

## دراسة التغير في منظومة الكربونات في المياه البحرية السطحية لشاطئ مدينة اللاذقية

هناء يوسف رسلان

الدكتور حسام الدين لايقة

الدكتور حازم كراوي

المعهد العالي للبحوث البحرية جامعة تشرين

### الملخص

يركز هذا البحث على دراسة تغيرات نظام الكربونات في المياه البحرية السطحية المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي والمدينة الرياضية من المنطقة الممتدة من الشاطئ و حتى مسافة 3km منه في فصلي الربيع و الصيف لعام 2022 م .

لوحظت تغيرات زمانية ومكانية واضحة لتغير اجمالي القلوية، تراوحت بين  $\mu\text{mol/kg}$  (2542.27- 2684.55) في فصل الربيع و  $\mu\text{mol/kg}$  (2505.69-2696.74) في فصل الصيف، ولإجمالي الكربون اللاعضوي بين القيم  $\mu\text{mol/kg}$  (2360.6-2436.3) ربيعاً، و  $\mu\text{mol/kg}$  (2333.6-2368.5) صيفاً .

ترافقت هذه التغيرات مع تغيرات في العوامل الهيدرولوجية ، تراوحت درجة الحرارة بين (19.75-23.79) ربيعاً، و (24.56-27.12) صيفاً، أما الملوحة فقد تراوحت بين ( % 34.87 - % 36.96) في فصل الربيع و ( % 35.62 - % 37.89) في فصل الصيف.(قدرت الملوحة بنسبة % جزء بالألف).

أثرت التغيرات الفصلية للعوامل الهيدولوجية وقيم نظام الكربونات (تغيرات القلوية والكربون اللاعضوي المنحل) في تغير قيم pH المياه البحرية حيث تراوحت قيم pH المياه (7.59- 7.99) ربيعاً و ارتفعت صيفاً الى المجال (7.75-8.16). لوحظ تأثير واضح للتغيرات المناخية من تغير درجات الحرارة نتيجة زيادة الانشطة البشرية في انطلاق وتحرر غاز ثنائي اكسيد الكربون على تغير نظام الكربونات في المياه البحرية .

بالنتيجة، إن التزايد المستمر لغاز ثنائي اكسيد الكربون في الهواء بسبب التلوث الناتج عن الانشطة البشرية المختلفة، أدى إلى زيادة نسبة انحلاله في المياه البحرية، وما رافقه من تغيرات في نظام الكربونات وفي قيم pH المياه، والذي ينعكس سلباً على النظام البيئي البحري من جهة، وما يترتب على ذلك من آثار سلبية على نشاط الاحياء وقدرتها على الحياة والتاقلم مع تغير قيم العوامل الهيدولوجية وتغير قيم نظام الكربونات في المياه البحرية .

**كلمات مفتاحية:** نظام الكربونات، القلوية الكلية، الكربون اللاعضوي المنحل، حموضة المياه، اللاذقية

# Study of the change in the carbonate system in the surface marine waters of the coast of the city of Latakia

## ABSTRACT

This research focuses on studying the changes of the carbonate system in surface marine waters at the mouth of the Al-Kabir Al-Shamali River and the Sports City in the area extending from the coast to a distance of 3 km during the spring and summer seasons of 2022.

Clear temporal and spatial changes were observed for the total alkalinity, ranging between (2696.74-2505.69)  $\mu\text{mol/kg}$  in the spring and (2542.27-2684.55)  $\mu\text{mol/kg}$  in the summer, and for total inorganic carbon between values of (2436.3-2360.6)  $\mu\text{mol/kg}$  in spring, and (2333.6-2368.5)  $\mu\text{mol/kg}$  in summer.

These changes were accompanied by changes in hydrological factors. The temperature ranged between (23.79-19.75) in the spring and (24.56-27.12) in the summer. As for the salinity, it ranged between (36.96‰-34.87‰) in the spring and (35.62‰-37.89‰) in the summer. (Salinity was estimated at ‰ ppt).

Seasonal changes in hydrological factors and carbonate system values (changes in alkalinity and dissolved inorganic carbon) affected the change in marine water pH values, as water pH values increased in spring between the two values (7.59-7.99) and

decreased in summer to the range (7.75-8.16). A clear impact of climate change, including temperature changes and increased human activities in the release and release of carbon dioxide gas, has been observed on changing the carbonate system in marine waters.

As a result, the continuous increase of carbon dioxide gas in the air due to pollution resulting from various human activities, which led to an increase in the rate of its dissolution in marine waters, and the accompanying changes in the carbonate system and in the pH values of the water, which reflects negatively on the marine ecosystem of On the one hand, the resulting negative effects on the activity of organisms and their ability to live and adapt to changing values of hydrological factors and changing values of the carbonate system in marine waters.

**Key word:** Carbonate system, Total Alkalinity, Total Inorganic Carbon, Lattakia

## 1- مقدمة:

ساهم التقدم الصناعي وزيادة الأنشطة البشرية المختلفة منذ الثورة الصناعية بانبعث ما يقارب 675Gton من غاز ثنائي أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) إلى الغلاف الجوي حتى وصلت قيمتها الوسطية إلى 410 ppm في عام 2019 (Friedlingstein *et al.*, 2019; Dlugokencky and Tans, 2020).

تلعب المحيطات دوراً مهماً في انخفاض نسبة غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو (Falkowski *et al.*, 1998)، حيث بينت الدراسات العلمية أن حوالي 25% من هذا الغاز الناتج عن الأنشطة البشرية منذ عام 1750 قد انحل في المياه البحرية (Friedlingstein *et al.*, 2019)، وحوالي 31% قد خزن في المياه البحرية خلال الفترة 1994-2007 (Gruber *et al.*, 2019a). تؤثر درجة حرارة المياه السطحية البحرية على انحلالية  $CO_2$ ، فعندما تنخفض درجة الحرارة تزداد عملية انحلال  $CO_2$  من الغلاف الجوي في المحيط (Weiss, 1974 ; Weiss *et al.*, 1982 ; Lenton and Matear, 2007). في حين يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية على المستوى العالمي إلى زيادة معدلات هطول الأمطار وانخفاض عمليات الخلط العمودي للمياه، وبالتالي تناقص عملية الانحلال (Toggweiler and Samuels, 1997 ; Toggweiler and Russel, 2008).

