

---

Soumis le 26 Janvier 2014

Forme révisée acceptée le : 15 Mai 2015

Email de l'auteur correspondant :

[sofianeaero@yahoo.fr](mailto:sofianeaero@yahoo.fr) and [saggai.so@univ-ouargla.dz](mailto:saggai.so@univ-ouargla.dz)

---



---

**Nature & Technology**

---

## Effet des monocouches d'Hexadecanol utilisées pour réduire l'évaporation des plans d'eau sur la spiruline (Résultats préliminaires)

<sup>1</sup>S. SAGGAI, <sup>2</sup>D. BOUTOUTAOU, <sup>3</sup>R. MANAMANI

<sup>1</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire Génie de l'Eau et de l'Environnement en Milieu Saharien., Faculté des Sciences et de la Technologie et des Sciences de la Matière, Ouargla 30 000, Algérie.

<sup>2</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides, Faculté des Sciences et de la Technologie et des Sciences de la Matière, Ouargla 30 000, Algérie.

<sup>3</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla. Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Ouargla 30 000, Algérie

---

### Résumé

La réduction de l'évaporation des plans d'eau par les films mono-moléculaires est une technique qui a démontré son efficacité dans la région de Ouargla, en enregistrant des taux de réduction de l'ordre de 10% à 30%.

La présente étude consiste à vérifier l'effet de la présence du film mono-moléculaire à l'interface air/eau sur la flore aquatique, en prenant le cas de la spiruline. Pour cela, un dispositif expérimental composé de trois aquariums est installé dans le laboratoire d'aquaculture de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Ouargla. Le premier aquarium est considéré comme témoin, les deux autres aquariums sont couverts par des films d'Hexadecanol, respectivement comme suit : 0,15 g/m<sup>2</sup>/3 jours et 0,09 g/m<sup>2</sup>/3 jours. Les résultats obtenus montrent que le film mono-moléculaire n'influence pas sur les paramètres physico-chimiques à l'exception du taux d'oxygène dissous qui est supérieur dans les aquariums couverts par les films. Pour les paramètres biologiques, la présence du film contribue à la diminution de la densité moyenne des individus identifiés et le dosage de la chlorophylle *a*.

Mots clés : spiruline, milieu aquatique, Hexadecanol, paramètres physico-chimiques, paramètres biologiques, Ouargla.

### 1. Introduction

Les spirulines, cyanobactéries traditionnellement consommées depuis des siècles par certaines populations lesquelles [1, 2] sont l'objet d'une redécouverte depuis quelques années. Autrefois classées parmi les "algues bleues-vertes", elles ne sont pas à proprement parler des algues, même si par commodité, on continue à les désigner comme telles. Elles croissent naturellement dans les eaux alcalines de certains lacs, en zones chaudes [2] [3].

Par ailleurs, la découverte d'une algue microscopique sous le nom d'*Athrospira fusiformis* constituée jusqu'à 70 % de protéines, soit près de deux fois plus que le soja, connaît un engouement sans précédent ressenti à l'échelle mondiale qui se traduit par un développement des cultures industrielles afin de l'utiliser comme complément alimentaire [4].

A l'instar des autres pays, l'Algérie contribue à la valorisation et au développement des cultures de spirulines d'autant plus qu'elles représentent une ressource naturelle locale à valoriser [5].

Le sud algérien a un climat saharien favorable pour le développement de la spiruline si en se référant à ce que reporte [6, 7] sur les conditions de la croissance de la spiruline. Bien que les conditions sont adéquates, mais la rareté de l'eau en Algérie [8], surtout au Sahara est un facteur limitant l'élargissement de la culture de la spiruline.

Ces mêmes conditions favorisent aussi l'évaporation des plans d'eau [9], qui est le milieu aquatique de la survie et de la croissance de la spiruline. Pour cela, il est indispensable de chercher un moyen pour réduire cette évaporation pour conserver ces milieux aquatiques.

La réduction de l'évaporation par les films mono-moléculaires est une des techniques adoptées et depuis longtemps pour préserver les plans d'eau [10] [11]. Mais la question qui se pose et quel est l'effet de ces films mono-moléculaires sur le processus de la croissance ?

### 2. Environnement

La région de Ouargla fait partie du Sahara septentrional. Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne

## Effet des monocouches d'Hexadecanol utilisées pour réduire l'évaporation des plans d'eau sur la spiruline 29 (Résultats préliminaires)

de fortes températures, et un régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs [12].

