



Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole

Anna Richert, Robert Gensch, Håkan Jönsson,
Thor-Axel Stenström et Linus Dagerskog

partenaire de

**sustainable
sanitation
alliance**

 **EcoSanRes**

Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole

Anna Richert⁽¹⁾, Robert Gensch⁽²⁾, Håkan Jönsson⁽¹⁾,
Thor-Axel Stenström⁽¹⁾ et Linus Dagerskog^{(1),(3)}

Avec des contributions de:

Elisabeth von Muench⁽⁴⁾, Martina Winker⁽⁵⁾, Claudia Wendland⁽⁶⁾,
Marianne Kjellén⁽¹⁾, Moussa Bonzi⁽³⁾, Cofie Olufunke⁽⁷⁾,
Almaz Terrefe⁽⁸⁾ et Peter Morgan⁽⁹⁾

Traduction en français: Roger Coulibaly
Correction: Olivier Pessot

⁽¹⁾ Stockholm Environment Institute

⁽²⁾ Sustainable Sanitation Center, Xavier University, Philippines; CIM; lead of SuSanA working group 5

⁽³⁾ Centre for Low Cost Water Supply and Sanitation (CREPA)

⁽⁴⁾ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)

⁽⁵⁾ Hamburg University of Technology

⁽⁶⁾ Women in Europe for a Common Future (WECF)

⁽⁷⁾ International Water Management Institute (IWMI)

⁽⁸⁾ Society for Urban Development in East Africa (Sudea)

⁽⁹⁾ Aquamor

EcoSanRes Programme
Stockholm Environment Institute
Kräftriket 2B
106 91 Stockholm
Sweden

Tel: +46 8 674 7070

Fax: +46 8 674 7020

Web: www.sei-international.org and www.ecosanres.org

Cette publication est téléchargeable depuis www.ecosanres.org

Chef de la Communication: Robert Watt

Directeur de Recherche et Communication, Programme EcoSanRes: Arno Rosemarin

Design: Richard Clay

Photo de couverture: Application d'urine sur aubergine pour tests terrain
à l'Université Xavier, Philippines © William Vergara Repulo

Cette publication peut être reproduite en totalité ou en partie et sous
quelque forme que ce soit à toutes fins d'éducation ou non-lucratives,
sans permission spéciale du détenteur des droits d'auteur(s), sous condi-
tion que soit citée la source.

Aucune utilisation de cette publication ne peut être faite pour la revente
ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du propriétaire
des droits d'auteur(s).

Copyright © November 2011



ISBN 978-91-86125-37-0

TABLE DES MATIÈRES

Avant Propos	v
Mode d'emploi	vi
Résumé Exécutif	vii
1^{ère} Partie • Information générale et conseils d'utilisation de l'urine dans la production agricole	1
Caractéristiques de l'urine humaine	1
Macro-éléments – quantités et biodisponibilité	1
Quantités et volume excrétés	3
Polluants chimiques	4
Analyse de l'urine humaine	4
Salinisation	5
Valeur économique de l'urine	7
Fertilisation des cultures à l'urine - Résultats de recherche et expériences pratiques	11
Céréales en Inde	12
Légumes d'Afrique du Sud	12
Légumes d'Afrique de l'Ouest	12
Légumes en Afrique de l'Est	13
Légumes en Europe du Nord	13
Légumes en Amérique centrale	14
Fruits en Inde	15
Stratégies d'application	16
Temps d'application	16
Taux d'application	17
Techniques de stockage	20
Stockage dans le sol	20
Techniques d'application	20
Odeur lors de l'utilisation de l'urine comme engrais	23
Application combinée de l'urine et d'engrais organiques	23
Traitement et hygienisation	24
Risques pesant sur la santé	24
Concept de barrières multiples	24
Système de manutention de l'urine comme engrais	30
Systèmes à grande échelle	30
La Dimension du Genre	34
Aspects institutionnels de l'utilisation de l'urine en agriculture	36
Aspects institutionnels de l'utilisation de l'urine en agriculture	36
Cadre Réglementaire	38
Utilisation d'urine dans l'agriculture biologique	38

Expériences de cultures en utilisant de l'urine comme engrais	39
Expériences de démonstration	39
Expériences contrôlées pour tester le potentiel fertilisant	39
Expériences contrôlées pour tester l'effet fertilisant en condition réelle	40
Expériences agricoles et rotation de cultures	40
Considérations statistiques	40
Diffusion des résultats	40
Outils Web pour le calcul	42
2^{ème} Partie • Comment élaborer des lignes directrices locales	43
L'approche de l'assainissement à des fins productives	43
Caractéristiques du site local	43
Besoins des plantes et teneur en nutriments de l'urine	44
Recommandations d'application	45
Gestion des risques	46
3^{ème} Partie • Exemple de ligne directrice locale	48
Lignes directrices pour l'application de l'urine assainie (Takin Ruwa) dans les conditions agricoles du Niger	48
Extraits des lignes directrices	49
Références	54

AVANT PROPOS

Ce livre propose des conseils pratiques pour une utilisation de l'urine en production agricole comme composante essentielle de la production agricole et de systèmes d'assainissement durables. Il contient également des orientations sur la façon de démarrer des activités qui faciliteront l'introduction de nouveaux engrais dans la communauté agricole. Le guide devrait faire le lien entre la recherche et les professionnels intéressés à la mise en œuvre de systèmes d'assainissement durable. Il est facile à lire et instructif, avec des exemples d'études de cas et des conseils de lectures complémentaires pour les personnes intéressées.

Le groupe cible est constitué principalement des professionnels et des agents de vulgarisation du secteur agricole. En outre, les auteurs souhaiteraient voir les professionnels de l'eau et l'assainissement, ainsi que de la planification et de l'environnement se servir de ce texte afin de tisser des liens intersectoriels puisque l'utilisation de l'urine dans la production agricole touche plusieurs de ces domaines en même temps. Les lecteurs importants sont également les décideurs à tous les niveaux, ainsi que la communauté des bailleurs.

Le texte a été élaboré dans un processus de collaboration au sein de l'Alliance pour l'Assainissement Durable (SuSanA) le Groupe de travail 05 pour la Sécurité Alimentaire et les Systèmes d'Assainissement à des Fins Productives. Le Stockholm Environment Institute a été chef de file en qualité d'auteur et les personnes et institutions suivantes ont apporté leurs précieuses contributions:

Anna Richert (SEI; principal auteur), Robert Gensch (Xavier University, Philippines; président du groupe de travail du SuSanA pour la sécurité alimentaire), Håkan Jönsson (SEI), Thor-Axel Stenström (SEI), Linus Dagerskog (CREPA et SEI), Elisabeth von Muench (GTZ), Martina Winker (Université de Hambourg of Technology), Claudia Wendland (WECF), Marianne Kjellén (SEI), le Dr Moussa Bonzi (CREPA), Cofie Olufunke (IWMI), Almaz Terrefe (Sudea), Peter Morgan (Aquamor), participants à l'atelier.

Le document a été révisé par le Dr Ralph Otterpohl et Mr Christopher Buzie de l'Université Technique de Hambourg.

MODE D'EMPLOI

Le texte se fonde sur des connaissances scientifiques ainsi que sur des expériences pratiques d'utilisation de l'urine comme engrais et il mettra l'accent sur une utilisation de l'urine dans la production agricole uniquement. Les autres aspects techniques liés aux technologies d'assainissement durable et la façon dont on recueille finalement l'urine ne sont inclus que quand ils ont une incidence sur une utilisation de l'urine comme engrais. Pour plus d'informations sur les composantes techniques des systèmes d'assainissement veuillez vous reporter par exemple à la «Technology Review - Urine Diversion Composants» [Revue technologique – Composantes de détournement de l'urine] (von Muench et Winker, 2009) ou le 'Compendium of Sanitation Systems and Technologies' [Compendium des systèmes et technologies d'assainissement] (Tilley *et al.*, 2008).

Les lignes directrices comprennent trois grandes parties:

La 1^{ère} Partie des lignes directrices donne des informations générales et des recommandations sur une utilisation de l'urine dans la production agricole, notamment des informations sur la composition, la valeur et l'utilisation de l'urine dans la production agricole, la gestion des risques pour la santé fondée sur les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ainsi que les aspects institutionnels et le développement des connaissances pour la mise en œuvre de l'utilisation de

l'urine dans la production agricole au niveau local. La première

La 2^{ème} Partie présente la manière dont cette richesse d'informations peut se transposer davantage sur les besoins et conditions spécifiques respectifs du site local ou du pays en proposant des recommandations sur la façon dont on peut développer et structurer raisonnablement des versions de ces lignes directrices pour une adaptation locale. Elle résume les principaux facteurs qui influencent directement ou indirectement les activités agricoles liées à l'utilisation de l'urine.

La 3^{ème} Partie est une annexe de ligne directrice locale du Niger pour donner un exemple imagé de méthodes locales.

L'intention des auteurs est que ce guide serve d'ouvrage de référence en général et d'outil d'appui à l'élaboration de directives locales sur une utilisation de l'urine dans la production agricole. Au début des principaux chapitres de la 1^{ère} Partie, vous trouverez un court encadré contenant des conseils pratiques indiquant ce qui est le plus important et ce qui pourrait être inclus dans une ligne directrice simplifiée. Si le temps de lire toute la directive est une contrainte, nous vous recommandons de vous concentrer sur le résumé exécutif et les encadrés en présentation de chaque chapitre, puis de passer à la 2^{ème} Partie sur la façon d'élaborer des méthodes locales.

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Les Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine dans la Production Agricole s'adressent aux décideurs, aux professionnels et agents de vulgarisation des secteurs de l'agriculture, de l'eau et de l'assainissement, de la planification et de l'environnement, ainsi qu'à la communauté des bailleurs. Le principal groupe cible est composé des professionnels du secteur agricole. Le texte propose des conseils pratiques pour une utilisation de l'urine dans la production agricole comme composante essentielle des systèmes de production agricole et d'assainissement durables. Il couvre les principaux aspects de l'utilisation de l'urine des systèmes d'assainissement productifs comme engrais dans la production agricole et il comprend également des conseils sur la façon d'entreprendre des activités qui vont faciliter la présentation de nouveaux engrais à la communauté agricole. Le manuel se destine à aider la création de liens entre les chercheurs du domaine de l'assainissement durable et les praticiens de l'agriculture, ainsi que les usagers finaux intéressés à mettre en œuvre des systèmes d'assainissement durable. Il est facile à lire et est instructif, avec des exemples d'études de cas et des conseils de lectures complémentaires pour les personnes intéressées.

A grande échelle, utiliser l'urine comme engrais peut aider à atténuer la pauvreté et la malnutrition et améliorer la balance commerciale des pays importateurs d'engrais chimiques. On peut accroître la sécurité alimentaire avec un engrais disponible gratuitement pour tous, indépendamment des ressources logistiques et économiques. Une gestion sûre de l'urine, qui comprend l'hygiénisation avant utilisation est un élément clé de

l'assainissement durable ainsi que de la production agricole durable.

Les éléments nutritifs de plantes consommées quittent le corps humain par les excréta (fèces et urine) et une fois que le corps est entièrement développé il y a un bilan massique entre la consommation et l'excrétion. Ce phénomène a trois conséquences importantes:

La quantité de nutriments végétaux excrétés peut se calculer à partir de la prise alimentaire, pour laquelle les données sont de meilleure qualité et plus facilement accessibles que pour les excréta.

Si tous les excréta et les déchets organiques, ainsi que du fumier et des résidus de culture, sont recyclés, alors on peut maintenir la fertilité des terres arables, car les produits recyclés contiennent les mêmes quantités de nutriments végétaux que ce que les cultures ont consommé.

Les différences dans la composition des excréta entre des régions différentes reflètent les différences des cultures consommées et donc l'apport nutritif des plantes nécessaire à la fertilité continue des cultures dans la région. Indépendamment des quantités et des concentrations d'éléments nutritifs dans les excréta, une importante recommandation pour la fertilisation est donc de s'efforcer de répartir les engrais des excréta sur une superficie égale à celle qui a servi à produire la nourriture.

La séparation à la source et la manipulation sûre des éléments nutritifs à partir des systèmes d'assainissement est un moyen de faciliter le recyclage et l'utilisation des

Tableau 1: Rendement des légumes sur la moyenne de trois ans d'essais en champs au Burkina Faso.

Source: CREPA

	Aubergine (t ha⁻¹)	Gombo (t ha⁻¹)	Tomate (t ha⁻¹)
Contrôle non fertilisé	2,8 ^a	1,7 ^a	2,1 ^a
Engrais minéral	17,8 ^b	2,7 ^b	5,7 ^b
Urine entreposée	17,7 ^b	2,4 ^b	5,2 ^b

L'urine (b) et l'engrais minéral (b) ont permis un accroissement du rendement statistiquement significatif, en comparaison avec le contrôle non fertilisé (a). Ceci étant, il n'y a pas de différence statistique entre les rendements avec l'urine (b) et l'engrais minéral (b).



Figure 1: Le rendement et la taille des légumes augmentent avec l'utilisation d'urine.

Photo par le Dr Moussa Bonzi du CREPA, Burkina Faso

excréta dans la production agricole. L'urine contient la plupart des macro-éléments ainsi qu'une partie des oligo-éléments excrétés par les êtres humains. On trouve de l'azote, du phosphore, du potassium et du soufre ainsi que des oligo-éléments dans l'urine sous une forme disponible pour les plantes (biodisponible). L'urine est un engrais azoté bien équilibré et riche qui peut remplacer et donne normalement les mêmes rendements que les engrais chimiques dans la production agricole. Le tableau 1 présente un exemple de rendements dans une recherche sur le terrain au Burkina Faso, où les rendements de cultures fertilisées aux urines ne diffèrent pas de ceux des cultures fertilisées aux minéraux.

L'urine d'une personne pendant une année suffit à fertiliser 300-400 m² de cultures à hauteur d'environ 50-100 kg N/ha. L'urine devrait être manipulée dans des cuves et des récipients fermés, et appliquée directement sur le sol, et non sur la plante, en doses d'azote équivalentes à ce qui est recommandé pour les engrais d'urée et d'ammonium. A petite échelle, des arrosoirs en plastique conviennent à l'épandage de l'urine, tandis qu'à plus grande échelle, les épandeurs de lisier animal sont appropriés. Il faudra

minimiser le contact à l'air afin d'éviter les pertes d'ammoniac et il faudra incorporer l'urine dans le sol le plus rapidement possible.

On peut calculer la valeur économique de l'urine en la comparant avec le prix des engrais minéraux sur le marché local ou en calculant la valeur de l'augmentation du rendement de la culture fertilisée. Au Burkina Faso, on peut estimer la valeur d'un bidon de 20 litres d'urine à 25 cents US. Une personne produit environ 500 litres d'urine par an, ce qui correspond à ~ 6-7 dollars. En incluant la valeur des nutriments des matières fécales on obtient une valeur annuelle de 10 USD environ. Toutefois, le rendement accru du maïs grâce à l'utilisation de cette quantité d'engrais est estimé à 50 USD.

Un exemple du Niger nous démontre que la quantité annuelle d'éléments nutritifs végétaux contenus dans les excréta (urine + selles) d'une famille est à peu près égale à la quantité d'un sac de 50 kg d'urée et d'un sac de 50 kg de NPK, voir la figure 2. La grande partie de ces éléments nutritifs se retrouvent dans l'urine, qui est relativement facile à recueillir.



Figure 2: La quantité annuelle de nutriments contenus dans les excréta d'une famille au Niger est égale aux éléments nutritifs contenus dans ces deux sacs d'engrais. Prise de vue de Linus Dagerskog, CREPA / SEI

Les risques sanitaires liés à l'utilisation de l'urine humaine dans la production agricole sont généralement faibles. La séparation de l'urine à la source constitue une importante barrière contre la transmission des agents pathogènes puisque la plupart des agents pathogènes sont excrétés avec les matières fécales. L'envergure de la contamination fécale croisée est liée directement aux risques sanitaires de l'utilisation de l'urine dans la production agricole. Les systèmes de collecte de l'urine

devront être conçus de sorte à minimiser le risque de contamination fécale croisée. Les groupes qui sont potentiellement à risque sont principalement le personnel chargé de la collecte et les travailleurs sur le terrain, les groupes qui viennent en contact direct avec les excréta. Les autres catégories où il existe des risques, cependant réduits, sont les ménages, les communautés locales et les consommateurs des produits agricoles.

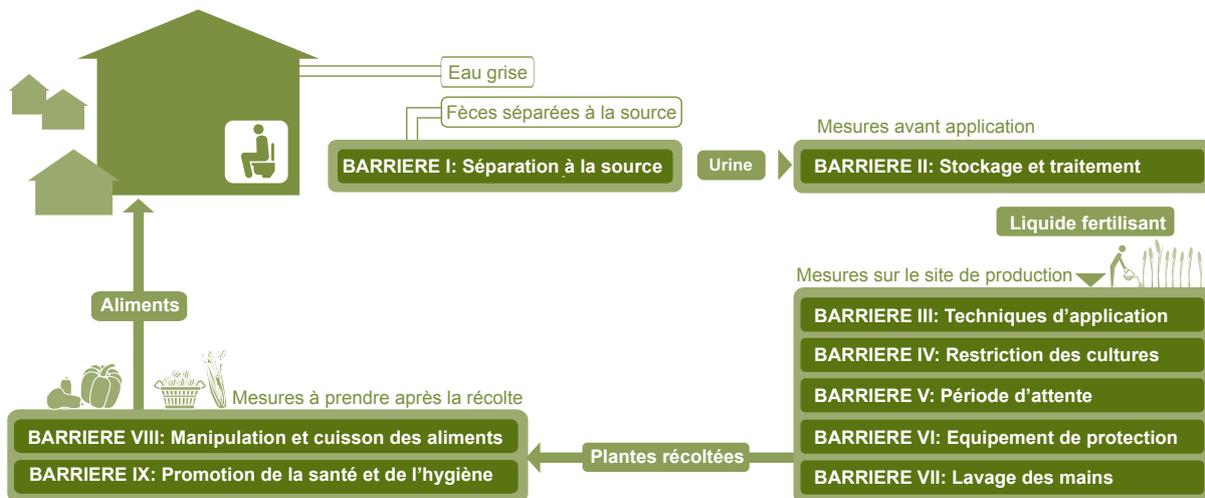


Figure 3: Notion de barrière pour une utilisation sûre de l'urine comme engrais.

L'urine est un engrais de qualité, avec des concentrations faibles en métaux lourds. En ce qui concerne les hormones et les produits pharmaceutiques excrétés avec l'urine, les risques d'effets négatifs pour les plantes ou la santé humaine sont bas si l'urine est appliquée sur les terres agricoles en doses correspondant aux besoins des plantes.

Les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour une utilisation sûre des excréta dans l'agriculture (2006) encouragent une approche souple à barrières multiples pour la gestion des risques sanitaires liés à l'utilisation des excréta. Ce concept comprend une série de mesures/ barrières «des toilettes à la table». Chacune des barrières a un potentiel pour réduire les risques sanitaires liés à l'utilisation des excréta et l'OMS recommande de mettre en place plusieurs de ces barrières, le cas échéant, afin de réduire le risque sanitaire à un minimum acceptable, voir la figure 3.

Ces barrières comprennent, par exemple, le stockage, les restrictions relatives aux cultures, les périodes de rétention et un contact limité, la manipulation et la cuisson correctes de la culture vivrière. Le texte donne des exemples de la façon dont on peut manipuler l'urine de manière sûre afin de réduire au minimum le risque de transmission des pathogènes selon les lignes directrices de l'OMS relatives à une utilisation sûre des excréta dans la production agricole.

Les considérations institutionnelles sont de plus en plus importantes alors que les systèmes d'assainissement à des fins productives se banalisent. Un défi consiste à intégrer l'utilisation des excréta dans les cadres réglementaires

existants. Initialement, les activités suivantes sont proposées lors de la mise en œuvre de systèmes d'assainissement à des fins productives:

- Identifier les acteurs et clarifier les intérêts et les limitations de chacun en ce qui concerne la mise en œuvre de l'urine dans la production agricole,
- Inclure et cibler les producteurs agricoles dans la planification initiale,
- Organiser une plateforme pour les commentaires et l'interaction entre les intervenants,
- Organiser les communautés locales afin qu'il y ait une structure de mise en œuvre et une structure pour le suivi.

La diffusion et le développement des connaissances sur l'urine comme engrais s'acquiert mieux grâce à des expériences de démonstration locale faisant participer les organisations qui travaillent avec les petits producteurs et les communautés locales ainsi que les organismes de recherche locaux. Le nouvel engrais devrait être introduit suivant la même méthodologie que lors de l'introduction de tout nouvel engrais dans la communauté agricole.

