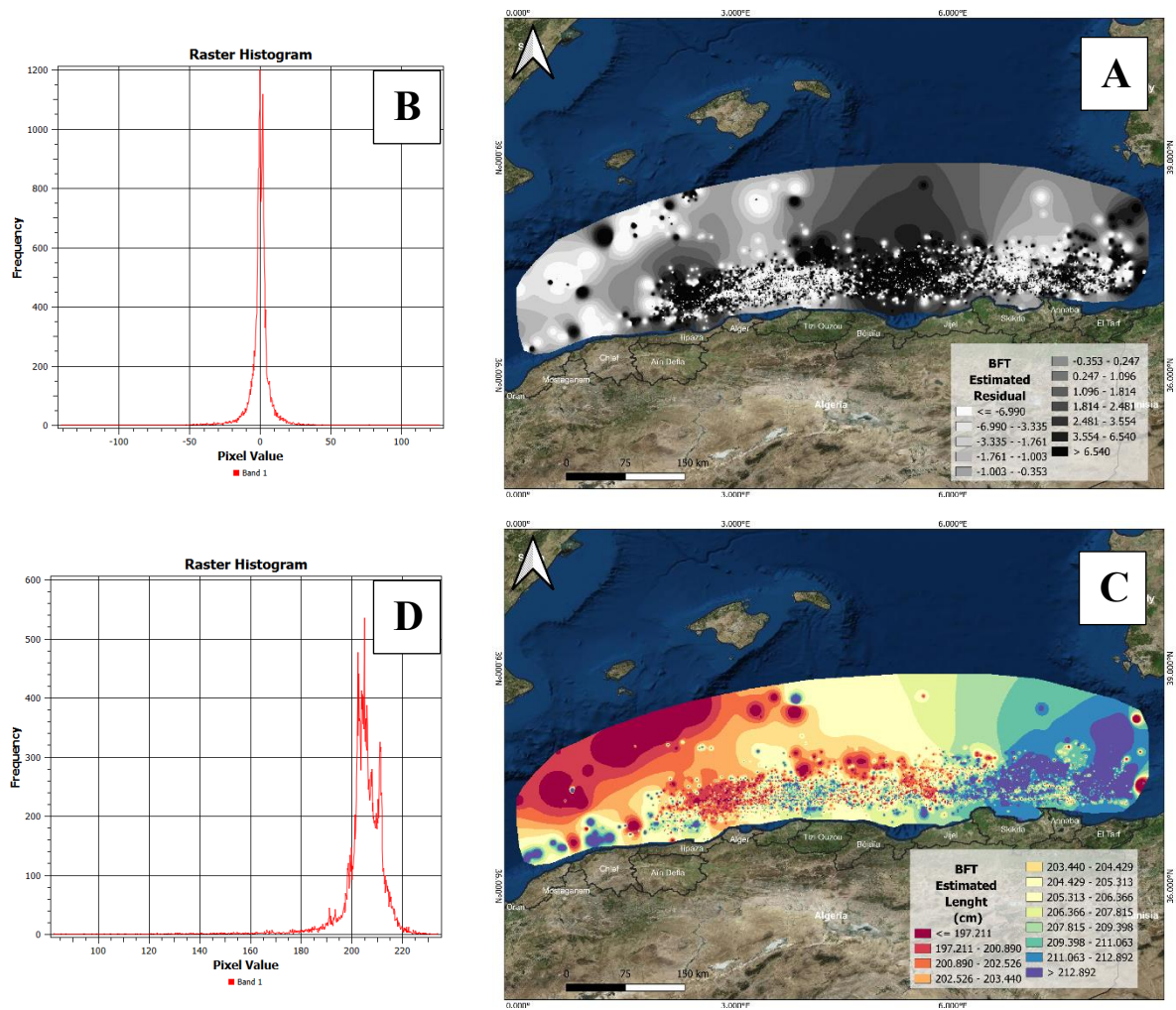


Figure 41: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du modèle d'estimation (C) : Abondance du thon rouge estimé en longueur total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).

➤ Comparaison modèle-observations

L'évaluation de la performance du modèle repose sur une comparaison approfondie entre les valeurs observées et les valeurs estimées. Les résidus Carte A Figure 45 consiste à calculer la différence entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs réelles observées. Ces résidus, représentent deux types d'erreurs :

- Sous-estimation : qui se manifestent par des valeurs négatives et représentées par des taches blanches sur la carte, ces erreurs indiquent que le modèle a sous-estimé les valeurs réelles dans certaines zones.
- Sur-estimation : sont représentées par des valeurs positives et des taches noirs sur la carte, ces erreurs indiquent que le modèle a surestimé les valeurs réelles dans d'autres zones.

L'analyse spatiale de ces résidus permet d'identifier les zones où le modèle présente les meilleures et les moins bonnes performances, fournissant ainsi des indications précieuses pour son amélioration ultérieure.

Les fréquences sont représentées par l'histogramme raster (B) de la (Figure 45) en fonction des résidus du modèle dans la zone d'étude. Effectivement, les fréquences représentatives sont les résidus dont les valeurs qui varient entre (-4.2 et 4.4 cm).

Selon (Frost 2021) l'erreur quadratique moyenne (MeanSquaredError MSE) a été calculée par l'équation suivante :

➤ **Équation 5: équation de l'erreur quadratique moyenne (Mean Squared Error MSE)**

$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

Où :

- n est le nombre d'observations dans l'ensemble de données.
- Y_i est la valeur réelle de la variable cible pour la i-ème observation.
- \hat{Y}_i est la valeur prédite par le modèle pour la i-ème observation.

La moyenne des erreurs quadratiques (MSE) est un paramètre qui tient compte de l'erreur du modèle sur l'ensemble de la zone d'étude, ce qui lui donne une valeur de 29.60 (tableau 20). Dans ce cas-là, le modèle est satisfaisant car la MSE est légèrement faible, ce qui indique qu'il n'y a pas de grande différence entre les valeurs observées et les valeurs calculées. Plus ce paramètre est faible, plus la prédiction du modèle est bonne.

D'après les tableaux 4 et 19 on peut comparer les résultats statistiques raster de la longueur total estimé avec les valeurs observées. Il est évident qu'ils sont très proches les uns des autres. La moyenne de la longueur totale observées et celle estimées sont de (204.808 cm, 204.793cm) respectivement, et l'écart type est de (9.01cm et 11.737cm) respectivement. Ces valeurs estimées se répartissent de manière homogène autour de leurs moyennes, car le coefficient de variation est inférieur à 10%, (5,73 %). Le coefficient de détermination nous a également confirmé cela en nous fournissant un pourcentage de 72% de précision.

De manière similaire sur le plan spatial, il a été observé une grande concordance entre les valeurs de la taille total observé et estimé dans le bassin algérien, en comparant les deux cartes (C) de la (figure 45) et la carte (C) de la (Figure 12). le pourcentage de précision atteint 72 %, il y a une

grande similarité entre la carte réalisée par le modèle estimé et l'autre carte réalisée avec les données réelles .

