



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

Spécialité: Gestion et Protection du Littoral

Sujet :

Etude de la circulation hydrologique dans la partie Est du  
Bassin Algérien (Chlef-Oran)

**Présenté par :**

AMOUBOUDI Sofiane

Soutenu le 6 novembre 2021 devant le comité de jury suivant:

M. Boulahdid, M	Professeur (ENSSMAL)	<b>Président</b>
M. Belkessa, R	Professeur (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>
M. Bachouche, S	Maître de recherche B (CNRDPA)	<b>Co-promoteur</b>
M <sup>me</sup> . Amarouche, N	Maître de conférence B (ENSSMAL)	<b>Examinatrice</b>

---

## *Remerciement*

J'adresse mes remerciements à tous ce qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire; en premier lieu, je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à mon promoteur M. Belkessa, R (Professeur à l'Enssmal), qui m'a beaucoup aidé dans mon stage lors de la réalisation de ce mémoire et aussi pendant ma formation en tant qu'enseignant. Je tiens aussi à remercier M. Bachouche Samir, en tant que Co-promoteur, pour son aide, et pour sa patience durant toute la période de mon stage.

Je tiens aussi à remercier le président du jury M. Boulahdid, M et Mme Amarouch, N en tant qu'examinatrice de mon mémoire. Sans oublier les fonctionnaires de la bibliothèque, et toute l'école à laquelle j'adresse mes sincères remerciements.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, et à toute ma famille, je tiens à les remercier pour leurs soutiens, leur patience et leur aide dont ils n'ont jamais manqué et merci à eux de m'avoir accompagné et encouragé pendant tout mon parcours d'études.

---

## Liste d'abréviations

### A

**ADW** : pondération de la distance angulaire

**AW** : Atlantic water

**ArcGIS** : logiciel de traitement et de gestion de l'informations géographique

### C

°C: Degrée Celcius

**CEPMMT**:Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

**CIRCE**: Climate change and impact research: the Mediterranean environment

**CMEMS**:Copernicus Marine Environment Monitoring Service (, 29

**CRU TS**: Climatic Research Unit gridded Time Series

**CAMS**:The Copernicus Atmosphere Monitoring Service

**C3S**:The Copernicus Climate Change Service

**CLMS**:The Copernicus Land Monitoring Service.

### E

**E**: est

**ECOOP**: European COastal sea Operational observing and Forecasting system

**E-W**: Direction d'est vers le ouest

**EUMETSAT**:l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques

**ESA**: l'Agence spatiale européenne

### F

°F: Fahrenheit

### G

**GEBCO**: General Bathymetric Chart of the Oceans

**GIS**: Géographique information système.

### K

**K**: Kelvin

**km**: Kilomètre

### L

**LIW**: Levantine Intermediate Water

### M

**m**: mètre

**m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>**:Unité de débi volumique

**MAW**:Modified Atlantic Water

**MedCLIVAR**: Mediterranean Climate VARIability and Predictability

**MFS**: Mediterranean Forecast System

**mm**: Milimètre

### O

**OceanVAR**: modèle repose sur un schéma d'assimilation de données variationnelles

### N

**N**: Nord

**NetCDF**: network Common Data Form

**N-S**: direction Nord-sud

### P

**P**: Profondeur

**PSU**: Practical salinity unite

### S

**S**: Slinité

**SESAME**: séminaire Eau et éécurité Alimentaire en éditerranée

**Sv**: Sverdrup

### T

**T°**: T epérature

**T°/S**:Température en fonction de la salinité

### W

**W**:ouest

**WIW**:Winter IntermediateWater

**WMDW**:Western Mediterranean Deep Water

## Liste de figures

<b>Figure01:</b> Carte du bassin versant du bassin méditerranéen .....	6
<b>Figure02:</b> Les différentes échelle de description d'un écoulement .....	8
<b>Figure03:</b> Les trois phases de phénomène de convection profonde des masses d'eau .....	11
<b>Figure04:</b> Schéma de circulation des masses d'eau (MAW-WIW) dans le bassin méditerranéen ouest .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure05:</b> Schéma de circulation des masses d'eau (LIW-TDW) dans le bassin méditerranéen ouest. ....	14
<b>Figure06:</b> Schéma de circulation des masses d'eau (TDW-WMDW) dans le bassin méditerranéen ouest.....	15
<b>Figure07:</b> Carte empirique des principaux vents régionaux soufflant en méditerranée occidentale. <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
<b>Figure08:</b> La carte de la zone d'étude, dans la partie ouest du bassin algérien .....	22
<b>Figure09:</b> Carte simplifiée du sud-ouest de la méditerranée, y compris le sardo-baléares et le nord du bassin algérien.....	25
<b>Figure10:</b> Carte de localisation des zones d'extraction de données.....	30
<b>Figure11:</b> La carte bathymétrique de la zone d'étude.....	35
<b>Figure12:</b> Cartes de distribution annuelles des températures en surface pendant la décennie 2010-2019..	39
<b>Figure13:</b> Cartes de variation de la salinité en surface, pendant la décennie 2010-2019.....	43
<b>Figure14:</b> Carte de bathymétrie de la zone d'étude et le positionnement des points de profils verticales (A) et (B).....	47
<b>Figure15:</b> diagramme de variation verticale interannuelles des températures en points A et B entre les années 2010/2019.....	51
<b>Figure16:</b> Diagrammes de variations verticale interannuelles de la salinité entre les années 2010/2019...	53
<b>Figure17:</b> Diagramme T°/S à la verticale correspondante au point A près de la côte durant les années 2010/2019.....	61
<b>Figure18:</b> Diagramme T°/S correspond à la verticale de point B au large pendant les années 2010/2019.....	62

## Liste de tableaux:

- \_Tableau 01: Le bilan hydrologique des principaux échanges dans le bassin méditerranéen.
- Tableau 02 : Classification et caractéristiques des différentes masses d'eau en méditerranée.

## Sommaire

Introduction générale.....	1
-I). Hydrologie de la Méditerranée occidentale .....	5
I.1 Définition de la circulation hydrologique .....	5
I.2 Le bilan hydrologique des eaux et circulation générale dans la mer Méditerranée .....	6
I.3 La notion des masses d'eau :.....	8
I.3.1 Les masses d'eau dans le bassin méditerranéen occidental .....	8
I.4 Les événements de convection profonde des masses d'eau :.....	10
I.5 Circulation générale .....	12
I.5.1 Circulation de surface .....	13
I.5.2 Circulation intermédiaire .....	14
I.5.3 Circulation profonde .....	15
I.6 Les Facteurs hydrodynamiques :.....	15
I.6.1 <b>Température</b> .....	16
I.6.2 <b>Salinité</b> .....	17
I.6.3 <b>Le vent</b> .....	18
I.7 . Effet de la topographie sur la circulation océanique .....	19
-II). Description de la zone d'étude .....	22
II.1 La situation géographique de la zone d'étude .....	22
II.1.1 La géomorphologie de La marge continentale algérienne.....	23
-III). Matériels et méthode .....	27
III.1 Mesures et observations.....	27
III.1.1 Réseaux d'observations et bases de données.....	27
III.1.2 Présentation des différentes bases de données utilisées et méthode d'exploitation... ..	27
III.2 Traitement des données sur ArcGIS :.....	31
III.2.1 Présentation de l'application ArcGIS : .....	31
III.2.2 Organigramme de l'application ArcGIS :.....	32
-IV). Résultats et discussion.....	35
IV.1 La bathymétrie de la zone d'étude.....	35
IV.2 Etude horizontale de la distribution interannuel de la salinité et des températures en surface (-1.18m) et en profondeur (-200m), pour la dernière décennie (2010/2019).....	37
IV.2.1 Cartes des températures interannuelles entre 2010 et 2019 en surface (-1.18m):.....	37

---

IV.2.2	Distribution annuelles de la salinité en surface pendant la décennie 2010-2019.....	41
IV.2.3	Corrélation entre la salinité et la température en surface :.....	44
IV.2.4	Distribution annuelles de la température à -200m de profondeur pendant la décennie 2010/219: .....	45
IV.2.5	Carte de distribution annuelle de la salinité à -200m de profondeur : .....	49
IV.3	Profils verticaux.....	53
IV.3.1	Les profils verticaux de la température des moyennes annuelles durant la dernière décennie (2010/2019) :.....	54
IV.3.2	Les profils verticaux de la salinité des moyennes annuelles durant la dernière décennie (2010/2019).....	57
IV.3.3	Digramme T/S.....	61
-V).	<b>Conclusion :</b> .....	63
	<b>Pespectives</b> .....	66
	<b>Annexe</b> .....	65
	<b>Références bibliographiques</b> .....	67

---

## Introduction générale

Historiquement, la mer méditerranée a été depuis longtemps considérée comme le carrefour de rencontres des anciennes civilisations (**Bérard, 1895**), et le facteur de conception géographique de monde moderne (**Ruel, 1991**) ; sa situation géographique à la jointure de trois continents, l'Europe, l'Asie et l'Afrique, lui donne une importance géopolitique et socio-économique, non seulement aux pays riverains, mais aussi pour les nations de monde entier (**Crouteix, 2021**). Au présent, malgré la taille réduite de ce bassin (0.8 % de la surface de l'océan global et 0.3 % de son volume), la mer méditerranée occupe un pôle économique considérable; grâce à sa diversité biologique « 28% d'espèces endémiques et 7,5% de la faune et 18% de la flore marine mondiale » elle est à l'origine de 20% de la production marine mondiale<sup>1</sup>.

L'étude de la mer méditerranée devient de plus en plus capitale; le changement climatique et l'augmentation de la pression anthropique sur son espace géographique depuis le début de l'ère industrielle (vers 1850), suscitent des préoccupations non seulement environnementales, mais aussi ils impliquent des grands enjeux économique et politique sur toutes les nations du monde (**Dufois, 2008**); à cet effet, la mer méditerranée est marquée comme l'espace maritime le plus actif au monde, enregistrant plus de 200 millions de touristes chaque année, comme elle est aussi le champ de navigation de 20 % des pétroliers et 30 % des navires marchands mondiaux (**Crouteix, 2021**); de plus ça richesse biologique et son climat particulier, la mer méditerranéenne présente des similarités en terme de processus hydrologiques avec ceux observés dans l'océan global, et la rapidité de réponse au forçage climatique font que la méditerranée est considéré comme un « modèle réduit » de l'océan (**Lacombe et al, 1981**), ce qui la rends comme un champ de recherche et d'explorations dans tous les domaines marins; les premières études consacré au bassin méditerranéen ont été faites par les Russe en 1894 ; là où, ils ont fait des sondages dans la mer de Marmara sur lesquels ils ont fait des études sur leurs état physico-chimiques(**Zimmermann, 1895**); vers la fin de 19<sup>ème</sup> siècle, l'intérêt scientifique à la mer méditerranée est renaît; où la plus parts des recherches ont été consacré pour l'étude de la courantologie et la circulation hydrologique au sein du bassin méditerranéen, notamment dans la bassin occidentale qui présente des caractéristiques géographique et climatiques assez

---

<sup>1</sup> La mer Méditerranée : une richesse unique en déclin rapide | WWF France

particulière (Millot, 1987); où plusieurs campagnes océanographiques et programmes de recherche internationaux ont été entrepris notamment: MFS, ECOOP, SESAME, CIRCE et MedCLIVAR.

## Contexte et problématique

Dans ce mémoire, nous sommes intéressés à l'étude de la circulation hydrologique au sein du bassin algérien en méditerranée occidentale, qui se situe entre la mer d'Alboran orientale à l'ouest, les marges de Sardaigne et de Tunisie à l'est, la marge des Baléares au nord, et la marge algérienne au sud (Mauffret et al, 2004); afin de mieux comprendre le système hydrologique de cette zone, nous sommes procédés à l'étude des paramètres physiques des eaux locales de ce bassin (Température et salinité), ce qui nous a permis de caractériser les différentes masses d'eaux existantes, et aussi leurs comportements adaptés au sein de la mer méditerranée; donc il s'agit d'étudier un système très compliqué, qui implique à la fois la spécificité de sa situation géographique dans un bassin fermé face au détroit de Gibraltar, et la présence des conditions climatiques assez particulières (UNEP, 2017), ce qui implique certainement des modifications hydrologiques, chimiques, sédimentologiques et biologiques dans l'ensemble du bassin algérien.

Pour avoir une vision plus claire sur l'hydrologie du bassin algérien, nous avons choisi la partie occidentale où nous avons entamé une étude qui pourra nous répondre sur les différents questionnements concernant les processus hydrologiques qui se déroulent à ce niveau.

Pour mieux organiser ce mémoire et de répondre clairement à toutes les questions concernant la circulation hydrologique dans le bassin Algérien, nous avons articulé le travail autour de trois parties :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse sur l'hydrologie de la Méditerranée occidentale en général et du bassin Algérien en particulier.
- Le deuxième chapitre est consacré à la description de la zone d'étude

- Le troisième chapitre présente le matériel et méthode, dans lequel nous présentons les bases de données utilisées, les étapes suivies pour l'élaboration des cartes de distribution de la salinité et de la température
- Le quatrième chapitre est consacré aux résultats et discussion.

# **Chapitre (I)**

## **Description de l'hydrologie de la Méditerranée**

## **-I). Hydrologie de la Méditerranée occidentale**

La situation géographique particulière de la méditerranée occidentale elle fait toujours l'objet de recherche scientifique surtout dans le domaine de la courantologie, où les scientifiques ils s'intéressent à l'étude des flux via le détroit de Gibraltar, aussi bien les échanges air-mer par les processus de précipitation-évaporation (**Bethoux, 1979**). Sa situation dans un climat semi-aride fait de ce bassin que les majeurs processus de la courantologie sont contrôlés par le climat (**Bethoux, 1979**).

La mer Méditerranéenne est un bassin semi fermi où cette mer est caractérisée par le fait que les pertes d'eau par évaporation y sont plus importantes que les apports par précipitation et ruissellement, ce qui l'a qualifié comme un bassin déficitaire (**Millot, 1989**); ses eaux sont caractérisées par leurs fortes salinités, une température élevée, et leur densité importante (**Tanhua et al., 2013**). La communication de ce bassin avec l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar, permet de maintenir l'équilibre hydrodynamique par un flux qui rentre de l'océan atlantique pour compenser le déficit de la méditerranée occidentale (**Bryden et al, 1984**), donc une rencontre des eaux de différentes caractéristiques physico-chimiques se déroulent au niveau de la Méditerranée occidentale; c'est justement à partir de là, que la circulation hydrologique se crée.

### **I.1 Définition de la circulation hydrologique**

Est un facteur de stress mécanique de l'environnement marin, qui engendre le mouvement des eaux; on distingue deux types des courants marins (**Déporte, 2016**):

- Les courants océaniques qui sont dû à la présence des différences de températures et de salinité entre les différentes masses d'eau voisine. Ils apparaissent généralement au large (**Déporte, 2016**).
- La circulation côtière est essentiellement dépendante de quatre facteurs : la marée, le vent, la différence de densité des masses d'eau, et les courants induits par la houle (**Le Gendre et al, 2016**).

## I.2 Le bilan hydrologique et circulation générale dans la mer Méditerranée

La Méditerranée étant un système micro-tidal, le forçage prédominant est d'origine climatique; sous l'effet des vents continentaux, les étés y sont chauds et secs, et les hivers doux et humides, avec peu de précipitations (**Garreau, 2012**). Ce bassin se présente sous un échange hydrique permanent avec les bassins adjacents (l'océan atlantique, et la méditerranée orientale) (**Millot, 1999**); cependant une variation saisonnière et interannuel du bilan hydrique a été clairement marqué relatif aux circonstances météorologiques et aux changements climatiques qui prévalent la région du bassin méditerranéen (**Bethoux et al., 1999**).

Si on considère que le détroit de Gibraltar est fermé, la mer méditerranée se retrouve face à un déficit d'eau d'une couche équivalent de 0,5 à 1 m/an, qui est dû aux évaporations, la diminution du niveau de la mer par rapport à l'océan atlantique permet aux eaux atlantique (AW) de couler avec un débit  $\sim 1 \text{ Sv}$  ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) vers le bassin de la méditerranée occidentale pour compenser ce déficit (**Testor et al., 2005**); et aussi, les eaux des précipitations (tableau01), et les apports des fleuves (tableau01) qui couvrent le bassin versant méditerranéen (figure1), collaborent dans la compensation de déficit avec un taux globale de  $44000 \text{ m}^3/\text{s}$  (**Tixeront, 1969**).



**Figure 01:** Carte du bassin versant du bassin méditerranéen (Courteau, 2011)

**Tableau 02:** Le bilan hydrologique des principaux échanges dans le bassin méditerranéen. (Tixeront, 1969)

	Le bilan avec la mer méditerranée	
	Bilan en m <sup>3</sup> /s	épaisseur de la lame en mm
L'océan atlantique	45000	570
La mer noire	6000	76
Les apports fluviaux	16000	204
Les précipitations	28000	390
Les évaporations	95000	1200

Selon (Bryden et al, 1984) l'équilibre hydrologique entre la mer méditerranée et l'océan atlantique s'établit selon les équations suivantes:

$$Q_A + Q_M = E \quad (1)$$

$$S_A * Q_A + S_M * Q_M = 0 \quad (2)$$

Donc :

$$Q_A = \frac{S_M}{S_M - S_A} * E \quad (3)$$

$$Q_M = - \frac{S_A}{S_M - S_A} * E \quad (4)$$

$S_M$  : La salinité apparente des eaux de la méditerranée

$S_A$  : La salinité apparente des eaux de l'océan atlantique

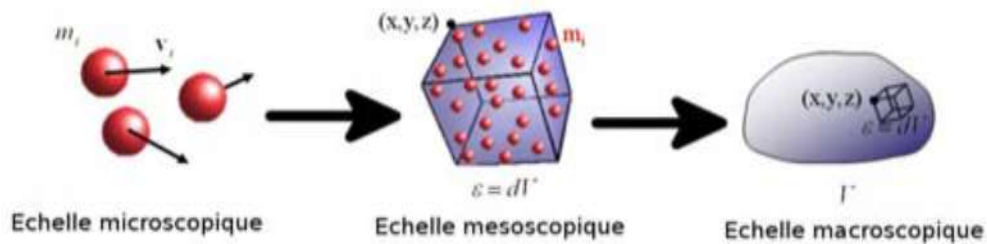
$Q_M$  : Le flux entrant par le détroit de Gibraltar

$Q_A$  : Le flux sortant de la mer méditerranée

$E$  : L'évaporation nette dans la méditerranée

### I.3 La notion des masses d'eau

L'eau de mer est un fluide constitué d'éléments fondamentaux discrètes (échelle microscopique), l'ensemble de ces molécules peuvent former un milieu continu qui peut définir une entité physique à l'échelle macroscopique qui est dans notre cas «les masses d'eau» (Figure 02); l'état de ce fluide est donc tout dépend de l'état physicochimique de ses composantes élémentaires de  $(T^\circ, S, P)$  ce qui définissent l'état physique de ces masses d'eau et leurs adaptation mouvoir les un des autre dans le milieu marin (Damien, 2015).



**Figure 02:** Les différentes échelle de description d'un écoulement (Damien, 2015).

#### I.3.1 Les masses d'eau dans le bassin méditerranéen occidental

Comme nous l'avons vu précédemment, la mer Méditerranée occidentale possède sa propre circulation qui est dû aux gradients de température et de la salinité, c'est la *circulation thermohalin* (Bozec, 2006); ce gradient de densité résulte des transformations que l'eau Atlantique subit à l'effet de son interaction avec l'atmosphère et le mélange avec les eaux locales durant sa progression dans le bassin Méditerranéen (Send et al., 1999).

La Méditerranée occidentale est caractérisée par quatre masses d'eau: les eaux de surface d'origine Atlantique MAW (*Modified Atlantic Water*), les eaux levantines intermédiaires LIW (*Levantine Intermediate Water*), les eaux profondes ouest méditerranéennes WMDW (*Western Mediterranean Deep Water*), et WIW (*Winter Intermediate Water*) (Millot, 1999),

##### ➤ **Modified Atlantic Water (MAW)**

L'eau atlantique (AW), entrant par le détroit de Gibraltar légère, froide et peu salée (Bozec, 2006); elle confronte des eau de densité relativement supérieur à celle de l'océan atlantique qui est de l'ordre  $S > 38,4$  PSU, elle s'écoule donc en surface (Baringer et al, 1997); en parcourant son cheminement en surface vers l'est, elle soumise à l'action des forçages atmosphériques (flux

de chaleur, la tension du vent) et des mélange avec l'eau méditerranéen, ces derniers vont modifier les caractéristiques de la masse d'eau d'origine atlantique (AW) est-elle se transforme en *Modified Atlantic Water* (MAW) cette masse d'eau occupe une couche qui va de la surface jusqu'à environ -150m de profondeur dans le bassin Algérien. Elle possède une salinité entre ~36,5 à 38,00 PSU, et une température qui varie entre 15 et 23°C en surface, et entre 13,5 à 14 à la profondeur (**Benzohra et al, 1995**).

➤ **Levantine Intermediate Water (LIW)**

Elle s'agit d'une masse d'eau chaude 13.5°C et de salinité d'ordre de 38.7PSU, elle s'écoule en dessous jusqu'au environ 800m de profondeur; elle est formée en hiver en mer Levantine en Méditerranée orientale (**Ovchinnicov et al, 1984**), (**Lascaratos et al, 1993**); par suite elle pénètre dans le bassin occidental par le détroit de la Sicile; ses caractéristiques (T°/S) sont alors très marquées. Elles se dégradent au fur et à mesure qu'elle progresse dans son parcours dans le bassin mais celle-ci reste identifiable par un maximum de salinité (**Wu et al, 1996**).

➤ **Western Mediterranean Deep Water (WMDW)**

La WMDW se forme en hiver au large du golfe du Lion et en mer Ligure. Elle se retrouve au-dessous de de la LIW; elle est identifiable à partir de 600-700m de profondeur avec une salinité comprise entre 38.42 et 38.47 PSU et une température entre 12.75 et 12.9°C (**Benzohra et al, 1995**); sous l'action de forçages atmosphériques intenses, la MAW se densifie induisant un mélange vertical qui s'approfondit, si les flux atmosphériques se maintiennent. Ainsi, lorsque la LIW est totalement impliquée dans ce processus, le mélange verticale peut atteindre les couches profondes renouvelant ainsi la WMDW(**Rixen et al., 2005**).

➤ **Winter Intermediate Water (WIW)**

Au nord de la méditerranée occidentale (golfe du Lion), en hiver les forçages atmosphériques sont souvent trop faibles, donc ne conduisent pas toujours à de la convection profonde ce qui provoque le refroidissement de la MAW. La LIW n'est alors pas impliquée dans le mélange vertical. La WIW est alors formée et se retrouve entre 100m et 300m de profondeur. Elle est principalement formée dans le golfe du Lion (**Fuda et al, 2000**), et en mer Ligure (**Sparnocchia et al., 1995**). Au fur et à mesure qu'elle s'éloigne de sa zone de formation, elle dégrade ses

caractéristiques mais elle reste identifiable par un minimum de température entre  $\sim 12-13^{\circ}\text{C}$  (Pinot et al, 1999).

**Tableau 02** : Classification et caractéristiques des différentes masses d'eau en méditerranée:(Bozec, 2006)

Masses d'eau	T( $^{\circ}\text{C}$ ), S et $\sigma_0$ ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Localisation	R é f é r e n c e
AW: Atlantic Water	T= 16, S=36.2	Gibraltar	<i>Baringer ET Price, 1997</i>
WMDW: Western Mediterranean Deep Water	T=12.7, S=38.4, $\sigma_0=29.1$	Golfe du Lion	<i>Rohling et Bryden, 1992</i>
	T=12.9, S= 38.43	Golfe du Lion	<i>Testor et Gascard, 2003</i>
ADW: Adriatic Deep Water	T=13, S=38.65	Détroit d'Otrante	<i>Cacic et al, 1996</i>
NADW: North Adriatic Deep Water	T=11.35 $^{\circ}\text{C}$ , S=38.3, $\sigma_0>29.2$	Mer Adriatique	<i>Artegiani et al., 1997</i>
LIW: Levantine Intermediate Water	T=15.2-15.5, S=39.1-39.2, $\sigma_0=29.15$	Gyre de Rhodes	<i>Sur et al, 1992</i>
	T=13.9-14.1, S=38.77, $\sigma_0=29.07$	Détroit de Sicile	<i>Manzella et al. 1988</i>
	T=13.1, S=38.5, $\sigma_0=29.06$	Baléares	<i>Rolling et Bryden, 1992</i>
LDW: Levantine Deep Water	T=14., S=38.85, $\sigma_0=29.16$	Gyre de Rhodes	<i>Ceriman et al, 1994</i>
EMDW: Eastern Mediterranean Deep Water	T= 13.6, S=38.72, $\sigma_0=29.15$	Fond du bassin Ionien	<i>Malanotte-Rizzoli et al 1988</i>
	T=13.3, S=38.66,	Fond du bassin Ionien	<i>Schlitzer et al, 1991</i>
	T= 13.6, S=38.8, $\sigma_0=29.2$	Fond du bassin Ionien (après l'EMT)	<i>Roether et al, 1996</i>
CIW: Cretan Intermediate Water	T=14.02, S=38.985, $\sigma_0=29.15$	Mer de Crète (avant l'EMT)	<i>Schlitzer et al, 1991</i>
	T=14.84, S=39.06, $\sigma_0=29.14$	Mer de Crète (après l'EMT)	<i>Klein et al, 1999</i>
CDW: Cretan Deep Water	T=14.01, S=39.04, $\sigma_0=29.31$	Passage Crétois	<i>Klein et al., 1999</i>

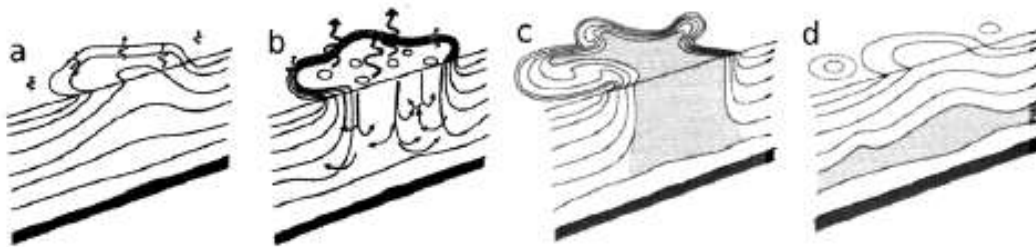
#### I.4 Les évènements de convection profonde des masses d'eau

La Méditerranée nord-occidentale est l'une des rares régions dans le monde où la convection profonde peut avoir lieu (Leaman et al, 1991). Les évènements de convection profonde sont conditionnés par deux éléments:

- Les forçages atmosphériques doivent y être particulièrement intenses pour déclencher d'important flux de chaleur et d'eau entre l'océan et l'atmosphère. Ils permettent une densification des eaux exposées en surface et dégradent la stratification.

- Deuxièmement, la stratification initiale de l'océan doit être suffisamment faible pour que les eaux profondes puissent être rapidement exposées au forçage de surface. Cette condition est favorisée par une circulation cyclonique associée à un "doming" des isopycnes (**Damien, 2015**).

