

## QUALITE AZOTEE ET SANITAIRE DE L'URINE COLLECTEE EN VUE DE LA FERTILISATION DES SOLS

### Auteurs

GNAGNE T.<sup>1,2</sup>  
KONAN K.F.<sup>2,3</sup>  
COULIBALY S.<sup>1</sup>,  
KONE K.<sup>1,2</sup>

### Services

- 1- Laboratoire de Géosciences et d'Environnement, UFR-SGE, Université d'Abobo Adjame, 02 bp 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)
- 2- Crepa-Côte d'Ivoire / 18 bp 80 Abidjan 18
- 3- Laboratoire d'environnement et de biologie aquatique, UFR-SGE, universite d'Abobo-Adjame, 02 bp 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)

### Correspondance

agnero\_gnagne@yahoo.fr

### RESUME

La sauvegarde de la qualité des eaux naturelles passe aussi par l'adoption de concept nouveau en matière d'assainissement. «Nettoyer c'est bon, mais ne pas salir est mieux», en fait partie. Cependant, la mise en œuvre nécessite de lever des contraintes liées à la nécessité d'hygiénisation. Or, dans le cas de l'utilisation directe de l'urine, l'hygiénisation par stockage qui est le moyen le moins coûteux comporte des risques de perte d'azote qui est l'élément essentiel.

L'étude a eu pour objectif de définir les conditions optimales à travers des essais en laboratoire.

Les résultats obtenus montrent que la conservation dans un réservoir plein permet de minimiser les pertes avec une disparition totale des Germe Test de Contamination Fécale au bout de 14 jours. Il en est de même pour le réservoir à moitié vide mais avec une perte de 20% de l'azote.

**Mots-clés :** Urine humaine, Azote, Hygiénisation.

### SUMMARY

*Preserving the quality of fresh water is also a question of adopting new concepts for sanitation. "Cleaning up is good but keeping it clean is even better" is one of them. However, implementation requires going beyond certain constraints related to the need for bacteria removal. Yet, with a direct use of urine, conservation-related bacteria removal – the cheapest option – may lead to loss of nitrogen, the crucial element in urine.*

*The study aimed at defining optimal conditions for bacteria removal by means of laboratory testing.*

*The results show that conservation in a full recipient helps minimize losses, and faecal coliforms disappear completely within 14 days. The latter happens too with the empty recipient, but with a loss of 20% nitrogen.*

**Key words :** Human Urine, Nitrogen, bacteria, removal.

## INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'approche classique de l'assainissement qui consiste à salir avant de nettoyer connaît des limites et contribue fortement à la dégradation de l'environnement. Cette situation a amené la communauté internationale à adopter une approche beaucoup plus écologique depuis la conférence de Rio en juin 1992 rimant bien avec le développement durable.

En matière d'assainissement, la nouvelle approche et la meilleure est d'éviter de salir (Kvarnström et al, 2006). C'est l'assainissement écologique (EcoSan de l'anglais Ecological Sanitation). Cela revient, au niveau du ménage à traiter les déchets dès l'origine en séparant les fèces des urines d'une part, et les autres eaux usées d'autre part. Cela induit de privilégier la valorisation des déchets, notamment en agriculture. Ainsi, les déchets rentrent de manière durable dans un cycle en boucle fermée.

D'ailleurs, l'utilisation des excréta humains est une pratique ancienne. Au Japon, le recyclage de l'urine et des fèces a été introduit au 12<sup>ème</sup> siècle. En Chine, les excréta humains et animaux étaient compostés depuis 4 000 ans. Dans les villes Suédoises, l'organisation de la collecte et du transport des produits de latrines a commencé au 18<sup>e</sup> siècle (Tingsten, 1911).

En raison de sa richesse en éléments nutritifs et de la facilité de récupération, l'urine a été choisie comme objet de cette étude. En effet, un adulte peut produire environ 400 litres d'urine par an, contenant 4,0 kg d'azote, 0,4 kg de phosphore et 0,9 kg de potassium (Jönsson, 2000). Par ailleurs, les nutriments sont en quantité plus équilibrée dans les urines que dans les engrais chimiques utilisés en agriculture (Jönsson, 1996. Dranget J, 2000).

