

Article

« Élimination des oeufs de nématodes et des kystes de protozoaires des eaux usées domestiques par lagunage à microphytes en zone soudano-sahélienne »

A. Klutse et B. Baleux

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 8, n° 4, 1995, p. 563-577.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705238ar>

DOI: 10.7202/705238ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Élimination des œufs de nématodes et des kystes de protozoaires des eaux usées domestiques par lagunage à microphytes en zone soudano-sahélienne

Nematode egg and protozoan cyst removal in microphytic waste stabilization ponds in Sudan-Sahel area

A. KLUTSE¹ et B. BALEUX²

Reçu le 16 juin 1995, accepté le 8 septembre 1995*.

SUMMARY

Experimental waste stabilization ponds to purify domestic wastewater from the École Inter-États d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (E.I.E.R.) were built in Ouagadougou, Burkina Faso. The waste stabilization ponds system consists of a raising tank, a decanter, and two ponds in series. The first pond is 1.22 m deep with a surface area of 62 m²; the second pond is 1.07 m deep and covers an area of 340 m². The inflow averaged 22 m³/d, giving a normal retention time of 3.4 days in pond n° 1 and 13 days in pond n° 2. The average daily BOD₅ load was 1,500 kg/ha/day for pond n° 1 and 200 kg/ha/day for pond n° 2.

Different parasites were identified in the raw wastewater, such as cysts of *Entamoeba coli* and *Entamoeba histolytica*, eggs of *Ascaris lumbricoides* and *Ankylostoma duodenale* and larval stages of *Anguillula*. The quantitative estimation of cysts, eggs and larvae was obtained using a Mac Master cell after concentration by a formol-ether technique (RITCHIE, 1948). Of 24 samples of raw wastewater analyzed, all contained cysts of *E. coli* and *E. histolytica* and *Anguillula* larvae. Similarly, 100% of final effluent samples (fig. 2-B) contained cysts of *E. coli* and *E. histolytica*, but the concentrations were respectively 16 and 22 times lower than in raw wastewater. Six of the 24 samples (25%) contained *Anguillula* larvae (fig. 9), 17% contained *Ankylostoma duodenale* eggs and no samples (0%) contained *Ascaris lumbricoides* eggs (< 1 egg/L).

This study were not carried out on Ouagadougou urban wastewater, due to the lack of a wastewater collection network, but the raw wastewater of the central market of Ouagadougou was analyzed for comparison because it represented a larger population than that in the EIER. In the raw wastewater of the central market, the concentration of parasites was high: *Ascaris lumbricoides* (110 eggs/L), *Taenia*

1. École Inter-États d'Ingénieurs de l'Équipement Rural, 03 B.P., 7023 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
2. Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale, URA-CNRS 1355, Université de Montpellier II, case 093, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier France.

* Les commentaires seront reçus jusqu'au 15 juillet 1996.

saginata (53 eggs/L), *Ankylostoma duodenale* (39 eggs/L), *Trichuris trichiura* (19 eggs/L), *Entamoeba coli* (552 cysts/L), *Entamoeba histolytica* (479 cysts/L), *Anguillula* (62 larvae/L). The concentration of parasites identified in raw wastewater from EIER (*Entamoeba coli* (395 cysts/L), *Entamoeba histolytica* (269 cysts/L), *Ascaris lumbricoides* (4 eggs/L), *Ankylostoma duodenale* (9 eggs/L), *Anguillula* (26 larvae/L)) seemed consistent with the contamination level of the users of E.I.E.R. stabilization ponds system.

With a total retention time of 16.4 days in the stabilization ponds, removals of *E. coli* and *E. histolytica* cysts were respectively 94% and 96%. *Ascaris lumbricoides* and *Ankylostoma duodenale* eggs were 100 and 90% removed, respectively, and removal of *Anguillula* larvae was 92%. GRIMASON *et al.* (1995), suggest that cumulative retention time of up to 55.3 days at Eldoret, Kenya and 40 days at Meze, France were sufficient to remove between 99.1% and 99.7% of cysts of *Giardia lamblia*, respectively. Global efficiency of the system for all parasites was 94%. In the decanter, where retention time was 2-3 hours, the removal efficiency was 33%. With 3.4 days retention time, the first pond (anaerobic due to the high organic load applied) increases removal to 62%. The second pond (optional) afforded a 78% removal efficiency with a 13 days retention time.

If the number of parasites fluctuated with time, the number observed in the effluent was significantly lower than those observed in the influent.

The effluent of E.I.E.R. waste stabilization ponds system was free of *Ascaris lumbricoides* eggs throughout the study period and free of *Ankylostoma duodenale* eggs during 10 months; the effluent thus satisfied the WHO recommendations for reuse in agriculture. Waste stabilization pond systems would seem to have a significant place in Sudan-Sahara area for removal of parasite ova and cysts, being economical and advantageous. They would also contribute to reduce sanitary risks associated with reuse of untreated wastewater in agriculture.

Key-words : wastewater treatment, stabilization ponds, parasites, *Ascaris lumbricoides*, *Ankylostoma duodenale*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Anguillula*, removal, Sudan-Sahel area.

RÉSUMÉ

La station expérimentale pilote d'épuration des eaux usées par lagunage de l'École Inter-États d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (E.I.E.R.), Ouagadougou Burkina Faso, reçoit les eaux usées des bâtiments administratifs et de l'internat des étudiants. Dans les eaux usées brutes, des oeufs d'helminthes (*Ascaris lumbricoides*, *Ankylostoma duodenale*), des kystes de protozoaires (*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*) et des larves d'Anguillule ont été mis en évidence.

