

Hygiénisation par stockage et valorisation agronomique des urines comme fertilisant en riziculture irriguée à Katiola

[Hygienization by storage and agronomic valorization of urine as fertilizer in irrigated rice cultivation in Katiola]

Kinanpara KONE^{1,2}, Yves Kotchi BONY^{1,2}, and Théophile GNAGNE^{3,4}

¹Unité de Formation et de Recherche en Environnement (UFR), Université JEAN LOROUGNON GUEDE ; BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁴Laboratoire Géosciences et Environnement UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the perspective of exploiting the economic opportunities for the recovery and reuse of waste as resources, our study aims to promote sanitation and improve agricultural productivity. It was assessed by collecting urine from households and drinking establishments in Katiola city, Toumbokaha and Kassémé villages and its use as a fertilizer. A total of 25 drinking alcohol operators and 258 households have agreed to install urine production equipment. They provided about 2.500 and 32.000 liters of urine per month. Studies have shown that wastewater facilities installed in households are more effective in providing urine through their frequent and regular use. Thus, households are more efficient in providing urine (more than 12 times) than public places. This means that individual sanitation is more effective than collective sanitation. These collected urines are hygienized by storage and applied as fertilizer to rice fields. The yields of urine fertilization are higher than those of chemical fertilizer fertilization, with the added benefits of herbicide. While improving rice productivity and thus soil fertility, urine ensures the sustainability of rice-based systems at economically bearable costs by producers. These results are an expression of the accession of the populations, a guarantee of the sustainability of the EcoSan approach, through their involvement in the production, collection and use of urine as fertilizer.

KEYWORDS: Ecological sanitation, urine, hygienization, fertilizer, irrigated rice growing, Katiola.

RÉSUMÉ: Dans la perspective d'exploitation des opportunités économiques de récupération et de réutilisation des déchets comme ressources, notre étude s'est fixée pour objectif de faire la promotion de l'assainissement et d'améliorer la productivité agricole. Elle a été évaluée à partir de la collecte de l'urine auprès des ménages et débits de boisson de la ville de Katiola, des villages Toumbokaha et Kassémé ainsi son utilisation comme fertilisant. Au total 25 tenanciers de débits de boisson et 258 ménages ont accepté l'installation des équipements de production d'urine. Ils ont fourni respectivement environ 2 500 et 32 000 litres d'urine par mois. Ainsi les ménages ont été plus efficaces dans la production d'urine (12 fois plus) que les lieux publics. C'est dire donc que l'assainissement individuel est plus efficace que l'assainissement collectif. Ces urines collectées sont hygiénisées par stockage et appliquées comme fertilisant sur les sites rizicoles. Les rendements de la fertilisation à l'urine sont

meilleurs à ceux de la fertilisation à l'engrais chimique avec en plus des avantages liés à son caractère herbicide. Tout en améliorant la productivité du riz et donc la fertilité des sols, l'urine permet d'assurer la durabilité des systèmes rizicoles à des coûts économiquement supportables par les producteurs. Ces résultats constituent l'expression de l'adhésion des populations, gage de la durabilité de l'approche EcoSan, à travers leur implication à la production, la collecte et utilisation des urines comme fertilisant.

MOTS-CLEFS: Assainissement écologique, urine, hygiénisation, fertilisant, riziculture irriguée, Katiola.

1 INTRODUCTION

Le dernier quart du vingtième siècle a vu émerger la prise de conscience mondiale de la dégradation accélérée de notre environnement et de la responsabilité de l'Homme dans cette évolution. Cette prise de conscience rapide s'est accompagnée de la reconnaissance de la nécessité d'un développement durable impliquant tous les acteurs de la société [1] : acteurs scientifiques et économiques, décideurs publics, société civile.

Le concept de durabilité est plus une direction à prendre qu'un stade à atteindre. En ce qui concerne l'assainissement, il n'existe aucune solution qui puisse remplir tous les critères de durabilité dans toutes les circonstances [2]. En 2004, plus de 2,6 milliards de personnes n'avaient pas accès à de l'assainissement adéquat, ce qui représente 60 % de la population des pays en développement [3]. Ce manque représente un problème sérieux pour la dignité humaine, la santé publique, l'intégrité environnementale, l'équité sociale et le développement économique. Au niveau environnemental, l'assainissement inadéquat dans les établissements humains pollue les eaux de surface et l'eau souterraine avec des pathogènes et des nutriments en quantité excessive [4]. Cette pollution affecte autant les ressources d'eau potable que les besoins des écosystèmes. Les approches conventionnelles sont souvent inefficaces et limitées.

Face à ces difficultés, la perspective nouvelle soutenue par la communauté scientifique à travers un nouveau paradigme, consiste à régler les questions d'assainissement à la source au niveau des ménages avec un minimum de dignité, à utiliser très peu d'eau pour le transport des déchets, à développer des technologies d'aseptisation et à exploiter les opportunités économiques de récupération et de réutilisation des déchets qui sont considérés comme des ressources [5].