Le tableau suivant (Tableau 1) représente les caractéristiques climatiques de la région durant la période allant de 2002 à 2011.

Tableau 1  
Données climatiques de la région de Ouargla (2002-2011) (ONM, 2012) [13]

Mois	T (° C)	P (mm)	V (m/s)	H (%)
Janvier	12	8,64	1,49	58,5
Février	14	0,79	1,92	50,5
Mars	18	6,11	2,24	43,4
Avril	23	1,33	2,4	36,7
Mai	27	0,7	2,1	32,7
Juin	32	0,61	2,65	27,8
Juillet	36	0,22	2,09	25,7
Août	35	1,84	1,88	27,9
Septembre	30	3,6	2,23	38,2
Octobre	27	6,74	1,71	46,2
Novembre	17	6,33	1,5	56,3
Décembre	13	1,58	1,38	60

Ces données météorologiques montrent que Ouargla est une région sèche et chaude avec une courte période de pluie et un ensoleillement prolongé dans l'année. Ces caractéristiques météorologiques sont favorables au développement de la spiruline.

### 3. Matériels et méthode

#### 3.1. Préparation de l'écosystème aquatique au laboratoire

Cette partie pratique a été réalisée au niveau du laboratoire d'aquaculture « Université Kasdi Merbbeh Ouargla ».

Pour connaître l'effet de l'application des films mono-moléculaires à base d'alcool cétylique (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>O) sur l'écosystème aquatique, un dispositif expérimental composé de trois aquariums de 0,125 m<sup>2</sup> de surface et 0,25 m de profondeur remplis de spiruline cultivée (photo 1) sous des serres au niveau de l'exploitation agricole de l'université de Ouargla tout en respectant les conditions de croissance citée par Elyah (2003)[14] : une température de 34° à 40°C, avec une population dense, un ensoleillement généreux, un pH de 8.5 à 10.5 ; une suffisante quantité d'éléments nutritifs essentiels (le manque d'un d'entre eux inhibe la croissance), et une suffisante agitation de l'eau.

Ce dispositif est installé au laboratoire d'aquaculture de la faculté des sciences de la nature et de la de l'Université de Kasdi Merbah Ouargla: un aquarium sans monocouches

(témoin), et les deux autres couverts par des films mono-moléculaires.

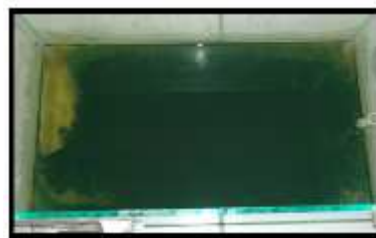


Fig. 1. Spiruline dans l'aquarium témoin.

Dans un premier temps, les aquariums sont remplis de 12,5 L de spiruline cultivée pour chacun sans mettre le film mono-moléculaire. Après, on a appliqué l'alcool cétylique sous forme de poudre pour former le film mono-moléculaire sur deux des trois aquariums chaque trois jours, comme suit : 0,09 g/m<sup>2</sup> dans l'aquarium 'Hexa 0,09 g' et 0,15 g/m<sup>2</sup> dans l'aquarium 'Hexa 0,15 g'.

#### 3.2. Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques

Les paramètres physico-chimiques mesurés durant l'expérience sont : le pH, la température de l'eau, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous qui sont des paramètres qui influencent la vitesse de croissance de la spiruline [15].

Ces paramètres sont mesurés quotidiennement à 09H du matin par un multi-paramètre type HORIBA U-50.

Pour l'évaluation de la croissance de la spiruline, on se base sur la méthode du dénombrement des individus micro-algales (méthode directe) qui consiste à la prise de cinq gouttes (100 µl) de chaque aquarium. Ces cinq gouttes sont mises sur des lamelles qui sont posées sous un microscope pour le comptage des filaments existants.

En plus, le dosage de la chlorophylle *a* qui est considérée comme étant un indicateur de l'abondance (biomasse) des algues microscopiques dans le milieu [16, 17]. La méthode utilisée pour le dosage de la chlorophylle *a* dans l'eau est la méthode monochromatique de Lorenzen (1967) [18] avec solvant d'acétone à 90%.

