

ECOSAN_UE
Projet d'assainissement écologique dans
les quartiers périphériques de Ouagadougou:
Secteurs 17, 19, 27 et 30.



CONTRÔLE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU FERTILISANT AGRICOLE À BASE DES URINES HYGIÉNISÉES : ÉVALUATION D'IMPACTS SANITAIRES



RAPPORT DE PRESTATION

Présenté par :

Joseph M. MAKAYA

Bureau de Coordination du Projet ECOSAN_UE
03 BP 7112 Ouagadougou 03
Tél : (226) 50 48 49 43 , 70 40 15 62
e-mail : ecosan_UE@reseaucrepa.org
Fax : +226 50 36 62 08



SOMMAIRE

I- INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE.....	- 6 -
II- RAPPEL DES TERMES DE RÉFÉRENCE.....	- 8 -
2.1- Objectif global	- 8 -
2.2 - Objectifs spécifiques.....	- 8 -
III- GÉNÉRALITÉS DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	- 8 -
3-1 Milieux physique et naturel de Ouagadougou	- 8 -
3-1-1 Situation géographique	- 8 -
3-1-2 Découpage administratif de Ouagadougou	- 9 -
3-1-3 Climat.....	- 10 -
3-1-4 Pluviométrie.....	- 10 -
3-1-5 Températures.....	- 10 -
3-1-6 Nature des sols	- 11 -
3-2 Population et activités socioéconomiques	- 11 -
3-3 Présentation des sites d'hygiénisation des excréta	- 11 -
IV- ORGANISATION DE L'ÉQUIPE DE TRAVAIL ET	- 13 -
LABORATOIRES COLLABORANT	- 13 -
V- MÉTHODOLOGIE.....	- 14 -
5.1- Revue documentaire	- 14 -
5.2- Échantillonnage des urines	- 14 -
5.3- Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques des urines	- 16 -
5.3.1- Suivi des paramètres microbiologiques.....	- 16 -
5.3.1.1- Préparation des échantillons d'urines.....	- 16 -
5.3.1.2- Analyses bactériologiques des échantillons d'urines	- 17 -
5.3.1.3- Dénombrement des bactéries	- 18 -
5.3.2- Suivi des paramètres physico-chimiques.....	- 19 -
5.3.2.1 Préparation des échantillons d'urine au laboratoire	- 19 -
5.3.2.2 Analyses et mesure.....	- 20 -
5.4- Enquête sur des problèmes de santé	- 20 -
5.4.1- Groupes cibles	- 20 -
5.4.2- Questionnaire	- 21 -
5.4.3- Traitement des données	- 21 -
VI- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	- 21 -
6.1- Suivi des paramètres physico-chimiques dans les urines	- 21 -

6.1.1- Variation de la teneur en azote dans les échantillons d'urines sur les 4 sites.....	21 -
6.1.1.1- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 17 -	22 -
6.1.1.2- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 19 -	22 -
6.1.1.3- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 27 -	23 -
6.1.1.4- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 30 -	24 -
6.1.2- Comparaison des teneurs en azote dans les urines après 30 jours de stockage	25 -
6.1.3- Variation du potentiel hydrogène dans les échantillons d'urines sur les 4 sites.....	26 -
6.1.3- Concentrations en NPK dans les échantillons d'urines hygiénisées	27 -
6.1.4- Les métaux lourds dans les urines hygiénisées	28 -
6.2- Suivi des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'urines.....	29 -
6.3- Résultats de l'enquête sur des problèmes de santé	32 -
6.3.1- Enquête auprès des maraîchers.....	32 -
6.3.2- Enquête auprès des manutentionnaires et personnel des sites	33 -
VII- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	34 -
VIII- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36 -
ANNEXES	38 -

LISTE DES ABREVIATIONS

CREPA :	Centre Régional pour l'eau Potable et l'Assainissement à faible coût
Cd :	Cadmium
Cr :	Chrome
Cu :	Cuivre
ECOSAN :	Assainissement écologique ou Eco-assainissement (Ecological Sanitation)
Gélose XLD :	Gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate
GTZ :	Office allemand pour la coopération technique (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)
LNAE :	Laboratoire National d'Analyses des Eaux
LNSP :	Laboratoire National de Santé Publique
Ni :	Nickel
NPK :	Azote, Phosphore et Potassium
ONEA :	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
Pb :	Plomb
UE :	Union Européenne
UFC :	Unité Formant Colonie
WHO :	Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organization)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre d'échantillons d'urines prélevés par polytank sur les sites	- 16 -
Tableau 2 : Concentrations en métaux lourds dans les échantillons d'urines	- 28 -
Tableau 3. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 17	- 29 -
Tableau 4. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 19	- 30 -
Tableau 5. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 27	- 30 -
Tableau 6. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 30	- 31 -
Tableau 7. Résultats l'enquête sur les problèmes de santé auprès des manutentionnaires	- 33 -

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Situation de Ouagadougou, Capitale du Burkina Faso	- 9 -
Figure 2. Position des secteurs du projet dans la ville de Ouagadougou	- 10 -
Figure 3. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 17	- 22 -
Figure 4. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 19	- 23 -
Figure 5. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 27	- 24 -
Figure 6. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 30	- 24 -
Figure 7. Comparaison des Teneurs en azote dans les urines après 30 jours de stockage .	- 25 -
Figure 8. Variation de pH des urines /site 17	- 26 -
Figure 9. Variation de pH des urines / site 19	- 26 -
Figure 10. Variation de pH des urines / site 27	- 26 -
Figure 11. Variation de pH des urines / site 27	- 26 -
Figure 12. Concentrations en NPK dans les urines / site	- 27 -

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Magasin de stockage de site du secteur 27	- 12 -
Photo 2. Un bloc de fosses d'hygiénisation de fèces	- 12 -
Photo 3. Poly tanks de stockage d'urines sur des supports	- 13 -
Photo 4. Collecte d'urines dans un ménage	- 13 -
Photo 5. Des bidons d'urines collectés en vue d'échantillonnage	- 14 -
Photo 6. Poly tanks réservés pour l'échantillonnage.....	- 14 -
Photo 7. Echantillonnage d'urine et analyses physico-chimiques <i>in situ</i>	- 15 -
Photo 8. Prélèvement d'urines à partir d'un polytank.....	- 15 -
Photo 9. Rampe de filtration sur membrane et milieu de culture en boîte de pétri.....	- 17 -
Photo 10. Ensemencement sur des milieux de culture dans les conditions aseptiques.....	- 17 -
Photo 11. Membrane de filtration incorporée dans la gélose d'une boîte de Pétri	- 17 -
Photo 12. Lecture et dénombrement des colonies bactériennes.....	- 17 -
Photo 13. Spectromètre d'absorption atomique et des accessoires.....	- 20 -

I- INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Le développement durable se définit selon la *World Commission on Environment Development*, comme « un développement qui réponde aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Emmanuel, 2003). Cette définition, largement employée et acceptée, est un véritable défi posé pour la gestion des déchets solides et liquides issus des activités humaines surtout dans les zones à croissance démographique galopante telles les grandes villes des pays en voie de développement.

Dans de nombreuses villes du monde, les populations vivent dans un environnement hautement pollué. Les zones urbaines et périurbaines des pays en développement figurent parmi les habitats les plus insalubres du monde. La plus grande partie de cette pollution, qui conduit à des taux élevés de maladies, de malnutrition et de décès, est due à l'absence de toilettes et à des services d'assainissement inadaptés. L'absence de services suffisants et appropriés est le résultat de nombreux facteurs, à savoir l'insuffisance des ressources financières, la pénurie d'eau potable, le manque d'espace, la difficulté des conditions climatiques et les capacités institutionnelles limitées (Esrey et al. 2001).

Les défis en assainissement sont énormes dans les pays pauvres et vont au-delà des ouvrages fournis aux populations. La gestion des produits issus de ces ouvrages non connectés aux réseaux d'égout, affecte l'environnement et menace la santé des populations.

En vue d'apporter des réponses adéquates aux problèmes d'assainissement que connaissent les populations en zones rurales et urbaines de ses pays membres, le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA), a initié en 2002 un programme de recherche sur l'assainissement écologique « ECOSAN » (CREPA, 2006).

ECOSAN se veut une approche qui apparaît comme une alternative pour la résolution durable des problèmes d'assainissement. Elle est basée sur la valorisation des eaux usées et excréta humains. En matière d'hygiène et de santé, elle vise une amélioration des conditions sanitaires et du cadre de vie des populations. Sur le plan agronomique, la valorisation agricole des sous produits (urine et fèces hygiénisées) augmenterait la productivité et réduirait les besoins en engrais (ECOSAN – INFO, 2007 ; Palmquist et al., 2004).

