

ELIMINATION DU ZINC ET DU CADMIUM PAR DES ALGUES VERTES

F. AMMOUR*, A.BEGGACHE*, S. HOULI*, Y. TOUIL**

* Laboratoire de Mobilisation et Valorisation des Ressources en Eau (M.V.R.E.)
Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH) BLIDA

E-mail : fasonidz @ yahoo.fr Tel. (213)0550070068 Fax (213)025399445/46

** Faculté des sciences de l'ingénieur, Université d'Ouargla

Résumé :

En Algérie, le traitement des eaux usées se fait essentiellement par boues activées. A la sortie de la station, une grande partie des métaux lourds se trouve piégée dans les boues, mais une quantité non négligeable est évacuée avec les eaux épurées. En dépit de leur faible concentration, ces éléments bioaccumulables, présentent un risque de toxicité à moyen et long terme. Il faudrait donc envisager leur élimination, si on veut procéder à une réutilisation rationnelle des eaux usées épurées et réduire les risques sanitaires et écologiques. Dans ce contexte, nous avons réalisé une étude qui porte sur la biosorption des métaux lourds par des microalgues (*scenedesmus quadrilla*, *chlorelles vulgaris* et des diatomées) cultivées au laboratoire sous conditions contrôlées. Nous avons choisi pour cette études deux métaux lourds : le zinc qui à faibles doses est un oligo-élément indispensable et le cadmium qui est un élément non essentiel et fortement toxique. Il ressort de ce travail que la sensibilité des cellules algales aux métaux lourds diffère selon les espèces ; les résultats obtenus montrent que les *scenedesmus* et les *chlorelles* résistent mieux que les diatomées au zinc et au cadmium. La toxicité très forte du cadmium a été mise en évidence par le taux de mortalité plus important, des cellules algales.

Mots clés : Algues, Biosorption, Métaux lourds, Traitement

1. INTRODUCTION

En Algérie l'irrigation consomme plus de 60% du volume mobilisé, ce qui a accentué les pressions sur les ressources naturelles. La réutilisation des eaux usées épurées en irrigation, apparaît donc comme une composante capitale dans la gestion intégrée des ressources en eau. Néanmoins, si la réutilisation permet d'accroître la ressource disponible, la qualité des eaux usées épurées reste tributaire du traitement adapté. Compte tenu de la difficulté que connaît notre pays en matière d'assainissement et de gestion des stations d'épuration, les eaux usées épurées transportent des éléments toxiques tels que les métaux lourds, qui en dépit de leur faible concentration présentent un risque de toxicité à moyen et long terme. Il faudrait donc envisager leur élimination, si on veut réduire les risques de contamination des sols et des nappes et protéger la santé publique et l'environnement. Les techniques conventionnelles de traitement des effluents contenant des polluants métalliques sont très coûteuses et parfois peu performantes ; ce qui explique l'intérêt croissant porté au traitement biologique qui exploite la capacité qu'ont certains microorganismes à accumuler des cations métalliques. Ainsi certaines microalgues, présentes dans les bassins de lagunage, possèdent un grand pouvoir bioaccumulateur vis-à-vis des métaux et pourraient donc servir dans l'optimisation du traitement biologique classique.

Notre travail consiste donc à étudier l'élimination du zinc qui à faibles doses est un oligoélément indispensable et du cadmium qui est un élément non essentiel et fortement toxique, par des microalgues cultivées au laboratoire sous conditions contrôlées.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Dispositif expérimental (figure 1)

La culture des microalgues se fait dans des aquariums de longueur 40 cm, de largeur de 30 cm et d'une hauteur de 25 cm. Chaque aquarium est équipé d'un tube néon de 10 W, d'une résistance de température réglable (de 18 à 31°C) et d'une pompe à air reliée à un diffuseur de forme rectangulaire.