Par ailleurs, la problématique environnementale associée à l'utilisation des engrais chimiques dans la production agricole a toujours préoccupé de nombreux gouvernements. De ce fait, une politique d'incitation des producteurs vers l'utilisation des fertilisants à moindre coût, et qui préservent l'environnement, paraît plus que nécessaire en raison des conséquences de la pollution chimique sur les sols et les eaux. Notons que la plupart des éléments nutritifs nécessaires aux plantes sont contenus dans les excréta humains, particulièrement les urines [6].

C'est dans ce contexte que, le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement (CREPA), devenu en 2011 Agence Intergouvernementale Panafricaine Eau et Assainissement pour l'Afrique (EAA), a mis en œuvre depuis 2003, un programme régional d'Assainissement Ecologique (EcoSan, Ecological Sanitation) dans huit (8) de ses pays membres dont la Côte d'Ivoire. La vision de l'approche EcoSan consiste à donner une valeur agronomique aux excréta [7], tout en les traitant comme une ressource plutôt que déchet, leur recyclage et leur transformation en nutriments [4].

C'est dans ces conditions que depuis 2007, cette valorisation est réalisée régulièrement à Katiola (zone centre du pays) en riziculture irriguée dans la phase de vulgarisation de l'approche EcoSan. Dans ce Département, les périmètres rizicoles aménagés de Nianra et Lopé où l'on réalise la fertilisation à l'urine, sont bien connus pour leurs importantes productions agricoles (plus de 700 tonnes par cycle, à raison de 2 cycles par an selon la coopérative des riziculteurs).

L'un des moyens d'utilisation d'urine sans risque de contamination est son hygiénisation [8]. L'hygiénisation de l'urine offre donc une opportunité d'usage des fertilisants agricoles disponibles, de moindre coût et respectueux de l'environnement.

Par conséquent, le recours à l'urine hygiénisée comme fertilisant pourrait constituer une stratégie durable de financement de l'assainissement. En effet, à Katiola, seulement 22,55% des ménages ne disposent pas de latrines [9]. Cette situation est susceptible d'engendrer le péril fécal et fragiliser la santé publique.

Notre étude s'est fixée pour objectif de faire la promotion de l'assainissement (réduction de la pollution par les excréta humains) et d'améliorer la productivité agricole par l'utilisation de l'urine humaine hygiénisée par stockage comme fertilisant en riziculture irriguée.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Le Département de Katiola, zone géographique de la présente étude, est situé au Centre -Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Il couvre une superficie totale d'environ 2754 km² [10], [11]. La ville de Katiola (chef-lieu de la région du Hambol) est distante d'environ quatre cent trente (430) kilomètres d'Abidjan (capitale économique) entre 8° 00' et 9° 20' N, 4° 43' et 5° 78' W et une altitude de 320 mètres. Située dans la partie sud du Département, la zone d'étude est constituée des périmètres rizicoles de Nianra (Sous-préfecture de Timbé) et de Lopé (Sous-préfecture de Katiola). Le site de Nianra est situé en milieu rural tandis que celui de Lopé est localisé en milieu périurbain de la ville de Katiola. Ces périmètres sont divisés en blocs et casiers de tailles variées, irrigués par des canaux.

2.2 MÉTHODES DE PRODUCTION, COLLECTE, STOCKAGE ET VALORISATION DES URINES COMME FERTILISANT

La connaissance du circuit d'assainissement écologique de Katiola se résumait en la maîtrise de la production, de la collecte et du transport des urines vers les sites de valorisation (périmètres irrigués). Les choix des ménages et débits de boisson se sont faits sur la base du volontariat après la mise en œuvre d'une approche participative.

Ces différentes activités se sont réalisées en deux phases : 2007-2011 et 2013-2014. Rappelons que les activités de l'approche EcoSan se sont réalisées parallèlement à celles effectuées dans le cadre des programmes d'urgence de sortie de crise entre 2005 et 2011. A partir de 2011, tous ces programmes ont été arrêtés, suspendant ainsi les activités d'EcoSan. Ce n'est qu'en 2013 qu'elles ont été reprises et se réalisent régulièrement jusqu'à ce jour.

2.2.1 PRODUCTION ET COLLECTE DES URINES

Des bidons de 10 et 20 litres et entonnoirs mis à la disposition des ménages, sont déposés dans les endroits servant à la miction dans les concessions (douches, derrière les maisons, etc.). Il en est de même pour les lieux de grande affluence où les bidons de 20 et 25 litres surmontés d'entonnoirs sont installés dans les boîtes urinoirs (figure 2).

