

دراسة مؤشرات الإثراء الغذائي في بحيرة سد الثورة

* الدكتورة هناء سلمان

** الدكتور عادل عوض

*** رندى قواف

(تاريخ الإيداع 9 / 11 / 2010. قَبْلُ للنشر في 18 / 1 / 2011)

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة أهم مؤشرات تلوث المياه المسببة للإثراء الغذائي في بحيرة الثورة وربطها بمصادر التلوث المتمركزة على ضفاف البحيرة، والمتمثلة بمياه الصرف الصحي غير المعالجة من القرى المجاورة ومياه الصرف الزراعي المحملة بالأسمدة المختلفة التي تصل إلى البحيرة مع مياه الأمطار الوافدة من الأراضي الزراعية المحيطة بالمنطقة. ومن أهم هذه المؤشرات: 1- تراكيز النتروجين الكلي، 2- تراكيز الفوسفور الكلي، 3- تراكيز الكلوروفيل a، 4- عمق Secchi-Disk. تم أخذ عينات وتحليلها من مواقع مختلفة لتعيين تركيز النتروجين الكلي والفوسفور الكلي والكلوروفيل a وكذلك أخذ عمق secchi-disk خلال دورة هيدرولوجية واحدة من شهر تشرين الأول 2009 إلى شهر أيلول 2010. تراوح المتوسط الشهري لتراكيز الفوسفور الكلي في مياه بحيرة الثورة السطحية بين 0.015mg/L في شهر تشرين الثاني و0.092mg/L في شهر نيسان. في حين تراوح المتوسط الشهري لتراكيز الآزوت الكلي بين 1.447mg/L في شهر أيلول و4.61mg/L في شهر نيسان. تم تعيين العنصر المحدد لنمو الطحالب من خلال معرفة النسبة ما بين النتروجين الكلي والفوسفور الكلي TN/TP حيث تراوحت تلك النسبة ما بين 29/1 و286/1 وهي مختلفة عن النسبة الطبيعية 16/1 مما يدل على وجود مصادر تلوث صناعية وهذا يدل أيضاً على أن الفوسفور هو العنصر المحدد لنمو الطحالب في البحيرة. كما تراوحت المتوسطات الشهرية للكلوروفيل a ما بين 5.34µg/L في شهر تشرين الثاني و8.54µg/L في شهر نيسان إذ سجلت أعلى قيم لها في الأشهر شباط وآذار ونيسان 10.85µg/L، 10.41µg/L، 10.66µg/L على التوالي في الموقع 2. أما بالنسبة لعمق secchi-disk فقد تراوحت المتوسطات الشهرية له ما بين 2m في شهر تشرين الأول و4m في شهر نيسان في حين كان المتوسط السنوي له 2.81m. وقد تم تحديد مخطط درجات الجودة لمياه بحيرة الثورة فوجد أنها مخصبة eutrophic بحسب المؤشر TP ومتوسطة الإخصاب mesotrophic تبعاً للمؤشرين chl a وعمق secchi-disk، وشديدة الإخصاب Hepereutrophic بالنسبة للمؤشر TN. وهذا ما يدل على أن بحيرة سد الثورة تتأثر بالملوثات التي تصادفها وخاصة ملوثات مياه الصرف الصحي وذلك بسبب زيادة نسب الفوسفور الكلي والنتروجين الكلي الموجودة في هذه البحيرة.

الكلمات المفتاحية: الإثراء الغذائي، الفوسفور الكلي، النتروجين الكلي، الكلوروفيل a، عمق Secchi-Disk.

* أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة البيئية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة البيئية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Study of Eutrophication Indicators in Althawrah Lake

Dr. Hana Slman*
Dr. Adel Awad**
Randa Kawaf***

(Received 9 / 11 / 2010. Accepted 18 / 1 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research aims at studying the most important indicators of water pollution leading to nutrient increase (eutrophication) in Althawrah Lake, and connecting them with pollution sources represented by untreated sewage water and agricultural drainage water, including rain water coming from the lands surrounding the lake. Among the most important of these indicators are:

1-total nitrogen concentration, 2-total phosphorus concentration, 3-total chlorophyll a concentration, 4-Secchi-Disk depth. Samples were taken and analyzed from different locations to determine the concentration of total Nitrogen (TN), total Phosphorus (TP), Chlorophyll A (Chla) and Secchi-Disk depth during one hydrological cycle from October 2009 to September 2010. The monthly TP concentration ranged between 0.015mg/L in November and 0.092mg/L in April; the monthly TN concentration ranged between 1.447mg/l in September and 4.61mg/L in April, thus the proportion between TN and TP ranged between 1/29 and 1/286 which is different from the normal value 1/16, indicating the existence of artificial sources for TN and TP and that Phosphorus is the element responsible for algae growth in the lake. Chlorophyll monthly averages ranged between 5.34µg/L in April to 8.54µg/L in November peaking at 10.85µg/L in February. The monthly averaged for Secchi-disk depth ranged between 2m in October and 4m in April with 2.81m annual average. Therefore, a quality degree chart was plotted to reveal that water in Althawrah Lake is eutrophic according to TP indicator, mesotrophic according to Chla and Secchi-Disk depth and hypereutrophic according to TN.

Key words : Eutrophication, Total P (TP), Total N (TN), Chlorophyll a, Secchi-Disk depth.

* Associate Professor. Environmental Engineering Department- Faculty of Civil Engineering- Tishreen University, lattakia, syria .

**Professor. Environmental Engineering Department- Faculty of Civil Engineering- Tishreen University, lattakia, syria .

*** postgraduate student. Faculty of Civil Engineering- Tishreen University, lattakia, syria .

مقدمة:

إن الحاجة الماسة للمياه النقية يتطلب منا إدارة منطقية وعلمية لمصادر تلك المياه وخاصة بعد التطور الصناعي والزراعي للمجتمع وازدياد عدد سكانه وأنشطته الإنسانية الذي أدى إلى زيادة مشاكل في نوعية المياه إذ تتلقى البحيرات عامة في الطبيعة بشكل مستمر مخزوناً من الرواسب الطبيعية والمغذيات سواءً كانت قادمة من مصادر نقطية (مياه صرف صحي أو صناعي أو ...) أو لا نقطية (مياه مطرية وما تحمله مما تصادفه في طريقها إلى البحيرة من أسمدة ومبيدات وغيرها...) وتصبح مياهها أكثر عضوية وبالتالي تزيد من إنتاج النباتات المائية التي تتغذى بتلك المغذيات وتزيد من ترسب المخلفات النباتية ومن الرواسب الطينية في أسفل البحيرة مما يؤدي إلى تدهور نوعية مياهها وتحولها إلى بحيرات كثيرة التشيع. حدد الدارسون [1] صفات التشيع الغذائي في البحيرات ومظاهره كالتالي:

1- النمو المفرط للطحالب.