تساهم عملية انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون في انخفاض نسبته في الغلاف الجوي وبالتالي التخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري من جهة، ولكنه يؤدي إلى تغير قيم pH المياه البحرية من جهة أخرى (Prentice *et al.*, 2000; Doney *et al.*, 2009; Feely *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2018; Orekhova *et al.*, 2023). بينت الأبحاث انخفاض في قيمة pH في المياه البحرية السطحية بمقدار (0.1 units)

(Jiang *et al.*, 2019)، ومن المتوقع أن ينخفض بمعدل 0.2 to 0.4 units بحلول نهاية القرن مترافقة مع زيادة انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون (Orr *et al.*, 2005; Jiang *et al.*, 2019; IPCC, 2019). بينت عمليات الرصد طويلة المدى في محطات مراقبة المحيطات منذ الثمانينات أو التسعينيات من القرن العشرين انخفاض الرقم الهيدروجيني للمحيطات بين عامي 1980 و 1990 بمقدار 0.0013 و 0.0026 وحدة سنوياً اعتماداً على الموقع (Bates *et al.*, 2014). لوحظ ارتفاع حموضة المياه البحرية السطحية في البحر الأبيض المتوسط بشكل عام والمناطق الساحلية بشكل خاص  $0.003.yr^{-1}$  سنوياً (Kapsenberg *et al.*, 2017)، وهذا يشكل تهديد كبير للنظم البيئية البحرية (Fabry *et al.*, 2008; Gattuso *et al.*, 2015).

بالنتيجة، هناك انخفاض في قيم pH المياه السطحية من 0 إلى 0.3 وحدة على جهاز القياس وما يترتب عن ذلك من آثار سلبية على نشاط الأحياء البحرية وحتى موتها (Caldeira and Wickett, 2003)، فعلى سبيل المثال تتخفف قدرة الكائنات الحية على تشكيل كربونات الكالسيوم اللازمة لبناء القواقع الخاصة بها وذلك نتيجة تغير معدلات تشبع كربونات الكالسيوم في المياه السطحية، وهذا يمكن أن يعيق نمو الشعاب المرجانية والكائنات الجيرية الأخرى (Orr *et al.*, 2005 ; Kempe and Kazmierczak, 1994; Langdon *et al.*, 2000; Briffa and alagel, 2012; Carter *et al.*, 2015; Ashur *et al.*, 2017 )

لابد من دراسة آلية تبادل  $CO_2$  على السطح الفاصل هواء - بحر في ظل الزيادة المستمرة في نسبة  $CO_2$  الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة في البحر المتوسط وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات مثل (بورحيلي 2010 و واعي 2010)، بالإضافة إلى تحديد تأثير بعض العوامل (الفيزيائية: درجة الحرارة والملوحة، والكيميائية: إجمالي الكربون اللاعضوي والقلوية الكلية) بهدف معرفة دور التغيرات الكيميائية الحاصلة في

مياه البحر وكيف ستكون استجابة النظام البيئي لذلك (Miller, 2007 ; Volta et al., 2016)، هذا بالإضافة إلى تحديد دور المياه البحرية هل هي تخزين CO<sub>2</sub> الجوي فيها، أم تحرره باتجاه الغلاف الجوي (Carter et al., 2015 ; Lupker et al., 2016).

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

### 2-1- أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث في دراسة التغيرات الكيميائية في المياه البحرية السورية مقابل مدينة اللاذقية وتحديد التغيرات الفصلية للقلوية الكلية وإجمالي الكربون اللاعضوي في الطبقة السطحية للمياه البحرية (حتى 5m) ومدى تأثيرهم بالخصائص الهيدرولوجية (درجة حرارة وملوحة) بهدف تحديد الدور الذي تلعبه هذه المياه مقابل الزيادة في نسبة هذا الغاز في الهواء وما يترتب عن ذلك من آثار في تغير نظام الكربونات وبالتالي تغير قيم pH المياه البحرية وما ينتج عن ذلك من مشاكل خطيرة على البيئة البحرية.

### 2-2- أهداف البحث:

A. تحديد إجمالي الكربون اللاعضوي والقلوية الكلية في المياه المقابلة لمدينة اللاذقية (المنطقة المقابلة لشاطئ المدينة الرياضية، ومصب نهر الكبير الشمالي).

B. دراسة تأثير الخصائص الهيدرولوجية للمياه (درجة حرارة وملوحة) على تغير نظام الكربونات.

C. دراسة تأثير التغيرات الكيميائية للمياه البحرية على قيم الـ pH وما ينتج عن ذلك من آثار سلبية على البيئة البحرية.

### 3- مواد وطرائق البحث:

#### 3-1- منطقة الدراسة:

تم اخذ العينات اللازمة لإجراء هذا البحث من المياه البحرية المقابلة لمدينة اللاذقية 2022 من سبع محطات مقابل المدينة الرياضية ومنطقة مصب نهر الكبير الشمالي، ممتدة من الشاطئ وحتى بعد 3km منه في فصلي ربيع وصيف 2022 ، حيث تم أخذ العينات المائية المدروسة من 7 مواقع والمسافة الفاصلة بين كل منها 200m (الشكل 1 والشكل 2) وذلك وفق إحداثيات محددة كما هو مبين الجدولين (1 & 2).

تم أخذ عينات المياه البحرية على عمق 5m وذلك لكون طبقة المياه متجانسة من حيث تراكيز غاز CO<sub>2</sub> المنحل من جهة، وغير خاضعة للتغيرات الأنيية لتبادل غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي نتيجة التماس المباشر مع الماء، وذلك باستخدام جهاز اعتيان مائي (عبوة نسكين)، هذا بالإضافة إلى أخذت قياسات للعوامل الهيدروكيميائية (pH، درجة حرارة وملوحة) مباشرة باستخدام جهاز WTW (pH/Cond) موديل 340i.



الشكل (1): مواقع جمع العينات المدروسة الشكل (2): مواقع اخذ العينات حسب تدرج البعد عن الشاطئ

الجدول (1) : مواقع الدراسة في منطقة نهر الكبير الشمالي

Station	Latitude N	Longitude E	Distance (m)
ST1	35.482	35.802	5
ST2	35.478	35.765	500
ST3	35.478	35.713	1000
ST4	35.478	35.666	1500
ST5	35.474	35.65	2000
ST6	35.482	35.624	2500
ST7	35.482	35.597	3000

الجدول (2) : مواقع الدراسة في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية

Station	Latitude N	Longitude E	Distance (m)
ST8	35.588	35.7113	5
ST9	35.592	35.676	500
ST10	35.592	35.655	1000
ST11	35.588	35.629	1500
ST12	35.588	35.608	2000
ST13	35.584	35.592	2500
ST14	35.584	35.571	3000

تم حفظ العينات في عبوات زجاجية مصنفة سعة 2500ml مغسولة جيداً بمحلول حمض كلور الماء ومن ثم بماء مقطر ثنائي التقطير وذلك وفق الطرق المتبعة عالمياً (Dickson & Goyet, 1994) .