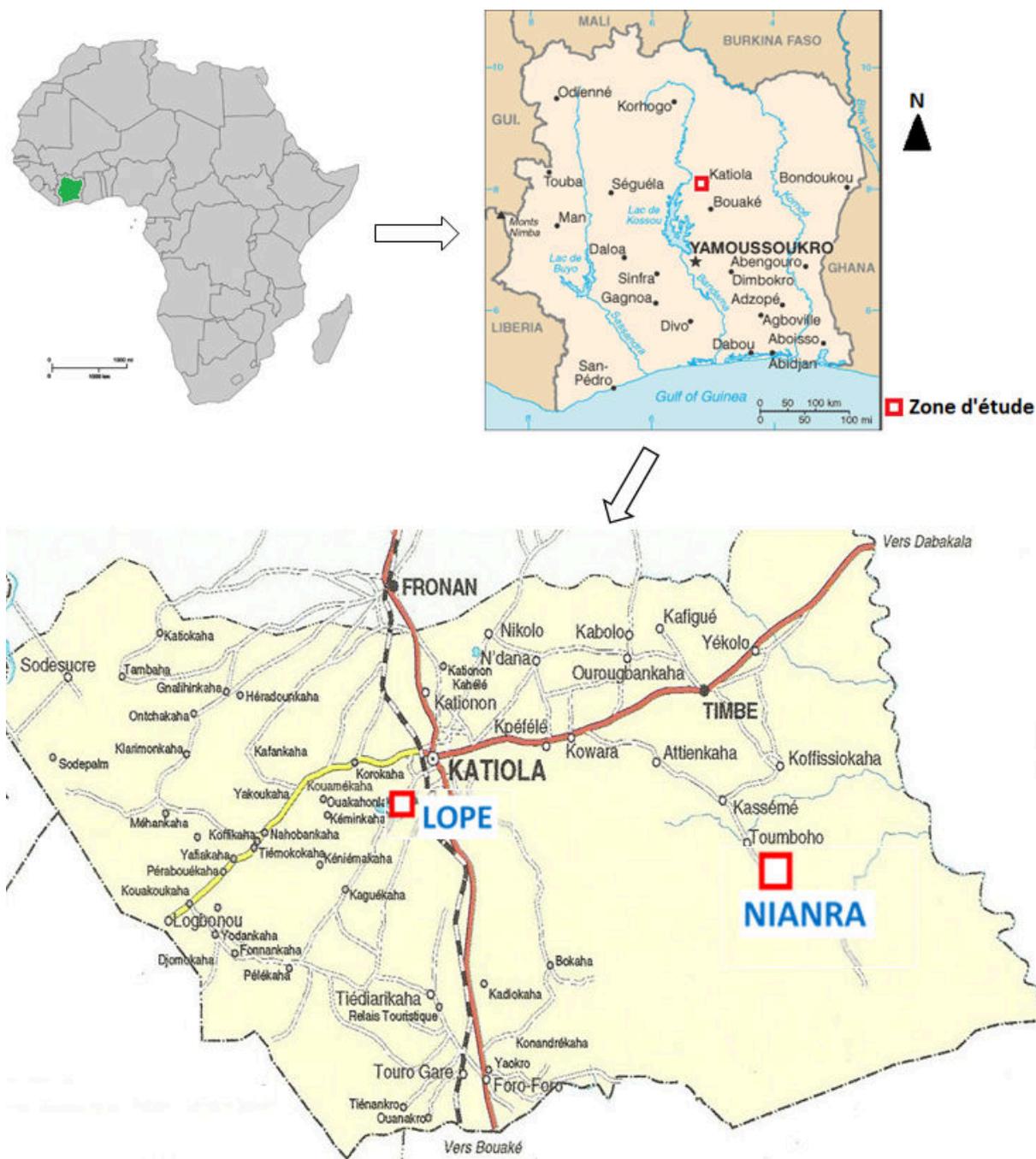


Fig. 1. Situation de la zone d'étude

Source : <http://www.atlas-monde.net/afrique/> et [http://fr.wikipedia.org/wiki/Côte d'Ivoire](http://fr.wikipedia.org/wiki/Côte_d'Ivoire), (2018) et sites d'étude (CCT, 2013)

Les ouvrages de production sont quotidiennement visités par les collecteurs. Les bidons remplis sont régulièrement récupérés et remplacés selon la fréquence d'utilisation des ouvrages desquels ils sont issus. Les urines collectées sont transportées à l'aide des brouettes (figure 3) et regroupées aux abords des rues. De ces lieux, elles sont acheminées à l'aide d'un motoculteur ou d'un tricycle vers les sites de valorisation (figure 3). Les urines collectées dans les villages de Tombokaha et Kassémé et la ville de Katiola sont valorisées sur le périmètre de Nianra tandis que le site de Lopé ne reçoit que celles collectées à Katiola. Le riziculteur habitant le périmètre de Nianra collecte ses urines et les utilise sur ses propres parcelles.