2- تناقص الشفافية.

3- تناقص التنوع في الأصناف الحيوية وعدم وجود اللاقاريات في القاع كاليرقات والديدان.

4- عدم وجود الصيد وتغير نوع الأسماك إلى أسماك رديئة لا تؤكل.

5- مشاكل في الطعم والرائحة وعدم إمكانية السباحة.

ونظراً لأهمية هذا الموضوع أجرى الباحثون دراسات عديدة حول المياه العذبة والبحيرات لتحديد خصائص نوعية المياه ومواصفاتها كان من أولهم الباحث (Redfeld 1934) [1] الذي قام بدراسة التركيب الكيميائي لمياه المحيط وتوصل إلى أن النتروجين والفوسفور هما العاملان الأساسيان لنمو الطحالب في المياه كما أن نسبة الأول إلى الثاني تساوي 16/1 في بروتوبلاسماها وهما موجودان في مياه المحيط بنفس النسبة أيضاً. كما أجريت مشاريع تصنيفات عديدة للبحيرات على أساس تجمع المغذيات الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة منها تصنيف [1] Dillon & Riple إذ صنفا البحيرات بحسب حمولة الفوسفور فيها كالتالي:

1-Eutrophic نسبة تركيز الفوسفور في البحيرة أكثر من $20\mu\text{gP/L}$.

2-OLigotrophic نسبة تركيز الفوسفور في البحيرة أقل من $10\mu\text{gP/L}$.

3-Mesotrophic نسبة تركيز الفوسفور في البحيرة ما بين تلك القيمتين.

كما أن Carlson (1977) طور فهرساً مدرجاً من 1-100 Trophic State Index (TSI) لدرجة تشيع البحيرات تبعاً للمؤشرات التالية: الشفافية أو عمق Secchi-disk، تركيز الفوسفور الكلي، تركيز الكلوروفيل a [2]. وعلى الرغم من أن (OECD) قد طورت طريقة أخرى لتصنيف البحيرات 1982 [3]، إلا أن TSI هو الأكثر استخداماً في التطبيق العملي من أجل تقويم البحيرات.

وقد أجريت دراسات عديدة على بحيرات عالمية منها دراسة الباحثين Varas Istvanovi & Laszlo Somlyody عام 2001 عن بحيرة Balaton وهي بحيرة كلسية قليلة العمق وصلت إلى التشيع في عام 1970 واخذت بعض الإجراءات للمعالجة عام 1980 إذ نقصت حمولة الفوسفور في البحيرة من $0.5\text{ g/cm}^2.\text{yr}$ إلى $0.3\text{ g/cm}^2.\text{yr}$ والتي بدورها تؤدي إلى تغير الكتلة الحيوية للفيتوبلانكتون وبالتالي نتج عنها تحسن مهم في نوعية المياه [4]. كما قام الباحثان Jennifer E. Rley and Kelly A. Rush في عام 2002 بدراسة التشيع في بحيرة City Park السطحية التي تقع في Baton Rouge Louisiana مساحتها السطحية 0.23 km^2 ومتوسط عمقها

1.2m بدأت تعاني في نهاية عام 1970 من تكاثر الطحالب فيها ووجود بقايا الأسمك وقد بذل جهد كبير عام 1983 من أجل استرجاع نوعية مياه البحيرة وذلك بواسطة النقاط المحار ومعالجة مياه الصرف الصحي ونتج عنها تحسينات فورية في نوعية المياه [5]. وفي دراسة أخرى قام بها özkundakci ورفاقه حول بحيرة Okaro في New Zealand تم تطبيق إجراءات للتحكم في حمولة الفوسفور الخارجة والداخلية إلى البحيرة بواسطة إنشاء ضفاف للبحيرة تلتقط هذا الفوسفور، بالإضافة إلى استخدام نوع معدل من الزيولايت لإنقاص الحمولة الداخلية من الفوسفور، وقد أدت هذه الإجراءات إلى إنقاص الفوسفور بنسبة 41% خلال أربع سنوات [6]. كما استخدمت أنظمة المعلومات الجغرافية GIS في تقدير حالات التشبع في البحيرات من قبل Xu ورفاقه بطريقة التثقيل بعكس المسافة Inverse distance weighted (INW) من أجل تمثيل التوزيع المكاني لمؤشرات التشبع، وتم وضع خريطة واحدة تمثل حالات التشبع في المنطقة المدروسة [7]. وبين Kuo ورفاقه أن استخدام الشبكات العصبونية الصناعية من أجل التنبؤ بمستويات التشبع الغذائي في بحيرات Taiwan تمكن من الحصول على نتائج جيدة من أجل المؤشرات المدروسة [8]. ووضع MAO ورفاقه نموذجاً رياضياً ثلاثي الأبعاد من أجل البحث في ديناميكية التشبع، وجمع النموذج بين العمليات البيولوجية والهيدروديناميك، وتم التحقق من النموذج على بحيرة Taihu والحصول على نتائج جيدة [9].

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني بحيرات السودان في محافظة اللاذقية من ارتفاع تراكيز المغذيات كما تشير التحاليل التي تجريها مديرية الموارد المائية في المحافظة [10]. وتعتبر هذه البحيرات المصدر الرئيسي لمياه الري، وغالباً ما تكون الملوثات من مصبات مياه الصرف الصحي غير المعالجة ومن مياه الصرف الزراعي. ويهدف هذا البحث إلى دراسة أهم مؤشرات تلوث المياه المسببة للإثراء الغذائي في بحيرة الثورة، ومعرفة تغير تركيز هذه المؤشرات خلال العام، كما يهدف إلى تحديد المؤشر الذي تحكم بنمو الطحالب، ثم تصنيف البحيرة حسب النماذج العالمية المعتمدة.