- **Espadon (SWO)**

Tableau 21: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple SWO

| Multi-corrélation avec les résultats du modèle de régression | | | |
|--|---------------------------|---------------|------------------|
| Variables | Coefficients d'estimation | | |
| B0 | -257.7224378800 | | |
| NO3- | -17.6310907700 | | |
| O ₂ | 1.6103506676 | R2 | 0.7046857624 |
| S | -4.7313185775 | R2_ADJ | 0.7046769837 |
| T | 6.8705223797 | MSE | 5.7923447834 |
| Chl-a | 21.2180541350 | F | 80272.2163630000 |
| crrntspd | -79.6579561690 | | |
| Htv _g | 13.1541151390 | | |

➤ **Équation 6: modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatial SWO**

$$\begin{aligned}
 \text{LT} = & -17.6310907700 \cdot \text{NO}_3 + 1.6103506676 \cdot \text{O}_2 - 4.7313185775 \cdot \text{S} + 6.8705223797 \\
 & \cdot \text{T} + 21.2180541350 \cdot \text{Chl-a} - 79.6579561690 \\
 & \cdot \text{crrntspd} + 13.1541151390 \cdot \text{Htv}_g - 257.7224378800
 \end{aligned}$$

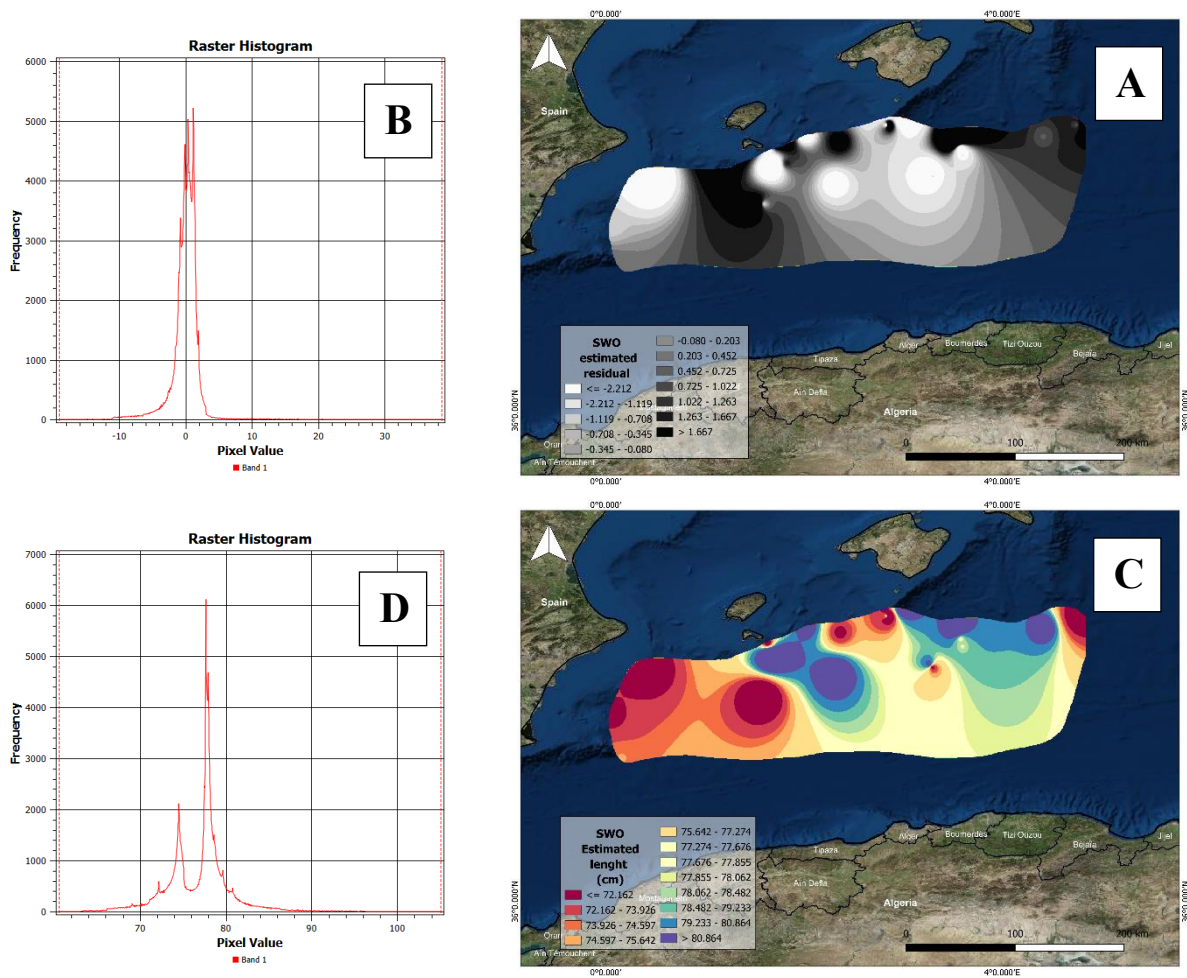


Figure 42: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du modèle d'estimation (C) : Abondance de l'espadon estimé en longueur total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).

L'histogramme raster (B) de la (Figure 46) illustre les fréquences en fonction des résidus du modèle dans la zone d'étude. En effet, les fréquences dominantes correspondent aux résidus de taille comprise entre (-2 et 1 cm).

La moyenne des erreurs quadratiques (MSE) (tableau 21) est 7.077. Le modèle est donc satisfaisant dans cette situation, car la MSE est faible, ce qui suggère qu'il n'y a pas de grande différence entre les valeurs observées et les valeurs estimées.

Les résultats statistiques raster de la longueur totale estimée (Tableau 19) comparés aux statistiques des valeurs observées (Tableau 5). Ils sont clairement très proches les uns des autres. La longueur totale moyenne observée et estimée sont (77.169 cm, 77.173 cm) respectivement et les écart-types sont de (4.579 et 3.720 cm) respectivement. Les valeurs estimées sont réparties de façon homogène autour de leurs moyennes, car le coefficient de variation est inférieur à 10%, avec (4,820 %). On a constaté une grande concordance entre les valeurs de la longueur totale observée

et estimée dans le bassin algérien, en comparant les deux cartes (C) de la (figure 46) et la carte (C) de la (Figure 21). Cela a également été confirmé par le coefficient de détermination du model, qui nous a donné un pourcentage de prédiction de 70 ,46% sur le plan spatial.

- **Thon germon (ALB)**

Tableau 22: Les résultats l'analyse de régression linéaire multiple ALB

| Multi-corrélation avec les résultats du modèle de régression | | | |
|---|----------------------------------|--------|-------------------|
| Variables | Coefficients d'estimation | | |
| B0 | -1564.3625878000 | | |
| Chl a | 448.1474742200 | R2 | 0.814839065 |
| Crrntspd | 51.5053794960 | R2_ADJ | 0.814832055 |
| Htvg | 14.8093605420 | MSE | 9.0033485963 |
| NO3- | -16.9001613120 | F | 116239.6520200000 |
| O2 | 1.3771425176 | | |
| S | 34.3574164780 | | |
| T | 0.178823023 | | |

➤ **Équation 7: Meilleur modèle d'analyse de régression linéaire multiple spatial ALB**

$$LT = CHL-a * 448.1474742200 + Crrntspd * 51.5053794960 + Htvg * 14.8093605420 + NO3 * -16.9001613120 + O2 * 1.3771425176 + S * 34.3574164780 + T * 0.178823023 - 1564.3625878000$$