Avec un temps de séjour de 16,4 jours dans les bassins de lagunage (2 à 3 heures dans le décanteur, 3,4 jours dans le premier bassin, 13 jours dans le deuxième bassin), les kystes d'*Entamoeba coli* et d'*Entamoeba histolytica* sont éliminés respectivement à 94 et 96 %, les oeufs d'*Ascaris lumbricoides* à 100 %, les oeufs d'*Ankylostoma duodenale* à 90 % et les larves d'Anguillule à 92 %. Quand on considère tous les parasites confondus, le décanteur a un rendement éliminatoire de 33 %, le premier bassin 62 % (malgré la forte charge appliquée), le deuxième bassin 78 %. Le rendement global obtenu pour l'ensemble des parasites est de 94 %.

Si les évolutions des concentrations des parasites fluctuent dans le temps, il y a une différence très significative entre les concentrations obtenues en sortie du lagunage et celles des eaux usées brutes.

On a constaté l'absence des oeufs d'*Ascaris lumbricoides* pendant toute la période de l'étude ; il en a été de même pour les oeufs d'*Ankylostoma duodenale* durant

une période de 10 mois. Par conséquent, les eaux usées épurées rejetées répondent aux recommandations de l'O.M.S. quant à leur réutilisation agricole.

La mise en place des systèmes rustiques d'épuration des eaux usées dans les pays en voie de développement, surtout dans les zones où les ressources en eau sont limitées, pourrait contribuer sensiblement à la diminution des risques sanitaires liés aux pratiques courantes de réutilisation agricole des eaux usées en agriculture.

Mots clés : traitement eaux usées, lagunage à microphytes, parasites, *Ascaris lumbricoides*, *Ankylostoma duodenale*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Anguillule*, rendement épuratoire, zone soudano-sahélienne.

1 - INTRODUCTION

En zone soudano-sahélienne la pratique de réutilisation agricole des eaux usées devient courante, ceci à cause des ressources en eau limitées. L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S., 1989) recommande que les eaux usées utilisées pour l'agriculture contiennent moins d'un oeuf d'helminthe par litre et suggère en cas d'épuration par lagunage, des temps de séjour d'au moins 8 à 10 jours, pour que les eaux usées soient débarrassées des parasites. Dans le cas où les systèmes d'épuration existent, les rendements épuratoires sont loin d'être satisfaisants. Soucieux des risques sanitaires encourus par les populations, des systèmes rustiques d'épuration des eaux usées sont testés dans différents pays en vue d'épurer les eaux usées et contribuer efficacement à la diminution des risques sanitaires.

Tous les systèmes d'épuration des eaux usées (boues activées, lits bactériens, lagunage, ...) peuvent contribuer à la réduction des parasites intestinaux qui peuvent s'y trouver mais les eaux usées épurées peuvent encore contenir des microorganismes pathogènes et des parasites à des concentrations variables. Cependant la technique du lagunage par suite du temps de séjour relativement long des eaux usées dans leur bassin demeure l'un des systèmes d'épuration le plus efficace pour répondre aux recommandations de l'O.M.S. Selon BRADLEY et HADIDY (1981), deux jours de rétention des eaux usées dans un bassin anaérobie, suivis de 6 jours dans un bassin facultatif pourraient débarrasser les eaux usées des helminthes et des protozoaires. PANICKER et KRISHNAMOORTHY (1981), ont obtenu dans une étude sur les fosses d'oxydation et les lagunes aérées à Nagpur en Inde des performances épuratoires de 75 à 95 %. De nombreux travaux ont été effectués sur les performances du lagunage dans l'élimination des parasites et des protozoaires dans les eaux usées brutes (FELICIANNO, 1982 ; COLLOMB *et al.*, 1983 ; BOUTIN, 1985 ; SCHWARTZBROD et GASPARD, 1993 ; WIANDT, 1995). Néanmoins des travaux restent à faire, car les performances du lagunage dans l'élimination des parasites des eaux usées sous certains climats comme en zone soudano-sahélienne restent méconnues.

Pour la protection de la santé publique, il est nécessaire de disposer de systèmes performants d'épuration des eaux usées. Pour cette raison, des

recherches sont effectuées sur les performances de la technique du lagunage vis-à-vis de l'élimination des oeufs de parasites intestinaux et des kystes de protozoaires dans les eaux usées domestiques en zone soudano-sahélienne. Les travaux ont été effectués dans les bassins de lagunage de la station pilote d'épuration des eaux usées de l'École Inter-États d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (E.I.E.R.) à Ouagadougou au Burkina Faso.

2 - MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Présentation des bassins de lagunage

La station expérimentale pilote d'épuration des eaux usées de l'E.I.E.R. (fig. 1) est composée de deux filières lagunage et de deux filières lit bactérien. La filière lagunage ayant fait l'objet de cette étude comprend une bêche de relevage, un décanteur primaire, deux bassins (n° 1 et n° 2), dont les caractéristiques sont les suivantes :

Bassins	Profondeur (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
N° 1	1,22	62	78
N° 2	1,07	340	364

Le débit à l'entrée de la filière est de 22 m³/j. Les charges appliquées sur les bassins sont respectivement de 1 500 kg DBO₅/ha.j pour le bassin n° 1 et de 200 kg DBO₅/ha.j pour le bassin n° 2. Les pH des deux bassins sont compris entre 7 et 8. Le pH du bassin n° 2 est légèrement supérieur à celui du bassin n° 1 de 0,5 unité pH. Les temps de séjour dans les bassins n° 1 et n° 2 sont respectivement de 3,4 et 13 jours.

2.2 Méthodologie expérimentale

La mise en place du protocole de dénombrement des oeufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans les eaux usées de la station de l'E.I.E.R. a consisté dans un premier temps à faire un inventaire des parasites susceptibles d'être retrouvés dans les eaux usées brutes en procédant à l'examen de cent selles (échantillons pris parmi les personnes utilisant le réseau d'assainissement de l'E.I.E.R.). En vue de couvrir toute la gamme des parasites, trois méthodes de recherche ont été utilisées : la méthode directe pour la recherche des formes végétatives, la méthode de Willis (BAILENGER, 1974), plus performante pour la recherche des oeufs d'*Ankylostoma duodenale*, *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Taenia saginata*, Trichocéphale et la méthode de Ritchie (RITCHIE, 1948), plus performante pour la recherche des larves et kystes de protozoaires les œufs d'helminthes et les larves

d'Anguillule. Le choix de la méthode de recherche des parasites dans les eaux usées est guidé par les types de parasites retrouvés le plus fréquemment dans les selles analysées. L'examen des selles révélant la présence des kystes de protozoaires dans 80 % des cas. La méthode de Ritchie a été retenue car elle permet de retrouver facilement les kystes et les autres parasites intestinaux dans les eaux usées.