Fig. 2. *Box urinoir (vue de dos et de l'intérieur) et Bidurs dans une douche traditionnelle avec un dispositif de collecte des urines*



Fig. 3. *Pré-collecte (brouette) et collecte des urines (motoculteur et tricycle)*

Notons que seules les urines provenant de la ville de Katiola sont collectées par l'équipe de EAA. A Tombokaha, ce sont les riziculteurs eux-mêmes (au nombre de 5) qui organisent la collecte sous la direction du président de la coopérative. Il en est de même pour le village de Kassémé où un riziculteur du périmètre de Nianra a organisé la collecte. Le campement de Nianra où le riziculteur qui y habite (trésorier de la coopérative) a organisé la collecte avec l'aide et l'implication de toute sa famille.

2.2.2 HYGIÉNISATION ET VALORISATION DES URINES

Sur ces sites, les contenus des différents bidons sont transvasés dans des réservoirs de 1000 litres dans lesquels les urines sont stockées. Notons qu'il y a possibilité de perte d'azote par évaporation lors du transvasement des contenus des bidons, diminuant ainsi son pouvoir fertilisant. C'est ce qui justifie la collecte par quantité de 1000 litres évitant ainsi les ouvertures et fermetures des fûts. Après chaque transvasement les réservoirs doivent être fermés hermétiquement aux abords des champs à fertiliser pour la phase d'hygiénisation. Elle consiste en la conservation des urines durant une période de 45 jours. Ce qui permet l'élimination des germes pathogènes éventuels contenus dans l'urine avant l'application sur le champ (figure 4).

La valorisation de l'urine sur les périmètres irrigués permet la fertilisation du sol par apport d'eau et d'urine aux parcelles rizicoles (figure 4). L'apport d'urine se fait par inondation lors de l'apport d'eau d'irrigation dans les parcelles. L'urine est emmenée à l'aide d'un raccord en tuyau raccordé à une vanne au niveau du réservoir, jusqu'à l'entrée de l'eau dans la parcelle. Le réservoir est installé en hauteur afin de faciliter l'écoulement gravitaire dû à la charge hydraulique.



Fig. 4. Transvasement, stockage et hygiénisation et application des urines

La quantité et la dose sont déterminées en fonction de la superficie, les besoins nutritifs des plantes, composition d'urine en azote et le principe de conservation de la matière. La norme est de 3 à 4 mètres cubes d'urine par apport et par hectare en riziculture.

3 RÉSULTATS

3.1 EQUIPEMENT ET PRODUCTION D'URINE

3.1.1 PHASE 1 : 2007 - 2011

Lors de la première phase de l'étude, 25 boxs urinoirs ont été installés dans 25 débits de boisson de la ville de Katiola avec le consentement des responsables. Au niveau des ménages, 211 à Katiola, 35 à Toumbokaha, 10 à Kassémé et 2 au campement de Nianra ont accepté l'installation des bidurs.

3.1.1.1 VILLE DE KATIOLA

Les ouvrages de production d'urine sont inégalement répartis à travers la ville de Katiola (tableau I). En effet, l'on dénombre 25 boxs urinoirs dont les quartiers Kaklinkaha et Nagnankaha concentrent à eux seuls 76 % de ce type d'ouvrage. Au niveau des ménages, 211 bidurs ont été distribués dont 66 Nagnankaha montrant ainsi ce quartier plus réceptif à l'approche.

Tableau 1. Répartition des ouvrages de production à Katiola

Quartiers	Nombre de boxs	Nombre de Ménages	Total
Kaklinkaha	11	25	36
Nagnankaha	8	66	74
Nandjèplékaha	3	40	43
Pédiakaha	1	39	40
Mangorosso	2	41	43
Total	25	211	236

La production des urines est tout aussi liée au nombre qu'au type d'ouvrages (figures 5 et 6). En effet, les quantités produites sont importantes dans les quartiers ayant un nombre élevé d'ouvrages quel que soit le type. Ces quantités produites en fonction du nombre d'ouvrages évoluent conformément aux productions journalières, hebdomadaire et mensuelle.