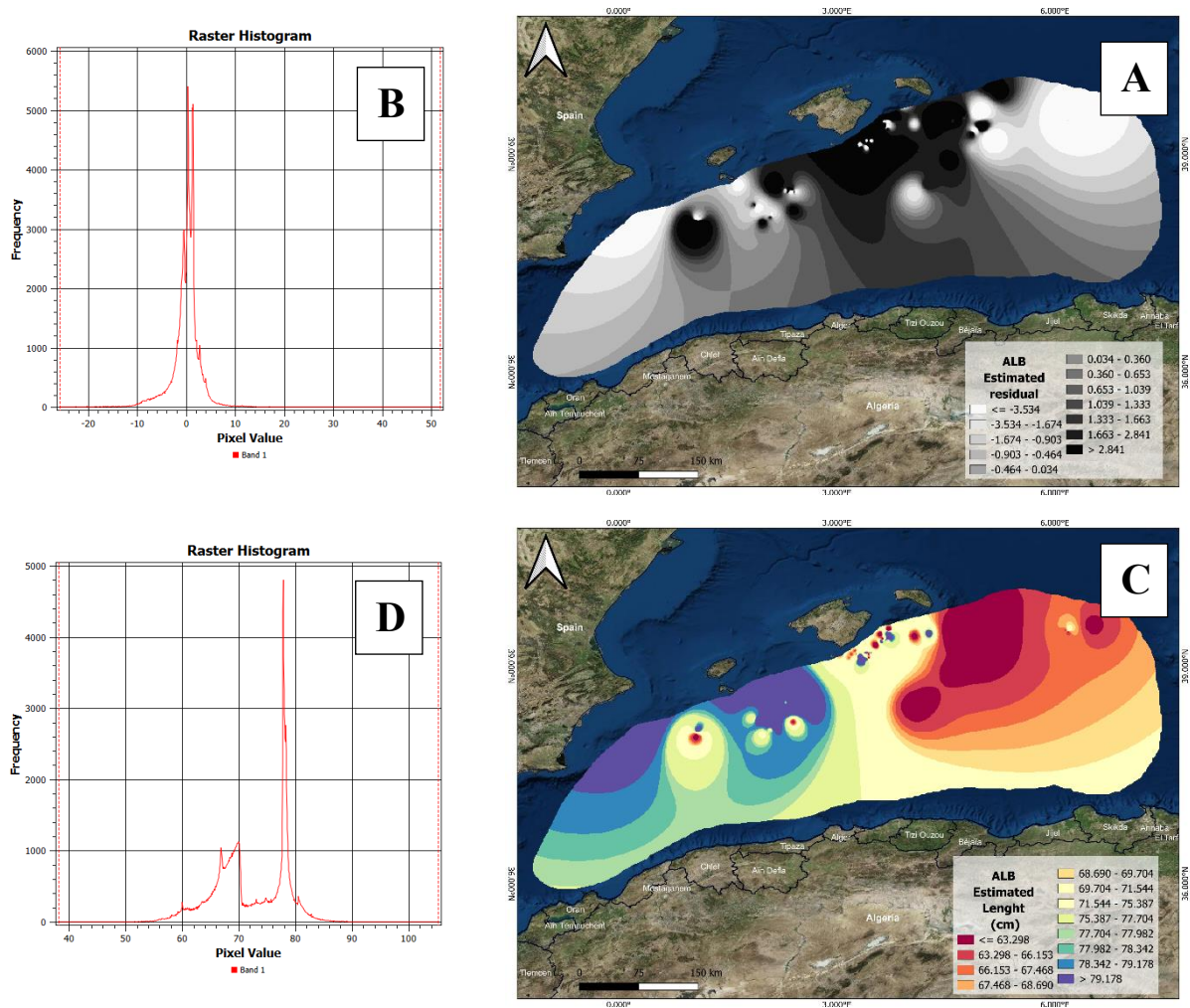


Figure 43: Répartitions spatiales dans le bassin algérien : (A) résidus du model d'estimation (C) : Abondance du thon germon estimé en poids total ; et représentation des histogrammes Raster associés à chaque carte (B et D).

Les fréquences sont représentées par l'histogramme raster (B) de la (Figure 47) en fonction des résidus du modèle dans la zone d'étude. Les résidus varient entre (-2.9 et 3.74 cm). La moyenne des erreurs quadratiques (MSE) est de 9 cm (tableau 22). Cette dernière témoigne une bonne affinité entre les valeurs observées et celles prédites par le modèle, ce qui confirme sa performance satisfaisante.

Les résultats statistiques du raster de la longueur totale estimée comparés aux valeurs observées, comme le montre le Tableau 6 La moyenne de la longueur totale observées et estimées (tableau 19) sont de (72.151cm,72.15 cm) respectivement, avec des écart-type de (6.995 et 6.32 cm). Les valeurs observées et estimées se répartissent de façon homogène autour de leurs moyennes, car le coefficient de variation est de (8.754%). Du point de vue spatial, en comparant les deux cartes (C) de la (figure 47) et la carte (C) de la (Figure 30). On a observé une grande similarité entre les valeurs de la longueur totale observée et estimée dans le bassin algérien .Les zones d'estimation montrent des concentrations significatives des espèces dans les mêmes régions où les captures

réelles ont été enregistrées dans le bassin algérien. Où les conditions environnementales sont optimales. La comparaison entre ces 2 cartes révèle une forte similarité, ce qui nous permet de vérifier la précision et la fiabilité de notre modèle qui présente un pourcentage de 81% de précision.

Discussion

En analysant les résultats spatio-temporels obtenus, nous avons pu constater une certaine influence des facteurs environnementaux sur la distribution des trois espèces de grands pélagiques étudiés dans le bassin algérien, à savoir le Thon rouge, l'Espadon et le Thon germon. Une relation entre la teneur de chlorophylle et le poids total des trois espèces ont été observée, avec un coefficient de corrélation de -0.328, -0.180 et -0.32 respectivement. La chlorophylle a est un indicateur biologique important de la productivité primaire marine (Zhang et al. 2023).selon(Jean Baptiste Kassi, Gnahoua Yannick Koko ,Brice Abaka Mobio 2021) le phytoplancton est le maillon essentiel de la chaîne alimentaire et l'aliment de base des petits poisson.

Donc la concentration en Chlorophylle-a influence la disponibilité des thonidés dans l'écosystème marin du bassin algérien.

L'influence des nitrates sur la répartition spatiale et temporelle des trois espèces étudiées a été largement identifiée. Une corrélation de -0.842, 0.105 et 0,008 a été observée dans notre étude entre les niveaux de nitrates et la répartition de ces espèces. Les nitrates jouent un rôle important dans la production et la distribution des grands poissons pélagiques (Ward, T.M., et al 2006). La présence des nitrates dans l'environnement aquatique peut avoir des effets négatifs sur la santé et la croissance des poissons. En outre, le nitrite, un sous-produit de la nitrification, est toxique pour les poissons et peut entraîner la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, ce qui affecte le transport de l'oxygène (Frances, Allan, et Nowak 1998). La présence de nitrate dans la colonne d'eau permet l'apparition d'une biomasse phytoplanctonique plus importante, mais ne favorise pas l'augmentation de la croissance (Herbland et Le Bouteiller 1983).

Les nitrates jouent un rôle d'un facteur déterminant indirect sur la répartition et la distribution des grands pélagiques dans le bassin algérien.