Afin d'être réalisable dans un contexte local, il est souvent aussi nécessaire de continuer à traduire ou adapter la richesse d'informations contenues dans ce texte aux conditions respectives du site local. La 2ème Partie du livre formule des recommandations sur la façon dont les méthodes locales peuvent être développées et structurées et résume les principaux facteurs qui influencent directement ou indirectement les activités agricoles liées à l'utilisation d'urine. Elle est complétée par un exemple de ligne directrice locale du Niger, annexé à la publication.

1^{ÈRE} PARTIE • INFORMATION GÉNÉRALE ET CONSEILS D'UTILISATION DE L'URINE DANS LA PRODUCTION AGRICOLE

CARACTÉRISTIQUES DE L'URINE HUMAINE

Conseils pratiques:

L'urine est un engrais liquide à action rapide bien équilibré, riche en azote. La teneur en éléments nutritifs de l'urine dépend de l'alimentation. Si la teneur en azote de l'urine n'est pas connue alors, en règle générale, il faut prévoir une concentration de 3-7 grammes d'azote par litre d'urine. Le phosphore dans l'urine est sous une forme disponible pour les plantes faisant ainsi de l'urine un engrais phosphoré également. La quantité d'urine produite par un adulte dépend de la quantité de liquide que la personne boit, un chiffre moyen de 0,8-1,5 litres par adulte et par jour.

Le texte dans le chapitre suivant suppose que l'urine est traitée selon les lignes directrices de l'OMS (2006) pour une utilisation sûre des eaux usées, des excréta et des eaux grises dans l'agriculture et l'aquaculture.

Les nutriments de plante consommés quittent le corps humain à travers les excréta, et une fois que le corps est entièrement développé il y a un bilan massique entre la consommation et l'excrétion, voir la figure à l'encadré 1. Ceci a trois importantes implications:

- La quantité de nutriments végétaux excrétés peut se calculer à partir de la prise alimentaire, pour laquelle les données sont de meilleure qualité et plus facilement accessibles que pour les excréta.
- Si tous les excréta et les déchets organiques, ainsi que le fumier et les résidus de culture, sont recyclés, alors on peut maintenir la fertilité des terres arables, car les produits recyclés contiennent les mêmes quantités de nutriments végétaux que ce que les cultures ont consommé.
- Les différences de composition des excréta entre différentes régions reflètent les différences dans l'alimentation et donc l'apport en élément nutritif des plantes nécessaire pour maintenir la fertilité des cultures dans la région.

Indépendamment des quantités et des concentrations d'éléments nutritifs dans les excréta, une importante recommandation pour la fertilisation est de s'efforcer de répartir les engrais d'excréta sur une superficie égale à celle qui a servi à produire la culture.

L'urine est une solution aqueuse composée de plus de 95% d'eau, et des constituants restants composés d'urée, de créatinine, d'ions dissous (chlorure, sodium, potassium, etc.), de composés inorganiques et organiques ou de sels. La plupart de ceux-ci demeurent dans la solution, mais il peut y avoir une tendance à une sédimentation des substances fortement phosphorées dans les récipients stockés pour l'hygiénisation. Cette substance a une texture sirupeuse et si l'urine est recueillie dans un système de canalisation, ce «sirop d'urine» peut se sédimer dans les tuyaux, si l'inclinaison n'est pas suffisante.

MACRO-ÉLÉMENTS – QUANTITÉS ET BIODISPONIBILITÉ

L'urine contient des quantités importantes des principaux macro-éléments requis par les plantes ; azote (N), phosphore (P) et potassium (K). L'azote se présente en fortes concentrations (principalement sous forme d'urée), alors que les phosphates et le potassium apparaissent comparativement en plus faibles concentrations, sous des formes biodisponibles dissoutes.

L'urine utilisée directement ou après stockage est de grande qualité et constitue une alternative à faible coût par rapport à l'utilisation d'engrais minéraux azotés dans la production agricole. Les éléments nutritifs contenus dans l'urine se présentent sous forme ionique et leur biodisponibilité se compare bien avec les engrais chimiques (Johansson *et al.*, 2001 ; Kirchmann & Pettersson, 1995 ; Simons & Clemens, 2004). L'urine contient également certaines quantités de phosphore, de potassium, de soufre et de micronutriments, mais en raison de sa forte teneur en N ses ratios de P/N et K/N sont inférieurs à ceux de nombreux engrais minéraux utilisés pour la production agricole, et plus faibles que ce dont

Tableau 2: Proposition de valeurs par défaut pour la masse et les éléments nutritifs excrétés. Vinnerås et al., 2006

Paramètre	Unité	Urine	Fèces	Papier Hygiénique	Eaux noires (urine+fèces)
Masse humide	kg/personne, par an	550	51	8,9	610
Masse sèche	kg/personne, par an	21	11	8,5	40,5
Azote	g/personne, par an	4000	550		4550
Phosphore	g/personne, par an	365	183		548

nombre de cultures ont besoin selon les recommandations relatives aux engrais.

Un avantage de l'urine en comparaison avec les engrais organiques, c'est qu'elle contient du phosphore sous des formes biodisponibles. Cela signifie que l'urine est très efficace comme engrais phosphoré, ce qui a des implications pour l'avenir en ce qui concerne le concept de «Pic Phosphore» et le fait que le phosphore est une ressource limitée.

Comme il est assez difficile d'analyser la teneur en nutriments de l'urine humaine, il est nécessaire de définir une méthode pour calculer la composition de l'urine à partir de données facilement disponibles. Une telle méthode, qui utilise les statistiques de la FAO (voir www.fao.org) sur l'approvisionnement alimentaire disponibles dans différents pays, a été développée par Jönsson & Vinnerås (2004). Cette méthode utilise des équations dérivées de statistiques de la FAO et une estimation de l'excrétion moyenne de la population suédoise (tableau 2),

avec laquelle de nombreuses mesures sur les excréta ont été réalisées.

Sur la base de cette estimation de l'excrétion moyenne, sur l'approvisionnement alimentaire de la population suédoise selon les statistiques de la FAO et l'analyse statistique des différentes denrées alimentaires, les relations (équations 1 et 2) ont été développées entre l'approvisionnement alimentaire selon la FAO et l'excrétion de N et P.

$$N = 0,13 * \text{Total de protéines alimentaires} \dots\dots \text{Equation 1}$$

$$P = 0,011 * (\text{Total protéine alimentaire} + \text{protéines alimentaires végétales} \dots\dots\dots \text{Equation 2})$$

Dans les équations 1-2, les unités de N et P sont les mêmes que celles de la protéine alimentaire. Comme on le voit dans l'équation 2, il y a une forte corrélation positive entre les teneurs en protéines et le phosphore contenu dans les denrées alimentaires. En outre, les denrées alimentaires végétales contiennent en moyenne deux fois plus de

Tableau 3: Approvisionnement alimentaire dans les différents pays en 2000.

FAO 2003

Pays	Energie Totale kcal/pers, jour	Energie végétale kcal/pers, jour	Protéines Totales g/pers, jour	Protéines végétales g/pers, jour
Chine	3029	2446	86	56
Haïti	2056	1923	45	37
Inde	2428	2234	57	47
Afrique du Sud	2886	2516	74	48
Ouganda	2359	2218	55	45

Tableau 4: Estimation de l'excrétion des éléments nutritifs par habitant pour différents pays. Jönsson et Vinnerås 2004

	Azote (kg/pers, an)	Phosphore (kg/pers, an)	Potassium (kg/pers, an)
Chine	3,5	0,4	1,3
Haïti	1,9	0,2	0,9
Inde	2,3	0,3	1,1
Afrique du Sud	3,0	0,3	1,2
Ouganda	2,2	0,3	1,0
Suède	4,0	0,4	1,0

phosphore par gramme de protéines que les protéines animales, ce qui explique pourquoi la protéine végétale est comptée deux fois dans l'équation 2.

Ces équations sont utiles pour estimer le taux moyen d'excrétion de N et de P dans différents pays. La base de ces estimations sont les statistiques de la FAO sur l'approvisionnement alimentaire, disponibles sur le site de la FAO. Vous trouverez des données et des résultats de ces estimations pour quelques pays aux tableaux 3 et 4.

Ces estimations supposent que la perte entre la nourriture fournie et la nourriture effectivement consommée, c'est-à-dire les déchets alimentaires produits, est de la même proportion dans les différents pays. Cette hypothèse se vérifie par les statistiques chinoises. L'excrétion déclarée par Gao *et al.* (2002) pour la Chine était de 4,4 kg de N et 0,5 kg de P. Ces valeurs concordent assez bien avec celles calculées dans le tableau 4, considérant combien il est difficile d'effectuer des mesures représentatives de l'excrétion d'une grande population.

On peut également trouver des données de base de la composition de l'urine dans le texte suivant: NASA Contractor Report No. NASA CR-1802, D. F. Putnam, juillet 1971. Ce document est disponible en ligne à:

http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19710023044_1971023044.pdf

Le tableau 5 ci-dessous montre les valeurs calculées de N, P et K de l'urine et des fèces des personnes de plus de 10 ans d'âge dans les ménages ruraux de la province de Limpopo en Afrique du Sud (CSIR, 2008). Le tableau montre que dans ces zones l'urine pourrait fournir un engrais riche en azote au ratio de 10:1:4 et les fèces un engrais plus équilibré à 2:1:1. La moyenne pondérée de la teneur en éléments nutritifs, qui serait le résultat de l'application de ces deux engrais, dérivés du même nombre de personnes au cours de la même période, produit un ratio d'approximativement 7:1:3.

QUANTITÉS ET VOLUME EXCRÉTÉS

La quantité d'urine produite par une personne adulte dépend principalement de la quantité de liquide qu'elle boit et transpire. Les enfants produisent environ la moitié de la quantité d'urine des adultes. Une transpiration excessive aboutit à de l'urine concentrée, alors que la consommation de grandes quantités de liquide dilue l'urine. Vinnerås *et al.* (2006) propose une valeur pour le calcul de la production d'urine à 1500 g/p.j partir de

Tableau 5: Excrétion d'éléments nutritifs N:P:K par habitant et par an et le ratio de l'engrais de l'urine, des fèces et de l'urine + fèces en Afrique du Sud. CSIR, 2008

Produit	kg/p/an			Ratio		
	N	P	K	N	P	K
Urine	3,56	0,34	1,26	10	1	4
Fèces	0,42	0,24	0,21	2	1	1
Urine + fèces	3,98	0,58	1,47	7	1	3

mesures en Suède, tandis que Schouw *et al.* (2002) a trouvé pour l'urine produite dans le sud de la Thaïlande une valeur entre 0,6 et 1,2 L/p.j.

ANALYSE DE L'URINE HUMAINE

Un bon échantillonnage et une analyse correcte de l'urine sont difficiles, et les résultats d'une analyse d'échantillons isolés devraient être interprétés avec précaution. Les analyses de laboratoire donneront les réponses les plus correctes, toutefois, de telles analyses ne sont pas toujours possibles dans les conditions de terrain et en l'absence de matériel de laboratoire. Il existe des méthodes d'analyse simples, mais celles-ci n'ont pas été validées pour l'urine humaine. Les mesures de conductivité ont été proposées, ce qui peut être une alternative intéressante. Un outil qui a été développé pour analyser le lisier a été utilisé avec succès pour l'urine humaine, cependant, un étalonnage peut être nécessaire. La méthode se base sur le fait que l'ammonium dissous dans l'engrais réagit avec un additif pour former de l'ammoniac gazeux. L'outil mesure la pression de gaz qui en résulte et indique un chiffre approximatif du contenu d'azote ammoniacal dans l'engrais (voir www.agros.se).

Le prélèvement d'échantillons d'urine doit se faire avec rigueur. Il convient de bien mélanger l'urine parce que les substances riches en phosphore contenues dans l'urine ont tendance à se sédimer dans le récipient pendant le stockage de l'urine.

Un commentaire sur la teneur en P et K dans l'urine est pertinent. Dans de nombreux pays, la teneur en K est exprimée en K_2O , et la teneur en P en P_2O_5 . Le tableau 6 ci-dessous présente les facteurs de conversion à utiliser le cas échéant afin de convertir les formules.

Tableau 6: Facteurs de conversion des principaux nutriments.

Pour convertir	en	multiplier par
K	K_2O	1,2
K_2O	K	0,83
P	P_2O_5	2,29
P_2O_5	P	0,436

POLLUANTS CHIMIQUES

Conseils pratiques:

La séparation de l'urine à la source résulte en l'un des engrais les plus sûrs et les plus propres à disposition de la communauté agricole. Les produits pharmaceutiques et les hormones sont excrétés par l'urine, mais le risque d'effets négatifs pour les végétaux et les hommes est faible. Lorsque l'on traite les excréta dans une station d'épuration, les contaminants des industries, de la circulation et des eaux grises s'ajoutent et finissent en un produit de qualité nettement inférieure. Le texte suivant propose quelques réponses aux questions habituelles sur les polluants chimiques contenus dans l'urine. Toutefois, il convient de noter que le risque en utilisant de l'urine est beaucoup plus faible que lorsque l'on utilise des boues d'épuration et également plus faible que lorsque l'on utilise du fumier de ferme.

Les informations contenues dans ce chapitre se fondent principalement sur les travaux de Winker (2009). La publication de Larsen et Lienert (2007) est également recommandée.

Hormones et produits pharmaceutiques¹

Les hormones et les résidus de produits pharmaceutiques sont deux types de micropolluants qui surviennent dans l'urine (les niveaux de concentration sont disponibles dans Winker 2009), alors que les êtres humains les excrètent dans l'urine et les fèces (en règle générale: les deux tiers de substances de résidus pharmaceutiques sont excrétés dans l'urine, un tiers avec les fèces, bien que les chiffres puissent varier considérablement pour des substances individuelles).

Il est possible que ces micropolluants soient absorbés par les plantes et entrent de ce fait dans la chaîne alimentaire humaine si l'on réutilise l'urine dans l'agriculture. Voici un risque, mais il est minime: une évaluation complète des effets toxiques potentiels des produits pharmaceutiques ingérés par l'homme à travers les cultures est très difficile et n'a pas encore été effectuée. Les risques doivent être mis en perspective par rapport aux résidus de produits pharmaceutiques présents dans le fumier animal, ou aux risques résultant de l'utilisation des pesticides. Dans les systèmes d'assainissement avec égouts ces micropolluants sont rejetés des stations de traitement des eaux usées vers

¹ De von Münch et Winker (2009)

les eaux de surface et peuvent atteindre les eaux souterraines à long terme. Par exemple, les concentrations de résidus pharmaceutiques détectées dans les eaux souterraines se situent dans l'ordre de 50 ng/l en Allemagne (Heberer *et al.*, 2000).

Lorsque l'on compare ces deux approches (le mélange de l'urine avec de l'eau dans la gestion conventionnelle des eaux usées versus application d'urine sur le sol), il s'ensuivra probablement qu'il est plus sûr de rejeter l'urine dans le sol, plutôt que de la faire transiter par le système conventionnel. Les micropolluants peuvent mieux se dégrader dans les couches de sol aérobiques, biologiquement actifs (forte concentration de micro-organismes) avec de plus longs temps de séjour que dans les plans d'eau dont l'écosystème est beaucoup plus sensible. Le sol est un milieu plus adapté à la dégradation naturelle des produits pharmaceutiques que l'eau parce que :

- Les niveaux d'oxygène, favorisant la biodégradation, sont environ 50 000 fois plus élevés que dans l'eau.
- L'exposition à la lumière UV contribue aussi à dégrader les produits pharmaceutiques, bien que cela ne s'applique qu'à la surface (et 1-2 cm de profondeur du sol) et les cultures peuvent fournir l'ombre du soleil.
- Les systèmes terrestres sont beaucoup mieux équipés pour dégrader les composés organiques que les systèmes aquatiques. La surface spécifique élevée des particules du sol maximise l'exposition des produits chimiques absorbés, en maximisant la cinétique de la dégradation tels que l'oxydation, la réduction, la diagenèse améliorée des enzymes, etc.
- La grande biodiversité de la flore fongique et bactérienne du sol est également adaptée pour dégrader les différentes sortes de molécules organiques, à la fois complexes et simples.

En fin de compte, les risques potentiels de la consommation de produits de culture fertilisés à l'urine doivent être comparés avec les risques liés à l'utilisation de pesticides sur les cultures, ainsi que les antibiotiques et les hormones donnés aux animaux de ferme (volailles et bovins) pouvant être tracés comme par exemple avec le lait et les œufs. La consommation humaine de substances pharmaceutiques est faible par rapport à la quantité de pesticides (insecticides, fongicides, bactéricides et herbicides) utilisés dans l'agriculture, et qui sont aussi biologiquement actifs que les substances pharmaceutiques. Des études de flux de substances ont confirmé que la dose d'hormones naturelles et synthétiques et de nombreuses substances

pharmaceutiques est plus grande avec l'application de fumier que lors de l'application d'urine humaine (Magid, 2006 ; Hammer & Clemens, 2007). Ceci dit il doit être mentionné que la variété des résidus pharmaceutiques par application d'urine est plus importante qu'avec du fumier.

L'urine est fortement toxique pour les vers de terre comme l'a indiqué une étude de doctorat (Muskolus, 2008). La fertilisation à l'urine s'est révélée faire reculer temporairement la population de vers de terre, mais l'effet n'est pas permanent et après environ 6 mois, la population s'était rétablie (Muskolus, 2008). Ceci a fait l'objet d'un examen pour savoir si cette réponse était liée à l'ammoniac ou aux produits pharmaceutiques contenus dans l'urine. Cependant aucune relation n'a pu être faite. Les activités enzymatiques microbiennes du sol n'ont pas été influencées par l'urine utilisée comme engrais. (Muskolus, 2008)

Les métaux traces

Les fèces humaines et dans une moindre mesure l'urine contiennent des métaux traces. Les quantités de métaux lourds dans l'urine sont infimes et beaucoup plus faibles que les boues d'eaux usées ou même le fumier de ferme (OMS, 2006). Ceci est le résultat d'une absorption biologique faible et d'une excrétion encore plus faible (Vinnerås, 2002). Essentiellement, tous les métaux lourds contenus dans les excréta d'une population normale proviennent de la nourriture ingérée et une grande partie de ces métaux a été enlevée des champs avec la récolte. Ainsi, il est possible de recycler les engrais des excréta, pour autant qu'ils n'aient pas été pollués lors de la manipulation, sans menacer la viabilité des terres agricoles (Jönsson *et al.*, 2004)

SALINISATION

Conseils pratiques:

L'utilisation des urines dans les zones où la salinisation pose un problème doit faire l'objet de suivi. L'urine est une solution de sels et le stress salin peut constituer un obstacle majeur à la production agricole dans les zones arides. Lorsque l'on utilise l'urine dans ces zones, il faut adapter les pratiques d'irrigation. Il convient d'adoucir l'urine avec de l'eau et d'alterner régulièrement l'application d'urine avec l'application d'eau uniquement.

La concentration de sels solubles dans l'urine dépend de la quantité de sels excrétée ainsi que de la quantité de liquide qui passe à travers le corps. Un chiffre rapporté dans Ganrot 2007 donne à l'urine humaine à peu près la teneur de 150

ml de NaCl (chlorure de sodium), correspondant à une concentration de 8,8 g par litre (Ganrot *et al.*, 2007). Le stress salin du chlorure de sodium peut être une contrainte majeure dans la production agricole, en particulier dans des conditions arides.

La sensibilité au sel varie en fonction de facteurs comme les espèces végétales et la température. Bernal *et al.* (1974) ont rapporté une dépression de croissance de 10 à 50% du rendement en grains de blé lorsqu'ils sont traités avec une solution de 50 mM NaCl. Les sols affectés par le sel se répartissent partout dans le monde mais la plupart d'entre eux se trouvent dans les régions arides et semi-arides.

Les engrais sont dans une large mesure des sels solubles et s'ils ne sont pas gérés correctement, ils peuvent contribuer ou causer la salinisation. Par exemple, une étude réalisée pour étudier les effets du taux de salinité et d'azote sur la croissance et le rendement des poivriers par Villa-Castorena *et al.* (2003) a montré que de grandes quantités d'application d'azote, 140 kg ha⁻¹ et plus, augmentaient la salinité du sol ce qui était suivi par une réduction de la croissance et du rendement des plantes.

Dans une étude effectuée par Mnkeni *et al.* (2005) en Afrique du Sud pour évaluer l'urine humaine comme source de nutriments pour les légumes, il a été constaté qu'en Afrique du Sud, des taux d'application très élevés d'urine réduisaient les rendements. Ceci s'expliquait par la salinité accrue des sols et donc des niveaux élevés de sodium dans les tissus végétaux. Cependant, les taux d'application de N dans l'étude étaient extrêmes: 1600 kg N / ha, ce qui augmenta la conductivité électrique du sol, résultant en une classification du sol comme un sol très fortement salin après la récolte. L'utilisation de ce niveau d'application n'est jamais recommandée. Il a également été suggéré que le statut de la salinité des sols fertilisés à l'urine doit faire l'objet de suivi afin de détecter d'éventuelles accumulations de sel, ce qui est raisonnable.