La convection profonde des masses d'eau passe par trois phases (figure 04):



*Figure 03: Les trois phases de phénomène de convection profonde des masses d'eau*

#### I.4.1.1 Pré-conditionnement

La phase de pré-conditionnement diminue localement la stratification de l'océan. Cela est possible grâce à une circulation cyclonique et par conséquent à un "doming" des isopycnes<sup>2</sup> au centre du gyre<sup>3</sup>. Des eaux moins stratifiées sont ainsi rapprochées de la surface et sont de plus piégées par la barrière dynamique induite par la circulation. En hiver, ces eaux sont soumises de manière prolongée à d'intenses pertes de flottabilité dues à d'importants forçages atmosphériques. La stratification en surface peut être rapidement érodée, exposant les eaux moins stratifiées sous-jacentes à la surface (**Swallow et al, 1973**). Cette phase de pré-conditionnement se fait à l'échelle d'une centaine de kilomètres.

<sup>2</sup> La densité de l'eau de mer dépend de la température, de la salinité et de la pression. Les lignes joignant les points de même densité sont appelées isopycnes (isopycne / I / Glossaire / infos / envlit / Ifremer - envlit visité le 06/06/2021)

<sup>3</sup> Les gyres sont des caractéristiques de circulation induites par le vent/ou le forçage thermohalin et ou des caractéristiques topographique qui sont clairement limitées par la bathymétrie (à l'échelle du bassin et sous-bassin) (Millot-Taupier Letage, 2005).

#### I.4.1.2 Mélange vertical

Lorsque les conditions deviennent extrêmes, les épisodes du Mistral et Tramontane sont suffisamment intenses pour déclencher la phase de mélange vertical.

Ces vents induisent des échanges thermiques et par conséquent des plongées d'eaux superficielles, les eaux intermédiaires d'hiver (WIW, Winter Intermediate Water) ( $T \sim 12-13^\circ\text{C}$ ) froides et peu salée (**Juza et al, 2013**).

Graduellement, dans les couches intermédiaires, Il y a instabilité convective dans la couche de mélange, l'eau froide de surface se mélange avec l'eau plus chaude qui se trouvait en dessous, dans ces cas-là, la LIW joue un rôle crucial dans le pré conditionnement de la cellule convective hivernale (**Group et al., 2011**), et permet d'injecter une grande quantité de sel et de chaleur favorisant le mélange vertical.

Cette instabilité de la colonne d'eau entraîne l'apparition de structures d'environ 1 km de diamètre, un ensemble de « plumes » où l'écoulement est vers le bas, atteint typiquement 0,1 m/s, permettant le renouvellement des eaux profondes.

#### I.4.1.3 La ré-stratification

La restratification de la zone de convection profonde commence dès que le mélange vertical intense cesse (**Houpert et al., 2015**).

L'approfondissement de la couche de mélange dans la zone de pré-conditionnement induit une augmentation de la pente des isopycnes entre les eaux mélangées et les eaux stratifiées. L'augmentation de cette pente se traduit également par une augmentation de la vitesse horizontale entre ces deux zones (**Marshall et al, 1999**). Lorsque la pente des isopycnes devient trop importante, un processus d'instabilité barocline peut se déclencher. Le front développe alors des méandres (~10km) qui peuvent conduire à la formation de tourbillons(**Gascard, 1978**).

### I.5 Circulation générale

En Méditerranée Occidentale, on distingue quatre masses d'eau principales ; la MAW (Modified Atlantic Water) ; la WIW (Winter Intermediate Water) ; la LIW (Levantine Intermediate Water) et la WMDW (Western Mediterranean Deep Water) (**Millot, 1999**), la circulation de ces masses d'eau se fait sur trois niveaux :

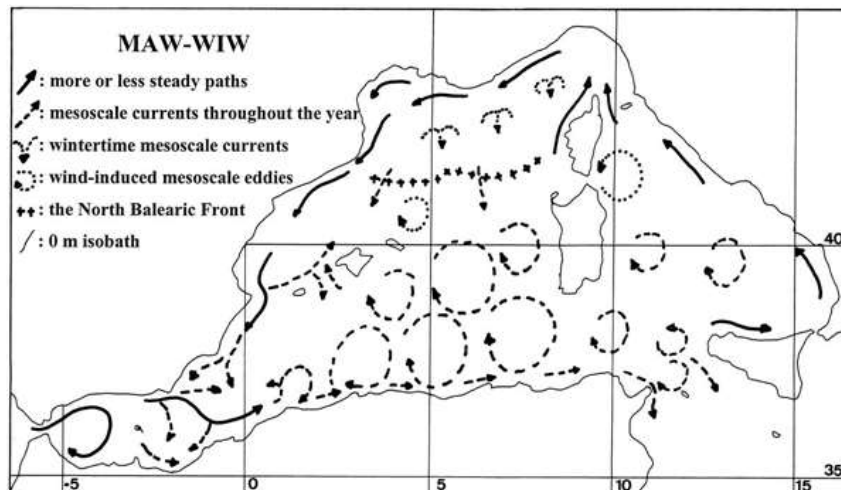
### I.5.1 Circulation de surface

En entrant dans la méditerranée, les eaux de surface de l'AW, décrivent généralement deux gyres anticyclonique en mer d'Alboran orienté d'abord vers le nord-est(**figure5**),en raison de l'orientation du détroit, puis contraints par la force de Coriolis se restructure à 0° de longitude le long de la côte algérienne(**Group et al., 2011**). Par le biais de processus diffusifs, l'AW sur son chemin vers l'est devient de la MAW (**Malanotte-Rizzoli, 2001**).

L'écoulement des eaux atlantiques modifiées (MAW) peu denses génèrent la formation d'un courant connu pour être instable, nommé 'Courant Algérien (AC)' d'un débit de  $\sim 1,7$  Sv le long du talus continental algérien jusqu'au détroit de Sicile.

Une partie de ces masses d'eau progresse le long du chenal de Sardaigne dans sa partie sud, continue à travers le détroit de Sicile, alimentant de deux tiers le bassin oriental Méditerranéen. L'autre tiers remonte en Mer Tyrrhénienne continue à s'écouler d'une manière cyclonique<sup>4</sup> le long des côtes italiennes, devient le courant Est-Cors et fusionne au niveau du Golfe de Gène avec le courant Ouest Corse provenant du bassin algérien.

Cette fusion donne le Courant Nord, qui redescend le long des côtes françaises et espagnoles. Une branche de cette masse d'eau de surface bifurque vers le nord-est des Baléares tandis que le reste progresse jusqu'au frontière Alboran-Algérie pour boucler la circulation cyclonique de la MAW(**Testor et al., 2005**).



**Figure 04** : Schéma de circulation des masses d'eau (MAW-WIW) dans le bassin méditerranéen ouest, (Millot 1999)

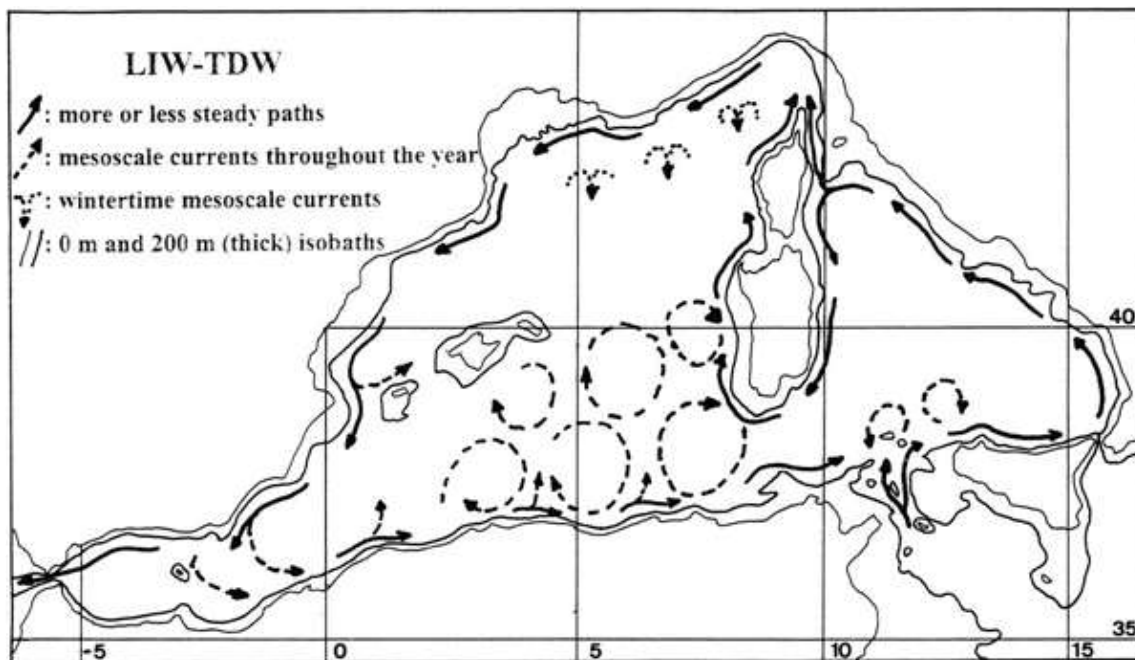
<sup>4</sup> Circulant dans le sens antihoraire dans l'hémisphère nord.

### 1.5.2 Circulation intermédiaire

La LIW, elle s'écoule en dessous jusqu'à environ 800m. Il s'agit d'une masse d'eau chaude ( $\sim 13.5^{\circ}\text{C}$ ) et salée ( $\sim 38.75\text{‰}$ ). Elle est formée en hiver en mer Levantine en Méditerranée orientale (**Ovchinnicov et al, 1984**); par suite elle traverse le canal de Sicile vers le bassin occidental (Figure,6), au fur et à mesure du parcours de la LIW dans le bassin, elle se dégrade mais celle-ci reste identifiable par un maximum de salinité (**Wu et al, 1996**).

Une branche entre directement dans la mer Ligure, tandis que la majeure partie poursuit son circuit cyclonique autour de la mer Tyrrhénienne vers le canal de Sardaigne (Figure,6). L'écoulement remonte alors vers le nord le long de la côte ouest de la Sardaigne et de la Corse fusionne avec la branche précédente et s'écoule successivement de façon antihoraire autour de la mer des Baléares (**Malanotte-Rizzoli, 2001**).

En arrivant au détroit de Gibraltar, une partie de la LIW s'échappe vers l'Atlantique, l'autre, entraînée par l'eau de surface d'origine atlantique, venant de la mer d'Alboran rejoint les côtes africaines et le courant algérien.

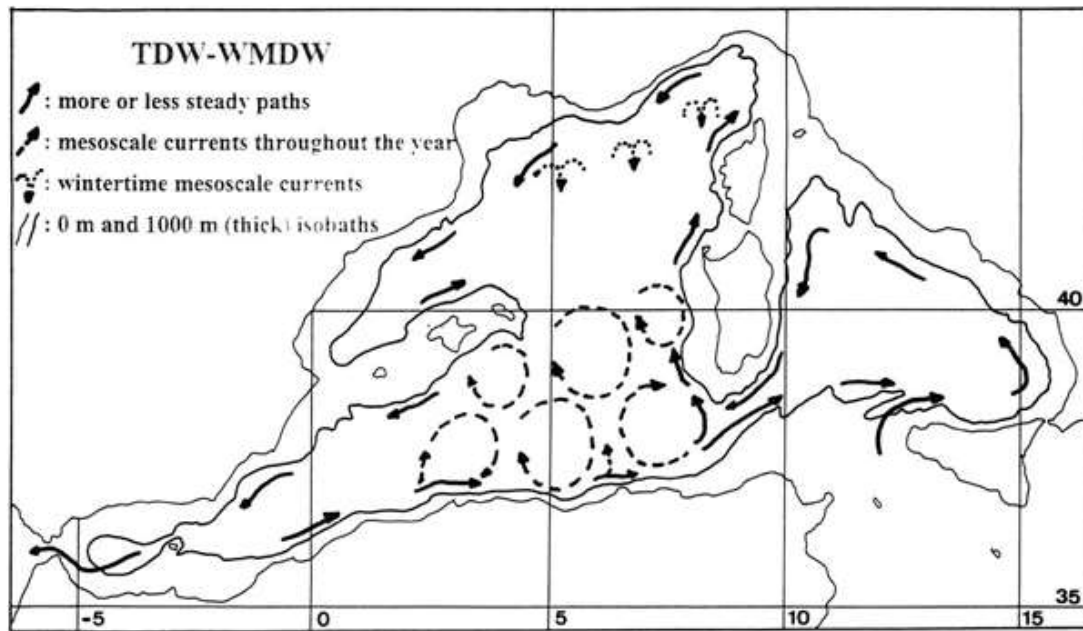


**Figure 05:** Schéma de circulation des masses d'eau (LIW-TDW) dans le bassin méditerranéen ouest. (Millot, 1999)

### I.5.3 Circulation profonde

La TDW est formée en mer Tyrrhénienne et s'y écoule ensuite suivant le même mouvement cyclonique. Une fois le chenal de Sardaigne franchi à l'est (Figure,7), la TDW continue le long du bloc Corse-Sardaigne à l'ouest pour arriver dans le Ligurien et le Provençal (Millot et al, 2005), elle suit alors la circulation globale sous la LIW.

Juste après les évènements de convection profonde, la WMDW est emporté par le courant Nord; une partie contourne le talus des Baléares, s'étend dans le bassin algérien et longe vers l'est en suivant une circulation cyclonique dans tout le bassin ; l'autre partie s'écoule en mer d'Alboran se mélangeant à la LIW sus-jacente (Malanotte-Rizzoli, 2001) et contribue à l'écoulement de Gibraltar dans l'Atlantique Nord.



*Figure 06 : Schéma de circulation des masses d'eau (TDW-WMDW) dans le bassin méditerranéen ouest, (Millot 1999)*

### I.6 Les Facteurs hydrodynamiques :

Les deux facteurs principaux qui influencent sur l'état physique de l'eau de mer sont, la température et la salinité ; qui de concert permettent d'identifier une masse d'eau particulière, et de décrire leurs densité, qui est en fonction des trois paramètres,  $\rho = \rho (p,T,S)$  (Roy-Barman et al, 2011); les variations physique de la densité de l'eau de mer peut générer des courants hydrologiques, ce qu'on appelle les courants de densité (Déporte, 2016).

Les propriétés de la surface de la mer sont dépendantes de son interaction avec l'atmosphère, générée en partie par la force mécanique d'entraînement du vent ou ce qu'on appelle mouvements horizontaux, mais aussi, jouent un rôle prépondérant dans le pré-conditionnement de la formation d'eau profonde comme le cas du Golfe du Lion (**Bozec, 2006**). Cette dynamique océanique ou mécanisme 'thermohalin' (courant chauds en surface et courants de retour froids en profondeur) permet de répartir l'énergie thermique solaire accumulée sur place sous forme de chaleur dans les tropiques puis restituée à l'atmosphère et à l'espace dans les moyennes et hautes et latitudes ; la méditerranée présente un déficit de chaleur d'environ  $7 \text{ W/m}^2$  en moyenne annuelle (**Béthoux, 1979**).

### I.6.1 Température

La température représente la quantité de chaleur contenue dans une matière donnée (fluide ou solide). Ses unités sont le degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), degré Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) ou le Kelvin (K).

La distribution de la température de l'eau de mer en surface, est un élément essentiel dans l'échange d'énergie entre la mer et l'atmosphère. La quantité de vapeur d'eau relâchée ou absorbée par la mer dépend directement de sa température de surface et de rayonnement solaire qu'elle reçoit (**Barnier et al, 2006**).

Les transferts de chaleur se font par :

- **Radiation:** plus la température de surface est élevée, plus la mer radie de la chaleur et d'eau.
- **Conduction:** la surface de la mer est en moyenne plus chaude que l'air au-dessus, d'où perte par conduction.
- **Evaporation:** c'est le principal mécanisme par lequel la mer méditerranée perd de la chaleur. Les transferts d'eau se font par évaporation, condensation, précipitation et par échange de gaz et d'aérosols en cas de fort vent.

La répartition des températures de surface de la mer est cruciale dans certains phénomènes particuliers, notons :

Une augmentation significative de la température de surface peut diminuer la fréquence de formation d'eau dense dans les différents sites et, en conséquence, ralentir la circulation thermohaline.

Les variations de températures des eaux sortantes de la Méditerranée, à travers le détroit de Gibraltar, peuvent influencer la circulation générale dans l'Atlantique nord qui est l'endroit principal de formation d'eau profonde contrôlant la circulation thermohaline globale (**Bachari et al, 2017**).

La température de surface de la mer est également importante pour la vie marine qui dépend de conditions bien précises pour subsister. Les poissons, le plancton, les mollusques, les algues ont tous une plage de températures qu'ils peuvent supporter.

#### **I.6.1.1 La distribution de la température avec la profondeur**

En mer le rayonnement solaire frappe la surface, les rayons donc sont absorbés par la couche d'eau superficielle sur une profondeur de 50 à 200 mètres. Le vent et les vagues font circuler cette eau, distribuant la chaleur à peu près uniforme sur les premières dizaines de mètres de profondeur, on y distingue ainsi la couche de mélange qui peut varier de 20 à 60 m en été, quand les eaux de surface sont très chaudes et peu salées, à plusieurs centaines de mètres en hiver, quand les eaux de surface se refroidissent et qu'elles sont brassées par des vents violents (**Crépon et al, 1984**); ce réchauffement des eaux de surface entraîne une stratification de la mer, on trouve alors des eaux chaudes et peu denses en surface et des eaux froides et plus denses en profondeur.

#### **I.6.2 Salinité**

La salinité représente la quantité totale de sels dissous dans 1 kg d'eau de mer. On l'évalue en mesurant la conductivité. Elle est sans unité, mais est souvent exprimée en pour mille (‰) ou en UPS : Unité Pratique de Salinité, qui équivaut approximativement à 1mg/g de sels.

La salinité varie au cours du temps en fonction des apports d'eau douce et des conditions hydrodynamiques. Les apports d'eau douce par les cours d'eau ou les précipitations, ont tendance à diminuer la salinité, alors qu'à l'inverse, l'augmentation de la salinité est liée essentiellement à

l'évaporation<sup>5</sup> en surface et au mélange vertical dans les zones soumises à de forts vents. Dans les latitudes moyennes, un excès d'évaporation par rapport aux précipitations entraîne les eaux de surface étant plus salées que les eaux profondes (**Garreau ,2012**).

La stratification de la mer liée à une densité d'eau variable dans la colonne d'eau amène à la formation de pycnocline, c'est-à-dire un gradient fort des isopycnes, les lignes d'iso-densité. Lorsque cette pycnocline est contrôlée par la salinité, on parle d'halocline. Dans la majeure partie de l'océan, le mélange des eaux se fait principalement sur les isopycnes. Durant ce mélange isopycnal, la température et la salinité des eaux sont modifiées, mais pas la densité (**Roy-Barman et al, 2011**). L'effet de la salinité sur la densité de l'eau de mer joue pourtant un rôle très important dans la circulation thermohaline globale, en faisant plonger aux hautes latitudes les eaux plus salées apportée depuis les latitudes moyennes, lorsque celles-ci se refroidissent. Se forme ainsi aux hautes latitudes les eaux profondes qui remplissent ensuite tous les bassins abyssaux de la planète.

### I.6.3 Le vent

Le bassin occidental de la Méditerranée occupe une situation de carrefour aérologique au sein du système climatique mondial sous l'effet des reliefs, les Pyrénées, le massif central, et les Alpes dans la rive nord, et le massif de l'atlas au sud ;

Ces trois dernières chaînes montagneuses, très rapprochés, forment deux canaux de circulation où le vent s'engouffre gagnant ainsi en intensité sur le Golfe du Lion. Ces vents, le Mistral (par le couloir Rhodanien) et la Tramontane (entre le massif central et les Pyrénées), jouent un rôle prépondérant dans le pré-conditionnement de la formation d'eau profonde dans le Golfe du Lion (**Bozec, 2006**).

En Mer Adriatique, nous retrouvons la même configuration entre les Alpes Autrichiennes et les Alpes Dinariques créant un passage pour les vents continentaux soufflant du Nord-Est ou "vent Bora" refroidissant fortement les eaux situées au nord de la Mer Adriatique. Plus à l'est, les vents étésiens provenant de Russie soufflent du Nord-Est entre les montagnes Turques et Grecques sur

---

<sup>5</sup> l'évaporation qui dépend de la vitesse du vent et de l'humidité de l'air ; un air sec accroît l'évaporation aura tendance à augmenter la salinité. (Interférences avec des processus hydrologiques PRESSIONS PHYSIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS Modification du régime de salinité Pascal Lazure (Ifremer, Brest), Jérôme Paillet (AAMP, Brest).

le nord de la Mer Egée avant de s'infléchir vers le Sud-Est au niveau de la mer de Crète (**Bozec, 2006**).

On peut distinguer les vents froids, secs et saisonniers venus du secteur nord et ceux chauds et secs venus du secteur sud (Sahara). Les premiers affectent majoritairement la rive nord du bassin occidental alors que les seconds soufflent avant tout sur les rives sud de ce même bassin.

On peut mentionner le sirocco d'Afrique du nord ou communément appelé Chergui en Algérie, qui est un vent chaud de secteur sud-est ou encore la Tramontane et le Mistral dans le Golfe du Lion, qui sont des vents du nord chargés d'air froid et sec (**Barniaudy,2010**).



*Figure 07: Carte empirique des principaux vents régionaux soufflant en méditerranée occidentale (Barniaudy,2010).*

### I.7 Effet de la topographie sur la circulation océanique

La configuration topographique des fonds marins joue un rôle crucial dans la circulation océanique. Les reliefs sous-marins orientent le sens des courants selon leurs formes, directions, profondeurs, et rugosités (**Pennel, 2011**), tout en constituant un système qui permet aux masses d'eaux de conserver leur énergie. Plus le fond est profond plus les masses d'eaux ont la capacité de conserver leur énergie thermique ce qui parfois favorise la stabilité de la circulation (**Baudrier et al, 2016**).

L'influence de la géomorphologie sous-marine sur la colonne d'eau est lié à l'instabilité barocline, cela signifie qu'un écoulement sur un plan B avec une pente zonale quelle que soit son

ampleur, déstabilise toujours les écoulements zonaux de fond qui sont en général stables en l'absence de topographie. Alors que les pentes méridionales peuvent influencer les flux zonaux uniquement en modifiant le gradient de vorticité potentielle de fond. L'accélération du rotationnel de vitesse (vorticité) et la structure verticale des eaux dépendent fortement de l'ampleur de la pente ce qui conduit le plus souvent à la formation des structures tourbillonnaires lorsque le gradient de vorticité est suffisamment grand (**Chen et al, 2013**).

L'équation de potentiel de vorticité (**Pennel, 2011**):

$$Q_i = \frac{\xi_i + f}{h_i} \quad (1)$$

- i** : Couche supérieur ou inférieur de la masse d'eau,
- $\xi$**  : Vorticité relative de la colonne d'eau de *hauteur  $h_i$* ,
- $f$**  : *Vorticite planétaire*

## **Chapitre (II)**

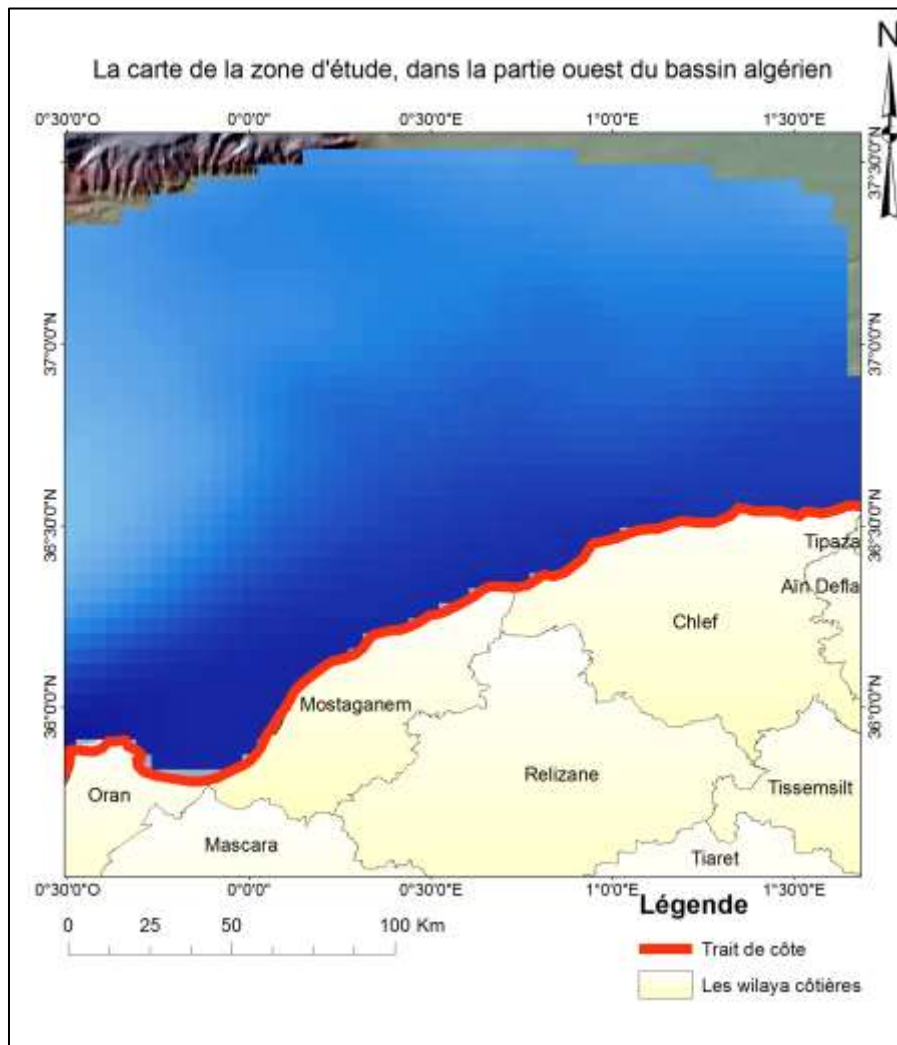
### **Description de la zone d'étude**

## -II). Description de la zone d'étude

### II.1 La situation géographique de la zone d'étude

Dans ce mémoire, nous avons choisi notre zone d'étude dans la partie occidentale du bassin algérien, elle se délimite en est par la frontière Chlef-Tipaza, et elle s'étire jusqu'à la limite ouest de cap d'Arzew, comprise entre les coordonnées L :  $1^{\circ}41'38''$  et al :  $36^{\circ}33'10.8''$  à l'est et L :  $0^{\circ}23'9.6''$  et al :  $35^{\circ}54'39.6''$  au ouest.

La côte de cette zone s'étend sur 225 km de longueur, sous une forme incurvée, peu découpée; ses sinuosités sont caractérisées par d'imposantes falaises qui forment une succession de baies et golfes plus ou moins ouverts séparés par des régions escarpées.



*Figure 08: La carte de la zone d'étude, dans la partie ouest du bassin algérien*

Cette côte compte plusieurs oueds dont le plus importants est l'oued de Tafna, Chlef avec à débit hydrique important qui se verse en mer.<sup>6</sup>

### II.1.1 La géomorphologie de La marge continentale du bassin algérien

Selon une thèse admise dans le sillage des travaux de Broucart (1960) montre qu'en règle générale, les terres émergées se prolongent en mer par une bordure sous-marine plus ou moins étendue, plus ou moins plate, appelée marge continentale ou encore pré-continent (**Leclaire, 1972**).