Les concentrations d'oxygène dissous peuvent avoir un impact important sur la répartition des grands pélagiques. Une corrélation a été constatée entre le poids total des espèces (BFT, SWO, ALB) et la quantité d'oxygène dissous, avec un coefficient de corrélation de 0.365, -0,480 et 0,241 respectivement. Le thon est réputé pour sa consommation d'énergie, car une grande partie de la nourriture consommée est consacrée au maintien de la chaleur corporelle, ainsi qu'à la nage

continue. La nage continue consomme sans aucun doute d'énormes quantités d'énergie et nécessite une forte consommation d'oxygène (Jelić Mrčelić et al. 2020).

Les résultats de la répartition spatio-temporelle des deux paramètres physiques, à savoir la température et la salinité, sont comparés au poids total des trois espèces. La température et la salinité sont les facteurs hydrologiques principaux décrivant les masses d'eau dans le milieu marin (Aminot et Kérouel 2004). Les facteurs environnementaux, à savoir : La température, la salinité, la chlorophylle a, l'oxygène dissous et le nitrate sont les facteurs déterminants de la distribution du thon rouge le long de la côte algérienne. (FIRAD et al. 2021)

Ces migrations commencent au printemps lors du réchauffement des masses d'eau en Méditerranée. Le thon rouge est au sommet de révolution des thonidés et dispose de capacité de régulation thermique accrue. Sa température interne varie entre 24 et 35° C et dispose de deux échangeurs thermiques latéraux développés. L'étude de la répartition du germon au cours des différentes phases de sa vie montre que sa distribution est en relation étroite avec la température de surface. Les exigences écologiques du germon impliquent que d'autres facteurs de l'environnement interviennent dans le déterminisme des migrations (Bergès et Nations 1989). Les pêches effectuées par les palangriers indiquent que la capture de germons matures (supérieur à cinq ans en Atlantique et supérieur à trois ans en Méditerranée) s'effectue dans des régions dont la température de surface est toujours supérieure à 24° C (Bergès et Nations 1989).

Xiphias gladius (Espadon) est une espèce adaptée pour la vie dans des conditions extrêmes de température et de pression (Garey, F.G 1982). Sa vaste distribution démontre leur capacité de vivre dans une large gamme de températures variant de 14 à 31°C en surface. Ils sont également adaptés à subir rapidement de puissantes variations de températures de l'ordre de 20°C sur moins de 2 heures lors de leurs migrations verticales journalières entre la surface et 1000 m de fond (Dewar, H. et al. 2011).

Il a été constaté que la variation spatio-temporelle des paramètres, la hauteur des vagues et la vitesse des courants marins sont fortement liées à la variation du poids total et de la taille du thon rouge, de l'Espadon et du thon germon. Un coefficient de corrélation de -0.080, 0.721 et -0,356 respectivement est obtenue pour la vitesse des courants, tandis que 0.706, 0.237 et -0.079 sont obtenues pour la hauteur des vagues.

La vitesse des courants joue un rôle important dans la distribution et le comportement des grands poissons pélagiques. (Heagney et al. 2007). Par ailleurs, les courants ont la capacité de déplacer les bancs de poissons, ce qui entraîne des concentrations temporaires de proies dans certaines zones. Les courants rapides peuvent provoquer une accumulation de nutriments et de plancton,

attirant ainsi les petits poissons dont se nourrissent les grands pélagiques (FIRAD et al. 2021) . La vitesse des courants et la hauteur des vagues affectent la capacité des grands pélagiques à se déplacer efficacement dans leur environnement océanique. Ces deux facteurs peuvent modifier les stratégies de chasse et les déplacements verticaux des espèces, comme observé dans les études sur le thon rouge.(Block, B. A et al. 2005) . L'étude a démontré que la hauteur des vagues peut avoir un impact sur la répartition et le comportement des grands poissons pélagiques.

Selon(Fréon et Misund 1999), de longues, hautes amplitudes internes peuvent entraîner une augmentation des concentrations de petits pélagiques, ce qui peut entraîner l'attraction de plus grands prédateurs (Agbesi, E.N. 2002). Selon (Chaliluddin, M 2021)et (Lam, C.H 2014) ont souligné l'importance de comprendre les associations spécifiques de l'océan et les mouvements de ces poissons, qui peuvent être influencés par la hauteur des vagues. La hauteur des vagues peut donc jouer un rôle important dans la répartition et le comportement des grands poissons pélagiques (Fréon et Misund 1999).

CONCLUSION

En conclusion, cette étude sur l'analyse spatio-temporelle des grands pélagiques dans le bassin algérien a révélé des interactions significatives entre les espèces étudiées (le thon rouge, le thon germon et l'espadon) et divers facteurs environnementaux, notamment la chlorophylle a, les niveaux de NO₃⁻, d'O₂, la température, la salinité, la hauteur des vagues et la vitesse des courants. Nos résultats ont démontré les paramètres de croissance à savoir la taille ainsi que le poids, sont influencés par des paramètres environnementaux et varient même en fonction des espèces, et même en fonction des espèces, mettant en évidence une relation entre l'environnement et les caractéristiques biologiques de ces poissons.

Notre analyse temporelle a démontré l'impact des facteurs environnementaux sur la croissance de trois espèces de grands pélagiques étudiées. Elle nous a permis d'identifier les valeurs optimales des paramètres environnementaux favorisant leur distribution

L'étude a également porté sur le comportement et la distribution de ces espèces face à la variabilité des facteurs environnementaux. Nous avons constaté que les fortes abondances de ces espèces remarquées dans des masses d'eaux caractérisées par une variabilité physicochimique. Cette analyse géostatistique nous a permis de déterminer les intervalles optimaux de chaque paramètre environnemental pour les espèces étudiées :

Thon rouge (BFT)

- **Individus de poids inférieur à 157.758 kg :**
 - **Température** : des eaux avec des températures entre 18.59°C et 19.1°C.
 - **Salinité** : des eaux avec une salinité inférieure à 36.83 PSU.
 - **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a inférieures à 0.114 mg/m³.
 - **Nitrates (NO₃⁻)** : des eaux avec des teneurs en nitrate inférieures à 0.021 mg/m³.
 - **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ inférieures à 237 mmol.m⁻³.
 - **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant supérieure à 0.232 m/s.
 - **Hauteur des vagues** : des eaux légèrement agitées avec une hauteur des vagues inférieure à 0.9 m.
- **Individus de poids supérieur à 163 kg :**

- **Température** : des eaux avec des températures entre 18.12°C et 18.59°C.
- **Salinité** : des eaux avec une salinité supérieure à 36.83 PSU.
- **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a supérieures à 0.135 mg/m³.
- **Nitrates (NO₃-)** : des eaux avec des teneurs en nitrate supérieures à 0.021 mg/m³.
- **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ supérieures à 237 mmol.m⁻³.
- **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant inférieure à 0.232 m/s.
- **Hauteur des vagues** : des eaux avec une hauteur des vagues supérieure à 1.12 m.

Espadon (SWO)

- **Individus de poids inférieur à 9.02 kg :**
 - **Température** : des eaux avec des températures entre 19.42°C et 20.1°C.
 - **Salinité** : des eaux avec une salinité inférieure à 37.08 PSU.
 - **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a inférieures à 0.106 mg/m³.
 - **Nitrates (NO₃-)** : des eaux avec des teneurs en nitrate inférieures à 0.18 mg/m³.
 - **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ inférieures à 227.2 mmol.m⁻³.
 - **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant supérieure à 0.115 m/s.
 - **Hauteur des vagues** : des eaux légèrement agitées avec une hauteur des vagues inférieure à 0.953 m.
- **Individus de poids supérieur à 9.2 kg :**
 - **Température** : des eaux avec des températures entre 20.3°C et 22°C.
 - **Salinité** : des eaux avec une salinité supérieure à 37.19 PSU.
 - **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a supérieures à 0.106 mg/m³.
 - **Nitrates (NO₃-)** : des eaux avec des teneurs en nitrate supérieures à 0.20 mg/m³.
 - **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ supérieures à 228.8 mmol.m⁻³.
 - **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant inférieure à 0.109 m/s.
 - **Hauteur des vagues** : des eaux avec une hauteur des vagues supérieure à 0.972 m.