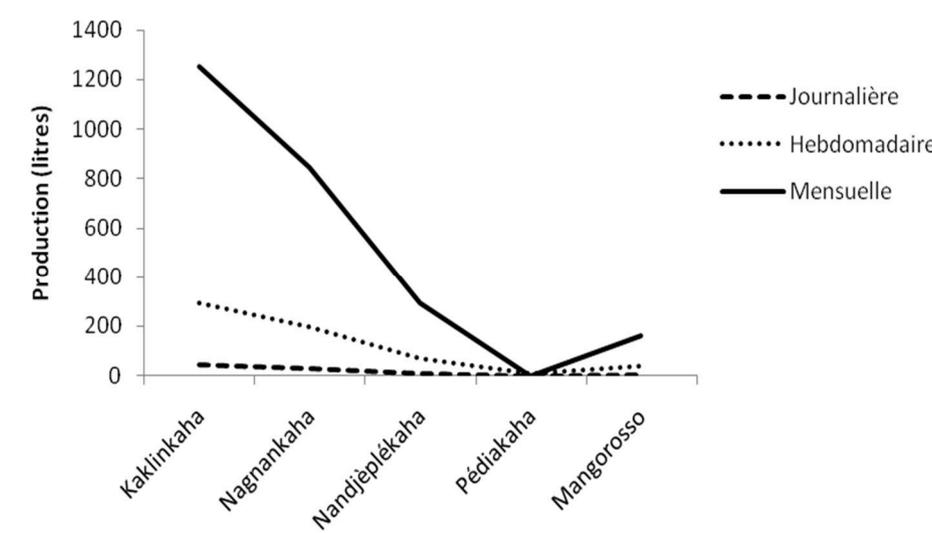


Fig. 5. Productions journalière, hebdomadaire et mensuelle des urines des boxs

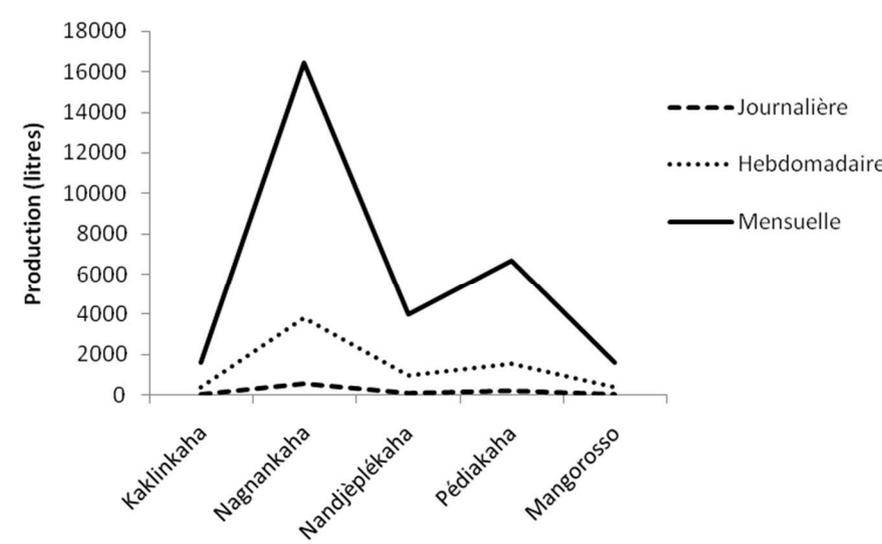


Fig. 6. Productions journalière, hebdomadaire et mensuelle des urines des ménages de Katiola

Les quantités moyennes d'urine produites dans les ménages sont plus importantes que celles des boxs urinoirs (tableau II). En effet, les productions spécifiques d'urine sont environ 12 fois plus importante dans les ménages que dans les lieux publics, quel que soit la périodicité, montrant ainsi leur l'efficacité.

Tableau 2. Répartition de la production moyenne des boxs et ménages à Katiola

Quartiers	Productions moyennes (litres)					
	Boxs urinoirs			Ménages		
	Jour	Semaine	Mois	Jour	Semaine	Mois
Kaklinkaha	41,76	292,32	1252,8	53,02	371,14	1590,6
Nagnankaha	28,12	196,84	843,6	548,57	3839,99	16457,1
Nandjèplékaha	9,82	68,74	294,6	133,33	933,31	3999,9
Pédiakaha	0,9	6,36	27,27	222,85	1559,95	6685,5
Mangorosso	5,44	38,08	163,2	52,8	369,6	1584
Total	86,04	602,34	2581,47	1010,57	7073,99	30317,1

3.1.1.2 TOUMBOKAHA, KASSÉMÉ ET CAMPMENT DE NIANRA

Durant la période 2007 - 2011, 35 bidurs ont été introduits dans le village de Toumbokaha, 10 à Kassémé et 2 au campement de Nianra. Les productions spécifiques sont tout aussi étroitement liées aux nombres d'ouvrages (tableau III). En effet, le président de la coopérative et ses 4 collègues ont obtenu une production moyenne de moins d'un litre par bidur et par jour. Ce qui revient à une production hebdomadaire de 240 litres et à peine un mètre cube par mois. A Kassémé et au campement, leurs collègues ont atteint une performance journalière respective de 1,2 et 3,5 litres. Ce qui revient à des productions spécifiques hebdomadaires respectives de 80 et 51 litres d'urine. La production au campement est de loin la plus impressionnante dans la zone d'étude si l'on assimile la famille du trésorier à un ménage.

Tableau 3. Répartition de la production moyenne des urines dans les localités

Localités	Nombre de bidurs	Productions moyennes (litres)		
		Jour	Semaine	Mois
Toumbokaha	35	33	240	1015
Kassémé	10	12	80	330
Campement Nianra	2	7	51	250

3.1.2 PHASE 2 : 2013 - 2014

Durant la seconde phase, 101 ménages de la ville de Katiola ont accepté l'installation des bidurs dans leurs domiciles avec une répartition inégale dans les quartiers (tableau IV).