Comparativement, un adulte peut produire par an, 25 à 50 kg de fèces ne contenant que 0,55 kg d'azote, 0,18 kg de phosphore et 0,37 kg de potassium (Höglund, 2001).

L'urine utilisée ici comme intrant agricole doit l'être avec un minimum de risques sanitaires. Même si l'urine n'est pas considérée comme une source importante de transmission de maladie (Feachem et al., 1983), des dispositions doivent être prises tout le long de la chaîne de production (collecte, transport et stockage) pour en minimiser les risques. Cela, parce que l'urine contient quelques pathogènes connus comme : *Leptospira interrogans*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* et *Shistosoma haematobium* ( Swedish EPA, 1995).

La destruction des germes de l'urine peut se faire par stockage aux conditions favorables de pH basique et de température élevée (Schönning, 2001a). Cependant, le stockage de l'urine pose la problématique de la perte d'azote qui dans ce cas reste majoritairement sous la forme ammoniac volatil.

Aussi, l'objectif de l'étude est-il d'identifier les équipements et ouvrages d'assainissement les moins contaminants en germes pathogènes d'une part et, au cas où l'urine serait contaminée, le mode d'hygiénisation le plus approprié minimisant les pertes d'azote d'autre part.

## I- MÉTHODOLOGIE

### 1. Mode de collecte des urines

La collecte d'urine a été réalisée de deux manières :

- directe, à partir des urinoirs publics et des bidurs (figure 1a). Le bidur est un bidon équipé d'entonnoir mis à la disposition des ménages. Le remplissage se fait par utilisation directe ou au travers des vases de nuit ;
- indirecte, à partir des latrines avec déviation d'urine appelée latrine EcoSan (figure 1b).

Le mode de collecte directe ou indirecte détermine les risques de contamination exogène de l'urine par les Germe Test de Contamination Fécale (GTCF) et la fréquence de remplissage du récipient qui la contient. Or, la fréquence de remplissage influe sur la qualité azotée de l'urine en raison du caractère volatil de l'ammoniac.

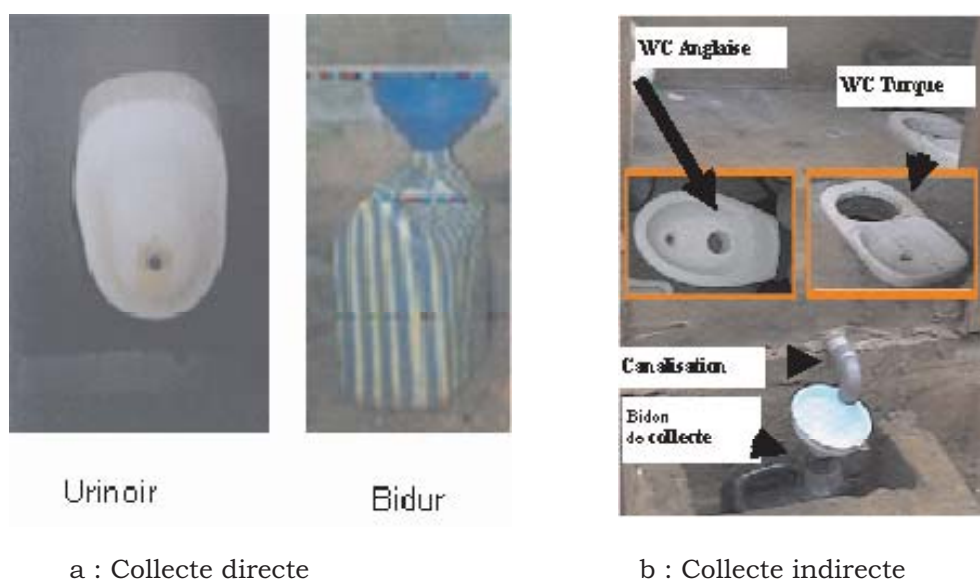


Figure 1: Systèmes de collecte de l'urine.

Les urines collectées sont respectivement identifiées par :

- (U) pour le mélange urinoir et bidur,
- (A) pour les latrines avec des cuvettes anglaises,
- (T) pour les latrines avec des cuvettes turques.