Thon germon (ALB)

- **Individus de poids inférieur à 6.41 kg :**

- **Température** : de eaux avec des températures supérieures à 23.649°C.
- **Salinité** : dans des eaux avec une salinité supérieur à 37.250 PSU.
- **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a inférieures à 0.083 mg/m³.
- **Nitrates (NO₃-)** : des eaux avec des teneurs en nitrate supérieures à 0.418 mg/m³.
- **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ inférieures à 217.368 mmol.m⁻³.
- **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant inférieur à 0.121 m/s.
- **Hauteur des vagues** : des eaux légèrement agitées avec une hauteur des vagues inférieure à 0.892 m.
- **Individus de poids supérieur à 7.048 kg** :
 - **Température** des eaux avec des températures inférieures à 23.649°C.
 - **Salinité** dans des eaux avec une salinité inférieur à 37.225 PSU.
 - **Chlorophylle-a (Chl-a)** : des eaux avec des teneurs en Chl-a supérieures à 0.086 mg/m³.
 - **Nitrates (NO₃-)** : des eaux avec des teneurs en nitrate inférieures à 0.377 mg/m³.
 - **Oxygène dissous (O₂)** : des eaux avec des teneurs en O₂ supérieures à 219.476 mmol.m⁻³.
 - **Vitesse du courant** : des eaux avec une vitesse du courant supérieur à 0.124 m/s.
 - **Hauteur des vagues** : des eaux avec une hauteur des vagues supérieure à 0.892m.

En outre, l'utilisation de la modélisation spatiale et temporelle a été cruciale pour élaborer des modèles numériques des espèces étudiées en fonction des facteurs environnementaux avec les coefficients de détermination suivants :

Modèles spatiaux :

- Thon rouge (BFT) : R²=0.72
- Espadon (SWO): R²=0.7
- Thon germon (ALB): R²=0.81

Modèles temporels :

- Thon rouge (BFT) : R²=0.88
- Espadon (SWO): R²=0.15
- Thon germon (ALB): R²=0.40

Pour approfondir la compréhension du comportement des grands pélagiques dans le bassin algérien, Il semble raisonnable de :

- S'orienter vers le développement des nouveaux modèles prédictifs des zones d'abondance des bancs de trois espèces étudiera par l'intégration d'autre variable du milieu comme les données des espèces associées, les données de parois, données météorologique ainsi que les données de circulation océanique.
- Suivre à long terme par la technique du marquage et d'autre méthodes est nécessaire pour évaluer les tendances de population et les effets des changements environnementaux
- Faire des études comparatives avec d'autres régions méditerranéennes et océaniques voisines mise en contexte nos résultats locaux et éclaireraient les impacts régionaux du changement climatique et des activités humaines sur ces espèces.
- Renforcer les collaborations avec plusieurs spécialistes : océanographes, biologistes marins, climatologues et modélisateurs pour améliorer la compréhension du comportement de ces espèces.
- La sensibilisation des communautés locales et des pêcheurs à la conservation marine, appuyée par l'utilisation de technologies avancées comme les drones et les satellites, pourrait améliorer la collecte de données et la surveillance des pélagiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- (Jean & Gnahoua, 2020) (A & A, Dynamique de phytoplancton et matière organique particulaire dans la zone euphotique et l'Atlantique Equatorial, 1983)
- (2023). Récupéré sur FishBase: <https://fishbase.se/home.htm>
- A, H., & A, B. (1983).** Dynamique de phytoplancton et matière organique particulaire dans la zone euphotique et l'Atlantique Equatorial. *Marine Biology*, 14.
- A, H., & A, L. B. (1983).** Dynamique du phytoplancton et matière organique particulaire dans la zone euphotique de l'Atlantique Equatorial. *Marine Biology*, 14.
- Abu, S., & Asmiatul, M. (2021).** *sea surface temperature and chlorophyll- a distribution from Himawari satellite and its relation to yellowfin tuna in the indian ocean.* Indonesia: AACL.
- ALEMI, S., & ALEMI, R. (2023).** *Analyse spatiale de la distribution du thon rouge Thunnus thynnus (Linnaeus, 1758) en interaction avec les facteurs environnementaux à l'aide de système d'information géographique (SIG) dans le bassin Algérien.* Environnement marin et côtier. Alger: ENSSMAL.
- Amandine, C. (2011).** *Ecologie et teneurs en éléments traces de l'Espadon autour des côtes corses.* Paris: corsica.
- AMANDINE, C. (2020).** *Ecologie et teneurs en éléments traces de l'Espadon autour des côtes corses.* France: Département: Soutien aux activités de la pêche et de l'aquaculture et gestion des ressources halieutiques.
- AZTI. (2004).** *GERMON.* France: Manuel de l'ICCAT.
- Bonhommeau, J.-M. F. (2012).** *ÉTAT BIOLOGIQUE Caractéristiques biologiques - biocénoses Populations ichtyologiques des grands pélagiques.* France: Ifremer, Agence des aires marines protégées.
- Bruce, C., & Carol, R. (2001).** Systematics of the tunas and mackerels (Scombridae). *ELSEVIER*, 33.
- Bruce, C., & Corenelia, N. (1983).** *FAO SPECIES CATALOGUE.* USA: UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME.
- CAYRÉ, P. (1985).** *CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE ET.* Paris: l'Université Pierre et Marie Curie.
- Christelle, R.-M., & Jean-Marc, F. (2003).** *LONG-TERM FLUCTUATIONS IN BLUEFIN TUNA TRAP CATCHES: ARE THEY ENVIRONMENTALLY DRIVEN?* France: IFREMER, Centre de Recherche Halieutique Méditerranéen et Tropical.
- Coline, A., Charlotte, C., Sven, M., Marylou, P., & Axel, R. (s.d.).** *Analyse d'un questionnaire à destination des pêcheurs pélagiques professionnels français.* France: Université de Pau et des Pays de l'Adour – Master 2 Dynamique des Écosystèmes Aquatiques.
- (2023).** *Conserver des populations saines de grands pélagiques en mer Méditerranée.* MONACO: FONDATION PRINCE ALBERT II DE MONACO.
- Deshayes, M., & Chery, J. (2022).** *SIG, définitions et contraintes de mise en place.* France: HAL OPEN SCIENCE.