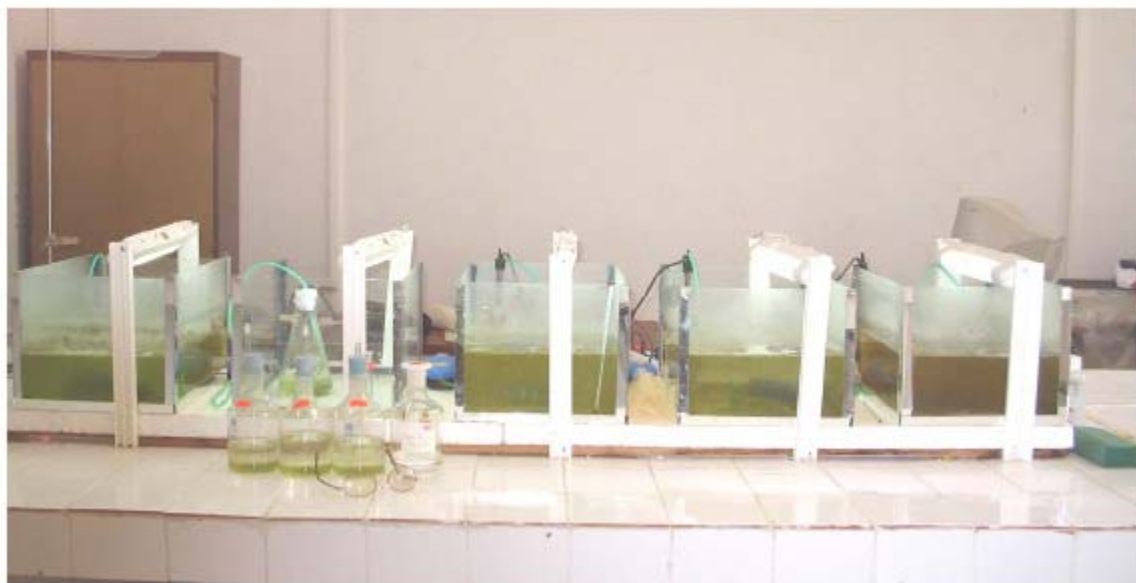


Fig.1. Dispositif expérimental

2.2 Développement de la culture algale

Un échantillon de culture algale à dominance *scenedesmus* nous a été préparé par le Centre National de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (**CNDPA**). Cette culture a été développée dans une fiole de 500 ml avant de servir d'inoculum pour l'aquarium préalablement rempli à 2/3 par de l'eau douce. On ajoute le milieu de culture, à raison de 10 ml par litre d'eau douce, plus quelques gouttes de vitamines.

Pour assurer des conditions de culture favorables, un contrôle régulier de l'intensité lumineuse, de la température et du pH, a été effectué. Le comptage des cellules, dans le bassin nous a permis de contrôler la croissance algale.

On distingue plusieurs phases de croissance de la biomasse algale totale (Figure 2) :

- **Phase de latence : (de 0 à 4 jours)**

C'est la phase d'adaptation aux nouvelles conditions de culture ; les algues dont on modifie le milieu de culture doivent adapter leur appareil enzymatique aux nouvelles sources de nutriments.

- **Phase de croissance exponentielle : (de 4 à 7 jours).**

Les cellules se divisent activement et utilisent tous les nutriments mis à leur disposition. Pendant cette phase, le temps de génération est minimal et constant.

- **Phase de croissance ralentie (de 7 à 14 jours).** Le taux de croissance est ralenti ; on assiste à un équilibre entre les divisions cellulaires et la disparition de certaines cellules mortes par autolyse