تم أخذ العينات وفق الخطوات التالية:

- ✓ غسلت العبوات الخاصة بالعينات قبل تعبئتها عدة مرات بمياه البحر.
- ✓ تم ضبط معدل سرعة التعبئة وذلك لتجنب تشكل فقاعات غازية ضمن العبوة.
- ✓ تم الاستمرار في عملية التعبئة بعد امتلاء العبوات الزجاجية فترة من الزمن (عدة دقائق)، فهذا يسمح بالتأكد أن الماء وذلك بهدف التأكد من خلو العينة من الفقاعات الهوائية.
- ✓ تم إغلاق العبوات بشكل محكم ونقلت مباشرة إلى مخابر قسم الكيمياء البحرية في المعهد العالي للبحوث البحرية بجامعة تشرين ليتسنى إجراء التحاليل للمياه البحرية.

## 1. تحديد القلوية الكلية للمياه البحرية السطحية:

تم تحديد القلوية الكلية للمياه البحرية (Alkalinity Total) AT وفق الطرق المطبقة عالمياً (Dickson & Goyet, 1994) وذلك بمعايرتها بحمض كلور الماء HCl ذو التركيز 0.1N مضافاً إليه كمية من كلور الصوديوم عالي النقاوة ليصبح قريباً من ملوحة المياه البحرية، والذي تم التأكد من دقة تحضيره باستخدام مركبات كربونات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) وثيوسلفات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

تمت عملية المعايرة بإضافة حجوم متساوية ( $150\mu\text{l}$ ) وبشكل متتابع من HCl وأخذ تغيرات قيم الـ pH بعد كل إضافة لتحديد نقاط المعايرة.

تم حساب قيم القلوية وفق العلاقة التالية (Dickson & Goyet, 1994):

$$(V_1 / V_2 * C_{\text{HCl}}) / d = \dots \mu\text{mol.kg}^{-1}$$

$V_1$ : حجم الحمض المستهلك في المعايرة (ml).

$V_2$ : حجم عينة مياه البحر (ml).

$d$ : كثافة المياه وتحدد بالاعتماد على كل من ملوحة ودرجة حرارة المياه البحرية (Dickson, 1981).

$C$ : تركيز حمض HCl (0.1N)

تم التأكد من دقة النتائج بالاعتماد على التكرارية في تحديد القلوية الكلية لعينة مياه بحرية مأخوذة من عمق 5m وذلك بإجراء عشر تحاليل على نفس العينة، حيث كان مقدار الخطأ  $3.5\mu\text{mol.kg}^{-1}$ ، كما لا بد من الإشارة إلى أن طريقة عرض النتائج تمت باستخدام برنامج (ODV) Ocean DataView.

#### 4- النتائج والمناقشة:

##### 4-1- القياسات الهيدرولوجية للمياه البحرية:

##### 4-1-1- درجة حرارة المياه البحرية (Temperature : T):

بينت النتائج وجود تغيرات زمانية ومكانية في درجات الحرارة مع تغيرات الفصول ومع الابتعاد عن الشاطئ باتجاه العمق، حيث انخفضت درجات الحرارة المياه السطحية من المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية باتجاه منطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي كم هو مبين في الشكل (3).

تدرجت قيم الحرارة مع الابتعاد عن الشاطئ بين (19.75-20.92) في فصل الربيع و (24.56-27.12) صيفاً في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي، حيث لوحظ تأثير واضح لمياه النهر وسرعة تدفقها وما تحمله من ملوثات صرف (صناعية ومنزلية) بشكل أكبر مقارنة مع المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية؛ فقد تدرجت القيم بين ( 22.45 - 23.57 ) في فصل الربيع (26.23 - 27.77) صيفاً.

لوحظ انخفاض في درجات الحرارة مع الاقتراب من الشاطئ في كلا الموقعين خلال فصلي الدراسة بسبب الاقتراب من مصادر المياه البرية وخاصة في منطقة مصب نهر الكبير الشمالي، وارتفاعها كلما ابتعدنا عن الشاطئ وذلك نتيجة ازدياد عمق العمود المائي وانخفاض الملوثات المضافة من مياه الصرف ، هذا بالإضافة إلى ارتفاع معدل عمليات خلط الكتل المائية.

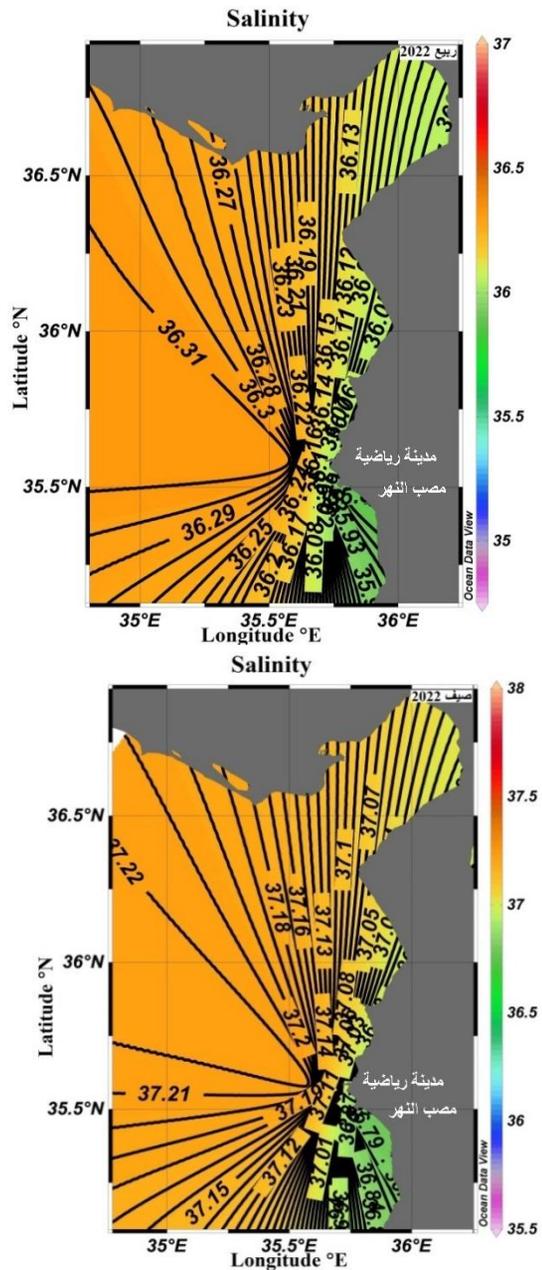
كانت الحرارة في الربيع اخفض من الحرارة في الصيف في كلا الموقعين ،تعود هذه التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة بالتغيرات الفصلية لكمية أشعة الشمس من جهة، وإلى حركة الكتل المائية واختلاف سرعة واتجاه الرياح من جهة أخرى وهذا ما أكدته العديد من الدراسات مثل (Lee et al., 2006).