Le principe de la méthode se base sur la filtration d'un volume d'eau connu (sur filtre WHATMAN GF/C 0,47µm), en présence de carbonate de Mg. La récupération du filtre et la dissolution des pigments dans un solvant approprié (acétone à 90 %), la filtration en vue de récupérer une solution dépourvue de particules en suspension, et la mesure des densités optiques aux longueurs d'ondes appropriées (665 nm et =750 nm) avant et après acidification.

Les absorbances brutes à 665 nm et les blancs de turbidité à 750 nm doivent être corrigés en soustrayant les blancs des cuves. Pour obtenir les absorbances nettes on soustrait les absorbances corrigées mesurées à 750 nm des absorbances corrigées mesurées à 665 nm, c'est-à-dire :

- avant acidification:

Ana665 = (Abna665 – bc665) - (Aba750 – bc750)  
 - après acidification :

Aa 665 ~ (Aba665 - bc665) – (Aba750 - bc750)

Les autres données sont : V: volume d'eau filtrée (litre), v: volume du solvant d'extraction (millilitre), et l: longueur du trajet optique de la cuve de mesure (centimètre).

Les concentrations de chlorophylle a se calculent d'après la relation suivante :

$$[\text{Chlorophylle a}](\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}) = \frac{267(Ab^{na}_{665} - A^a_{665}) \times v}{V \times l} \quad (1)$$

Ab<sup>na</sup><sub>665</sub> est la densité optique de l'extrait avant acidification  
 A<sup>a</sup><sub>665</sub> est la densité optique de l'extrait après acidification  
 v est le volume de l'extrait total en (ml)  
 V est le volume d'eau filtrée en (l)  
 l la longueur du parcours optique en (cm)

#### 4. Résultats et discussion

##### 4.1. Paramètres physico-chimiques

Pour bien lire les variations des paramètres physico-chimiques, les résultats obtenus sont représentés par des graphes. Les valeurs prises et représentées sont celles de chaque semaine.

##### 4.1.1. La température de l'eau

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques [19]. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes [20].

Le graphe qui suit représente les variations spatio-temporelles de la température de l'eau dans les trois aquariums

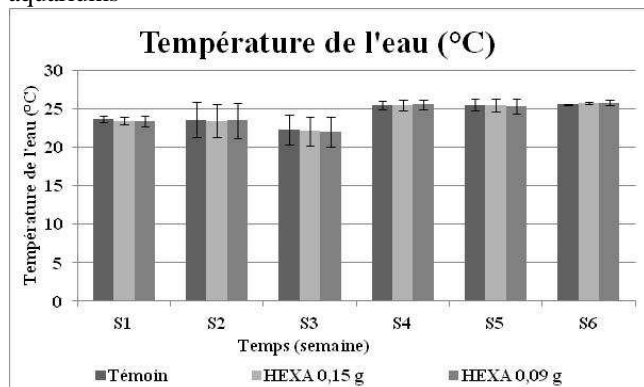


Fig. 2. Variations spatio-temporelles de la température de l'eau.

Les résultats obtenus durant la période d'étude montrent que la température varie d'une manière similaire dans les

trois aquariums, et les valeurs extrêmes sont de 20°C et 26°C (Figure 2).

D'après le graphe, la température du milieu aquatique, pour les trois aquariums, fluctue en allant du début de l'expérience vers sa fin. Sa variation est influencée par la température de l'air ambiant (plus la température de l'air augmente plus la température du milieu aquatique augmente et inversement). Mais dans l'ensemble, les températures enregistrées sont dans les limites tolérées (20°C-40°C) [3].

Pour les variations des températures d'un aquarium à un autre, il faut noter que la température est légèrement supérieure dans les aquariums couverts par les films monomoléculaires, où ces résultats vont avec ceux rapportés par Wolbeer (1963)[11], qui a affirmé que la présence du film contribue à l'augmentation de l'eau.

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique, et la détermination du pH [21].

##### 4.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles [22].

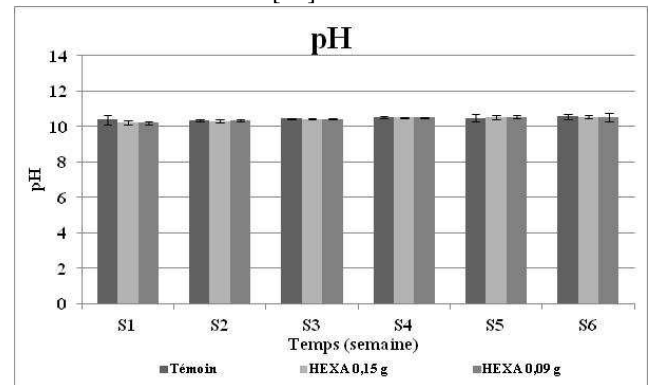


Fig. 3. Variations spatio-temporelles du pH

Selon le graphe (figure 3), le pH du milieu aquatique, dans les trois aquariums est alcalin, augmentant progressivement durant notre période d'étude

Les valeurs de ce paramètre sont supérieures à 10 et ne dépassent pas 11. Ces valeurs seraient selon certains auteurs favorables à la prolifération massive de la spiruline, dont la croissance optimale est obtenue pour un pH de 8 à 11,5 [23].