Il est conseillé d'entreprendre un suivi dans les régions arides afin de recueillir des données à long terme sur l'éventuelle accumulation de sel dans les sols et/ou maintenir les taux de fertilisation à l'urine à un niveau bien adapté au climat et aux cultures. Les plantes varient dans leur capacité à tolérer la salinité et donc une bonne sélection des cultures est un élément important pour une optimisation du rendement des cultures dans les zones arides (tableau 7).

Tableau 7: Tolérance relative des plantes ordinaires à la salinité.

Brady et Weil, 1999

Tolérant	Modérément tolérant	Modérément sensible	Sensible
Orge (grain)	Frêne (blanc)	Luzerne	Amandes
Cynodon	Tremble	Fève	Pomme
Cerise noire	Orge (fourrage)	Chou fleur	Abricot
Coton	Betterave (jardin)	Chou	Haricot
Datte	Brocoli	Céleri	Mûre
Olive	Niébé	Trèfle	Mûre de Boysen
Romarin	Fétuque (haute)	Maïs	Carotte
	Figue	Concombre	Céleri
	Harding grass	Raisin	Pamplemousse
	Chou frisé	Laitue	Citron
	Dactile	Pois	Oignon
	Avoine	Arachide	Orange
	Grenade	Radis	Pêche
	Seigle (foin)	Riz (paddy)	Poire
	lvraie (vivace)	Courge	Ananas
	Carthame	Canne à sucre	Pomme de terre
	Sorgho	Mélilot clover	Framboises
	Soja	Patate douce	Fraises
	Courge (zucchini)	Navet	Tomate
	Blé		

VALEUR ÉCONOMIQUE DE L'URINE

Conseils pratiques:

La valeur des éléments nutritifs contenus dans l'urine peut se calculer en comparant la quantité des nutriments végétaux dans l'urine au prix des mêmes nutriments contenus dans les engrais chimiques sur le marché local. Selon les prix des engrais locaux courants la valeur de l'urine produite par une personne par an se situera dans l'ordre de 4-7 Euros. Pour illustrer le potentiel d'utilisation de l'urine ce chiffre peut être multiplié par le nombre de personnes dans le ménage ou dans le village, ou même par toute la population.

L'évaluation de la valeur économique de l'urine prend plusieurs dimensions. La valeur de la réutilisation de l'urine dans la production agricole est souvent beaucoup plus élevée que la simple valeur des nutriments contenus dans l'urine. L'augmentation des rendements qui peut être attribuée à l'application d'urine riche en éléments nutritifs par rapport à une situation sans aucune application d'engrais du tout milite fortement en faveur de la réutilisation des ressources dans l'agriculture et les systèmes d'assainissement durable. Les arguments monétaires peuvent servir lors d'une prise de conscience sur le potentiel de l'assainissement productif. Les bénéfices pour la santé et pour l'environnement sont assez difficiles à évaluer en termes monétaires, tandis que la valeur économique des excréta en équivalents d'engrais chimiques est plus facile. Cela peut se faire en comparant la quantité de nutriments végétaux contenus dans les excréta au prix des mêmes éléments nutritifs contenus dans les engrais chimiques comme l'urée, le phosphate et les différents engrais NPK.

Les considérations de la valeur économique et financière des éléments nutritifs du sol ont été explorées par exemple par Drechsel *et al.* (2004). Les deux principaux modèles utilisés dans les pays en développement portent soit sur la valeur des engrais appliqués, ce qui fera l'objet de développement dans le texte à suivre, soit sur la valeur des produits dans les systèmes de production agricole étudiés. Les deux méthodes ont leurs limites et leur potentiel et le choix devrait se fonder sur une décision relative au groupe cible, à la qualité des données et au résultat souhaité.

Une étude de la commercialisation de l'urine et des fèces des zones résidentielles de Kampala, en Ouganda, a été

réalisée par la GTZ (Schroeder, 2010). Au nombre des conclusions figuraient les suivantes:

- Plus les systèmes sont conçus grands, plus grand est le profit économique.
- Le bénéfice des systèmes peut être fortement influencé par une variété de facteurs. Parmi ceux-ci, la distance de transport, la durée de vie du projet et le prix des éléments nutritifs/du carburant ont donné le plus d'effets.
- Il convient de minimiser la distance entre la zone résidentielle et le domaine agricole.
- Les outils économiques sont susceptibles d'aider les gens à changer de perceptions et de comportements de façon durable et d'offrir une option pour augmenter l'efficacité de mise en œuvre des systèmes proposés.
- Un engrais ne sera pas acheté et utilisé par les agriculteurs s'il n'est pas compétitif en termes de teneur en éléments nutritifs et de biodisponibilité, d'efforts de manipulation/ gestion/ coûts et prix des produits.

Le texte à dans l'encadré 1 (pages 10-11) décrit une méthode élaborée par le CREPA utilisant l'argument monétaire pour promouvoir l'assainissement productif au Burkina Faso et au Niger.

Analyses coûts/ avantages

Réaliser une analyse coûts/avantages peut apporter un soutien à la planification d'un système d'assainissement qui comprend le recyclage de l'urine et des fèces sur les terres agricoles. Une telle analyse a été faite dans un projet d'Afrique du Sud (CSIR, 2008) où les coûts et les avantages à utiliser l'urine comme engrais ont été comparés aux coûts et avantages à ne pas utiliser d'engrais du tout, ou à utiliser des engrais minéraux. L'analyse s'est basée sur des entretiens avec les agriculteurs de subsistance des zones rurales. Malgré le coût plus élevés de construction des installations d'une toilette de déviation de l'urine, cette option de technologie avait un avantage économique plus grand, indépendamment du mode de gestion du contenu des dépôts. Cela implique que la technologie de toilettes à déviation d'urine est une meilleure option pour les zones d'agriculture de subsistance qui tentent d'améliorer la fertilité des sols.

Une autre analyse coûts/ avantages a été réalisée au Niger (Dagerskog, communication personnelle), dans laquelle le coût de la construction des toilettes a été comparée

Encadré 1: Calcul de la valeur économique de l'urine – expériences du Burkina Faso

Combien d'éléments nutritifs y a-t-il dans les excréta humains par an?

La quantité d'azote et de phosphore contenue dans les excréta se calcule en utilisant les statistiques de la FAO sur l'approvisionnement alimentaire (équations 1 et 2). En raison de l'incertitude des statistiques de la FAO pour chaque pays, les données de la figure 4 se basent sur la moyenne pour les dix pays d'Afrique occidentale.

Les excréta générés par une famille représentent une quantité importante d'engrais. La famille moyenne dans la province d'Aguié au Niger compte neuf membres. L'urée et le NPK (15:515; %N:%P₂O₅:%K₂O) sont des engrais courants. Fait intéressant, la quantité annuelle des nutriments végétaux contenus dans les excréta d'une famille est à peu près égale à la quantité d'un sac de 50 kg d'urée et d'un sac de 50 kg de NPK.

Tableau 8: Quantités de nutriments contenus dans les excréta par rapport aux engrais minéraux.

Nutri-ment	Kg d'excréta par personne	Kg d'excréta par famille (9)	Urée (50 kg) + NPK15:15:15 (50 kg)
N	2,8	25	27
P	0,45	4	3,2
(K)	(1,3)	(11,7)	(6,2)

La plupart des familles ne peuvent pas s'offrir deux sacs d'engrais. Il n'est pas étonnant donc que le message «une famille produit l'équivalent de deux sacs d'engrais» ait été accueilli avec grand intérêt par les populations des zones rurales du Ni-

ger. Au niveau local, deux sacs d'engrais chimiques coûtent 80 \$ environ.

Pour le Burkina Faso avec ses 13,5 millions d'habitants, la quantité annuelle de nutriments végétaux contenus dans les excréta se situe dans le même ordre de grandeur que la quantité annuelle d'engrais importés (tableau 9).



Figure 5: La famille au Niger produit autant de nutriments contenus dans l'urine et les fèces que dans les deux sacs d'engrais minéraux.

Tableau 9: Quantité de nutriments végétaux par an contenus dans les engrais importés par rapport à la quantité contenue dans les excréta pour le Burkina Faso.

	N (tonnes/an)	P (tonnes/an)	K (tonnes/an)
Engrais importé *	22 632	8 801	14 801
Excréta produits	38 024	5 780	19 265
Ratio excréta/engrais	1,68	0,66	1,30

*Statistiques de la FAO 2005

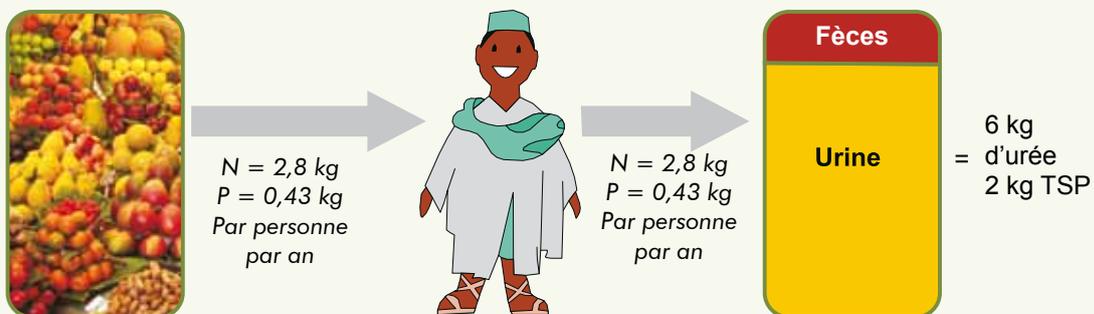


Figure 4: Teneur en éléments nutritifs des excréta d'une personne moyenne d'Afrique de l'Ouest (basée sur les données de la FAO sur la ration alimentaire de 10 pays).

Combien cela vaut-il ?

Le calcul du prix de marché pour les différents nutriments peut être simple.

Tableau 10: Prix des différents éléments nutritifs au Burkina Faso.

Nutri-ment	Engrais	Prix de 50 kg (CFA)	Kg nutriment par 50 kg	Prix / kg nutriment (CFA)
N	Urée	20 000	23	870
P	TSP	20 500	9,86	2079
K	KCl	22 500	24,8	907

Toutefois, ce prix au kg se base sur des fertilisants à nutriment unique. L'utilisation de ce prix au kg de la formule d'engrais NPK la plus courante, montre que l'achat d'éléments nutritifs est environ 10% plus cher achetés individuellement qu'en engrais NPK complexes. Pour prendre en compte ceci, la valeur des excréta est réduite de 10% au tableau 11.

Tableau 11: Valeur annuelle des éléments nutritifs d'une personne au Burkina Faso.

Nutriment	N	P	K	TOTAL
kg/personne/an	2,8	0,43	1,3	
Prix/kg	870	2079	907	
Valeur (CFA)	2400	900	1300	4600
Valeur - 10 %				4100 (~10 \$)

Pour le Burkina Faso avec ses 13,5 millions de personnes, la valeur fertilisante de l'homme correspond à 135 millions \$ par an. Dans de nombreux pays les engrais chimiques sont fortement subventionnés. On pourrait initier une discussion fondée sur les chiffres

dans ce texte pour étudier la possibilité de subventionner les toilettes au lieu des engrais chimiques.

L'incitation à utiliser un engrais est surtout que la valeur de la récolte supplémentaire produite sera supérieure au coût de l'engrais. Le calcul suivant peut montrer ceci: le maïs a besoin d'environ 60 kg de N/ha, ce qui peut être fourni avec les excréta de ~ 20 personnes. Un champ bien fertilisé (60 kg N/ha) peut produire 3 tonnes/ha, comparativement à 0,5 tonnes pour le champ traditionnel. Un excédent de 2,5 tonnes en raison de l'application d'excréta de 20 personnes, soit 125 kg supplémentaires de maïs pour chacune de ces 20 personnes. Une quantité de 125 kg de maïs vaut environ 50 \$ US sur le marché au Burkina Faso. Cela peut être comparé à la valeur nutritive des excréta (10 \$ US) et au revenu annuel moyen au Burkina Faso.

Quelle est la valeur d'une quantité précise d'urine ?

Au Burkina Faso le récipient le plus courant pour le stockage de l'urine est le bidon de 20 litres. La valeur fertilisante de l'urine peut être estimée à 120 CFA ou 0,25 \$ US. Il convient de rappeler que pour une analyse correcte de la teneur en nutriments de l'urine, il faut bien mélanger l'urine et ses sédiments, et prendre soin que l'ammoniac de l'urine ne se perde pas.

Tableau 12: Valeur des éléments nutritifs d'un bidon d'urine.

Nutriment	g/l	Kg/bidon	Prix/kg	Valeur/bidon
N	5	0,1	870	87
P	0,5	0,01	2079	21
K	1,5	0,03	907	27
TOTAL				136
TOTAL - 10 %				~ 120 FCFA

La teneur en macronutriments secondaires comme le soufre, le magnésium et le calcium, et les micronutriments est rarement calculée. Cependant ceux-ci contribuent à la valeur de l'urine car ils font de l'urine un engrais complet.

à la valeur de l'engrais produit dans les toilettes. Cette petite comparaison des chiffres montre que la famille qui utilise l'urine comme engrais, si elle vendait celle-ci sur un marché à un prix légèrement inférieur à la valeur des éléments nutritifs contenus dans l'urine, pourrait récupérer l'argent qu'elle a dépensé pour construire les toilettes en moins de deux ans.

FERTILISATION DES CULTURES À L'URINE - RÉSULTATS DE RECHERCHE ET EXPÉRIENCES PRATIQUES

La recherche sur l'urine comme engrais se fait à travers le monde entier, dans des environnements allant des essais de démonstration très appliqués aux études scientifiques rigoureuses. Le texte qui suit décrit certaines des activités en cours ou achevées. Les exemples sont destinés à donner une vue d'ensemble des résultats et de la configuration de la recherche, et à inspirer les travaux futurs dans ce domaine.

Le rendement atteint grâce à la fertilisation à l'urine varie en fonction de nombreux facteurs. Un aspect important est l'état des sols. L'effet de l'urine, tout comme celui des engrais chimiques, est probablement un peu plus faible sur un sol qui a une faible teneur en matière organique que sur un sol ayant une teneur élevée en matière organique. L'expérience montre qu'il est bénéfique pour la fertilité des sols d'appliquer de l'urine et des fèces ou d'autres engrais organiques sur le sol, mais ils peuvent être utilisés sur différentes années et pour différentes cultures.

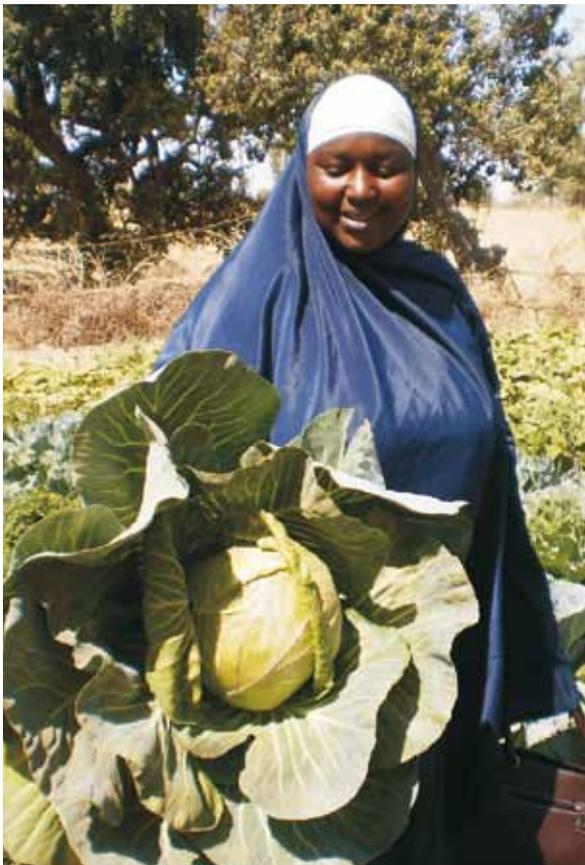


Figure 6: Jardinage (petite échelle) utilisant l'urine au Niger.

Photo: Linus Dagerskog

L'urine humaine a souvent été utilisée comme engrais dans le petit jardinage, bien que trop souvent non documentée (Figure 6).

CÉRÉALES EN EUROPE DU NORD

L'urine a été testée comme engrais dans la production de l'orge en Suède de 1997 à 1999 (Johansson *et al.*, 2001 ; Rodhe *et al.*, 2004). Les résultats ont montré que l'effet N de l'urine correspond à environ 90% de celui de quantités égales d'engrais minéraux au nitrate d'ammonium, ce qui est estimé à correspondre à environ 100% de quantités égales d'engrais d'ammonium, après prise en compte du N perdu sous forme d'ammoniac provenant de l'urine.

L'urine a été testée comme engrais dans la production de l'orge et du foin tant dans des essais en serre et au champ en Allemagne (Simons & Clemens, 2004). L'urine dans certains traitements a été acidifiée afin de réduire les émissions d'ammoniac et la contamination microbienne. Les résultats des essais au champ ont montré que l'effet



Figure 7: Epandage d'urine sur l'orge.

Photo: Ebba af Petersens, WRS Uppsala

fertilisant de l'urine était plus élevé que celui des engrais minéraux dans la production d'orge. Il n'y avait pas de différence de rendement entre les parcelles fertilisées à l'urine acidifiée et l'urine non traitée (Simons & Clemens, 2004).

CÉRÉALES EN INDE

Des expériences de terrain ont été effectuées dans les champs des producteurs du village de Nagasandra, Doddaballapura Tq, dans le district de Bangalore en Inde pendant un an pour étudier la réponse du maïs à l'urine humaine lorsque celle-ci est appliquée pour répondre aux besoins en azote (Sridevi, 2009). Ces traitements étaient le témoin, la dose d'engrais recommandée, la dose d'azote recommandée via l'urine humaine avec et sans gypse et l'engrais épandu sur le sol et les différentes combinaisons d'urine humaine et d'engrais. Les résultats de l'expérience terrain ont révélé que la dose d'azote recommandée à travers l'application de l'urine en 6 doses fractionnées avec de l'eau d'irrigation + gypse augmentaient le rendement du grain (8,10 t ha⁻¹) et des tiges (33,88 t ha⁻¹) du maïs. Une augmentation significative dans le contenu de l'azote, du potassium et du phosphore des échantillons de végétaux a été observée dans les cultures. Les résultats de l'enquête ont révélé que les systèmes d'assainissement avec toilettes à déviation d'urine contribuent à fournir un meilleur assainissement, permettent aux producteurs d'économiser le coût des engrais, sans pénaliser les rendements des cultures et permettent ainsi de contribuer à la sécurité alimentaire.

LÉGUMES D'AFRIQUE DU SUD

Des essais en pots ont été réalisés en Afrique du Sud où l'utilisation de l'urine humaine sur le chou, les épinards, le maïs et la tomate a été étudiée (Mkeni *et al.*, 2006). Le rendement, la teneur en nutriments du sol et des feuilles ainsi que la conductivité électrique du sol ont été contrôlés. L'urine a été diluée au taux de 1:3 (urine:eau). Les traitements ont été répétés à quatre reprises et disposés en blocs aléatoires complets. L'urine humaine

diluée a été jugée bonne source de nutriments, surtout d'azote, pour le chou et les épinards. Le maïs a répondu de manière plus ou moins identique à l'urée et l'urine. Le N ajouté jusqu'à 200 kg/ha sous forme d'urée ou d'urine a entraîné une augmentation considérable du rendement en matière sèche de biomasse. Cependant, au dessus de 200 kg N/ ha il y avait peu ou pas d'augmentation significative du rendement. Comme il a été observé pour le maïs, la croissance de la tomate a répondu de manière plus ou moins identique à l'ajout d'urée et d'urine humaine. La stratégie d'application est importante, cependant, car le risque de salinité élevée a été identifié dans la recherche. Les résultats ont montré qu'il convient de considérer l'urine comme aussi efficace du point de vue agronomique que des source d'azote d'urée ou d'ammonium.

LÉGUMES D'AFRIQUE DE L'OUEST

Un projet de recherche a été réalisé au Ghana en 2004 et 2005 pour étudier l'efficacité des éléments nutritifs de l'urine en comparaison avec les engrais minéraux et le compost et pour évaluer la valeur de la fertilisation des céréales en conditions locales (Germer *et al.*, 2006). Les essais ont été effectués au nord-est d'Accra en zone de savane côtière du Ghana. Le traitement d'urine a été comparé avec le contrôle non fertilisé et les engrais composés, l'engrais composé plus de l'eau (même quantité que celle fournie par l'urine) de même que le traitement du compost sur le rendement des céréales. L'apport d'éléments nutritifs s'est fondé sur l'application d'engrais composés 667 kg ha⁻¹ NPK 15:15:15 (100 kg N, 44 83 kg de P et kg K). L'urine et le compost ont été ajustés par ajout de TSP, KCl et d'urée pour fournir la même quantité de N, P et K. Dans les deux ans, le rendement du traitement à l'urine et du compost a été considérablement plus élevé que dans le contrôle (p <0,05). En conclusion la fertilisation à l'urine enrichie au

Tableau 13: Rendements moyens (g de poids frais) dans les essais de végétaux avec de l'urine comme engrais dans la production de légumes au Zimbabwe.