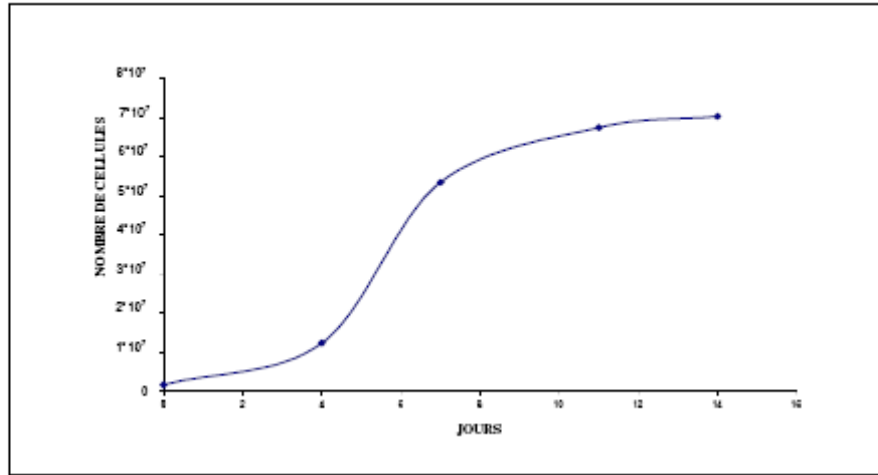


Fig. 2. Courbe de croissance de la biomasse algale

En phase exponentielle de croissance, la biomasse algale est composée de (Figure 3) : 50 % Scenedesmus, 24 % Chlorelles et 26 % Diatomées : Cette culture algale a servi pour les essais de biosorption de zinc et de cadmium.

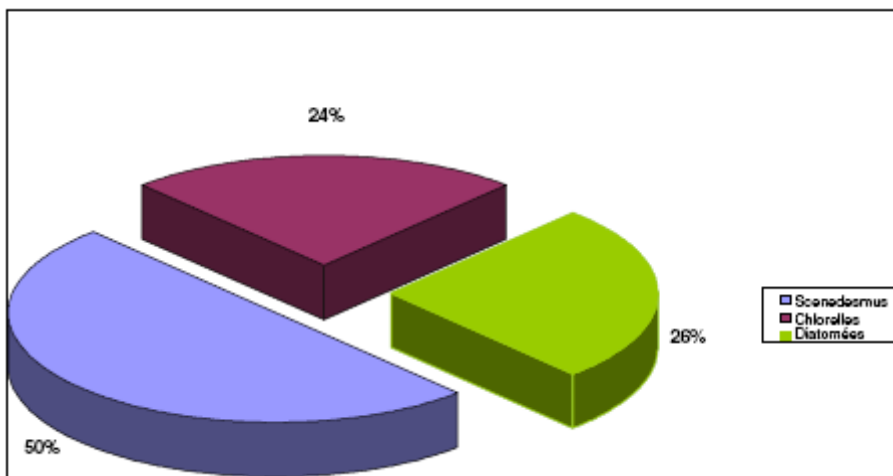


Fig. 3. Composition de la biomasse algale

2.3 Essais de biosorption

Les essais de biosorption ont été effectués dans des flacons en verre stérilisés de 500 ml. Dans chaque flacon, nous avons introduit la même quantité de biomasse algale et nous avons fait varier la concentration de l'élément trace de un à six ppm Pour le zinc et de un à cinq ppm, pour le cadmium. Pour doser la concentration résiduelle de l'élément trace étudié et l'évolution des microalgues en présence de ce dernier, des prélèvements ont été effectués sur chaque flacon et à des intervalles de temps de :

- 30 min, 1 h, 2 h, 4 h et 24 h pour le zinc.
- 15 min, 1 h, 2 h, 4 h et 24 h pour le cadmium.

2.4 Techniques d'analyse

Les concentrations en éléments traces résiduelles sont mesurées par un appareil d'absorption atomique de type PERKIN ELMER, A. Analyst 300, à des longueurs d'ondes de 228.8 nm pour le cadmium et 213.8 nm pour le zinc. Plusieurs précautions ont été prises pour la conservation des échantillons devant servir à l'analyse du zinc et du cadmium. Ainsi, pour éviter la formation d'hydroxydes métalliques, le pH des solutions à doser a été maintenu légèrement acide.

Le choix des récipients est très important. Pour limiter les phénomènes d'adsorption sur les parois, les récipients ont été préalablement rincés avec une solution d'acide nitrique. La détermination de la densité algale a été effectuée par microscope inversé grossissement 100, de type AXIVERT 25. Les échantillons destinés au comptage des cellules algales ont été stabilisés en ajoutant quelques gouttes de lugol.