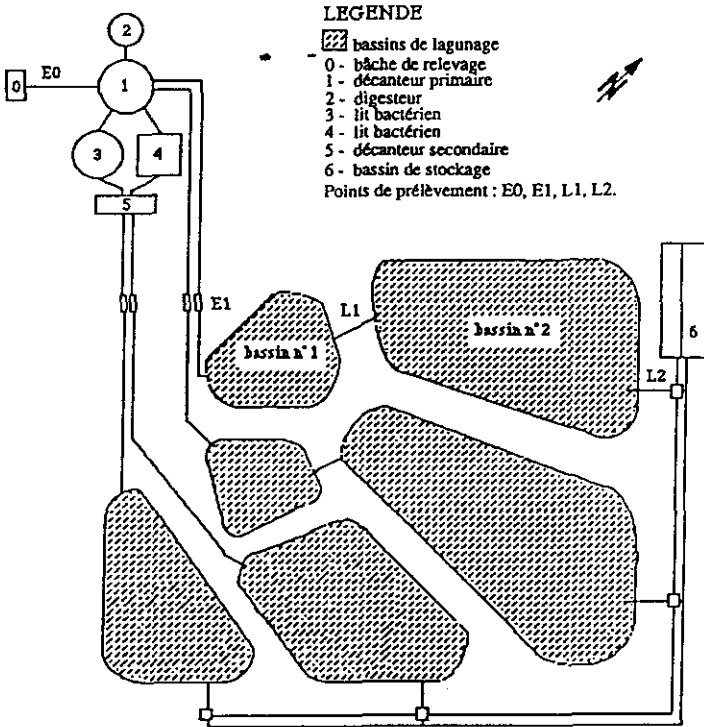


Figure 1 Filière lagunage de la station expérimentale pilote d'épuration des eaux usées de l'E.I.E.R.

Schematic view of stabilization ponds of E.I.E.R. experimental sewage treatment plant.

La période d'étude s'étend d'Octobre 1993 à Décembre 1994 avec trois mois d'interruption (Juillet 1994 à Septembre 1994). Les dénombrements ont été effectués tous les 15 jours.

Les échantillons d'eaux sont prélevés le matin à 8 h 00 G.M.T. en entrée du décanteur (E0), entrée du premier bassin (E1), sortie du premier bassin (L1) et sortie du deuxième bassin (L2). Soit quatre stations. Le volume d'eau échantillonnée augmente en suivant la filière lagunage de l'amont vers l'aval (1 à 10 litres).

La méthodologie adoptée (RITCHIE, 1948) pour la recherche et la quantification des oeufs et des kystes dans les eaux usées épurées ou non consiste à :

- laisser décanter l'échantillon pendant 5 heures ;
- éliminer le surnageant, récupérer environ 500 ml dans des tubes à centrifuger ;
- homogénéiser l'échantillon et centrifuger à 2500 tours/mn pendant 5 à 10 minutes suivant la concentration des échantillons d'eaux usées ;
- rejeter le liquide surnageant, verser sur le culot 10 ml de formol à 10 %, mélanger et laisser au repos pendant 5 mn ;
- ajouter ensuite 3 ml d'éther, boucher le tube à centrifuger et agiter pendant 30 secondes ;
- déboucher avec précaution, centrifuger à 1500 tours/mn pendant une minute ;
- obtention de quatre couches dont la couche de l'éther, la couche molle de débris, la couche de formol et le culot de sédiments ;
- décoller des parois du tube la couche de débris, décanter et rejeter les 3 couches ;
- mélanger le culot de sédiments et prélever ensuite avec un compte-gouttes capillaire ;
- dans une cellule de Mac Master déposer 1 à 2 gouttes de sédiments, recouvrir d'une lamelle ;
- examen microscopique : objectifs 10 et 40 pour la recherche des oeufs et larves de parasites, objectif 100 et huile à immersion après ajout préalable de 1 à 2 gouttes de Lugol pour la recherche des kystes de protozoaires (amibes).

3 - RÉSULTATS

Avant de commencer la recherche des parasites intestinaux dans les eaux usées entrant dans la station d'épuration, une première série de recherche sur les parasites éventuels susceptibles d'être retrouvés dans les eaux usées brutes a été engagée en examinant des échantillons de selles des personnes utilisant le réseau d'assainissement relié à la station d'épuration. Les différents parasites mis en évidence et leur fréquence selon les méthodes utilisées (directe, Willis, Ritchie) sont présentés au tableau 1.

L'étude quantitative et qualitative des concentrations des oeufs, kystes ou larves de parasites intestinaux dans les eaux usées semble confirmer les résultats obtenus pour les examens des selles à l'exception de quelques parasites qu'on n'y retrouve plus (oeufs de *Fasciola hepatica*, *Trichomonas*, *Giardia lamblia*). Les différents types de parasites et leur fréquence d'apparition dans les eaux usées brutes et dans les eaux usées épurées par lagunage sont présentés sur les figures 2-A et 2-B.

Tableau 1 Parasites mis en évidence dans les selles des usagers de la station pilote de l'E.I.E.R. et leur fréquence.

Table 1 Frequency of parasites identified in feces of users of the E.I.E.R. experimental sewage treatment plant.