Morgan, 2003

Plante, période de croissance et nombre de répétitions (n)	Plantes non fertilisées (g)	Fertilisées, 3:1 application eau/urine 3x par semaine (g)	Rendement relatif fertilisé à non fertilisé
Laitue, 30 jours (n = 3)	230	500	2,2
Laitue, 33 jours (n = 3)	120	345	2,9
Epinards, 30 jours (n = 3)	52	350	6,7
Covo, 8 semaines (n = 3)	135	545	4,0
Tomate, 4 mois (n = 9)	1680	6084	3,6

P et K augmente le rendement du sorgho d'environ 3,5 fois dans les conditions données. Par conséquent, en tant que source d'éléments nutritifs l'efficacité de l'urine est au moins comparable aux engrais minéraux. Le rendement de grain de sorgho supplémentaire de 1,4 t ha⁻¹ a localement une valeur de marché actuelle de 1000 € et compense largement le coût de l'engrais NPK de 100 € (200 € sans subventions).



Figure 8: Les épinards à droite n'ont pas été fertilisés. Les épinards à gauche ont été fertilisés à l'urine diluée à raison de 3 parts d'eau pour une part d'urine appliquée deux fois par saison de croissance.

Foto: Peter Morgan, Aquamor

LÉGUMES EN AFRIQUE DE L'EST

Des essais de végétaux avec de l'urine ont été effectués avec différents légumes au Zimbabwe (Morgan, 2003 et 2008). Le texte suivant rapporte l'un des multiples essais qui ont été effectués. Les végétaux sont cultivés dans des bassines de 10 litres en ciment et nourris avec 0,5 litre d'un mélange eau/ urine à 3:1 trois fois par semaine. Des végétaux non fertilisés ont été cultivés à titre de comparaison. L'augmentation de la production était importante, mais aucune analyse statistique n'a été réalisée.

LÉGUMES EN EUROPE DU NORD

L'urine humaine a été utilisée dans des essais réalisés en Finlande comme engrais dans la culture des choux en comparaison avec des traitements aux engrais industriels et des traitements sans fertilisants



Figure 9: Chou des essais au champ en Finlande.

Photo: Helvi Heinonen Tanski

(Pradhan *et al.*, 2007). Les principaux objectifs de l'étude étaient d'évaluer l'utilisation de l'engrais d'urine sur (1) la croissance et la résistance face aux parasites des végétaux cultivés, (2) la qualité chimique et microbienne des cultures, et (3) la qualité de la saveur d'un produit végétal alimentaire préparé avec fermentation d'acide lactique naturel. L'urine atteignait une valeur fertilisante égale aux engrais industriels quand les deux étaient utilisés à la dose de 180 kg N/ha. La croissance, la biomasse et les niveaux de chlorure étaient légèrement plus élevés dans le chou fertilisé à l'urine que dans le chou fertilisé industriellement, mais différaient nettement du chou non fertilisé. Les dommages dus aux insectes étaient plus faibles sur la parcelle fertilisée à l'urine que sur les parcelles fertilisées industriellement, mais plus étendus que sur les parcelles non fertilisées. La qualité microbiologique du chou et de la choucroute à base de chou fertilisés à l'urine était similaire à celle des autres choux fertilisés. En outre, la teneur en glucosinolates et le goût de choucroutes étaient similaires dans le chou de chacun des trois traitements de fertilisation. Les résultats montrent que l'urine humaine pourrait servir d'engrais pour le chou et ne pose pas de menaces importantes à l'hygiène ou ne laisse pas de saveur particulière dans les produits alimentaires.

Tableau 14: Résultats d'un essai sur le terrain en utilisant l'urine humaine comme engrais pour la production de poireaux. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les traitements A, B et C. selon Bâth, 2003

Traitement	Taux N kg/ha*	Rendements	
		tonne/ ha**	N en kg/ha *
A Urine tous les 14 jours	150	54	111
B Urine deux fois par saison	150	51	110
C Urine tous les 14 jours + potassium supplémentaire	150	55	115
D Non fertilisé	0	17	24

* kg/ha= gramme/10 m²

** tonne/ha= kg/10 m²

Dans un essai sur le terrain en Suède en 2002, différentes stratégies d'application de l'urine comme engrais dans la production de poireaux ont été testées (Bain, 2003). La fertilisation à l'urine a donné une augmentation du triple du rendement. Ni le rendement, ni l'absorption des nutriments n'ont été affectés considérablement par le fait que la même quantité totale d'urine ait été appliquée en deux doses ou qu'elle ait été divisée en plus petites doses tous les 14 jours. L'efficacité N (c'est-à-dire (N rendement – N rendement dans les parcelles non fertilisées)/ N ajouté), lorsque vous utilisez de l'urine humaine était élevée, variant de 47 à 66%. Cela se situe sur le même niveau que lorsque l'on utilise des engrais minéraux. L'efficacité N de la plupart des autres engrais organiques, par exemple le compost, se situe normalement entre 5 et 30%.

L'urine humaine obtenue à partir de toilettes à séparation a été testée comme engrais dans la culture du concombre de plein air (*Cucumis sativus* L.) dans un climat nordique (Heinonen-Tanski *et al.*, 2007). L'urine utilisée contenait de grandes quantités d'azote avec du phosphore et du potassium, mais le nombre de micro-organismes entériques était faible même si l'urine n'a pas été conservée avant prélèvement. Le rendement du concombre après la fertilisation à l'urine était semblable ou légèrement meilleur que le rendement obtenu dans les rangées de contrôle fertilisées aux engrais minéraux commerciaux. Aucun des concombres ne contenait de micro-organismes entériques (coliformes, entérocoques,

coliphages et clostridies). Dans l'évaluation du goût, 11 sur 20 personnes pouvaient reconnaître quel concombre des trois concombres était différent mais ne préféraient pas un échantillon de concombre par rapport aux autres, puisque tous ont été jugés identiquement bons..

LÉGUMES EN AMÉRIQUE CENTRALE

L'urine a été testée comme engrais sur de la laitue cultivée en serre au Mexique (Guadarrama *et al.*, 2002). Il y avait des traitements pour comparer l'urine avec le compost, un mélange d'urine et de compost, et des traitements sans engrais du tout. Le taux d'application était de 150 kg de N au total par hectare dans tous les traitements, sauf pour le contrôle non fertilisé. L'urine a donné le meilleur rendement de laitue, en raison de sa haute disponibilité en N.

L'urine a été testée comme engrais pour l'amarante au Mexique (Clark, communication personnelle). Les résultats montrent que la combinaison de l'urine et du fumier de volaille donnaient le rendement le plus élevé, 2350 kg/ha. Le fumier de volaille seul donnait un rendement de 1900 kg/ha. L'urine humaine seule donnait un rendement de 1500 kg/ha et le contrôle non fertilisé donnait un rendement de 875 kg/ ha. La quantité de N appliquée était de 150 kg N/ha pour les trois traitements. L'échantillonnage du sol n'a montré aucune différence entre les traitements au niveau des caractéristiques physiques ou chimiques.



Figure 10: Bananes des essais au champ de Trichy.

Source: www.scopetrichy.com

FRUITS EN INDE

A Musiri près de Trichy à Tamil Nadu, l'organisation SCOPE a installé des toilettes avec déviation de l'urine et le Centre National de Recherche sur la Banane a commencé ses expériences de recherche, en utilisant l'urine humaine collectée comme engrais grâce à un système d'irrigation goutte à goutte (Jeyabaskaran, 2010). Vous trouverez plus d'informations au http://www.scopetrichy.com/banana_research.asp. Dans l'étude, la banane Poovan était cultivée avec 30, 40, 50 et 60 litres d'urine humaine/plant appliquée avec de l'eau d'irrigation (1:10) ainsi que différents niveaux d'engrais potassiques commerciaux. Le rendement (nombre de régimes et poids des régimes) a été étudié, ainsi que la teneur en nutriments contenus dans les feuilles, la hauteur des plantes et la quantité totale de solides solubles dans la banane.

Le nombre de fruits par régime varie considérablement avec l'application de différents niveaux d'urine et de potassium. L'application d'urine au taux de 50 litres/plant a enregistré le plus grand nombre moyen de fruits par régime (185) et le contrôle (sans application d'urine) a enregistré 110,3 fruits par régime. Parmi les combinaisons de traitements, l'application de 50 litres d'urine/plant avec 75% de la dose de potassium recommandée a enregistré le plus grand nombre de fruits par régime (223,4), ce qui était de 47,7% plus élevé que celle appliquée aux engrais minéraux.

L'application de 50 litres d'urine humaine par plante avec 75% de la dose de potassium recommandée était supérieure en enregistrant 32,1% de plus en hauteur de plantes, 25,6% de plus en circonférence du pseudotrunc, 71,5% de plus en nombre de feuilles et 68,8% de plus en surface foliaire, 25% de plus en concentration en azote foliaire, 52,6% de plus en concentration de phosphore

et 6,5% de plus en potassium foliaire que les bananiers cultivés normalement sans application d'urine (témoin).

L'application de 50 litres d'urine par plante avec 75% de la dose de potassium recommandée seule pouvait donner un bénéfice net supplémentaire de Rs. 45 175 à l'hectare par rapport aux engrais minéraux seuls, c'est à dire, la banane Poovan normalement cultivée sans application d'urine.

Des expériences de terrain ont également été menées sur les champs des producteurs du village de Nagasandra à Doddaballapura Tq, district de Bangalore pendant un an pour étudier l'urine humaine séparée à la source comme source de nutriments pour la culture de la banane (*Musa paradisiaca*) pour répondre aux besoins en azote de cette culture (Sridevi *et al.*, 2009). Les traitements ont été le témoin absolu, la dose recommandée des fertilisants, la dose d'azote recommandée à travers l'urine humaine avec et sans gypse et engrais épandus sur le sol et différentes combinaisons d'urine humaine et des fertilisants. Les résultats de l'expérience de terrain ont révélé que le rendement le plus élevé en régime de banane (30,0 t ha⁻¹) a été enregistré dans le traitement qui a reçu la dose d'azote recommandée via l'urine humaine (30 jours après la plantation) + du gypse appliqué sur le sol, par rapport au témoin et d'autres combinaisons de traitements. Une augmentation significative de l'azote, du potassium et du phosphore des échantillons de plantes a été observée dans les cultures. Le plus grand total de solides solubles (25,85 %), de sucres réducteurs (20,93 %) et des sucres totaux (23,87 %) a été enregistré avec la banane cultivée en utilisant de l'urine humaine. Les résultats de la présente enquête ont révélé que le système ecosan aide à fournir un meilleur assainissement, aide les producteurs à économiser en coût d'engrais sans affecter le rendement des cultures et aide ainsi à assurer la sécurité alimentaire.

STRATÉGIES D'APPLICATION

Conseils pratiques:

L'urine d'une personne pendant une année suffit à fertiliser 300-400 m² de culture à un niveau d'environ 50-100 kg N/ha. L'urine devrait être entreposée dans des cuves et des récipients fermés et épanchée directement sur le sol et non sur la plante, en doses N équivalent à ce qui est recommandé pour les engrais d'urée et d'ammonium. Il faudra réduire au minimum le contact à l'air et l'urine devra être incorporée dans le sol le plus rapidement possible.

Lors de la fertilisation des plants, les rendements augmentent d'abord jusqu'à un certain taux d'application avant de décroître si ce taux d'application est augmenté. Si le taux d'application optimal n'est pas connu, alors l'application de l'urine d'une personne durant une journée complète par mètre carré (environ 1,5 litres d'urine/m², correspondant à 40-110 kg N/ha) et la saison agricole peut servir de règle générale. S'il y a une restriction relative à la taille des parcelles, il est généralement possible d'augmenter la fertilisation jusqu'à trois ou quatre fois sans effet négatif sur les cultures ou l'environnement et on peut même appliquer avantageusement des quantités encore plus importantes s'il n'y a pas de risque de salinisation ou si le risque est faible. Toutefois, à la fois la quantité et la qualité du rendement sont importants et des taux élevés d'azote disponible peuvent affecter la qualité, positivement et négativement. Par exemple, la qualité du blé est généralement améliorée par une forte dose de N, tandis que la qualité de la pomme de terre irlandaise peut diminuer puisque les tubercules peuvent se liquéfier. Le moment de l'application est aussi important car l'absorption de nutriments par la plupart des cultures diminue suite à l'entrée en phase générative, comme lors de l'épiaison du maïs.

Les stratégies d'application pratiques sont une partie de l'approche à barrières de sécurité présentée au chapitre sur la manipulation de l'urine. Les sections suivantes présentent les différentes manières d'application de l'urine dans la production agricole.



Figure 11: Sorgho fertilisé avec l'urine à gauche.

Photo: Linus Dagerskog

TEMPS D'APPLICATION

Conseils pratiques:

L'urine est à appliquer selon les besoins des plantes. Une bonne disponibilité de nutriments est importante aux premiers stades de la culture, bien qu'une fois que la culture entre dans sa phase de reproduction, l'absorption de nutriments diminue. Du point de vue de la santé, ceci est bon puisqu'un temps prolongé entre l'application et la récolte diminue le risque de transmission de pathogènes. Un délai d'attente d'un mois entre la fertilisation et la récolte devra toujours être observé. Dans les régions où les pluies sont fortes pendant la saison agricole, des applications répétées d'urine pourraient être une assurance contre toute perte de nutriments en une seule précipitation.

Aux premiers stades de la culture, une bonne disponibilité de tous les nutriments est importante pour stimuler la croissance. Si l'engrais est appliqué une seule fois, cela devrait normalement être effectué de façon que les éléments nutritifs contenus dans l'urine soient disponibles durant la première moitié du temps entre le semis et la récolte. Si la culture est fertilisée deux fois, la seconde fertilisation peut être effectuée après environ le 1er quart du temps entre le semis et la récolte, mais selon les besoins de la culture. La culture peut également être fertilisée en continu, par exemple si l'urine est recueillie dans de petits récipients et utilisée plus ou moins directement. Cependant, une fois

que les récoltes entrent dans leur phase reproductive la plupart n'absorbe pas de grandes quantités de nutriments. Un exemple est le maïs ; l'engrais appliqué jusqu'à ce que les plantes se mettent en épiaison est bien utilisé, mais après cette étape, l'absorption des nutriments contenus dans le sol diminue. Après ce stade, les nutriments se déplacent principalement à l'intérieur de la plante (Marschner, 1995). Ceci est pleinement apprécié dans les recommandations sur l'utilisation d'engrais chimiques. Par exemple, au Zimbabwe, où le maïs est récolté 3-5 mois après la plantation, la recommandation est de le fertiliser trois fois, mais au plus tard 2 mois après la plantation. En règle générale, la fertilisation devrait s'arrêter après les 2/3 à 3/4 du temps entre le semis et la récolte. Les cultures qui n'entrent pas dans la phase générative, par exemple, la laitue, les épinards, ainsi que les racines et tubercules, par exemple la pomme de terre irlandaise et les patates



Figure 12: Application d'urine diluée aux premiers stades des cultures.

Photo: Linus Dagerskog

douces continuent à absorber les nutriments tout au long de leur période de croissance. Toutefois, une période d'attente d'un mois entre la fertilisation et la récolte est recommandée du point de vue hygiénique pour toutes les cultures consommées crues (Schönning & Stenström, 2004 ; OMS, 2006).

Un aspect souvent mis en exergue porte sur le risque de lessivage des nutriments. Dans les régions où il y a de fortes pluies pendant la saison agricole, des applications répétées de l'urine peuvent constituer une assurance contre la perte de tous les nutriments en une pluie. Cependant, du point de vue de l'eutrophisation, il convient de rappeler que le lessivage après la fertilisation est faible par rapport au lessivage d'une latrine à fosse ou du fait simplement

de laisser l'urine déviée s'infiltrer dans le sol près de la toilette.

La quantité totale d'urine appliquée et quand elle devrait être appliquée de préférence une ou plusieurs fois dépend aussi du besoin en N de la plante et de la taille des racines. La taille des racines varie considérablement entre différentes cultures. Les plantes à systèmes racinaires inefficaces ou peu développés, par exemple les carottes, les oignons et la laitue, peuvent bénéficier d'applications répétées d'urine pendant la saison agricole (Thorup Kristensen, 2001).

TAUX D'APPLICATION

Un point de départ pour une estimation de l'application d'urine convenable se trouve dans les recommandations locales d'utilisation d'engrais azotés minéraux commerciaux, en particulier des fertilisants d'urée ou d'ammonium. Si ces recommandations ne sont pas disponibles, un autre point de départ peut être celui d'estimer les quantités de nutriments prélevés par la récolte où le prélèvement des nutriments doit être ajusté au rendement attendu. L'urine peut être recommandée pour la plupart des cultures.

La zone productive (par exemple la pelouse, les parterres de fleurs, le potager, les arbres) nécessaire par personne pour utiliser toute l'urine au niveau des ménages dépend de plusieurs facteurs:

- La demande d'azote et la tolérance de la culture,
- La concentration d'azote dans l'urine recueillie,
- Les pertes d'ammoniac lors de l'application de l'urine,

Encadré 2: J'ai un parterre de la taille de 1 m², de quelle quantité d'urine ai-je besoin pour le fertiliser?

Le parterre n'a besoin que d'environ 1,5 litres d'urine pour une saison, mais cette quantité peut être augmentée jusqu'à quatre fois le cas échéant, selon le type de fleur. Les fleurs d'été (annuelles) demandent une bonne structure du sol et très bon état de nutriments contenus dans le sol. Les roses ont besoin de faibles quantités de nutriments en automne pour survivre l'hiver. Une bonne stratégie serait d'appliquer l'urine à quelques reprises au cours de la saison florale, par exemple avec 2-3 décilitres à chaque fois, et de suivre par un arrosage diluant à l'eau.

Encadré 3: Calcul de la superficie productive nécessaire dans un jardin pour optimiser l'utilisation des nutriments contenus dans l'urine.

Une famille de cinq personnes dispose d'une parcelle de 300 m² sur laquelle elle veut utiliser l'urine qu'elle recueille dans les toilettes à séparation d'urine. La famille vit dans un climat permettant de faire deux récoltes par an. Si nous supposons qu'elle applique 4 l par m² pour la première récolte, et 2 l par m² pour les récoltes suivantes, de combien de m² a-t-elle besoin pour utiliser leur urine dans le jardin ?

Réponse: La famille vit dans une région où on peut faire deux récoltes par an et où l'on peut

appliquer 6 l/m² par an. Chaque personne excrète environ 550 l, mais en supposant qu'elle passe une partie du temps hors du domicile, environ 300 l par personne sont recueillis annuellement. Le résultat est 1500 l d'urine pour une famille de cinq. Cela va fertiliser 250 m² puisque chaque m² va recevoir 6 l/m² sur une base annuelle, donnant un niveau de fertilisation d'azote assez élevé. Et donc la taille de la parcelle serait plus que suffisante pour utiliser de manière productive l'urine recueillie.

Tableau 15: Niveaux et intervalles d'application pour différentes cultures au Burkina.

Source: Moussa Bonzi, CREPA, Burkina Faso

Jours (semaines) après la plantation ou l'émergence du premier plant après le semis.	Aubergine	Tomate	Oignon/Carotte	Laitue	Poivre	Sorgho/millet	Maïs
14 (2)	0,5 litre par plant	0,4 litre par plant (lorsque le plant commence à fleurir)		1 litre/m ² (en supposant 20 plants au m ² et une dilution: 1 part d'urine pour 1 part d'eau)	0,5 litre / plant	0,5 litre par plant avant le semis	0,6 litre
21 (3)			1 litre d'urine au m ² (en supposant 50 plants au m ² et 1 part d'urine pour 1 part d'eau)				
28 (4)		0,4 litre par plant		1 (en supposant 20 plants au m ² et une dilution: 1 part d'urine pour 1 part d'eau)	0,6 litre par plant (lorsque les premiers fruits apparaissent)		
35 (5)	0,5 litre par plant					0,5 litre par plant	0,6 litre par plant
42 (6)			1 litre d'urine au m ² (en supposant 50 plants au m ² et 1 part d'urine pour 1 part d'eau)		0,5 litre par plant		
56 (8)	0,5 litre par plant						

Encadré 4: Mon récipient d'urine de 20 litres est plein. Comment puis-je l'utiliser dans le jardin?

Vingt litres d'urine suffisent pour 4-13 mètres carrés de zone cultivée, selon la quantité d'azote nécessaire ou tolérée

- Le nombre de récoltes qui peuvent être faites par an,
- Si le sol est déjà salin ou a un risque élevé de devenir salin.