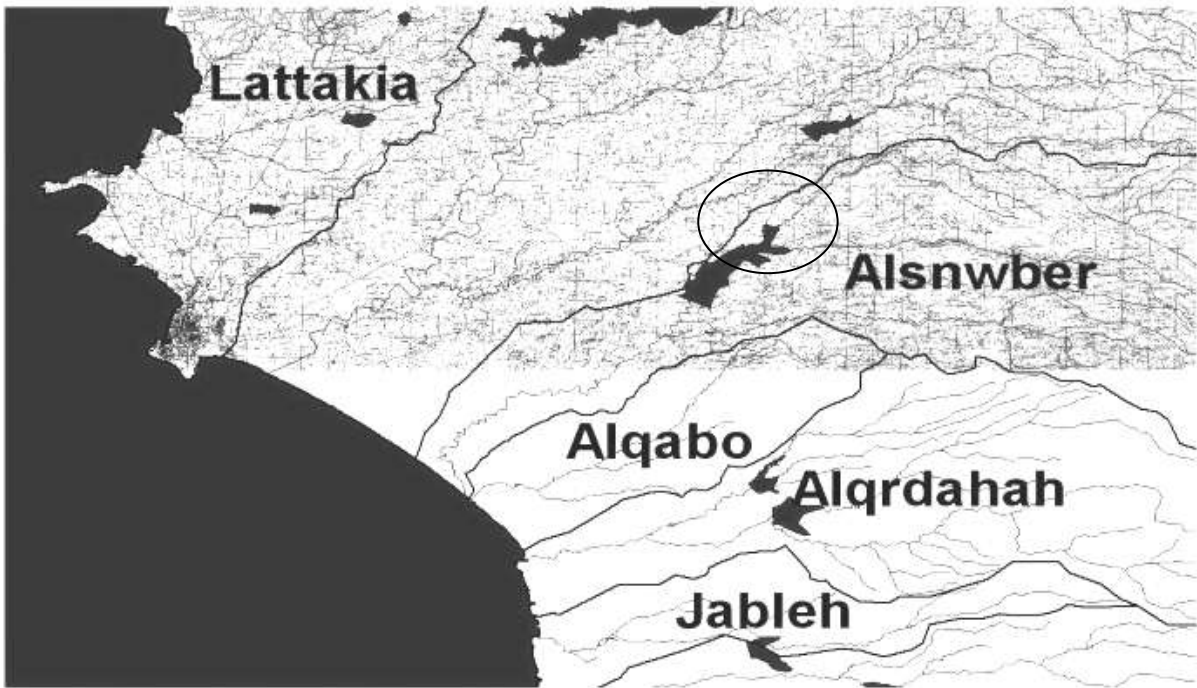
طرائق البحث ومواده:

أجريت دراستنا على بحيرة سد الثورة التي تعتبر من أهم المشاريع المائية التي تم تنفيذها في سوريا عام 1996 الذي أقيم على نهر الصنوبر في محافظة اللاذقية بارتفاع 75m وحجم تخزيني 98 مليون متر مكعب، مساحة سطح البحيرة 36.5 هكتاراً بطول 2.2 Km مساحة الحوض الصباب 266 Km²، ويروي مساحة إجمالية 9600 هكتار حيث يتم تأمين مياه بحيرة السد من الوارد المائي لنهر الصنوبر، ومن مياه نبع ديفة عن طريق نفق ديفة البالغ طوله 3525 [10]، الخريطة العامة لبحيرة سد الثورة موضحة بالشكل (1). تنتشر العديد من التجمعات السكنية والبلديات بجوار البحيرة وتصب مخلفات الصرف الصحي والزراعي غير المعالجة فيها وهذه المصبات حسب البلديات التابعة لها هي:

- (a) مصب بلدية بعنا وتخدم 1547 نسمة
- (b) مصب بلدية حيت وتخدم 4750 نسمة
- (c) مصب بلدية الدرياتيية وتخدم 1100 نسمة
- (d) مصب بلدية كيممين وتخدم 1874 نسمة [10].

و نظراً لاختلاف نوعية وحجم الملوثات التي تصل إلى بحيرة السد بشكل دائم تم التركيز في هذا البحث على تصنيف البحيرة حسب ظاهرة الإثراء الغذائي من خلال قياس تراكيز الفوسفور الكلي والنترجين الكلي والكلوروفيل a بجهاز السبكتروفوتومتر وقياس الشفافية بقياس عمق Secchi disk من خلال قرص Secchi. حيث تم وضع برنامج مراقبة لأخذ العينات في البحيرة بشكل دوري مرة واحدة في الشهر وامتد من شهر تشرين الاول 2009 إلى شهر أيلول 2010 في المواقع 1-2-3-4-5 وذلك على عمق 30cm من سطح البحيرة وقد اختيرت هذه المواقع على نحو تشمل البحيرة بأكملها مع مراعاة سهولة الوصول إليها قدر الإمكان:

- 1-الموقع الأول : يقع في المنطقة الشمالية من البحيرة.
- 2-الموقع الثاني : مقابل مفيض سد الثورة.
- 3-الموقع الثالث : مقابل برج مأخذ ري سد الثورة.
- 4-الموقع الرابع : يقع في منطقة الصخرة شمال شرق جسم السد وبعمق 6m تقريباً.
- 5-الموقع الخامس : وسط البحيرة . المواقع موضحة بالشكل (2).



الشكل (1) يبين الخريطة العامة لبحيرة سد الثورة



الشكل (2) يمثل مواقع الإعتيان في بحيرة سد الثورة

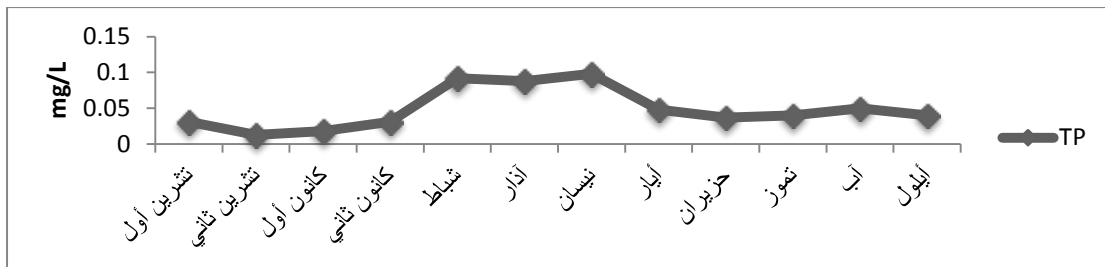
النتائج والمناقشة:

- تراكيز الفوسفور الكلي TP:

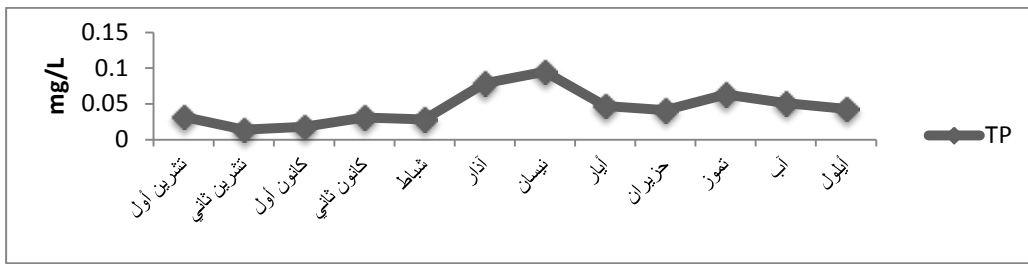
تراوحت تراكيز الفوسفور الكلي بين 0.1mg/L في الموقع 1 في شهر نيسان و 0.01mg/L في شهر شباط في الموقعين 4,5 إذ تآرجح المتوسط الشهري للفوسفور الكلي للمواقع الخمس بين 0.015mg/L في شهر تشرين الثاني إلى 0.094mg/L في شهر نيسان ويعود سبب تواجد الفوسفور في البحيرة على مدار العام هو مياه الصرف الصحي غير المعالجة التي تصل إلى البحيرة من القرى المجاورة أما سبب ارتفاعها في شهر نيسان فهو مياه الصرف الزراعي التي تكثر في فصل الربيع وتصل إلى البحيرة مع مياه الأمطار من الأراضي الزراعية التي تحيط بالمنطقة. تبين الأشكال (3-7) تركيز الفوسفور الكلي في المواقع المدروسة.



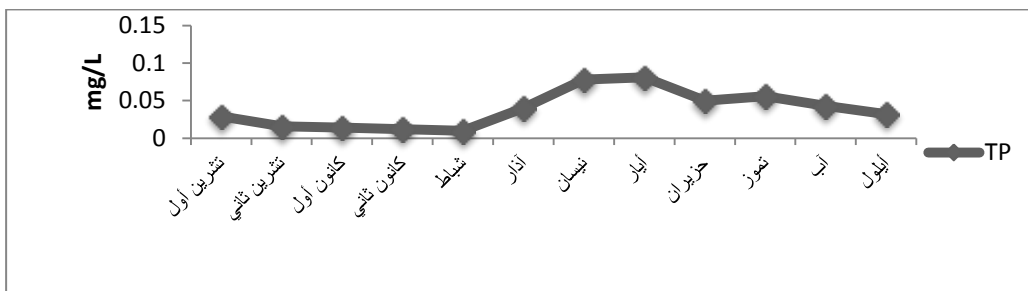
الشكل (3) تراكيز الفوسفور الكلي TP لعام 2009-2010 الموقع 1



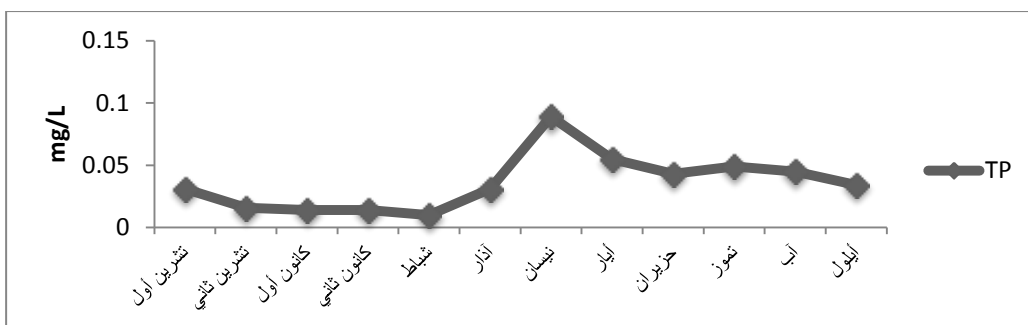
الشكل (4) تراكيز الفوسفور الكلي TP لعام 2010-2009 الموقع 2



الشكل (5) تراكيز الفوسفور الكلي TP لعام 2010-2009 الموقع 3



الشكل (6) تراكيز الفوسفور الكلي TP لعام 2010-2009 الموقع 4

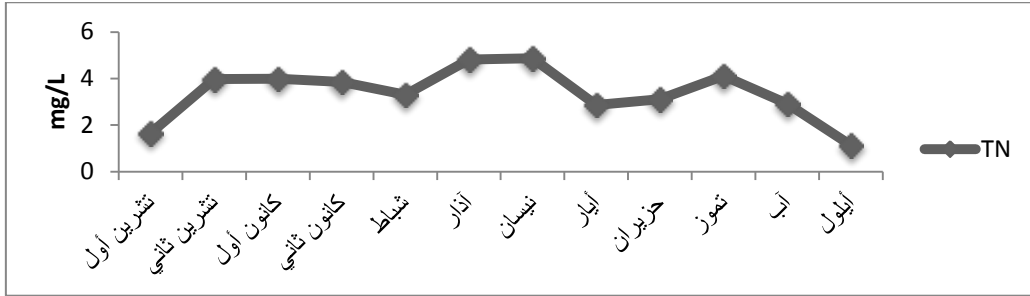


الشكل (7) تراكيز الفوسفور الكلي TP لعام 2010-2009 الموقع 5

تراكيز النتروجين الكلي TN:

تراوحت قيم تراكيز النتروجين الكلي بين 1.126mg/L إلى 4.892mg/L إذ سجلت أعلى قيمة لتلك التراكيز في الموقع (3) في شهر نيسان 2010 ونلاحظ ارتفاعها في هذا الشهر في جميع المواقع بسبب مياه

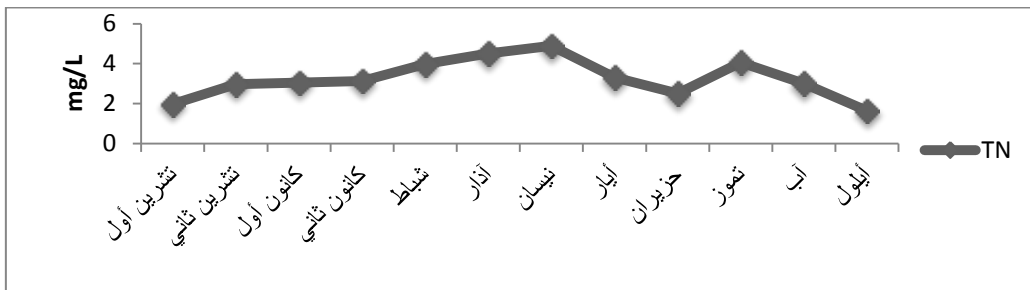
الصرف الزراعي التي تصل إلى البحيرة مع مياه الأمطار من القرى المجاورة. تبين الأشكال (8-12) تراكيز النتروجين الكلي في المواقع المدروسة.