La marge continentale algérienne c'est-à-dire la bande maritime de près de 20 kilomètres de largeur au-delà des côtes algérienne (**Chaouche et al, 1993**), correspond à la partie centrale de la bordure sud de la méditerranée occidentale. Elle occupe l'espace compris entre les marges tunisiennes à l'Est et marocaine à l'Ouest et s'étend sur 1622 km d'Est en Ouest (**Kacemi, 2013**). Entre la longitude 8°5' Est et 2°2' Ouest son orientation est sensiblement Est-Ouest depuis la frontière Algéro-tunisienne, jusqu'au méridien de Ténès. Au-delà vers l'Ouest, elle devient Nord-Est Sud-Ouest jusqu'à la frontière Algéro-marocaine.<sup>7</sup>

Le précontinent de la Berbérie méditerranéenne présente au centre devant l'Algérie un paysage sous-marin relativement peu étendue et très escarpée (**Leclaire, 1972**). Il est l'un des plus escarpés de la Méditerranée occidental avec un bassin décrit comme étant une cuvette relativement plate, profonde de 2700 m en moyenne (**Domzig, 2007**). Ce plateau continental, avec ses 7 km de largeur moyenne, est l'un des plus étroits du bassin Ouest-méditerranéen qui apparait comme fragmenté et discontinu en forme d'escaliers.

Dans certains cas, il disparaît pratiquement ou se réduit à une corniche sous-marine de moins d'un kilomètre de large notamment en face des massifs élevés tels que ceux de Kabylie, d'Alger, du Chenoua et de Ténès (**Figure 10**). En revanche face à des bassins néogènes<sup>8</sup>, tels que la Mitidja et

---

<sup>6</sup> Ministère chargé de l'environnement -PAP RAC/ PAM, 2015. Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie. (Appui PAM-MedPartnership, UNESCO). p94.

<sup>7</sup> Notes de cours de Géologie , 2017.

<sup>8</sup> Période du cénozoïque (ou tertiaire) subdivisé en deux époques (miocène et pliocène).

le bassin de Chelif et la Soummam, le plateau devient plus étendu et peu atteindre quelques dizaines de kilomètres. Cette disharmonie est due à deux aspects principaux :

Il est étroit (plateau pratiquement inexistant-littoral rectiligne, à falaises), devant les massifs élevés.

Il est plus large (plateau nettement différencié-littoral bas et échancré) au droit des dépressions comme c'est le cas des baies et des golfes (Figure10).

Cette étroitesse et diversité caractérisent le précontinent algérien, les variations de déclivité de sa pente continentale le singularisent encore davantage. C'est ainsi que dans le Golfe de Ghazaouet (anciennement Golfe de Nemours) l'abrupt est de  $1^\circ$  alors que près des massifs de Kabylie, il est d'environ  $15$  à  $20^\circ$ , ainsi le dénivelé moyen est proche de  $3500$  m sur une largeur d'environ  $20$  à  $30$  km. Cette pente continentale présente une orientation générale E-W avec cependant des indentations NE-SW (large d'Oran, frontière algéro-tunisienne) et NW-SE qui sont à l'origine de l'aspect des golfes sur le rivage algérien. (**Auzende, 1978**).

Le rebord de la plate-forme est entaillé par de nombreux vallées sous-marines ou canyons qui dissèquent la pente et débouchent vers  $-2000$ m, ces vallées prennent en effet naissance dans de véritables cirques de type torrentiel ou des ravins entaillent le rebord continental en dessinant la très classique patte d'oie (**Leclaire, 1972**), servant de voies de transits pour les sédiments favorisant ainsi l'évacuation des matériaux détritiques fournis par l'érosion, alimentant ainsi les éventails sédimentaires profonds (**Fernane, 2014**)

De plus, les canyons qui coupent la pente continentale fonctionnent comme "pièges à sédiments", permettant à l'eau dense sur le plateau quelle que soit sa direction d'écoulement d'être capturée et d'atteindre de grandes profondeurs<sup>9</sup>.

Par ailleurs le glacis continental, zone de transition entre la pente continentale et la plaine abyssale généralement étroit, et est beaucoup plus large sur les marges continentales septentrionales que méridionales cela s'explique simplement par le fait que les fleuves susceptibles d'apporter des sédiments se trouvent au Nord occidental, tandis que dans le Nord de l'Afrique, les apports de sédiments sont très réduits (**Chaouche et al, 1993**).

---

<sup>9</sup> Note de cours Doglioli, 2020



## **Chapitre (III)**

### **Matériels et méthodes**

### -III). **Matériels et méthode**

Dans cette partie, nous allons citer et décrire toutes les étapes et la méthodologie suivis tout au long de notre étude.

Pendant ce stage, nous avons adapté les méthodes de la cartographie numérique et de profilage ; afin de décrire les comportements de la circulation hydrologique sur le plan horizontal et aussi la structure verticale de la colonne d'eau, qui ont lieu dans la zone d'étude auquel nous nous sommes intéressés.

Pour rassurer de la fiabilité des résultats obtenus, nous avons fait recours aux différentes bases de données dédiées à l'usage académique, avec des résolutions spatiotemporelles largement suffisantes pour répondre nos intérêts d'étude; comme nous avons aussi utilisé les différentes applications sur l'outil informatique dans le traitement des données, selon les normes internationales de cartographie numérique.

#### III.1 **Mesures et observations**

##### III.1.1 **Réseaux d'observations et bases de données**

Afin de mettre en commun les nombreuses mesures de l'océan et de coordonner des multiples observations, différents réseaux et bases de données ont été mis en service.

Les données qui seront présentées dans cette section, proviennent pour la plupart des sources de données **Copernicus**, **GEBCO** et la base de données climatique **CRU TS dataset**,

##### III.1.2 **Présentation des différentes bases de données utilisées et méthode d'exploitation**

###### III.1.2.1 **Copernicus**

*Copernicus*, est le programme d'observation de la Terre qui appartient à l'Union européenne ; Il offre des services d'information basés sur les observations satellitaires, des prises de données in situ (hors espace) et le traitement par des modèles numériques. Il est mis en œuvre en partenariat avec les États membres de l'union européen, l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT), les agences de l'UE et Mercator Ocean International.

- **Les composants du programme Copernicus**
  - a). The Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)
  - b). The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)
  - c). *The Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)*
  - d). *The Copernicus Climate Change Service (C3S)*

Dans ce stage, on a utilisé le volet *Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)* qui est le composant de programme Copernicus. Il fournit des informations gratuites, régulières et systématiques faisant autorité sur l'état de l'océan bleu (physique), blanc (glace de mer) et vert (biogéochimique), à l'échelle mondiale et régionale. Il est financé par la Commission européenne, et mis en œuvre par Mercator Océan International.

Ce programme, est dans le but de subvenir à la recherche scientifique notamment sur l'aspect environnemental des océans ; il fournit des données essentielles qui soutiennent les initiatives scientifique internationales et peut contribuer à : la lutte contre la pollution, la protection marine, la sécurité et le routage maritimes, l'utilisation durable des ressources océaniques, le développement des ressources énergétiques marines renouvelables, le soutien à la croissance bleue, la surveillance du climat, les prévisions, etc. Elle vise également à sensibiliser le grand public en fournissant aux citoyens mondiaux des informations sur les questions liées aux océans.

### **III.1.2.2 Principe de fonctionnement de CEMES**

Après la prise des données in-situ, le reste du travail il se complète avec le programme fourni par NEMO (Nucleous for European Modelling of the Ocean) pour calculer toutes les autres valeurs de la zone, sur une grille de résolution horizontale de  $1/24^\circ$  (environ 4-5 km). Ce modèle repose sur un schéma d'assimilation de données variationnelles (OceanVAR). Pour les profils verticaux de température et de la salinité, sont mesuré sur 141 étages en allant de la surface jusqu'au fond (Escudier et al., 2020).

### **III.1.2.3 Méthodologie adapté pour l'extraction des données**

- **Les données horizontales :**

Sur la plateforme CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service), nous avons choisi les variables température et salinité en surface (Figure 11), et en profondeur (-200m) sur la zone d'étude, pour des fréquences mensuelle qui représente la plus grande fenêtre temporelle mit à jours dans la base de données.

Après avoir confirmé la commande sur l'option (download), le système informatique de la base de données, génère automatiquement le fichier sous l'extension NetCDF<sup>10</sup> avec une taille de 70Mo pour chaque fichier contenant des données d'une année pour un intervalle de 12mois.

La même procédure est répétée pour le deuxième plan horizontal à la profondeur de (-200m).

➤ **Les profils verticaux :**

Après avoir désigné les points géographiques sur lesquelles nous fixons les profils verticaux, sur le même module de (CMEMS) nous appliquons la fenêtre *Perty* qui est le volet des données verticales,

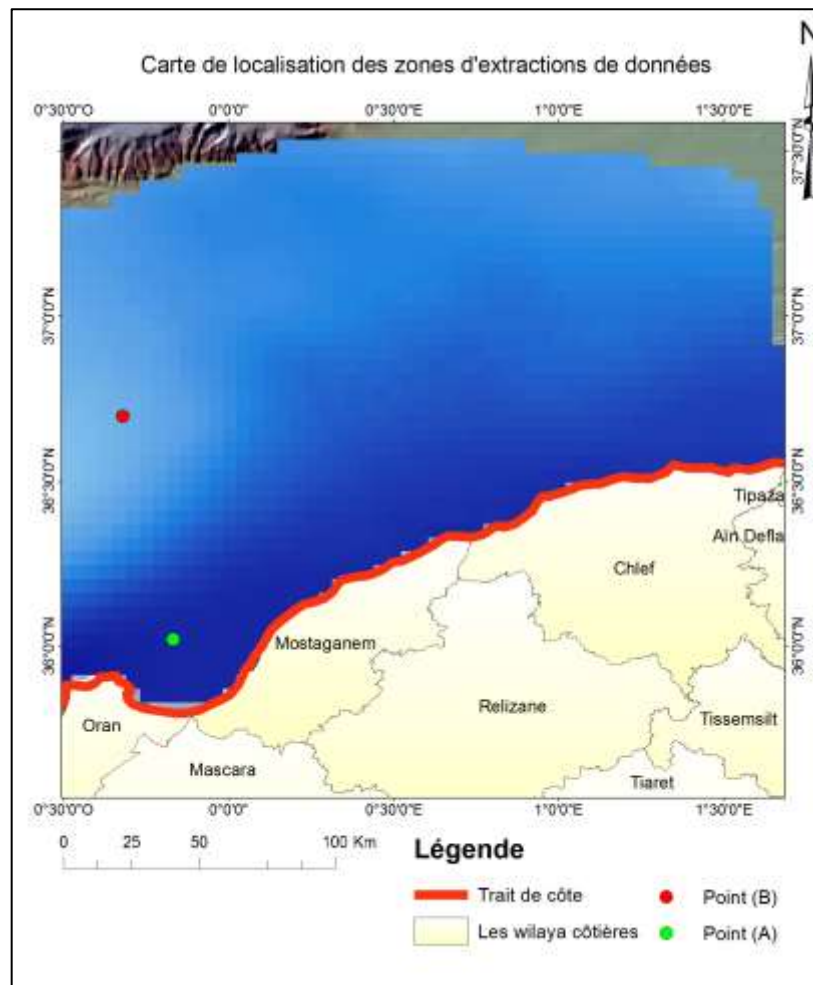
Sur ce module on a extrait des données mensuelle pour 140 étages en allant de la surface jusqu'au fond pour les deux points A et B (Figure 11).

Après l'extraction des données mensuelles des deux points pour la décennie (2010/2019) nous avons procédé à la réalisation des profils saisonniers et annuels sur l'application Microsoft (excel).

---

<sup>10</sup>NetCDF (*network Common Data Form*) est un format de fichier qui permet de stocker des données scientifiques multidimensionnelles (variables), telles que la température, la pression, la vitesse et la direction du vent. Chacune de ces variables peut s'afficher via une dimension (par exemple, le temps) dans ArcGIS en créant une couche ou une vue tabulaire à partir du fichier netCDF. Plusieurs organisations et groupes de scientifiques de différents pays ont adopté netCDF comme méthode standard pour représenter certaines données scientifiques.

(Source : <https://pro.arcgis.com/fr>)



*Figure 10: Carte de localisation des zones d'extraction de données*

#### III.1.2.4 Base de données climatique : CRU TS : (Climatic Research Unit gridded Time Series)

Est une base de données climatique largement utilisé avec une grille de résolution  $0,5^\circ$  de latitude par  $0,5^\circ$  de longitude sur tout le globe terrestre sauf l'Antarctique. Elle est dérivée par l'interpolation d'anomalies climatiques mensuelles provenant de réseaux étendus d'observations de stations météorologiques. Ce programme couvre les données climatiques mondiales sur la période 1901-2019 en incluant des stations supplémentaires au fur et à mesure de leur disponibilité.

Le processus d'interpolation a été modifié pour utiliser la pondération de la distance angulaire (ADW) et la production de variables secondaires a été révisée pour mieux s'adapter à cette approche. Cette mise en œuvre de l'ADW fournit une meilleure traçabilité entre chaque valeur maillée et les observations d'entrée, et permet des diagnostics plus informatifs que les utilisateurs peuvent utiliser pour évaluer comment la qualité de l'ensemble de données peut varier géographiquement (Harris et al, 2020).

➤ **Méthodologie de réalisation des diagrammes de température et des précipitations :**

Sur le site officiel de **CRU Ts** on a téléchargé le fichier raster contenant les données météorologiques, ensuite, nous l'avons superposé sur le globe terrestre de Google Earth sous forme d'une couche avec des grilles de résolution de  $5.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  km.

Après avoir fait un zoom sur la zone d'intérêt, positionner et délimiter, on a extrait les fichiers numériques des variables (température atmosphériques à une altitude de 2.5m, et des précipitations) avec des données mensuelles de chaque année de la décennie (2010/2019).

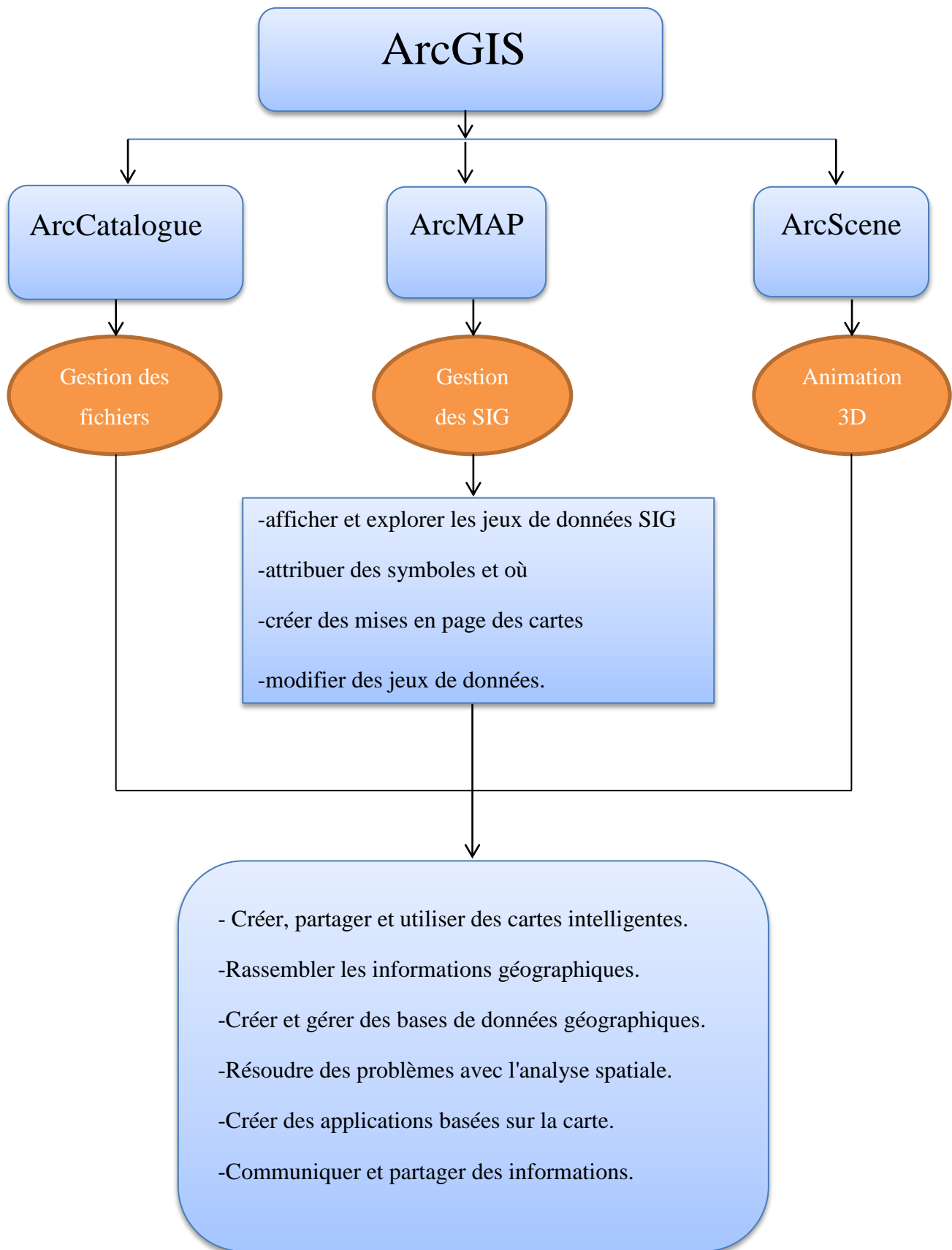
Enfin, on a procédé au calcul des valeurs annuelles sur le logiciel Microsoft Excel afin de tracer le diagramme de variations de température atmosphérique et des précipitations sur une échelle annuelle.

### **III.2 Traitement des données sur ArcGIS :**

#### **III.2.1 ArcGIS :**

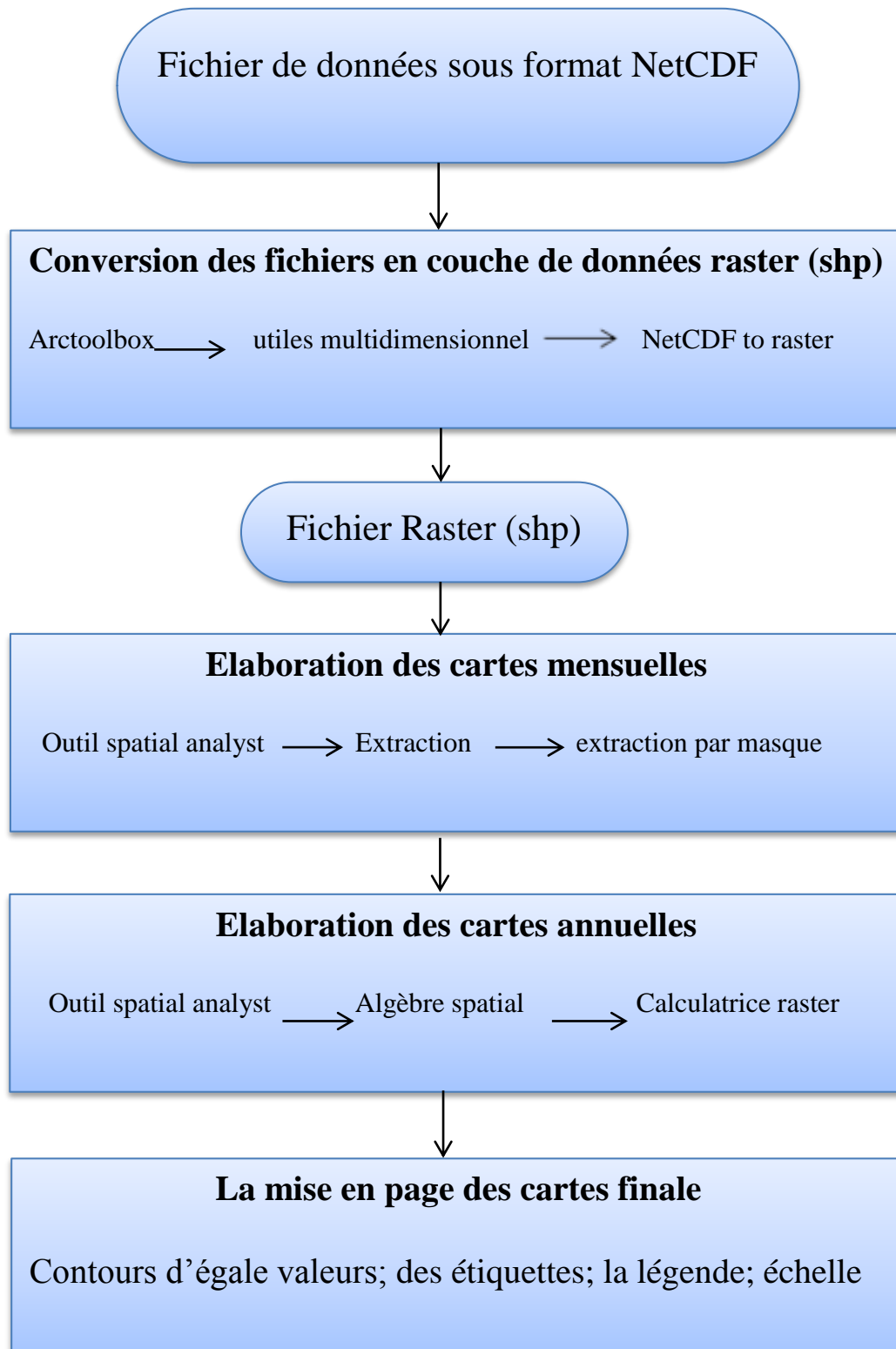
Est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau (**Price, 2010**).

**III.2.2 Organigramme de l'application ArcGIS :**



➤ **Méthode de travail sur ArcMAP :**

Après avoir extrait les données numériques sur la base de données Copernicus, on a procédé à leurs traitement et visualisation sur le l'application ArcMap; dans l'organigramme ci-dessous, nous vous expliquons la démarche que nous avons suivi.



# **Chapitre (IV)**

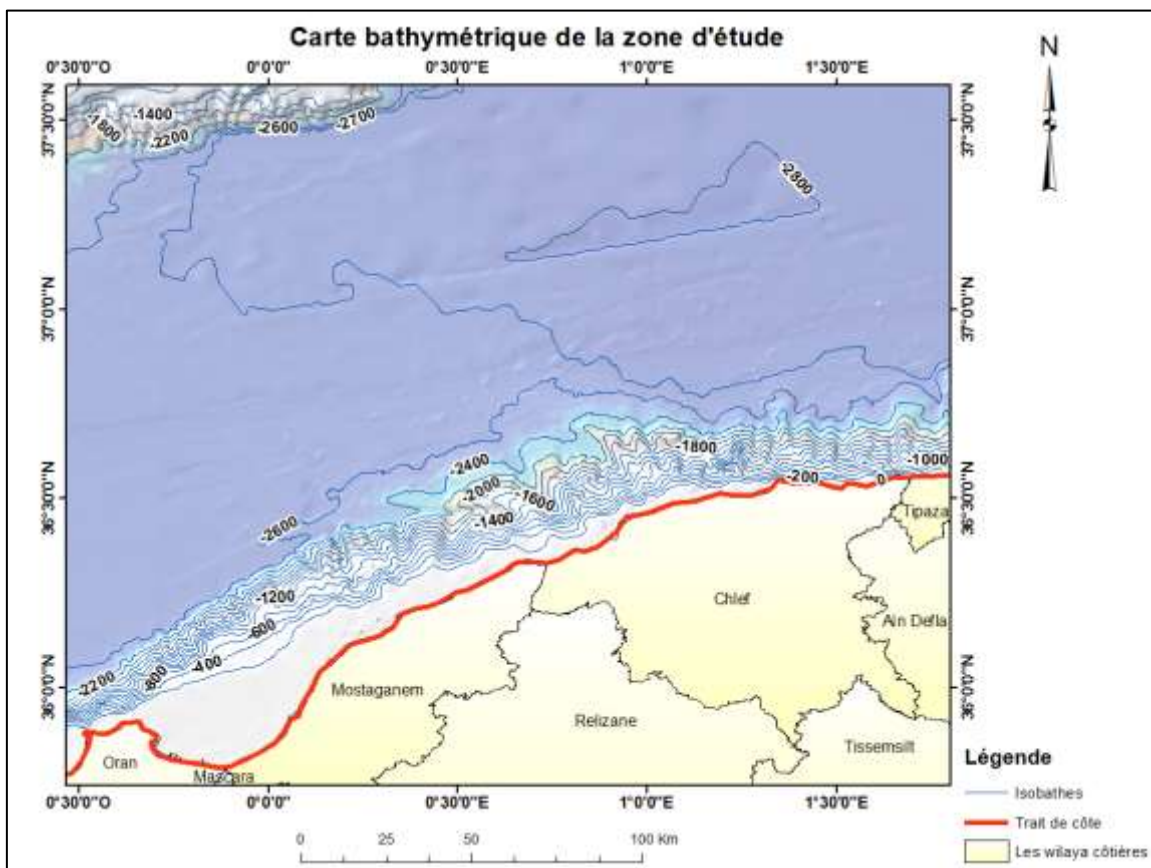
## **Résultats et discussion**

## -IV). Résultats et discussion

### IV.1 La bathymétrie de la zone d'étude

Dans le cas de notre zone d'étude, il s'agit d'un bassin sédimentaire compris entre les deux marges, algérienne au sud et le promontoire des Baleaire au nord (Figure 12) ; entre lesquelles elle se trouve la plaine abyssale à une profondeur ~2,800 m et environ de 100–120 km de largeur dans la direction N–S et de 400 Km dans la direction E–W (Camerlenghi et al, 2009).

La limite sud elle s'agit de la plateforme continentale algérienne; elle présente une structure irrégulière en présence des reliefs tourmentés, coupés par un réseau complexe de canyons avec des affluents (Figure 12).



*Figure 11: La carte bathymétrique de la zone d'étude réalisée à partir des données GEBCO.*

Pour la meilleure description de la marge de notre zone d'étude, nous l'avons divisé en deux parties; la partie est, de Tenes au Marsa à Chlef ; et la partie ouest, de Marsa à Oran:

➤ **Tenes- Marsa**

La côte de cette zone se présente sous forme curviligne; au Cap Tenes, les falaises surplombent la plaine abyssale; sur le côté est de la zone, elle se trouve l'extrémité occidentale du banc Khair al Din, également appelée la vallée perchée de Dahra, qui s'approfondit progressivement le long de la direction, et se limite finalement par la plaine abyssale du bassin profond (**El-Robrini et al, 1985**). Ceci provoque un fort rétrécissement de la longueur de la marge (37 km à E2° à 20 km à E1°45 e'), sur la rive, les quelques canyons sont peu profonds, et deux grandes zones de glissement sont situées sur les flancs de la vallée perchée.

A l'ouest, le plateau continental est particulièrement étroit, la largeur de la marge passe de seulement 20 à 40 km d'est en ouest (**Domzig et al, 2006**). Les nombreux canyons ont une orientation générale nord-sud et présentent des trajets linéaires et sinueux (Figure 12); avec la présence d'un grand éventail d'eaux profondes avec des vagues sédimentaires typiques, marque l'extrémité ouest de cette partie de la marge; par ailleurs, les crêtes entre les canyons et la rugosité de la topographie s'accroît, la présence de cette morphologie est une preuve pour une lithologie résistante (**Domzig et al, 2006**).