### 2. Cinétique de la perte d'azote et de la disparition des germes

Dans le cas d'une contamination par les Germes Tests de Contamination Fécale, il s'agit de suivre la cinétique de leur disparition par stockage en corrélation avec la perte de d'azote. Pour ce faire, un échantillon de 20 litres d'urine a été reparti en 16 flacons de 0,9 litres dont 8 totalement pleins et 8 à moitié (figure 2). Chaque semaine, les paramètres de suivi sont mesurés à partir de 2 types de sous échantillons (1 flacon plein et 1 à moitié plein) qui sont par la suite détruits.

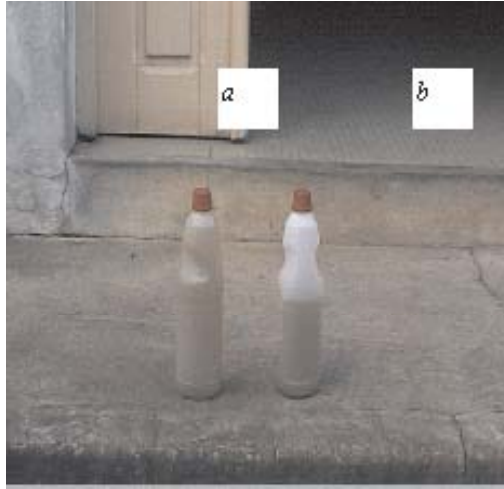


Figure 2 : Un flacon plein (a) et un flacon à moitié plein (b).

### 3. Paramètres de qualité de l'urine

Les paramètres de suivi sont (RODIER, 1996, CEAEQ, 2000) :

- pH,
- Température,
- Azote Total Kjeldhal (NTK) par la Méthode de dosage par titrimétrie après minéralisation et distillation : Norme Française (NF) T 90-110,
- Coliformes Fécaux par la recherche et le dénombrement des coliformes thermotolérants, Norme Française (NF) T90-413,
- Anaérobies Sulfito-Réducteurs par la recherche et dénombrement à partir de la norme Norme Française (NF) T90-415.

## II- RÉSULTATS

### 1. Influence du mode de collecte sur la qualité azotée et sanitaire de l'urine

#### 1.2. Qualité azotée de l'urine

La teneur en azote de l'urine est présentée en fonction du mode de collecte sur la figure 3. Les résultats montrent que la concentration en azote de l'urine varie de 3 à 8 g/l selon le mode et le temps de collecte.

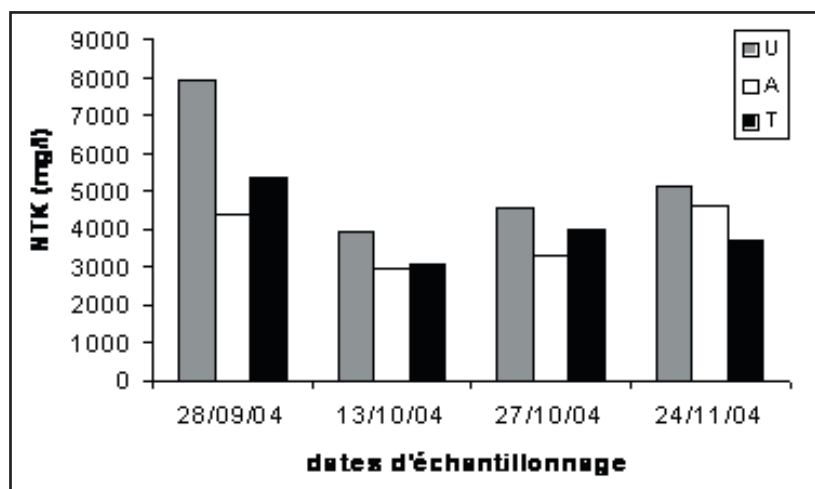


Figure 3 : Quantité de l'Azote Total Kjedhal (NTK) selon le mode de collecte et dans le temps.