Au Burkina Faso, le CREPA et ses partenaires techniques la GTZ, l'ONEA ont, depuis 2006, mis en œuvre un projet d'assainissement écologique à grande échelle touchant quatre secteurs

périphériques de la ville de Ouagadougou (Projet ECOSAN_UE1), ce qui est une première expérience urbaine dans le réseau CREPA.

La complexité d'un système ECOSAN en zone urbaine ou périurbaine réside dans la gestion des excréta car ceux-ci sont générés en grande quantité. La sécurisation de l'hygiénisation des excréta par stockage doit donc être prise en compte par les acteurs impliqués dans la gestion du système. En ce qui concerne le projet ECOSAN_UE1, le système mis en place comporte plusieurs niveaux de gestion successifs qui se présentent comme suit :

- La génération/stockage des excréta humains au niveau des latrines ECOSAN lesquelles sont conçues de façon à ce que les urines et les fèces soient séparées à la base ;
- La collecte et le transport des excréta des latrines ECOSAN aux sites d'hygiénisation où les urines sont stockées dans des polytanks (fûts) et les fèces dans des fosses d'hygiénisation totalement couvertes ;
- La livraison des fertilisants agricoles à base d'excréta humains aux maraîchers a lieu au bout des délais requis pour l'hygiénisation ;
- L'application aux sols de l'engrais naturel à base d'excréta hygiénisés.

Si la valeur agronomique de l'urine a été prouvée (Jönsson et al., 2004 ; CREPA, 2006), des questions relatives à la qualité nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de sols amendés avec l'urine hygiénisée restent toujours posées.

L'urine brute provenant des latrines ECOSAN, peut contenir des pathogènes dont le potentiel de survie dans le milieu extérieur dépend du groupe microbien et des facteurs environnementaux (Höglund, 2001 ; Ottosson, 2003). Aussi, par les excréta sont éliminés des micropolluants tels les hormones, les résidus de médicaments, les métaux lourds lesquels peuvent persister dans l'environnement (Vinnerås, 2002; WHO, 2006 ; Winker, 2009).

Pour une évaluation des impacts sanitaires liés à l'utilisation des excréta humains en agriculture, des informations sur les concentrations et la traçabilité de constituants de ces fertilisants naturels sont nécessaires.

Le présent travail consiste à contrôler les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des urines suivant le temps d'hygiénisation. Il s'agit à la fin de cette étude de s'avancer tant soit peu sur la qualité hygiénique et la valeur agronomique du fertilisant agricole à base des urines, dans le cadre d'un système d'assainissement écologique dans quatre secteurs (quartiers) périphériques de la ville de Ouagadougou.

II- RAPPEL DES TERMES DE RÉFÉRENCE

Cette étude a été conduite à la demande de la GTZ, l'un des partenaires techniques du CREPA dans le cadre projet ECOSAN_UE1. D'un montant total d'environ un (1) milliard de francs CFA le projet ECOSAN_UE1 est financé à 74 % par l'Union Européenne, 14 % par le CREPA, 12 % par la GTZ et l'ONEA y contribue en ressources humaines.

Le bureau de la coordination dudit projet a supervisé l'étude qui a été menée en collaboration avec un prestataire externe sous forme de consultation.

Les objectifs contenus dans les termes de références (annexe I) sont rappelés ci-après :

2.1- Objectif global

L'objectif global de l'étude est d'évaluer la valeur agronomique et la qualité sanitaire des urines utilisées comme fertilisant agricole.

2.2- Objectifs spécifiques

- Contrôler les paramètres physicochimiques et microbiologiques des urines en fonction du temps d'hygiénisation ;
- Evaluer les impacts sanitaires auprès des personnes impliquées dans la valorisation des urines dans le cadre d'un système d'assainissement.

III- GÉNÉRALITÉS DE LA ZONE D'ÉTUDE

3-1 Milieux physique et naturel de Ouagadougou

3-1-1 Situation géographique

Capitale du Burkina Faso, Ouagadougou est situé à 12°20' de latitude Nord et 1°30' de longitude Ouest. Sa superficie est d'environ 220 Km² avec une densité moyenne de 35 habitants / hectare et une population estimée à environ 1.100.000 habitants (INSD, 2000).

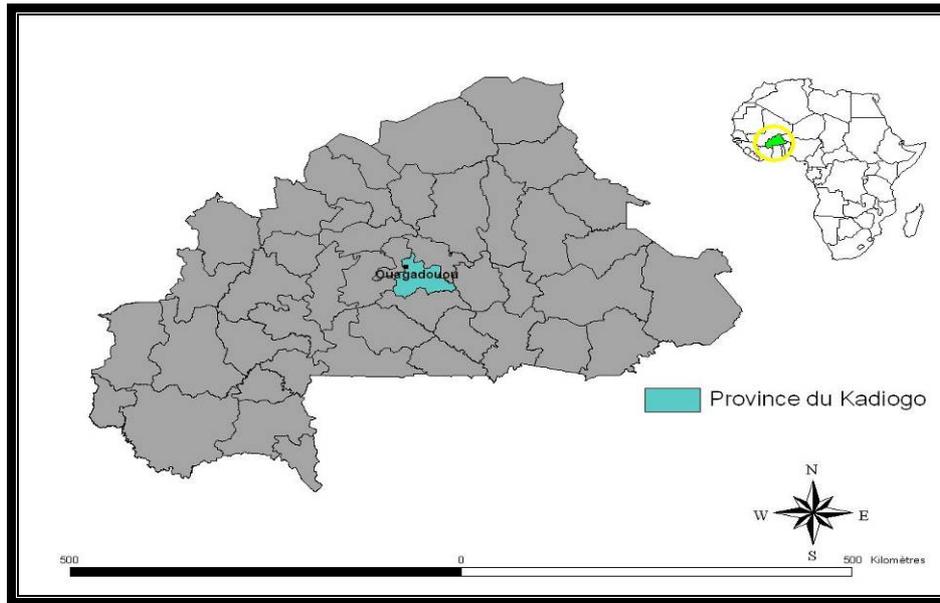


Figure 1. Situation de Ouagadougou, Capitale du Burkina Faso

3-1-2 Découpage administratif de Ouagadougou

La commune de Ouagadougou est répartie en cinq arrondissements communaux subdivisés en trente secteurs et dix-sept villages administrativement rattachés à certains arrondissements, en l'occurrence :

- Baskuy, qui comprend 12 secteurs, soit les secteurs 1 à 12 ;
- Bogodogo, constitué par les secteurs 14, 15, 28, 29, 30 ;
- Boulmouigou, avec 4 secteurs 16 à 19 et 4 villages ;
- Nongremasson, comprenant 6 secteurs constitués par les secteurs 13 et 23 à 27 et 6 villages ;
- Sig-nonghin, avec les secteurs 20 à 22 et 6 villages.

La figure 2 donne la situation des secteurs de la ville de Ouagadougou tout en indiquant la position des quatre secteurs d'intervention du projet ECOSAN_UE1. Il s'agit des secteurs 17, 19, 27 et 30 de Ouagadougou.

À Ouagadougou, les plans d'eau des barrages jouent un rôle de modérateur thermique. Mais les températures restent tout de même élevées avec la moyenne annuelle d'environ 30 °C. Les températures minimale et maximale sont de 19 °C et 40 °C respectivement.

3-1-6 Nature des sols

La technologie d'assainissement autonome à adopter est fortement tributaire de la capacité d'infiltration des sols, du toit de la nappe phréatique et de la cuirasse latéritique. Les sols à Ouagadougou ont une perméabilité moyenne pour les eaux usées comprise entre 10 et 40 l/j.m², ce qui n'est pas très alarmant. La nappe phréatique remonte souvent à moins d'un mètre du niveau du sol dans la zone commerciale et dans certains quartiers périphériques se trouvant le long des retenues des barrages. Dans ces zones ainsi que les zones de faible capacité d'infiltration du sol comme les secteurs 18, 19, 22 et 25 par exemple, le risque de contamination de la nappe est réel par des ouvrages comme les puisards et les trous de latrines non étanches.

3-2 Population et activités socioéconomiques

Le taux d'urbanisation au Burkina Faso est d'environ 17,6 %, et 57 % de la population urbaine se concentre à Ouagadougou. Au dernier recensement en 2006, la population de Ouagadougou était de 1.391.520 habitants soit environ 10 % de la population nationale.

Généralement le nombre d'habitants par secteur à Ouagadougou dépend de la superficie. Ainsi pour les quatre secteurs de Ouagadougou touchés par le Projet ECOSAN_UE1, la population selon les recensements des deux dernières années, se présente comme suit :

le secteur 17 comprenait 26.754 habitants ; le secteur 19 avec 44.827 habitants ; le secteur 27, 38.719 habitants et le secteur 30, 100.331 habitants.