3 - RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Biosorption du zinc par la biomasse algale (figure 4)

L'évolution du taux de fixation du zinc en fonction du temps montre que quelque soit la concentration initiale du zinc, la capacité de fixation maximale est obtenue au bout de 2 heures de contact biomasse algale / Zn^{2+} . La biosorption diminue légèrement entre 2 et 4 heures et se stabilise pour des temps de contact plus long. Cette diminution pourrait s'expliquer par le relargage de certains ions Zn^{2+} libérés par des cellules algales mortes.

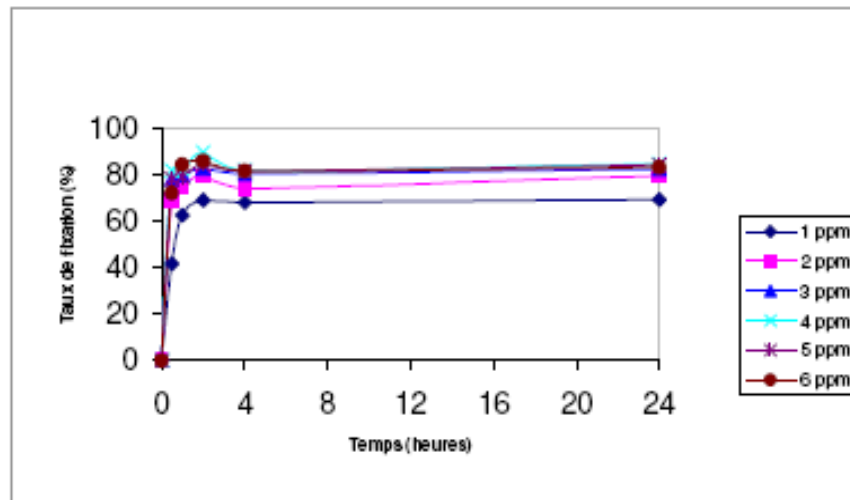


Fig. 5 . Evolution du taux de fixation du cadmium en fonction du temps pour les différentes concentrations initiales

3.3 Effet de la concentration initiale de l'ion métallique sur la biosorption (figure 6)

Pour déterminer le seuil de concentration du zinc et du cadmium par la biomasse algale étudiée, on a représenté sur la figure 6 l'évolution du taux de fixation de chaque métal en fonction de la concentration initiale de ce dernier, après 24 heures de contact. On constate que le taux de fixation augmente avec la concentration initiale du métal, passe par un maximum et diminue pour des concentrations supérieures.

On remarque que quelque soit la concentration initiale du métal, les microalgues fixent mieux le zinc que le cadmium. En effet, à des concentrations faibles, le zinc joue un rôle important dans les réactions intracellulaires ; en revanche le cadmium est un élément non essentiel pour la vie biologique, pour réduire sa toxicité la cellule algale doit réguler sa concentration intracellulaire (CAMPBELL et COUILLARD).

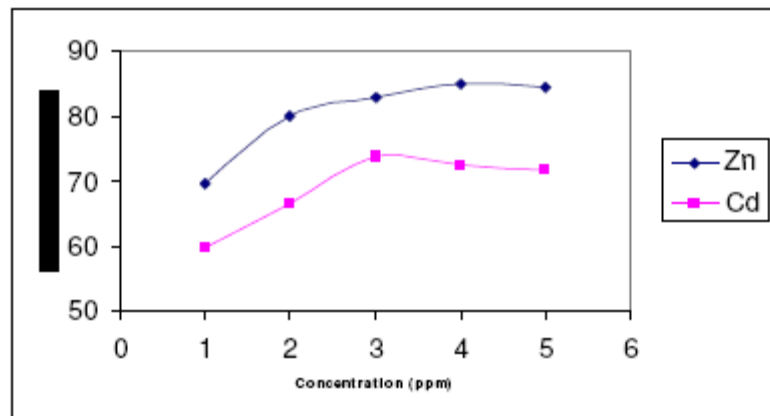


Fig. 6. Taux de fixation du Zn et du Cd au bout de 24 heures de traitement

3.4 Impact du Zn et du Cd sur la biomasse algale totale

L'évolution du taux d'abattement de la biomasse algale en fonction du temps, illustrée par les figures 7 et 8 met en évidence l'effet inhibiteur des deux cations métalliques étudiés ; on constate qu'au bout d'une heure de contact la réduction de la biomasse algale est très importante et s'atténue pour des temps plus long .Ce ralentissement pourrait traduire un équilibre entre la croissance et la mortalité des cellules algales.