Parasites	Fréquence (%)
Kystes d' <i>Entamoeba coli</i>	60
Kystes d' <i>Entamoeba histolytica</i>	15
<i>Trichomonas</i>	10
Kystes de <i>Giardia lamblia</i>	9
Oeufs d' <i>Ankylostoma duodenale</i>	5
Oeufs d' <i>Ascaris lumbricoides</i>	3
Oeufs de <i>Fasciola hepatica</i>	1

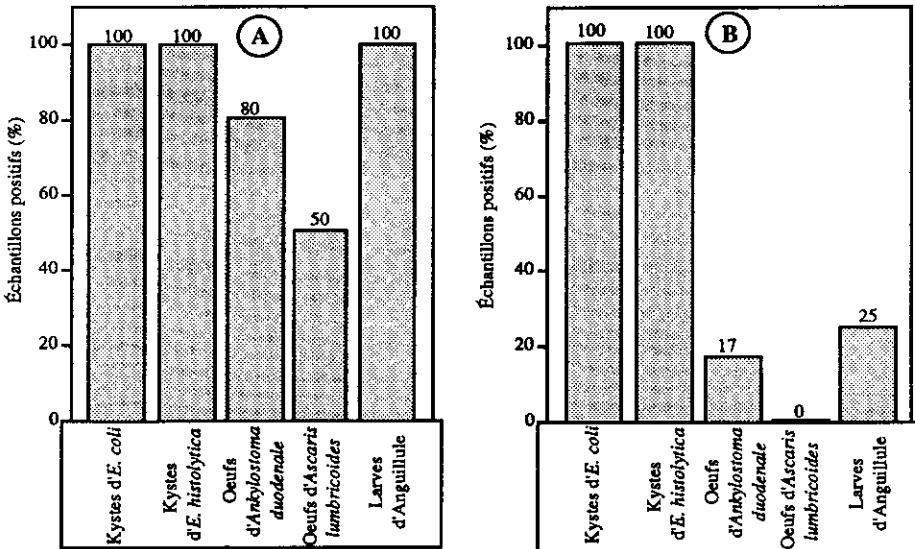


Figure 2 Les différents types de parasites identifiés dans les eaux usées brutes (A), dans les eaux usées épurées par lagunage (B) et leur fréquence d'apparition.

Different parasites identified (A) in raw wastewater and (B) in the final effluent from the stabilization ponds, and their frequency of occurrence.

La figure 2-A montre la présence de cinq types de parasites : les kystes de parasites (*Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*), les oeufs d'helminthes (*Ascaris lumbricoides*, *Ankylostoma duodenale*), les larves d'Anguillule. Sur 24 échantillons d'eaux usées brutes analysés, tous contiennent des kystes d'*E. coli* et d'*E. histolytica* et des larves d'Anguillule ; 80 % contiennent des

œufs d'*Ankylostoma duodenale* et 50 % contiennent des œufs d'*Ascaris lumbricoides*.

En sortie de la filière d'épuration par lagunage (fig. 2-B), les 24 échantillons d'eaux usées épurées analysés présentent dans 100 % des cas des kystes d'*E.coli* et d'*E. histolytica*, dans 25 % des larves d'Anguillule, dans 17 % des œufs d'*Ankylostoma duodenale* et aucun échantillon ne contient d'œufs d'*Ascaris lumbricoides*.

3.1 Les kystes de protozoaires

Les kystes d'*E. coli* et *E. histolytica* sont mis en évidence dans les eaux usées brutes comme dans les eaux épurées en sortie du lagunage. Les concentrations à l'entrée fluctuent dans le temps comme le montrent les figures 3 et 4, mais les concentrations en sortie de lagunage sont respectivement 16 et 22 fois plus faibles qu'à l'entrée du système épurateur.

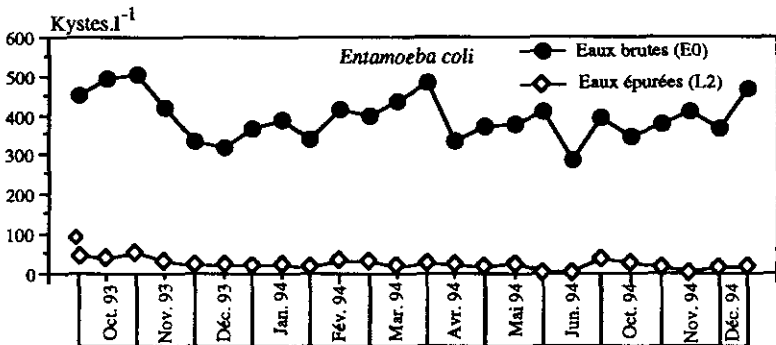


Figure 3 Évolution temporelle des concentrations des kystes d'*E. coli* dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux épurées (L2) par lagunage.

Temporal evolution of abundances of *Entamoeba coli* cysts in raw wastewater (E0) and in lagoon-treated wastewater (L2).

Dans les eaux usées brutes, sur les 24 échantillons analysés, la valeur moyenne observée pour *E. coli* est 395 kystes par litre avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre ($371 \leq \text{moyenne} \leq 419$). Dans les eaux usées épurées par lagunage (L2), il ne reste que 24 kystes par litre avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre ($19 \leq \text{moyenne} \leq 29$). Ce qui représente un rendement éliminatoire de 94 %.

Pour *E. histolytica*, la valeur moyenne obtenue dans les eaux usées brutes est 269 kystes par litre avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre ($242 \leq \text{moyenne} \leq 296$). Dans les eaux usées épurées par lagunage (L2), la moyenne est de 12 kystes par litre et un intervalle de confiance à 95 % compris entre ($8 \leq \text{moyenne} \leq 16$). Les performances d'élimination des kystes d'*E. coli* et d'*E. histolytica* dans les bassins du lagunage expérimental de l'E.I.E.R. sont représentées sur les figures 5-A et 5-B.