➤ **Oran- El Marsa**

Sur la carte bathymétrique (Figure 12), on observe le changement de la direction de la direction structurale de la marge, d'est-ouest à NE-SW, la plate-forme continentale semble s'approfondir continuellement; d'Arzew (200 m de profondeur) au nord de Mostaganem, où elle atteint 800 m de profondeur, sur son bord. Elle est étroite devant les caps (moins de 10 km) et s'élargit dans les baies (jusqu'à 40 km) (**Domzig et al, 2006**).

Entre Oran et El Marsa, le talus continental est très raide (10 à 16%) et étroite; dans la région d'Arzew, la bathymétrie commence à 200 m en amont et chute soudainement à 2600 m de profondeur environ 10 km plus bas. Elle est coupée par des canyons lisses et peu profonds perpendiculaires à la côte (**Domzig et al, 2006**).

**IV.2 Etude horizontale de la distribution interannuel de la salinité et des températures en surface (-1.18m) et en profondeur (-200m), pour la dernière décennie (2010/2019)**

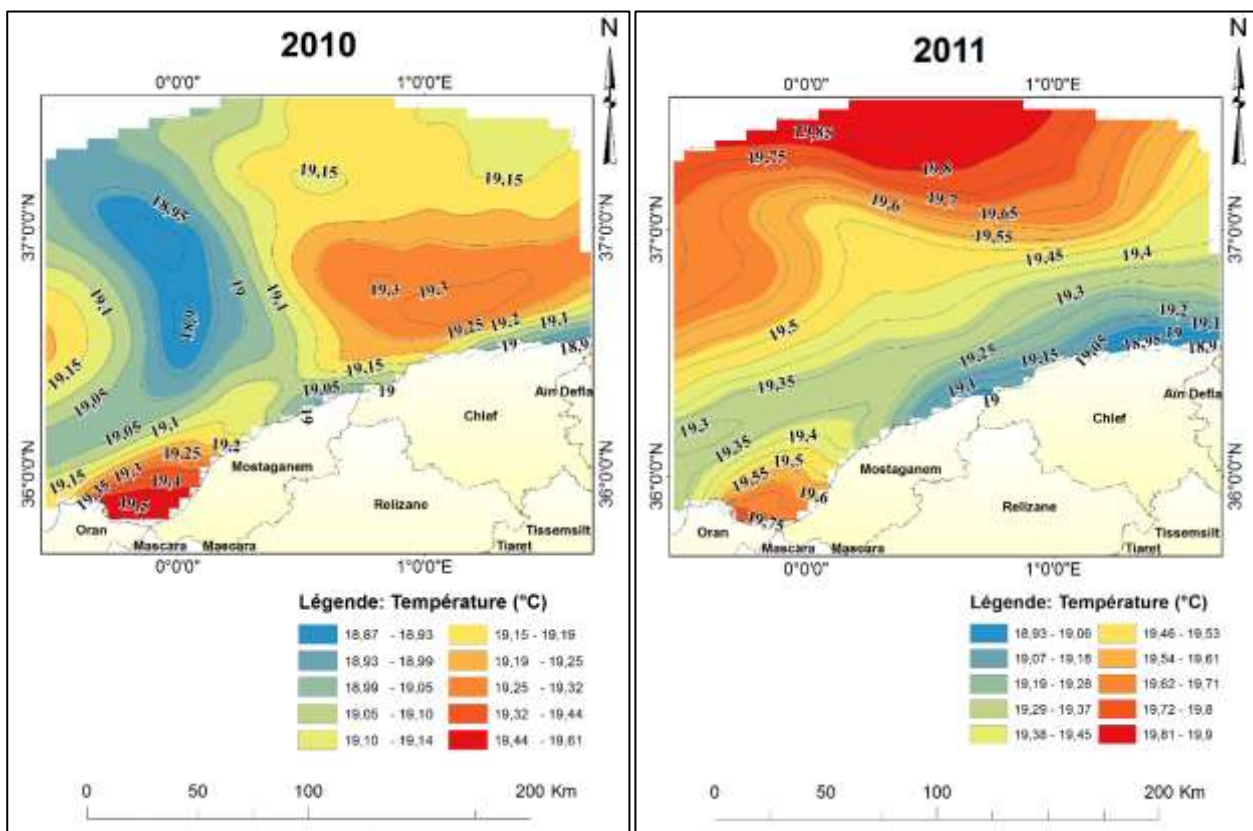
Les caractéristiques du couple (température/salinité) de l'eau du bassin algérien dont les valeurs parfois semblent assez proches, reflètent l'origine et le cheminement des masses d'eau, commandent la circulation, et finalement en servent comme descripteurs.

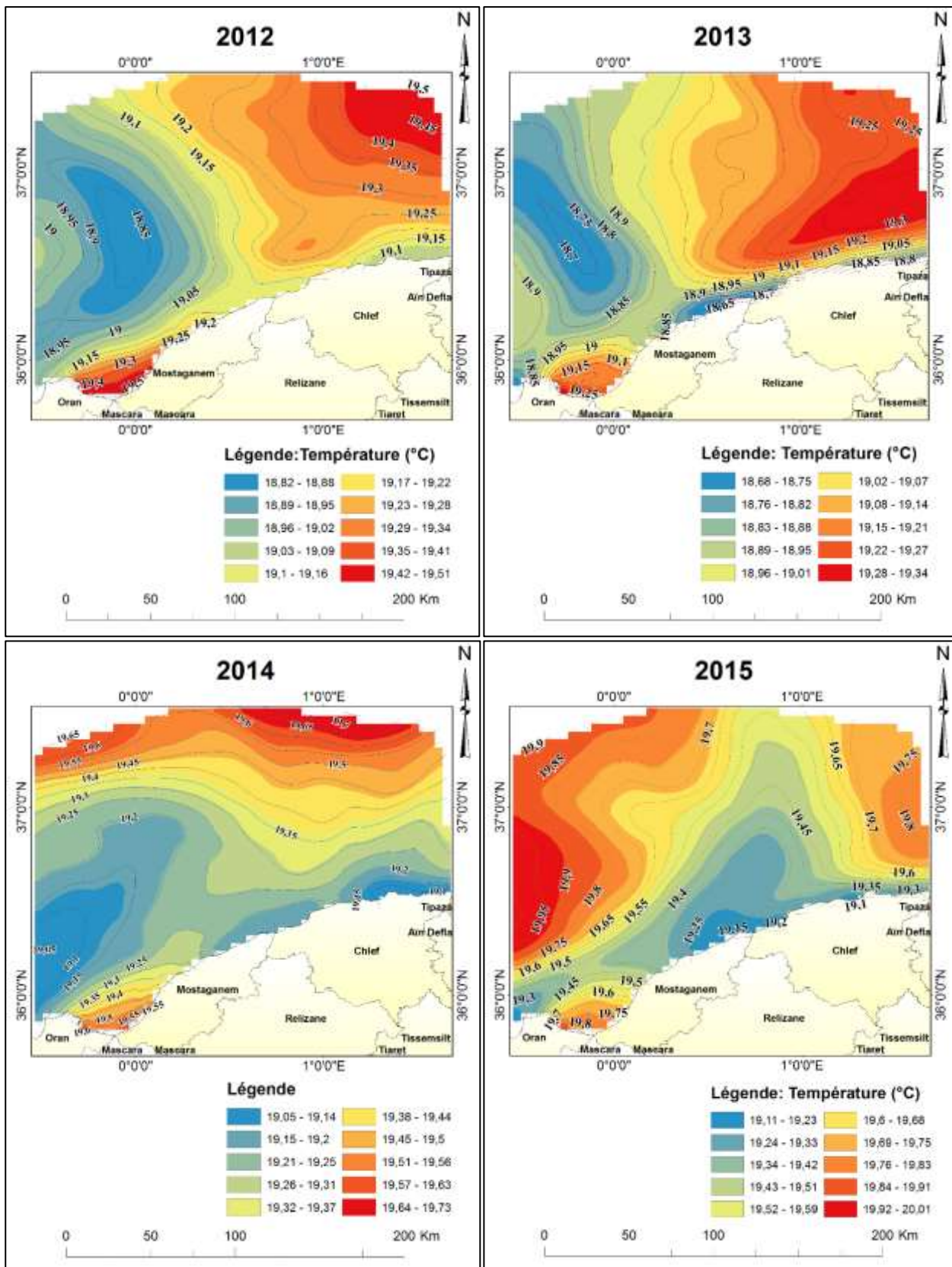
Dans cette partie, nous avons élaboré des cartes pour la distribution des températures et de la salinité en surface (-1,18m) et en profondeur (-200m); sur ces cartes, nous allons essayer d'illustrer les variations enregistré de ces deux paramètres, ainsi que l'influence de l'état climatologique de l'atmosphère entre les températures et les précipitations sur l'état physicochimique d'es eaux du bassin algérien entre 2010 et 2019; les valeurs des températures ont étaient prises en (°C), et pour la salinité en (PSU).

**IV.2.1 Cartes des températures interannuelles entre 2010 et 2019 en surface (-1.18m):**

Les températures de surface présentent des contraintes importantes dans l'hydrologie du bassin algérien; sa situation en interface avec l'atmosphère lui expose aux échanges air-mer, surtout face au climat désertique de la région.

Les figures ci-dessous montre les valeurs des températures en surface, avec des variations interannuelle depuis 2010 jusqu'à 2019:





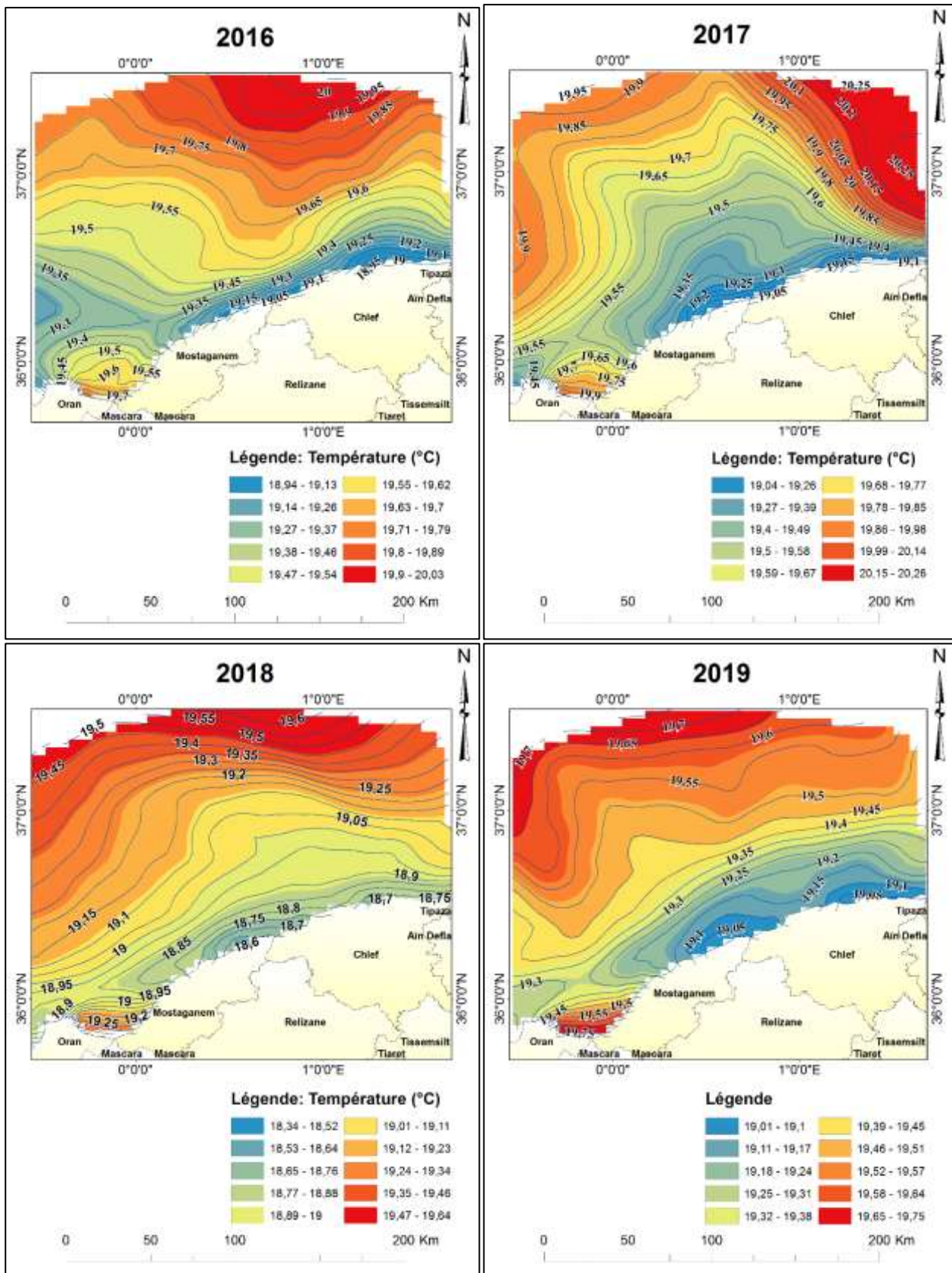


Figure 12: Cartes de variation annuelles des températures en surface pendant la décennie 2010-2019

Selon les résultats obtenus sur ces cartes (Figure 13), nous observons que les températures en surface Pendant la décennie 200-2019 sont comprises entre 19,62 °C et 20,26 °C ; avec une moyenne de 19.36 °C (**voir annexe 03**).

Durant ces dix ans, les températures en surface de ce bassin dépassent 20°C pendant les années 2015,2016, et 2017, tandis qu'elles sont minimum pendant (2010-2013) ainsi qu'on 2018 (**voir annexe 03**). Par analogie à l'état météorologique de cette période, on trouve que l'état thermique de la surface de cette zone varie de la même manière que les températures atmosphériques de cette même zone, qui enregistre les valeurs les plus élevées entre 2010 et 2013 ainsi qu'on 2018 (**voir annexe 01**). Ce phénomène semble peut être dû aux forçages atmosphériques et l'augmentation de flux de chaleur aire-mer (**Garreau, 2012**).

Globalement, durant la décennie (2010/2019), les températures en surface présentent un gradient thermique, qui va du plus souvent du nord vers le sud (Figure 13), donc plus chaudes au nord, et moins chaude sur la côte algérienne. On remarque que le champ des eaux froide sur la côte algérienne, est plus large à l'ouest, tandis qu'il se réduit en allant vers l'est.

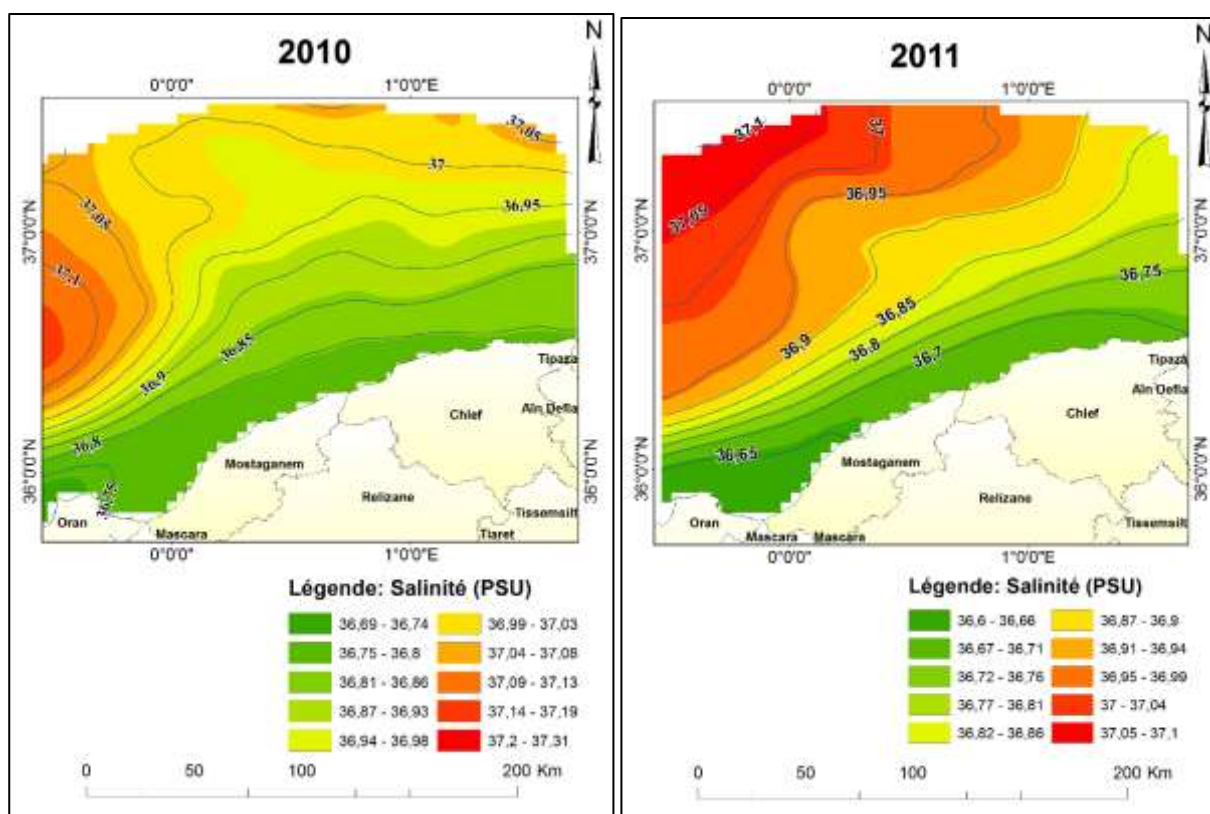
Une remarque importante apparait sur les carte 2010,2012 et 2013; qui montrent une déviation de la masse d'eau froide au voisinage de la cordonnée 00°20' qui correspond à la côte ouest de Mostaganem, où elles prennent direction vers le nord; selon (**Auffre et al, 1974**). Il s'agit d'une masse d'eau d'origine atlantique, qui se détache du courant qui s'écoule vers l'est parallèlement à la côte africaine. Ce courant s'écoule d'une vitesse de 70 cm/s en mer d'Alboran, par la suite il diminue de sa vitesse sur la côte algérienne, où cette masse d'eau se divise en deux au voisinage de la cordonnée 1°W qui correspond à la cote de Mostaganem. Une branche pointant vers le nord jusqu'à la côte espagnole, l'autre continuant vers l'est le long de la côte algérienne. Ce caractère instable du courant algérien peut conduit à la formation à des méandres de quelques dizaines de kilomètres de longueur d'onde, qui peuvent se transformer en tourbillons en aval de 1-2°E (**Testor et al, 2005**).

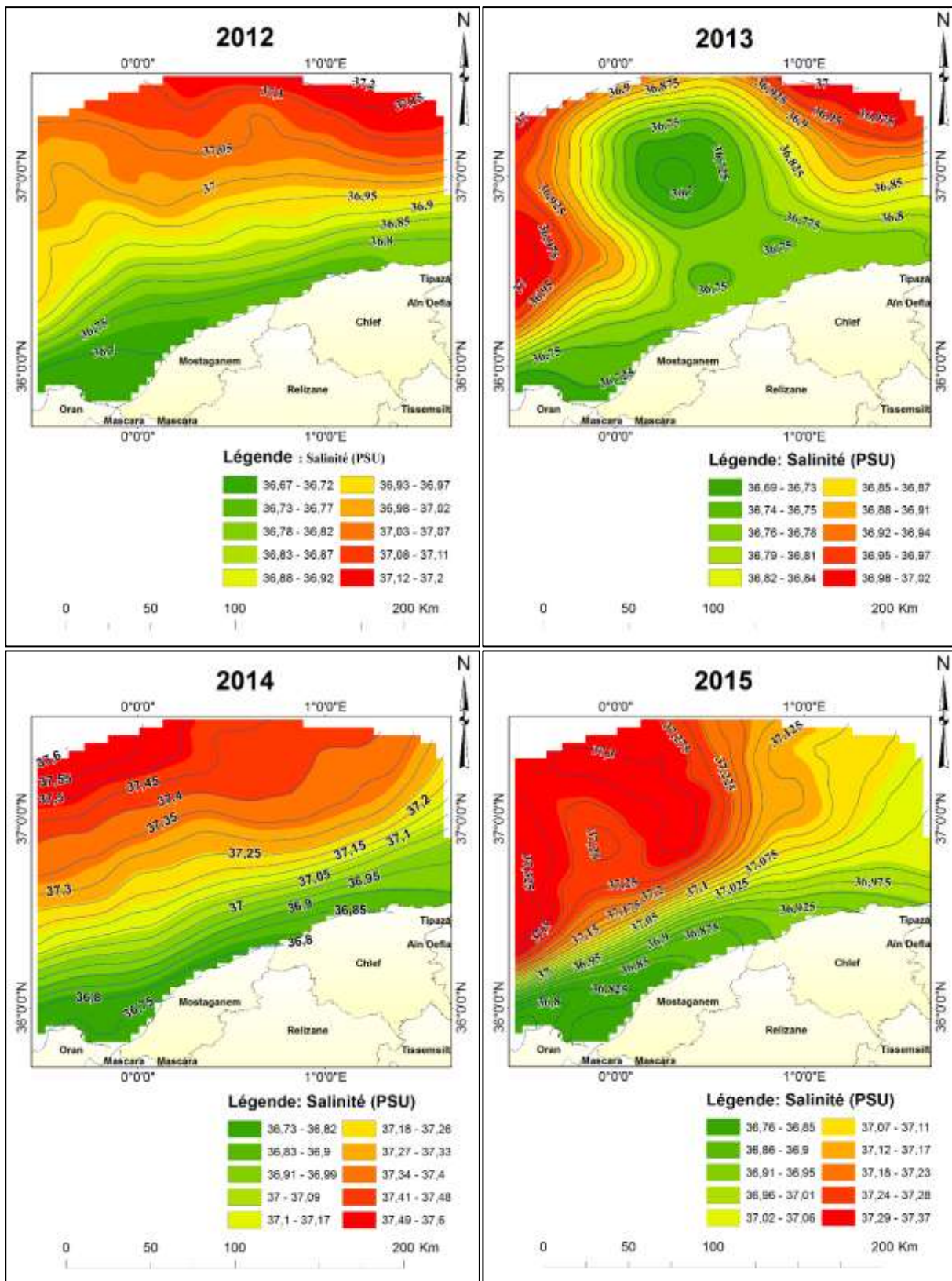
Par ailleurs; on remarque la présence des masse d'eau chaude au cap d'Arzew, avec un gradient thermique inverse par rapport aux eaux du large qui aller de sud vers le nord ou les valeurs des températures sont comprises entre 19,25 et 19,8 °C (Figure 13). Le réchauffement de ces masses d'eau il semblerait peut être dû au séjour des masses d'eau chaudes d'origine atlantique dans ce cap abrité; ou bien, elles pourraient être aussi dû à la présence de pollution à ce niveau.

**IV.2.2 Distribution annuelles de la salinité en surface pendant la décennie 2010-2019**

La salinité est un paramètre indissociable de l'état thermique de l'eau de mer, elle varie inversement proportionnel à la température; la variation de ce facteur deviens plus complexe en surface en présence de forçage atmosphérique.

Dans cette partie nous avons élaboré des cartes qui montrent la variation interannuelle de la salinité en (PSU) en surface du bassin algérien, sur lesquelles nous allons essayer par suite de décrypter les déférentes masses d'eau qui existent en surface. Leurs origines, et leurs comportements sont adaptés en surface de la zone d'étude.





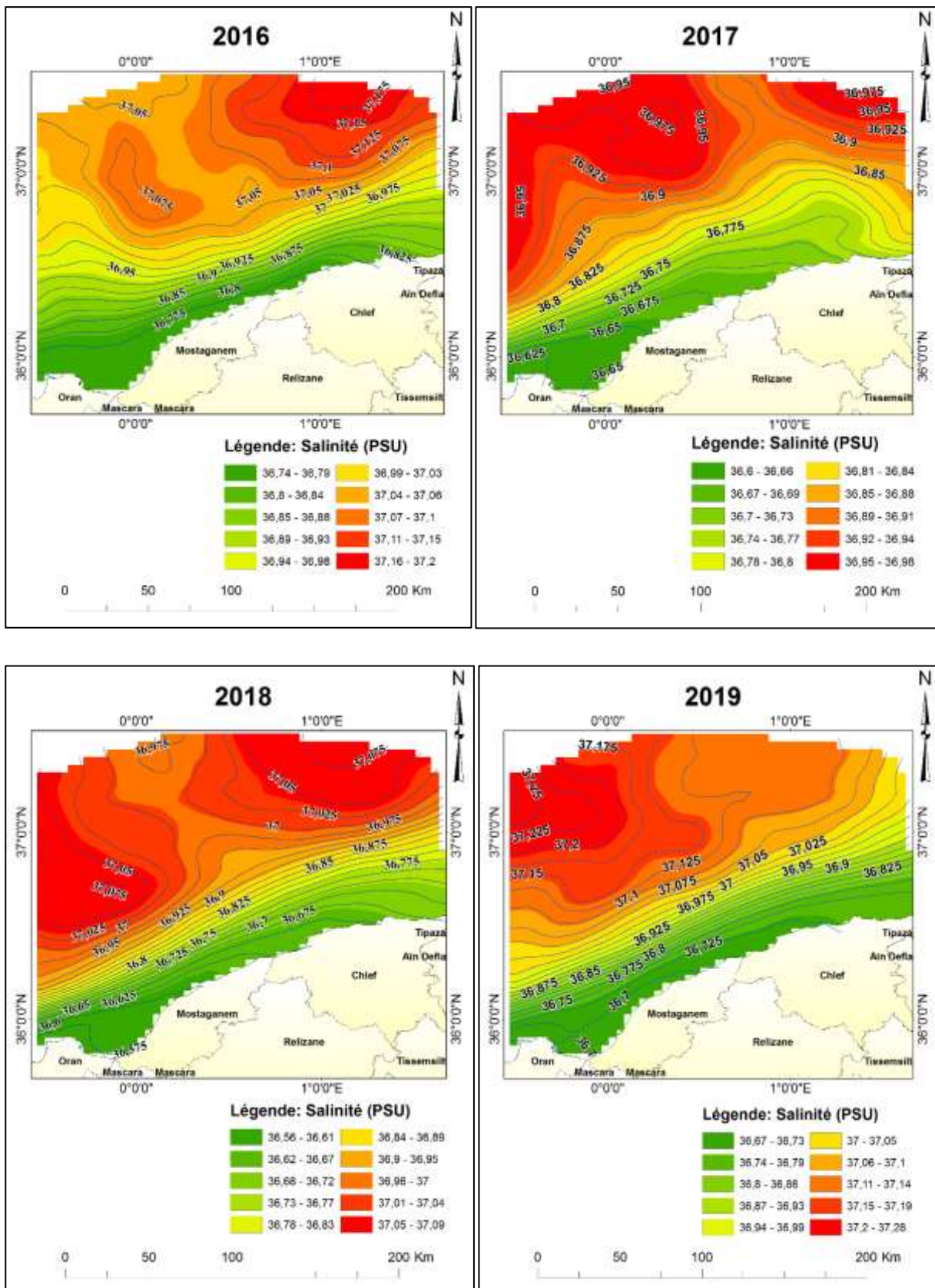


Figure 13: Cartes de variation annuelle de la salinité en surface, pendant la décennie 2010-2019.