Quelque soit la concentration initiale de l'ion métallique, la toxicité du cadmium est nettement plus importante, ainsi le taux de réduction de la densité algale est de 49 %, pour 1ppm de cadmium et dès les 15 premières minutes, en revanche le taux de réduction engendré par 1ppm de zinc après 30mn de contact est de l'ordre de 28 %.

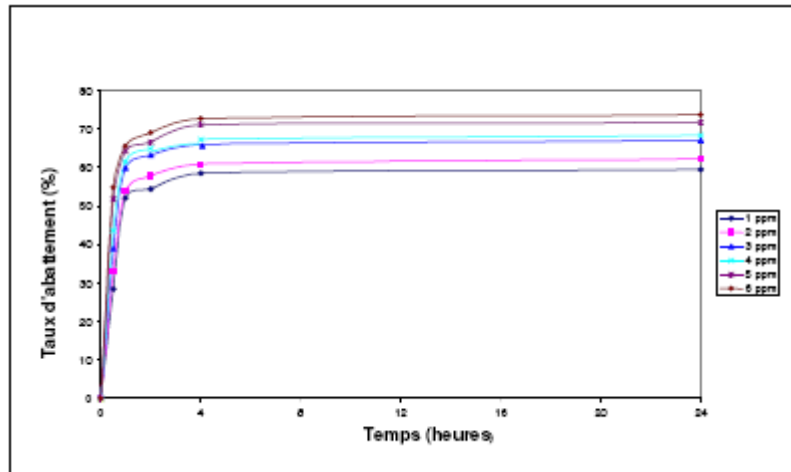


Fig. 7. Evolution du taux d'abattement de la biomasse algale en fonction du temps pour les différentes concentrations initiales en zinc

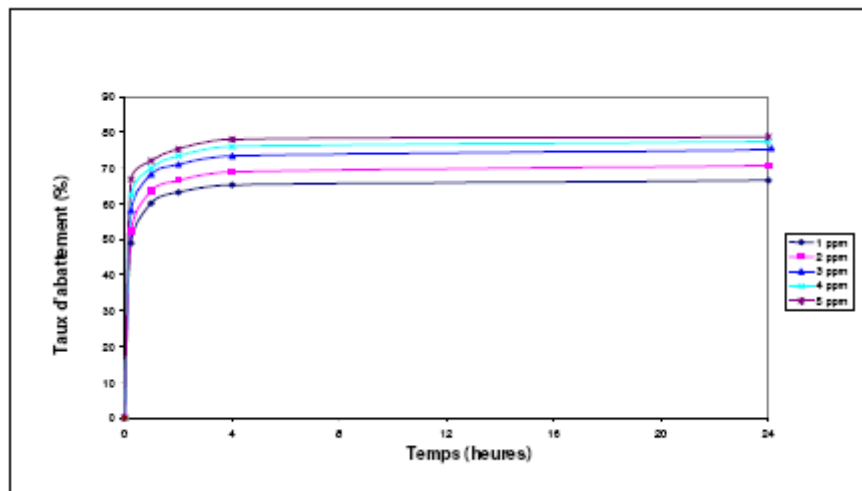


Fig. 8. Evolution du taux d'abattement de la biomasse algale en fonction du temps et pour différentes concentrations initiales en cadmium

3.5 Comparaison de la toxicité du zinc et du cadmium

Pour mieux comparer la toxicité du zinc et du cadmium sur la biomasse algale, on a représenté sur la figure 9 le taux d'abattement de la biomasse algale au bout de 24 heures de contact en fonction de la concentration initiale du métal.

On constate que le taux d'abattement de la densité algale augmente avec la concentration initiale du métal. Cet effet inhibiteur est plus important dans le cas du cadmium ; ce qui confirme sa toxicité par rapport au zinc.

