



## Phytoplankton aspect in a waste stabilization pond system – Figuig – Morocco

O. El Hachemi <sup>\*1</sup>, A. Torrens <sup>2</sup>, J. Comas <sup>2</sup>, F. Elmadani <sup>3</sup>, H. El Halouani <sup>1</sup>, M. E. EL Hachemi<sup>4</sup>.

[1] Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc.

[2] Université de Barcelone, Espagne.

[3] Institut National des Recherches Halieutiques, Nador, Maroc.

[4] Ecole de Technologies Supérieure de Montréal.

\*Auteur correspondant : Tél : 00212 667 08 95 25 ; Ouafae.elhachemi@gmail.com

The biological study of a wastewater treatment plant by natural lagoon systems is an important aspect not to be neglected, especially as the Hammam-Foukani station is the first experience of wastewater treatment in the city of Figuig.

In this study, we focused on qualitative and quantitative monitoring of phytoplankton over a two year period. Microscopic observation of samples showed significant proliferation of Cyanobacteria such as *Scynechocystis*, *Pseudoanabaena* and *Oscillatoria*, as well as *Chlorophyceae* and *Euglenophyceae*. *Chlorella* showed strong growth in hot periods, while diatoms are moderately abundant downstream of the station.

The quantitative aspect indicates a strong phytoplankton bloom in summertime, measured as well by dosing chlorophyll pigments and by counting algal cells.

Rising temperatures and pH values as well as strong sunlight are the main factors for control of algal and cyanobacterial biomass.

Received: 01 November 2016

Accepted: 13 November 2016

Available online: 11 December 2016

### Keywords:

Phytoplankton,  
Wastewater,  
Lagoon systems.

## Introduction

Les ressources en eau, au Maroc, sont limitées en raison du climat semi-aride qui caractérise la majeure partie du territoire. A ceci s'ajoute les sécheresses épisodiques. Cette problématique ne se limite pas à la quantité des ressources en eau, mais porte également sur leur qualité qu'il faut, aujourd'hui plus que jamais, bien gérer [1]. De plus, les eaux usées domestiques sont souvent réutilisées au Maroc sans traitement préalable, engendrant des effets majeurs de santé publique telle que les épidémies de typhoïde et de choléra, constituant, de ce fait, un réel problème sanitaire. La protection de la santé publique et de l'environnement sont aujourd'hui la préoccupation première du pays [2].

De là vient la nécessité de traiter les eaux usées avant leur réutilisation en agriculture, en industrie ou en d'autres activités socio-économiques [3].

Suite à la raréfaction des ressources en eau au Maroc [1] et au problème sanitaire et environnemental que représente la réutilisation des eaux usées domestiques à l'état brut [2], le traitement des eaux usées est devenu une nécessité, aussi bien pour la double protection de la santé humaine et de l'environnement, que pour l'économie de l'eau naturelle.

Une première expérience de traitement des eaux usées à Figuig a été initiée en 1997. La filière de traitement est un système de lagunage. Afin de suivre le bon fonctionnement de la station, outre que par un suivi physico-chimique et microbiologique, il est fort utile de compléter l'étude par un suivi biologique de la composante phytoplanctonique ; sujet de notre présente étude.

## Matériels et méthodes:

### Présentation du site d'étude :

La ville de Figuig se situe dans le haut Atlas Oriental, près de la frontière maroco-algérienne. Située à une altitude de 900 m, l'oasis de Figuig a un climat de type Saharien. Selon la classification de Thornthwaite, elle appartient au climat aride mésothermique sec à influence saharienne. La pluviométrie moyenne interannuelle est de l'ordre de 128 mm et les températures sont froides en hiver (Décembre : moyenne des minima = 3,8 °C, et chaudes en été : juillet et Août : moyenne des maxima : 41,3 °C [4- 5- 6].