- Elizabeth, H., Tim, L., & Russ, B. (2007).** Pelagic fish assemblages assessed using mid-water baited video: standardising fish counts using baitplume size. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, 12.
- Firad, B., & Bachari, N. E. (2021).** Temporal analysis of the distribution of thynnus thynnus in relation to environmental factors along the Algerian coast . *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 19.
- François, X. B. (1991).** Pecheries et état des stocks d'espadon en océan atlantique. *La pêche maritime*, 9.
- FROMENTIN, J.-M. (2006).** *THON ROUGE DE L'ATLANTIQUE* . France: Manuel de l'ICCAT.
- Gorana, J. M., Ivana, M., & Marina, P. (2020).** The peculiarities and farming challenges of atlantic bluefin tuna . *SCIENDO*, 12.
- Gorana, J. M., Ivana, M., Marina, P., Ambroz, G., & Merica, S. (2020).** THE PECULIARITIES AND FARMING CHALLENGES OF ATLANTIC BLUEFIN TUNA (Thunnus thynnus, L. 1758). *Croatian Journal of Fisheries*, 12.
- Hattour, A. (2024).** *Contribution a l'étude des poissons pélagiques des eaux tunisiennes*. tunisie: AquaDocs.
- I, P., & I, T. (2002).** Algerian eddies lifetime can near 3 years. *Journal of marine systems*, 14.
- IEO. (2006).** *LISTAO*. France: Manuel de l'ACCAT.
- Jane, F., & Geoff, A. (1998).** the effets of nitrite on the short term growth of silver perch. *Aquaculture*, 9.
- Jean, B. K., & Gnahoua, Y. K. (2020).** Contribution of remote sensing to the characterization of oceanic variables and their influences on the distribution of tunas in Ivorian waters from 2013 to 2018. *Fisheries and aquatic studies*, 11.
- Jean, C. B. (1989).** *Télé-détection Satellitaire Et Pêcheries Thonières Océaniques*. France: Organization of the United Nations.
- Jean, C. B., Patrice, C., & Jean, C. (1989).** *Télé-détection satellitaire et pecheries thonières océaniques*. Paris: IFREMER.
- Jean, Y., & Alain, L. (1974).** *Etude de l'état du stock nord atlantique de Germon par l'analyse des cohortes*. France: ICCAT.
- Jean-Yves, G. (1974).** *EXPOSÉ SYNOPTIQUE DES DONNÉES BIOLOGIQUES SUR LE GERMON Thunnus alalunga DE L'Océan ATLANTIQUE*. France: Synopsls FOA sur les peches.
- Khalid, A., & Adem, A. (2019).** Evaluation of a high resolution wave hindcast model SWAN for the west mediterranean basin. *Applied ocean research*, 6.
- Kunlong, Z., Xunbo, Z., & Jing, X. (2023).** The temporal and spatial variation of chlorophyll a concentration in the china seas and its impact on marine fisheries. *Frontiers in marine Science* , 19.
- Kunlong, Z., Xunbo, Z., & Jing, X. (2023).** The temporal and spatial variation of chlorophyll a concentration in the China Seas and its impact on marine fisheries. *Marine Ecosystem Ecology*, 15.

- Labidi, N., & Nouar, A. (2013).** *QUELQUES INDICES DE LA BIOLOGIE DU THON ROUGE (THUNNUS THYNNUS) EN ALGERIE.* Tipaza: Laboratoire Halieutique, FSB-USTHB, Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.
- Millot, C. (1985).** Some features of the Algerian Current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 5.
- Nicolas, J. (2002).** *Contributions pratiques d'une géostatistique raisonnée en environnement : méthodes et application à la cartographie nationale de la pollution par l'ozone en France.* France: geovariances.
- Pierre, F., & Ole, A. M. (1999).** *Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour : Effects on fisheries and stock assessment.* the university press: Cambridge.
- QUÉRO, J., DU BUIT, M., & VAYNE, J. (s.d.).** *LES CAPTURES DE POISSONS À AFFINITÉS TROPICALES LE LONG DES CÔTES ATLANTIQUES EUROPÉENNES.* France: L.F.R.E.M.E.R.
- R, P., & L, R. (1992).** Vorticity and Vertical Circulation at an ocean front. *Pollard and regier*, 17.
- Rogachev, L. (1996).** *Oxygen levels and pelagic fish in marine ecosystems.* Elicit.
- Roger, O. (2005).** *The middle east in the world economy 1800-1914.* London : Tauris.
- (2017).** *Statistique descriptive.* Ecole Polytechnique de Montréal.
- (2023).** *Thunnus thynnus Atlantic bluefin tuna.* FishBase.
- U, S., E, C., M, s., & M, M. (2018).** Big fish eat small fish: implications for food chain length? *Community Ecology*, 9.
- VALEIRAS, J., & ABAD, E. (2009).** *REQUIN PEAU BLEUE.* France: Manuel de l'ICCAT.

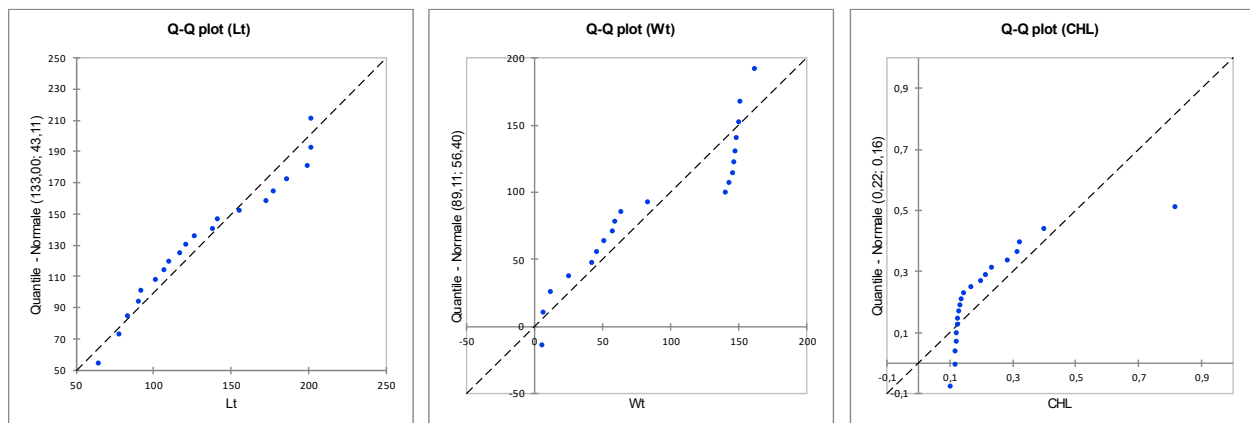
ANNEXE

Tableau 1 : Valeurs des paramètres environnementaux obtenues après le traitement des données