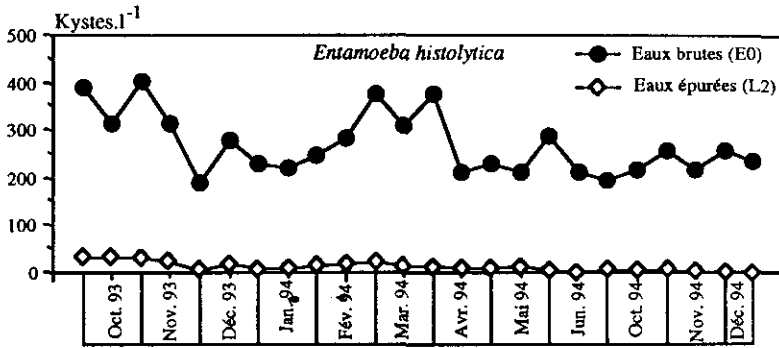


Figure 4 Évolution temporelle des concentrations des kystes d'*E. histolytica* dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux épurées (L2) par lagunage.
Temporal evolution of abundances of Entamoeba histolytica cysts in raw wastewater (E0) and in lagoon-treated wastewater (L2).

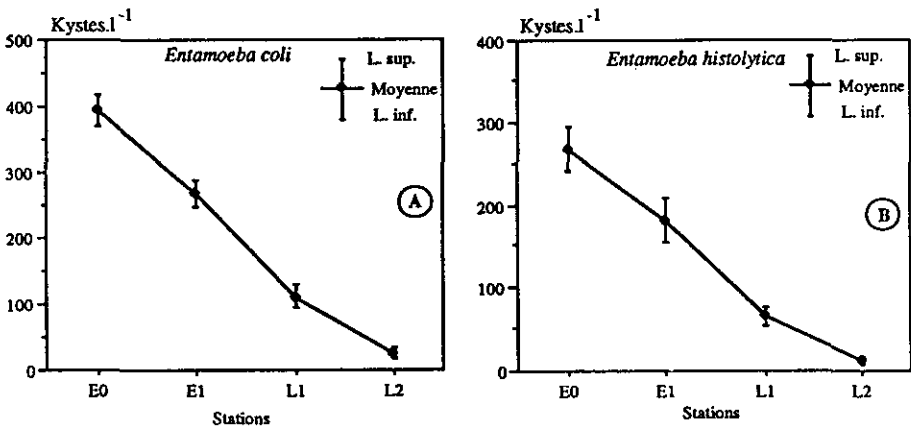


Figure 5 Évolution temporelle des concentrations des kystes d'*E. coli* (A) et d'*E. histolytica* (B) dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux épurées (L2) par lagunage.
Temporal evolution of abundances of Entamoeba coli cysts in raw wastewater (E0) and in lagoon-treated wastewater (L2).

3.2 Les œufs d'Helminthes

Les œufs d'*Ascaris lumbricoides* et d'*Ankylostoma duodenale* sont mis en évidence dans les eaux usées brutes. Sur les 24 échantillons, 19 révèlent la présence des œufs d'*Ankylostoma duodenale*, et 12 contiennent des œufs d'*Ascaris lumbricoides*. De même que les concentrations des kystes fluctuent dans le temps, les œufs d'helminthes présentent des fluctuations mais exclusivement dans les eaux usées brutes puisque ces œufs ne sont pas quantifiables dans les eaux de sortie du lagunage dès le quatrième prélèvement pour

les *Ankylostoma duodenale* et jamais décelables pour les *Ascaris lumbricoides* (fig. 6 et 7). La moyenne obtenue dans les eaux usées brutes pour les œufs d'*Ankylostoma duodenale* (fig. 8-A) est de 9 œufs par litre avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre ($4 \leq \text{moyenne} \leq 14$). En sortie du lagunage, 4 échantillons seulement sur 24 contenaient des œufs d'*Ankylostoma duodenale* ; la moyenne est de 1 œuf par litre et un intervalle associé à 95 % compris entre ($0 \leq \text{moyenne} \leq 2$). Pour les œufs d'*Ascaris lumbricoides* (fig. 8-B), la moyenne dans les eaux usées brutes est de 4 œufs par litre avec un intervalle de confiance à 95 % de ($1 \leq \text{moyenne} \leq 7$). En sortie du lagunage, sur 24 échantillons, aucun ne contenait des œufs d'ascaris, on obtient moins d'un œuf d'*Ascaris lumbricoides* par litre. Le rendement éliminatoire est de 100 % pour les œufs d'*Ascaris lumbricoides* et 90 % pour les œufs d'*Ankylostoma duodenale*.

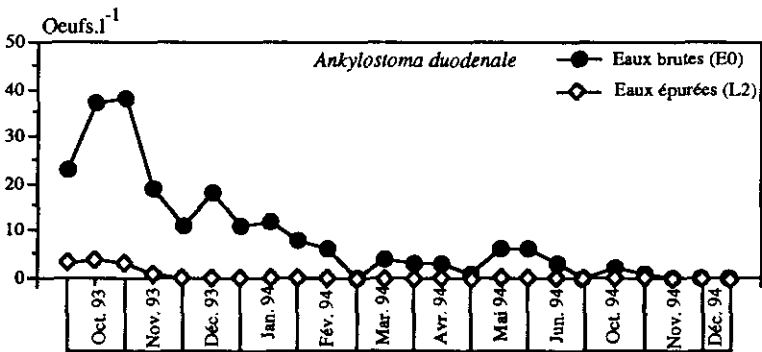


Figure 6 Évolution temporelle des concentrations des œufs d'*Ankylostoma duodenale* dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux usées épurées (L2) par lagunage.

Temporal evolution of abundances of *Ankylostoma duodenale* eggs in raw wastewater (E0) and lagoon-treated wastewater (L2).