Description de la station de traitement des eaux usées :

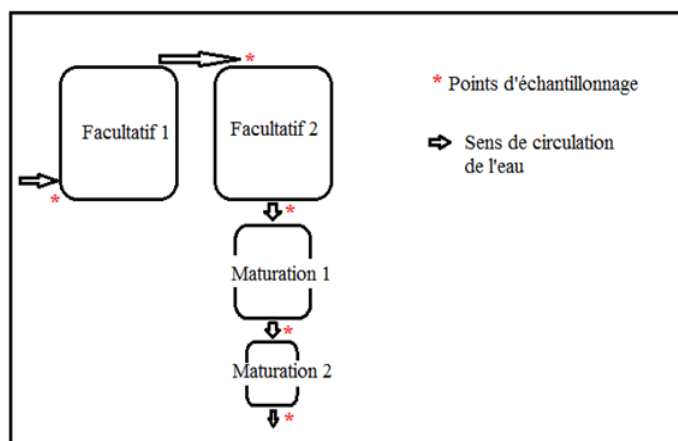
La station d'épuration des eaux usées étudiée est composée de 4 bassins disposés en série, et dont l'ordre, les dimensions et les temps de séjour sont représentés dans le tableau 1.

**Tab.1 :** Caractéristiques de la station d'épuration des eaux usées Hammam-Foukani.

Bassin	Volume (m3)	Superficie (m2)	Profondeur (m)	Temps de séjour (jours)
Facultatif 1	812	650	1,25	16
Facultatif 2	812	650	1,25	16
Maturation 1	244	315	1,00	5
Maturation 2	180	120	1,50	3

### Echantillonnage et analyses:

L'échantillonnage s'est fait saisonnièrement depuis Novembre 2008 à Juillet 2009, puis mensuellement de Novembre 2009 à Octobre 2010. Il se faisait au niveau de l'entrée de la station, et à la sortie de chaque bassin. Les points de prélèvement sont représentés dans la figure 1. L'échantillonnage s'est fait au midi solaire. Une partie de chaque échantillon est fixée au formol (concentration finale de 8%) ayant servi à l'analyse microscopique et au dénombrement des cellules algales (par compteur de particules *Coulter Multisizer II*). L'autre partie, fraîche, a servi au dosage de la chlorophylle totale, Méthode spectrophotométrique [7]. La détermination taxonomique du phytoplancton s'est faite à l'aide de plusieurs ouvrages et clefs de détermination [8- 9- 10- 11- 12] et d'un microscope optique Olympus.



**Fig. 1 :** Schéma de la station de Hammam-Foukani et points de prélèvement.

## Résultats et discussion

### Etude qualitative:

Les groupements phytoplanctoniques répertoriés dans les bassins de lagunage de Hammam-Foukani appartiennent aux groupements habituellement rencontrés dans les milieux eutrophes et hyper-eutrophes, à savoir: les Cyanobactéries, les Chlorophycées, les Euglenophycées et les Diatomées. Le tableau 2 représente les taxons inventoriés, précisant les périodes de leur apparition dans la filière de traitement des eaux usées étudiée. La figure 2 représente l'occurrence de ses mêmes taxons selon leur apparition dans la station.

Le tableau 2, ainsi que la figure 2 montrent que certains genres phytoplanctoniques représentent plus d'intérêt que d'autres, soit par leur présence toute l'année, soit par leur dominance ou co-dominance à une période de l'année.

Le genre *Synechocystis* par exemple, est présent toute l'année, avec des densités importantes. De plus, il est également dominant en Janvier et co-dominant en Février avec le genre *Pseudoanabaena*. Ce dernier est également présent toute l'année avec des densités importantes en été et en automne, représentant une majorité en Novembre. Plusieurs auteurs ont signalé la prolifération de Cyanobactéries dans les filières de lagunage [13- 14- 15], préférentiellement en période chaude [16- 17- 18- 19- 20- 21- 22].