الشكل (8) تراكيز النتروجين الكلي TN لعام 2010-2009 الموقع 1



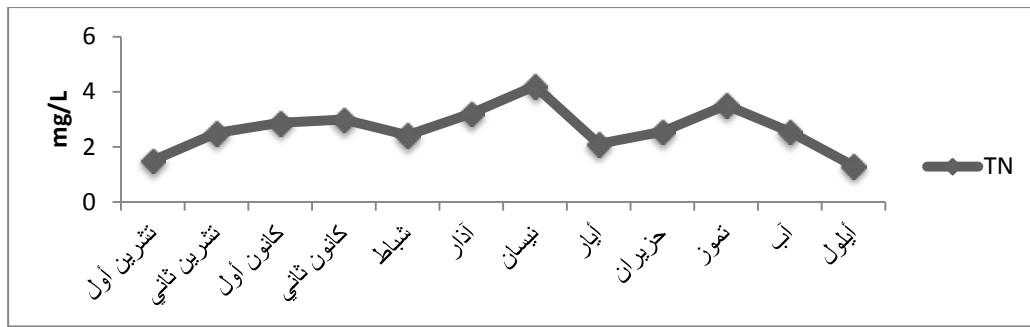
الشكل (9) تراكيز النتروجين الكلي TN لعام 2010-2009 الموقع 2



الشكل (10) تراكيز النتروجين الكلي TN لعام 2010-2009 الموقع 3



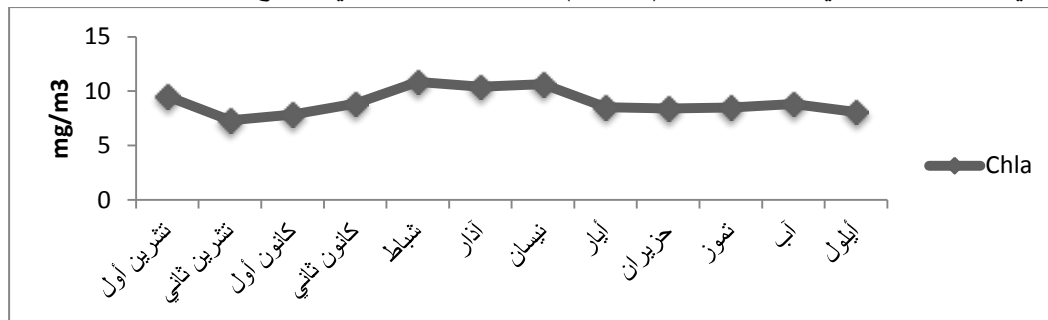
الشكل (11) تراكيز النتروجين الكلي TN لعام 2010-2009 الموقع 4



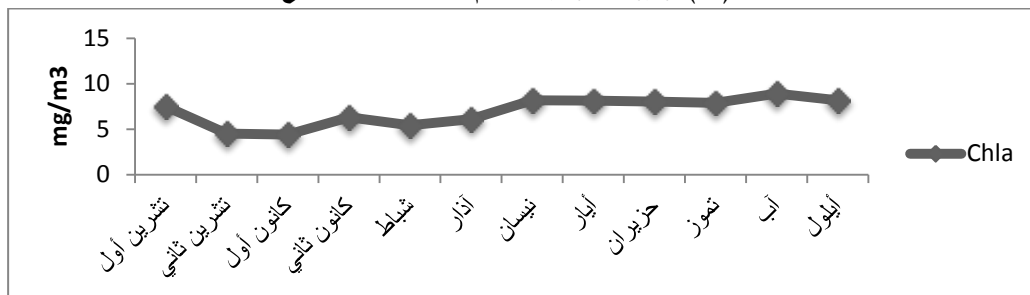
الشكل (12) تراكيز النتروجين الكلي TN لعام 2010-2009 الموقع 5

تراكيز الكلوروفيل a:

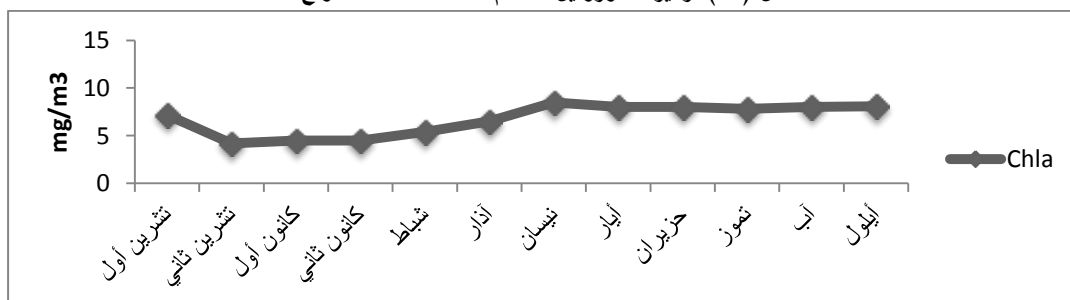
تراوحت قيم تراكيز الكلوروفيل a في المواقع الثلاثة المأخوذة (2-3-4) بين $4.19\mu\text{g/L}$ في شهر تشرين الثاني إلى $10.85\mu\text{g/L}$ في شهر شباط ونلاحظ انخفاض تلك التراكيز في وسط البحيرة بسبب قلة النباتات فيها بالإضافة إلى العمق الكبير للبحيرة فيه الذي بلغ متوسطه 25m مقارنة بالموقع (2) ذي العمق الأقل والذي توجد فيه النباتات بشكل أكثر، وسجلت أعلى قيم للمتوسط الشهري لتلك التراكيز في شهر نيسان $8.54\mu\text{g/L}$ بسبب ازدياد نمو النباتات في هذا الشهر الربيعي. تبين الأشكال (13-15) تراكيز الكلوروفيل a في المواقع المدروسة.