#### 4-1-2- ملوحة المياه البحرية (S: Salinity):

بينت النتائج تغير في قيم الملوحة مع تغير البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة مترافقة مع تغير درجة الحرارة، حيث تراوحت نسب ملوحة المياه البحرية السطحية في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي في فصل الربيع بين (34.78%) في المنطقة الشاطئية المقابلة للمصب وحتى نسبة (37.66%) على بعد 3km عن الشاطئ، في حين ارتفعت نسبة الملوحة صيفاً تريجياً بين 35.62% عند الشاطئ وحتى نسبة 37.53% بعيداً عنه. لوحظ ارتفاع نسبة الملوحة في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية من (35.37% - 36.93%) في فصل الربيع إلى (37.89 - 36.87%) صيفاً كما هو مبين في الشكل (4).

لوحظ ارتفاع نسب الملوحة مع تغير البعد عن الشاطئ في كلا الموقعين بسبب الابتعاد عن مصادر المياه العذبة والأنشطة البشرية المختلفة (مياه صرف صحي منزلي وصناعي) (Raven & Falkowski 1999; Bakker *et al.*, 1999)، هذا بالإضافة لزيادة معدلات التبخر مع ارتفاع الحرارة صيفاً، واختلاف معدل حركة الكتل المائية بين فصلي الربيع والصيف وهذا متوافق مع دراسات عديدة (Laika *etal.*, 2008; Lee *et al.*, 2006; Zweng *et al.*, 2013; Cossarini *et al.*, 2015; Nasreen, 2022).



الشكل (4): التغيرات الفصلية لنسب الملوحة المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

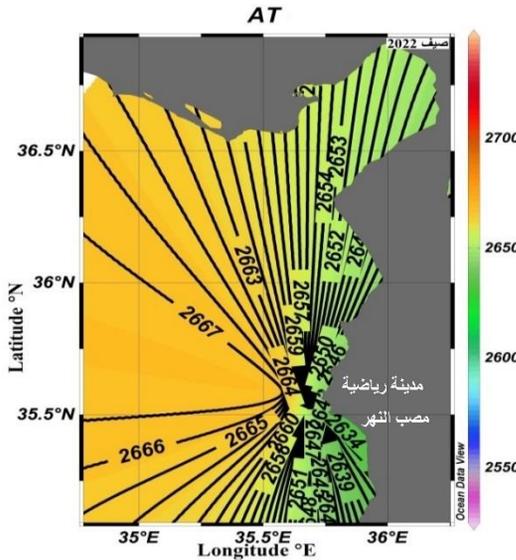
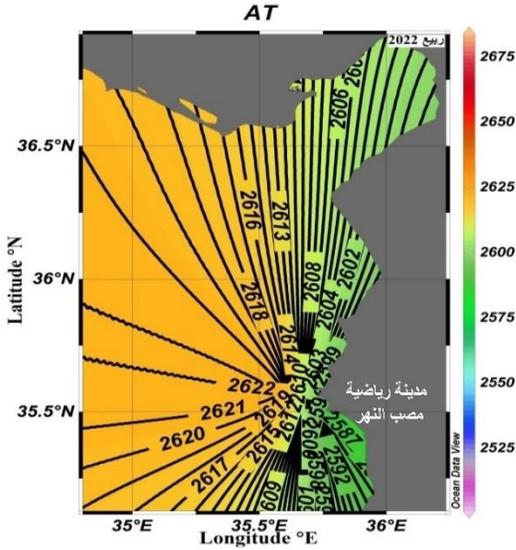
#### 4-2- القلوية الكلية للمياه البحرية ( $A_T$ : Alkalinity Total) :

ترافقت التغيرات الفصلية لتغيرات القلوية الكلية مع تغيرات درجة حرارة وملوحة للمياه البحرية، حيث لوحظ ارتباط واضح بين القلوية الكلية وملوحة المياه في المناطق المدروسة. أظهرت الدراسة وجود تغيرات زمانية ومكانية لقيم القلوية الكلية مع تغير الفصول ومع تغير البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة.

تراوحت قيم القلوية الكلية في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي بين  $2542.276 \mu\text{mol/kg}$  ( - ) و  $2660.162 \mu\text{mol/kg}$  (2505.691) في فصل الربيع و  $2700.813 \mu\text{mol/kg}$  (2700.813) صيفاً، في حين ارتفعت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية بين  $2610.122 \mu\text{mol/kg}$  (2542.276 - 2680.487) في فصل الربيع و  $2725.463 \mu\text{mol/kg}$  (2725.463) صيفاً كما هو مبين في الشكل ( 5 ).

بينت النتائج ارتفاع قيم القلوية الكلية في فصل الصيف مقارنة مع فصل الربيع؛ ويعود ذلك إلى ازدياد النشاط الحيوي البكتيري ( تحلل المادة العضوية والدرع الكلسية)، في حين انخفضت القيم هذا في فصل الربيع نتيجة حاجة الأحياء البحرية إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون المنحل لبناء مادتها الحية وإلى كربونات الكالسيوم لبناء دروعها وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001; Baes, 1982). لعب ارتفاع معدلات التبخر في فصل الصيف نتيجة ارتفاع درجة حرارة المياه مقارنة مع فصل الربيع في التغيرات الزمانية والمكانية لقيم الملوحة وبالتالي على قيم القلوية الكلية للمياه وعلى العلاقة الخطية بينهم وهذا ما أكدته الكثير من الدراسات ( Laika *etal.*, 2008; Hassoun *et al.*, 2015). تؤثر عمليات التبخر القوية وخاصة في فصل الصيف في ازدياد تراكيز القلوية بشكل كبير مقارنة مع إجمالي الكربون اللاعضوي (Cossarini *et al.*, 2015).