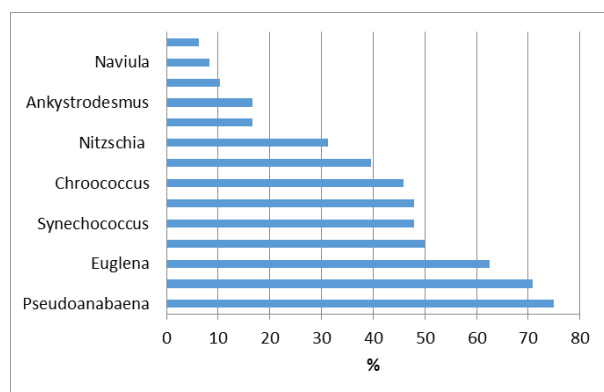
Un autre genre, caractéristique des eaux eutrophes, a colonisé les eaux de lagunage toute l'année ; il s'agit d'*Euglena*. Ceci a également été observé dans d'autres travaux [21- 22].

Le genre *Chlorella* représente, dans notre cas, la particularité de proliférer remarquablement en période chaude (de Mai à Octobre). Cette prolifération est plus accentuée pendant les mois de Juillet, Août et Septembre où le genre *Chlorella* est dominant.

**Tab. 2 :** Taxons phytoplanctoniques répertoriés dans la station de traitement des eaux usées de Hammam-Foukani selon les mois de l'année.

Genres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>Cyanobactéries</b>												
<i>Synechocystis</i>	+++	+++	++	++	+	++	++	+	+	+	++	++
<i>Synechococcus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	++
<i>Pseudoanabaena</i>	++	+++	+	++	+	++	++	++	++	++	+++	++
<i>Oscillatoria</i>	-	+	-	-	+	++	++	++	+	+++	-	-
<i>Chroococcus</i>	+	+	+/-	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+
<b>Chlorophycées</b>												
<i>Chlamydomonas</i>	++	++	++	+	+	+	+/-	+/-	-	-	++	++
<i>Chlorella</i>	+/-	+	+	-	++	++	+++	+++	+++	++	+	+/-
<i>Micractinium</i>	-	-	-	+	-	++	-	-	-	-	++	-
<i>Golenkinia</i>	-	-	-	+	-	+/-	-	-	-	-	-	-
<i>Ankistrodesmus</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>Pandorina</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+/-	-	-	-
<b>Euglenophycées</b>												
<i>Euglena</i>	+	+	++	+	+	+	++	+	++	++	++	++
<b>Diatomées</b>												
<i>Nitzschia</i>	-	-	-	+	-	++	+	+	+	-	+	+
<i>Navicula</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Cocconeis</i>	-	-	-	-	-	+/-	-	-	+	-	+	-

- Absent                      +/- Occasionnel                      + Présent  
++ Abondant                      +++ Dominant ou Co-dominant



**Fig. 2 :** Occurrence des taxons phytoplanctoniques recensés dans la station Hammam-Foukani.

*Chlamydomonas* est également présente toute l'année, à l'exception près des mois d'Août et de Septembre. Sa fréquence est très faible en Juillet. Ceci laisse croire qu'en cette période, ce genre subit une forte pression de compétition exercée par le genre *Chlorella*. Dans les travaux d'OUDDA [21], *Chlamydomonas* est également présente toute l'année, sauf en période d'été où elle est remplacée par *Coelastrum*, par *Micractinium* et par *Chlorella*.

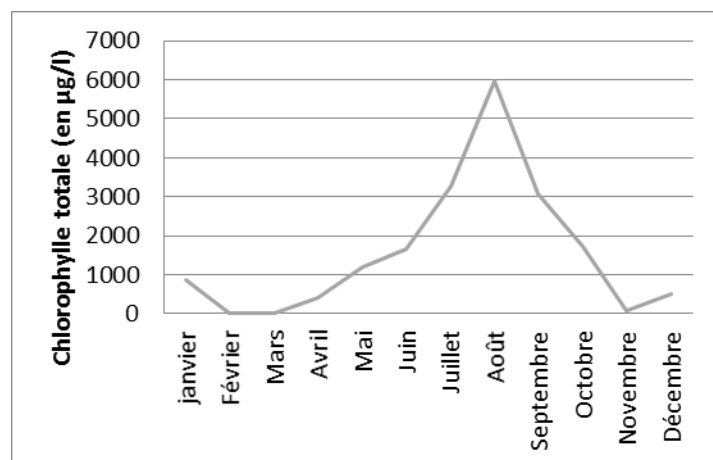
Les Diatomées ont, le plus souvent, été représentées par le genre *Nitzschia*. Elles ont été généralement observées en aval de la station, indiquant une certaine exigence vis-à-vis de la qualité de l'eau.