Tableau 4. Répartition des bidurs et de la production moyenne des urines à Katiola

Quartiers	Nombre de bidurs	Productions moyennes (litres)		
		Jour	Semaine	Mois
Nagnankaha	17	76,5	535,5	2159
Nandjèplékaha	23	103,5	724,5	2921
Mangorosso	7	31,5	220,5	889
Dioulabougou	34	153	1071	4318
Lonankaha	20	90	630	2540
Total	101	454,5	3181,5	12827

A l'analyse du tableau, l'on note la présence de 3 anciens quartiers (Nagnankaha, Nandjèplékaha et Mangorosso) et 2 nouveaux quartiers (Dioulabougou et Lonankaha) qui ont accepté de fournir l'urine à la reprise des activités.

La production, fonction du nombre d'ouvrages, est estimée à 454,50 litres par jour, à 3181,50 litres par semaine et 12827 litres par mois. Ce qui signifie que pour cette deuxième phase, l'on a une capacité de production de 3 et 13 fûts de 1000 litres par semaine et par mois en vue de la fertilisation des rizières.

3.1.3 VALORISATION DE L'URINE COLLECTÉE COMME FERTILISANT

L'on estime à 3 - 4 m³ d'urine pour couvrir les besoins nutritifs du riz à l'hectare et par apport selon l'état des sols. Il faut deux apports par cycle dont la date de référence est le jour du repiquage des plants. En effet, le premier apport intervient au tallage, 20 jours après le repiquage. Quant au second apport, il est fait entre les 55 et 60 jours à la montaison des plants.

Les superficies fertilisées ont évolué dans le temps (voir tableau V). Notons que lors de la première phase de l'étude, la valorisation a eu lieu dans les deux périmètres entre 2008 et 2011. Seuls les riziculteurs de Nianra ont bénéficié de l'urine comme fertilisant lors de la deuxième phase.

A l'analyse de ce tableau l'on constate que tous les bénéficiaires ont augmenté leurs parcelles fertilisées à l'urine entre la première et la seconde période de la phase 1. De même, les parcelles fertilisées à l'urine de la deuxième phase sont nettement supérieures aux précédentes pour les mêmes riziculteurs.

Tableau 5. Bénéficiaires et aires fertilisées à l'urine selon les sites et les périodes

Sites	Bénéficiaires	Aires fertilisées (ha)	
Phase 1 : 2007 - 2011			
		<i>Période 2008 - 2009</i>	<i>Période 2010 - 2011</i>
Nianra	Président	0,28	0,32
	Trésorier	0,2	0,23
	Membre	0,13	0,21
Lopé	EAA	0,26	2
	Président	0,5	0,5
Total		1,12	3,01
Phase 2 : 2013 - 2014			
Nianra	Président	1	
	Trésorier	1,5	
	Membre	0,5	
Total		3	

Notons que l'on a observé une amélioration de la productivité faisant passer les rendements de 5,4 à 6,7 tonnes à l'hectare à Nianra et 4,5 à 5,3 tonnes à l'hectare à Lopé.

4 DISCUSSION

Lors des deux phases de l'étude, 2007 – 2011 et 2013 - 2014, les ouvrages ont été inégalement répartis dans les sites de production d'urine. En effet, lors de la première phase, les quartiers Nagnankaha et Kaklinkaha concentraient à eux seuls plus de 76 % des boîtes urinoirs installés dans les débits de boisson à travers la ville de Katiola. Au niveau des bidurs, 66 sur 211 ménages à Katiola ont accepté l'installation de ces ouvrages dans leurs domiciles à Nagnankaha. Dans la deuxième phase, c'est Dioulabougou qui a enregistré le nombre le plus élevé de bidurs installés (35 sur 101). Ceci montre que certaines populations sont plus réceptives que d'autres. Cette réceptivité dépend aussi de l'approche de communication utilisée, de la dextérité de l'animateur et voir son appartenance sociale. Les populations sont plus disposées à écouter et suivre les instructions d'un animateur avec lequel ils ont en partage, la langue, la culture, etc. La variabilité du taux d'acceptation des ouvrages traduit celle de l'adhésion des populations à l'approche.