أثر كل من تغير النشاط الحيوي ودرجة حرارة وملوحة المياه البحرية في انخفاض قيم إجمالي القلوية في المناطق القريبة من الشاطئ ذات عمق المياه القليل والمتأثرة بالأنشطة البشرية (مياه صرف صحي منزلي وصناعي)، هذا بالإضافة إلى المياه العذبة مقارنة مع المواقع البعيدة عن الشاطئ في كلا الموقعين.



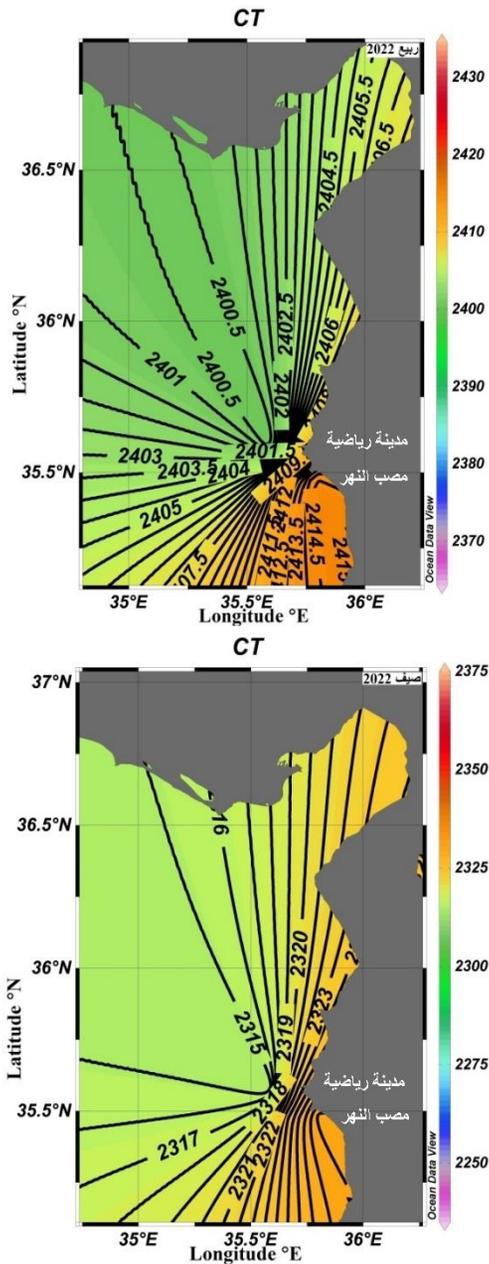
المياه البحرية السطحية A<sub>T</sub> الشكل (5): التغيرات الفصلية لقيم  
في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

#### 3-4- قيم إجمالي الكربون اللاعضوي المنحل (Total Carbon :C<sub>T</sub>) :

تتأثر قيم إجمالي الكربون اللاعضوي (C<sub>T</sub>) في المياه البحرية نتيجة العمليات الحيوية الجارية في المياه البحرية، حيث تزيد عمليات تنفس الاحياء البحرية و تفكك المادة الحية وتفكك كربونات الكالسيوم قيم إجمالي الكربون اللاعضوي التي تساهم في انطلاق أو تحرر غاز CO<sub>2</sub> إلى المياه، مقارنة مع التأثير السلبي لكل من: عملية التركيب الضوئي وتشكل كربونات الكالسيوم في تناقص قيم إجمالي الكربون اللاعضوي.

لوحظ ارتفاع واضح لإجمالي الكربون اللاعضوي في المياه السطحية البحرية منطقة المصب، حيث تراوحت قيم C<sub>T</sub> بين تزايدت في فصل الربيع إلى المجال  $\mu\text{mol/kg}$  (2433.3-2437) و  $\mu\text{mol/kg}$  (2326.3-2368.8) في فصل الصيف، بينما تراوحت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية بين  $\mu\text{mol/kg}$  (2370.6-2419.7) في فصل الربيع  $\mu\text{mol/kg}$  (2233.4-2328.6) صيفاً كما هو مبين في الشكل (6).

يمكن أن يكون ناتج عن عمليات أكسدة المواد العضوية وتغيرات درجة حرارة وملوحة المياه (Lee et al., 2006 ; Sabine et al., 2004)، كما تلعب التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة والملوحة 90% من التباين في التغيرات الفصلية لـ C<sub>T</sub> في المياه السطحية البحرية في المتوسط، ويمكن أن يعزى ما تبقى من 10 % إلى المساهمات البيولوجية وعمليات التبادل CO<sub>2</sub> على السطح الفاصل هواء - بحر وإلى تقلب امتصاص المحيطات من CO<sub>2</sub> الناتج عن الأنشطة البشرية (Hassoun et al., 2015).



الشكل(6): يمثل التغيرات الفصلية لقيم  $C_T$  المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

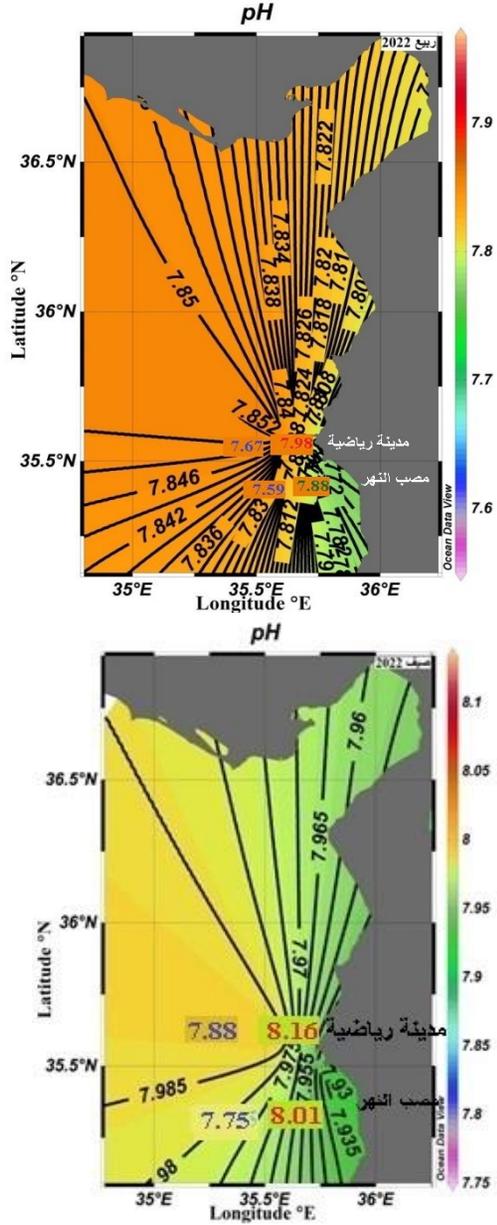
#### 4-4- قيم pH المياه البحرية:

أكدت الأبحاث العلمية على أن استمرار عملية انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة في المياه البحرية بالنحو الحالي سيؤدي إلى انخفاض قيم الـ pH بين 0.3 و0.5 وحدة على الجهاز، وبهذا الشكل فإن تغير حموضة المياه البحرية هي نتيجة لتفاعلات  $\text{CO}_2$  مع المياه (Goyet *et al.*, 1999)، الأمر الذي يقود إلى زيادة شوارد الهيدروجين ( $\text{H}^+$ )، وبشكل متلائم ارتفاع شوارد البيكربونات ( $\text{HCO}_3^-$ ) وانخفاض شوارد الكربونات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (Orr, *et al.*, 2005).