## Effet des monocouches d'Hexadecanol utilisées pour réduire l'évaporation des plans d'eau sur la spiruline 31 (Résultats préliminaires)

Brock (1973) [24] rapporte qu'un pH du milieu inférieur à 5, ce qui n'est pas notre cas, élimine la vie et la croissance des cyanobactéries.

Il faut noter aussi que la consommation de CO<sub>2</sub> par les algues au cours de la photosynthèse va principalement se traduire par une augmentation du pH [25].

Il est bien su que l'augmentation de la température engendre une faible concentration de CO<sub>2</sub> dissous, et plus la concentration est faible, plus le pH est haut.

### 4.1.3. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau [26], il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique.

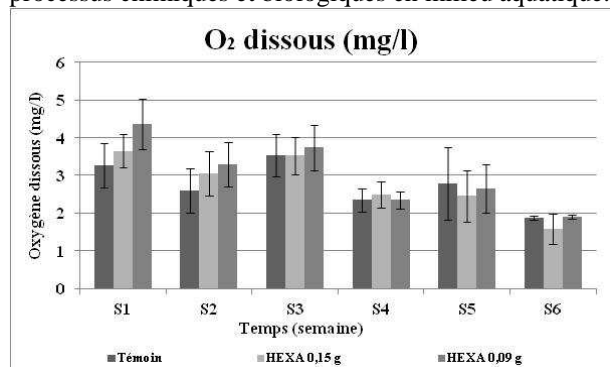


Fig. 4. Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous.

L'évolution de ce paramètre est similaire dans les trois aquariums. En effet, la valeur de l'oxygène dissous dans l'aquarium de l'Hexa 0,09 g dépasse celle enregistrée dans l'aquarium témoin de 12,5 %, et celle enregistrée dans l'aquarium de l'Hexa 0,15 g dépasse celle de l'aquarium témoin de 3,5 %. Le graphe (figure 4) montre aussi que l'oxygène dissous dans les trois aquariums diminue avec le temps. Cette diminution est influencée par les variations de la température de l'air qui limite la solubilité de l'oxygène. Cette influence de la température a été rapportée par de nombreux auteurs qui signalent l'existence d'une corrélation entre la température et l'oxygène [27].

Selon Gaujou (1995) [28], l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée à :

- l'activité photosynthétique des plantes aquatiques ;
- la dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique ;
- la consommation respiratoire de la faune, la flore et la dégradation de la matière organique, se traduisant par une demande biologique et chimique d'oxygène.

La présence des films mono-moléculaires dans l'interface air/eau, contribue à la diminution de la diffusion de l'oxygène de l'air dans le milieu aquatique [29] et l'empêchement de l'échappement de l'oxygène produit par la photosynthèse dans le milieu aquatique des algues.

Ce processus explique le taux élevé de l'oxygène dissous dans les aquariums couverts par des films mono-moléculaires. Ce taux est important dans le cas de l'aquarium de l'Hexa 0,09 g, car la couche mince formée ne permet pas l'échappement de l'oxygène, mais permet la

diffusion de l'oxygène dans le milieu aquatique mieux que dans le cas de l'Hexa 0,15 g.

### 4.1.4. Salinité

La salinité est un paramètre qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu en fonction de leur préférence (hormis les espèces euryhalines supportant de grandes amplitudes de salinité). Si la salinité varie, la survie des organismes sera fonction de leur tolérance.