#### Etude quantitative :

L'étude quantitative du phytoplancton a été faite par dosage de la chlorophylle totale et par dénombrement cellulaire à l'aide d'un compteur de particules *Coulter Multisizer*.

##### a. Teneurs en Chlorophylle totale :

La figure 2 représente la courbe d'évolution des teneurs en chlorophylle totale à la sortie de la station durant l'année. Il est à signaler que l'évolution des teneurs en chlorophylle suit le même rythme en tout point de la station, à l'exception de l'entrée, où les concentrations en pigments chlorophylliens est quasi-nulle.



**Fig. 3 :** Evolution mensuelle de la teneur en chlorophylle totale dans l'effluent de la station Hammam-Foukani (en µg/L) entre Novembre 2009 et octobre 2010.

La figure 3 montre que l'effluent de la station de traitement Hammam-Foukani est moyennement à fortement chargé en chlorophylle. Ces teneurs fluctuent, selon la saison, entre un minimum de 2 µg/L observé en Février et un maximum de 6000 µg/L dosé en période estivale (Août).

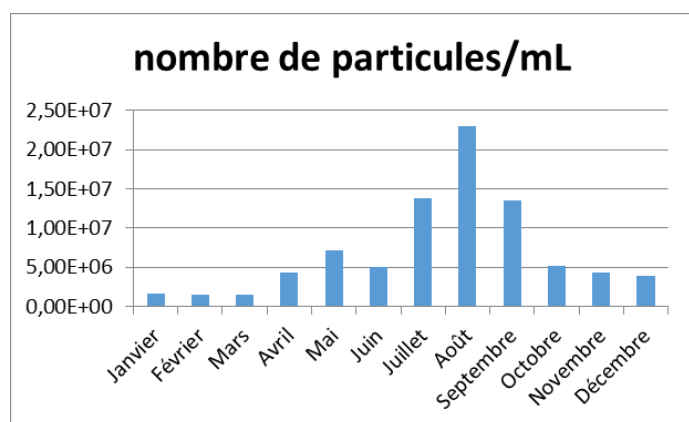
La courbe de la figure 2 montre l'importance de l'influence météorologique et climatique sur la prolifération algale. Effectivement, la biomasse phytoplanctonique, représentée ici par la concentration en chlorophylle totale, est remarquablement abondante pendant la période allant du mois de Mai au mois d'Octobre. Celle-ci est caractérisée par des températures élevées et un rayonnement important (photopériode), ce qui revient à dire que le facteur climat est le facteur le plus influant de la prolifération algale dans notre cas.

Selon Delanoüe et Proulx [23] et Delanoüe et Depauw [24], l'intensité de lumière, la température, le pH ainsi que la disponibilité des sels nutritifs sont les principaux facteurs

influençant la croissance et la production de biomasse algale. Considérant que les sels nutritifs sont abondants dans des bassins de stabilisation des eaux résiduaires, plusieurs auteurs ont indiqué l'importante corrélation entre le facteur (températures/rayonnement) et la prolifération phytoplanctonique dans des bassins de lagunage pour les eaux usées [14- 21- 22- 25].