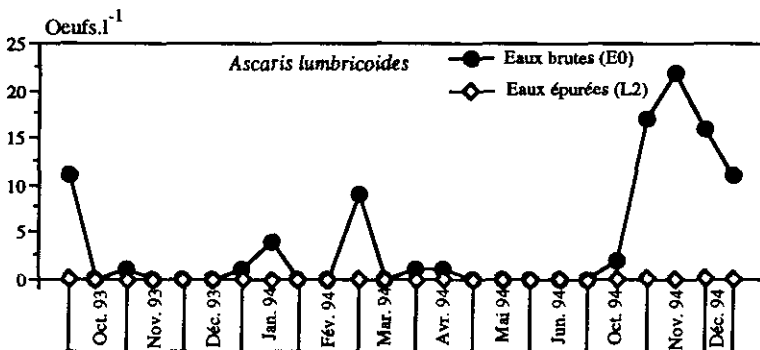


Figure 7 Évolution temporelle des concentrations des œufs d'*Ascaris lumbricoides* dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux usées épurées (L2) par lagunage.

Temporal evolution of abundances of *Ascaris lumbricoides* eggs in raw wastewater (E0) and lagoon-treated wastewater (L2).

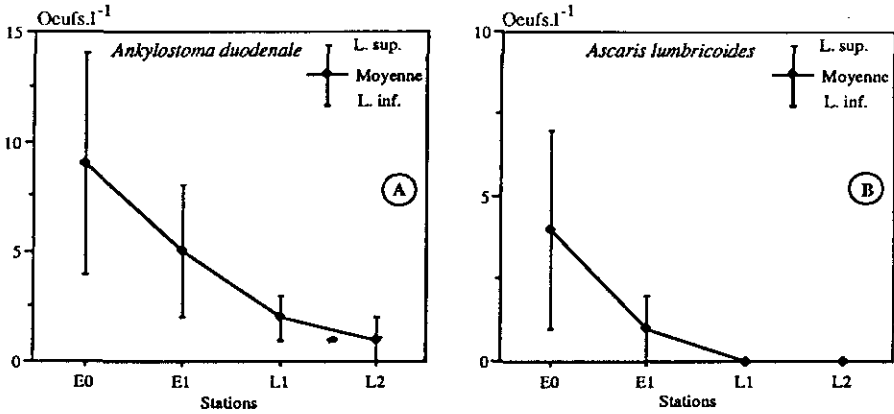


Figure 8 Rendement épuratoire du lagunage expérimental vis-à-vis des œufs d'*Ankylostoma duodenale* (A) et d'*Ascaris lumbricoides* (B) dans les eaux usées brutes (E0), à l'entrée du 1^{er} bassin (E1), à la sortie du 1^{er} bassin (L1) et la sortie du 2^e bassin (L2).

Removal of Ankylostoma duodenale (A) and Ascaris lumbricoides (B) eggs during lagooning: raw wastewater (E0), first pond influent (E1), first pond effluent (L1), second pond effluent (L2).

3.3 Les larves d'Anguillule

Les larves identifiées dans les eaux usées sont celles des Anguillules. Dans les eaux usées brutes (fig. 9), les eaux usées contiennent en moyenne sur les 24 échantillons 26 larves par litre avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre (17 ≤ moyenne ≤ 35). En sortie du lagunage (fig. 9), 6 échantillons sur 24 contiennent des larves et on retrouve en moyenne 2 larves par litre avec un intervalle de confiance associé à 95 % compris entre (0 ≤ moyenne ≤ 4). Le rendement épuratoire est de 92 %.

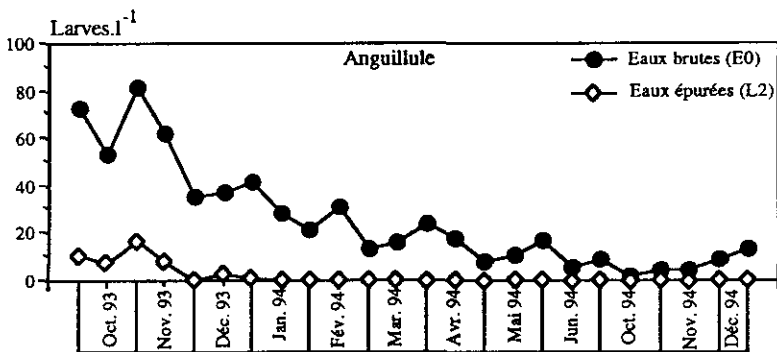


Figure 9 Évolution temporelle des concentrations des larves d'Anguillule dans les eaux usées brutes (E0) et dans les eaux épurées (L2) par lagunage.

Temporal evolution of abundances of Anguillula larvae in raw wastewater (E0) and lagoon-treated wastewater (L2).

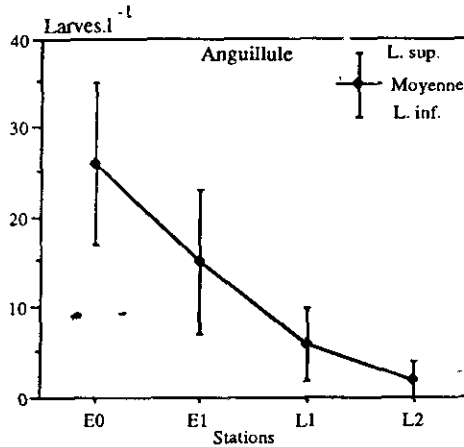


Figure 10 Rendement épuratoire du lagunage expérimental vis-à-vis des larves d'Anguillule dans les eaux usées brutes (E0), à l'entrée du 1^{er} bassin (E1), à la sortie du 1^{er} bassin (L1) et à la sortie du 2^e bassin (L2).

Removal of Anguillula larvae during lagooning: raw wastewater (E0), first pond influent (E1), first pond effluent (L1), second pond effluent (L2).