الشكل (13) تراكيز الكلوروفيل a لعام 2010-2009 الموقع 2



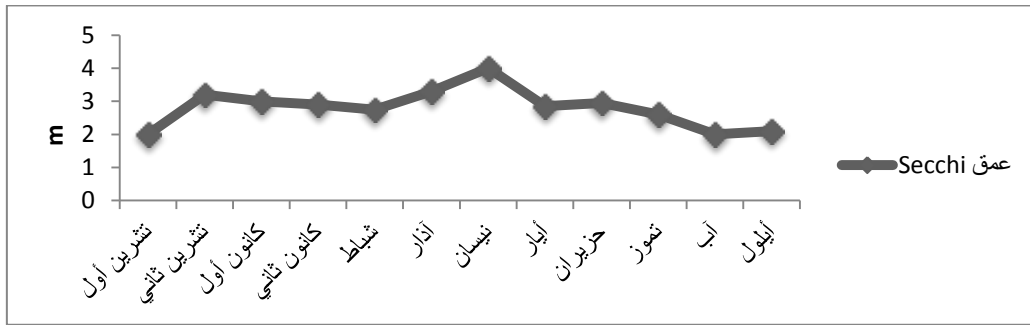
الشكل (14) تراكيز الكلوروفيل a لعام 2010-2009 الموقع 4



الشكل (15) تراكيز الكلوروفيل a لعام 2010-2009 الموقع 5

- الشفافية عمق Secchi disk :

إن عمق secchi-disk مؤشر هام في تصنيف البحيرات حسب ظاهرة التشبع الغذائي وقد قيس هذا العمق في الموقع (5) وسط البحيرة وفي الموقع (4) الذي العمق الكلي 6m ونلاحظ أنه تساوت أعماق secchi-disk تماماً في كلا الموقعين في الشهر الواحد لذا تم الاكتفاء بأخذ هذا العمق في هذين الموقعين فقط وتراوح بين 2m في شهر تشرين الأول والأول و4m في شهر نيسان وبلغ المتوسط السنوي له 2.81m كما يبين الشكل (16).



الشكل (16) الشفافية عمق Secchi disk لعام 2009-2010 الموقعين 5,4

-مدلول المؤشر TN/TP مع تراكيز الكلوروفيل a:

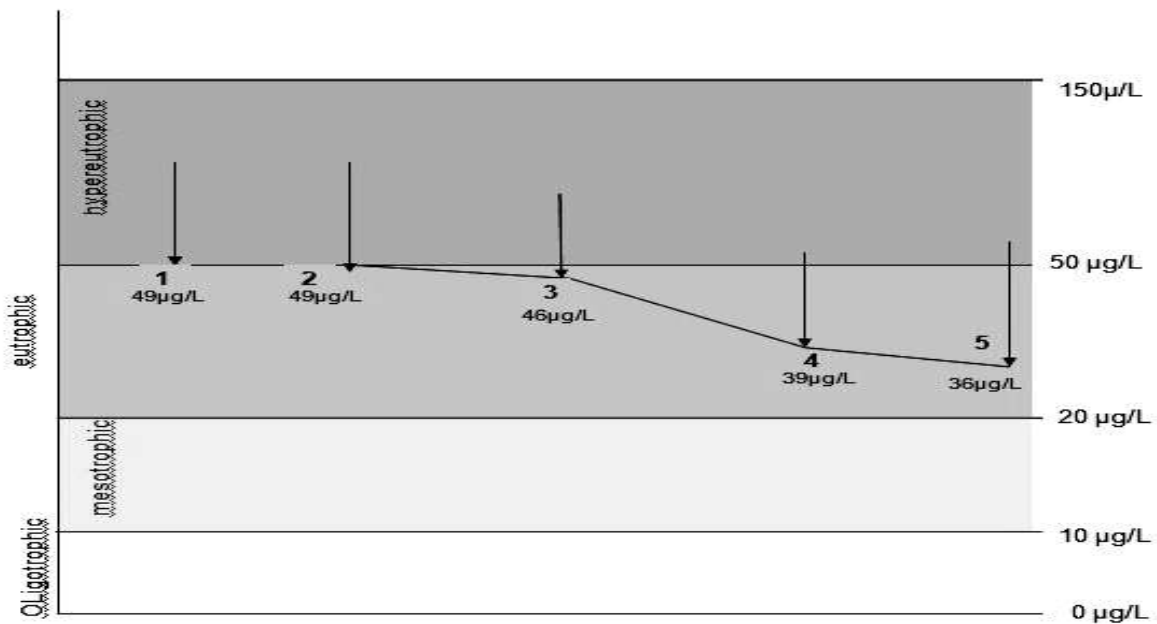
أثبتت الدراسات أنه عندما يكون تركيز الكلوروفيل a في البحيرات أقل من 20µg/L والنسبة $TN/TP \geq 17$ فإن الفوسفور هو المغذي المهيمن الفعال أما في حال كون تركيز الكلوروفيل a أكبر من 70µg/L والنسبة $TN/TP \leq 10$ فإن النتروجين هو العنصر المحدد لنمو الطحالب [11]. وقد بينت التجارب أن النسبة TN/TP في كل المواقع أكبر من 17 فقد تراوحت بين 29 في شهر أيلول في الموقع 1 و286 في شهر شباط في الموقع 4 كما أن تراكيز الكلوروفيل a كانت أقل من 20µg/L في جميع المواقع وعلى مدار العام، وعليه نستنتج أن الفوسفور هو العنصر المحدد لنمو الطحالب في هذه البحيرة وتكاثرها.

-تحديد مخطط درجات الجودة لمياه بحيرة الثورة:

تعد بحيرة سد الثورة من البحيرات الهامة في القطر العربي السوري فهي بحيرة دائمة (صيفاً ، شتاءً) تخزينها كبير تستخدم مياهها في ري المزروعات في 9600 هكتار من الأراضي المجاورة. يتم تحديد مستوى الإثراء الغذائي من خلال بيان مستوى تركيز عناصر الإثراء الغذائي وحسب تصنيف Carlson فقد تم وضع مستوى التشبع الغذائي حسب المؤشرات التالية: الشفافية أو عمق Secchi-disk و تراكيز الكلوروفيل a وتراكيز الفوسفور الكلي، كما وضع مستوى التشبع الغذائي للنتروجين الكلي حسب Hakanson & Jonson لأن تصنيف Carlson لم يأخذ بالاعتبار هذا المؤشر.