تتأثر قيم pH المياه البحرية بالتغيرات الفصلية لدرجة حرارة وملوحة المياه والتي تؤثر بشكل مباشر على نسبة انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون في المياه (Weis, 1974)، هذا بالإضافة إلى أن الملوثات المنحلة في المياه العذبة (هطولات مطرية)، واختلاف الأنشطة البشرية (الحركة الملاحية والنشاط السياحي) كل ذلك يساهم في اختلاف التغيرات المكانية في قيم الـ pH بين منطقة وأخرى (Hassoun *et al.*, 2015 ; 2012 ; Touratier *et al.*).

لوحظ بشكل عام ارتفاع في قيم الـ pH في المياه البحرية السطحية المواقع المدروسة، ومن فصل الربيع إلى فصل الصيف بشكل طردي مع ارتفاع درجة حرارة و ملوحة المياه البحرية، حيث سجلت قيم الـ pH تبايناً طفيفاً مع تغير البعد عن الشاطئ المواقع المختلفة، فقد تزايدت قيم الحموضة مع تدرج البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة: ففي منطقة المصب تراوحت القيم في فصل الصيف بين 7.75 على مقابل منطقة المصب ، وتزايدت حتى القيمة 8.01 على بعد 3km عن الشاطئ ، وفي الربيع تدرجت قيم الـ pH بين 7.59 حتى القيمة 7.88 على بعد 2km عن الشاطئ. تزايدت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية ضمن المجال (7.88-8.16) مع تدرج البعد عن الشاطئ في فصل الصيف، وفي الربيع تزايدت القيم مع تزايد البعد عن الشاطئ ضمن المجال ( 7.67-7.98 ) كما هو مبين في الشكل ( 7 ) يلاحظ من القيم المرصودة ازدياد قيمة pH مع تزايد البعد عن الشاطئ في كلا الموقعين. اما بالنسبة للتغيرات الفصلية في قيم الـ pH فقد سجل انخفاض في القيم في كلا الموقعين في فصل الربيع وارتفاعها في فصل الصيف؛ يعود ذلك إلى ارتفاع معدلات التبخر في الصيف وعمليات

الخط مع طبقات المياه العميقة في الريح، بالإضافة لقلّة انحلال غاز  $CO_2$  الجوي في الطبقات السطحية في فصل الصيف مقارنة الريح .



الشكل (7): يمثل التغيرات الفصلية لقيم pH المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

## 5- الاستنتاجات والتوصيات:

### 5-1- الاستنتاجات:

- ✓ لوحظ تغير واضح في المتغيرات الكيميائية للمياه البحرية بين المواقع المدروسة مع ارتفاع واضح لقيم نظام الكربونات في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية مقارنة مع المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي.
- ✓ اثرت العوامل الهيدرولوجية للمياه البحرية ( ملوحة ، درجة حرارة المياه في التغيرات الزمانية و المكانية لنظام الكربونات في المياه البحرية المدروسة .
- ✓ ازدادت قيم اجمالي القلوية الكلية و الكربون اللاعضوي المنحل في المواقع البعيدة عن الشاطئ مقارنة مع المواقع القريبة منه .
- ✓ ارتفعت حموضة المياه البحرية بالاقتراب من الشاطئ في كلا الموقعين
- ✓ اثر كل من تغيرات العوامل الهيدرولوجية و النشاط الحيوي في التغيرات الزمانية و المكانية لنظام الكربونات ( اجمالي القلوية الكلية و الكربون اللاعضوي المنحل ) بين فصلي الربيع و الصيف .

### 5-2- التوصيات:

1. الاستمرار في اجراء مثل هذه الدراسة على كامل الشريط الساحلي لما لها من اثر في تحديد التأثيرات السلبية لتغير نظام الكربونات على البيئة البحرية ( الاحياء النباتية و الحيوانية ) .
2. العمل على القيام بابحاث مشتركة (كيميائية- بيولوجية) لتحديد تاثير تغيرات نظام الكربونات على الاحياء البحرية و على النظام الحيوي محلياً ومقارنة نتائج هذه الابحاث بالتاثيرات المدروسة عالمياً على البيئة البحرية.
3. الاستمرار بمثل هذه الدراسات في ظل التغيرات المناخية العالمية و تحديد تأثير نظام الكربونات السلبي و الايجابي على البيئة البحرية .

### المراجع

1. ASHUR, M. M.; JOHNSON, N.K ., ; DIXSON, D. L.; 2017. *Impacts of Ocean Acidification on Sensory Function in Marine Organisms . Integrative and Comparative Biology*, Volume 57, Issue 1, PP. 63–80, <https://doi.org/10.1093/icb/icx010>
2. BAES, C.F.; 1982. *Ocean chemistry and biology, in Carbon Dioxide* W.C. Clark, Clarendon Press, Oxford, pp. 187-211.
3. BAKKER, D. C. E., BAAR, H. J. W. D., AND JONG, E. D.; 1999. *The dependence on temperature and salinity of dissolved inorganic carbon in East Atlantic surface waters. Marine Chemistry*, Vol. 65, pp. 263-280.
4. BATES, N., ASTOR, Y., CHURCH, M., CURRIE, K., DORE, J., GONAALEZ-D' AVILA, M., LORENZONI, L., MULLER-KARGER, F., OLAFSSON, J., SANTA-CASIANO, M.; 2014. *A time-series view of changing ocean chemistry due to ocean uptake of anthropogenic CO<sub>2</sub> and ocean acidification. Oceanography* 27 (1), 126–141. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2014.16>.
5. BRIFFA, M ., DE LA HAYE, K., MUNDAY.P.;2012. *High CO<sub>2</sub> and marine animal behaviour: Potential mechanisms and ecological consequences. Marine Pollution Bulletin* Volume 64, Issue 8, , PP,1519-1528
6. COSSARINI, G., LAZZARI, P., AND SOLIDORO, C.; 2015. *Spatiotemporal variability of alkalinity in the Mediterranean Sea*, Biogeosciences, VOL. 12, pp. 1647–1658.
7. DICKSON, A. G.;1981. *An exact definition of total alkalinity and a procedure for the estimation of alkalinity and total inorganic carbon from titration data. Deep-Sea Research* 28A, pp. 609–623.