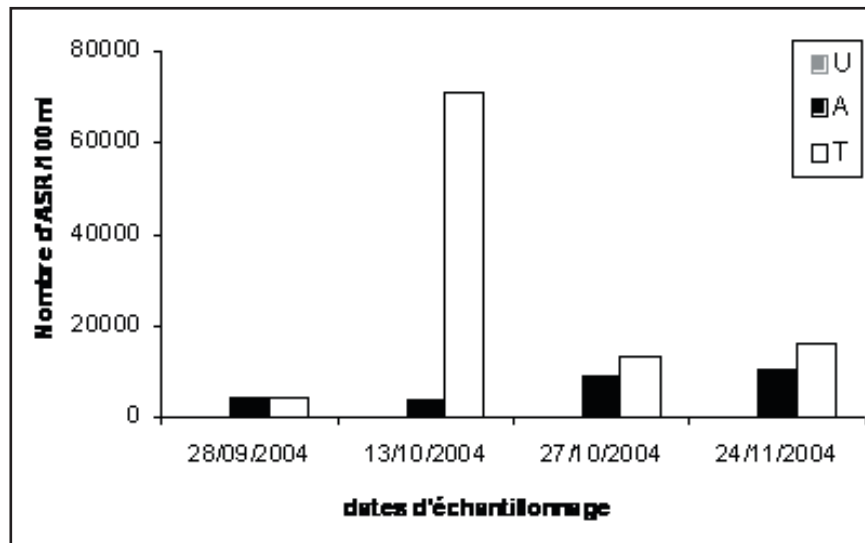
Sur les 4 échantillonnages, l'urine issue de l'urinoir et des bidurs était plus concentrée en Azote Total Kjedhal (NTK) que l'urine des latrines EcoSan à 3 reprises.

Le temps de remplissage d'un récipient de 20 litres était de 5 jours pour la collecte directe (urinoir et bidur) et de 8 jours pour la collecte indirecte par les latrines. Donc, la teneur en azote de l'urine est fonction du temps de remplissage. En effet, plus le temps de remplissage est long, plus l'ammonium de l'urine se volatilise. Ainsi, pour disposer d'urine riche en azote pour la fertilisation des cultures, il est judicieux procéder par la collecte directe.

### 1.2. Qualité sanitaire des urines

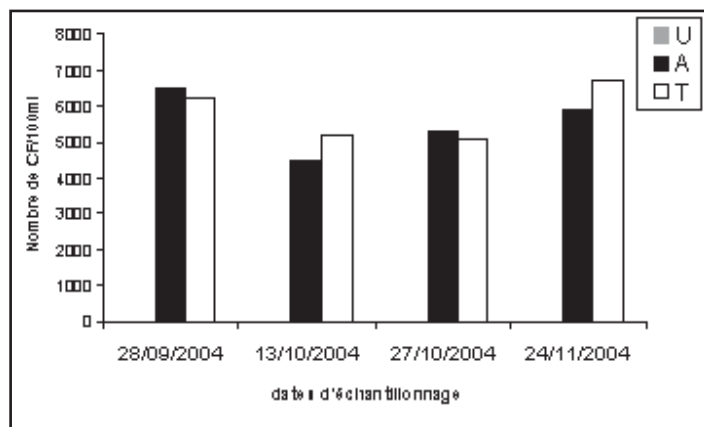
Les figures 4 et 5 montrent les teneurs en Anaérobies Sulfite-Réducteur (ASR) et Coliformes Féciaux (CF) d'échantillon des urines collectés de manière directe et indirecte. Les urines issues de la collecte directe, n'en contiennent pas. Les urines issues de la collecte indirecte n'ont donc pas subi une contamination extérieure à travers les Germes Tests de Contamination Fécale (GTFCF).

Par contre, les urines issues des latrines en contiennent. La teneur en Anaérobies Sulfite-Réducteur (ASR) varie entre 3450 à 10500/100 ml, avec une moyenne de 6550/100 ml, et entre 4000 à 71000/100 ml avec une de 26000/100 ml pour les urines provenant respectivement des latrines à cuvette anglaise et turque. Il est à remarquer que sur les quatre échantillonnages la valeur de la teneur en Anaérobies Sulfite-Réducteur (ASR) des latrines Turques est élevée dans 3 des cas. Cela s'explique par la facilité de contamination de l'urine par la position accroupie lors de la défécation. Aussi, l'urine issue de la latrine Turque de laquelle provient l'échantillon du 13 octobre 2004 aurait-elle pu être fortement contaminé de cette façon par les fèces.