Selon les résultats obtenus sur les cartes, on observe une similitude de distribution de la salinité sur toutes les années ; elles marquent un gradient de salinité en allant de nord vers le sud. Les valeurs des salinités sont plus élevées au-dessus des latitudes 37°00' nord où elles prennent leurs maximums tandis qu'elles sont minimales au voisinage de la côte algérienne (Figure 14).

Selon les valeurs statistiques obtenues à travers ces cartes, nous avons découvert quelques adaptations de la salinité de surface vis-à-vis les conditions météorologiques durant cette dernière décennie. La salinité en surface de ce bassin est pour ses maximums des valeurs qui dépassent les 37 PSU pendant les années 2014, 2015, et 2019, tandis qu'elles sont minimales pendant les années restantes; (voir annexe 03). Par analogie à l'état météorologique de cette période, on trouve que la salinité de la surface de cette zone, varie inversement proportionnellement au taux des précipitations; qui a enregistré les précipitations les plus élevées en 2013 et 2017 contrairement à la salinité (voir annexe 01). Par ailleurs, les températures atmosphériques varient de la même manière que la salinité, on enregistre des valeurs maximales pour les mêmes années que la salinité atteint son maximum (voir annexe 02) ; donc il semblerait peut-être que la variation de la salinité en surface, dépend des conditions météorologiques.

#### IV.2.3 **Corrélation entre la salinité et la température en surface :**

La comparaison des résultats de distribution de salinité et des températures en surface n'implique pas vraiment le rapport de proportionnalité entre la salinité et les températures.

Pendant la période (2010-2019) les valeurs de salinité au voisinage de la côte Algérienne ont été entre ~36,7 et 36,9 PSU, ce qui confirme la salinité minimale sur la côte algérienne ; contrairement au nord, au-dessus des latitudes 37°00', la salinité est en moyenne supérieure à 37 PSU (Figure 14).

Le bassin méditerranéen, est connu avec sa forte évaporation, il se caractérise donc par sa salinité élevée en surface de l'ordre de 37, 5 PSU ou parfois un peu plus élevée.

Donc la présence des eaux avec une salinité moins élevée (~36,5 PSU) sur la zone d'étude et l'indépendance enregistrée entre la salinité et les températures en surface donne des signes d'un troisième facteur qui influence les eaux de cette zone. Il semblerait qu'il s'agit des masses d'eau « atlantique modifiée MAW » qui ont récemment pénétré à travers le détroit de Gibraltar, en allant de l'ouest vers l'est suivant la côte Algérienne (Perkins et al, 1990).

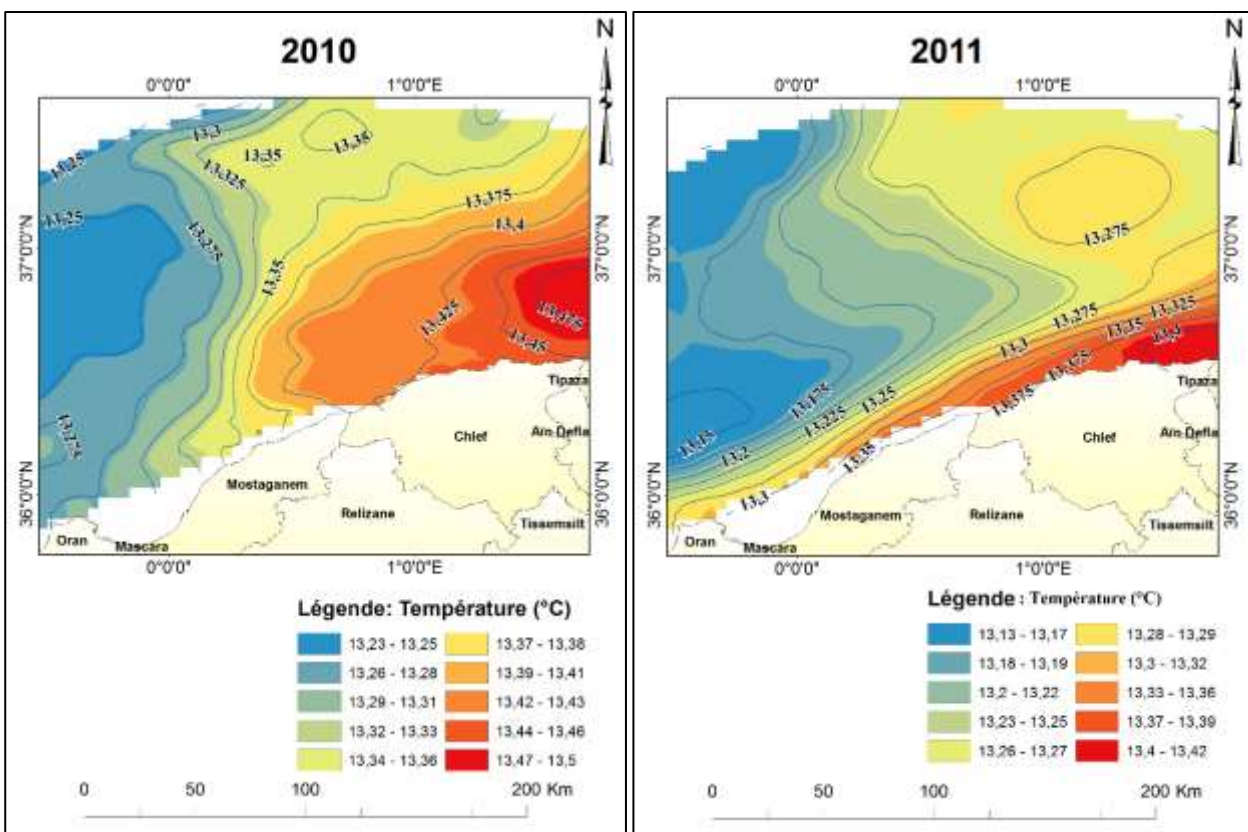
Le plus souvent, les isohalines parallèles à la côte algérienne se rencontrent à la côte au fur et à mesure en allant vers l'est. Ceci apparaît sur toutes les années, donc la salinité de la masse d'eau

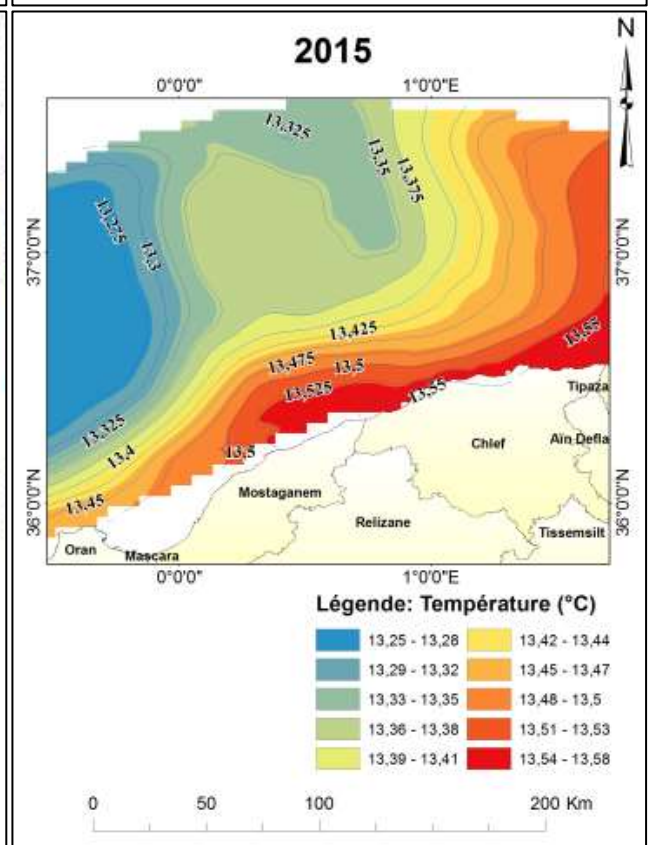
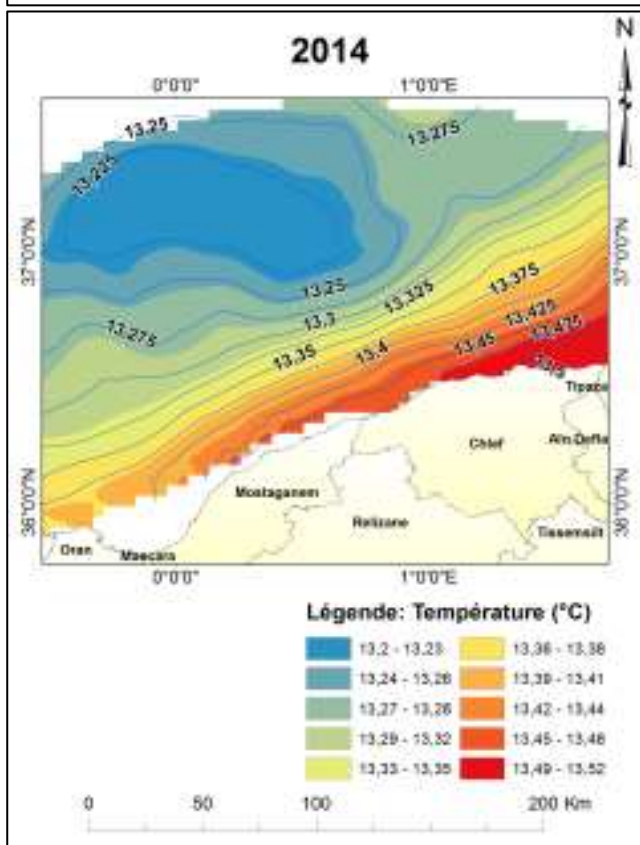
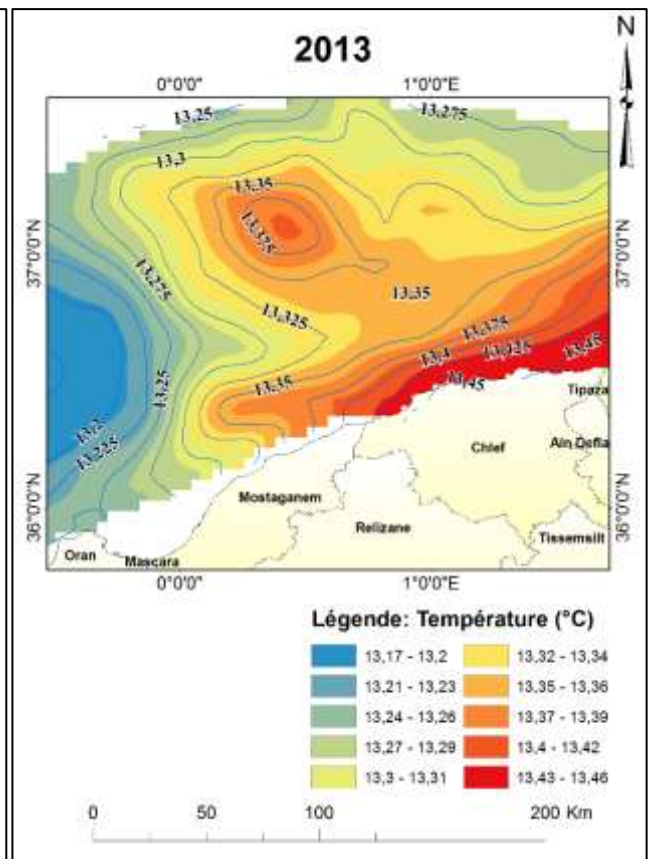
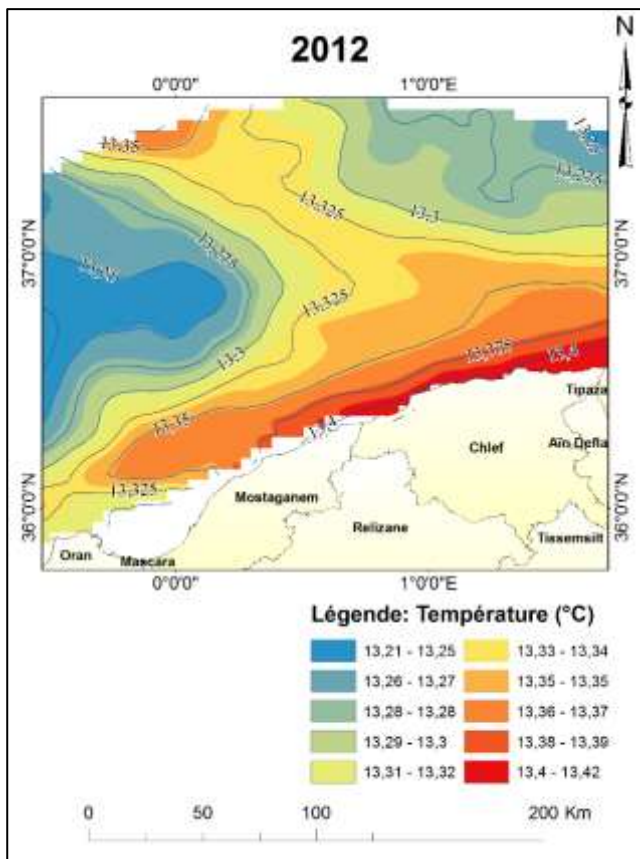
venant de secteur ouest diminue au fur et à mesure en allant vers l'est, ceci peut être dû au mélange de l'eau d'origine atlantique, avec les eaux méditerranéennes, pour former la MAW.

**IV.2.4 Distributions annuelles de la température à -200m de profondeur pendant la décennie 2010/2019 :**

La dynamique des eaux de surface de cette zone, pourrait être une cause de naissance d'autres phénomènes qui se déroulent en profondeur, c'est pour cela, nous sommes intéressés à la cartographie de l'état physique des eaux profondes de cette zone.

Dans cette partie, nous allons présenter les cartes de distribution annuelle de la température en profondeur de -200m pour la décennie 2010/2019 :





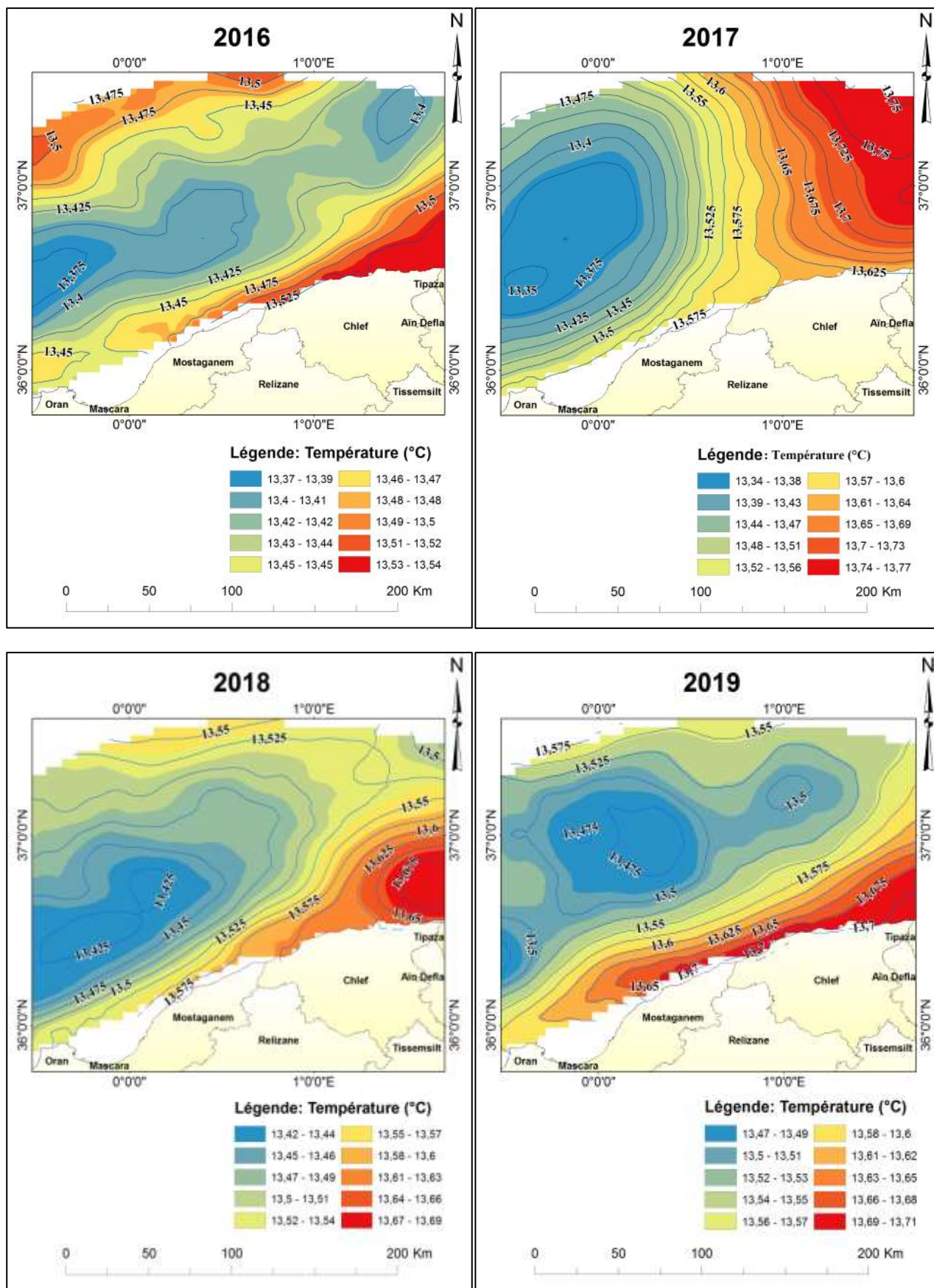


Figure 14: carte de variation annuelle des températures en profondeur (-200m) pour la décennie 2010/2019

Selon les cartes obtenues en (Figure 15), les températures à la profondeur -200m semble assez proche, les valeurs enregistrées pendant la dernière décennie (2010/2019) sont comprises entre 13,54 °C et 13,24 °C ; avec une moyenne de 13.39 °C (voir annexe 04).

Durant ces dix ans, les températures entre la surface et -200m de profondeur se retrouvent avec un écart de 5,97 °C; ce qui semblerait important par rapport à l'écart-distance de 200m.

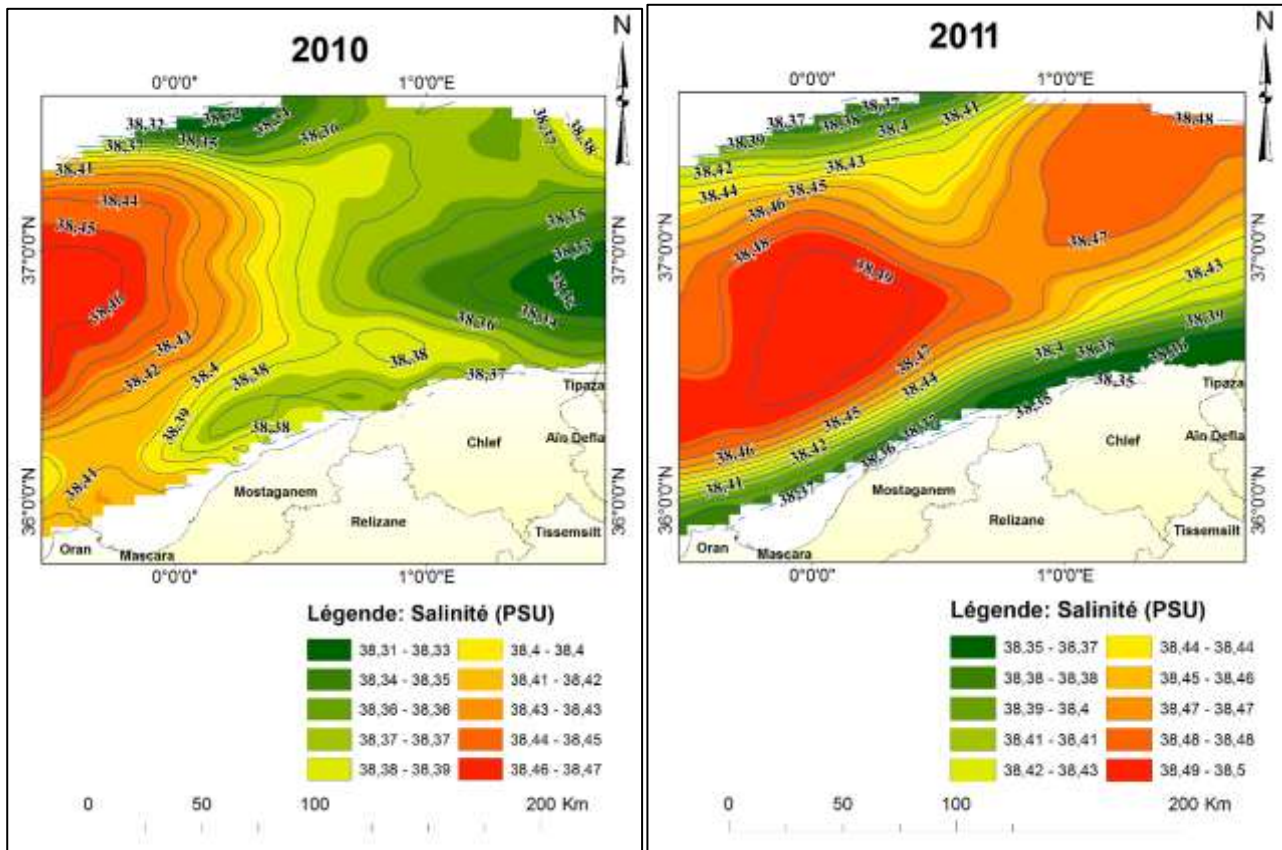
La température la plus élevée est enregistrée en 2019 avec 13,54 °C, tandis que la valeur minimale est enregistrée en 2011 avec 13,13 °C (voir annexe 04). Par comparaison au résultat en surface et relativement aux conditions climatiques de cette période, on trouve que l'état thermique de ces eaux à la profondeur de -200m, ne subissent pas de forçage atmosphérique.

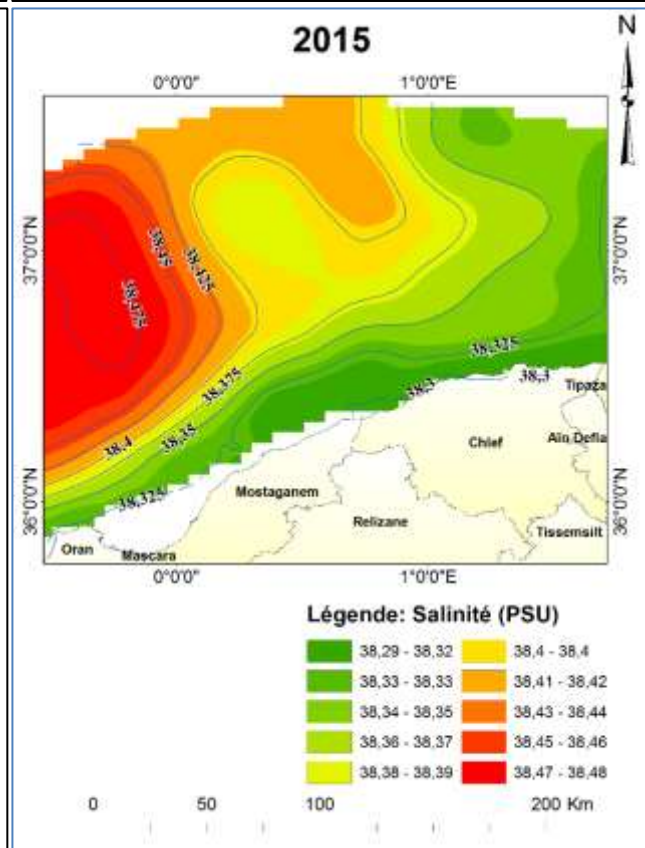
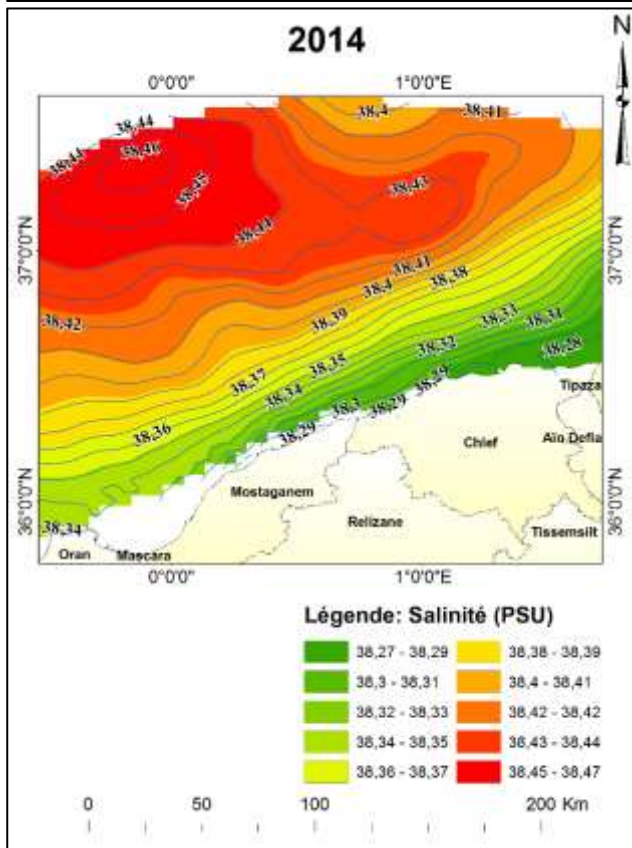
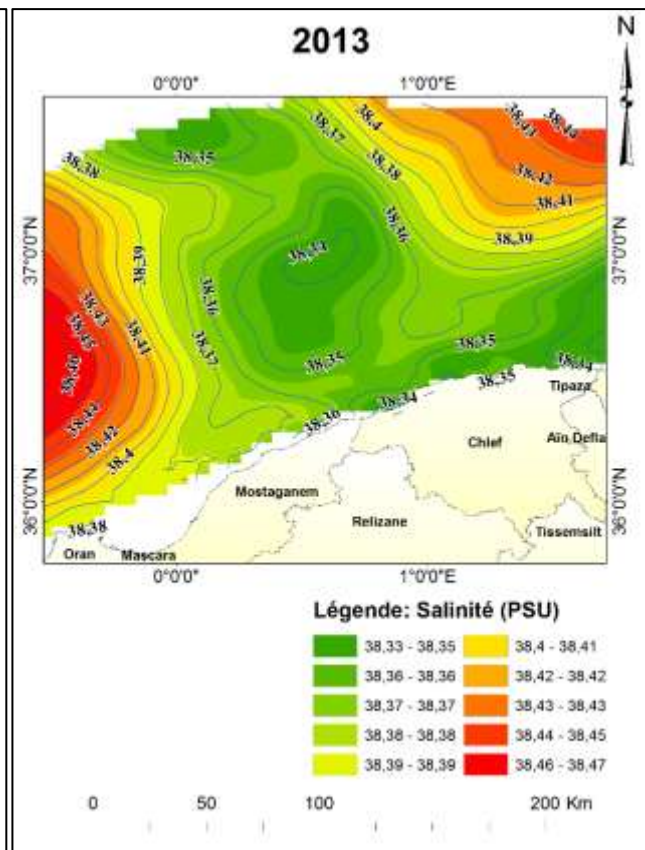
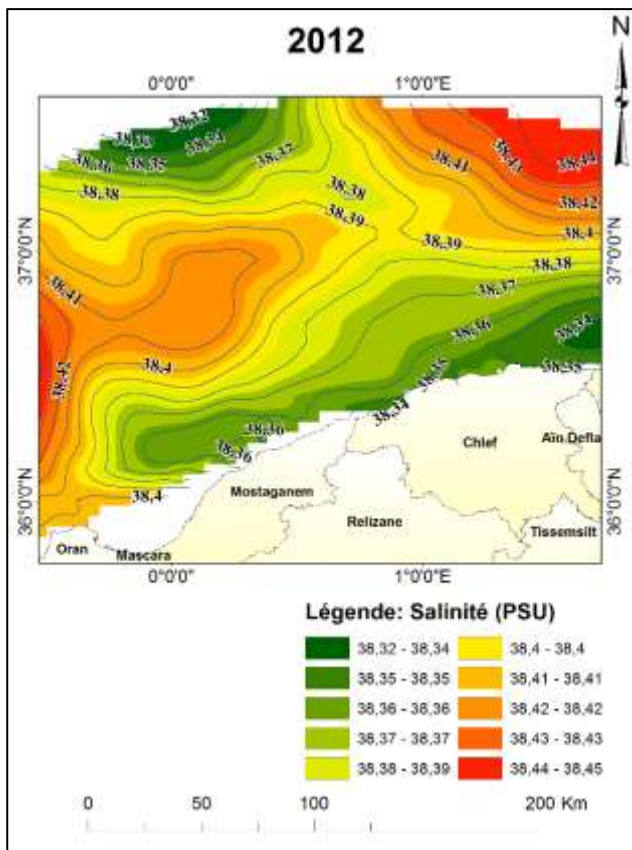
Globalement, durant la décennie (2010/2019), les températures profondes présentent un gradient thermique inverse à celui de la surface. A ce niveau les eaux le plus chaudes se situent à proximité de la côte algérienne, donc le gradient est du sud vers le nord (Figure 15). Le plus souvent, cette masse d'eau chaude semble débiter aux environs de 0°00' ensuite elle s'élargie vers l'ouest, c'est le cas de 2011, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2019. Généralement, les eaux froides se situent en parallèle de la côte algérienne, au-dessus de la ligne sud-ouest nord-est correspondante au coordonnées: 0°30'W; 36°10'N au ouest, et 1°30'E ; 37°00'N à l'est, au-dessus de cette ligne, les températures sont comprises entre 13.5 et 13.57 °C.