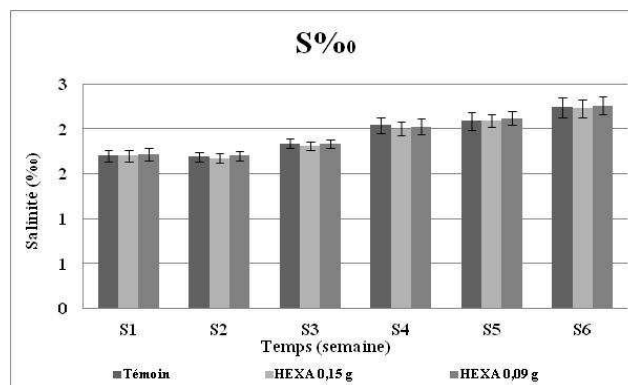


Fig. 5. Variations spatio-temporelles de la salinité

La figure 5 montre que les résultats obtenus varient d'une manière similaire dans les trois aquariums, et les fortes salinités du fait de l'action combinée des fortes températures, engendrant de fortes évaporations.

Les limites de salinité et d'alcalinité permises sont généralement assez larges, mais on se place souvent vers les minimas, et cela pour des raisons d'économie et de productivité, avec une salinité totale de 13 g/l [3].

### 4.1.5. Conductivité électrique

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration...

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [30,26].

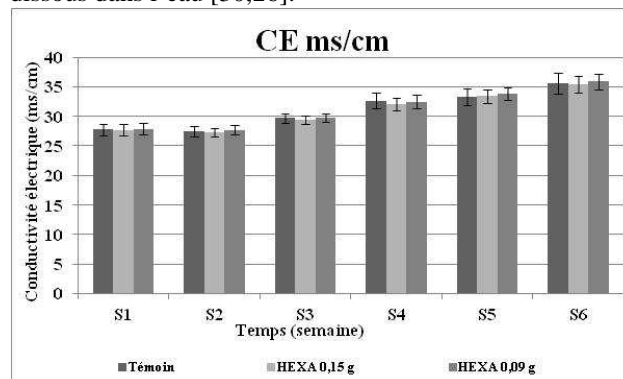


Fig. 6. Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique

La conductivité électrique présente un même rythme que la salinité (figure 6), et elle est liée à la présence d'ions dans l'eau, qui augmente avec la concentration des sels ioniques dissous [31, 32], et elle est étroitement liée à la température et varie en fonction d'elle [28].

#### 4.2. Paramètres biologiques

##### 4.2.1. Etude qualitative

Les photos suivantes (figures 7 et 8) montrent l'observation microscopique des caractères morpho-anatomiques de la micro-algue.



Fig. 7. Observation microscopique des différentes formes de la spiruline (G×40) au début de l'expérience



Fig.8. Observation microscopique des différentes formes de la spiruline (G×40) à la fin de l'expérience

La spiruline se présente sous la forme d'un filament pluricellulaire bleu-vert, mobile, non ramifié et enroulé en spirale. Ce filament est appelé trichome, sa forme est hélicoïdale, observable uniquement en milieu liquide, est caractéristique du genre, c'est d'ailleurs de là, que la spiruline tient son nom [33].

L'espèce *Arthrospira platensis* se compose de trichomes, atteignant 350µm de long, de 5 à 11µm de diamètre, un peu rétrécis au niveau des articulations. Les tours de spires ont un diamètre de 20 à 50µ, diminuant légèrement vers les extrémités [25].

Dans les figures 6 et 7, l'observation microscopique des caractères morpho-anatomiques de la micro-algue, montre l'abondance de la forme droite par rapport aux formes spiralées ou fragmentées.

##### 4.2.2. Etude quantitative

La figure 9 représente l'évolution temporelle de la densité moyenne des micro-algues identifiées dans chaque aquarium (une période représente la moyenne de deux semaines)

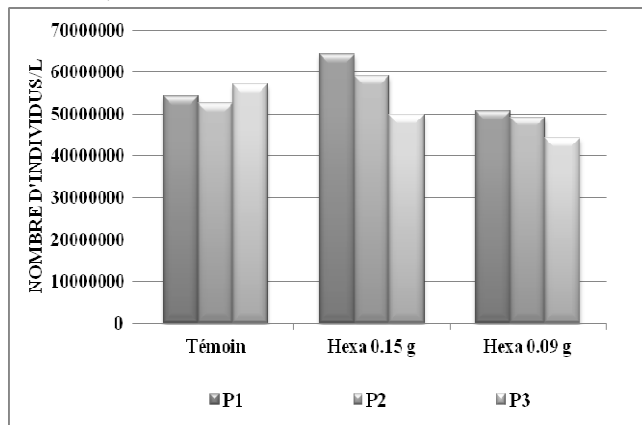


Fig. 9. Variations spatio-temporelles de la densité moyenne des individus identifiants

La croissance optimale de la spiruline est obtenue pour une température de 34°C à 40°C, avec une population dense, un ensoleillement généreux, un pH de 8,5 à 10,5. Les éléments nutritifs essentiels doivent être en quantités suffisantes (le manque d'un d'entre eux inhibe la croissance), et l'eau doit être suffisamment agitée [34].