| Espèces | Années | Lt
(cm) | Wt
(kg) | Chl a
(mg.m-3) | NO3-
(mmol.m-3) | O2
(mmol.m-3) | S
(PSU) | T
(C) | Crrtspd
(m/s) | Ht Vg
(m) |
|---------|--------|------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|------------------|--------------|
| SWO | 2001 | 73,3333 | 8,3390 | 0,0785 | 0,0085 | 230,3566 | 36,7778 | 18,7219 | 0,1162 | 1,0002 |
| | 2005 | 71,6667 | 8,1723 | 0,1016 | 0,0527 | 224,1280 | 37,0916 | 20,9424 | 0,1111 | 1,5642 |
| | 2006 | 80,9868 | 9,9712 | 0,0906 | 0,0805 | 219,1413 | 36,9238 | 21,7469 | 0,0948 | 0,5824 |
| | 2008 | 65,0000 | 6,9666 | 0,2321 | 0,0875 | 249,7233 | 37,1149 | 15,0753 | 0,0771 | 0,4774 |
| | 2012 | 75,2308 | 8,6655 | 0,0922 | 0,3773 | 229,7547 | 37,2800 | 21,1141 | 0,1365 | 1,0573 |
| | 2013 | 77,0000 | 8,9809 | 0,1057 | 0,0875 | 234,0294 | 37,7475 | 18,0676 | 0,0559 | 1,0917 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|----------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|--------|
| ALB | 2014 | 132,0687 | 20,0000 | 0,1130 | 0,1407 | 222,6024 | 37,0584 | 24,2111 | 0,1735 | 1,1826 |
| | 2006 | 56,5556 | 2,7224 | 0,0838 | 0,3697 | 212,7422 | 37,2662 | 25,7362 | 0,1148 | 0,5069 |
| | 2008 | 92,0000 | 11,5611 | 0,1283 | 0,1115 | 212,7497 | 37,4132 | 26,7508 | 0,0811 | 0,3931 |
| | 2009 | 80,5484 | 8,1527 | 0,0819 | 0,4485 | 222,2863 | 37,4470 | 23,7069 | 0,1184 | 0,9182 |
| | 2011 | 79,5882 | 7,5410 | 0,0832 | 0,5429 | 216,7343 | 37,2372 | 25,3942 | 0,1413 | 0,7039 |
| | 2013 | 80,0000 | 8,1647 | 0,0905 | 0,4490 | 223,6932 | 37,9274 | 23,4075 | 0,0971 | 0,2626 |
| | 2017 | 82,0000 | 8,3580 | 0,0983 | 1,2679 | 219,6606 | 37,0892 | 25,0680 | 0,0466 | 0,4324 |
| | 2000 | 199,1327 | 148,0188 | 0,1376 | 0,0186 | 236,9011 | 36,6802 | 18,8542 | 0,1744 | 1,1103 |
| | 2001 | 201,4391 | 145,2605 | 0,1249 | 0,0345 | 237,8404 | 36,7899 | 18,4064 | 0,2725 | 1,0138 |
| | 2002 | 201,7179 | 149,6363 | 0,1182 | 0,0654 | 238,3235 | 36,7220 | 18,5999 | 0,2005 | 1,2112 |
| BFT | 2003 | 185,5237 | 143,3162 | 0,1272 | 0,4302 | 237,4847 | 36,7592 | 18,4675 | 0,2346 | 1,0162 |
| | 2004 | 141,4906 | 140,3110 | 0,1472 | 0,2449 | 238,0238 | 36,6974 | 17,8200 | 0,3251 | 0,9323 |
| | 2005 | 64,6879 | 6,7017 | 0,1043 | 3,2037 | 231,9401 | 38,7245 | 19,7268 | 0,0351 | 0,9662 |
| | 2006 | 100,8821 | 63,8404 | 0,1312 | 1,2694 | 231,8378 | 37,3869 | 19,1435 | 0,1561 | 0,9648 |
| | 2007 | 172,8339 | 150,8495 | 0,1221 | 0,4504 | 234,5416 | 36,9289 | 18,7924 | 0,2744 | 1,2788 |
| | 2008 | 176,9902 | 146,9952 | 0,1201 | 0,1398 | 235,5428 | 37,1631 | 18,7548 | 0,1968 | 1,0506 |
| | 2009 | 155,2493 | 161,4551 | 0,1347 | 0,1908 | 232,6042 | 37,1809 | 20,3563 | 0,1914 | 0,7931 |
| | 2010 | 77,5527 | 5,0896 | 0,1280 | 0,9261 | 223,3911 | 37,8552 | 20,8883 | 0,1166 | 0,4792 |
| | 2011 | 90,3715 | 11,9339 | 0,1702 | 1,6091 | 228,9368 | 37,2111 | 20,7810 | 0,3858 | 0,2899 |
| | 2012 | 82,8193 | 58,9011 | 0,2013 | 1,5700 | 233,6351 | 36,5585 | 19,4843 | 0,5457 | 0,3582 |
| | 2013 | 91,6721 | 24,7721 | 0,2342 | 1,4025 | 237,6853 | 36,4747 | 21,9322 | 0,6027 | 0,3429 |
| | 2014 | 106,5809 | 82,9455 | 0,2174 | 1,5473 | 233,6783 | 37,5133 | 20,5880 | 0,1402 | 0,5381 |
| | 2015 | 120,8776 | 50,9080 | 0,3187 | 1,4967 | 234,1070 | 37,7813 | 21,8329 | 0,1221 | 0,4484 |
| | 2016 | 116,6222 | 41,9943 | 0,8185 | 1,6546 | 244,9445 | 36,8991 | 19,5342 | 0,1175 | 0,4719 |
| | 2017 | 126,0982 | 45,6425 | 0,4023 | 0,9532 | 235,8688 | 37,5294 | 19,8697 | 0,0988 | 0,4230 |
| | 2018 | 109,5986 | 57,3982 | 0,3235 | 1,1192 | 240,1773 | 37,8205 | 20,0079 | 0,1261 | 0,6677 |
| | 2019 | 137,9273 | 146,1922 | 0,2880 | 0,3859 | 248,8337 | 37,4164 | 19,8039 | 0,1141 | 0,5208 |

Figure 1 : Diagramme Quantile-Quantile de la distribution des variables environnementaux pour le BFT