Les cartes de 2011,2012 et 2013; montrent un prolongement de la masse d'eau chaude au large au voisinage de la coordonné 1°30'. Si on associe ce phénomène au cartes thermiques de la surface, on trouve une similitude pour les mêmes années dans le même endroit, tandis qu'on surface il s'agit d'une masse d'eau froide (Atlantic water). Il semblerait peut-être dû à la présence d'un downwelling à la proximité de la côte, qui est associé à l'upwelling causé par la divergence des tourbillons appariés : les tourbillons cycloniques en amont qui sont associés à des tourbillons anticycloniques aval entre 1°E-2°E (**Taupier-Letage et al, 1988**)

**IV.2.5 Carte de distribution annuelle de la salinité à -200m de profondeur :**

Dans cette partie, nous allons présenter les variations de la salinité en profondeur, par suite on l’associer aux variations des températures que nous avons vu précédemment, la reconnaissance du couple (T°/S), pourra nous informer sur l’état physico-chimique des eaux à cette profondeur, ce qu’il nous permettra peut-être de caractériser les masses d’eau existante à ce niveau.





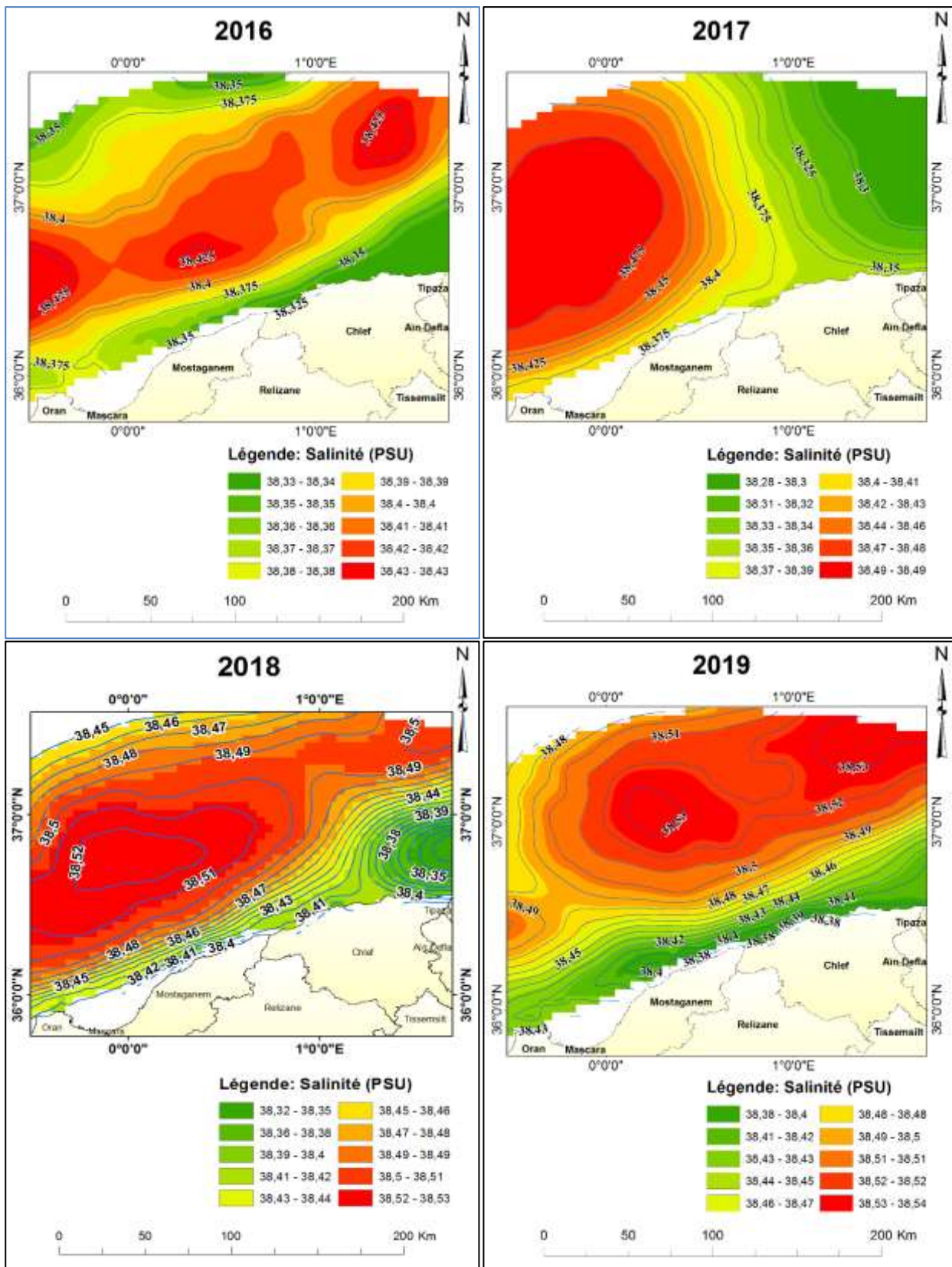


Figure 15: Cartes de distributions annuelles de la salinité en profondeur de -200m.

Selon les résultats obtenus sur les cartes de la distribution de la salinité en profondeur de -200m (Figure 16), les valeurs de la salinité à ce niveau sont comprises entre 38,38 et 38,49 PSU, avec une moyenne décennale de 38,42 PSU; à ce niveau, les valeurs de salinité sont très proches, avec un écart de 0,11 PSU.

Par analogie au diagramme de l'état météorologique de température et des précipitation (voir annexe 1 et 2), on remarque que la salinité à cette profondeur ne dépend pas de l'état atmosphérique ; par contre, elle est contre, on les comparant aux températures de cette même profondeur (Figure 15), on remarque que la salinité est totalement contrôlée par la température, elle varie inversement proportionnel à la température.

Par comparaison aux cartes de la salinité et de la température en surface, on constate la même remarque entre 0°00'E et 1°30' au niveau de la côte de Mostaganem, il s'agit de la déviation d'une masse d'eau côtière vers le large, c'est le cas des cartes correspondante aux années 2010, 2012, 2013, 2015 et 2017 il semblerait peut-être qu'il dû à l'instabilité d'un courant à ce niveau face au changement de direction de la pente du plateau continentale.

Selon les remarques observées sur les cartes, à ce niveau la répartition de salinité n'est plus comme la surface ; dans l'ensemble des cartes (2010-2019) on voit clairement que les valeurs maximales s'assemblent plutôt au centre du bassin tout au long de sa largeur, contrairement à la surface où les salinités maximales ont été plutôt au large proche de la côte Espagnole,

L'influence du courant atlantique sur le littoral algérien n'est plus marquée que par une salinité à peine plus faible que celle des eaux du large : 38,10 à 38,20. Cette brusque croissance du taux implique que l'on a franchi une zone de fort gradient depuis le niveau de 100 m. (**Furnestin et al, 1962**); A cette profondeur, on peut encore parler d'un courant atlantique (**Allain et al, 1969**).

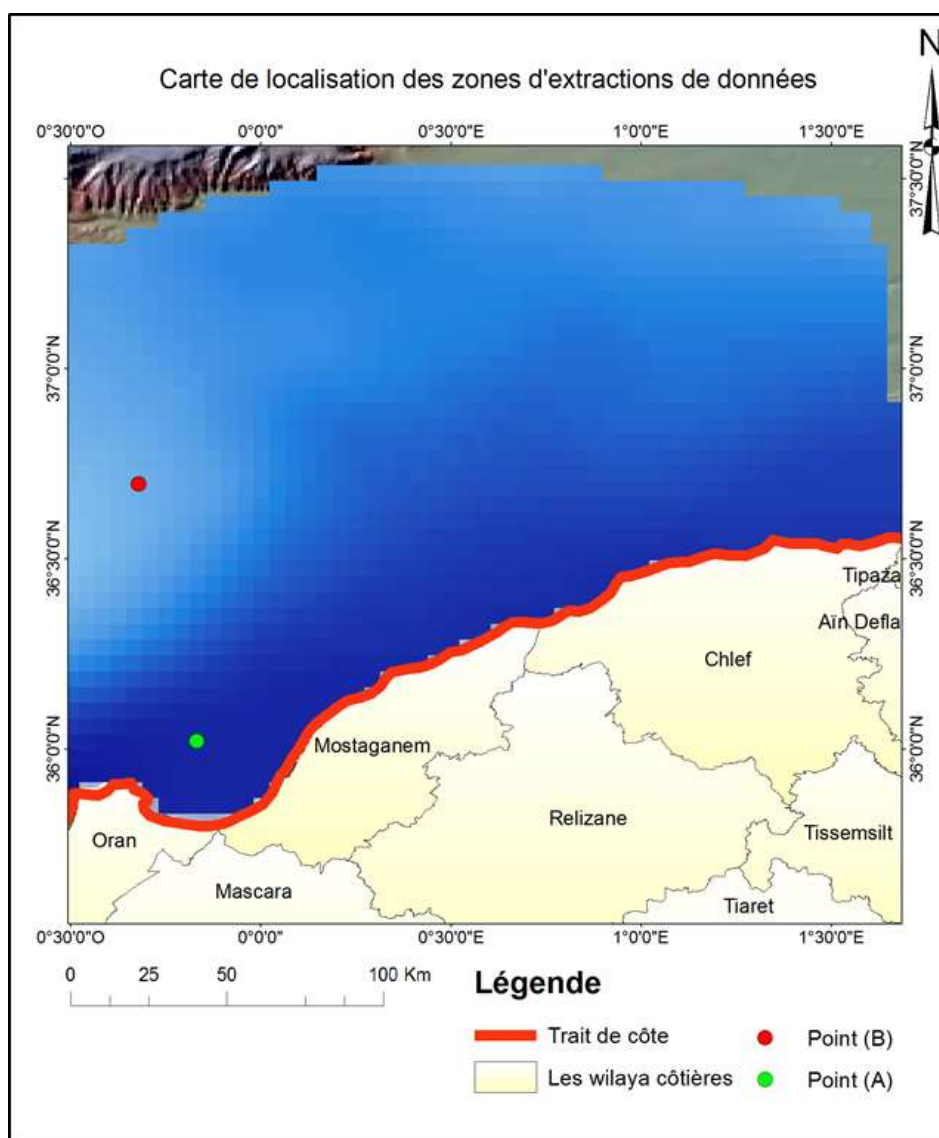
### IV.3 Profils verticaux

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'état physico-chimique de la colonne d'eau pour les années entre 2010 et 2019; à cet effet, nous avons élaboré des profils verticaux de variations de la salinité et des températures en fonction de la profondeur; la figure 17 montre la localisation des profils près de la côte et au large aux coordonnées ci-dessous:

#### Les coordonnées des points d'extraction de données :

Le point (A) : Longitude :  $0.17^{\circ}$  W - Latitude :  $36.02^{\circ}$  N

Le point (B) : Longitude :  $0.5^{\circ}$  W - Latitude :  $36.6^{\circ}$  N

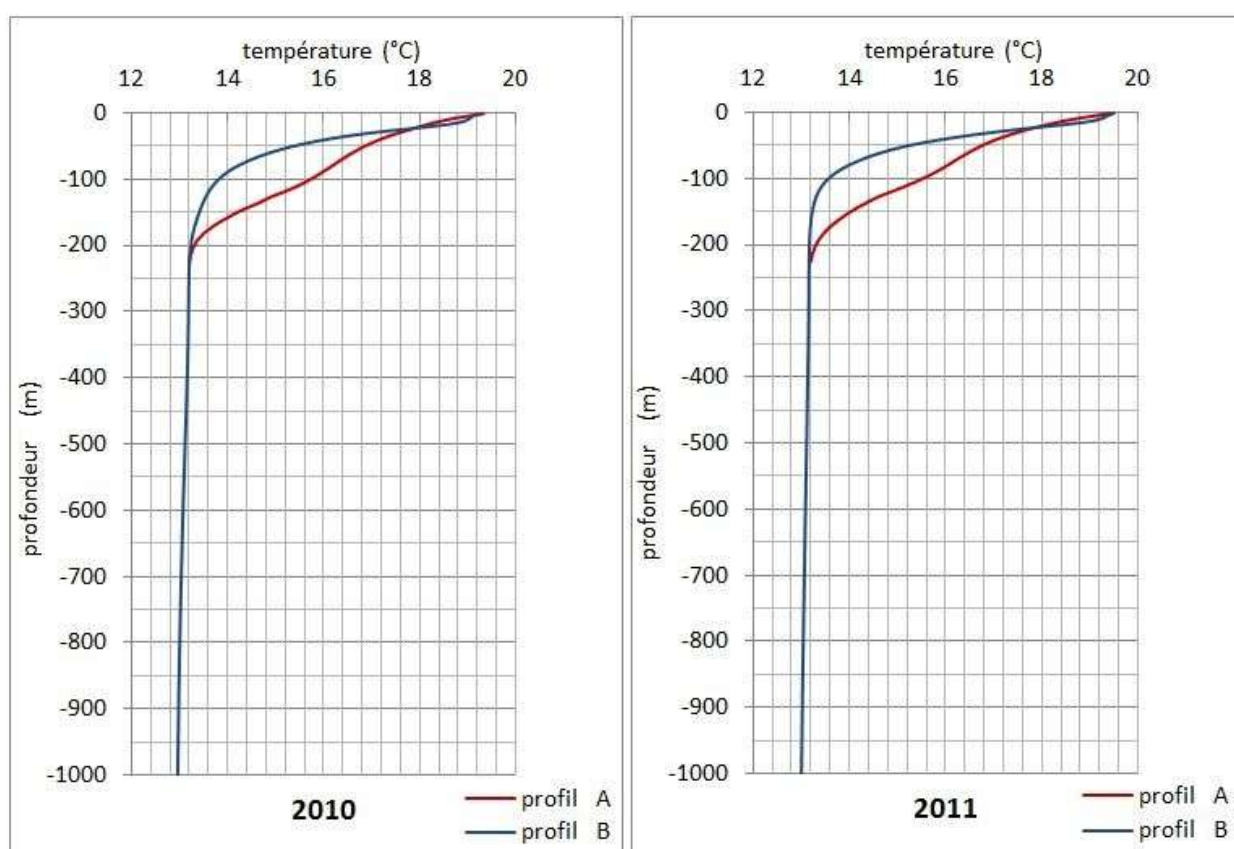


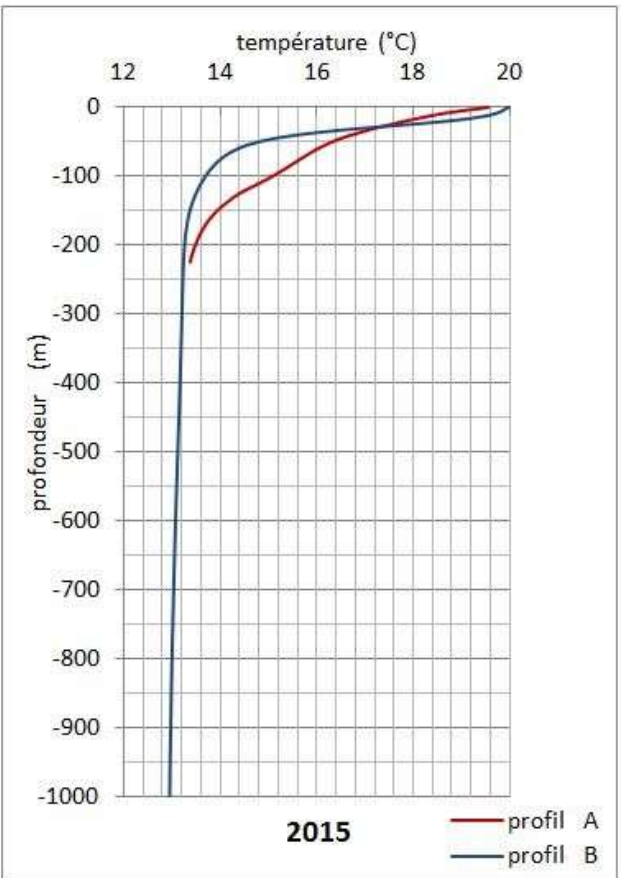
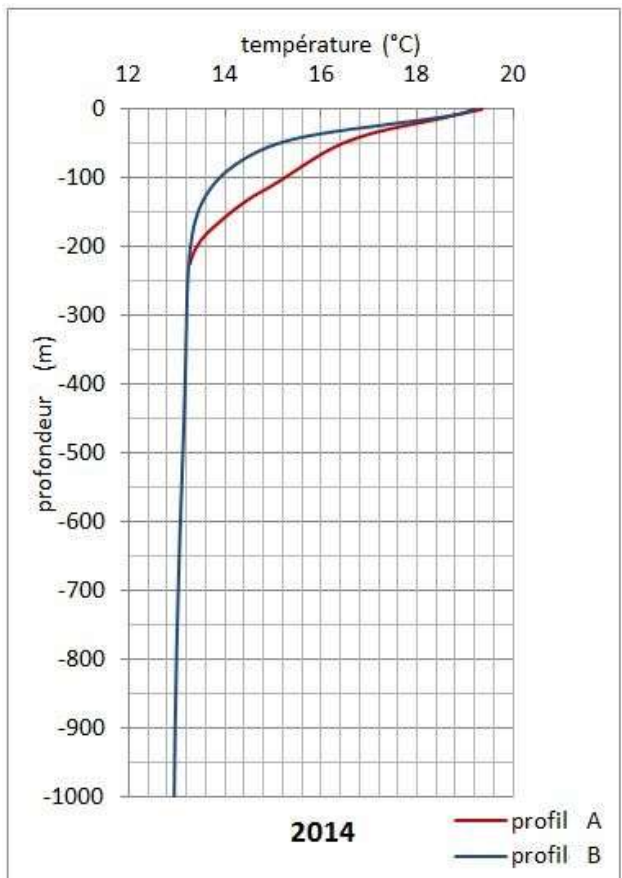
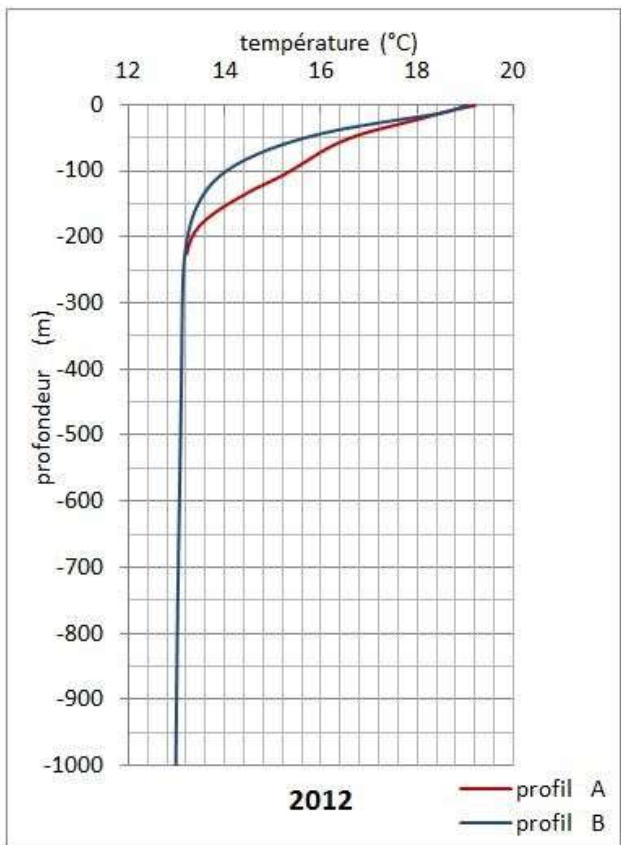
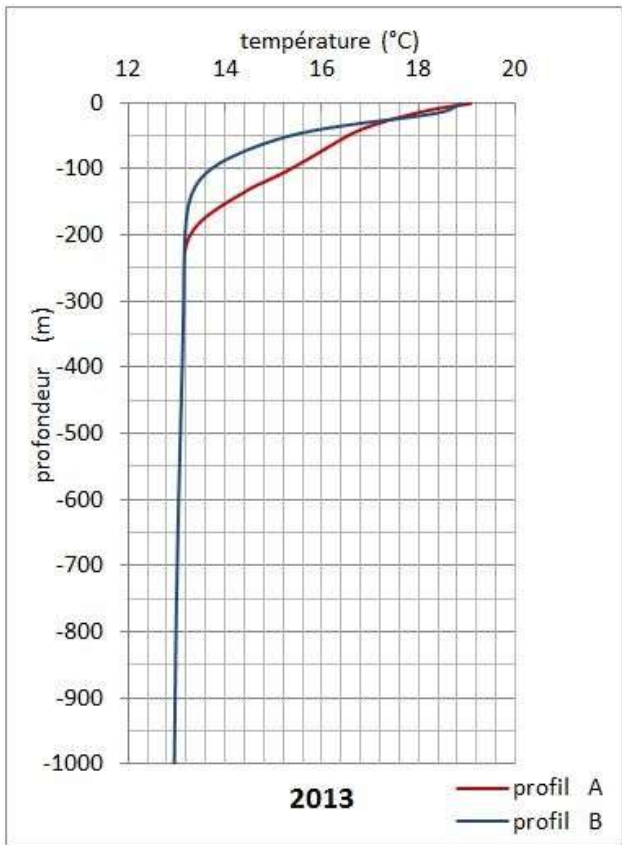
*Figure 16: Carte de localisation des points de profilage à la côte et au large.*

### IV.3.1 Les profils verticaux de la température des moyennes annuelles durant la dernière décennie (2010/2019) :

Dans cette partie, nous présentons les variations interannuelle des températures en fonction de la profondeur pour la décennie 2010/2019 près de la côte et au large. Ces diagrammes peuvent nous fournir des informations sur les températures des eaux, en allant de la surface jusqu'au 200 m de profondeur à la côte, et jusqu'à la profondeur de 2800m au large.

**NB:** Nous avons limité les profils à -1000 m de profondeur, à cause de la stabilité de la température des eaux, à partir de 1000 m.





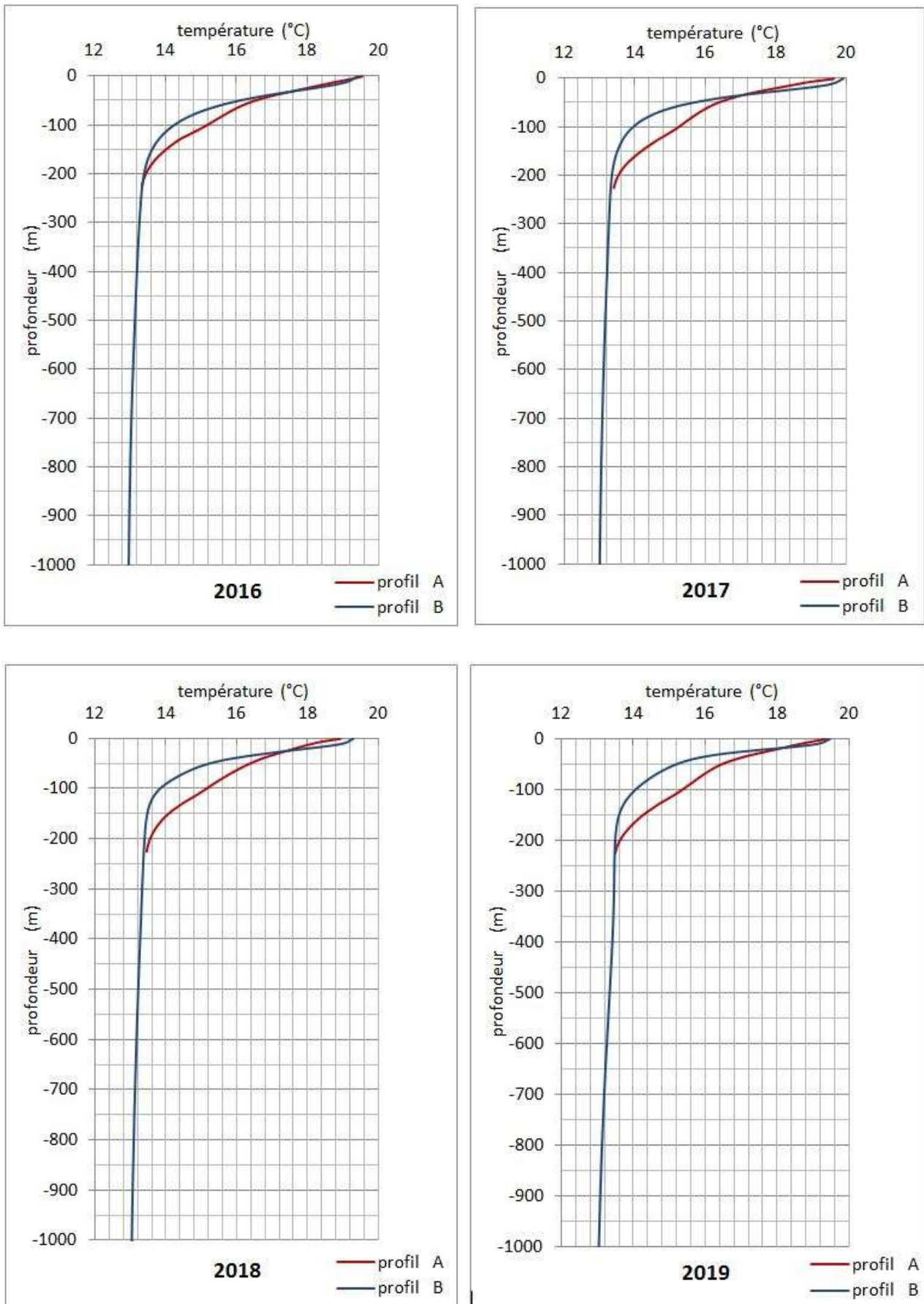


Figure 17: diagramme de variation verticale interannuelles des températures en points A et B entre les années 2010/2019

Les résultats des profils verticaux des températures, montre une variabilité importante en fonction de profondeur, et une légère variabilité interannuelle.