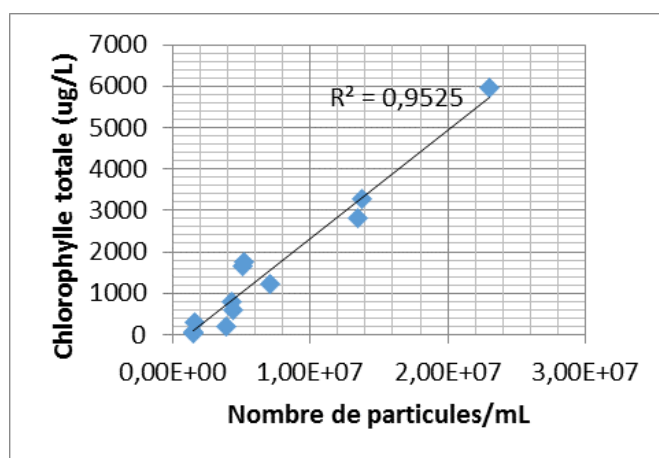
#### b. Densité cellulaire :

La figure 4 représente le nombre de cellules algales par litre de l'effluent de la station Hammam-Foukani. En effet, à la sortie de la station, la matière particulaire est essentiellement composée de cellules algales, avec parfois, une faible fraction d'organismes zooplanctoniques ou de champignons. Le nombre de particules est considéré comme nombre de cellules algales. Les résultats obtenus ont été confirmés par observation microscopique des échantillons.



**Fig. 4 :** Evolution mensuelle de la densité algale dans l'effluent de la station Hammam-Foukani (en nombre de particules/mL).

La figure 4 montre la même évolution que celle observée dans la figure 3 qui représente la teneur en chlorophylle totale à la sortie de la station de traitement des eaux usées. Ceci se traduit par une bonne corrélation de ces deux paramètres ( $R^2 = 95,25\%$ ) observée au niveau de la figure 5. La densité phytoplanctonique est importante en période estivale, avec un maximum de  $2,3 \cdot 10^7$  Cell/mL en Août. Elle est minimale en hiver avec des densités avoisinant  $1,5 \cdot 10^6$  Cell/mL. Les plus faibles densités ont été observées en Février et en Mars.



**Fig. 5 :** courbe de corrélation du nombre de particules et la concentration en chlorophylle totale.

## Conclusions

La biomasse algale est contrôlée dans une station de lagunage par plusieurs facteurs, telles que les variables externes: intensité lumineuse, photopériode, température, pH et nutriments [26- 27].

Certaines espèces phytoplanctoniques sont caractérisées par leur présence quasi-permanente dans les bassins de lagunage. Ils appartiennent généralement à des groupes connus par leur adaptation aux conditions de vie difficiles et aux points d'eau eutrophes, à savoir les volvocales (*Chlamydomonas*), les Euglénophycées (*Euglena*) et les Cyanobactéries (*Pseudoanabaena*, *Synechocystis*). Leur distribution et leur abondance sont déterminées par leur capacité physiologique à s'adapter à l'environnement physique et chimique [28].

L'étude qualitative du phytoplancton peut se faire par plusieurs méthodes telles que les méthodes classiques comme le dosage des pigments chlorophylliens ou encore le dénombrement cellulaire par compteur de particules *Coulter Multisizer*. Ces deux méthodes ont présenté une bonne corrélation.

L'importante charge en phytoplancton de l'effluent final de la filière étudiée indique le risque de l'incapacité de celle-ci à assurer un abattement suffisant en MES, surtout en période estivale, ne pouvant donc pas respecter les normes de rejet. Dans le but d'améliorer la qualité de l'effluent final vis-à-vis des MES, des essais de filtrations sur sable ainsi que des essais de floculation ont été effectués et sont en cours de traitement.

## Remerciements

Les auteurs présentent leurs vifs remerciements au Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST), à l'Agencia Español de Cooperación Internacional para el

Dessarrollo (AECID), à L'ONG Mòn3 – Espagne et à la municipalité de Figui pour avoir financé et facilité la réalisation de ce travail.