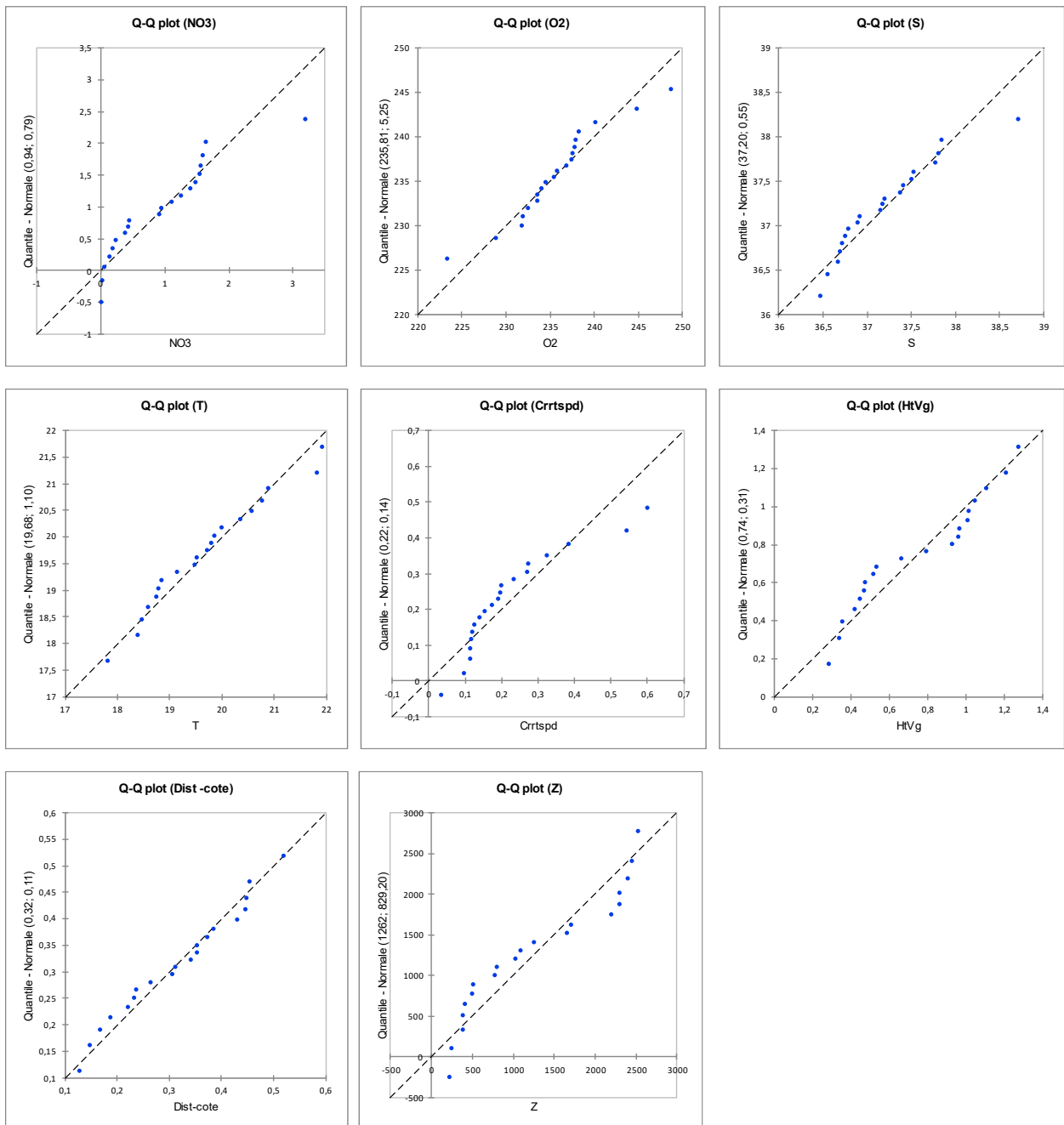
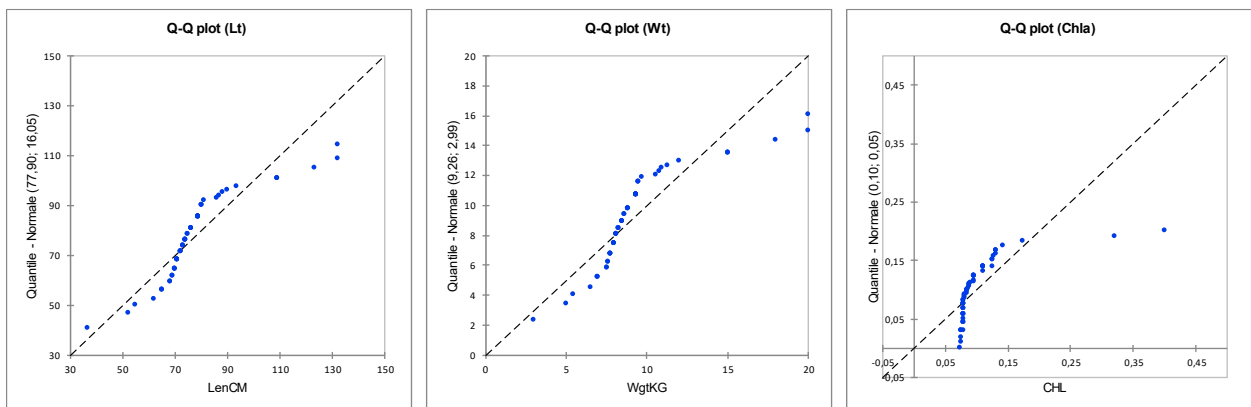


Figure 2 : Diagramme Quantile-Quantile de la distribution des variables environnementaux pour le SWO



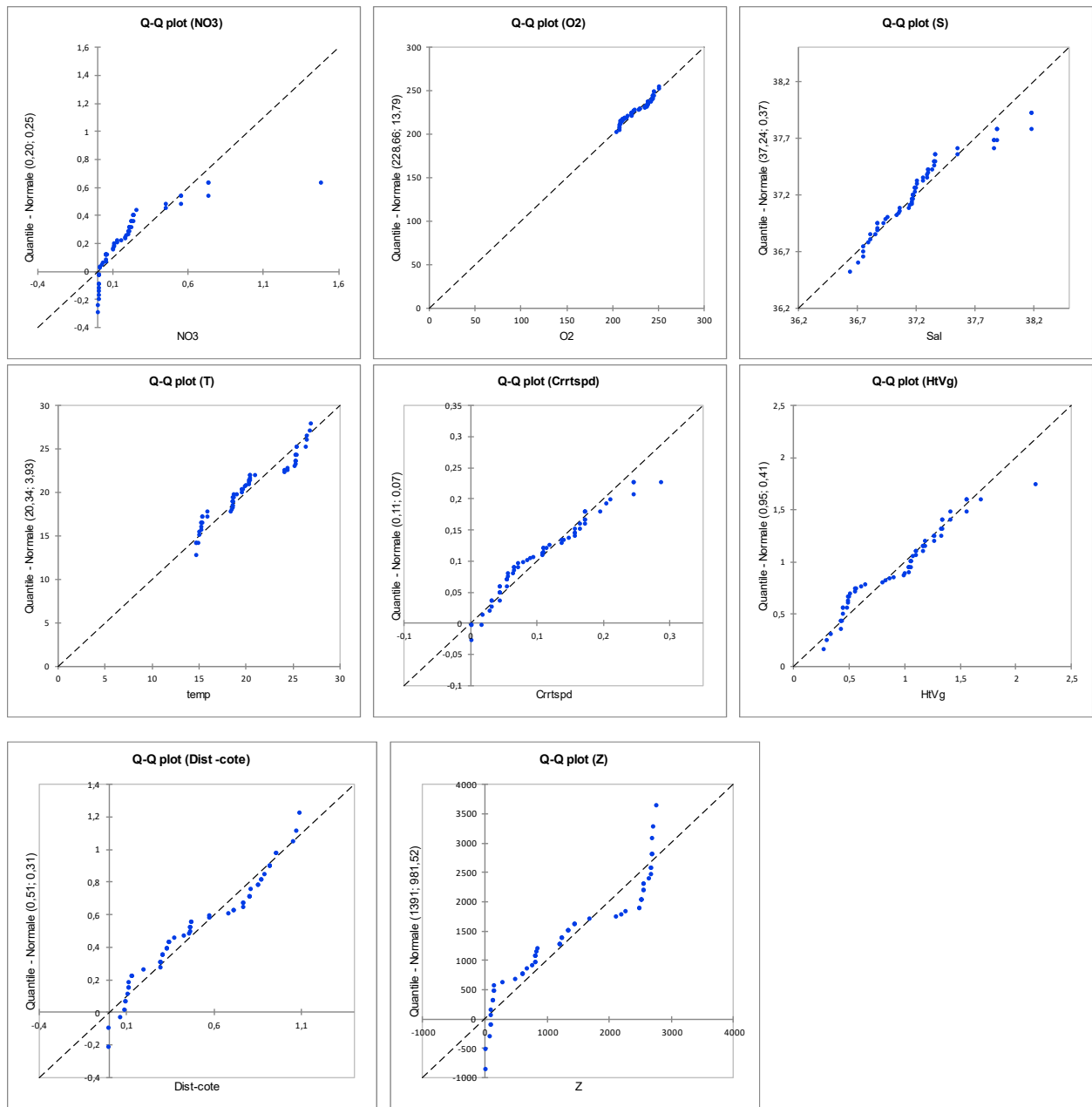


Figure 3 : Diagramme Quantile-Quantile de la distribution des variables environnementaux pour le ALB