Les températures maximales en surface, ont été enregistrées en 2015 et 2017 avec 20°C au point A et 19,6°C au point B, contrairement aux années 2013 où les températures ont été minimale avec 19°C au point (A) à la cote et 18,8°C au point (B) au large; selon le diagramme de la température atmosphérique (voir Annexe 02), il semblerait que les température dans ses deux points en surface ils dépendent de la température de l'atmosphère.

La première remarque qui attire l'attention, c'est que les températures en surface au point B sont supérieur à celles du point A avec un écart de  $\sim 0,3$  °C pendant les années, 2011, 2015, 2017, 2018, 2019; tandis que les autre années les températures sont égaux en surface.

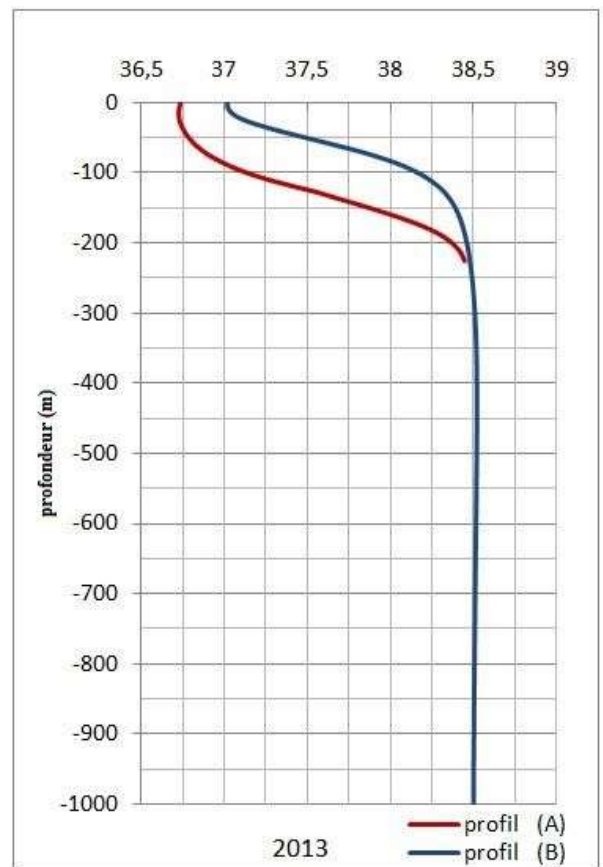
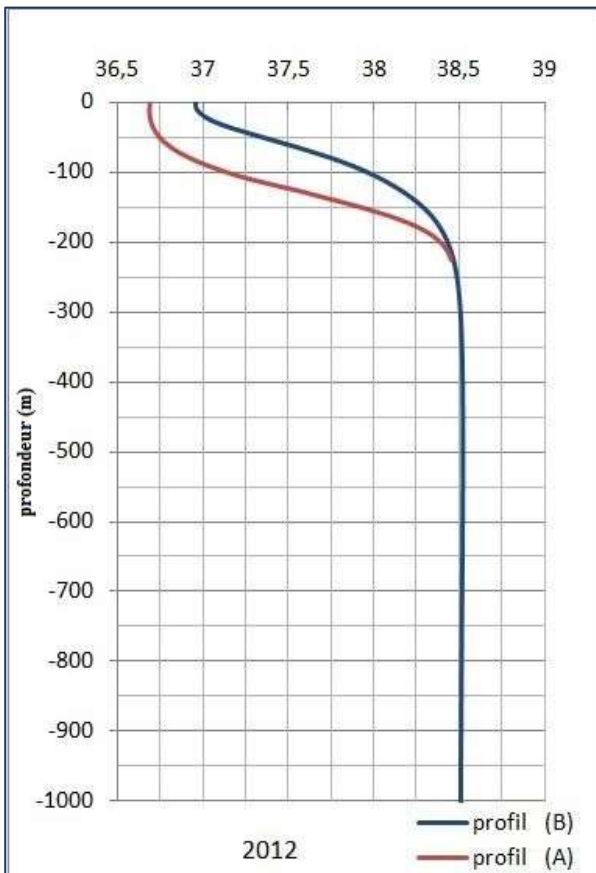
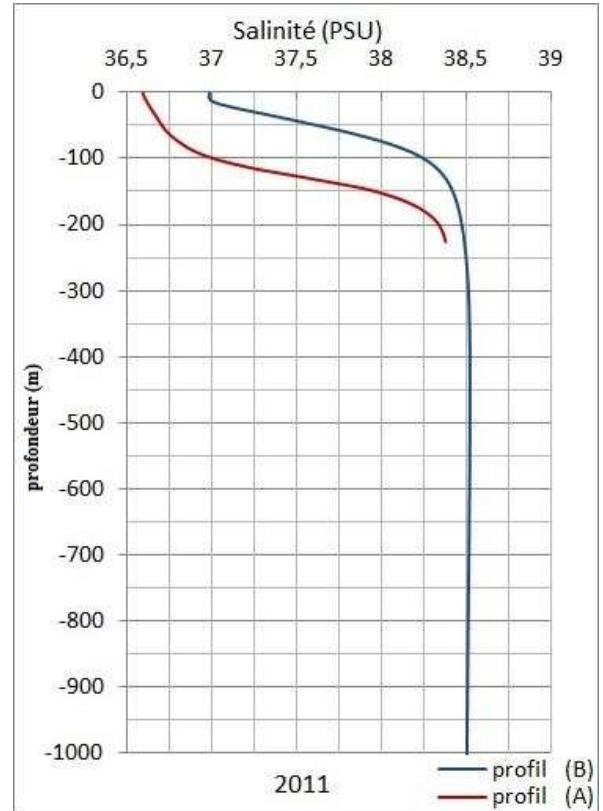
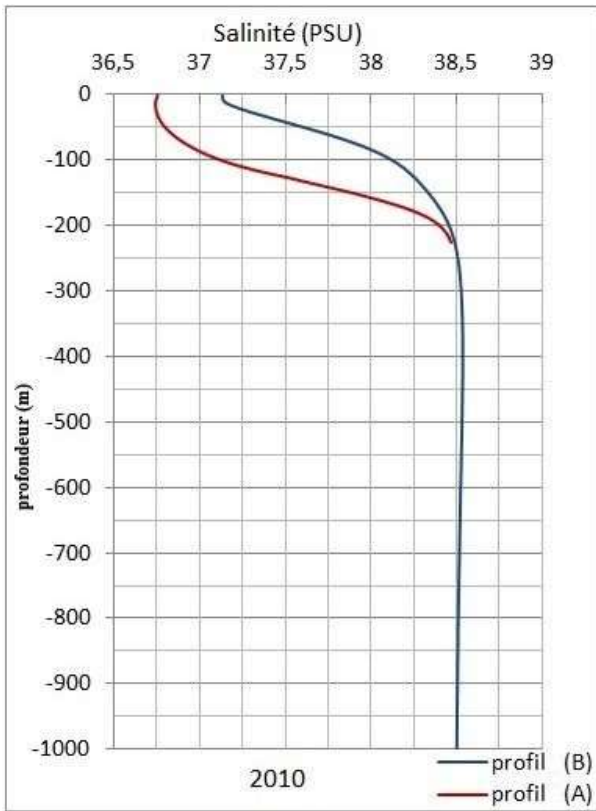
Sur les deux profils, les températures elles diminuent en fonction de la profondeur depuis la surface jusqu'à -25m, les valeurs se diminuent de la même ampleur ( $\sim 0,072$  °C/m); tandis que, à partir de -25m, les températures proche de la côte diminuent plus rapidement qu'au large.

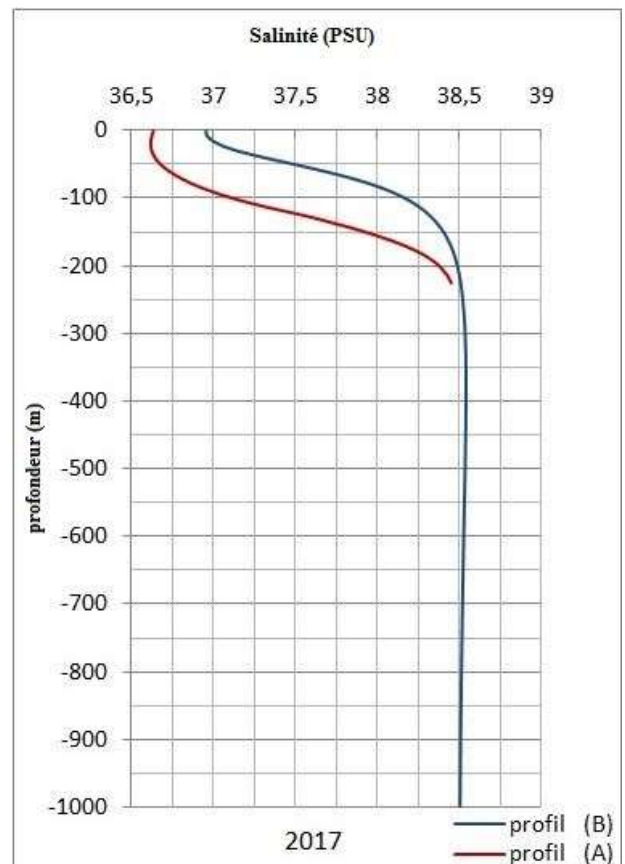
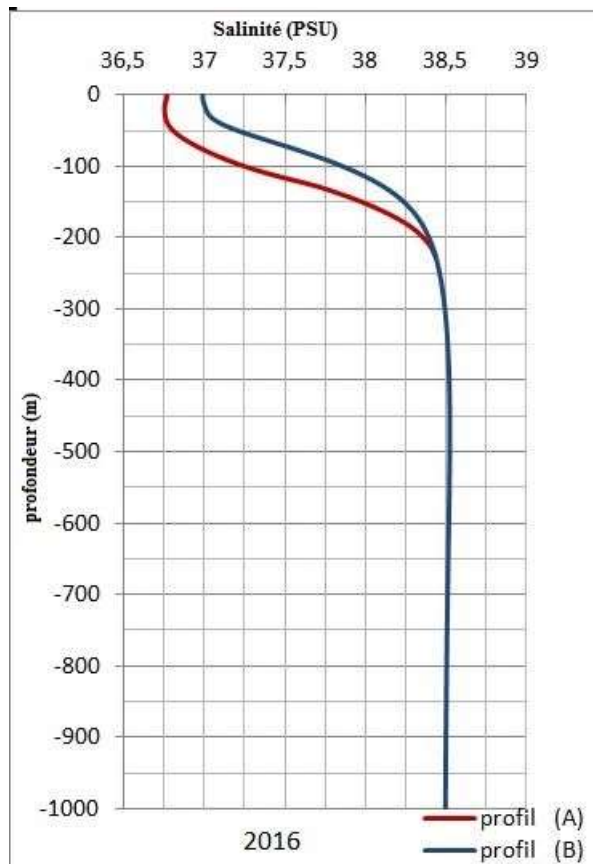
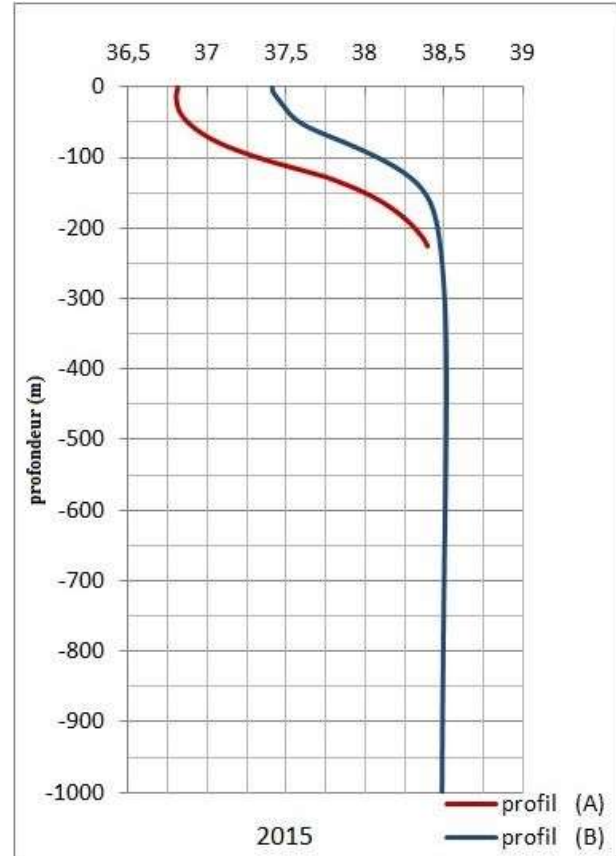
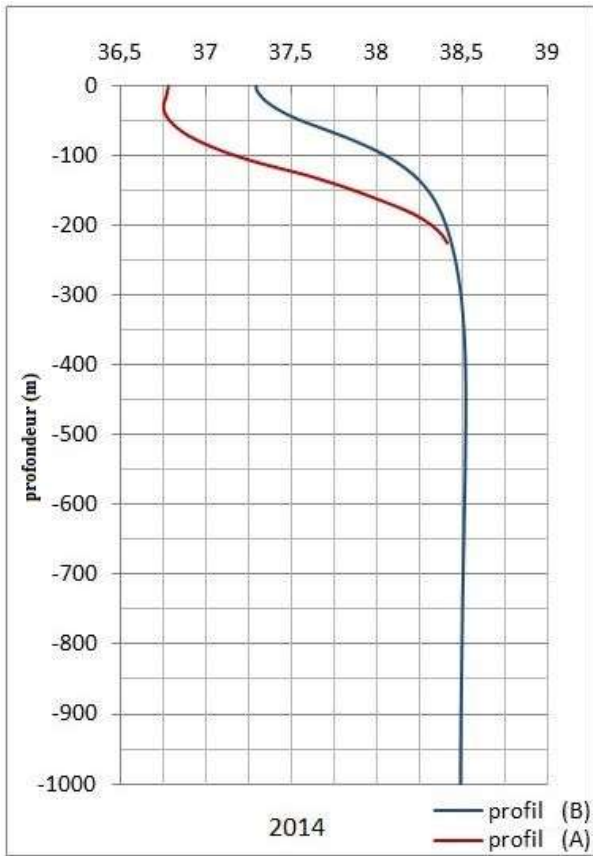
Finalement, les températures des deux profils se rejoignent à la profondeur de  $\sim -225$ m, où ils à la valeur de  $\sim 13,4$  °C; c'est la température de minimale des eaux côtières, tandis que au large, la température de l'eau continue à diminuer jusqu'à ce qu'elle atteint  $\sim 12,9$ °C à la profondeur de 1000m.

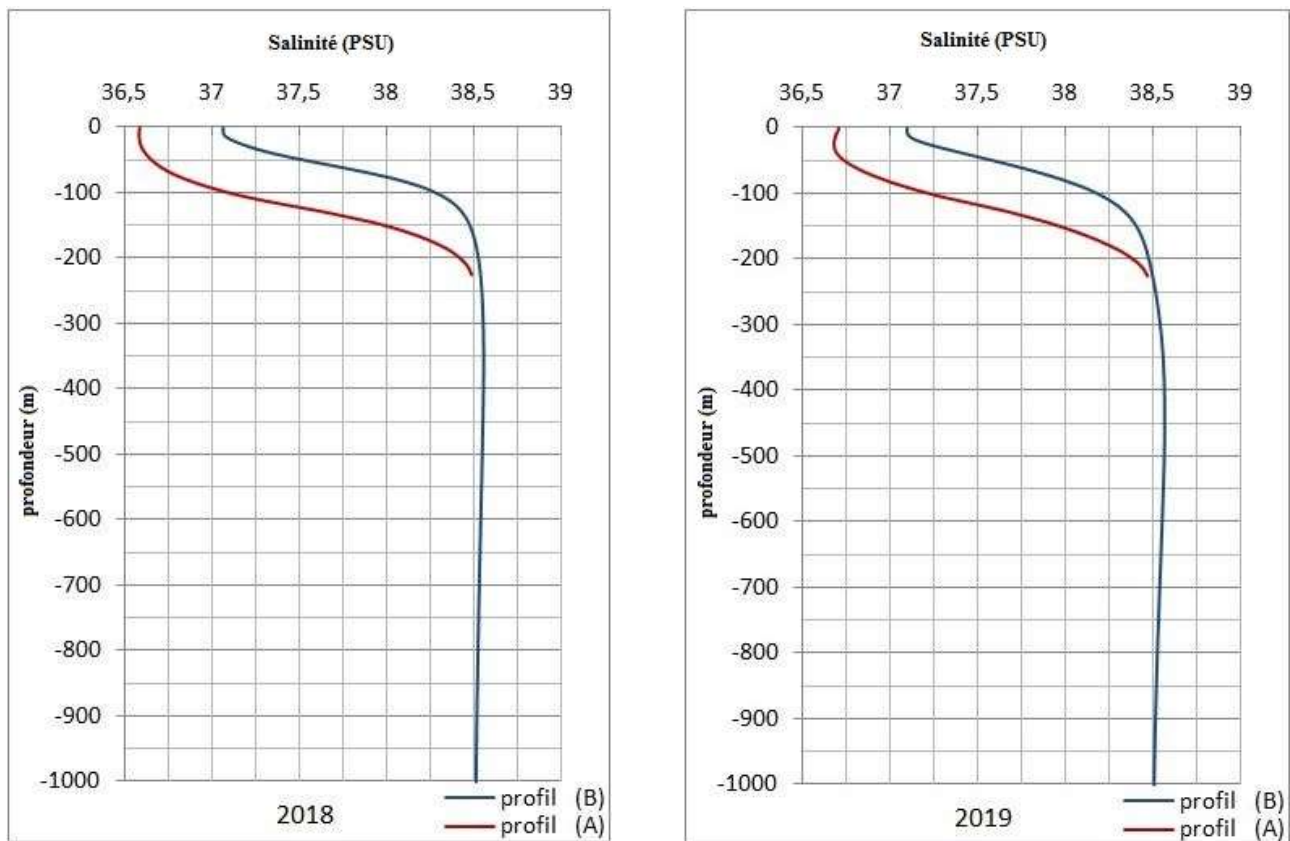
#### **IV.3.2 Les profils verticaux de la salinité des moyennes annuelles durant la dernière décennie (2010/2019)**

Dans cette partie, nous présentons les variations interannuelle de la salinité en fonction de la profondeur sur un profil vertical pour la décennie 2010/2019 près de la côte et au large. Ces diagrammes peuvent nous fournir des informations sur la salinité des eaux, en allant de la surface jusqu'au 2800m de profondeur. Par suite nous allons les associer avec les variabilités verticale des températures pour réaliser les diagrammes (T°/S) correspondent aux profils verticaux réalisé.

**NB:** Nous avons limité les profils à -1000m de profondeur, à cause de la stabilité de la salinité des eaux, à partir de 1000m.







**Figure 18:** Diagrammes de variations verticale interannuelles de la salinité entre les années 2010/2019

Selon les résultats obtenus dans les diagrammes ci-dessus, nous observons une variation interannuelle de la salinité très remarquable.

Globalement, on remarque que la salinité est beaucoup plus élevée au large que proche de la côte, entre la surface et -200 m de profondeur, les valeurs de la salinité enregistrées sur le profil B sont beaucoup plus supérieures à celles du profil A avec un écart de  $\sim 0,25$  PSU; tandis que, pendant les années 2011, 2017 et 2018, l'écart de la salinité entre le point A et le point B est supérieur à 0,5 PSU; selon les valeurs obtenues sur le diagramme des précipitations (voir annexe 04), la diminution de la salinité en point A par rapport au point B, il semblerait peut-être dû aux apports d'eau douce provenant du versant continental adjacent.

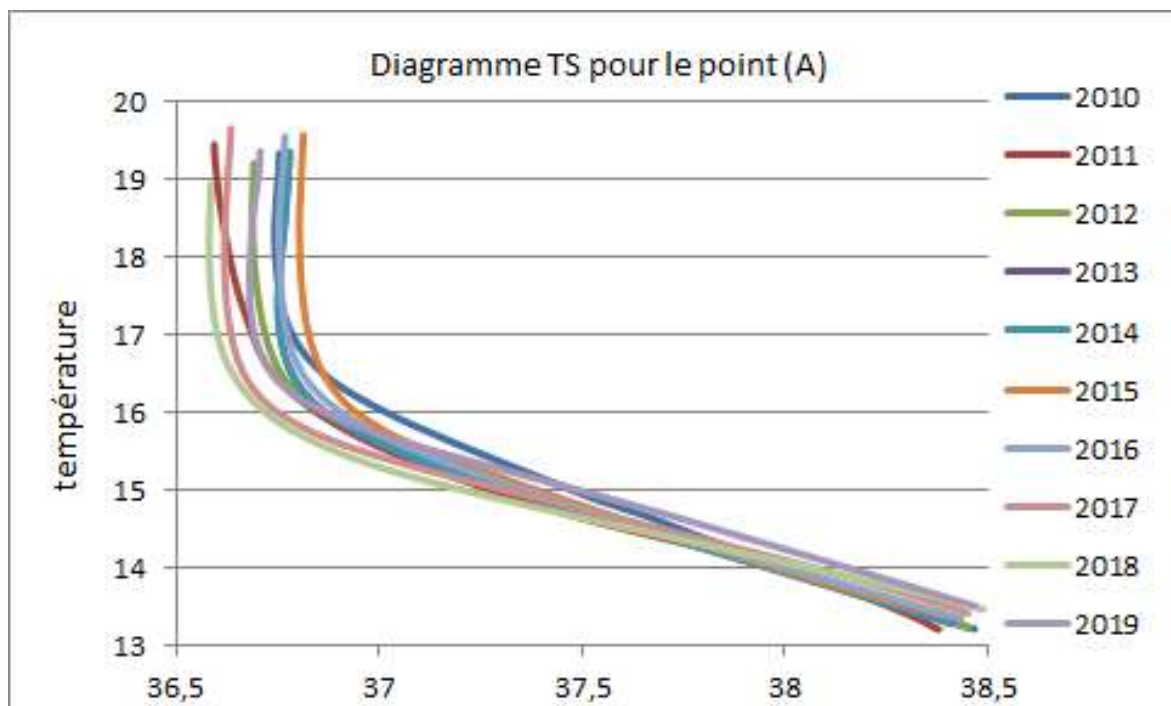
Cependant, l'écart de salinité entre le profil A et B, se diminue d'autant qu'on va en profondeur jusqu'à ce qu'ils se rejoignent à la profondeur  $\sim -225$  m avec une valeur  $\sim 38,4$  (Figure 19); à cette profondeur la salinité au large ne cesse pas d'augmenter, jusqu'à ce qu'elle atteigne  $\sim 38,5$  PSU à la profondeur de -300 m, à partir de là, la salinité à la verticale B se stabilise sur la colonne d'eau jusqu'au fond ( $\sim -2600$  m).

Pendant les années 2019 et 2014, nous remarquons que la salinité du profil A elle diminue de surface jusqu'à  $\sim -25\text{m}$  de profondeur, ce fait est correspondent aux années les plus chaude (vois annexe 04), donc, ce phénomène est probablement dû à l'élévation des températures atmosphérique de ces périodes.

#### IV.3.3 Diagramme T/S

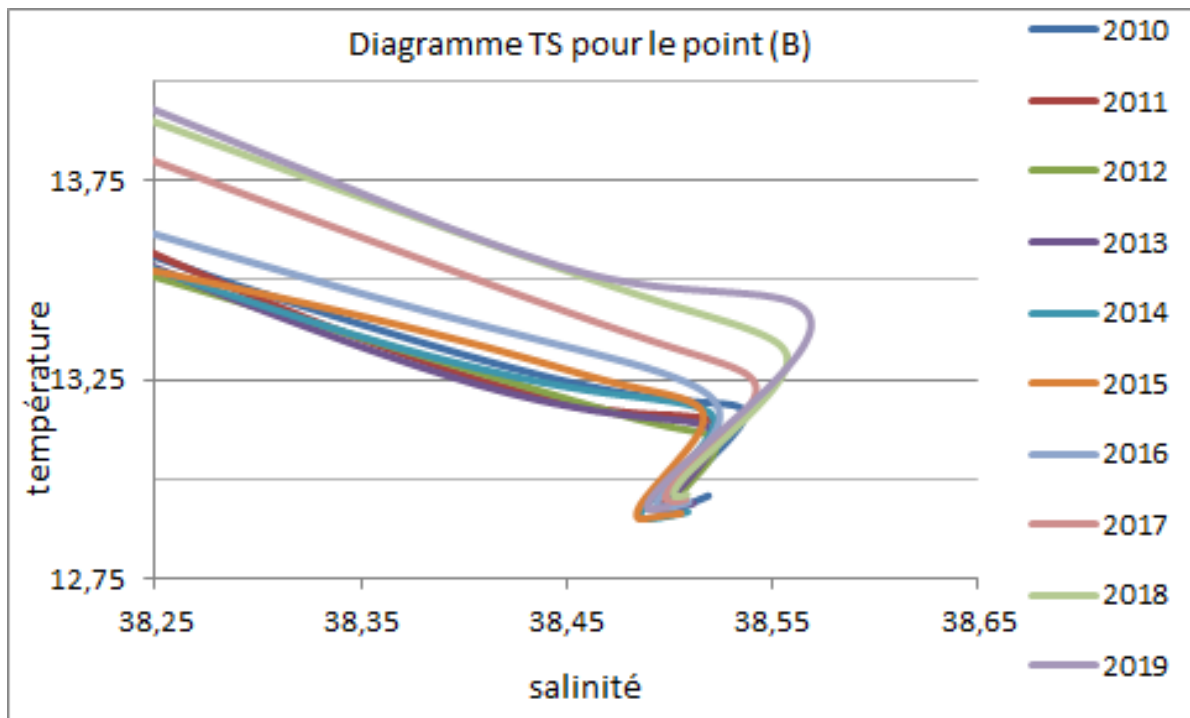
Dans cette partie, nous allons synthétiser entre les diagrammes des températures, et ce de la salinité, il s'agit de représenter alors, la variation interannuelle des températures en fonction de la salinité sur les deux profils A et B, durant les années de la décennie 2010/2019.

Ces diagrammes nous permettront de voir les caractéristiques des eaux à chaque profondeur sur les deux verticales A et B. ce qui nous permettra probablement de caractériser les masses d'eau existantes au sein de ces deux profils.



**Figure 19:** Diagramme  $T^{\circ}/S$  à la verticale correspondante au point A près de la côte durant les années 2010/2019.