- تحديد مستوى الجودة بالنسبة للمؤشر TP :

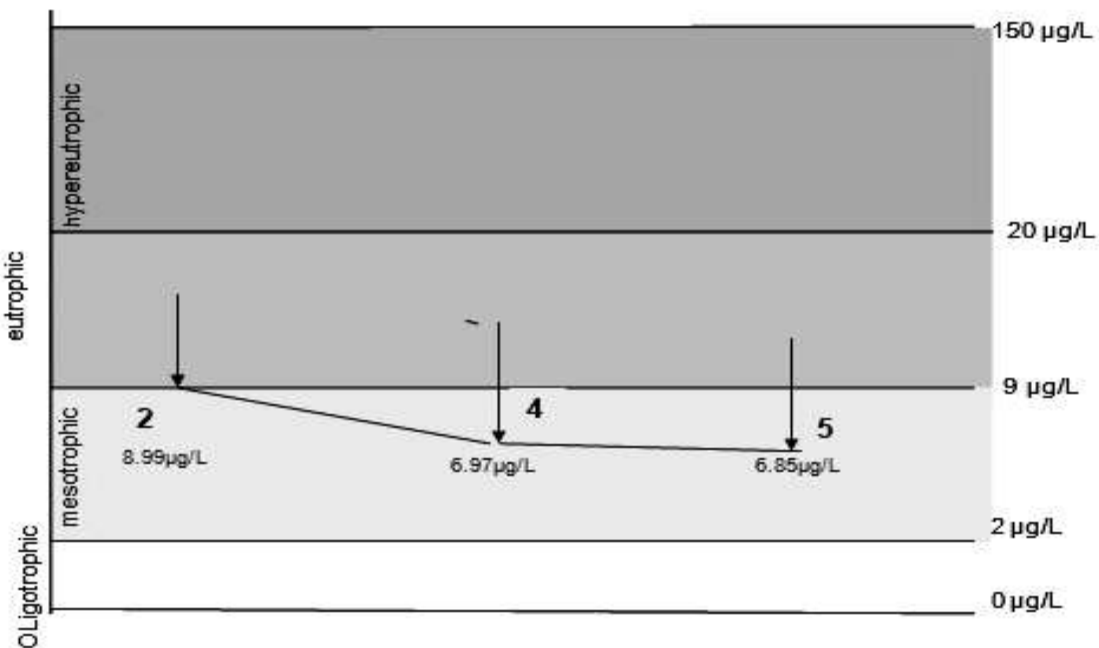
تم تسجيل المتوسطات السنوية لتراكيز الفوسفور الكلي في المواقع التالية 1-2-3-4-5 على التوالي 0.036mg/L, 0.039mg/L, 0.046mg/L, 0.049mg/L, 0.049mg/L وعليه يكون مستوى الجودة حسب Carlson في مستوى مخصب eutrophic الشكل (17).



الشكل (17) درجات جودة بحيرة سد الثورة حسب تراكيز TP (Carlson index)

- تحديد مستوى الجودة بالنسبة لتراكيز الكلوروفيل a :

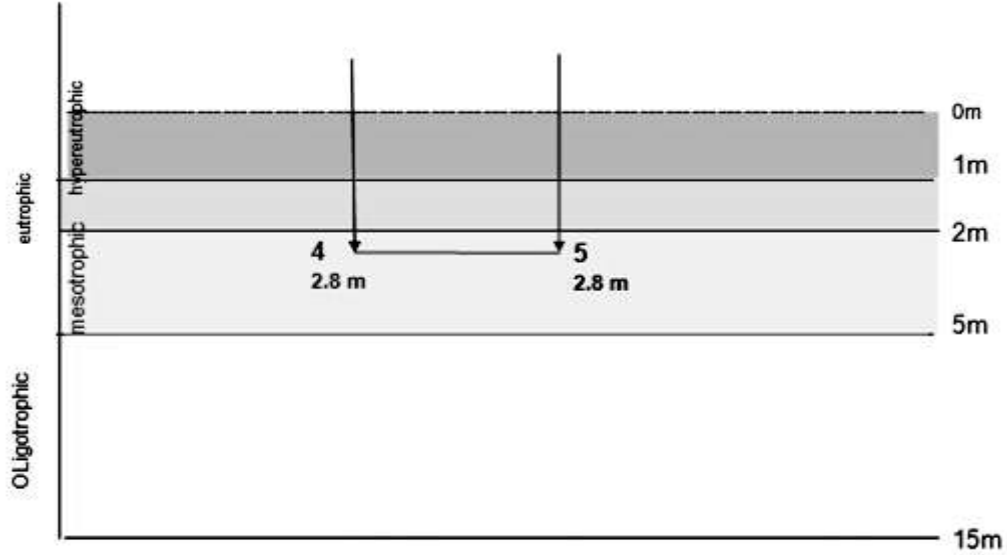
تم تسجيل تراكيز الكلوروفيل a في المواقع 2-4-5 وسجلت المتوسطات السنوية لها على التوالي 6.85mg/L, 6.97mg/L, 8.99mg/L وحسب تصنيف Carlson تكون البحيرة ضمن صنف متوسطة الأخصاب Mesotrophic. كما يبين الشكل (18).



الشكل (18) درجات جودة بحيرة سد الثورة حسب تراكيز Chla (Carlson index)

3- تحديد مستوى الجودة بالنسبة للشفافية أو عمق Secchi-disk:

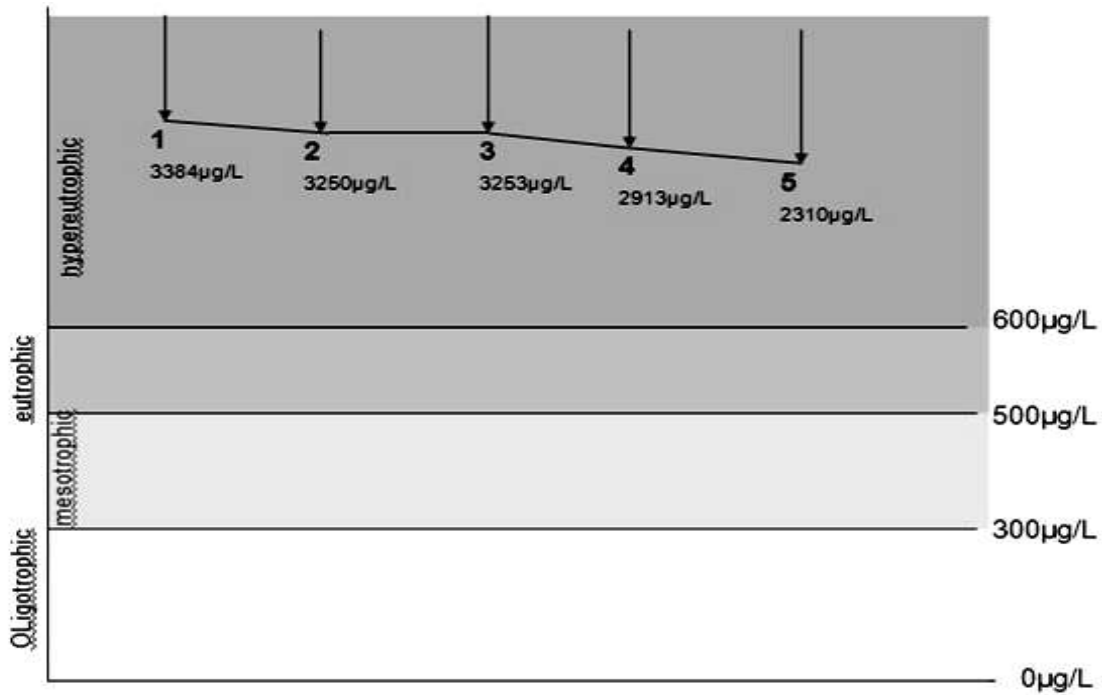
أخذت الشفافية أو عمق Secchi-disk في الموقعين 4 و 5 وكان متوسط هذا العمق السنوي يساوي 2.8m وعليه نستنتج أنها من صنف متوسطة الإخصاب Mesotrophic بحسب تصنيف Carlson كما هو موضح في الشكل(19).