Dans notre expérience, la température était entre 23°C et 27°C, l'ensoleillement était faible à modéré, le pH était entre 10,23 et 10,62, et l'agitation de l'eau se faisait chaque trois jours pour éviter la destruction du film. La réunion de ces conditions explique les résultats mentionnés par le graphe 8 qui montre qu'il y a une croissance de la spiruline qui est lente, en allant de la première à la troisième période dans l'aquarium témoin. Mais cette constatation n'est pas la même dans les aquariums où la surface est couverte par des films mono-moléculaires, car l'application continue de l'Hexadecanol diminue la densité des individus, en allant de la première à la troisième période.

Il est remarqué aussi qu'en absence de conditions optimales, la présence du film mono-moléculaire fait que la densité de la spiruline est la plus importante dans l'aquarium 'Hexa 0,15 g' durant les périodes 1 et 2, et elle est la plus faible dans l'aquarium 'Hexa 0,09 g'.

##### 4.2.3. Chlorophylle a

Les résultats du dosage de la chlorophylle a sont représentés dans les figures 10 et 11, la première représente le dosage dans les trois aquariums après deux semaines du début des expériences, et la deuxième représente le dosage dans les trois aquariums à la fin des expériences.

## Effet des monocouches d'Hexadecanol utilisées pour réduire l'évaporation des plans d'eau sur la spiruline 33 (Résultats préliminaires)

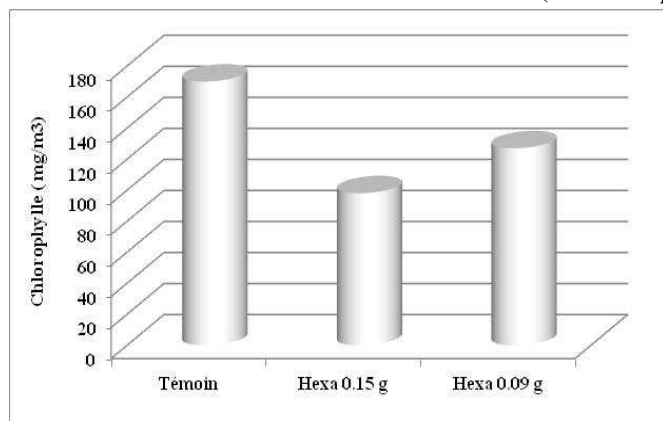


Fig. 10. Dosage de la chlorophyll *a* après deux semaines de début des expériences.

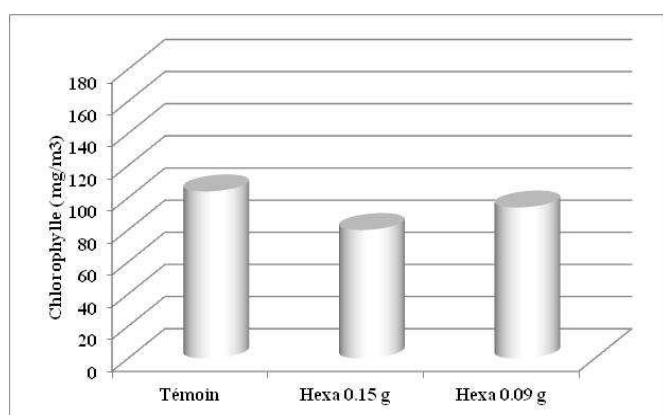


Fig. 11. Dosage de la chlorophyll *a* à la fin des expériences.

Les figures 9 et 10 montrent qu'il y a un abaissement dans la dose de la chlorophyll *a* dans les trois aquariums. Le taux de diminution de la dose varie d'un aquarium à un autre, mais il est grand dans l'aquarium témoin non couvert par le film mono-moléculaire d'Hexadecanol (66 mg/m<sup>3</sup>). Ce taux de diminution de la dose de la chlorophyll *a* est faible dans le cas de l'aquarium où le film mono-moléculaire d'Hexadecanol, et elle est la plus faible dans le cas où le film est d'une concentration de 0,15 g/m<sup>2</sup> (18 mg/m<sup>3</sup>).