Ce taux d'abattement évolue dans le même sens que le taux de fixation du cation métallique (figure 6). En effet, plus les cellules algales fixent l'élément métallique plus la toxicité de ce dernier est importante et par conséquent le taux de mortalité est plus élevé.

La toxicité du métal découle de son interaction avec une molécule physiologiquement importante, en bloquant des groupements fonctionnels importants ou en déplaçant de leur site, des cations essentiels, provoquant ainsi des effets néfastes (MASON et JENKENS 1975).

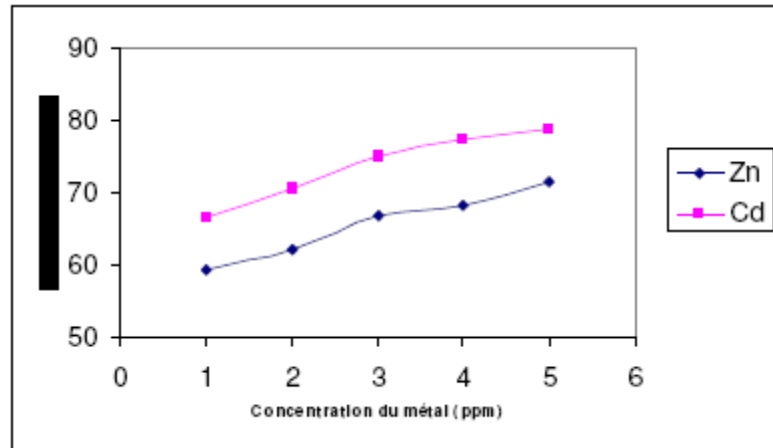


Fig. 9. Evolution du taux d'abattement des cellules algales en fonction de la concentration du métal

3.6 Impact du Zn et du Cd sur les différentes espèces algales

Pour examiner l'effet inhibiteur du zinc et du cadmium sur les différentes espèces algales, on a représenté sur les figures 10 et 11, l'évolution du nombre de cellules de chaque espèce en fonction de la concentration initiale de l'ion métallique, après un temps de contact de 24 heures.

Pour une concentration en ion métallique de 1ppm, le nombre de cellules des trois espèces algales étudiées est sensiblement réduit. Cette inhibition est ralentie pour des concentrations plus élevées. Les diatomées semblent plus affectées par ces cations ; en revanche, les scenedesmus sont les plus résistantes. La toxicité du cadmium est confirmée pour les trois espèces algales étudiées.

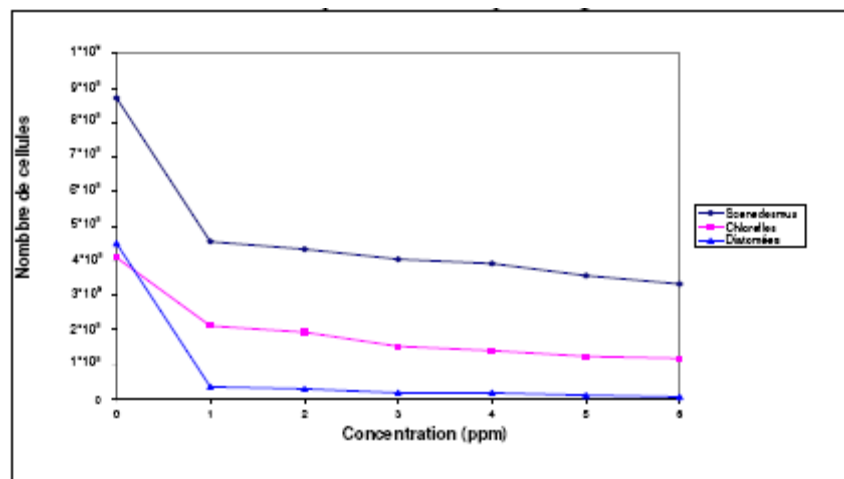


Fig. 10. Evolution des différentes espèces algales en fonction de la concentration initiale en zinc