Les activités économiques dominantes des chefs de ménages dans les secteurs de Ouagadougou touchés par le Projet ECOSAN_UE1, sont sensiblement les mêmes. Ils sont constitués entre autres des commerçants, des fonctionnaires, des agents privés, des maraîchers.

3-3 Présentation des sites d'hygiénisation des excréta

Dans chacun des quatre secteurs périphériques touchés par le projet ECOSAN_UE1, se trouve un site d'hygiénisation des excréta. Les terrains des sites sont des propriétés des municipalités des secteurs concernés. Les superficies de terrains sont telles que 5.878 m² pour le site du

secteur 17, 1.126 m² pour le site du secteur 19, 4.636 m² pour le site du secteur 27 et 1.941 m² pour le site du secteur 30.

Chaque site d'hygiénisation est aménagé et équipé comme suit :

- Un (01) bâtiment de 12 m² avec un hangar de 6 m² qui servent respectivement de bureau à l'agent technique et d'abri pour le gardien.
- Un (01) magasin de 45 m² avec une terrasse couverte de 45 m² (photo 1). Le magasin sert au stockage des excréta hygiénisés et des matériels (bidons, sacs, brouettes, pelles, etc.)
- Deux (02) blocs de fosses d'hygiénisation composés de 08 fosses au total, dont chacune a une capacité de 6 m³. Les fosses d'hygiénisation reçoivent les fèces provenant de latrines ECOSAN.
- Des supports de polytanks de stockage d'urines pouvant supporter 10 polytanks aux secteurs 17 et 30 et 5 polytanks pour les secteurs 19 et 27 (voir photo 3). Chaque polytank a une capacité de 1000 litres; il sert à stocker les urines collectées de latrines ECOSAN dans les ménages bénéficiaires.
- Le site d'hygiénisation est doté d'un branchement d'eau courante et d'une latrine ECOSAN.



Photo 1. Magasin de stockage de site du secteur 27



Photo 2. Un bloc de fosses d'hygiénisation de fèces



Photo 3. Polytanks de stockage d'urines sur des supports



Photo 4. Collecte d'urines dans un ménage

A la date du 15 juin 2009, approchant la fin du projet ECOSAN_UE1, le nombre de réalisations des latrines ECOSAN par secteur est tel que : 367 latrines pour le secteur 17, 116 latrines pour le secteur 19, 162 latrines pour le secteur 27 et 286 latrines pour le secteur 30, soit un total de 931 latrines.

IV- ORGANISATION DE L'ÉQUIPE DE TRAVAIL ET LABORATOIRES COLLABORANT

- L'étude a été supervisée par un ingénieur sanitaire du projet ECOSAN_UE1 relevant de l'équipe du projet ECOSAN_UE1.
- Le suivi de campagnes d'échantillonnage, des activités en laboratoires et la rédaction du rapport étaient assurés par un doctorant du réseau CREPA sous l'encadrement du chef de service de Recherche du CREPA.
- L'équipe d'enquêteurs était constituée d'une part de trois (3) techniciens agronomes travaillant sur des sites maraîchers concernés par le projet ECOSAN_UE, et d'autre part de deux (2) animatrices d'associations de collecteurs des excréta.
- Deux (2) laboratoires locaux, le laboratoire National d'Analyses des Eaux (LNAE) et le laboratoire National de Santé Publique (LNSP) ont collaboré pour l'échantillonnage des urines et des analyses bactériologiques et physico-chimiques.

V- MÉTHODOLOGIE

5.1- Revue documentaire

Une revue des documents existants sur les aspects agronomiques et risques sanitaires liés à l'assainissement écologique, a permis de faire le point de l'état des connaissances, de développer la méthodologie et l'interprétation des résultats d'analyses.

5.2- Échantillonnage des urines

L'échantillonnage des urines sur les quatre sites d'hygiénisation s'est déroulé en deux campagnes successives.

La première campagne d'échantillonnage s'est déroulée du 16 au 30 Mars 2009. Au cours de cette campagne, trois (3) points de prélèvements d'urines ont été considérés.

- Les bidons jaunes contenant des urines brutes ;
- Les polytanks (fûts) contenant des urines brutes (au temps initial) ;
- Les polytanks (fûts) contenant des urines hygiénisées à trente jours.

Au niveau de chaque site d'hygiénisation, les prélèvements ont été effectués respectivement dans dix (10) bidons remplis d'urines brutes, dans un premier polytank rempli d'urines à l'instant initial (t_0) et un deuxième polytank contenant des urines stockées pendant trente (30) jours.



Photo 5. Des bidons d'urines collectés en vue d'échantillonnage



Photo 6. Polytanks réservés pour l'échantillonnage d'urines sur un site



Photo 7. Echantillonnage d'urine et analyses physico-chimiques *in situ*

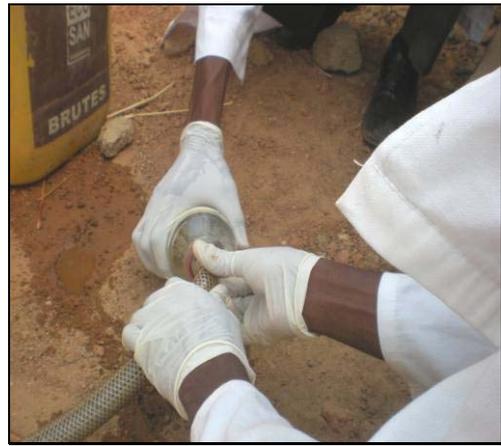


Photo 8. Prélèvement d'urines à partir d'un polytank

Tous les prélèvements ont été effectués dans des flacons en verre borosilicaté stérilisés, de 200 millilitres de capacité. Les valeurs de température et de potentiel hydrogène (pH) dans les urines ont été prises « in situ » au niveau des sites d'hygiénisation, puis confirmées au laboratoire.

Chaque prélèvement a été réalisé dans les conditions stériles et était précédé par une homogénéisation énergétique des urines dans les contenants.

Toutes les fois les prélèvements d'urines ont été effectués dans les polytanks, les échantillons étaient pris en doubles exemplaires.

La deuxième campagne d'échantillonnage était intervenue au bout de quarante-cinq jours d'hygiénisation. A cet effet, seuls les polytanks contenant des urines stockées pendant 45 jours ont concerné la deuxième campagne d'échantillonnage.

Les numéros de polytanks et le nombre d'échantillons d'urines prélevés par polytank sur les sites d'hygiénisation au cours de deux campagnes d'échantillonnage sont indiqués dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Nombre d'échantillons d'urines prélevés par polytank sur les sites

Sites	Secteur 17	Secteur 19	Secteur 27	Secteur 30
Nombre d'échantillons	<i>Première campagne d'échantillonnage</i>			
	2 / polytank n° 5	2 / polytank n° 2	2 / polytank n° 2	2 / polytank n° 7
	2 / polytank n° 2	2 / polytank n° 4	2 / polytank n° 1	2 / polytank n° 1
	<i>Deuxième campagne d'échantillonnage</i>			
	2 / polytank n° 5	2 / polytank n° 2	2 / polytank n° 2	2 / polytank n° 7
Total	6	6	6	6

Vingt et quatre (24) échantillons d'urines ont été prélevés dans les polytanks sur les quatre sites au cours des deux campagnes d'échantillonnage. Ce nombre d'échantillons additionné aux quarante (40) échantillons prélevés des bidons, a donné un total de soixante et quatre (64) échantillons d'urines pour des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

A chaque sortie, les échantillons d'urines prélevés étaient transportés au laboratoire et conservés en moins de 2 heures à la température de congélation pour des analyses ultérieures.

5.3- Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques des urines

5.3.1- Suivi des paramètres microbiologiques

Cinq (5) paramètres bactériologiques ont fait l'objet d'analyses dans les urines, ce sont :

- Coliformes fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Staphylocoques ;
- *Escherichia coli* ;
- Salmonelles.

5.3.1.1- Préparation des échantillons d'urines au laboratoire

Après homogénéisation de l'échantillon d'urines initial, on effectue une série des dilutions dans une solution stérile de Ringer avec des taux de dilutions allant de 1/10 à 1/100.

Ce sont des échantillons d'urines diluées qui sont utilisés pour la détection et le dénombrement des bactéries.