Les urines collectées varient selon le nombre, le type et la fréquence d'utilisation des ouvrages. En effet, celles obtenues auprès des ménages sont nettement plus importantes. Les productions spécifiques sont environ 12 fois plus importantes dans les ménages que dans les lieux publics, quel que soit la périodicité, montrant ainsi leur efficacité. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les bidurs font l'objet d'utilisation fréquente et régulière et généralement par tous les membres du ménage, ce à tout moment. Aussi ils sont disponibles pour l'assouvissement des besoins dès qu'ils se présentent. Ceci est conforme aux différents temps de production d'urine par les ménages qui sont relativement plus court que ceux des boîtes urinoirs. C'est ce que l'on remarque chez le trésorier de la coopérative de Nianra habitant le périmètre qui a réalisé des performances inédites de taux de collecte (250 litres par mois). Quant aux boîtes urinoirs, ils sont utilisés occasionnellement et/ou périodiquement, généralement la journée. Notons aussi que ces ouvrages ne sont pas faciles d'utilisation pour la gente féminine, excluant ainsi cette frange de population très importante. Il en est de même pour les enfants qui sont exclus de son utilisation. A cela il faut ajouter les pesanteurs socio-culturelles, les croyances et convictions religieuses. Ces pesanteurs et croyances pourraient aussi expliquer les faibles productions d'urines à Toubokaha (7 litres / semaine / bidur) et Kassémé (8 litres / semaine / bidur), berceau de la tradition. Notons aussi que les populations rurales n'ont pas accès à leurs bidurs à tout moment, notamment la journée quand elles sont au champ. Malgré cette variabilité de production, l'on note avec satisfaction une implication des populations. Même l'arrêt des activités observé entre 2011 et 2013 n'a pas émoussé leur intérêt pour l'approche. Des quartiers comme Nagnankaha, Nandjèplékaha et Mangorosso ont participé aux deux phases. Mieux la reprise des activités a permis d'atteindre une capacité de production de 3 et 13 fûts de 1000 litres par semaine et par mois.

L'urine ainsi collectée est acheminée vers les zones de valorisation (rizières) pour y être hygiénisée et utilisée comme fertilisant selon les recommandations de [12], [13], [14], [15]. En effet, le stockage constitue la technique la plus efficace et la plus usuelle pour réaliser une bonne hygiénisation surtout si l'urine est recueillie auprès de plusieurs ménages ou proviennent de latrines. Il est également nécessaire si l'urine est recueillie hors saison agricole. Un aspect commun à tous les systèmes de

stockage est le fait que l'urine doit être entreposée dans des récipients fermés afin d'éviter les pertes d'ammoniac. Le sort réservé aux organismes pathogènes entériques dans le récipient collecteur d'urine est important à cause des risques liés à la manipulation et à l'utilisation de l'urine. La survie dans le temps de différents micro-organismes présents dans l'urine dépend des conditions de stockage. L'urée dans l'urine est dissociée et forme l'ammonium/ammoniac. Ainsi l'urée devient alcaline, ce qui permet d'éliminer les agents pathogènes. Des études ont montré que dans l'urine, ce sont surtout la température et un pH élevé (~9) combiné à l'ammoniac qui ont été reconnus comme influençant l'inactivation des micro-organismes [16], [14]. C'est pourquoi, **Richert et al. (2013) [12]** recommandent le traitement par stockage dans des systèmes à grande échelle (réservoirs de plus d'un mètre cube), pendant un mois à une température de 20°C avant l'utilisation, malgré l'existence d'autres techniques de traitement des urines.

Les superficies fertilisées à l'urine ont augmenté dans le temps passant souvent du simple au double pour les mêmes riziculteurs. Ce qui montre ainsi leur intérêt pour ce fertilisant. Cet intérêt exprime une forme d'adhésion à l'approche. L'utilisation des urines humaines a permis d'observer une amélioration de la productivité du riz et donc la fertilité du sol des deux périmètres rizicoles (Nianra et Lopé). L'amélioration des paramètres agronomiques du riz avait été déjà montrée par **Dembélé en 2009 [17]**. Pour cet auteur, les parcelles fertilisées à l'urine présentent un taux d'enherbement plus faible, avec une forte production de paille et un rendement élevé. L'urine aurait donc des effets herbicides et la paille une fois retournée au sol constituerait un élément de bonne gestion de la fertilité des sols. Avec ses potentialités agronomiques, l'urine humaine permet d'assurer la durabilité des systèmes rizicoles à des coûts économiquement supportables par les producteurs.

L'acceptation des responsables de débits de boisson et des ménages à installer des ouvrages (boxs et bidurs) pour la production des urines et leur utilisation comme fertilisant agricole par les riziculteurs constituent des indicateurs objectifs de l'adhésion des populations à l'approche. De plus, la continuité de l'implication des populations à EcoSan observée de 2007 à ce jour, témoigne leur adhésion totale que la suspension d'activités n'a pu ébranler. L'Adhésion des populations à l'approche EcoSan constitue la garantie du succès de cette approche en lui assurant sa durabilité.