8. DICKSON, A.G.; GOYET, C.;1994. *DOE: Handbook of methods for analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water*. Version 2, Dickson & Goyet eds. ORNL/CDIAC, U.S.A., pp 74. 187.
9. DONEY, S.C., FABRY, V.J., FEELY, R.A., KLEYPAS, J.A.; 2009. Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *Annual. Rev. Marine Sci.* 1 (1), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>.
10. DLUGOKENCKY, E., TANS, P., 2020. *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. National Oceanic & Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory (NOAA/ESRL) available at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. (Accessed 22 February 2020). last access
11. FABRY, V.J., SEIBEL, B.A., FEELY, R.A., ORR, J.C., 2008. *Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes*. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 414–432. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn048>
12. FALKOWSKI, P.G., RICHARD, T.B., SMETACEK, V.; 1998. *Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production*. *Science*, 281, pp. 200-206
13. FEELY, R.A., DONEY, S.C., COOLEY, S.R., 2009. *Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world*. *Oceanography* 22 (4), 36–47. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.95>.
14. FRIEDLINGSTEIN, P., JONES, M.W., O’SULLIVAN, M ; *et al* . 2019. *Global carbon budget 2019*. *Earth Syst. Sci. Data* 11, 1783–1838 <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.
15. GATTUSO, J.-P., MAGNAN, A., BILLÉ, R., CHEUNG, W.W.L., HOWES, E.L., JOOS, F., ALLEMAND, D., BOPP, L., COOLEY, S., EAKIN, M., HOEGH-

- GULDBERG, O., KELLY, R.P., PORTNER, H.-O., ROGERS, A.D., BAXTER, J.M., LAFFOLEY, D., OSBORN, D., RANKOVIC, A., ROCHETTE, J., SUMAILA, U.R., TREYER, S., TURLEY, C.; 2015. *Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios*. Science 349, aac4722.
16. GOYET, C.; COATANOAN, C.; EISCHEID, G.; AMAOKA T.; OKUDA K.; HEALY R.; TSUNOGAI S.; 1999. *Spatial variation of total CO2 and total alkalinity in the northern Indian Ocean: a novel approach for the quantification of anthropogenic CO2 in seawater*. Journal Marine Research, Vol. 57. pp. 135–163.
17. GRUBER, N., CLEMENT, D., CARTER, B.R., FEELY, R.A., VAN HEUVEN, S., HOPPEMA, M., ISHII, M., KEY, R.M., KOZYR, A., LAUVSET, S.K., LO MONACO, C., MATHIS, J.T., MURATA, A., OLSEN, A., PEREZ, F.F., SABINE, C.L., TANHUA, T., WANNINKHOF, R., 2019a. *The oceanic sink for anthropogenic CO2 from 1994 to 2007*. Science 363 (6432), 1193–1199. <https://doi.org/10.1126/science.aau5153>.
18. HASSOUN, A. E. R.; GEMAYEL, E.; BENALLAL, M. A.; GOYET, C.; RIVARO, P; ABBOUD-ABI SAAB, M.; KRASAKOPOULOU, E.; TOURATIER, F.; ZIVERI, P.; 2015. *Climatological variations of total alkalinity and total dissolved inorganic carbon in the Mediterranean Sea surface waters*. Earth Syst. Dynam. VOL. 6, 789–800.
19. IPCC, 2019. IN: PORTNER, H.-O., ROBERTS, D.C., MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., TIGNOR, M., POLOCZANSKA, E., MINTENBECK, K., NICOLAI, M., OKEM, A., PETZOLD, J., RAMA, B., WEYER, N. (EDS.),

*IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (in press)

20. JIANG, L.-Q., CARTER, B.R., FEELY, R.A., LAUVSET, S.K., OLSEN, A.; 2019. *Surface ocean pH and buffer capacity: past, present and future*. *Sci. Rep.* 9 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55039-4>.
21. KAPSENBERG, L., ALLIOUANE, S., GAZEAU, F., MOUSSEAU, L., GATTUSO, J.-P.; 2017. Coastal ocean acidification and increasing total alkalinity in the northwestern Mediterranean Sea. *Ocean Sci.* 13, 411–426. <https://doi.org/10.5194/os-13-411-2017>.
22. KEMPE, S., AND J. KAZMIERCZAK .; 1994. *The role of alkalinity in the evolution of ocean chemistry, organization of living systems, and biocalcification processes* ‘Bulletin de l’Institut oc’eanographique, pp. 61–117.
23. LAIKA, H.E. 2008. *Spatio-temporelles du flux de CO<sub>2</sub> à l’interface air-mer dans l’océan Antarctique*. *Océanologie-Mar.Chem.*, Perpignan University – France. pp. 1-185.
24. LANGDON, C., T. TAKAHASHI, C. SWEENEY, D. CHIPMAN, J. GODDARD, F. MARUBINI, H. ACEVES, H. BARNETT, AND M. ATKINSON .; 2000, *Effect of calcium carbonate saturation state on the calcification rate of an experimental coral reef*. *Global Biogeochemical Cycles*, 14 (2), 639–654.