5.3.1.2- Analyses bactériologiques des échantillons d'urines

La méthode utilisée pour la recherche des bactéries est celle basée sur la filtration sur membrane comme indiquée dans les images ci-après :



Photo 9. Rampe de filtration sur membrane et milieu de culture en boîte de pétri



Photo 10. Ensemencement sur des milieux de culture dans les conditions aseptiques

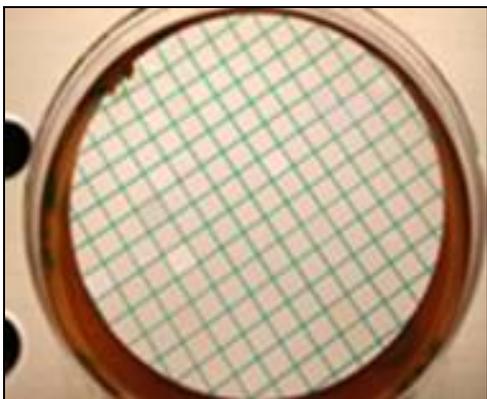


Photo 11. Membrane de filtration incorporée dans la gélose d'une boîte de Pétri



Photo 12. Lecture et dénombrement des colonies bactériennes

Pour ce faire, nous avons procédé comme suit :

Une fois que le montage des supports et entonnoirs stériles sur la rampe est terminé, nous mettons l'appareil en marche à vide dans un premier temps. Puis nous déposons une membrane filtrante stérile ($0,45 \mu\text{m}$ de diamètre) sur le support de filtre en se servant d'une pincette stérilisée par flambage à l'alcool. Ensuite, un entonnoir est fixé fermement sur le support dans lequel un volume précis de l'échantillon est versé. Le volume d'urines est filtré

sous vide. Lorsque tout le volume de l'échantillon d'urine ait été filtré, nous retirons la membrane de filtration pour la déposer dans les conditions stériles sur une boîte de pétri contenant un milieu de culture solide (gélose) avant d'être porté à l'incubation à des températures précises dépendant des bactéries à identifier.

Pour les ensemencements, les milieux de culture utilisés varient selon les bactéries recherchées.

- Les Coliformes fécaux et *Escherichia coli*, ont été recherchés en utilisant le « Rapid E. Coli 2 Agar ». Au bout de 18 à 24 heures d'incubation à 44°C, nous effectuons la lecture. Les colonies des coliformes fécaux sont bleues tandis que celles de *E. coli* apparaissent en violet.
- Nous avons recherchés les Streptocoques fécaux en cultivant sur « Slanetz et Bartley agar ». La lecture des colonies était intervenue après 44 +/- 4 heures d'incubation à 37°C. Les colonies apparaissent en rose ou rouge foncé avec ou sans auréole blanche.
- Pour la recherche des Staphylocoques, la gélose Chapman a été utilisée. La lecture a été faite au bout de 44 +/- heures d'incubation à 37°C. Les colonies mannitol (+) sont entourées d'une auréole jaune.
- La détection des Salmonelles dans les échantillons d'urines a nécessité trois (3) étapes successives ; le pré-enrichissement, l'enrichissement et l'identification.

Le pré-enrichissement : on a introduit 1 ml de l'échantillon d'urines dans trois tubes contenant chacun 10 ml salmosyst bouillon de base. Les cultures sont incubées à 37°C pendant 6 à 8 heures. Les cultures obtenues sont par suite enrichies.

L'enrichissement : pour ce faire, on ajoute un comprimé de salmosyst supplément sélectif dans chaque tube. Les tubes sont gardés à 37°C pendant 18 à 22 heures. Les cultures enrichies servent à l'identification des Salmonelles.

L'identification : les cultures enrichies servent à ensemercer de la gélose XLD coulée dans des grandes boîtes de pétri, par la technique des stries serrées. Les milieux solides ensemencés sont incubés à 37°C pendant 24 heures. Les Salmonelles forment des colonies translucides sur fond rouge orange avec ou sans centre noir.

5.3.1.3- Dénombrement des bactéries

Les colonies comptées sur les milieux de culture en boîtes de pétrie correspondent à la charge bactérienne de l'inoculum ensemencé. Tenant compte des taux de dilution des échantillons d'urines, on calcule le nombre de bactéries dans les échantillons d'urines de départ en se

rapportant à la formule mentionnée ci-dessous. Les résultats des analyses sont exprimés en nombre de colonies caractéristiques de bactéries (UFC) par 100 ml d'échantillon d'urines.

$$C_s = \frac{N}{n_1 v_1 d_1 + n_2 v_2 d_2} \times V_s$$

C_s : nombre de bactéries dans le volume de référence V_s

V_s : volume de référence choisi pour exprimer la charge bactérienne

N : somme de toutes les colonies comptées dans les boîtes provenant des dilutions d_1 et d_2

n_1, n_2 : nombre de boîtes comptées pour les dilutions d_1 et d_2

v_1, v_2 : volumes d'essais utilisés pour les dilutions d_1 et d_2

d_1, d_2 : dilutions utilisées pour les prises d'essais v_1, v_2

5.3.2 Suivi des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques analysés sont :

- Le potentiel hydrogène,
- L'azote ammoniacal,
- Le phosphore,
- Le potassium,
- Les métaux lourds (Cuivre, Chrome, Nickel, Plomb, Cadmium).

5.3.2.1 Préparation des échantillons d'urine au laboratoire

Les analyses d'azote, phosphore, potassium (NPK) et de métaux lourds dans les urines ont nécessité un prétraitement des échantillons.

Les échantillons d'urines prélevés dans des flacons propres sont préservés en abaissant le pH entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique ou nitrique concentré puis, conservés à 4°C.

Avant d'effectuer les analyses d'azote ammoniacal et de phosphore total, les échantillons d'urines ont été neutralisés par l'hydroxyde de sodium. A cause des concentrations en azote ammoniacal très élevées, les échantillons d'urines ont été dilués. Le taux global de dilution étant de 1/10 000. Des réactifs spécifiques de chaque élément chimique ont été utilisés pour permettre les analyses.

5.3.2.2 Analyses et mesure

- Le potentiel hydrogène (pH) a été mesuré *in situ* pour chaque échantillon d'urines en se servant d'une sonde multi paramètre (pH-mètre 197i / Multi 340i).
- L'azote ammoniacal et le phosphore total ont été dosés par la méthode de Nessler avec un Spectrophotomètre d'absorption moléculaire (DR/2400). La lecture est faite en absorbance à 655 nm. Le dosage de potassium a été fait avec un photomètre à flamme.
- Pour le dosage des métaux lourds, le principe consiste à injecter une partie de l'échantillon acidifié dans le tube graphite (chauffé électriquement) du spectromètre d'absorption atomique avec une atomisation électrothermique. La lecture pour chaque élément métallique s'est faite à une longueur d'onde comprise entre 283,8 nm et 357,9 nm.



Photo 13. Spectromètre d'absorption atomique et des accessoires

5.4- Enquête sur des problèmes de santé

5.4.1- Groupes cibles

Cette enquête préliminaire sur des problèmes de santé dus ou aggravés par l'activité professionnelle, a été menée du 16 au 30 Mars 2009. Les participants à l'enquête sont des personnes dont les activités se rapportent à la réutilisation des urines dans le cadre d'un système d'assainissement écologique mis en place dans chacun des quatre secteurs périphériques de Ouagadougou touchés par le Projet ECOSAN_UE1.

Les deux groupes cibles inclus dans cette étude sont :

→ Des maraîchers, exerçant leurs activités sur des sites de maraîchage identifiés et ayant été pour la plupart formés aux techniques d'application au sol de l'engrais liquide à base des urines. La majorité des maraîchers participant à l'enquête a déjà utilisé, au cours des six (6) derniers mois l'engrais à base des urines même à titre démonstratif.

→ Les manutentionnaires et personnel des sites d'hygiénisation, sont chargés de la collecte des bidons d'urines des ménages vers l'un des quatre sites d'hygiénisation et assurent le transvasement des urines et l'entretien des sites. Les participants à l'enquête sont membres des associations de collecteurs d'excréta répertoriées pour le compte du projet ECOSAN_UE1. Les acteurs appartenant à ce groupe ont entre un (1) à huit (8) d'activité professionnelle en marge du projet d'assainissement écologique dans les quatre secteurs périphériques de Ouagadougou.

5.4.2- Questionnaire

Les participants à l'enquête étaient soumis à un questionnaire (voir annexe III), dans lequel ils devraient préciser le type d'activité menée, les mesures de protection prises au cours de l'activité. Des questions sur d'éventuels problèmes de santé, en particulier ceux relatifs aux irritations cutanées provoquées ou aggravées par l'activité et ce, depuis le début de l'activité.

5.4.3- Traitement des données

Les données de l'enquête ainsi que les résultats d'analyses en laboratoire, ont été saisis et traités à l'aide du logiciel EXCEL.

VI- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

6.1- Suivi des paramètres physico-chimiques dans les urines

6.1.1- Variation de la teneur en azote dans les échantillons d'urines sur les 4 sites

Les résultats d'analyses en laboratoires sont consignés dans les tableaux de l'annexe II. Les calculs des moyennes arithmétiques des résultats des analyses nous ont permis de dresser des figures pour montrer explicitement, les variations de la teneur en azote en fonction du temps de stockage des urines dans des containers.