**Figure 4 :** Quantité d'Anaérobie Sulfito-Réducteur (ASR) des urines collectées à partir de la méthode directe (U), de la latrine type anglaise (A) et de la latrine type turque (T)

La même tendance est observée pour les Coliformes Fécaux (CF) où les teneurs varient entre 4500 à 6500/100 ml, avec une moyenne de 5900 et entre de 5100 à 6700/100 ml avec une moyenne de 5800/100ml pour les urines provenant respectivement des latrines à cuvette anglaise et turque.



**Figure 5 :** Quantité de Coliformes Fécaux (CF) des urines collectées à partir de la méthode directe (U), de la latrine type anglaise (A) et de la latrine type turque (T).

## 2. Elimination par stockage des germes et perte d'azote

### 2-1 - Evolution des paramètres physiques de l'urine

Les évolutions du pH et de la température des différents flacons plein et moitié plein sont représentées sur la figure 6. Les valeurs du pH sont stables et basiques favorisant l'élimination des germes fécaux de l'urine.

La température évolue faiblement entre 31 et 32 °C certainement influencée par la température du milieu ambiant. Cependant, à ces valeurs elle ne favorise pas la destruction des germes.

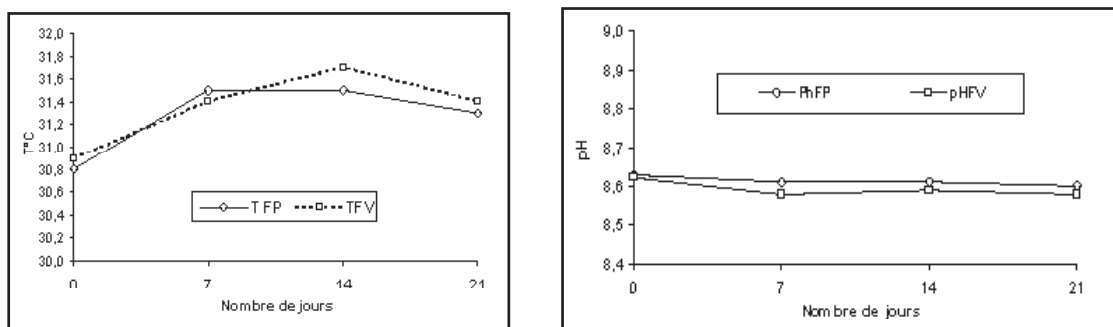


Figure 6 : Evolution de la température (T) et du pH de l'urine.

FP = flacon plein, FV = flacon à moitié plein

### 2-2 - Cinétique de disparition des germes de contamination fécale

L'évolution des germes est représentée sur la figure 7. Au bout de 7 jours pour les Coliformes Fécaux (CF) et 15 jours pour l'Anaérobie Sulfito-Réducteur (ASR), on atteint un seuil tolérable du nombre de germes fécaux permettant l'utilisation de l'urine en agriculture selon les normes de l'OMS (OMS, 1989, Elmund et al., 1999).

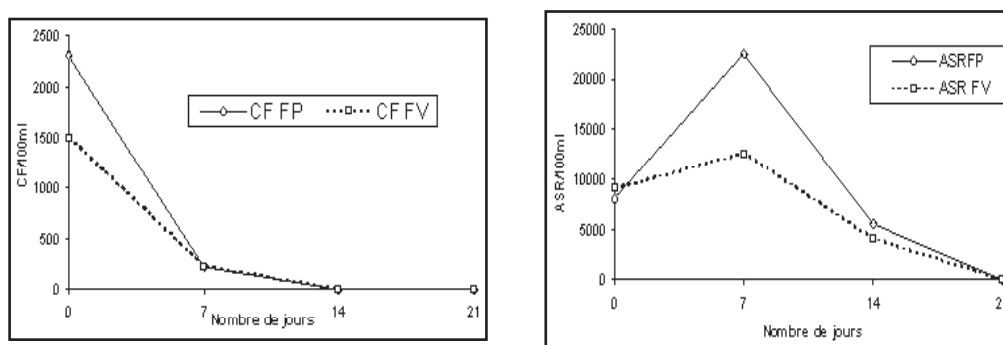


Figure 7 : Cinétique de disparition des germes de contamination fécale.