Les courbe figurant sur le diagramme ci-dessus (Figure 20), montre une continuité stable de la fonction  $f_{(s)}=T^{\circ}$ ; en pratique, cette stabilité se traduit par l'homogénéité de la masse d'eau en question dans son état thermique et de la salinité; donc, il semblerait peut être que sur le plateau continental de la région du cap d'Arzew, il existe une seule masse d'eau, qui aller de surface jusqu'à  $-225\text{m}$  (profil A), avec  $\sim(36,75 \text{ PSU}; 19,6 \text{ }^{\circ}\text{C})$  en surface, et  $\sim(38,37 \text{ PSU}, 13,4 \text{ }^{\circ}\text{C})$  en profondeur.



*Figure 20: Diagramme T°/S correspond à la verticale de point B au large pendant les années 2010/2019.*

Dans le diagramme (T°/S établi au large au point B (Figure 17), nous distinguons que les courbes de la fonction  $f_{(s)} = T^\circ$ , présente une déviation qui est probablement dû aux fluctuations de la température et de la salinité.

Selon la superposition des valeurs du point d'inflexion vu sur le diagramme T/S au coordonnées moyennes de ( $T^\circ=13.2$ ,  $S=38.5$ PSU) sur les diagrammes de distribution verticale et de salinité (présenté dans la section (chapitre VII/partieVII.2) on trouve que ce niveau existe sur une profondeur comprise entre (-200m et -250m), ce qui semblerait peut être dû à la présence de stratification de deux masses d'eau à ce niveau de caractéristique physico-chimique différentes.

---

## -V). Conclusion :

La partie occidentale du bassin algérien possède une circulation hydrologique trop complexe; elle est principalement contrôlée par trois facteurs, les flux atlantiques, la climatologie et la topographie de ce bassin.

La situation géographique de cette zone lui donne des caractéristiques qui n'existent nulle part ailleurs ; sa position face au détroit de Gibraltar implique un échange considérable des eaux à travers un flux permanent qui vient d'ouest vers l'est en suivant la côte algérienne, il s'agit du *courant algérien*.

D'autres parts, la situation du bassin algérien dans un climat désertique provoque la naissance d'autres facteurs qui rendent encore l'hydrologie de cette zone plus complexe, l'échange thermique et hydrique à l'interface air-mer et leurs influences sur les eaux de surface suivant l'état de l'atmosphère, donnent du bon indice sur la réponse rapide de ce bassin face à la météorologie et aux événements du changement climatique.

Troisièmement, on remet en question la topographie du bassin algérien qui est responsable sur l'orientation des flux et la cause principale de la circulation méso-échelle dans cette zone, le changement d'orientation de la pente du talus continental entre  $0^{\circ}00'$  et  $1^{\circ}00'$ , provoque la déstabilisation du courant algérien et l'orientation d'une partie de ce flux vers le nord, qui est cependant la cause de la naissance d'une circulation méso-échelle au large du bassin algérien ce qui provoque l'augmentation du mélange des eaux d'origine atlantique avec les eaux méditerranéennes.

---

## **Perspectives :**

Le travail présenté dans ce mémoire s'est porté sur l'étude de l'hydrologie du bassin algérien, particulièrement sur la partie Ouest de la côte algérienne.

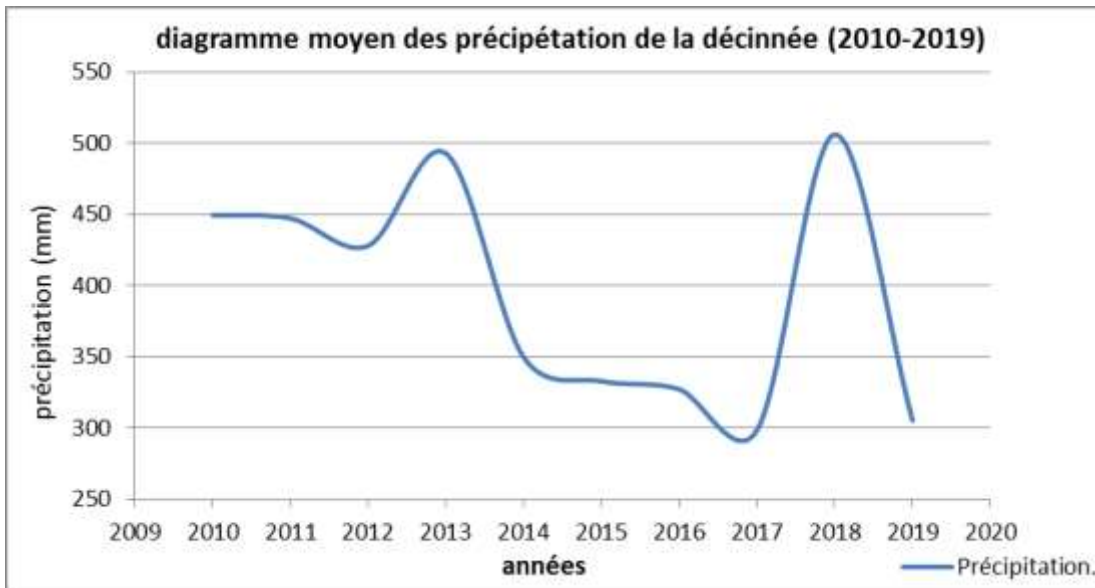
En premier lieu nous sommes intéressés à l'étude des paramètres (T/S) des eaux de la partie ouest du bassin algérien, ce qui nous a permis de visualiser quelques comportements circulaires des masses d'eau au niveau de cette zone, et de voir aussi les différents facteurs qui agissent sur cette dernière. Néanmoins, quelques paramètres restent encore manquants dans cette étude tel que, la simulation de la courantologie, et l'évaluation de transfert de chaleurs air/mer; ce qui sont probablement indispensables dans l'étude de l'hydrologie, cependant les résultats obtenus, sont largement fiables et opérationnels pour les appliquer au terrain.

Les résultats obtenus dans ce mémoire ne sont pas destinés seulement à l'usage pour la description des eaux du bassin algérien; mais aussi elles reflètent une étude d'impact tridimensionnel qui peut avoir tendance de toucher l'environnement et aussi bien le volet socio-économique de la région, à cause de l'influence de la circulation hydrologique sur l'aspect biologique de ce bassin, bien que l'influence réciproque mer/climat qui présentera certainement une véritable contrainte à l'environnement marin et du versant continental du territoire côtier algérien.

---

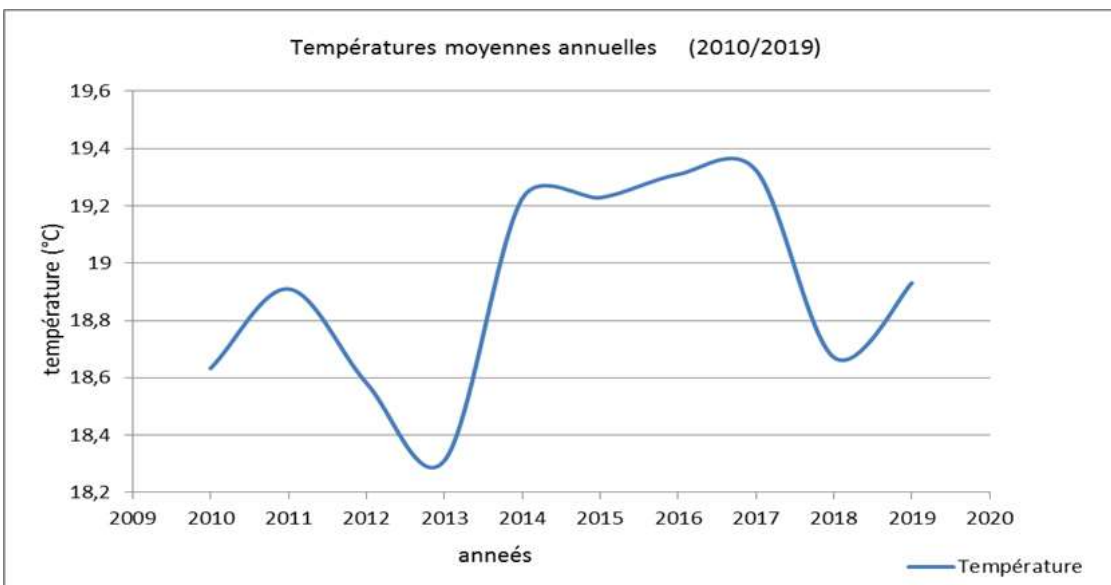
# **Annexes**

**Annexe 01 :** Diagramme des Précipitations moyennes annuelles dans le bassin ouest algérien pour la décennie [2010-2019].



Source : Climatic Research Unit (University of East Anglia) and NCAS.

**Annexe 02:** Diagramme Températures moyennes annuelles dans le bassin ouest algérien pour la décennie [2010-2019]



Source: Climatic Research Unit (University of East Anglia) and NCAS.

**Annexe 03:** Tableau des valeurs statistique des températures et de la salinité en surface du bassin Algérien occidental

<i>années</i>	<i>Salinité</i>			<i>Température</i>		
	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>moyenne</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>moyenne</i>
2010	37.14	36.72	36.93	19.61	18.87	19.13
2011	37.10	36.60	36.86	19.90	18.93	19.51
2012	37.20	36.67	36.94	19.50	18.82	19.14
2013	37.02	36.69	36.82	19.34	18.67	19.03
2014	37.60	36.73	37.20	19.73	19.05	19.32
2015	37.37	36.76	37.12	20.01	19.11	19.61
2016	37.20	36.74	36.99	20.03	18.94	19.59
2017	36.98	36.60	36.84	20.26	19.04	19.71
2018	37.09	36.56	36.91	19.64	18.62	19.14
2019	37.28	36.67	37.01	19.75	19.01	19.43

Source : Copernicus (CMEMS)

**Annexe 04 :** Tableau des valeurs statistique de la température et de la salinité en profondeur du bassin Algérien occidental.

<i>Années</i>	<i>Salinité</i>			<i>Température</i>		
	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Moyenne</i>
2010	38,31	38,47	38,39	13,23	13,50	13,34
2011	38,35	38,50	38,45	13,13	13,42	13,24
2012	38,32	38,45	38,39	13,21	13,42	13,31
2013	38,33	38,47	38,38	13,17	13,46	13,31
2014	38,27	38,47	38,40	13,20	13,52	13,30
2015	38,29	38,48	38,39	13,25	13,58	13,39
2016	38,33	38,43	38,39	13,37	13,54	13,44
2017	38,28	38,49	38,40	13,34	13,77	13,53
2018	38,32	38,53	38,48	13,42	13,69	13,51
2019	38,38	38,54	38,49	13,47	13,71	13,54

Source: Copernicus (CMEMS)

---

## **Références bibliographiques**

---

## Références bibliographiques

- Allain, C., & Furnestin, J. (1969). Hydrologie de la Méditerranée occidentale (secteur méridional et Golfe du Lion), en automne 1963 Campagne de la «Thalassa» du 12 octobre au 27 novembre. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 33(1), p.p. 5-78.
- Auffret, G.-A., Pastouret, L., Chamley, H., & Lanoix, F. (1974). *Influence of the prevailing current regime on sedimentation in the Alboran Sea*. Paper presented at the Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts.
- Auzende, J. M. (1978). *Histoire tertiaire de la Méditerranée occidentale*. Université de Paris VII,
- Baringer, M. O. N., & Price, J. F. (1997). Mixing and spreading of the Mediterranean outflow. *Journal of Physical Oceanography*, 27(8), p.p. 1654-1677.
- Barnier, B., Brodeau, L., & Penduff, T. (2006). News: Ocean surface forcing and surface fields. *Mercator Ocean Quarterly Newsletter*(22).
- Benzohra, M., & Millot, C. (1995). Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(10), p.p. 1803-1830.
- Bérard, V. (1895). La Méditerranée Phénicienne: I.—Les faits. Paper presented at the *Annales de Géographie*.
- Bethoux, J. (1979). Budgets of the Mediterranean Sea—Their dependence on the local climate and on the characteristics of the Atlantic waters. *Oceanologica Acta*, 2(2), p.p. 157-163.
- Bachari, N., Nacef, L., & Bouda, A. (2017). Variabilité et évolution décennales des températures et salinités de surface en méditerranée.
- Barniaudy, C. (2010). Les modulations du vent dans les territoires de Méditerranée occidentale: dissolution et recomposition des frontières. Paper presented at the Séminaire «Frontière in-visible: culture, littérature, paesaggi fra Sardegna e Mediterraneo», Faculté d'Économie, de Science Politique et de Littérature de l'Université de Cagliari (Sardaigne, Italie).
- Baudrier, J., Colas, S., & Garreau, P. (2016). Variabilité de la température et de la salinité dans les eaux métropolitaines.
- Bethoux, J. P., Gentili, B., Morin, P., Nicolas, E., Pierre, C., & Ruiz-Pino, D. (1999). The Mediterranean Sea: a miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for the climatic functioning of the North Atlantic. *Progress in Oceanography*, 44(1-3), p.p. 131-146.
- Bozec, A. (2006). *La circulation thermohaline de la Mer Méditerranée sous les climats présents et futurs*. Paris 6,
- Bryden, H., & Stommel, H. (1984). Limiting processes that determine basic features of the circulation in the Mediterranean-Sea. *Oceanologica Acta*, 7(3), p.p. 289-296.
- Courteau, R. (2011). La pollution de la Méditerranée: état et perspectives à l'horizon 2030. *Les rapports de l'OPECST. A. Nationale-Sénat. Paris, Assemblée Nationale-Sénat*, p. 179.
- Crouteix, O. (2021). Protéger la biodiversité marine: regard sur la Méditerranée au prisme des outils de l'UICN. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, p.21(1).
- Camerlenghi, A., Accettella, D., Costa, S., Lastras, G., Acosta, J., Canals, M., & Wardell, N. (2009). Morphogenesis of the SW Balearic continental slope and adjacent abyssal plain, Western Mediterranean Sea. *International Journal of Earth Sciences*, 98(4), p.p.735-750.
- Chen, C., & Kamenkovich, I. (2013). Effects of topography on baroclinic instability. *Journal of Physical Oceanography*, 43(4), p.p.790-804.
- Crépon, M., Richez, C., & Chartier, M. (1984). Effects of coastline geometry on upwellings. *Journal of Physical Oceanography*, 14(8), p.p.1365-1382.
- Damien, P. (2015). *Etude de la circulation océanique en Méditerranée Occidentale à l'aide d'un modèle numérique à haute résolution: influence de la submésoséchelle*. Toulouse 3,
- Déporte, A. (2016). *Caractérisation du fonctionnement d'une hydrolienne à membrane ondulante pour la récupération de l'énergie des courants marins*. Université de Bretagne occidentale-Brest,
- Dufois, F. (2008). Modélisation du transport particulaire dans le Golfe du Lion en vue d'une application au devenir des traceurs radioactifs issus du Rhône. Université du Sud Toulon-Var,
- El-Robrini, M., Genesseeux, M., & Mauffret, A. (1985). Consequences of the El-Asnam earthquakes: Turbidity currents and slumps on the Algerian margin (Western Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 5(3), p.p. 171-176.

- Escudier, R., Clementi, E., Omar, M., Cipollone, A., Pistoia, J., Aydogdu, A., Lecci, R. (2020).** Mediterranean Sea Physical Reanalysis (CMEMS MED-Currents)(Version 1), Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS)[data set]. In.
- Fuda, J., Millot, C., Taupier-Letage, I., Send, U., & Bocognano, J. (2000).** XBT monitoring of a meridian section across the western Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 47(11), p.p. 2191-2218.
- Furnestin, J., & Allain, C. (1962).** L'hydrologie algérienne en hiver (Campagne du «Président-Théodore-Tissier», février 1960). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 26(3), p.p. 277-308.
- Gabert, P. (1964).** La topographie sous-marine de la Méditerranée. *Méditerranée*, 5(3), p.p. 266-270.
- Garreau, P. (2012).** Variation spatio-temporelle de la température et de la salinité. Sous-région marine Méditerranée occidentale. Evaluation initiale DCSMM.
- Gascard, J. (1978).** Mediterranean deep-water formation baroclinic instability and oceanic eddies. *Oceanologica Acta*, 1(3), p.p. 315-330.
- Group, T. M., de Madron, X. D., Guieu, C., Sempéré, R., Conan, P., Cossa, D., Rabouille, C. (2011).** Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean. *Progress in Oceanography*, 91(2), p.p. 97-166.
- Houpert, L., Testor, P., De Madron, X. D., Somot, S., D'ortenzio, F., Estournel, C., & Lavigne, H. (2015).** Seasonal cycle of the mixed layer, the seasonal thermocline and the upper-ocean heat storage rate in the Mediterranean Sea derived from observations. *Progress in Oceanography*, 132, p.p. 333-352.
- Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P., & Lister, D. (2020).** Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific data*, 7(1), p.p.1-18.
- Juza, M., Renault, L., Ruiz, S., & Tintoré, J. (2013).** Origin and pathways of Winter Intermediate Water in the Northwestern Mediterranean Sea using observations and numerical simulation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118(12), p.p. 6621-6633.
- Kacemi, M. (2013).** Protection et valorisation du littoral en Algérie: législation et instruments: Le cas des communes littorales d'Oran. *Études caribéennes*(20).
- Lacombe, H., Gascard, J., Gonella, J., & Bethoux, J. (1981).** Response of the Mediterranean to the water and energy fluxes across its surface, on seasonal and interannual scales. *Oceanologica Acta*, 4(2), p.p. 247-255.
- Lascaratos, A., Williams, R. G., & Tragou, E. (1993).** A mixed-layer study of the formation of Levantine Intermediate Water. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 98(C8), p.p. 14739-14749.
- Le Gendre, R., Dumas, F., Lefevre, J., & Loubersac, L. (2016).** Comment représenter les mouvements de la mer: introduction à l'hydrodynamique côtière et à sa modélisation. *Tai Kona*(14), p.p. 26-39.
- Leaman, K. D., & Schott, F. A. (1991).** Hydrographic structure of the convection regime in the Gulf of Lions: Winter 1987. *Journal of Physical Oceanography*, 21(4), p.p. 575-598.
- Leclaire, L. (1972).** La sédimentation Holocene sur le versant méridional du bassin algéro-baléare (précontinent algérien). Paris: *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, p.p. 24-291.
- Malanotte-Rizzoli, P. (2001).** Currents systems in the Mediterranean Sea.
- Marshall, J., & Schott, F. (1999).** Open-ocean convection: Observations, theory, and models. *Reviews of geophysics*, 37(1), p.p. 1-64.
- Mauffret, A., Frizon de Lamotte, D., Lallemand, S., Gorini, C., & Maillard, A. (2004).** E-W opening of the Algerian Basin (western Mediterranean). *Terra Nova*, 16(5), p.p. 257-264.
- Millot, C. (1987).** The circulation of the Levantine Intermediate Water in the Algerian basin. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 92(C8), p.p. 8265-8276.
- Millot, C. (1989).** La circulation générale en Méditerranée occidentale: Aperçu de nos connaissances et projets d'études. Paper presented at the *Annales de géographie*.
- Millot, C. (1999).** Circulation in the western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 20(1-4), p.p. 423-442.
- Millot, C., & Taupier-Letage, I. (2005).** Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian subbasin by mesoscale eddies and not by a permanent westward flow. *Progress in oceanography*, 66(2-4), p.p. 231-250.
- Millot, C., & Taupier-Letage, I. (2005).** Circulation in the Mediterranean sea. In *The Mediterranean Sea*, London: Springer, (p.p. 29-66).

- 
- Ovchinnicov, I., & Plakhin, E. (1984).** Formation of mediterranean intermediate water in the rhodes cyclonical gyre. *oceanologiya*, 24(3), p.p. 417-420.
- Pinot, J. M., & Ganachaud, A. (1999).** The role of winter intermediate waters in the spring-summer circulation of the Balearic Sea: 1. Hydrography and inverse box modeling. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104(C12), p.p. 29843-29864.
- Pennel, R. (2011).** Influence de la bathymétrie sur les instabilités de courants côtiers et la formation de tourbillons: de l'observation en Méditerranée orientale à la modélisation idéalisée. Ecole Polytechnique X,
- Perkins, H., & Pistek, P. (1990).** Circulation in the Algerian basin during June 1986. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 95(C2), p.p. 1577-1585.
- Price, M. H. (2010).** Mastering ArcGIS: McGraw-Hill New York, NY, USA.
- Rixen, M., Beckers, J. M., Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Maillard, C., Dooley, H. (2005).** The Western Mediterranean Deep Water: a proxy for climate change. *Geophysical Research Letters*, p. 32(12).
- Roy-Barman, M., & Jeandel, C. (2011).** Géochimie Marine Circulation Océanique, Cycle Du Carbone et Changement Climatique: Vuibert Société géologique de France.
- Ruel, A. (1991).** L'invention de la Méditerranée. Vingtième siècle. *Revue d'histoire*, p.p. 7-14.
- Send, U., Font, J., Krahnemann, G., Millot, C., Rhein, M., & Tintoré, J. (1999).** Recent advances in observing the physical oceanography of the western Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44(1-3), p.p. 37-64.
- Sparnocchia, S., Picco, P., Manzella, G., Ribotti, A., Copello, S., & Brasey, P. (1995).** Intermediate water formation in the Ligurian Sea. *Oceanologica Acta*, 18(2), p.p. 151-162.
- Swallow, J., & Caston, G. (1973).** The preconditioning phase of MEDOC 1969—I. Observations. Paper presented at the Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts.
- Stanley, D. J., & Wezel, F.-C. (2012).** Geological evolution of the Mediterranean basin: Raimondo Selli commemorative volume: Springer Science & Business Media.
- Tanhua, T., Hainbucher, D., Schroeder, K., Cardin, V., Álvarez, M., & Civitarese, G. (2013).** The Mediterranean Sea system: a review and an introduction to the special issue. *Ocean Science*, 9(5), p.p. 789-803.
- Taupier-Letage, I., & Millot, C. (1988).** Surface circulation in the Algerian basin during 1984. *Oceanologica Acta*, Special Issue.
- Testor, P., Send, U., Gascard, J. C., Millot, C., Taupier-Letage, I., & Béranger, K. (2005).** The mean circulation of the southwestern Mediterranean Sea: Algerian Gyres. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110(C11).
- Tixeront, J. (1969).** Le bilan hydrologique de la mer Noire et de la mer Méditerranée. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*, 14(4), p.p. 61-69.
- UNEP, M. (2017).** Barcelona Convention–Mediterranean 2017 quality status report land and sea-based pollution: common indicator 19 etc. Conclusions (CI19). In.
- Wu, P., & Haines, K. (1996).** Modeling the dispersal of Levantine Intermediate Water and its role in Mediterranean deep water formation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 101(C3), p.p. 6591-6607.
- Zimmermann, M. (1895).** Études dans le bassin de la Méditerranée. Paper presented at the Annales de géographie.

### Les sites web consultés

[1]: WWF., BCG. (27. septembre 2017). La mer Méditerranée : une richesse unique en déclin rapide. [Enligne]. [Consulté le 10 juillet 2021]. Disponible sur le site web: <https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/la-mer-mediterranee-une-richesse-unique-en-declin-rapide>

## Résumé

L'objectif général de ce mémoire se porte sur l'étude des comportements de la circulation hydrologique au niveau de la partie occidentale du bassin algérien, ce qui est basé sur l'étude des paramètres physique (T°/S) des eaux de cette zone. La situation géographique du bassin algérien face au détroit de Gibraltar induit la propagation de l'eau d'origine Atlantique (AW) qui se coule par suite tout au long de la côte algérienne, cette masse d'eau se distingue avec une faible salinité (inférieure à 37,10 ‰), au fur et à mesure qu'elle progresse vers l'Est, elle se charge en sel et se transforme en eau Atlantique modifiée (MAW), en raison de l'effet de la force de Coriolis, toutes les eaux (AW et MW) qui circulent à l'échelle du bassin ont tendance à suivre la pente qui existe sur leurs adroite dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. En outre l'influence de la déférence de densité des eaux, la situation du bassin algérien entre le climat semi-aride au sud et tempéré au nord implique une situation météorologique particulière, ce qui accélère les processus de la circulation des masses d'eau; la combinaison de cette dernière avec la structure géomorphologique de la côte algérienne, conduit à l'apparition des structures méso-échelle sous l'effet de l'instabilité barocline, c'est ce que augment encore la complexité des eaux du bassin algérien.

**Mots clé:** bassin algérien, hydrologie, climat, géomorphologie, masses d'eau, force de Coriolis.

## abstract

The general objective of this thesis is the behavior's study of the hydrological circulation at the western part of algerian's basin, this study it based on the physical parameters (T°/S) study of this area's waters; The geographical situation of the Algerian basin facing the Strait of Gibraltar induces the propagation of the Atlantic water (AW) which flows along the Algerian coast, this water mass is characterized by a low salinity (less than 37.10‰), as it progresses towards the east, it is loaded with salt and becomes modified Atlantic water (MAW), due to the effect of the Coriolis force, all waters (AW and MW) that circulate at the scale of the algerian basin, follow in the anticyclonic direction the slope that exists on their right. In addition to the influence water's density deference, the situation of the Algerian basin between the semi-arid climate in the south and temperate in the north implies a particular meteorological situation, which accelerates the processes of hydrological circulation of water masses; the combination of the latter with the geomorphological structure of the Algerian coast, leads to the appearance of mesoscale circulations under the effect of baroclinic instability, which further increases the complexity of the waters of the Algerian basin.

**Key words:** Algerian basin, hydrology, climate, geomorphology, water masses, Coriolis force.

## ملخص

الهدف العام من هذه المذكرة هو دراسة سلوك الدوران الهيدرولوجي على مستوى الجزئ الغربي للحوض الجزائري من البحر الابيض المتوسط, هذه الدراسة تعتمد اساسا على معالجة المعلمات الفيزيائية من درجات الحرارة و الملوحة لمياه الحوض الجزائري؛ يؤدي الموقع الجغرافي للحوض الجزائري المواجه لمضيق جبل طارق إلى توغل مياه المحيط الأطلسي والتي تتدفق نتيجة لذلك على طول الساحل الجزائري، تتميز هذه الكتلة المائية بملوحة منخفضة بمعدل (أقل من 37,10 ‰)، عندما تتقدم هذه الكتلة المائية نحو الشرق، تصبح محملة بالملح وتصبح مياه أطلسية معدلة التي تدور في اتجاه عكس عقارب الساعة و في معظم الاحيان تتبع مسارها على المنحدر الموجود على يمينها بسبب قوة دوران الكرة الارضية (قوة كوريوليس). بالإضافة إلى تأثير الكثافة المائية على التيارات في الحوض الجزائري، يعد وضعه الجغرافي بين المناخ شبه الجاف من الجنوب والمعتدل من الشمال الي ظهور اضطرابات جوية معتبرة، مما يسرع من عمليات الدوران الهيدرولوجي للكتل المائية؛ اظافتنا الي هذه الاخيرة، تعد البنية الجيومورفولوجية للساحل الجزائري عامل مهم لظهور الدوامات تحت تأثير عدم استقرار التيارات، وهذا ما يزيد من تعقيد حركة مياه الحوض الجزائري.

**الكلمات المفتاحية:** الحوض الجزائري، التيارات، لمياه، المناخ، الجيومورفولوجيا، الكتل المائية، الكثافة المائية