6.1.1.1- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 17

La figure 3 montre la variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines en fonction du temps de stockage dans les bidons de collecte et le polytank n° 5 du site d'hygiénisation du secteur 17.

Une concentration d'azote de 6,8 g /l a été obtenue dans les échantillons d'urines prélevés dans le polytank n° 5 au temps initial contre 5,8 g /l obtenue dans le même container après 45 jours de stockage. On constate donc une déperdition d'azote dans les échantillons d'urines prélevés dans le polytank n° 5 au bout de quarante cinq jours de stockage. Le taux de déperdition d'azote étant de l'ordre de 15 %.

Les températures mesurées dans les échantillons d'urines au moment des prélèvements étaient de 39,9°C ; 38°C et 33,2°C respectivement dans les bidons de collecte (t_0), dans le polytank n° 5 au temps initial et au bout de 45 jours de stockage.

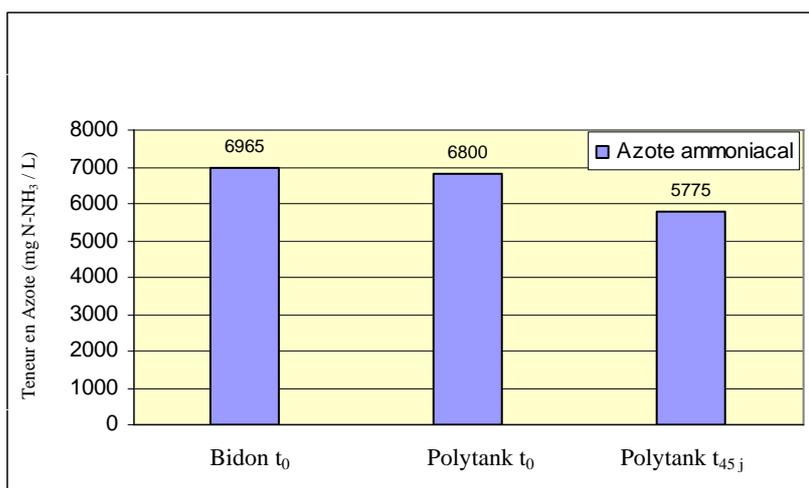


Figure 3. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 17

6.1.1.2- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 19

Les concentrations en azote ammoniacal dans les échantillons d'urines suivant le temps et les conditions de stockage sur le site du secteur 19, sont indiquées sur la figure 4 ci-après :

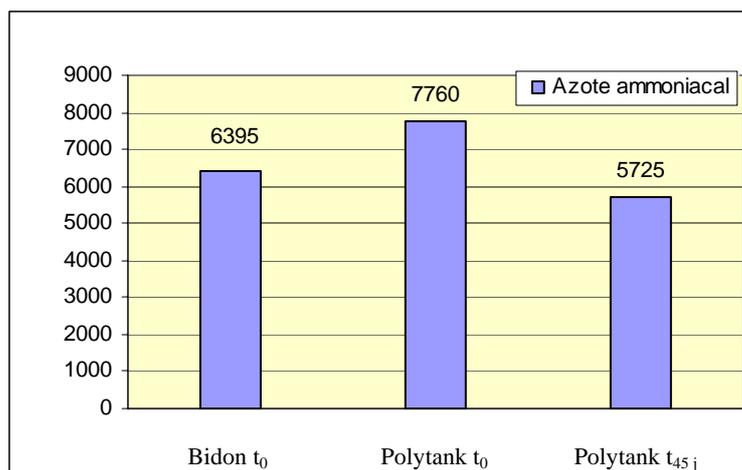


Figure 4. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 19

La concentration moyenne d'azote ammoniacal des urines brutes contenant dans les bidons de collecte est de 6,4 g/l. Cependant, en remplissant d'urines brutes le polytank n° 2 (avec 50 bidons de 20 litres), nous avons obtenus au temps initial une concentration d'azote égale à 7,76 g/l supérieure à la moyenne obtenue dans les dix échantillons d'urines provenant de 10 bidons de collecte. Ce résultat montre l'importance de la variabilité des lieux de collecte des urines. Au bout des 45 jours de stockage des urines dans le polytank n° 2, nous observons une baisse de concentration en azote dans les urines. Le taux de déperdition d'azote étant de l'ordre de 26 %. Les températures moyennes mesurées étaient de 39,3°C dans les échantillons des bidons de collecte; de 37°C dans les échantillons d'urines du polytank n° 2 au temps initial et de 33,9°C dans les urines du même polytank après 45 jours de stockage.

6.1.1.3- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 27

La figure 5, montre la variation de la teneur en azote ammoniacal dans les échantillons d'urines du site du secteur 27.

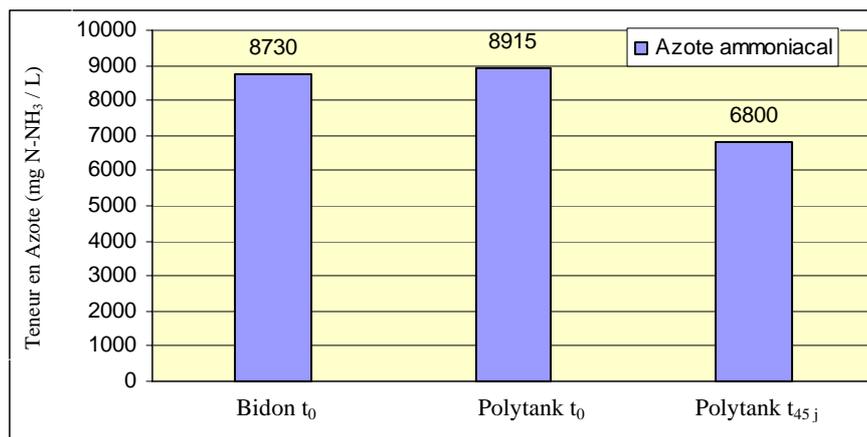


Figure 5. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 27

La concentration en azote dans les échantillons d'urines du polytank n° 2 au temps initial est de 8,915 g/l contre 6,8 g/l dans le même container au bout de 45 jours de stockage. Comme dans les cas des sites de secteurs 17, 19, nous observons une déperdition en azote avec un taux avoisinant 24 %.

Sur le site du secteur 27, les températures mesurées dans les échantillons d'urines au moment des prélèvements étaient de 38,5°C ; 38°C et 37,2°C respectivement dans les bidons de collecte (t₀), dans le polytank n° 2 au temps initial et après 45 jours de stockage.

6.1.1.4- Variation du taux d'azote dans les échantillons d'urines sur le site du secteur 30

La figure 6, montre la variation de la teneur en azote ammoniacal dans les échantillons d'urines du site du secteur 30.

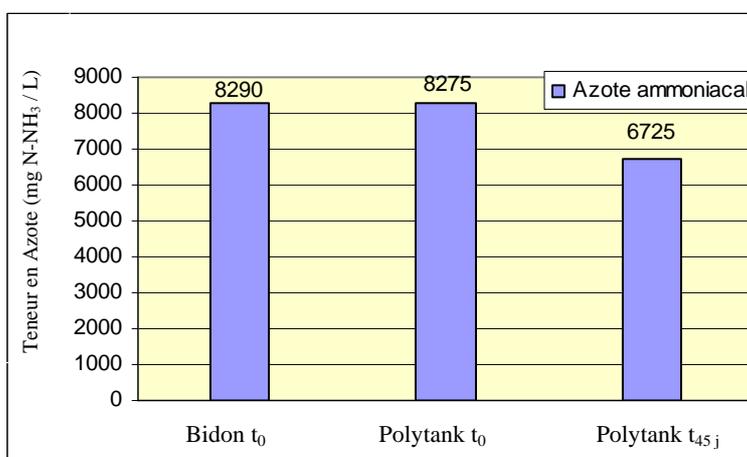


Figure 6. Variation de la teneur en azote des urines / site du secteur 30

Les analyses d'azote ammoniacal dans les échantillons d'urines du polytank n° 7 sur le site du secteur ont donné des résultats tels que 8,2 g/l obtenus dans les échantillons d'urines au temps initial contre 6,7 g/l dans les échantillons d'urines après 45 jours de stockage dans le même polytank. Une déperdition d'azote (environ 19 %) est constatée.

Sur le site du secteur 30, les températures mesurées dans les échantillons d'urines au moment des prélèvements étaient de 30,4°C ; 33°C et 37,7°C respectivement dans les bidons de collecte (t_0), dans le polytank n° 2 au temps initial et après 45 jours de stockage.

Compte tenu du caractère volatil de l'azote ammoniacal, les résultats obtenus permettent d'avancer que l'élévation de la température de stockage des urines dans les containers, qui dépend elle-même de la saison, contribue aux pertes d'azote. Les conditions de stockage liées à la qualité des containers doivent également être considérées.