4 - DISCUSSIONS

Les eaux usées traitées par le lagunage expérimental de l'E.I.E.R. proviennent d'une résidence universitaire où le niveau de vie et les conditions d'hygiène sont différents de ceux de la localité (Ouagadougou). Ces eaux ne sont pas très représentatives des eaux usées urbaines de la ville de Ouagadougou du point de vue parasitaire, mais le manque de réseaux d'assainissement fonctionnant en permanence n'a pas permis d'étudier des eaux usées d'une grande agglomération. Par contre les eaux usées du marché central ont fait l'objet d'étude à titre de comparaison car elles concernent une population plus diversifiée. Dans les eaux usées du marché central, le nombre de types de parasites et leur concentration sont plus élevés qu'à l'E.I.E.R. On a pu mettre en évidence des oeufs d'*Ascaris lumbricoides* (110 oeufs par litre), des oeufs de *Taenia saginata* (53 oeufs par litre), des oeufs d'*Ankylostoma duodenale* (39 oeufs par litre), des oeufs de Trichocéphale (19 oeufs par litre), des kystes d'*Entamoeba coli* (552 kystes par litre), des kystes d'*Entamoeba histolytica* (479 kystes par litre), des larves d'Anguillule (62 larves par litre).

Les différents types de parasites qui ont été mis en évidence dans les eaux usées brutes traitées par le lagunage expérimental de l'E.I.E.R. (kystes d'*E. coli*, kystes d'*E. histolytica*, oeufs d'*Ascaris lumbricoides*, oeufs d'*Ankylostoma duodenale*, larves d'Anguillule), semblent être liés au niveau d'infestation des selles des personnes utilisant le réseau. Les plus fortes concentrations des oeufs d'*Ankylostoma duodenale* et d'*Ascaris lumbricoides* dans les eaux

usées brutes mesurées à la période automnale sauf pour *Ankylostoma duodenale* à l'automne 1994 pourraient correspondre à l'infestation plus importante du tube digestif des étudiants à leur retour des vacances passées dans leur foyer. Une infestation identique se manifesterait pour les larves d'Anguillules surtout à l'automne 1993. Par contre le niveau relativement constant des concentrations des protozoaires (*Entamoeba coli* et *Entamoeba histolytica*) dans les eaux usées brutes pourrait signifier une infestation permanente du tube digestif des étudiants sans que les conditions d'hygiène de l'école n'influent sur cette infestation comme elles paraissent jouer sur les nématodes. La mesure des concentrations des oeufs d'helminthes en eau d'entrée de station d'épuration peut donner une idée du niveau d'infestation des populations humaines et permettre d'évaluer le flux de cette charge parasitaire (FEACHEM *et al.*, 1983 ; CREWE, 1984 ; KOWAL, 1985). D'autres auteurs ont mis en évidence d'autres parasites dans les eaux usées. ELLIS *et al.* (1993), ont mis en évidence dans des eaux usées brutes au Grand Cayman, B.W.I. (île britannique près du Brésil), la présence de *Necator americanus*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides* et *Giardia lamblia*. Certains auteurs ont mis en évidence comme protozoaire des kystes de *Giardia lamblia* alors que dans les eaux usées de l'E.I.E.R. ce sont les kystes d'*E. coli* et *E. histolytica* qui prédominent. ALOUINI (1993), a observé dans les eaux d'entrée des stations par lagunage en Tunisie des fortes concentrations de *Giardia intestinalis* allant de 30 à 1 700 kystes par litre. GRIMASON *et al.* (1995) ont aussi mis en évidence la présence de kystes de *Giardia lamblia* dans les eaux à Eldoret au Kenya et à Mèze en France.

Après le séjour des eaux usées brutes dans le décanteur, dans le premier et le deuxième bassin, soit au total 16,4 jours, les oeufs d'*Ascaris lumbricoides* et d'*Ankylostoma duodenale* sont éliminés respectivement à 100 et 90 %, les kystes d'*E. coli* à 94 %, les kystes d'*E. histolytica* à 96 % et les larves d'Anguillule à 92 %. Le rendement global du lagunage expérimental de l'E.I.E.R. pour tous les parasites confondus est de 94 %. ALOUINI (1993) a obtenu pour des stations d'épuration par lagunage en Tunisie des rendements d'élimination variant de 70 à 100 % pour les kystes de protozoaires et de 100 % pour les oeufs d'helminthes. GRIMASON *et al.* (1995) constatent que des temps de séjour de 25,3 jours à Eldoret au Kenya et 40 jours à Mèze en France sont nécessaires pour éliminer respectivement 99,1 % et 99,7 % des kystes de *Giardia*. Le temps de séjour des eaux usées dans les bassins de lagunage est un facteur important dans l'amélioration des rendements épuratoires. AYRES *et al.* (1992), ont proposé une équation empirique à partir de données bibliographiques qui donne le pourcentage d'élimination des parasites humains (oeufs de nématodes) dans les bassins de lagunage de différents pays et qui ne tient compte que du temps de séjour. Ces auteurs précisent que l'utilisation du modèle permet de répondre à la recommandation de l'O.M.S. qui stipule qu'il faut moins d'un oeuf d'helminthe par litre pour les eaux usées destinées à l'usage agricole.

Pour tous les parasites confondus, le décanteur a un rendement éliminatoire de 33 %, le premier bassin 62 % et le deuxième bassin 78 %. On constate que plus le temps de séjour est long, meilleur est le rendement. Au niveau du décanteur où le temps de séjour est de quelques heures, le rendement d'élimination des kystes est de 32 % alors qu'on obtient un rendement de

54 % pour les oeufs. Selon SHUVAL *et al.* (1986), la vitesse de sédimentation des oeufs d'*Ascaris lumbricoides* est estimée à 0,6 m/h et elle est de 0,26 m/h pour les oeufs de *Taenia saginata*. La vitesse de sédimentation déterminée pour les kystes de *Giardia* serait de 0,019 m/h (SHUVAL, 1978). Selon SAUCH (1984), la densité des kystes varie entre 1,049 et 1,096. Selon GRAHAM (1981), la densité moyenne des oeufs d'*Ascaris lumbricoides* est de 1,14 et 1,09 pour le *Taenia saginata*. Le temps de séjour étant un des facteurs principaux intervenant dans l'élimination des parasites intestinaux et kystes de protozoaires, la cinétique d'abattement pourrait dépendre des formes parasitaires rencontrées dans les eaux usées.