## References et notes:

1. J El Addouli, A Chahlaoui, A Berrahou, A Chafi, A Ennabili. et L Karrouch., *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*, **2009**, 3, 1.
2. J Darley. Traitement et réutilisation des eaux usées urbaines. Synthèse des travaux de recherches scientifiques de la Faculté des Sciences Semlalia à Marrakech et applications pratiques, **2002**.
3. M Salgot et E Huertas. *Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater, Guideline for quality standards for water reuse in Europe*, AQUAREC, EVK1-CT-2002-00130, Work package 2, Deliverable D15, **2006**.
4. P Breil et M Combe. « *Le Haut Atlas oriental* » in *Ressources en eau du Maroc*, Royaume du Maroc, Direction des mines et de la géologie. Rabat, éd. du service géologique, **1977**.
5. CID (Conseil Ingénierie et Développement). Avant-projet Sommaire, étude d'impact sur l'environnement relative à l'assainissement liquide du centre de Figui, **2006**.
6. Ville-figui.info, site officiel de la ville de Figui, <http://www.ville-figui.info/index.html> Consulté en Novembre **2011**.
7. J Rodier, C Bazin, JP Broutin, P Chambon et L Rodi. *Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*, 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, **1996**.
8. B Fott. *Studies in Phycology*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, **1969**.
9. P Bourelly. *Les algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Edition N. Boubée & Cie, **1970**.
10. P Bourelly. *Les algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes*. Edition N. Boubée & Cie, **1972**.
11. GH Pestalozzi, TJ Komarek et B Fott. *Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, **1983**.
12. DM John, BA Whitton et AJ Brook. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles, An identification Guide to freshwater and terrestrial algae*, Cambridge University Press, **2001**.
13. K Oufdou, N Mezrouni, B Oudra, M Barakat et M Loudiki., *Archiv fur Hydrobiologie*, **1998**, 90, 125.
14. U Sommer, *Aquatic botany*, **1999**, 63, 1.
15. VM Vasconcelos et E Preira, *Water Research*, **2001**, 35, 5.
16. P Rieu. *Le lagunage naturel : étude critique des données actuelles sur les procédés d'investigation de la station d'épuration de Réalmont (Tarn-France)*, Rapport Ecole National des Ingénieurs des travaux ruraux et des techniques sanitaires, **1978**.
17. EP Lincoln et DT Hill. *An integrated microalgae system, In Algae Biomass production and use*, Shelef G. & Soeder C.J. (Eds), Elsevier/ North-Holland Biomedical Press, **1980**.
18. DA Caron, FR Pick et DSR Lean, *Journal of Phycology*. **1985**, 21.
19. A Chifaa. *Etude de la dynamique des peuplements phytoplanctoniques et interaction avec la qualité de l'eau en bassins expérimentaux de lagunage sous climat aride- Marrakech*. Thèse de troisième cycle, Université Cadi Ayyad, Marrakech, **1987**, 140.
20. B Oudra. *Recherche d'une optimisation des méthodes d'étude de la biomasse algale dans les bassins expérimentaux de lagunage à Marrakech*. Mémoire de CEA, Université Cadi Ayyad, Marrakech, **1987**.
21. B Oudra. *Anaerobic and facultative aerobic stabilization ponds for wastewater treatment in Marrakech: Phytoplankton dynamic (Microplankton et Picoplankton) and primary biomass evaluation*. Thesis of 3rd cycle, Faculty of Sciences, University Cadi Ayyad, Marrakech. **1990**, 134.
22. L Bouarab. *Dynamique et rôle des algues phytoplanctoniques dans le traitement des eaux usées (station pilote de lagunage naturel de Ouarzazate-Maroc)*, Thèse Doctorat d'état es-sciences, Faculté des sciences Semlalia-Marrakech. **2000**, 207.
23. J Delanoüe et D Proulx., *Entropie*. **1986**, 130/131.
24. J Delanoüe et N Depauw, *Biotechnology Advances*. **1988**, 6.
25. CS Reynolds. *The ecology of freshwater phytoplankton*, Cambridge University Press, **1984**.
26. L Bouarab, M Loudiki, A Dauta., *Revue des Sciences de l'Eau*, **2002**, 15, 1.
27. S Dekayir. *Gestion, récupération et valorisation de la biomasse produite dans une filière d'épuration des eaux usées par Chenal Algal à Haut Rendement*. Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, **2007**, 184.
28. O. Hee-Mock et GY Rhee, *Journal of Applied Phycology*, **1991**, 3.