6.1.2- Comparaison des teneurs en azote dans les urines après 30 jours de stockage

Les résultats ayant servis de comparaison sont ceux obtenus pour les analyses des échantillons d'urines prélevés dans les quatre polytanks à raison d'un polytank sur chacun des 4 sites d'hygiénisation dans les secteurs 17, 19, 27 et 30. Le tableau 1, indique les numéros de polytanks où les prélèvements d'urines ont été effectués. La figure 7, compare les teneurs en azote ammoniacal des échantillons d'urines au bout de 30 jours de stockage

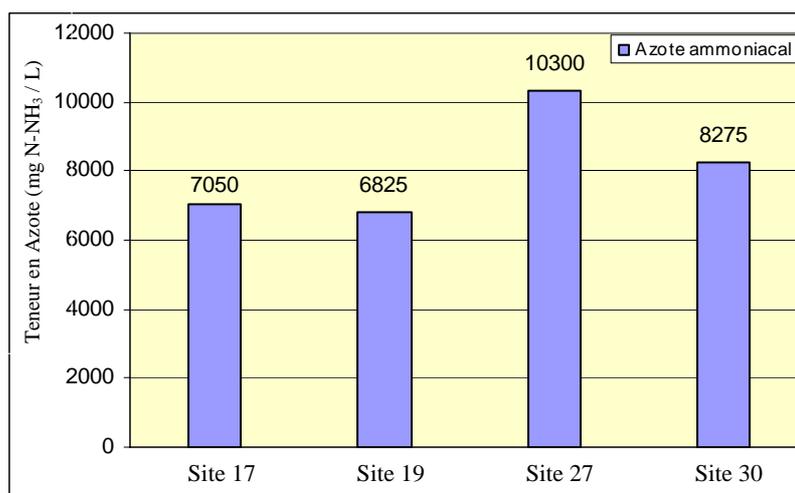


Figure 7. Comparaison des Teneurs en azote dans les urines après 30 jours de stockage

Après 30 jours de stockage des urines dans les polytanks (voir tableau 1 pour les numéros de polytank sur chaque site), les résultats d'analyses sont tels que les concentrations en azote ammoniacal varient entre 6,8 g/l et 10,3 g/l. Les urines stockées pendant 30 jours de stockage sont aussi riches en azote. Toutefois, nous remarquons que les concentrations d'azote obtenues sont légèrement supérieures à celles obtenues dans les mêmes types de containers au bout de 45 jours de stockage dont la moyenne des concentrations pour les quatre sites est de 6,2 g/l. Ces résultats confirment la réalité des déperditions d'azote en fonction du temps de stockage des urines.

6.1.3- Variation du potentiel hydrogène dans les échantillons d'urines sur les 4 sites

Les figures 8, 9, 10 et 11 montrent les variations de pH dans les mêmes échantillons d'urines qui ont faits l'objet des analyses d'azote ammoniacal et dont les résultats sont représentés par les figures 3, 4, 5 et 6.

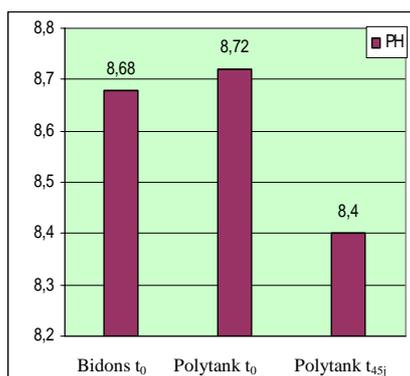


Figure 8. Variation de pH des urines /site 17

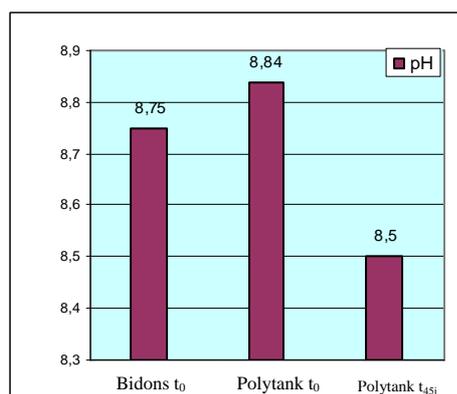


Figure 9. Variation de pH des urines / site 19

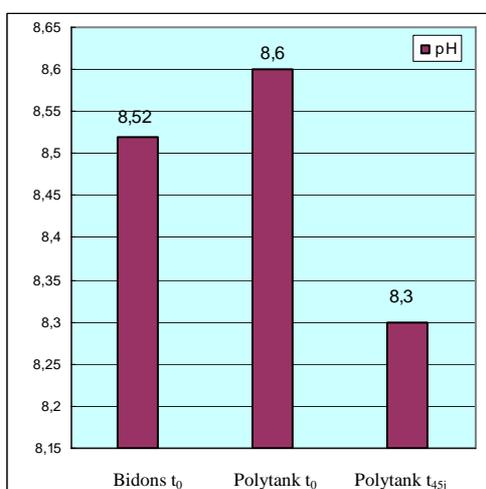


Figure 10. Variation de pH des urines / site 27

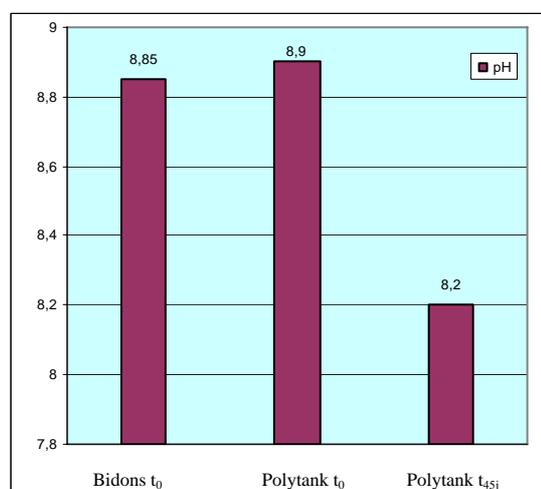


Figure 11. Variation de pH des urines / site 27

Les échantillons d'urines analysés ont des pH basiques. Les valeurs de pH varient de 8,2 à 8,9. Cette tendance alcaline est observée aussi bien pour les échantillons d'urines prélevés dans des bidons de collecte (au niveau des ménages) que ceux prélevés dans les polytanks au temps initial et après l'hygiénisation.

En comparant les variations de taux d'azote et celles de pH des échantillons d'urines prélevés dans les polytanks au temps initial et au bout de 45 jours d'hygiénisation (voir par exemple les figures 3 et 8 pour le site du secteur 17), on remarque que les baisses de concentrations d'azote en fonction du temps de stockage s'accompagnent de diminutions de pH dans les échantillons d'urines. Ces observations confirment les déperditions d'azote constatées au cours du processus d'hygiénisation des urines.

En effet, l'alcalinité des urines stockées vient de la transformation de l'urée de l'urine en ammoniacque (basique).

Les résultats d'analyses d'azote ammoniacal et de pH dans les échantillons d'urines ont permis de montrer que les variations de ces paramètres sont liées.

6.1.3- Concentrations en NPK dans les échantillons d'urines hygiénisées

La figure 12, montre les teneurs des échantillons d'urines en azote, phosphore et potassium après 45 jours de stockage dans les polytanks sur chacun des quatre sites d'hygiénisation.

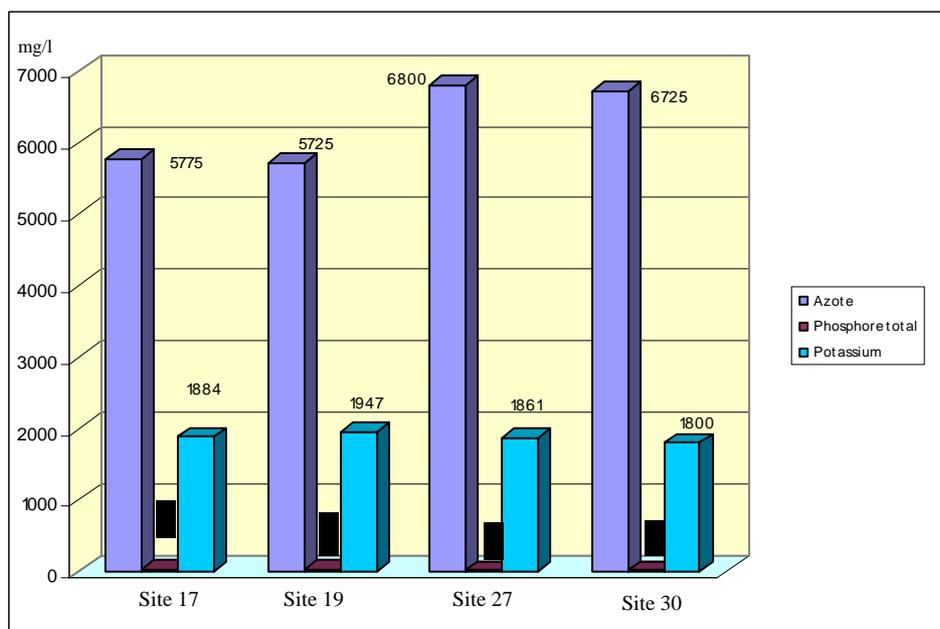


Figure 12. Concentrations en NPK dans les urines / site

Les résultats d'analyses montrent que les concentrations moyennes en azote, phosphore et potassium des urines stockées sur les quatre sites, sont respectivement 6,25 g/l ; 0,02 g/l ; 1,80 g/l. Au regard de ces résultats nous pouvons dire que les échantillons d'urines stockées pendant 45 jours sont riches en potassium et azote, en dépit des déperditions d'azote liées aux conditions de stockage. Nous notons par ailleurs que les échantillons d'urines analysés sont pauvres en phosphore, comparativement aux engrais minéraux par exemple. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus dans les mêmes conditions expérimentales par Bonzi et collaborateurs en 2004, ainsi que Gonidanga et collaborateurs au cours de la même année.