CF = Coliformes Fécaux, ASR = Anaérobie Sulfito-Réducteur,

FP = flacon plein, FV = flacon à moitié plein

Selon l'évolution des formes azotées, l'hygiénisation par stockage peut être obtenue au bout d'un (1) mois.

### 2-3 - Cinétique de déperdition de l'Azote Total Kjédhal (NTK)

Les évolutions des formes azotées des flacons sont représentées sur les figures 8. L'ensemble des figures montre que l'azote de l'urine reste majoritairement sous forme organique et se transformera en ammonium et y restera de manière stable avec les pH basiques (figure 8).

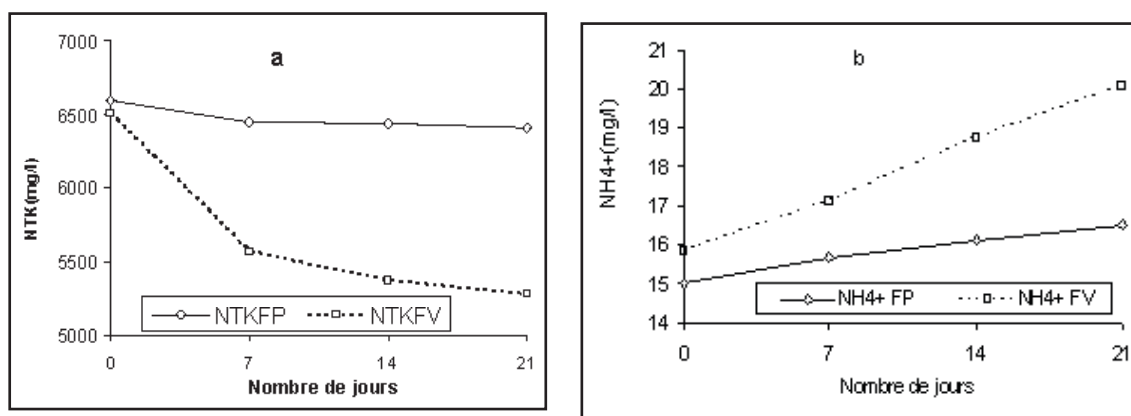


Figure 8 : évolution des formes azotées.

NTK = Azote Total Kjédhal, NH4+ = ammonium, NO3- = nitrate, NO2- = nitrite,  
 FP = flacon plein, FV = flacon à moitié plein

La figure 8 a montré une diminution de l'azote du flacon à moitié plein de 6600 mg/l à 5300 soit une perte de 20 % sur une période de trois semaines. Pour le flacon plein il est observé qu'après une perte de 2% sur la première semaine la teneur en azote du flacon reste stable. Alors, il peut être conseillé que pour mieux conserver l'azote de l'urine il faut que le récipient soit plein et hermétiquement fermé.

## DISCUSSION

Les questions à élucider portent sur la détermination du meilleur mode de collecte des urines conservant sa qualité azotée et sanitaire pour une utilisation efficace minimisant les risques.

Les résultats montrent que les urines issues de la collecte directe dans les urinoirs et les bidurs ne sont pas contaminées par les Germes Tests de Contamination Féciale (GTFCF). Ce mode de collecte ne donne aucune possibilité de contamination par les fèces. Ces résultats sont confirmés par Jönsson (1997) qui a montré que même si certains pathogènes sont excrétés dans l'urine, la contamination de celle-ci est principalement due à la fraction fécale dans les toilettes de dérivation. Ce mode de production minimise également les pertes d'azote en raison du remplissage à une fréquence plus élevée du récipient de collecte.



Cependant, dans un souci d'opérationnalité les deux types d'urine ne peuvent pas être collectées séparément, l'hygiénisation se faisant par stockage tout en respectant des conditions de conservation de de l'azote.

Les résultats de cette étude montrent une disparition des Germes Tests de Contamination Fécale (GTCF) au bout de 14 jours avec une température comprise entre 30,5 et 31,5 °C et des valeurs de pH situées entre 8 et 9. Il a été rapporté des temps de disparition compris entre 30 et 120 jours (Robertson, 1992).