Il est estimé qu'environ 1 milliard de tonnes de chlorophyll sont dégradées chaque année dans les mers et sur la terre [14]. La majeure partie de la dégradation de la chlorophyll se passe probablement dans un environnement marin. Les organismes vivant dans les mers, les lacs et les rivières produisent environ 40 cycles annuels, durant lesquels, ils synthétisent et dégradent la chlorophyll [35]. La destruction de la chlorophyll concerne aussi bien les cellules vivantes et/ou mourantes que les tissus morts. Cette destruction peut être associée à des changements importants dans le cycle de vie de l'organisme (sénescence, adaptation à un nouveau milieu, ...), à un continuel renouvellement de la chlorophyll («turn-over» cellulaire) et à la mort prématurée (provoquée par les variations de la

température, les polluants,... ; digestion par un autre organisme ; maladies,...) [14].

Ces informations expliquent la diminution de la dose de chlorophyll *a* dans les trois aquariums, et son faible dosage dans les aquariums où les films mono-moléculaires sont appliqués (un nouveau milieu).

Il faut noter que l'application continue des films mono-moléculaires est à l'origine d'une diminution dans la tension de surface du milieu aquatique, ce qui engendre l'apparition de quelques filaments d'algues [36]. Ceci peut être pris comme hypothèse qui explique les faibles taux dans la diminution de la dose de la chlorophyll *a* dans les aquariums où les substances sont appliquées après quelques semaines.

### 5. Conclusion

La présence du film mono-moléculaire d'Hexadecanol à l'interface air/eau ne contribue pas uniquement à la réduction de l'évaporation, mais aussi au changement des caractéristiques du milieu aquatique.

L'étude effectuée a permis de conclure que dans les conditions de laboratoire, le film mono-moléculaire d'Hexadecanol présent à l'interface air/eau n'a pas d'influence sur les paramètres physico-chimiques, à l'exception de l'oxygène dissous qui était à des taux importants dans les aquariums où le film est présent à l'interface air/eau (2,8 mg/l dans et 3,1 mg/l dans l'aquarium Hexa 0,09g). Pour les paramètres biologiques, la présence du film a réduit la densité moyenne des individus identifiés et le dosage de la chlorophyll *a* (de plus de  $6 \times 10^7$  individus/l au début de l'expérience à presque  $5 \times 10^7$  individus/l pour le cas de l'aquarium Hexa 0,15g et de presque  $5 \times 10^7$  individus/l au début de l'expérience à presque  $4,5 \times 10^7$  individus/l pour le cas de l'aquarium Hexa 0,09g).

Enfin, il est important de savoir que les résultats obtenus restent préliminaires et nécessitent d'autres essais expérimentaux pour longues durées et pour d'autres flores aquatiques pour mieux préciser et confirmer les résultats.

### 6. Remerciements

Les auteurs tiennent à présenter leurs vives salutations à Mr. Saggai Ali enseignant et expert de la spiruline à l'université de Ouargla, le Pr. SAKER Mohamed Lakhdar, les étudiantes Dobga Zohra et Hammia Amna et l'équipe de laboratoire de l'aquaculture de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie en particulier Gasmi Widad.

### 7. Références Bibliographiques

- [1] W.V. Farrar Tecuitlatl; a glimpse of aztec food technology Nature 211, (1966) pp 341-342.
- [2] J.Flaquet, J. P.Hurni, Aspect nutritionnels de la spiruline. Antenna Technologies, Genève. (2006) 41 p.
- [3] J. P. Jourdan, Cultivez votre spiruline ; Manuel de culture artisanale pour la production de spiruline. Le Castanet, 30140 Mialet. p126