6.1.4- Les métaux lourds dans les urines hygiénisées

Les résultats d'analyses de métaux lourds dans les échantillons d'urines stockées dans un polytank pendant 45 jours, sont indiqués dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Concentrations en métaux lourds dans les échantillons d'urines

Echantillons	Paramètres (en µg/l)				
	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu
P ₁	15,28	154,9	6,97	155,80	5,26
P ₂	15,22	154,8	6,09	154,20	5,28
Valeurs moyennes	15,25	154,85	6,53	155	5,27

Les normes internationales de rejet des eaux usées, actuellement en attente de validation par l'autorité compétente au Burkina Faso, nous donnent des valeurs limites de déversement des eaux usées dans le milieu naturel. Les valeurs sont telles que les teneurs ne doivent pas dépasser 4 mg/l pour le nickel, 1 mg/l pour le cadmium, 5 mg/l pour le chrome et 2 mg/l pour le cuivre. Les résultats d'analyses des urines ont donné respectivement les valeurs suivantes 0,15 mg/l (Ni) ; 0,15 mg/l (Cd) ; 0,006 mg/l (Cr) et 0,005 mg/l (Cu). Les valeurs obtenues sont nettement inférieures aux valeurs limites de rejet fixées.

Au regard des résultats d'analyses, nous pouvons avancer que le fertilisant agricole à base d'urines, ne pas une source de pollution du milieu naturel comparativement à d'autres engrais naturels tels les fumures de bétail (Vinnerås en 2002).

6.2- Suivi des paramètres bactériologiques dans les échantillons d'urines

Les analyses bactériologiques effectuées en laboratoire ont conduit aux résultats consignés dans les tableaux en annexe II de ce rapport. La synthèse des résultats d'analyses nous a permis de dresser les tableaux ci-dessous montrant l'évolution des différents paramètres bactériologiques suivant le temps de stockage. A partir de ces tableaux synthèses, nous faisons des analyses et interprétations qui correspondent.

Tableau 3. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 17

Paramètres bactériologiques	Unité	Nombre de bactéries / Point de prélèvement d'urines				
		Bidons 1-6 ; 8-10	Bidon 7	Polytank t : 0	Polytank t: 30 jours	Polytank t: 45 jours
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0	1.000	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	1.000	0	0	0
Salmonelles	+ / -	-	-	-	-	-
Staphylocoques	UFC/100 ml	0	0	0	0	0
Streptocoques	UFC/100 ml	0	0	30.000	0	0

Tableau 4. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 19

		Nombre de bactéries / Point de prélèvement d'urines						
Paramètres bactériologiques	Unité	Bidons	Bidon	Bidon	Bidon	Pol.	Pol.	Pol.
		1, 4-6, 8-10	2	3	7	t : 0	t : 30 j	t: 45 j
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0	25.000	1.000	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	20.000	0	0	0	0	0
Salmonelles	+ / -	-	-	-	-	-	-	-
Staphylocoques	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques	UFC/100 ml	0	0	40.000	5.000	0	0	0

Tableau 5. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 27

		Nombre de bactéries / Point de prélèvement d'urines								
Paramètres bactériologiques	Unité	Bidons	Bidon	Bidon	Bidon	Bidon	Bidon	Pol	Pol	Pol
		1, 4, 5, 7, 8	2	3	6	9	10	t : 0	t : 30j	t : 45 j
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0	7.500	2.500	90.000	0	2.500	175.000	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	5.000	0	0	0	0	150.000	0	0
Salmonelles	+ / -	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Staphylocoques	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques	UFC/100 ml	0	0	20.000	1.230.000	240.000	30.000	62.500	0	0

Tableau 6. Charge bactérienne dans les échantillons d'urines / Site du secteur 30

Paramètres bactériologiques	Unité	Nombre de bactéries / Point de prélèvement d'urines							
		Bidons 1, 3-6, 10	Bidon 2	Bidon 7	Bidon 8	Bidon 9	Pol. t: 0	Pol. t: 30 j	Pol. t: 45 j
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	0	345.000	40.000	45.000	120.000	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	.500	0	0	0	0	0	0
Salmonelles	+ / -	-	-	-	-	-	-	-	-
Staphylocoques	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	1.250.000	0	0

Les analyses des échantillons d'urines prélevés dans des bidons de collecte venant directement des ménages, ont montré la présence des Coliformes fécaux, d'*Escherichia coli* et de Streptocoques dont les charges varient selon les bidons de collecte. Nous remarquons également que la fréquence de bidons de collecte d'urines contaminées est de 1/10 pour les échantillons du site du secteur 17 ; 3/10 pour ceux du site 19 ; 5/10 pour le site 27 et 4/10 pour le site du secteur 30.

Sur les 40 bidons échantillonnés, 13 ont été contaminés, soit environ 33 % des bidons. Nous remarquons que 11 des 13 bidons sont contaminés par les Coliformes fécaux, contre 6 bidons sur les 13 par les Streptocoques fécaux et 4 bidons contaminés par *Escherichia coli*.

La fréquence élevée des bidons contaminés par les Coliformes fécaux (11/13) indique une contamination fécale. Ce résultat est confirmé par les contaminations des urines par *E. coli* (4 bidons sur les 13 bidons positifs).

Les résultats d'analyses des échantillons d'urines prélevés dans les polytanks au temps initial montrent que sur les quatre polytanks échantillonnés, celui du site 19 n'est pas contaminé trois polytanks (sites 17, 27 et 30) sont contaminés par les Streptocoques dont la charge moyenne est de 5×10^5 bactéries dans 100 ml d'urines. Les urines prélevées dans le polytank du site 27, sont contaminées par les Coliformes fécaux, *E. coli* et les Streptocoques dont les charges respectives sont de l'ordre de 17×10^4 UFC/100 ml ; 15×10^4 UFC/100 ml ; 6×10^4 UFC/100 ml.

Les travaux menés par Gonidanga et al. en 2004 ont montré un abattement considérable en Coliformes fécaux et Streptocoques dans les urines après une semaine de stockage dans des bidons de 20 litres. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Höglund en 2001, qui a montré que l'inactivation des microorganismes était plus importante lorsque les conditions suivantes sont réunies ; l'anaérobie, la tendance alcaline des urines et l'élévation de la température.

Les analyses effectuées avec des urines stockées pendant 30 jours, n'ont pas montré des germes. Le facteur temps d'exposition des germes aux conditions défavorables du milieu indiquées plus haut, aurait contribué à la disparition des germes dans les échantillons d'urines.

Un seul échantillon d'urines prélevé d'un bidon de collecte a montré la présence de Salmonelles. Ce résultat confirmerait les contaminations des urines par les selles aux lieux de génération que sont les latrines ECOSAN.

La recherche des Staphylocoques n'a donné aucun résultat positif pour l'ensemble des échantillons d'urines analysés.

Au regard des résultats d'analyses bactériologiques, nous pouvons dire que la contamination d'origine fécale des urines provenant des latrines ECOSAN, est certaine. Cependant d'autres sources de contaminations telles les sols, les eaux usées sont à prendre en compte par le fait que des germes tels les Streptocoques survivent plus longtemps dans l'environnement. Un temps de stockage d'urines de 30 jours a suffit pour inactiver les germes des urines.

6.3- Résultats de l'enquête sur des problèmes de santé

Au total 152 personnes ont participé à l'enquête dont 133 maraîchers, 19 manutentionnaires et personnel des sites d'hygiénisation. Les résultats de l'enquête sont présentés suivant les groupes cibles.