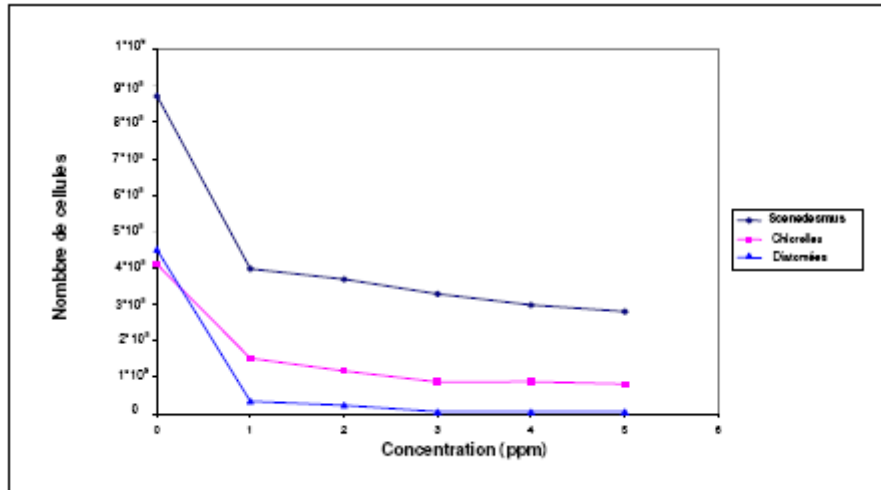


Fig. 11. Evolution des cellules algales en fonction de la concentration initiale en cadmium

4. CONCLUSION GENERALE

Notre étude nous a permis de mettre en évidence le pouvoir bio-accumulateur des algues microscopiques étudiées, vis-à-vis du zinc et du cadmium. Il ressort de ce travail que :

- La biosorption du zinc et du cadmium par les microalgues est très importante durant la première heure de traitement.
- Les microalgues fixent mieux le zinc, ce qui semble cohérent puisque ce cation métallique est un oligo-élément qui à faibles dose est indispensable pour la croissance des algues. Ce qui n'est pas le cas pour le cadmium.
- La toxicité très forte du cadmium a été mise en évidence par le taux de mortalité plus important, des cellules algales.

La sensibilité des cellules algales aux métaux lourds diffère selon les espèces ; les résultats obtenus montrent que les scenedesmus et les chlorelles résistent mieux que les diatomées au zinc et au cadmium.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

- Projet AVI-CT94-0002, (Mars 1998). *Elimination des métaux lourds*, (pp.31-56), Rapport final, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique).
- D. CHAMPIAT, J.P. LARPENT, (1988). *Biologie des eaux, Méthodes & techniques*, Edition MASSON, Paris.
- Peter G.C. Campbell et Yves Couillard, *prise en charge et détoxification des métaux chez les organismes aquatiques*. Edition les Presses de l'Université du Biochemistry and Toxicology, vol. 1, (pp.125-149).
- Jean RODIER, (1996). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Huitième édition, Edition DUNOD, Paris.
- Charles BALTZER, (1993). *Les métaux lourds dans les boues d'épuration urbaines du BAS-RHIN*, D.E.S. "Sciences de l'environnement" .Université Louis PASTEUR, Strasbourg.
- Office International de l'Eau, (1978). Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales, Rapport n° 4, Paris.
- W. Fischer, M. Schneider, M.L. Bauchot, (1987). Fiche FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et mer rouge, Volume 1 : Végétaux et invertébrés, Rome.
- F. AMMOUR, L. BENMOUHOU, S. HOULI; *Elimination of heavy metals by adsorption on local biomaterial*; 1er Colloque Maghrébin sur le Traitement et le Dessalement des Eaux (CMTDE). Hammamet (TUNISIE); 7 au 10 Décembre 2007.
- S. HOULI, A. ARAB, F. AMMOUR; *Impact des polluants métalliques (Cu, Zn et Cd) sur les biomasses algale et bactérienne dans les eaux usées* ; 1er Colloque Maghrébin sur le Traitement et le Dessalement des Eaux (CMTDE). Hammamet (TUNISIE); 7 au 10 Décembre 2007.
- DERIAS Houda, *Contribution à l'étude d'élimination des métaux lourds par différentes espèces algales* ; mémoire de magister (2009).