Les règles empiriques sont utiles lorsque l'on ne connaît pas les chiffres exacts des facteurs ci-dessus. La demande d'azote par les cultures ordinaires varie entre 100 à 200 kg / ha, selon le type de culture et le rendement.

La concentration d'azote dans l'urine dépend du régime alimentaire. L'urine non diluée contient habituellement de 3 à 7 g N/l. Une personne excrète environ 300-550 l d'urine par an, en fonction de l'absorption de liquide, du climat etc. La quantité N excrétée par personne et par an par l'urine varie d'environ 1,6 kg à 3,8 kg. Si la demande en azote de la récolte est de 100 kg/ha et la concentration d'azote dans l'urine est de 7 g/l, l'urine d'une personne peut fertiliser 385 m² (1,5 l d'urine par m²), si une seule récolte est faite chaque année. S'il y a une restriction relative à la taille des parcelles, il est généralement possible d'augmenter la fertilisation jusqu'à trois ou quatre fois, donc en utilisant jusqu'à 6 litres par m² sans aucun effet négatif sur les récoltes ou l'environnement et on peut même appliquer des quantités encore plus importantes, s'il y a peu ou pas de risque de salinisation. Ces grandes applications d'urine peuvent être bénéfiques pour le rendement des cultures, si l'ammoniac en excès se perd dans l'application et en particulier sur les sols pauvres en phosphore si l'application de phosphore est augmentée. Toutefois, il convient d'utiliser les nutriments contenus dans l'urine de la manière la plus soignée possible sur les sols et les régions sujets à l'eutrophisation des cours d'eau.

DILUTION

L'urine peut être appliquée pure (sans dilution) ou diluée avec de l'eau, ce qui est pratiqué dans de nombreux endroits. Le niveau de dilution varie entre environ 1:1 (1 part d'eau pour 1 part d'urine) à 1:15 (une part d'urine

Conseils pratiques:

On peut appliquer l'urine pure ou diluée avec de l'eau. Il n'y a pas de recommandation standard pour la dilution/non-dilution et les recommandations existantes varient en fonction des conditions locales. Les niveaux de dilution peuvent varier entre 1:1 (1 part d'urine pour 1 part d'eau) et 1:15. Les taux de dilution les plus courants sont 1:3 ou 1:5. Cependant l'urine devrait être toujours appliquée au taux correspondant au taux d'application de N souhaité, tandis que l'on appliquerait l'eau supplémentaire selon les besoins des plantes

pour quinze parts d'eau), et le taux de 1:3 semble courant. La dilution implique l'augmentation du volume à épandre et ainsi la main d'œuvre, l'équipement nécessaire, l'utilisation de l'énergie et le risque de tassement du sol sont tous augmentés.

La dilution a l'avantage de diminuer ou d'éliminer le risque d'application de l'urine à des taux si élevés qu'elle devient toxique pour la culture. Toutefois, indépendamment du fait que l'urine est appliquée diluée ou pure, l'urine est un engrais et doit, tout comme les engrais chimiques beaucoup plus concentrés, être appliquée au taux correspondant au taux d'application de N souhaité, tandis que l'eau supplémentaire est à appliquer selon les besoins des plantes. Ainsi, l'urine peut être appliquée pure, ou même concentrée sur le sol, qui est alors irrigué en fonction des besoins en eau des cultures. L'urine peut également être diluée dans l'eau d'irrigation à un taux qui dépend du besoin en nutriments et en eau de la culture. L'application d'un mélange urine/eau doit normalement être entrecoupée d'irrigation à l'eau uniquement.

L'urine diluée doit être traitée de la même manière que l'urine même. Afin d'éviter les odeurs, les pertes d'ammoniac, la production d'aérosols, les brûlures et une contamination éventuelle des plantes par les agents pathogènes restants, l'urine doit être appliquée à proximité, sur ou incorporée dans le sol. La fertilisation foliaire n'est pas recommandée en raison de l'odeur, de la perte de N, du risque de toxicité pour les plantes et des risques sanitaires.

L'urine concentrée contient un pH plus élevé et, par conséquent, la dilution signifie que l'effet du stockage sur la teneur en agents pathogènes dans l'urine sera amoindri. Garder l'urine concentrée pendant le stockage, et si on choisit la dilution comme stratégie, cela devrait se faire au plus près de l'application que possible. Il a été observé que

si l'urine diluée est stockée dans des récipients ouverts (ce qui n'est pas recommandé), celle-ci pourrait devenir un site de reproduction de moustiques qui peuvent servir de vecteurs de maladies. Cela ne s'est jamais vu dans l'urine concentrée.

TECHNIQUES DE STOCKAGE

Orientations pratiques:

Le stockage de l'urine devra toujours se passer dans un récipient fermé en vue d'éviter les émissions d'ammoniac.

L'urine doit être stockée afin de réaliser une bonne hygiénisation, surtout si elle est recueillie de plusieurs ménages. Le stockage 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. Ce chapitre présente les différentes techniques de stockage de l'urine. Il est nécessaire d'élaborer des méthodes de stockage à faible coût pour la collecte d'urine à grande et petite échelle.

Les bidons offrent le moyen de collecte d'urine le plus commun, et un très bon moyen de stocker l'urine pour une courte période. Un bon exemple a été présenté par le CREPA Burkina, où les bidons qui servent à la collecte de l'urine étaient jaunes, et les bidons servant au transport de l'urine hygiénisée du lieu de stockage jusqu'au champ étaient verts, voir la figure 14.

Les réservoirs d'un mètre cube sont également assez fréquents dans les petits et moyens systèmes de collecte, figure 13. L'avantage est que ces réservoirs sont facilement disponibles, ils peuvent être aisément remplis et vidés, et ils sont durables.

Pour le stockage à grande échelle, on peut utiliser les réservoirs de lisier (figure 16). Toutefois, ceux-ci ont rarement un couvercle qui minimise les pertes d'ammoniac, et un tel couvercle doit être construit. On peut aussi acheter des réservoirs prêts à l'emploi pour le stockage de l'urine à grande échelle, comme cela a été montré en Suède (figure 15 et 17).

STOCKAGE DANS LE SOL

Conseils pratiques:

On peut stocker l'urine dans le sol si la capacité de stockage fait défaut. Le stockage dans le sol se fait en appliquant l'urine où elle sera utilisée au cours d'une période sèche entre les cultures.

Le stockage de l'urine peut être une contrainte dans les milieux où les options à faible coût sont une nécessité. C'est pourquoi il a été développé différentes méthodes pour éviter les récipients de stockage. Dans les régions où les périodes inter-culture sont sèches, le stockage de nutriments de l'urine dans le sol est une alternative pour augmenter la capacité de stockage. Ceci se fait en appliquant et en intégrant l'urine dans le sol pendant la période sèche entre les cultures, suivie pendant la campagne agricole d'une culture normale sur le sol déjà fertilisé. L'idée est que la grande partie de nutriments reste dans le sol et disponible pour les plantes au cours de la saison de croissance. Il faut d'autres enquêtes pour déterminer la perte et la disponibilité des nutriments, notamment N et P, pour les cultures pendant et après un tel stockage. Les résultats de SUDEA en Ethiopie (Terrefe, communication personnelle), ainsi que d'un projet en cours au Niger (Dagerskog, communication personnelle) indiquent que cette méthode est une alternative intéressante lorsque le stockage de l'urine dans des récipients jusqu'à la saison agricole est impossible, même si la perte de N peut être assez élevée. Au cours d'une mesure où les nutriments contenus dans l'urine ont été stockés 28 jours dans le sol, la perte d'azote minérale s'est révélée être à 37% (Sundin, 1999). Il y a aussi un risque qu'une partie du P soit liée sous des formes qui sont moins disponibles pour les plantes au cours du stockage, mais K et S devraient rester entièrement disponibles. Un avantage supplémentaire à stocker dans les sols est que le travail d'application de l'urine est effectué pendant la saison sèche, qui est normalement moins intensive pour la main-d'œuvre que la saison agricole.

TECHNIQUES D'APPLICATION

Techniques d'application manuelle

Le choix de la technique d'application varie selon les différents types de cultures. Pour les cultures en rangs, l'urine peut être répartie dans une tranchée juste à côté de la ligne des cultures. Pour les cultures plantées en rangées espacées, l'urine peut être appliquée dans un trou creusé



Figure 13: Stockage de l'urine dans un réservoir d'un mètre cube.

Photo: Anna Richert



Figure 15: Réservoir prêt à l'emploi pour le stockage de l'urine à grande échelle à Bornsjön, en Suède.

Photo: Ebba af Petersens, WRS Uppsala



Figure 14: Récipient jaune pour l'urine fraîche, récipient vert pour l'urine stockée pour être vendue aux producteurs.

Photo: Linus Dagerskog, CREPA/SEI



Figure 16: Réservoir à lisier en hiver, en Suède. Ce réservoir à lisier est réservé à l'urine humaine et il sera équipé d'un couvercle afin de minimiser les pertes d'ammoniac.

Photo: Lennart Qvarnström

à côté de la culture. Pour les arbres, l'urine est répandue dans un cercle qui correspond à la circonférence des branches autour de l'arbre. Toutes ces recommandations d'application sont également bénéfiques du point de vue santé, car elles évitent le contact direct de l'urine avec les plantes cultivées.

Pour de meilleurs effets fertilisants et pour réduire les pertes d'ammoniac et l'odeur, l'urine doit être incorporée dans le sol dès que possible après l'application (Rodhe *et al.*, 2004). Une incorporation superficielle suffit, et différentes méthodes sont possibles. Une de ces méthodes consiste à appliquer l'urine dans de petits sillons recouverts après l'application. Le lavage des nutriments dans le sol avec une application ultérieure d'eau est une autre option.



Figure 17: Réservoir de stockage pendant l'aménagement de la zone d'habitation à Kullön, en Suède. Chaque réservoir est de 12 m³.

Photo: Mats Johansson, VERNA

Conseils pratiques:

Pour un meilleur effet fertilisant et pour éviter les pertes d'ammoniac, l'urine devrait être incorporée dans le sol le plus tôt possible après l'application, immédiatement si possible. Cela limite aussi les risques potentiels pour la santé dus à l'exposition directe. Une incorporation superficielle suffit et différentes méthodes sont possibles. Une de ces méthodes consiste à appliquer l'urine dans de petits sillons que l'on recouvre après l'application. Lors de l'épandage de l'urine, celle-ci ne devrait pas être appliquée sur les feuilles ou autres parties des plantes, car ceci peut causer des brûlures foliaires. La pulvérisation de l'urine dans l'air doit également être évitée en raison du risque de perte d'azote par les émissions de gaz d'ammoniac et les risques d'hygiène à travers les aérosols. L'irrigation goutte à goutte avec l'urine est une autre technique d'application possible. Toutefois, lorsque cette technique est utilisée, il faut prendre des mesures pour éviter le colmatage des émetteurs. A plus grande échelle, on se sert d'un équipement d'épandage de lisier.

Lors de l'épandage de l'urine, celle-ci ne devrait pas être appliquée sur les feuilles ou les autres parties des plantes, car cela peut causer des brûlures foliaires dues à des concentrations élevées d'ammoniac et de sels en séchant sans parler des considérations d'hygiène. La pulvérisation d'urine dans l'air doit également être évitée en raison du risque de pertes d'azote par les émissions de gaz d'ammoniac (Johansson *et al.*, 2001 ; Rodhe *et al.*, 2004), du risque d'odeur et du risque hygiénique à travers les aérosols.

Certaines cultures, par exemple, la tomate, sont sensibles à l'exposition de toutes leurs racines à l'urine, du moins lorsque les plantes sont petites, tandis que sur de nombreuses cultures aucun effet négatif n'est perçu du tout. Par conséquent, avant que la sensibilité d'une culture ne soit connue, il est sage de ne pas exposer simultanément toutes les racines de la plante à l'urine, que ce soit pure ou diluée. Au lieu de cela, l'urine peut être appliquée soit avant le semis/ la plantation ou à une telle distance des plantes que les nutriments soient à portée des racines, sans les tremper complètement. Pour les plantes annuelles, cette distance peut être d'environ 10 cm.

Techniques d'application à grande échelle

L'application d'urine à plus grande échelle se fait mieux avec un matériel habituellement utilisé pour le lisier de ferme. Dans les zones où le compactage du sol pose problème, il faut prendre soin de garder l'urine aussi concentrée que possible. Aucune dilution avec de l'eau n'est recommandée ici, et l'application se fait de préférence avant une pluie légère.

Irrigation goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte à l'aide d'urine comme engrais est une autre technique d'application possible. Toutefois, lorsque l'on utilise cette technique, des mesures doivent être prises pour éviter les blocages dus à la précipitation des sels qui se forment en boues puisque la quantité totale de précipitations augmente souvent après la dilution, et parce que l'eau de dilution contient généralement du magnésium et du calcium. Ainsi, lorsque l'on utilise l'irrigation goutte à goutte, ce pourrait être une bonne idée d'appliquer l'urine pure et filtrée (sans boues) pendant un



Figure 18: Différentes techniques d'application de l'urine

Photos: Linus Dagerskog

certain temps, au lieu de mélanger l'urine et l'eau, puis pour le reste du cycle d'appliquer de l'eau uniquement.

L'irrigation goutte à goutte du riz, des légumes et de l'igname a été testée par le CREPA en Côte-d'Ivoire (Comoé, communication personnelle). Une tuyauterie en polyéthylène, avec 30 cm entre les trous, est testée sur un terrain de 500 m². L'urine s'écoule par gravité depuis un réservoir, à travers un filtre, et directement vers la culture. Aucun blocage de tuyaux n'a été signalé. La tuyauterie est rincée à l'eau après chaque application d'urine. L'application d'urine se fait lors des pluies pour faciliter l'introduction de l'urine dans le sol.

ODEUR LORS DE L'UTILISATION DE L'URINE COMME ENGRAIS

Conseils pratiques:

L'urine a une odeur caractéristique; Toutefois, ceci pose rarement un problème si l'urine est stockée dans des récipients fermés et épanchée conformément aux informations contenues dans ce texte.

La mauvaise odeur est culturellement associée aux agents pathogènes. Toutefois l'odeur peut aussi indiquer que l'urine contient des nutriments puisque l'ammoniac sent fort. L'expérience montre que si on fait l'épandage de l'urine à proximité du sol suivi par un arrosage avec de l'eau il y a peu d'odeur. La manipulation de l'urine est naturellement une activité malodorante et des procédures de réduction au minimum du contact à l'air, par exemple en se servant de récipients fermés, une application à proximité du sol et une incorporation ou irrigation immédiate sont fortement recommandées. Toutes ces mesures contribueront également à réduire au minimum les pertes d'ammoniac et à la protection de la santé.

APPLICATION COMBINÉE DE L'URINE ET D'ENGRAIS ORGANIQUES

L'utilisation combinée de l'urine et des engrais organiques tels que les fèces, le compost, le fumier de basse-cour, ou le lisier sont bénéfiques, en particulier dans les cas où le sol est appauvri et pauvre en nutriments et matière organique. Les engrais organiques améliorent la structure du sol, et accroissent l'activité microbienne. Cela facilitera en soi l'absorption des nutriments dans la plante puisque les



Figure 19: Application d'urine à grande échelle sur les exploitations agricoles.

Photo: Petersens af Ebba, WRS Uppsala



Figure 20: Irrigation goutte à goutte du manioc en Côte d'Ivoire.

Source: Bernard Comoé 2009, CREPA Côte d'Ivoire 2009

microorganismes participent à la transformation de l'azote en formes assimilables par la plante.

Lors que l'on utilise des matières fécales, il faudra toujours prendre le soin de suivre les lignes directrices pour une utilisation sûre des excréta afin de rendre la chaîne alimentaire sûre et réduire les risques émanant des agents pathogènes contenus dans les fèces. Les fèces doivent être correctement traitées et hygiénisées.

TRAITEMENT ET HYGIENISATION

L'urine est essentiellement stérile quand elle quitte le corps. Le principal problème à utiliser l'urine dans l'agriculture est de savoir comment éviter la contamination fécale croisée. En outre, il y a des maladies qui dans certaines régions du monde sont répandues avec l'urine. Le chapitre suivant donne des conseils sur la façon de traiter l'urine afin de minimiser le risque à utiliser l'urine comme engrais. Il est à noter que les avantages à utiliser l'urine pour la production alimentaire dépassent largement le risque de transmission de maladies. Il y a un certain nombre d'activités faciles à entreprendre pour rendre l'utilisation de l'urine sûre, alors continuez à lire.

RISQUES PESANT SUR LA SANTÉ

Conseils pratiques:

Les risques sanitaires associés à l'utilisation de l'urine humaine dans la production agricole sont généralement faibles quand il n'y a pas ou s'il y a eu peu de contamination fécale croisée. Le stockage de l'urine dans des récipients fermés réduira considérablement les risques

Les risques sanitaires associés à l'utilisation de l'urine humaine dans la production agricole sont généralement faibles. Toutefois, au cours de la séparation à la source dans les toilettes une contamination fécale croisée de l'urine peut survenir. Le degré de contamination fécale croisée est directement proportionnel aux risques sanitaires. Si les matières fécales entrent dans l'urine, l'urine contiendra différents types de pathogènes entériques qui peuvent représenter un risque potentiel pour la santé. Leur présence dépend naturellement du fait que les utilisateurs sont infectés ou porteurs des organismes en question. Dans le cas de la diarrhée le risque de contamination fécale croisée est plus élevé.

En outre, quelques organismes préoccupant pour la santé peuvent être excrétés dans l'urine. Un exemple en est la *Salmonella typhi*/ *paratyphi*. Ces bactéries ont une courte survie lorsqu'elles sont stockées dans l'urine. Il y a une réduction du risque de transmission d'agents pathogènes d'au moins 1000 fois après une semaine de stockage. Ainsi, il ne faut jamais utiliser de l'urine non stockée en cas de suspicion de fièvre typhoïde / paratyphoïde. Un autre exemple est l'*haematobium schistosomiase*, un parasite que l'on trouve uniquement en Afrique. Toutefois,

pour constituer un risque, les œufs doivent passer par un cours d'eau et trouver un escargot-hôte. L'utilisation de l'urine dans l'agriculture par des techniques d'épandage recommandée dans ce livre diminue considérablement ce risque. Encore une fois, un temps de stockage d'une semaine ou plus permettra de réduire considérablement le risque, plus ce temps est long et mieux cela sera. Vous trouverez plus d'informations sur les temps de stockage dans les chapitres ci-dessous. Les groupes qui sont potentiellement à risque comprennent le personnel de collecte et les travailleurs sur le terrain, les communautés locales et les consommateurs du produit. A ce niveau les pratiques de manipulation et d'application dans le champ sont importantes. En ce qui concerne les autres substances contaminantes contenues dans l'urine humaine (métaux lourds, hormones et produits pharmaceutiques), il existe de nombreuses indications que les risques sanitaires éventuels sont beaucoup plus faibles que ceux associés au système d'assainissement courant et il est raisonnable de croire que le risque d'effet négatif sur la quantité et la qualité des cultures est négligeable.

CONCEPT DE BARRIÈRES MULTIPLES

Conseils pratiques:

Les directives de l'OMS pour une utilisation sûre des excréta dans l'agriculture (2006) font la promotion d'une approche souple à barrières multiples pour la gestion des risques pesant sur la santé associés à l'utilisation des excréta en agriculture. Ce concept de barrières multiples contient une série de mesures par barrières accompagnant l'ensemble du système d'assainissement 'des toilettes à la table'. Chacune des barrières a un certain potentiel pour réduire les risques pesant sur la santé associés à l'utilisation des excréta et l'OMS recommande de mettre en place plusieurs de ces barrières en vue de réduire le risque sanitaire à un niveau minimum acceptable.

Les «Directives de l'OMS pour une utilisation sûre des eaux usées, des excréta et des eaux grises» (2006) reconnaissent le potentiel de l'utilisation des excréta en agriculture et font la promotion d'une approche souple à barrières multiples pour la gestion des risques sanitaires associés à l'utilisation des excréta en agriculture. Ce concept de barrières multiples se compose d'une série de mesures et de barrières accompagnant l'ensemble

du système d'assainissement «des toilettes à la table». Chacune des barrières présente un certain potentiel pour réduire les risques sanitaires associés à l'utilisation des excréta et l'OMS recommande de mettre en place plusieurs de ces barrières, le cas échéant, afin de réduire le risque sanitaire à un niveau minimum acceptable. Les réductions par chacune des barrières peuvent être additionnées, ce qui donne ensuite une amélioration totale de la réduction des risques et assure aussi que les variabilités et les incertitudes à chaque étape soient équilibrées à la longue. Ainsi, même si les excréta sont insuffisamment traités ils peuvent être réutilisés tant que les risques émanants peuvent être gérés par les barrières suivantes. Vous trouverez des barrières efficaces pour une utilisation sûre de l'urine dans l'agriculture en Figure 21. Pour de plus amples renseignements, vous voudrez vous rendre au site de l'OMS:

http://www.who.int/water_sanitation_health

Séparation à la source

La séparation à la source est une barrière efficace pour réduire les risques par rapport à un système de traitement des eaux usées combiné. Un des principaux objectifs de la collecte de l'urine est de minimiser la contamination fécale croisée. Les toilettes à déviation de l'urine devraient être conçues de manière à minimiser la contamination croisée. Si l'on recueille l'urine des urinoirs, le risque de contamination croisée est négligeable. L'eau d'ablution lors du nettoyage anal doit également être prise en considération. Si cette eau est combinée avec l'urine le risque de contamination croisée s'augmente, surtout si les utilisateurs ont la diarrhée.