6.3.1- Enquête auprès des maraîchers

Sur la base de la fréquence d'utilisation de l'engrais à base des urines parmi les 133 maraîchers, les résultats de l'enquête sont tels que :

- 30 maraîchers soit 23 % utilisent régulièrement l'engrais liquide ;
- 101 maraîchers soit 75 % utilisent rarement l'engrais liquide ;
- 2 maraîchers soit 2 % n'ont pas encore utilisé de l'engrais liquide à base d'urines.

Aucun maraîcher parmi les 30 utilisant régulièrement de l'engrais liquide à base d'urines hygiénisées depuis le début de l'activité, n'a connu de problèmes d'irritations de la peau par le fait de manipuler le fertilisant agricole à base des urines hygiénisées. Toutefois, un (1) maraîcher sur les trente s'est plaint de ballonnements de ventre chaque fois qu'il s'exposait aux gaz nauséabonds émanant du fertilisant liquide à base des urines hygiénisées.

6.3.2- Enquête auprès des manutentionnaires et personnel des sites

Tableau 7. Résultats l'enquête sur les problèmes de santé auprès des manutentionnaires

Indicateurs sanitaires	Nombre de cas	Pourcentage (%)
- Panaris, furoncles	0	
Autres problèmes de santé :		
- Démangeaisons cutanées	2	10,6
- Ballonnements de ventre	4	21,2
- Picotements aux yeux	1	5,3
- Maux de cœur	1	5,3

Au cours d'une période d'activités dont la durée moyenne est de six (6), l'enquête n'a montré aucun cas de panaris et de furoncle parmi les acteurs ayant participé à l'étude. Ce résultat laisse supposer que l'exposition aux Staphylocoques, principaux germes responsables de ces maladies a été faible ou quasiment nulle. Le pourcentage de personnes se plaignant de ballonnements de ventre est important (21,2 %) ; des fortes odeurs inhalées au cours de manipulation des urines seraient la cause de ces malaises. Des cas de ballonnements de ventre suivis de vomissement ont été mentionnés dans des travaux de recherche menés au sein du réseau CREPA.

L'enquête a montré des cas de démangeaisons cutanées et de picotements aux yeux. Ces problèmes de santé seraient dus à la nature alcaline corrosive de l'ammoniac contenu dans les urines. Un (1) cas a été trouvé, se plaignant de maux de cœur à la suite de séances de manipulation d'urines. Sur ce, nous ne pouvons cependant pas faire un lien entre ces maux de cœur et le fait de manipuler les urines. Il est à remarquer que d'après une canadienne, il a été montré que le tissu cardiaque serait un organe cible pour l'ammoniac (Santé Canada, 1987).

Somme toute, nous pouvons dire qu'à l'étape actuelle de notre étude et au regard des résultats obtenus, nous ne peut avancer avec certitude que les problèmes de santé apparus chez les personnes manipulant les urines, auraient été causés ou aggravés par le fait de leurs activités professionnelles. Des études plus approfondies telles les enquêtes de type cohorte, s'inscrivant dans la durée seraient envisageables.

VII- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail nous a permis de suivre les variations des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans 64 échantillons d'urines les uns provenant des bidons de collecte et les autres de polytanks de stockage. Les résultats d'analyses d'azote dans les échantillons d'urines prélevés dans les polytanks de stockage ont montré des déperditions d'azote suivant le temps de stockage. Les taux de déperditions obtenus varient entre 15 % et 26 %.

Aussi, les analyses physico-chimiques des urines ont montré que les diminutions des teneurs en azote s'accompagnaient de celles du pH, dont les valeurs dans les urines stockées oscillaient entre 8 et 9. Les températures des échantillons d'urines, lesquelles sont tributaires de la saison, auraient un effet sur les déperditions d'azote ammoniacal, compte tenu du caractère volatil de ce produit.

Les résultats d'analyses du NPK dans les échantillons d'urines stockées pendant 45 jours, ont donné des valeurs telles que 6,25 g/l ; 0,02 g/l ; 1,80 g/l respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium. Ces résultats confirment la valeur fertilisante des urines notamment par rapport à l'azote. Il faut toutefois noter des disproportions entre la concentration du phosphore (0,02 g/l) et celles des autres constituants du fertilisant à base des urines (6,25 g/l pour l'azote et 1,80 g/l pour le potassium).

Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les urines ont montré des concentrations faibles comparativement celles d'autres sources potentielles telles que les engrais naturels à base des fumures de bétail (Vinnerås en 2002).

Pour le suivi des paramètres bactériologiques, l'étude a montré qu'environ 33 % de bidons d'urines analysées étaient contaminés par les Coliformes fécaux, E. coli et les Streptocoques. Les Salmonelles ont été détectées dans un seul échantillon sur les 64 analysés. Les Staphylocoques n'ont pas été identifiés dans les échantillons d'urines analysés.

Aussi, la recherche des bactéries dans les échantillons d'urines stockées pendant 30 jours dans des polytanks, n'a permis de détecter aucune bactérie. Le temps de stockage ainsi que les conditions de stockage liées à l'anaérobie, au pH alcalin des urines.

Les résultats d'analyses bactériologiques obtenus, nous permettent de dire que la contamination fécale des urines provenant des latrines ECOSAN est certaine. Cependant d'autres sources de contaminations telles les sols, les eaux usées sont à prendre en compte à cause du caractère ubiquitaire des bactéries.

En plus, un temps de stockage d'urines de 30 jours dans les polytanks a suffi pour inactiver les bactéries dans les urines.

En ce qui concerne les résultats de l'enquête sanitaire auprès des personnes manipulant les urines, nous pouvons avancer que les collecteurs d'urines, les manutentionnaires et personnel de sites d'hygiénisation sont potentiellement plus exposés aux risques liés à leur activité comparativement aux maraîchers.

Les résultats obtenus dans cette étude nous permettent de formuler les recommandations suivantes :

- Le temps d'hygiénisation des urines de 30 jours dans les containers garantissant l'anaérobie se doit d'être observé avant de livrer de l'engrais liquide aux maraîchers.
- La sensibilisation des usagers des latrines ECOSAN doit se poursuivre afin de limiter les contaminations croisées.
- Les manipulateurs d'urines doivent être sensibilisés à observer les mesures de protection lors de leurs activités.
- Pour les analyses biologiques en laboratoires, envisager des techniques basées sur la biologie moléculaire, la PCR (Polymerase Chain Reaction) ; plus rapides et sensibles.
- Etendre les analyses microbiologiques sur les pathogènes plus résistants que sont entre autres les virus, les kystes et les helminthes.

VIII- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bonzi M. et Koné A., 2004. Techniques d'utilisation des urines humaines comme engrais azoté pour les cultures maraîchères, fiche technique

CREPA, 2006. Boîte à outils - Volet agronomique.

<http://www.reseaucrepa.org/publ/recherche/ecosan.htm>

ECOSAN – Info, 2007. Bulletin d'information du programme d'Assainissement Ecologique du CRE PA, N°11.

<http://www.reseaucrepa.org/content/download/1430/11470/file/ECOSAN%20Info%20N°11>.

Emmanuel, E., 2003. Evaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse doctorat, LAEPSI INSA de Lyon.

Esrey, S., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., Vagas, J. 2001. Assainissement écologique. Asdi, Stockholm, Suède; 91 pages.

Gonidanga S.B., Amah K., Adrien A., Cheik T. 2004. Etude du processus d'hygiénisation des urines en vue d'une utilisation saine en agriculture. Communication au premier forum du réseau CREPA (2004): 39-40.

Höglund, C., 2001. Evaluation of microbial 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. Available at:

<http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/hoglund010223.pdf>

Jönsson, H. and Vinnerås, B., 2004. Adapting the nutrient content of urine and fèces in different countries using FAO and Swedish data. In: *Ecosan – Closing the loop*. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lübeck, Germany. pp 623-626.

Ottosson, J., 2003. Hygiene aspects of greywater and greywater reuse. Licentiate thesis, Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Palmquist, H. and Jönsson, H., 2004. Urine, fèces, greywater, greywater and biodegradable solid waste as potential fertilizers. In: *EcoSan – closing the loop*. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, Incorporating the 1st IWA Specialist Group Conference on Sustainable Sanitation, 7th-11th April, Lübeck, Germany, pp. 587-594.

PSAO, 1993. Plan Stratégique d'Assainissement de la ville de Ouagadougou.

Santé Canada, 1987. Effets toxiques de l'ammoniac.

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs...

Vinnerås, B., 2002. Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. *Agraria 353, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden.

Winker, M., 2009. Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to usage as fertiliser in agriculture. Doctorate thesis. Technischen Universität Hamburg-Harburg. ISBN 978-3-930400-41-6.

WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. World Health Organization. Geneva, Switzerland.

ANNEXES