5 CONCLUSION

Les populations ont accueilli avec beaucoup d'enthousiasme l'approche EcoSan. Au total 25 tenanciers de débits de boisson et 258 ménages ont accepté l'installation des équipements de production d'urine. Ils ont fourni respectivement 602,34 et 7 444,99 litres d'urine par semaine soit environ 2 500 et 32 000 litres d'urine par mois. Ainsi les ménages ont été plus efficaces dans la production d'urine (plus de 12 fois) que les lieux publics. C'est dire donc que l'assainissement individuel est plus efficace que l'assainissement collectif. Ces urines collectées sont hygiénisées par stockage et appliquées comme fertilisant sur les sites rizicoles. L'acceptation des paysans, les mêmes depuis le début du programme, de faire recours à l'urine en remplacement de l'urée chimique dans la production rizicole, montre leur attachement à cet fertilisant et l'intérêt qu'ils lui accordent. Les rendements de la fertilisation à l'urine sont meilleurs à ceux de la fertilisation à l'engrais chimique avec en plus des avantages liés à son caractère herbicide. Tout en améliorant la productivité du riz et donc la fertilité des sols, l'urine permet d'assurer la durabilité des systèmes rizicoles à des coûts économiquement supportables par les producteurs. Ces résultats constituent l'expression de l'adhésion des populations, gage de la durabilité de l'approche EcoSan, à travers leur implication à la production, la collecte et utilisation des urines comme fertilisant. Qu'elles soient riziculteurs ou pas, ces populations adhèrent ainsi à la promotion de l'assainissement, depuis 2007 jusqu'à ce jour.

REFERENCES

- [1] A. L. F. Gautier, Analyser la durabilité du développement de valorisations non alimentaires d'agro-ressources. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Troyes, France, 438 p. 2009.
- [2] J. Beausejour, Alternatives à l'assainissement centralisé dans les pays en développement : le cas des zones périurbaines du Vietnam. Thèse de Ph.D., Université de Montréal, Canada, 307 p. 2009.
- [3] WHO – UNICEF, Meeting the MDG drinking water and sanitation target : the urban and rural challenge of the decade, WHO-UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, 2006.
- [4] S. A. Esrey, J. Gough, D. Rapaport, R. Sawyer, M. Simpson-Hébert, J. Vargas and U. Winblad, Ecological Sanitation. Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA), Stockholm, Sweden, 100 p. 1998.
- [5] A. Morel, R. Schertenleib, C. Zurbrügg, Approches alternatives d'assainissement environnemental dans les pays en développement. EAWAG News 57, pp. 18-20, 2003
- [6] U. Winblad, H. M. Simpson, Ecological sanitation. Revised and enlarged edition. EcoSanRes programme, Environnement Institute, Stockholm, Sweden, 141 p. 2004.

- [7] E. Kvarnström, K. Emilsson, R. A. Stintzing, Urine diversion : One Step Towards sustainable sanitation. Report 2006-1, EcoSanRes Publications Series and Stockholm Environment Institute, 64 p. 2006.
- [8] T. Gnagne, S. Kanga, K. B. Comoé, K. F. Konan, Faisabilité socio-économique de l'utilisation de l'urine comme fertilisant pour la culture d'igname : cas de Petit Badien à Dabou en Côte d'Ivoire. *INFOCREPA*, 54, pp. 11-21, 2006.
- [9] Diagnostic concerté de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement de la commune de Katiola. Rapport de diagnostic avril 2010, CREPA Katiola, Côte d'Ivoire, 50 p. 2010.
- [10] J. T. Gouesse, Apport des contrats de performance dans les Districts sanitaires en situation de crise : cas du district sanitaire de Katiola (Côte d'Ivoire). «*Organisation et Management des Systèmes Publics de prévention vaccinale dans les Pays en Développement*». Diplôme Interuniversitaire, Ouidah, Bénin, 23 p. 2008.
- [11] T. J. H Coulibaly, Répartition spatiale, gestion et exploitation des eaux souterraines : cas du département de Katiola, région des savanes de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat en Sciences de l'Information Géographique de l'Université de Paris Est, 142 p, 2009.
- [12] A. Richert, R. Gensch, H. Jönsson, T. A. Stenström et L. Dagerskog, Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole. Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Series 2013-1, 73 p. 2013.
- [13] K. B. Comoé, T. Gnagne, D. Koné, S. Aké, S. G. Dembélé et A. Kluste, Amélioration de la productivité de l'igname par l'utilisation d'urine humaine comme fertilisant. *Sud Sciences et Technologies*, Semestriel N°17, pp. 27-37, 2009.
- [14] T. Gnagne, K. F. Konan, S. Coulibaly, K. Koné, Qualité azotée et sanitaire de l'urine humaine collectée en vue de la fertilisation des sols. *Cahier de Santé Publique*, 5 (22), pp. 65-75, 2006.
- [15] C. Schönning et T. A. Stenström, Recommandations pour un usage sans risques de l'urine et des matières fécales dans les systèmes d'assainissement écologique. Rapport 2004 – 1, collection des publications EcoSanRes. Institut de l'environnement de Stockholm, 53 p. 2004.
- [16] C. Höglund, Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. PhD thesis, Departement of Biotechnology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7283-039-5, 87p. 2001.
- [17] D. D. Dembélé, Effet de l'urine humaine hygiénisée sur la productivité du riz irrigué *Oryza sativa* variété "Bouaké 189" à Katiola au centre nord de la Côte d'Ivoire. Mémoire de DESS en Protection de l'Environnement et Amélioration des Systèmes Agraires Sahéliens, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 2009.