Le mode de collecte, le transport et la vidange de l'urine peuvent aussi créer des situations où un contact humain peut se produire. Si le récipient de collecte de l'urine déborde par terre, des enfants qui jouent peuvent être exposés aux risques surtout si l'urine a été contaminée par les fèces (la solution dans ce cas sera de canaliser les débordements d'urine vers un petit puits). Les récipients d'urine ne doivent pas servir à d'autres fins que par exemple la collecte de l'eau ou le brassage de bière. Le transport jusqu'au champ ou vers un second récipient de stockage devrait se faire en évitant des débordements. Les récipients pour le transport doivent avoir un couvercle hermétique.

Stockage et traitement

Il est recommandé de traiter l'urine avant application afin d'hygiéniser l'urine et réduire les risques microbiens sanitaires. Le stockage à température ambiante est considéré comme une option de traitement viable. Le temps de stockage doit se baser sur la température et la probabilité de contamination fécale croisée ainsi que la vulnérabilité de la population exposée. Une famille individuelle se transmettra très probablement la maladie entre ses membres par des voies directes et non par l'utilisation de l'urine recueillie. Ainsi, dans une famille, lorsque l'on utilise l'urine dans un potager et que la récolte est utilisée pour les seuls besoins de la famille, on peut appliquer un régime de stockage moins strict. Un stockage moins strict (1-2 semaines) peut également être appliqué pour les urinoirs où la contamination fécale croisée est exclue. Lorsque l'urine est recueillie de nombreux différents utilisateurs, ainsi que lorsque les produits agricoles sont vendus ou transférés à un tiers, le risque microbien augmente sensiblement. Dans ces situations, il

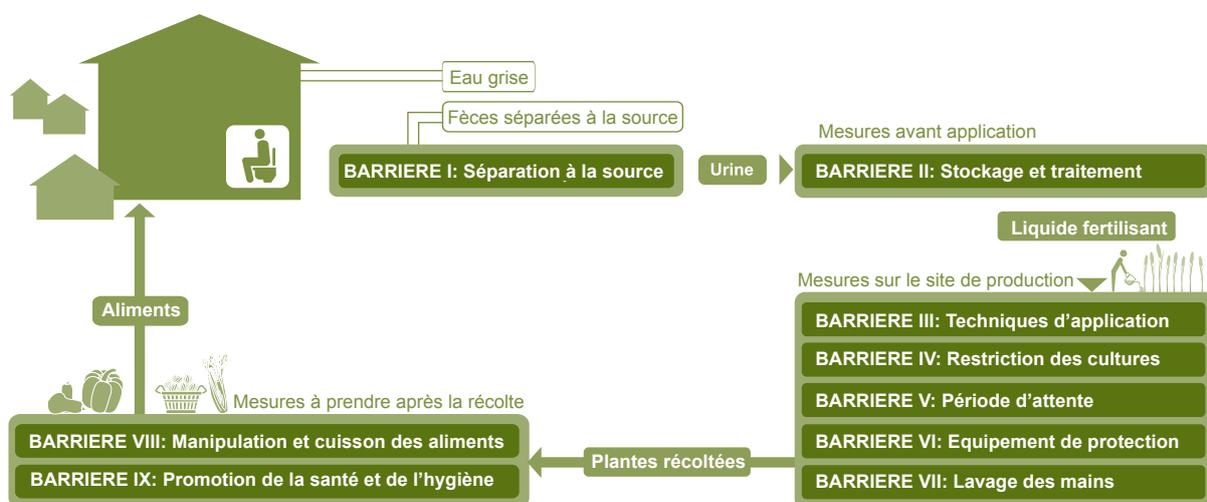


Figure 21: Approche de barrières multiples.

Dessin de Robert Gensch

Encadré 5: Exemple d'évaluation des risques et eau d'ablution

Dans une école de Tanzanie, un système d'assainissement très bien conçu a été mis en œuvre avec une collecte séparée des matières fécales et de l'urine à appliquer sur une parcelle agricole au sein de l'école. Cependant, d'un point de vue de réduction des risques, il restait encore des problèmes importants, car l'eau d'ablution a été acheminée non traitée vers un domaine qui servait de terrain de jeu pour les élèves (contamination directe par transmission) et vers une partie de la parcelle agricole (transmission par le produit). L'eau des ablutions représente normalement un volume dérisoire (de 100 à 500 ml/ lavage). Si cette eau était acheminée au contraire par tuyau directement dans le sol vers une petite puisard le risque de contamination des eaux souterraines aurait été très faible en raison du faible volume.

convient d'observer un temps de stockage plus long, ce qui rend l'urine utilisée plus sûre et accroît la réduction des agents pathogènes potentiels présents. Les temps de stockage recommandés varient selon le type de système (systèmes à grande échelle: 1-6 mois, ménages/ urinoirs: 0-1 mois). Si la contamination croisée est susceptible de se produire le temps de stockage peut être ajusté à la hausse, supérieur à 1 mois. Cela vaut également pour les climats froids, car la température est également un facteur déterminant dans la destruction des agents pathogènes. En règle générale: Plus long est le stockage mieux cela vaut.

L'urine doit être stockée dans des récipients scellés afin d'éviter tout contact direct humain ou animal avec l'urine. L'urine ne doit pas être diluée lorsqu'elle est stockée, afin de créer un environnement plus dur pour les micro-organismes et accroître le taux d'élimination des agents pathogènes. Il existe des exemples où l'eau de nettoyage anale a été mélangée à l'urine, entraînant une forte dilution. Ceci a de nouveau donné lieu à une reproduction de moustiques dans l'urine fortement diluée avec des couvercles ouverts, ainsi qu'une plus faible réduction des agents pathogènes.

Un exemple intéressant relatif à l'introduction de nouveaux engrais dans la communauté agricole provient du Burkina Faso. L'urine de plus de 1 000 ménages de la capitale Ouagadougou est recueillie dans des bidons jaunes (voir la figure 22). L'urine est portée à une station de traitement où elle est stockée dans des réservoirs pour un laps de

temps spécifié. Lorsque l'hygiénisation est terminée, le liquide est mis dans des bidons verts, figure 14, et vendu aux agriculteurs sous le nom Birg Koom ce qui signifie «engrais liquide» dans la langue locale. Le même concept est utilisé au Niger dans un projet similaire. C'est une façon de démystifier l'urine comme engrais et pour signaler que le produit est sans danger à utiliser dans l'agriculture.

Les intervalles de stockage indiqués au tableau 16 font référence à l'urine recueillie dans des systèmes de toilettes où il existe un risque de contamination fécale. Si l'urine est recueillie dans des urinoirs, des intervalles de stockage plus courts (1-2 semaines) sont recommandés en raison du risque plus faible.

Restrictions relatives aux cultures

Lorsque l'on utilise de l'urine traitée il n'est pas besoin d'appliquer des restrictions particulières aux cultures. Cependant, comme mesure de précaution supplémentaire, l'utilisation de l'urine peut être limitée à des cultures non vivrières (par exemple, le coton), des cultures transformées (par exemple, le blé) ou cuites avant consommation (par exemple, la pomme de terre) ainsi que des cultures/ arbres qui permettent une distance entre le sol et la partie récoltée de la culture. En général, on peut dire que plus le temps entre l'application et la récolte est long - moins c'est risqué. Ainsi pour les cultures ayant des cycles de rotation rapides, comme les épinards, la salade et les radis le risque sera plus élevé et un prétraitement est recommandé, à savoir un stockage est nécessaire. Mais dans le cas de l'ananas, par exemple, (cycle de rotation 1-2 ans) le risque est inexistant dans l'urine si elle est appliquée en quantité et selon un calendrier correspondant aux besoins des plantes, par conséquent, 3 mois minimum avant la récolte.

L'un des objectifs lors de la construction de systèmes pour l'utilisation de l'urine dans la production agricole devrait être de parvenir à un niveau raisonnable de réduction des risques pour les personnes impliquées dans l'utilisation du système, comme les travailleurs sur le terrain, les ménages ou les consommateurs. Le tableau suivant propose des stratégies pour le choix des cultures et la fertilisation en vue de minimiser les risques et maximiser l'utilisation des nutriments.

Délai d'attente

Un temps d'attente entre la dernière application d'urine et la récolte constitue une barrière qui laisse du temps pour l'élimination des agents pathogènes. Les calculs de risque ont montré qu'une période d'attente d'un mois aboutit à

Conseils pratiques:

Le temps d'attente entre l'application d'urine et la récolte sera d'au moins un mois.

une réduction considérable du niveau de risque et combiné aux autres barrières dans l'approche à barrières multiples, le résultat sera un risque bien inférieur à 10-6 DALY pour les bactéries pathogènes, les virus et les protozoaires parasites (OMS, 2006). Par conséquent, un temps d'attente d'un mois entre la dernière fertilisation à l'urine et la récolte est toujours recommandé. Le temps d'attente se base sur la destruction des organismes par des facteurs externes comme le séchage, la température et la lumière UV à la surface des plantes vertes. Le déperissement peut être plus faible dans le sol. Cela ne contredit pas la recommandation d'appliquer l'urine dans le sol. Pour les cultures racinaires qui sont consommées crues (radis, carottes, oignons, etc.), le traitement post-récolte est important. Cependant, il faut bien préciser que dans ces situations l'utilisation de l'urine constitue encore un

Conseils pratiques:

L'application d'urine proche du sol est recommandée afin de réduire le contact avec les parties comestibles et minimiser la propagation des gouttes d'urine.



Figure 22: Collecte d'urine provenant des ménages à Ouagadougou, au Burkina Faso.

Photo: Linus Daggerskog

risque plus faible que les boues, le fumier, les eaux usées ou l'irrigation avec des eaux de surface contaminées.

Techniques d'application

Il est recommandé d'appliquer l'urine proche du sol. Cela réduit le contact direct avec les parties comestibles des plantes. Par exemple - ne pas appliquer l'urine avec un arrosoir sur les parties comestibles ou foliaires de légumes. L'urine devrait être incorporée dans le sol soit mécaniquement, soit par une irrigation ultérieure avec de

Tableau 16: Temps de stockage recommandé pour l'urine^a sur la base de la teneur estimée en pathogènes^b et culture recommandée pour les systèmes à grande échelle^c.

OMS, 2006

Température de stockage	Temps de Stockage	Agents pathogènes éventuels contenus dans le mélange d'urine après stockage	Cultures recommandées
4°C	≥1 mois	Virus, protozoaires	Cultures vivrières et fourrage devant être transformées
4°C	≥6 mois	Virus	Cultures vivrières devant être transformées, cultures de fourrage ^d
20°C	≥1 mois	Virus	Cultures vivrières devant être transformées, cultures de fourrage ^d
20°C	≥6 mois	Probablement aucun	Toutes les cultures ^e

a Urine ou urine et eau. Après dilution, on suppose que le mélange d'urine contient au moins pH 8,8 et une concentration en azote d'au moins 1 g/l.

b Les bactéries Gram-positives et les bactéries sporulées ne sont pas incluses dans les évaluations de risques sous-jacents, mais ne sont pas reconnus normalement comme pouvant provoquer des infections humaines.

c Un système plus grand dans ce cas est un système dans lequel on utilise le mélange d'urine pour fertiliser les cultures qui seront consommées par des personnes autres que les membres du ménage dont l'urine a été recueillie.

d Pas de pâturage pour la production de fourrage.

e Pour les cultures vivrières consommées crues il est recommandé d'appliquer l'urine au moins un mois avant la récolte et que celle-ci soit incorporée dans le sol si les parties comestibles poussent au-dessus de la surface du sol.

l'eau. Si l'urine est appliquée avant ou pendant le semis sur la plantation alors il se produira un autre dépérissement des pathogènes potentiels restants (voir la période d'attente) et ainsi le risque sera réduit.

Équipement de Protection

Bien qu'il y ait peu de risques associés à l'urine traitée, il est recommandé, si possible, aux ouvriers agricoles de porter des vêtements de protection (gants et chaussures) comme barrière efficace pour réduire les risques

Tableau 17: Niveaux de risque par rapport à la culture et à la stratégie de manipulation.

Culture	Exemple	Risque inhérent	Personnes exposées au risque	Temps d'application ****	Stockage de l'urine ***
Cultures à croissance lente	Ananas	Faible	Ouvriers	premières étapes	Nul besoin de stockage
Fleurs ornementales, plantes de jardin		Faible	Ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage
Cultures à croissance rapide mais non cueillies du sol et ayant une «protection»	Banane.	Faible	Ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage
Cultures céréalières transformées avant consommation	Millet, Riz, Sorgho, Maïs	Faible	Ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage
Plantes pendantes sans contact direct avec le sol et généralement non consommées crues	Aubergine	Moyen	Consommateurs et ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Stockage nécessaire
Fruits susceptibles d'être cueillis de la terre et consommés directement*	Mangue, Fruit de la passion, orange	Faible	Ouvriers	Hors saison de fructification **	Nul besoin de stockage
Plantes pendantes partiellement ou entièrement en contact avec le sol et consommées crues	Tomate	Élevé	Consommateurs et ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Stockage nécessaire
Racines comestibles transformées/ cuites	Manioc, pomme de terre	Faible	Protection of ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage
Racines comestibles consommées crues	Carotte	Élevé	Consommateurs et ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Stockage nécessaire
Feuillage au sol et consommé cuit	Epinards	Faible	Ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage
Feuillage consommé cru	Laitue, chou	Élevé	Consommateurs et ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Stockage nécessaire
Cultures énergétiques ou à fibres	Coton, oléagineux	Faible	Ouvriers	Jusqu'à un mois avant la récolte	Nul besoin de stockage

* Si les légumes sont cultivés sous des arbres fruitiers, alors il faudra des mesures de précaution ou des barrières de protection pour les légumes.

** Si la fertilisation a lieu à l'approche de la saison de fructification, alors il faut adopter des mesures de précaution ou des barrières telles que le stockage de l'urine.

*** Le temps de stockage de l'urine n'est pas indiqué, car cela dépend aussi de facteurs locaux tels que la température ou la conception du système de collecte (degré de contamination fécale).

**** L'application d'urine devrait avoir lieu en tenant compte des besoins des plantes et des pratiques usuelles dans la région. Il peut y avoir une application continue lorsque cela est indiqué, du point de vue barrière. Il faudra toujours observer un délai d'attente d'un mois.

sanitaires potentiels. Ceci s'avère important quand il y a eu une contamination fécale croisée mais c'est moins préoccupant en ce qui concerne l'urine que l'application des eaux usées ou de boues. Une lourde charge fécale peut entraîner une exposition aux ankylostomes à travers la peau nue et lors d'un contact direct et d'un contact ultérieur avec la bouche (la voie fécale-orale) pendant que l'on touche au visage, que l'on mange et que l'on fume. Dans ces situations les gants réduisent le risque. Les vêtements de protection sont importants non seulement pour les travailleurs mais aussi pour éviter que les contaminants ne soient transportés vers les ménages et les familles.

Lavage des mains au savon après manipulation de l'urine

On peut considérer le fait de se laver les mains au savon après avoir manipulé l'urine comme une barrière supplémentaire dans le système. Il va de soi que les pratiques sanitaires et d'hygiène de base recommandées, comme le lavage des mains après utilisation des toilettes et avant les repas, doivent être impérativement respectées.

Manipulation et cuisson des aliments

Les produits récoltés doivent toujours être lavés avant consommation. La cuisson ou le pelage des fruits/légumes est une autre mesure efficace pour réduire considérablement les risques sanitaires associés puisque l'on peut arriver à une réduction des agents pathogènes de 2-6 unités log.

Promotion de la santé et de l'hygiène

Une éducation et une promotion efficace de l'hygiène devraient être organisées afin d'informer les producteurs locaux et les préposés à la manutention d'aliments dans les marchés, les restaurants, les foyers, les kiosques alimentaires comment et pourquoi ils devraient laver les produits fertilisés à l'urine.

Traitement microbien de l'urine

Le traitement microbien de l'urine a été introduit afin de réduire l'odeur et d'augmenter la valeur nutritive de l'urine.

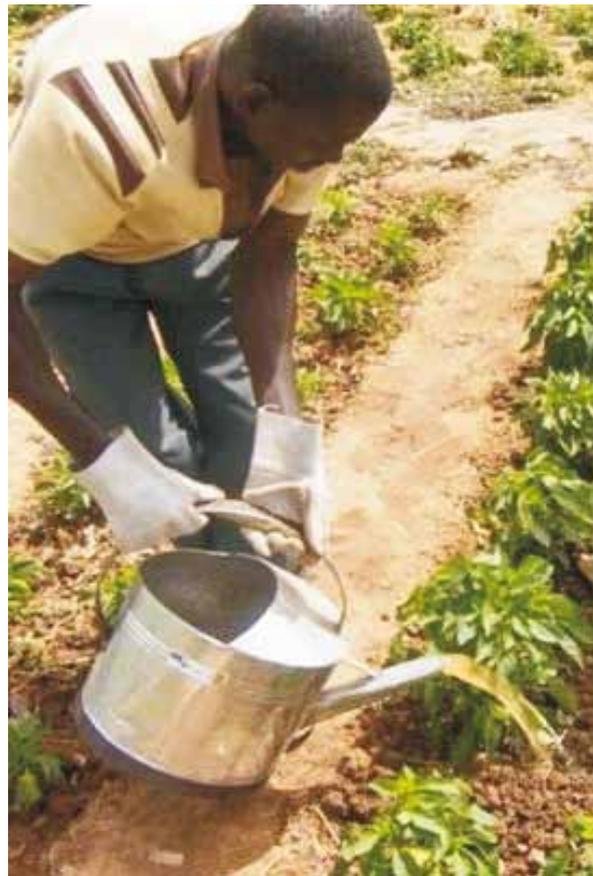


Figure 23: Application d'urine en utilisant un équipement de protection. Photo: Linus Dagerskog

Cela a fait l'objet d'étude au Mexique depuis les années 1990 (Arroyo, 2005), et des projets en cours (2010) aux Philippines (Terra Preta Sanitation, Xavier University). Le concept consiste à introduire des microorganismes dans l'urine au stockage. On ajoute du liquide d'inoculation microbienne ou compost ordinaire ou lombricompost au récipient d'urine avant l'entreposage. La fermentation empêche le processus d'uréase bactérienne qui hydrolyse l'urée en ammoniac et en bicarbonate, ce qui se produit habituellement lors du stockage de l'urine. Les avantages supplémentaires peuvent consister en moins d'ammoniac volatil et une plus faible odeur.

SYSTÈME DE MANUTENTION DE L'URINE COMME ENGRAIS

Le chapitre suivant décrit la chaîne de manipulation de l'urine des toilettes au champ, dans différents contextes. En ce qui concerne le ménage, il est facile de construire un système de manipulation et les points principaux à prendre en compte ont déjà été abordés dans le texte. Un bon exemple d'utilisation à petite échelle de l'urine comme engrais et le système de manipulation vient des Philippines, où un manuel sur les jardins de concession a été compilé (PUVeP, 2008). Mais à grande échelle il y a peu d'exemples qui marchent et beaucoup de gens perçoivent la nécessité d'explorer ce sujet afin de faire progresser les systèmes à séparation d'urine à grande échelle et en les intégrant en standard. Le texte ci-dessous présente deux grands systèmes, tous deux fonctionnant, mais avec leurs inconvénients respectifs. Il est nécessaire d'opérer un développement plus poussé dans ce domaine.

SYSTÈMES À GRANDE ÉCHELLE

Ce chapitre présente deux cas pour démontrer la complexité des systèmes de manipulation de l'urine. Un cas nous vient de la Suède, où l'urine est recueillie auprès de 250 ménages pour une utilisation dans l'agriculture, et un cas du Burkina Faso où plus de 1 000 toilettes ont été construites en zone urbaine de Ouagadougou et où l'urine est utilisée dans la production agricole.

Les aspects importants à prendre en compte lors de la planification du transport de l'urine sont le choix de la technique, de l'entrepreneur, de l'hygiène et de la documentation. Les municipalités ont généralement des entreprises qui font l'objet de contrat pour le transport des différents déchets générés au sein de la municipalité, voir la figure 24. Une alternative intéressante consiste à passer un contrat de transport avec le producteur qui va se servir de l'urine. De cette façon, le producteur peut produire des revenus supplémentaires à partir de la manutention de l'urine. L'aspect de l'hygiène doit être pris en compte, et l'entrepreneur doit disposer d'informations sur les mesures telles que la bonne hygiène des mains après avoir manipulé de l'urine. Un protège bouche n'est pas nécessaire, le plus important est d'éliminer tout déversement et de maintenir une bonne hygiène des mains. Tout transport doit être documenté dans le cadre d'un système de contrôle qualité.