Au bout de ce temps d'hygiénisation, on observe une faible minéralisation de l'azote qui reste majoritairement sous la forme organique dont la minéralisation passe par l'ammoniac qui est volatile aux valeurs de pH comprises en 8 et 9 (Lentner et *al.*, 1981). Au bilan, le taux de perte d'azote est de 20% pour le stockage avec un récipient à moitié plein et 2% pour le récipient plein. La différence s'explique par l'existence d'un espace vide facilitant la volatilisation de l'ammoniac. Dans ces conditions, il est judicieux de procéder à l'hygiénisation par stockage dans un récipient plein.

## CONCLUSION

Cette étude a montré que la meilleure façon de collecter l'urine de qualité du point de vue sanitaire et azoté est la collecte directe par bidon ou urinoir collectif. Cependant, pour répondre aux principes de l'EcoSan, les urines issues des latrines devraient aussi être utilisées malgré leur teneur élevée en Germes Tests de Contamination Fécale (GTCF). Dans ces conditions, l'ensemble des urines devrait subir une hygiénisation par stockage avec des risques de perte d'azote.

L'étude a montré que cette hygiénisation est obtenue au bout de 14 jours en respect aux normes de réutilisation des produits d'assainissement de l'OMS avec dans le pire des cas une perte d'azote maximum de 20%.

Malgré les dispositions d'hygiénisation, l'impact sanitaire de l'utilisation de l'urine doit être vérifié sur le sol et sur les produits de récolte. Aussi, en perspective une étude plus approfondie sur la survie des Germes Tests de Contamination Fécale dans le sol et sur les produits de récolte doit-elle être menée.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1989 *Association française de normalisation. Qualité de l'eau. Environnement*. France. 862 p.
- CEAEQ (2000) Recherche et déroulement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24 p.
- CHAMPSAUR, H., 1996- Analyse microbiologique des eaux. In *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires - Eaux de mer*. J. RODIER (Ed) . Edition DUNOD, Paris : 745-862.
- DRANGET J. (2000); Reuse -*The ultimate sink ? Urine-diverting toilets to protect ground water quality and fertilise urban agriculture*. Proceeding of the international conference, BAD ELSTER, 24-28 November, 1998. IWA Publishing London 275-280 p.
- ELMUND, GK, ALLEN MJ ET RICE EW (1999) Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res*, 71: 332-339.
- FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H. AND MARA D.D. (1983) ; *Sanitation and Diseases - Health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley and Sons, Chchester, UK.

- HÖGLUND, C, 2001 evaluation of microbiological health risks associated with the reuse of source separated human urine. *PhD thesis*, department of biotechnology, royal institute of technology, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7283-039-5.
- KVARNSTRÖM E, EMILSSON K, STINTZING R A. 2006. Urine diversion : One Step Towards sustainable sanitation. Report 2006-1, EcoSanRes Publications Series and Stockholm Environnement Institute. 64 p.
- JÖNSSON H (1997) ; Assessment of sanitation systems and reuse of urine. Ecological alternatives in sanitation, *Publications on water resources* N°9 SIDA, Stockholm, Sweden.
- JÖNSSON H(2000) ; Recycling source separated human urine. VA-forsk report 2000-1,VAV AB, Stockholm, Sweden (In Swedish, English summary).
- OMS. 1989. *Lignes directrices pour un usage sûr des eaux usées et des excréta en agriculture et en aquaculture*. Genève. Organisation Mondiale de la Santé. 38 p.
- PAUL E. A. AND CARK E.E., 1988. *Soil Microbiology and biochemistry*. Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanevich, publisher.
- ROBERTSON L.J., CAMPBELL A.T. AND SMITH H.V. (1992) ; Survival of cryptosporidium parvum oocysts under various environmental microbiology. *Applied and environmental microbiology* 3494-3500 p.
- RODIER J. (1996) ; *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Chimie, physico-chimie, microbiologie, interprétation des résultats*. 8<sup>ème</sup> édition DUNOD, 1384 p.
- SWEDISH EPA (1995) ; *What does household wastewater contain ?*. Report 4425, Swedih Environmental Protection Agency.
- TINGSTEN K. (1911) ; *The cleaning of Stockholm from the oldest times until ours days*. P.A Norstedt & Söners Förlag, Stockholm, Sweden (In Swedish) 48-56 p.