الشكل(19) درجات جودة بحيرة سد الثورة حسب عمق Secchi-disk (Carlson index)

- تحديد مستوى الجودة بالنسبة للمؤشر TN :

تم تسجيل المتوسطات السنوية لتراكيز النترجين الكلي في المواقع التالية 1-2-3-4-5 على التوالي 3.384mg/L, 3.25mg/L, 3.253mg/L, 2.913mg/L, 2.31mg/L وعليه يكون مستوى الجودة في مستوى شديد الإخصاب hypereutrophic وقد تم اعتماد تصنيف Hakanson & Janson [12] حيث أن تصنيف Carlson لا يأخذ TN بالاعتبار الشكل(20).



الشكل (20) درجات جودة بحيرة سد الثورة حسب تراكيز TN

الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات:

- 1- تتأثر بحيرة سد الثورة بشكل مباشر بالملوثات الخارجية وبشكل كبير مياه الصرف الصحي غير المعالجة.
- 2- إن نسبة النتروجين الكلي إلى الفوسفور الكلي أكبر من 17 في جميع مواقع بحيرة سد الثورة مما جعل العنصر المحدد لنمو الطحالب فيها هو الفوسفور.
- 3- تراوحت تراكيز الفوسفور الكلي في البحيرة بين 0.01mg/L و 0.1mg/L وكانت أعلى قيمة لها في شهر نيسان بسبب مياه الصرف الزراعي التي تصل إلى البحيرة مع مياه الأمطار من الأراضي التي تمتد على مساحة واسعة بجوار البحيرة.
- 4- تراوحت تراكيز النتروجين الكلي في البحيرة بين 1.12mg/L و 4.892mg/L وكانت أعلى قيمة لها في شهر نيسان أيضاً السبب في ذلك مياه الصرف الزراعي.
- 5- تراوحت تراكيز الكلوروفيل a ما بين 4.42mg/m³ و 10.85mg/m³ وبلغ أعلى قيمة لتراكيز المتوسطات الشهرية للمواقع الخمس 8.45µg/L في شهر نيسان والسبب في ذلك مياه الصرف الزراعي.
- 6- تراوح عمق Secchi-disk بين 2m في شهر تشرين الأول و 4m في شهر نيسان.
- 7- إن جودة مياه بحيرة الثورة من صنف eutrophic باعتبار TP مؤشراً للجودة ومن صنف hyper-eutrophic بحسب المؤشر TN ومن صنف mesotrophic بحسب كل من المؤشرين chl_a وعمق secchi-disk.

- التوصيات:

- 1- ضرورة المعالجة المتقدمة لمياه الصرف الصحي للقرى والتجمعات السكنية الموجودة في منطقة البحيرة من أجل التخلص من مركبات الفوسفور والنتروجين ودراسة تأثير ذلك على نوعية المياه وتحديد مناطق للرصد البيئي على هذه البحيرة.
- 2- دراسة تأثير استخدام الأسمدة الزراعية في المناطق القريبة من البحيرة.
- 3- وضع برامج مراقبة لنوعية مياه البحيرة.
- 4- تطوير البحث وتحديثه بوضع خريطة جينية للبحيرة.
- 4- متابعة البحث ببحوث مكملة أخرى منها وضع نماذج رياضية مثلى تتعلق بحمولة الفوسفور وتراكيز الكلوروفيل a وعمق secchi-disk وتعميمها على بحيرات أخرى.

المراجع:

- 1- SCHNOOR, J. L. *Environmental Modeling*. Willey Interscience, New York, 1996, 684.
- 2- CARLSON, R. E. *A trophic stat index for Lakes*. *Limnol. Oceanogr.* N^o.22, 1977: 365-369.
- 3-OECD (Organization for Economic Cooperation & Development). *Eutrophication of waters Monitoring of Ireland waters*. Eutrophication Control. Environmental Directorate, OECD, Paris, 1982; pp. 154.
- 4-ISTVANOVICS, V. and SOMLYODY, L. *Factors influencing lake recovery from eutrophication _the case of Basin 1 of Lake Balaton*. *Water Research*, Vol. 35, N^o. 3, 2001, 729-735.
- 5-RULEY, J. E. and KLLY RUSCH, K. A. *An assessment of long_term post_retoration water quality trends in a shallow, subtropical, urban hypereutrophic lake*. *Ecological Engineering* Vol. 19, N^o. 4, 2002, 265-280.
- 6-Özkundakci, D.; HAMILTON, D.P., and SCHOLE, P. *Effect of intensive catchments and in-lake restoration procedures on phosphorus concentrations in a eutrophic lake*. *Ecological Engineering*. Vol.36, N^o. 4, 2010, 396-405.
- 7-XU, F. L. TAO, S.; DAWSON, R.W. and LI, B.G. *A GIS-based method of lake eutrophication assessment*. *Ecological Modeling* Vol. 144, N^o. 2-3, 2001, 231-244.
- 8-KUO, J. T. ; HSIEH, M. H.; LUNG, W. S. and SHE, N. *Using artificial neural network for reservoir eutrophication prediction*. *Ecological Modeling* Vol. 200, N^o.1-2, 2007, 171-177.
- 9-MAO, J.; CHEN, Q. , and CHEN, Y. *Three-dimensional eutrophication model and application to Taihu lake, China*. *Journal of Environmental Sciences* Vol. 20, N^o. 3, 2008, 278-284.
- 10- ديب، ابراهيم. *مصادر المياه في الساحل السوري و طرق حمايتها*. المؤتمر الإقليمي الأول حول التقنيات الملائمة لمعالجة مياه الصرف الصحي و إعادة استخدامها، اللاذقية، 2003، 2-4 كانون أول .
- 11-FORSBERG, C., and RYDING, S.- O. *Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving Lakes*. *Arch. Hydrobiol.* 89, 1980, 189-207.
- 12-HAKANSON and JANSON M. *Principle of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New York, 1980, 420.