Un important défi à la viabilité des grands systèmes de manutention de l'urine consiste à minimiser les coûts du



Figure 24: Vidangeur conventionnel, recueillant les boues provenant des fosses septiques.

Photo: Municipio de Västerviks, Suecia

système afin d'arriver à ce que des subventions ne soient pas nécessaires. L'expérience de la Suède et du Burkina Faso montre que la valeur fertilisante de l'urine, lorsqu'elle est évaluée comme engrais chimique, n'est pas suffisante pour payer les coûts compris dans le système tels que le transport ou le stockage. Et ainsi des frais de vidange sont probablement requis du ménage et/ ou une subvention de la municipalité doit être versée pour payer le système de manutention. Le coût de la manutention et de l'application de l'urine comme engrais est dans de nombreux cas inférieur au coût d'utiliser la chasse et d'envoyer l'urine vers une station de traitement des eaux usées où N et P sont éliminés.

Encadré 6: Contrôle qualité et certification

Il est nécessaire que les producteurs s'assurent que la société qui achète la production agricole ne s'oppose pas au choix d'engrais humains. Des développements récents présentent des systèmes de contrôle qualité de la production agricole en évolution, et ceci vaut pour les engrais également.

En Suède, des systèmes de certification ont été élaborés pour les boues de vidange, de même que les déchets ménagers compostés et digérés, faisant la promotion de l'utilisation de ces engrais en agriculture. Une configuration similaire est proposée pour la séparation de l'urine à la source, ce qui simplifierait une utilisation plus répandue de l'urine dans l'agriculture suédoise.

Cas 1: Réutilisation de l'urine à Vaxholm en Suède

Kullön est situé sur une île de la municipalité de Vaxholm, non loin de Stockholm. Un ensemble de 250 ménages ont fait installer une ou deux toilettes de déviation d'urine à double chasse. L'urine est recueillie dans des groupes de réservoirs de 10-20 m² au service de 5 à 40 maisons chacun. Vous trouverez la description du système dans l'ESR report 2006:1 par Kvarnström *et al.*; http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf

L'urine est recueillie deux fois par an par camion, par les propriétaires des ménages organisés en un collectif. C'est un service pour lequel les propriétaires des ménages paient en dehors de leurs taxes normales pour les déchets et la collecte des eaux usées, ce qui a causé des conflits.



Figure 25: Habitants de Kullön inspectant les réservoirs d'urine.

Photo: Anna Richert

L'urine est portée à un agriculteur chez qui elle est stockée pendant plus de 6 mois. L'agriculteur reçoit une rémunération pour le stockage et le traitement de la part du collectif des logements à Kullön et est entré dans ce projet dans le cadre de la diversification des activités de son entreprise agricole.

La stabilité du système est en jeu puisque la municipalité, qui a la responsabilité de la collecte et du traitement des déchets ménagers, n'a pas pleinement assumé sa responsabilité pour le système. Une augmentation de coûts liés au système a été imposée aux ménages, tandis que les ménages ne voient pas pourquoi leur système d'assainissement, qui s'est montré plus respectueux de l'environnement, devrait coûter davantage.

L'agriculteur qui utilise de l'urine doit présenter un certificat aux acheteurs de ses produits afin de garantir la

qualité et la traçabilité des engrais utilisés. Ceci nécessite de la documentation et des analyses de l'urine aux phases initiales.

Globalement, il a fallu beaucoup de travail pour initier le système et une conclusion est que le système de gestion d'urine d'un point de vue institutionnel n'a pas été pleinement pris en compte lors de l'aménagement de la zone de logement, ce qui a causé des problèmes. Toutefois, il existe un système fonctionnel d'utilisation de l'urine dans l'agriculture, et l'agriculteur est assez satisfait de l'entreprise qu'il fait fonctionner.



Figure 26: Au printemps, l'épandeur de lisier vient se remplir d'urine pour application sur le blé ensemencé en hiver.

Photo: Anna Richert.

Cas 2: Collecte et utilisation d'urine en milieu urbain de Ouagadougou

Au cours des années 2006 à 2009, un projet a été mis en œuvre à Ouagadougou au Burkina Faso, avec un financement de l'UE, de la GTZ et du CREPA (Coulibaly, 2009). Grâce à une grande diversité d'activités le projet aspire à soutenir 1000 ménages dans l'obtention d'un assainissement à boucle fermée approprié et abordable. Un point clé de ce projet urbain, c'est qu'il crée une chaîne d'approvisionnement de l'urine et des fèces en milieu urbain provenant des toilettes sèches (UDDT) à déviation de l'urine. Le projet a jusqu'ici:

- Construit 930 UDDT
- Soutenu la création de quatre chaînes d'approvisionnement pour la collecte, le transport et la distribution des matières premières et des excréta traités.
- Formé 800 jardiniers à utiliser ces produits comme engrais.

- Formé 20 PME (Petites et Moyennes Entreprises) et associations qui participent à présent dans le fonctionnement du système.
- Formé 107 artisans (maçons, etc.) afin de fournir l'infrastructure nécessaire, en particulier la construction des toilettes.

L'infrastructure physique du système Ecosan se compose de:

- UDDT au niveau des ménages et dans quelques lieux publics de quatre secteurs de Ouagadougou;
- Quatre sites de traitement appelés éco-stations pour l'urine et les fèces dans les quatre mêmes secteurs, chacun géré par une association distincte;
- L'équipement pour la collecte transport et livraison de l'urine et des fèces;
- Utilisation de l'urine et des fèces hygiénisés dans le jardinage périurbain.

Les ouvriers du service de collecte vident les dépôts et l'urine et les fèces sont portées à une éco-station pour une nouvelle période de séchage/ stockage et pour emballage final. Pour le transport aux éco-stations, l'urine est recueillie dans des bidons jaunes de 20 l et les fèces sont transportées dans des sacs en plastique. Chaque bidon de 20 l plein enlevé est remplacé par un autre vide. Un point

central du système ecosan porte sur le site de traitement ou éco-station, qui relie les ménages aux jardiniers/ petits producteurs. Deux des quatre éco stations sont construites à proximité des sites de maraîchage. Les éco-stations sont équipées des dispositifs pour l'hygiénisation nécessaires (réservoirs en plastique pour l'urine et fosses de stockage pour les matières fécales) et des infrastructures d'accompagnement comme le hangar pour le matériel de travail, de l'espace pour les ânes qui tirent les charrettes de bidons d'urine et une salle de stockage pour les produits d'engrais. Pour l'hygiénisation, l'urine est transférée aux éco-stations et stockée pendant un mois dans des réservoirs en plastique de 1m³, tandis que les matières fécales provenant des UDDT à double fosses sont stockées et conservées sèches dans des chambres pendant au moins deux mois.

Pour faciliter la collecte dans les ménages, les secteurs sont divisés en zones. Chaque équipe de collecteurs doit visiter toutes les latrines dans les 2 semaines. Il arrive que les collecteurs parcourent des distances allant jusqu'à 12 km (le temps de travail journalier est estimé à 5-6 heures). Au total, les quatre associations fonctionnent avec env. 28 personnes, 10 ânes et 10 charrettes à âne.

Au début du projet, l'équipe technique et les animateurs ont informé les ménages et les producteurs des avantages



Figure 27: Composantes du système de collecte d'urine à Ouagadougou, au Burkina Faso.

Photos: CREPA

à utiliser des produits Ecosan pour la production agricole. Pour faire accepter cette idée parmi les utilisateurs (jardiniers, agriculteurs et consommateurs), il a été décidé de renommer l'urine et les fèces. Ainsi, l'urine filtrée est vendue en boîtes de 20 l vertes marquées «*Birg-koom*» qui signifie dans la langue locale engrais liquide, tandis que les fèces assainies séchées sont vendues dans des sacs étiquetés «*Birg-koenga*» signifiant engrais solides.

Un aspect important du projet a été d'assurer la qualité et la sécurité des produits Ecosan qui sont destinés à être vendus aux producteurs. Les jardiniers et les petits producteurs ont été formés pour utiliser l'urine et les fèces traités sur différents légumes (par exemple, la tomate, le chou, le concombre, la courgette, la carotte, la salade, l'aubergine, la fraise, etc.). En outre, des échantillons d'urine et de fèces hygiénisés sont parfois prélevés et analysés au Laboratoire National des Eaux à la recherche des valeurs N, P et K, et d'agents pathogènes comme E. coli. Les résultats ont montré que l'urine hygiénisée est sûre (sans agents pathogènes) et, utilisée comme engrais, elle n'a aucun impact négatif sur l'environnement et la santé.

Une question importante a porté sur la stabilité économique de la chaîne d'approvisionnement. Tels qu'établis, les coûts de la gestion du système de collecte sont plus élevés que les recettes qui sont générées par le système, grâce à une redevance des ménages et à travers la vente de l'urine et des fèces aux prix du marché. La taxe aux ménages était de 0,60 USD par mois et l'urine était vendue aux producteurs de la station écologique au prix de 0,20 USD par bidon de 20 litres, les matières fécales à 0,10 USD par kg. Cela signifie qu'il y a une nécessité de réduire les coûts sans mettre en péril la sécurité du système de réutilisation.

Vous trouverez le projet décrit en format étude de cas SuSanA:

<http://www.susana.org/images/documents/06-case-studies/en-susana-cs-burkina-faso-ouagadougou-uddt-2010.pdf>

LA DIMENSION DU GENRE

Conseils pratiques:

Afin de parvenir à une utilisation durable de l'urine dans la production agricole la perspective du Genre doit être incluse dans la mise en œuvre. Cela peut par exemple signifier la prise en compte des différents rôles des hommes et femmes vis à vis des cultures marchandes et culture vivrières pour le ménage.

Le processus visant à intégrer une perspective hommes-femmes dans les institutions et les opérations est appelé l'intégration de la dimension de genre, un processus pour s'assurer que les effets de l'intervention sur les femmes et les hommes soient anticipés et délibérés. Bien planifié, cela devrait conduire à des avantages supplémentaires qui vont au-delà d'une bonne performance de l'eau et de l'assainissement, tels que le gain économique, l'autonomisation des femmes, l'augmentation de l'égalité et des avantages pour les enfants (Banque Africaine de Développement, 1998).

La dimension du genre de l'assainissement écologique a été décrite dans Dankelmann (2009) et dans SuSanA 2009, Groupe de travail 12. Toutefois, très peu a été fait en ce qui concerne la question spécifique de comment l'utilisation de l'urine dans la production agricole influe la question du genre. Il y a des perspectives de genre importantes dans l'agriculture liée à l'assainissement écologique et une recherche et une documentation poussées seraient utiles.

Les femmes sont responsables de la sécurité alimentaire de base des ménages dans de nombreux pays du monde. Avec une agriculture fondée sur l'assainissement écologique, les familles pourraient économiser de l'argent en cultivant leurs propres fruits et légumes et/ ou en vendant certains de ces produits. Cependant, il convient de peser ceci contre les importantes contraintes de temps auxquelles font face de nombreuses femmes, en particulier celles qui sont la principale ou unique source de revenus pour leurs ménages. En outre, les femmes sont souvent limitées à cause d'un accès réduit à l'éducation formelle et la formation, par rapport aux hommes, et sont souvent confinées au secteur informel. La petite agriculture, comme moyen d'assurer une meilleure sécurité alimentaire et un potentiel de revenus supplémentaires, est particulièrement attractive pour les femmes car elle leur permet de travailler à proximité de leurs domiciles et facilite l'exécution d'autres rôles traditionnellement importants, comme les soins aux enfants, aux personnes âgées et aux malades. L'importance



Figure 28: Ramassage de tomates fertilisées à l'urine.

Photo: Linus Dagerskog, CREPA/SEI

de s'assurer que les femmes comme les hommes participent à la planification et à la prise de décision sur les projets de développement agricole, et aient un accès équitable à la formation et aux services de vulgarisation, doit cependant être soulignée.

Les femmes comme les hommes doivent avoir accès aux revenus monétaires et seraient supposés accueillir favorablement les avantages économiques potentiels de l'assainissement écologique, si les possibilités de petit entrepreneuriat dans la construction et l'exploitation des latrines et des systèmes de collecte ainsi que le démarrage de petits jardins maraîchers étaient mis à la disposition à la fois des femmes et des hommes. Cela n'a pas encore été documenté, mais un conflit potentiel entre production vivrière des ménages et production de cultures de rente peut survenir avec l'augmentation des connaissances de l'urine comme engrais. La manière dont cela affecterait l'équilibre entre sexes n'est pas clair, mais dans de nombreuses situations, le jardin des ménages ayant des implications pour la sécurité alimentaire incombe à la responsabilité de la femme, et la production des cultures marchandes à la responsabilité des hommes dans la famille. Il y a aussi une question relative à la valeur de l'urine. Si l'urine est vendue comme engrais, qui, dans la famille aura accès à cet apport financier ? Traditionnellement, les femmes assument la responsabilité des produits de déchets dans le ménage, mais si ceux-ci ont une valeur, cette situation va-t-elle changer ? En ce qui concerne la question du traitement des déchets, dans quelle mesure la réutilisation de l'urine aura-t-elle une incidence sur les

rôles traditionnels dans ce domaine ? Dans quelle mesure la main d'œuvre nécessaire augmentera-t-elle le travail des femmes, des hommes ou la charge de travail des enfants ? Comment ces questions sont-elles affectées par l'existence d'un marché pour l'urine ou non ? Documentations et recherches complémentaires sont recommandées.

Une attention particulière est également requise pour les besoins hygiéniques des femmes et des filles. Au cours d'un cycle menstruel, le sang passera dans les chambres d'urine et de fèces quand les femmes utilisent des toilettes

à déviation de l'urine. Habituellement, la quantité de sang menstruel est faible par rapport à la quantité d'urine dans un récipient. L'urine peut être un peu plus rougeâtre en couleur, mais ses propriétés sont inchangées par l'addition de sang menstruel et il n'y a pas de menace quant au processus de décontamination ou de compostage ou pour son utilisation future comme engrais agricole. Une question plus pressante est plus vraisemblablement l'impression de l'urine quand elle contient du sang menstruel, ce qui est étroitement liée à la question de la dignité et du bien-être de ceux qui utilisent le système et manipulent l'urine.

ASPECTS INSTITUTIONNELS DE L'UTILISATION DE L'URINE EN AGRICULTURE

L'utilisation des excréta humains sort souvent des cadres réglementaires existants. Ceci est de plus en plus évident pour une application agricole, où les nouveaux engrais ne sont pas définis dans les textes législatifs ou consultatifs de nombreux pays. La faiblesse du cadre juridique et institutionnel dans de nombreux pays rend difficile la mise en œuvre et le déploiement des solutions novatrices d'assainissement. Le texte qui suit apporte son appui aux travaux visant à établir un dispositif institutionnel pour l'utilisation de l'urine dans la production agricole.

POINTS CLÉS POUR LA CRÉATION D'UN DISPOSITIF INSTITUTIONNEL POUR L'UTILISATION DE L'URINE EN AGRICULTURE

Conseils pratiques:

Les activités suivantes peuvent aider à établir un dispositif institutionnel pour l'utilisation de l'urine en agriculture.

- Analyse des parties prenantes: Identifier les parties prenantes et clarifier les motivations et les limitations de chacune en rapport avec la mise en œuvre de l'utilisation d'urine dans la production agricole;
- Inclure et cibler les producteurs dans la planification initiale;
- Organiser une plateforme pour les réactions et un échange entre les parties prenantes;
- Organiser les communautés locales afin qu'il y ait une structure pour la mise en œuvre et une structure pour le suivi.

Les aspects institutionnels comprennent la façon d'organiser un système. Cette organisation se fait par la définition des rôles, la mise en place d'un cadre juridique, des politiques et des institutions pour gérer le système. Les points suivants proposent des activités qui sont importantes lors de la mise en œuvre d'une structure institutionnelle pour l'utilisation de l'urine.

Identifier les parties prenantes et clarifier les motivations et les limitations de chaque partie prenante.

Il y a de nombreuses parties prenantes dans un système d'assainissement de recyclage et il est important que les



Figure 29: Petit entrepreneur utilisant l'urine comme engrais. Photo:Linus Dagerskog, CREPA/SEI

motivations et les limitations de chaque partie prenante soient comprises. Ceci est particulièrement important pour les agriculteurs car ils sont les principales parties prenantes. Les agriculteurs sont des hommes d'affaires et le système de recyclage peut souvent devenir plus durable si les agriculteurs participent également comme entrepreneurs à la collecte et la manipulation des produits,



Figure 30: Information sur l'assainissement productif au Niger. Photo:Linus Dagerskog

car cette action peut procurer des avantages correspondant à leur potentiel commercial.

Impliquer les agriculteurs dans la planification initiale

Lorsqu'il est prévu des systèmes d'assainissement, les agriculteurs ne sont souvent pas impliqués dès le début. Si l'occasion est donnée aux agriculteurs d'influencer la mise en œuvre de systèmes d'assainissement durable dès le début, on peut éviter des problèmes qui autrement aboutiraient à une sous-optimisation et à des problèmes

économiques. Si les agriculteurs sont impliqués dès le début, alors, par exemple la mise en œuvre de systèmes de stockage et de collecte peut être adaptée aux possibilités et aux contraintes de la communauté agricole.

Organiser une plateforme pour une restitution et une interaction

Il est également important qu'il y ait une plateforme où les différentes parties prenantes du système se

Encadré 7: Etude de cas. Aspects réglementaires de l'utilisation d'urine en agriculture en Suède

La législation suédoise embrasse l'idée de réutilisation des nutriments et comprend la durabilité et la protection de l'environnement dans différents textes de loi et politiques.

Le code de l'environnement (<http://www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Legislation-and-other-policy-instruments/The-Environmental-Code>), datant de 1999, contient plusieurs opportunités pour la mise en œuvre de technologies d'assainissement à objectif de nutriments en boucle fermée dans l'assainissement sur site en Suède. Le recyclage et une utilisation efficace des ressources naturelles font partie intégrante des objectifs du Code tout comme le principe de précaution, le principe du pollueur-payeur et le concept de «meilleure technologie disponible». Cependant les autorités locales de l'environnement ne se servent pas toujours de ces principes lors de la spécification des conditions applicables à un système d'assainissement sur site. Conformément au Code de l'environnement, l'urine est considérée comme une fraction des déchets ménagers et la responsabilité de la collecte et du traitement incombe à la municipalité. Ce fait a amené les services municipaux (souvent les services techniques) responsables des déchets solides en Suède à regarder de plus près leur responsabilité pour l'urine et les implications de sa collecte et réutilisation. La Loi sur la planification et la construction donne aux municipalités le pouvoir de décider seul de l'aménagement du territoire et du développement des infrastructures dans la situation locale, mais elles ne s'en sont jamais servies pour permettre des approches en boucle fermée aux systèmes de traitement des eaux usées.

En parallèle au Code de l'environnement, les Normes de qualité nationales en matière d'environnement ont été établies en 1999 (<http://>

www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Legislation-and-other-policy-instruments/Environmental-quality-standards). La Politique de l'Environnement de la Suède se base sur seize normes de qualité environnementale pour différents domaines. Celles-ci décrivent la qualité et les objectifs environnementaux pour être durable dans le long terme. La remise en circulation des ressources naturelles (y compris les nutriments) est incluse, et l'une des cibles affirme que d'ici 2015, au moins 60% des composés phosphorés présents dans les eaux usées devraient être récupéré pour une utilisation sur les terres productives, avec la moitié qui devrait redevenir de la terre arable¹. Un autre exemple de l'intégration du recyclage des nutriments est la révision des statuts de l'utilisation agricole des boues, faite par l'Agence suédoise de protection de l'environnement en 1995, qui va également réglementer l'utilisation de l'urine de l'homme dans l'agriculture ainsi que d'autres fractions des eaux usées. La proposition devait être statuée en 2010. Le contexte de la proposition des statuts de même que le contexte de l'objectif de 60% de récupération de P sont décrits dans Kvarnström et al. (2002).

La conclusion est qu'il existe un environnement législatif relativement favorable au recyclage et à la réutilisation des nutriments provenant des systèmes d'assainissement en Suède. Ce qui manque, ce sont des incitations économiques qui pourraient libérer le marché de l'assainissement sur site, et l'intégration des aspects de réutilisation dans la planification stratégique municipale.