CONCLUSION

Ce travail a permis de mettre en évidence les performances du lagunage dans l'élimination des parasites intestinaux et kystes de protozoaires des eaux usées en zone soudano-sahélienne. La phase de décantation et le temps de séjour de 16,4 jours des eaux dans les bassins a réduit considérablement (94 %) les parasites contenus dans les eaux usées. Les eaux usées rejetées ne contenant pas d'oeufs d'helminthes (en dehors d'une courte période au moment de la rentrée des étudiants à l'école) répondent aux recommandations de l'O.M.S. quant à la réutilisation agricole des eaux. Pour atteindre de meilleurs niveaux de qualité il faudrait augmenter le temps de séjour soit en diminuant le débit soit en faisant transiter les eaux dans des bassins supplémentaires. Des études ultérieures pourraient s'intéresser à ces aspects. La mise en place de systèmes rustiques d'épuration des eaux usées à faible coût tel que le lagunage dans les pays en voie de développement peut contribuer d'une manière sensible à la diminution des risques sanitaires liés aux pratiques courantes de réutilisation des eaux usées brutes en agriculture.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Centre de Recherches pour le Développement International (C.R.D.I., Ottawa, Canada) qui a financé ces études dans le cadre du programme de «Recherche Appliquée sur la Gestion Urbaine en Milieu Africain» (R.A.G.U.M.A.), initié par l'Institut Africain de Gestion Urbaine (I.A.G.U., Dakar, Sénégal). Ils remercient également la Coopération Suisse via l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (E.P.F.L.) et l'École Inter-États d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (E.I.E.R.) de Ouagadougou, Burkina Faso pour la construction et la gestion de la station expérimentale pilote d'épuration des eaux usées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALOUINI Z. (1993). Flux de la charge parasitaire dans cinq stations d'épuration en Tunisie. *Rev. Sci. Eau*, 6 (4) : 453-461.
- AYRES R. M., ALABASTER G. P., MARA D. D., Lee D. L. (1992). A design equation for human intestinal nematode egg removal in waste stabilization ponds. *Wat. Res.*, 26 (6) : 863-865.
- BAILENGER J. (1974). Coprologie parasitaire et fonctionnelle. 3^e éd. Brouillard Imp. Bordeaux, 374 p.
- BOUTIN P. (1985). Le « rapport d'Engelberg » : Un réexamen des limitations sanitaires à la réutilisation agricole des eaux résiduaires. *Génie Rural*, 12 : 54-56.
- BRADLEY R. M., HADIDY S. (1981). Parasitic infestation and the use of untreated sewage for irrigation of vegetables with particular reference to Aleppo, Syria. *Publ. Hlth. Engr.*, 9 : 154.
- COLLOMB J., BARADEL J. M., THEVENOT M. T., SCHWARTZBROD J. (1983). Recovery of helminth eggs in sludge from a wastewater treatment plant. Processing use of sewage sludge. *Symposium Brighton*, ed. Reidel: 230-233.
- CREWE W. (1984). The transmission of *Taenia saginata* in Britain. *Ann. Trop. Med. Paras.*, 78 : 249-251.
- ELLIS K. V., RODRIGUES P. C. C., GOMEZ C. L. (1993). Parasite ova and cysts in waste stabilization ponds. *Wat. Res.*, 27 (9) : 1455-1460.
- FEACHEM R. G., BRADLEY D. J., GARELICK H., MARA D. D. (1983). Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management. John Wiley Ed.: 380-393.
- FELICIANNO D. V. (1982). Sludge on land. *J. Wat. Pollut. Control. Fed.*, 54 : 1259-1266.
- GRAHAM H. J. (1981). Parasites and the land application of sewage sludge. *Rep. Ontario Ministry of Environment*, 110.
- GRIMASON A. M., WIANDT S., BALEUX B., THITAI W. N., BONTOUX J., SMITH H. V. (1995). Occurrence and removal of *Giardia* sp. cysts by Kenyan and French waste stabilization pond systems. in the 3rd IAWQ' International Specialist Conference and Workshop « Waste Stabilization Ponds Technology and Applications ». Paraiba, Brazil, 27th - 31st March.
- KOWAL N. E. (1985). Health aspects of land application of municipal sludge. EPA - 600 / 1 - 85-015: 33-38.
- O.M.S. (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical Report Series 778 Geneva.
- PANICKER P. V. C. R., KRISHNAMOORTHY K. P. (1981). Parasite egg and cyst reduction in oxidation ditches and aerated lagoons. *Journal WPCF*, 53 (9) : 1413-1419.
- RITCHIE L. S. (1948). An Ether Sedimentation Technique for Routine Stool Examination. *Poll. U. S. Army, Med. Dept.*, 8 : 326.
- SAUCH J. (1984). Purification of *Giardia muris* cysts by velocity sedimentation. *Appl. Envir. Microbiol.*, 50 (6) : 1434-1438.
- SCHWARTZBROD J., GASPARD P. (1993). Irrigation with wastewater. *Parasitological Analysis of soil. Zbl. Hyg.*, 193 : 513-520.
- SHUVAL H. I. (1978). Parasitic disease and wastewater irrigation. In: *Sanitation in developing countries*. Oxfoam and the Ross Institute of Tropical Hygiene, Chichester, John Wiley, Dacey, A.: 210-215.
- SHUVAL H. I., ADIN A., FATTAL B., RAWITZ E., YEKUTIEL P. (1986). Integrated resource recovery-wastewater irrigation in developing countries. Health effects and technical solutions. World Bank Technical Paper, 51.
- WIANDT S. (1995). Devenir des kystes de *Giardia* sp. dans les eaux usées épurées par lagunage et étude expérimentale des effets de facteurs abiotiques environnementaux sur leur survie. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 203 p.