- Disponible sur le site <http://www.antenna.ch/publications.htm>. (2006), (consulté 2012).
- [4] M. J.Paniagua, E.Dujardin, C. Sironval, Concentré de spirulines source de protéines comestibles chez les Aztèques. Cahiers de l'Agriculture, 2 (1993)pp 283 – 287.
- [5] A.Doumandji, L.Boutekrabt, N. A.Saidi, S.Doumandji, D. Hamerouch, S.Haouari, Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal. Revue Nature & Technologie, 06(2012)pp 40- 50.
- [6] A. Vonshak, A. Abeliovich, S. Boussiba, S. Arad, Production of Spirulina biomass: effect of environmental factors and population density. Biomass Journal, 2 (3) (1982)pp175-185.
- [7] T.Jarisoa, Adaptation de spiruline du sud de Madagascar à la culture en eau de mer. Mise au point de structures de production à l'échelle villageoise, thèse de doctorat, (2005)p : 16, 146,147, 148. **Il faut écrire le numéro de la dernière page numérotée et non pas toutes ces pages**
- [8] B.Remini, La problématique de l'eau en Algérie du nord. Larhyss Journal, 8(2010) pp27-46.
- [9] B. Remini, L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides : exemples algériens. Larhyss Journal,4(2005)pp81-89.
- [10] D. McJannet, F. Cook, J.Knight, S.Burn, Evaporation reduction by monolayers: overview,modelling and effectiveness. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship. Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 6(2008) 25p.
- [11] H.J. Wolbeer, The calculated efficiency of monolayers in relation to increased water temperature, International union of Geodesy and Geophysics. International association of scientific hydrology, General Assembly of Berkeley, (1963)pp 13-23.
- [12] P. Ozenda, Flore du Sahara. (3ème édition, mise à jour et augmentée). Paris, Editions du C.N.R.S., (1991)p 622.
- [13] Anonyme, Office National de Météorologie , Direction régionale Ouargla (2012).
- [14] A. Elyah, Quel avenir pour la spiruline ? Mémoire bibliographique. Université de Montpellier II(2003).
- [15] C. T.Tandia, Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimique et bactériologique, (2007) pp5-7.
- [16] Anonyme, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs – Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) [www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsvl-lacs/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsvl-lacs/index.htm) (consulté 2012)
- [17] A.Hade, Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, (2002)360 p.
- [18] C. J. Lorenzen., Determination of chlorophyll and pheopigment spectrophotometry equation limol. Oceanogr,12(1967)pp343-346.
- [19] G.Leynaud, Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, (1968)pp 224-881.
- [20] W.H.O, Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP(1987).
- [21] J. Rodier, C. Bazin, J.P. Broutin, P. Chambon, H.Champsaur, L.Rodi, L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8ème édition. Ed. Dunod, Paris, (2005)1383 p.
- [22] D. Chapman, V.Kimstach, Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, (1996)pp. 59-126.
- [23] L. Charpy, M.J. Langlade, R. Alliod, La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? Rapport d'expertise pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, (2008) 49 p.
- [24] T.D. Brock,.; Lower pH limit for the existence of bleu green algae: evolutionary and ecological implications .science, 179(1973)pp 480 - 483.
- [25] R.D. Fox. Spiruline : technique pratique et promesse,.; Ed.Edisud, Aix-en-Provence (1999) 246 p.
- [26] J.Rodier, L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris,(1984).
- [27] C.Boualleg, N.Kouachi, H.Nasri, Eco-biologie des cyanoprocaryotes récoltés dans le barrage de Ain-El-Dalia (Souk Ahras). Diplôme d'ingénieur d'état en aquaculture université d'Annaba, (2001).
- [28] S.D. Gaujou, Pollution des milieux aquatiques (aide mémoire) 2ème édition, Ed. Lavoisier, Cachan Cedex. (1995)220 p.
- [29] J.G. Hawke, A.E.Alexander, The influence of surface active compounds upon the diffusion of gases across the air-water interface, 3rd International Congress of Surface Activity, Cologne, (1960)pp. 184-188.
- [30] M.B.Pescod, Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescodand Arar, (1985)pp 93-114.
- [31] M. Bouziane, L'eau de la pénurie aux maladies, Ed Ibn Khaldoun, Tlemcen (2000) p132.
- [32] Anonyme., Organisation Mondiale de la Santé(1986).
- [33] H. Cruchot, La spiruline, bilan et perspectives, Thèse de doctorat, faculté de médecine et de pharmacie de BESANCON, Université de Franche-Comte, France, (2008) 49p.
- [34] G.A.F.Hendry, J.D. Houghton, S. B. Brown. The degradation of chlorophyll *a* biological enigma.New phytologist Journal, 107(2)( 1987) 255-302.
- [35] Folly P.,. Catabolisme de la chlorophylle b : structures, mécanismes et synthèses. Thèse de doctorat, Université de Fribourg. Imprimerie St-Paul Fribourg (Suisse)(2000) 192p.
- [36] B.G.Wixson, Studies on the ecological impacts of evaporation retardation monolayers. TR-6, Texas Water Resources Institute, Texas A & M University, Texas(1966) 101p.