25. LEE, K.; TONG, L. T.; MILLERO, F. J.; SABINE, C. L.; DICKSON, A. G.; GOYET, C.; PARK, G.-H.; WANNINKHOF, R.; FEELY, R. A.; KEY, R. M.; 2006. *Global relationships of total alkalinity with salinity and temperature in surface waters of the world's oceans*, Geophys. Res. Lett., Vol. 33, N. 19, L19605, doi:10.1029/2007gl027207
26. LEWIS, E. AND WALLACE, D. 1998. Program developed for CO<sub>2</sub> system calculations. Department of Applied Science Brookhaven National Laboratory Upton. New York.
27. NASREEN, D. R.; 2022. *Ocean Salinity*. International Journal for Modern Trends in Science and Technology, 8 pp. 296-302.
28. OREKHOVA, N. A., KONOVALOV, S. K., POLUKHIN, A. A., SELIVERSTOVA, A.M.; 2023. *Oxygen and pCO<sub>2</sub> in the Surface Waters of the Atlantic Southern Ocean in 2021–2022*. MDPI Journal, [Vol 15](#) . [Issue 9](#) . [10.3390/w15091642](#)
29. ORR, J.C., FABRY, V.J., AUMONT, O., BOPP, L., DONEY, S.C., FEELY, R.A., GNANADESIKAN, A., GRUBER, N., ISHIDA, A., JOOS, F., KEY, R.M., LINDSAY, K., MAIER-REIMER, E., MATEAR, R., MONFRAY, P., MOUCHET, A., NAJJAR, R.G., PLATTNER, G.-K., RODGERS, K.B., SABINE, C.L., SARMIENTO, J.L., SCHLITZER, R., SLATER, R.D., TOTTERDELL, I.J., WEIRIG, M.-F., YAMANAKA, Y., YOOL, A.; 2005. *Anthropogenic ocean acidification over the twentyfirst century and its impact on calcifying organisms*.

Nature 437 (7059), 681–686.  
<https://doi.org/10.1038/nature04095>

30. PRENTICE, I.C., HEIMANN, M., SITCH, S.; 2000. *The carbon balance of the terrestrial biosphere: ecosystem models and atmospheric observations* Ecol. Applic., 10, pp. 1553-1573
31. RAVEN, J.A., AND FALKOWSKI, P.G.; 1999. *Oceanic sinks for atmospheric CO<sub>2</sub>*. Plant, cell and Environment, 22, PP.741-755.
32. SABINE, C.L., FEELY, R.A., KEY, R.M., LEE, K., BULLISTER, J.L., WANNINKHOF, R., WONG, C.S., WALLACE, D.W.R., TILBROOK, B., MILLERO, F.J., PENG, T.-H., KOZYR, A., ONO, T., RIOS, A. F.; 2004. *The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>*. Science, VOL.305, pp.367-371.
33. Touratier, F., Guglielmi, V., Goyet, C., Prieur, L., Pujo-Pay, M., Conan, P., and Falco, C.; 2012. *Distributions of the carbonate system properties, anthropogenic CO<sub>2</sub>, and acidification during the 2008 BOUM cruise (Mediterranean Sea)*, Biogeosciences Discuss., VOL.9, pp. 2709–2753, doi:10.5194/bgd-9-2709.
34. WILLIAMSON, P.; TURLEY, C.; OSTLE, C. *Ocean acidification*. MCCIP Science review, UK ,2017.1-14.([http:// www.mccip.otg.uk/media/ 1760/2017arc\\_sciencereview\\_001\\_oac.pdf](http://www.mccip.otg.uk/media/1760/2017arc_sciencereview_001_oac.pdf)(accessed 1 August 2017.)
35. WU, H., DISSARD, D., DOUVILLE, E., BLAMART, D., BORDIER, L., TRIBOLLET, A., LE CORNEC, F., PONS-BRANCHU, E., DAPOIGNY, A., LAZARETH, C.E.;

2018. *Surface ocean pH variations since 1689 CE and recent ocean acidification in the tropical south Pacific*. Nat. Commun. 9, 2543. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04922-1>.
36. ZEEBE, R. E.; WOLF-GLADROW, D.; 2001. *CO<sub>2</sub> in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes* Elsevier oceanography series, pp. 346.
37. ZWENG, M. M., REAGAN, J. R., ANTONOV, J. I., LOCARNINI, R. A., MISHONOV, A. V., BOYER, T. P., GARCIA, H. E., BARANOVA, O. K., JOHNSON, D. R., SEIDOV, D., AND BIDDLE, M. M.; 2013. *World Ocean Atlas, Salinity, edited by: Levitus, S., and Mishonov, A., NOAA Atlas NESDIS, VOL. 2., NO. pp. 74-39.*
38. WEISS, R.F., 1974. *Carbon dioxide in water' and seawater: the solubility of a non-ideal gas*. Marine Chemistry, VOL.2, pp. 203-215.
39. WEISS, R.F., JAHNKE, R.A., KEELING, C.D., 1982. *Seasonal effects of temperature and salinity on the partial pressure of CO<sub>2</sub> in seawater*. Nature, VOL.300, pp.511-513.
40. LENTON, A., MATEAR, R. 2007. *Role of the Southern Annular Mode (SAM) in Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake*. Global biological Cycles, VOL. 21, GB2016, doi :10.1029/2006GB002714.
41. TOGGWEILER, J.R., SAMUELS, B. 1997. *On the Ocean's Large-Scale Circulation near the Limit of No Vertical Mixing*. Journal of physical Oceanography, 28, 1832-1851.

42. TOGGWEILER, J.R., AND RUSSEL, J. 2008. *Ocean circulation a warming climate*. Nature, VOL. 45, pp. 286-288.
43. CALDEIRA, K., and WICKETT, M.E. 2003. *Anthropogenic carbon and ocean pH*. Nature VOL. 425, pp. 365-365.
44. CARTER, B. R. FRÖLICHER, T. L. DUNNE, J. P., RODGERS, K. B., SLATER, R. D and SARMIENTO, J. L. 2015. *When can ocean acidification impacts be detected from decadal alkalinity measurements*. Global Biogeochemical Cycles pp. 595-612
45. MILLERO, F. J. 2007. *The Marine inorganic carbon cycle*, Chem. Rev., VOL. 107, pp. 308–341.
46. VOLTA, C., LARUELLE, G. G., SANDRA ARNDT, S., and REGNIER, P. 2016. *Linking biogeochemistry to hydrogeometrical variability Hydrol. Earth Syst. Sci.*, VOL. 20, pp. 991–1030.
47. LUPKER, M., FRANCE-LANORD, C., and LARTIGES, B. 2016. *Impact of sediment–seawater cation exchange on Himalayan chemical weathering fluxes Earth Surf. Dynam.*, VOL. 4, pp. 675–684,
48. بورحيللي، كريمة، 2010. التلوث البحري و تأثيره على البحارة. رسالة ماجستير، قسم علم الاجتماع، كلية العلوم الانسانية و العلوم الاجتماعية، جامعة منتوري- قسنطينة، الجزائر.
49. جمال، واعي، 2010. الحماية القانونية للبيئة البحرية من أخطار التلوث (دراسة مقارنة). رسالة دكتوراه. قسم القانون الخاص، كلية الحقوق و العلوم السياسية، جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان، الجزائر