1 <http://www.miljomal.nu/Environmental-Objectives-Portal/>

rencontrent et communiquent. Cela est particulièrement vrai, puisque les systèmes sont nouveaux et donc leur potentiel d'amélioration est grand. Une plateforme où les parties prenantes de l'agriculture peuvent rencontrer des parties prenantes des domaines de l'assainissement, de l'environnement, de la planification, de la mise en œuvre technique, etc. est d'une importance vitale.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Conseils pratiques:

Les principales activités pour établir un cadre réglementaire qui permette et facilite l'utilisation de l'urine dans la production agricole:

- établir l'utilisation des excréta dans les textes législatifs locaux, régionaux et nationaux pour la santé, l'assainissement, l'environnement, et l'agriculture
- établir une terminologie correcte sur l'utilisation des excréta dans les textes réglementaires
- inviter les législateurs des niveaux locaux, régionaux et nationaux à discuter de la question de la réutilisation des excréta provenant des systèmes de toilettes
- initier le travail en mettant en place une politique et des cibles concernant l'utilisation des excréta au niveau local, régional et national.

Organiser les communautés locales afin qu'il y ait une structure de mise en œuvre et une structure de suivi.

La collectivité territoriale a un rôle clé à jouer en tant que facilitateur et régulateur, en trouvant les moyens de promouvoir l'innovation tout en maintenant les fournisseurs de services responsables et en atteignant un degré de protection de l'environnement et de la santé

Le cadre réglementaire n'est souvent pas bien élaboré en ce qui concerne la mise en œuvre des systèmes de recyclage des nutriments provenant des systèmes d'assainissement. La question pourrait souvent être de savoir s'il y a quelque chose qui interdit explicitement l'utilisation de l'urine dans la production agricole, comme il en est en Allemagne, ou si l'utilisation est tout simplement non réglementée et par conséquent possible. Dans des conditions idéales, un cadre réglementaire facilite le recyclage des nutriments provenant des systèmes d'assainissement, et fixe des objectifs pour l'environnement ou la santé que l'utilisation de l'urine dans la production agricole peut contribuer à réaliser.

UTILISATION D'URINE DANS L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

L'urine est un engrais idéal pour la production biologique, où les engrais synthétiques minéraux ne sont pas autorisés. Cependant, il existe des barrières à l'utilisation de l'urine dans les systèmes de production lorsqu'on utilise le label de production biologique. Ces barrières se présentent par exemple dans les règlements de l'Union européenne. L'agriculture biologique est régie par le règlement européen (EEG) 2092/91 qui s'applique à toute agriculture biologique européenne certifiée.

Ce règlement régit entre autres choses les apports autorisés en agriculture biologique. L'urine humaine n'est à l'heure actuelle pas incluse comme engrais dans le règlement de l'UE ce qui rend la chose difficile pour les producteurs biologiques en Europe ou concernant l'utilisation de l'urine humaine pour des exports vers un marché européen. L'organisme suédois certificateur de l'agriculture biologique (KRAV) a opéré une exemption pour un agriculteur qui dispose d'un système en boucle fermée où les nutriments sont recyclés et les produits alimentaires livrés dans la même communauté, en s'appuyant sur l'hypothèse que s'il y a une proximité entre la communauté et les producteurs, le risque de contamination ou de pratiques non viables sera réduit.

La fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique, IFOAM, indique que les excréta humains séparés à la source que l'on contrôle à la recherche de contamination ne doivent pas être appliqués directement sur les parties comestibles des plantes. En outre, il existe une restriction dans l'utilisation des excréta humains sur les cultures vivrières, mais des exceptions peuvent être faites si les conditions sanitaires détaillées sont établies par l'organisme de normalisation afin de prévenir la transmission d'agents pathogènes (http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/norms/norm_documents_library/Norms_ENG_V4_20090113.pdf).

EXPÉRIENCES DE CULTURES EN UTILISANT DE L'URINE COMME ENGRAIS

Conseils pratiques:

Les expériences des cultures doivent être lancées au niveau local afin d'établir l'utilisation de l'urine comme engrais dans la communauté agricole locale. Le niveau d'expérience peut aller de simples essais de démonstration à une recherche scientifique rigoureuse. Dans tous les cas, les essais de démonstration devraient être lancés dans un endroit facilement accessible aux agriculteurs et aux propriétaires de ménages.

Lors de la planification d'une expérience de fertilisation des cultures, la première question, et la plus importante, est de définir l'objectif de l'expérience. La réponse à cette question a une influence décisive sur la façon dont l'expérience sera planifiée, ses coûts et sa complexité. Si la réponse est que le résultat souhaité soit l'accroissement des connaissances de la population locale, on peut utiliser un simple essai de démonstration montrant les rendements avec l'urine, avec les engrais minéraux et sans apport d'engrais. Si la réponse c'est l'accroissement des connaissances au sein de la communauté agricole et des professionnels de la vulgarisation, une expérience plus vaste permettant une analyse statistique est nécessaire. Les chapitres suivants décrivent les différentes stratégies pour accroître les connaissances sur les systèmes de culture dans lesquels l'urine est utilisée comme engrais.

EXPÉRIENCES DE DÉMONSTRATION

Les expériences de démonstration sont des outils très utiles et souples car ils sont peu coûteux, rapides et faciles à mettre en place. Ils peuvent consister en expériences dans des petits pots ou une vaste expérience dans un champ. Une bonne idée consiste souvent à mettre en place de petits essais de démonstration juste à l'extérieur des portes d'entrée du bureau de vulgarisation, dans les écoles ou d'autres lieux au centre de la société où beaucoup de personnes peuvent être atteintes. Il n'est pas nécessaire de faire de la répétition et le besoin de documentation est faible. Mais c'est bien si les résultats sont clairement visibles et donc le niveau de fertilisation doit de préférence être élevé et le facteur

eau bien contrôlé. Les photos ci-après vous montrent des expériences dans des pots par Peter Morgan au Zimbabwe et des expériences au Niger.

EXPÉRIENCES CONTRÔLÉES POUR TESTER LE POTENTIEL FERTILISANT

Dans ce type d'expériences, il est impératif de contrôler autant de facteurs que possible, par exemple la quantité d'eau, les mauvaises herbes, les insectes et les champignons, et peut-être même le climat, et la culture devrait être établie de façon optimale. Ces expériences peuvent être réalisées à petite échelle, en pot ou à l'échelle d'un laboratoire, et elles donnent souvent de bons résultats,



Figure 31: Epinards (bette à carde) fertilisés à l'urine (à gauche) et sans engrais (à droite).

Photo: Peter Morgan



Figure 32: Essais dans les champs du Niger. Millet fertilisé à l'urine à droite.

Photo: Linus Dagerskog

reproductibles et fiables. Grâce à cette petite échelle, ce type d'expérience est en fait le moins cher pour obtenir des résultats reproductibles et fiables. Pour obtenir des résultats statistiquement significatifs et probants il faut procéder à plusieurs répétitions, ce qui en raison de la petite échelle est souvent assez facile et peu coûteux.

L'avantage de ce type d'expérience bien contrôlée, c'est que la variation entre les années est faible, même si elle est effectuée à l'extérieur. Cela signifie qu'après une saison expérimentale seulement le résultat peut être assez représentatif. Un autre avantage de ce type d'expérience montre tout le potentiel fertilisant de l'urine sur la culture en question. Un inconvénient toutefois c'est que ce potentiel pourrait ne pas montrer du tout l'effet fertilisant que l'agriculteur va connaître en situation réelle.

EXPÉRIENCES CONTRÔLÉES POUR TESTER L'EFFET FERTILISANT EN CONDITION RÉELLE

Ce type d'expérience est beaucoup plus réaliste, comme les mêmes procédures de gestion des cultures sont suivies pour les parcelles expérimentales que celles généralement suivies par les agriculteurs. Cela signifie que si l'année est très sèche et la culture n'est pas irriguée, alors la culture peut souffrir gravement et l'effet de la fertilisation peut être négligeable car c'est le facteur eau qui détermine le rendement. De même, les autres années il pourrait s'agir de mauvaises herbes, de champignons ou d'insectes, ce qui a une influence déterminante sur le rendement des cultures. Ces expériences sont souvent participatives et réalisées dans les fermes. Les répétitions en vue de réaliser une analyse statistique augmentent la possibilité de tirer des conclusions de ce type de recherche, mais il est souvent difficile de s'assurer que le traitement est en fait le même sur les différentes exploitations concernées.

Ce type d'expérience a l'avantage évident que ses résultats sont beaucoup plus réalistes et plus facilement transférés et mis à l'échelle par les agriculteurs que les expériences entièrement contrôlées décrites précédemment. Cependant, elle présente aussi l'inconvénient évident que les résultats du rendement sont très influencés par les conditions météorologiques et la saison, qui varient entre les années. Cela signifie que, pour être à peu près sûr d'obtenir un quelconque type de résultats représentatifs il faut normalement au moins 3 ans et de préférence 4-5 ans d'expériences de culture.

EXPÉRIENCES AGRICOLES ET ROTATION DE CULTURES

C'est le type d'expérience le plus complexe, réaliste et le plus difficile et coûteux. Alors que les deux types d'expériences précédentes sont normalement limités à une culture à la fois, dans ce type d'expérience, toute la gamme des végétaux habituellement cultivés par un agriculteur chaque année est incluse dans l'expérience, et on évalue l'effet de la fertilisation de ces cultures sur l'économie agricole. Il s'agit d'un type d'expérience très pertinent, surtout dans des conditions agricoles marginales, mais ces expériences sont très gourmandes en ressources, car elles comprennent plusieurs cultures et doivent être répétées au moins 3-5 ans.

CONSIDÉRATIONS STATISTIQUES

Pour tous les types d'expériences de cultures contrôlées (sans compter les essais de démonstration), les parcelles expérimentales devraient être aussi uniformes que possible, mais tout de même, la comparaison entre les traitements doit être répétée plusieurs fois, si possible 3-5 fois dans le même champ. L'ordre des traitements devraient être randomisé à chaque répétition.

Tableau 18: Exemple de dispositif expérimental.

Répétition 1	T4	T3	T2	T5	T1
Répétition 2	T4	T1	T2	T3	T5
Répétition 3	T2	T1	T3	T5	T4
Répétition 4	T1	T5	T4	T2	T3

Au tableau 18, sont montrées 4 répétitions avec 5 traitements (T1-T5) dans un ordre aléatoire à chaque répétition dans une configuration expérimentale simplifiée. Alors que les blocs entiers doivent être traités selon le plan, ce n'est que la récolte de la zone centrale qui devrait être évaluée et qui pourrait influencer sur les résultats, afin de minimiser les effets lisières des petites parcelles.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Le volume de résultats publiés à partir des projets où l'urine a été introduite comme engrais augmente rapidement. Cependant, il y a de nombreuses insuffisances de connaissances, et il est donc important de capitaliser l'expérience faite par une publication des résultats sur des fora qui touchent autant de professionnels que possible. Il est très important d'atteindre non seulement les professionnels agricoles, mais aussi les professionnels de l'assainissement, de la sociologie, de l'environnement, etc. ainsi que le grand public et les groupes cibles locaux.

OUTILS WEB POUR LE CALCUL

Un simple outil a été développé sous Excel pour le calcul des sommes perçues ainsi que la teneur et la valeur des nutriments. Cet outil est disponible au <http://www.sanergy-net.de/pages/nucal.php>. Des outils similaires peuvent bien être développés pour la vulgarisation afin d'avoir une idée du potentiel de la réutilisation des nutriments lorsque l'urine est utilisée comme engrais.

Une simple calculatrice a été créée (2010) pour fournir des informations relatives aux augmentations de la productivité des cultures à partir de l'utilisation de l'urine traitée (Takin Ruwa) comme engrais par rapport aux cultures non fertilisées, dans la culture du mil au Niger:

<http://www.ecosanres.org/aguie/model.htm>. Le modèle est construit sous Excel. Le modèle nécessite deux variables d'entrée pour fonctionner. Les variables d'entrée sont une combinaison du nombre de personnes, de la quantité d'urine, de zone de culture et du taux d'application. En utilisant ces variables d'entrée, le modèle calcule la productivité potentielle de la culture de mil. Le résultat est donné en deux groupes, l'un pour le mil sans engrais et l'autre pour le mil avec engrais Takin Ruwa. Tant la productivité végétale que le rendement sont donnés, y compris une marge qui se base sur l'écart-type des données de source.

Niger Crop Model for Millet



Click here to begin! >>

Variable 1

Variable 2

Optional Data

Market Value of Takin Ruwa	USD/litre
Cost of Urea fertilizer	35 USD/50 kg bag
Market Price for Millet	153 USD/tonne

Suggested Values

<< 30 - 40
153

Input Data

Number of People	people
Cropping Area	hectares
Amount of Urine	litres
Rate of application	litres per hectare

Climate

Climate normal: base climate of average year
 Climate wet: +2 °C and +10% prec
 Climate dry: +2 °C and -10% prec

Ranges are based on the standard deviation from the model.

Millet - no fertilizer

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity (ton/ha)			
Crop Productivity Range (+/- ton/ha)			
Yield (tonnes)			
Yield Range (+/- tonnes)			

Millet - Takin Ruwa (Urine) Fertilizer

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity (ton/ha)			
Crop Productivity Range (+/- ton/ha)			
Yield (tonnes)			
Yield Range (+/- tonnes)			

Optional Outputs - Value and Savings of using Takin Ruwa

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity Improvement (%)			
Crop Productivity Improvement (tonnes)			
Value of Productivity Improvement (US\$)			
Cost for equivalent amount of Urea (US\$)			
Surplus Takin Ruwa (litres)			
Market Value of Surplus Takin Ruwa (US\$)			

Figure 33: Une page d'exemple de la calculatrice Aggie permettant de donner l'information sur l'augmentation de la productivité des cultures avec utilisation d'urine traitée.

AP-Aguie 2009

2^{ÈME} PARTIE • COMMENT ÉLABORER DES LIGNES DIRECTRICES LOCALES

Afin de permettre des mises en œuvre dans un contexte local la richesse des informations contenues dans ce livre jusque-ici doit être traduite ou adaptée aux conditions de site local respectives. Le chapitre suivant fournit quelques recommandations sur la façon dont on peut élaborer et structurer des méthodes locales et il résume les principaux facteurs qui influencent directement ou indirectement les activités agricoles liées à l'utilisation d'urine. Tous les aspects énumérés ne trouveront pas nécessairement leur chemin vers la version finale de la ligne directrice au niveau local et il incombe bien aux experts locaux de décider en dernier ressort de ce qu'il convient d'inclure. Toutefois, les aspects énumérés fixent le cadre de ce qui doit généralement être pris en considération pour une adaptation locale réussie. Des exemples de méthodes locales pour l'utilisation de l'urine dans la production agricole sont présentés dans les annexes.

L'objectif principal d'une ligne directrice locale telle que présentée dans ce texte est d'être un outil d'appui national, régional ou local qui est clairement destiné aux agents de vulgarisation agricole et non aux agriculteurs. Pour le niveau des agriculteurs il faut souvent une plus grande simplification, qui peut se faire par les agents de vulgarisation sur la base des méthodes locales développées en suivant ces instructions.

L'APPROCHE DE L'ASSAINISSEMENT À DES FINS PRODUCTIVES

Une compréhension générale du concept d'assainissement à des fins de production axé sur la réutilisation est une condition préalable à une mise en œuvre locale réussie. Si le concept est bien connu aucune autre explication n'est nécessaire. Autrement, il faudra inclure une brève introduction sur l'approche d'assainissement durable axé sur la réutilisation, le lien entre l'assainissement et l'agriculture, les limitations mondiales dans la production d'engrais de synthèse, la valeur de ressource de l'urine et son potentiel de production avant les recommandations orientées de manière plus concrète.

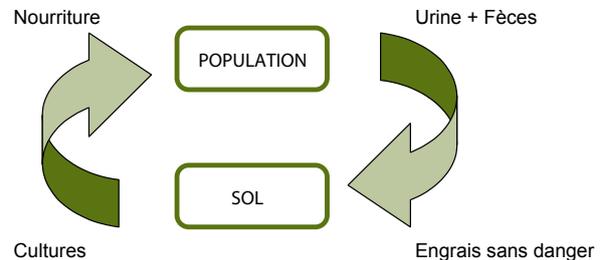


Figure 34: Fermer la boucle.

Liens vers plus d'informations:

Fiche 05 SuSanA WG 05 (sécurité alimentaire) - <http://www.susana.org/images/documents/05-working-groups/wg05/en-wg5-factsheet-2008-05-28.pdf>

Document de la vision SuSanA I ('Vers des solutions d'assainissement durables') - <http://www.susana.org/images/documents/04-meetings/side-events/2009-singapore/01-en-panesar-introduction-susana-wts-singapore-2009.pdf>

CARACTÉRISTIQUES DU SITE LOCAL

Bien que les personnes travaillant dans l'agriculture en général sachent très bien ce que sont les caractéristiques du climat local, du sol et de l'eau, il pourrait être pertinent d'inclure un chapitre qui porte spécifiquement sur la façon dont cela influe sur l'utilisation de l'urine.

Les conditions climatiques

Information sur la région climatique, la température, le modèle de pluviométrie, l'humidité et les particularités saisonnières. Par exemple, dans les régions arides à faibles précipitations et à haute température l'évaporation peut être très élevée ou dans les zones tropicales à fortes précipitations il serait recommandé d'appliquer l'urine plus souvent à petites doses.

Situation de l'eau

Information générale sur la disponibilité, les sources et la contamination potentielle de l'eau utilisée pour l'irrigation des plantes. Si les données ne sont pas disponibles localement la situation de l'eau doit être décrite au moins de façon qualitative.

Les caractéristiques du sol

Information de base sur la qualité des sols et les états généraux du sol qui influencent l'activité agricole prévue. Ceci inclut le type et la texture du sol (par exemple si le sol est plus sableux alors une fertilisation plus fréquente est nécessaire) le pH du sol (acidité/ alcalinité qui affecte la disponibilité des nutriments dans le sol), ainsi que la teneur en matière organique (l'effet fertilisant de l'urine est plus faible sur les sols à faible teneur en matières organiques) et la salinité (par exemple si le sol est salin, il faudra ajouter de la matière organique comme tampon ou ajouter plus d'eau). Dans de nombreux cas ces informations sont disponibles au niveau local. Dans tous les cas il faut observer de bonnes pratiques agricoles afin de maintenir la fertilité du sol.

BESOINS DES PLANTES ET TENEUR EN NUTRIMENTS DE L'URINE

Ce chapitre sur la ligne directrice locale donne des instructions sur le type de cultures, les besoins en nutriments, le besoin de l'urine comme engrais et les avantages à utiliser l'urine comme engrais. Ce chapitre sur les avantages est particulièrement important, et peut servir de texte de plaidoyer et pas uniquement pour le personnel de vulgarisation agricole.

Type de cultures

Ce type de culture (s) détermine le système d'exploitation, les besoins du sol ainsi que la quantité de nutriments et d'eau nécessaires à une croissance optimale des plantes. Si on utilise l'urine seule comme engrais, il est recommandé de donner la priorité aux cultures qui ont une valeur élevée et répondent bien à N (par exemple le maïs, les épinards).

Besoins des plantes en nutriments

La demande en macronutriments primaires (N, P, K) nécessaire à des résultats optimaux de croissance des plantes et de la récolte. Elle permettra de déterminer la quantité d'urine (en fonction de sa teneur en nutriments locaux respectifs) à appliquer au cours de la saison de plantation.

Densité et distance de plantation

Le nombre de plants recommandé par unité de surface et la distance entre les cultures qui affecte la productivité de la surface et détermine le degré de concurrence entre les plantes.

Quantité d'urine produite

La quantité totale estimée de l'urine pouvant être utilisée pour la production agricole devrait être présentée car elle

touche directement la taille de la surface pouvant être fertilisée et la valeur potentielle pour les agriculteurs. En fonction de la quantité d'eau consommée et des conditions climatiques une personne adulte produit environ 1 à 1,5 litres d'urine par jour. Il faut garder à l'esprit que dans certains cas, seule une partie de cette quantité peut être recueillie (par exemple, l'utilisation d'autres types de toilettes ou la non-utilisation de toilette pendant la journée, les habitudes locales d'uriner dans la douche, etc.)

Teneur en nutriments de l'urine

La teneur en macro- et micronutriments de l'urine humaine qui déterminent la quantité d'urine à appliquer aux plantes. Si les données locales ne sont pas disponibles les quantités moyennes suivantes de macronutriments primaires peuvent être présumées pour les pays suivants:

Tableau 19: Approvisionnement alimentaire (équivalent primaire des cultures) dans différents pays en 2000. FAO 2003

	Azote (kg/cap/a)	Phosphore (kg/cap/a)	Potassium (kg/cap/a)
Chine	3,5	0,4	1,3
Haïti	1,9	0,2	0,9
Inde	2,3	0,3	1,1
Afrique du Sud	3,0	0,3	1,2
Ouganda	2,2	0,3	1,0
Suède	4,0	0,4	1,0

Valeur de l'urine comme engrais

La valeur monétaire des nutriments contenus dans l'urine peut se calculer en déterminant l'équivalent d'engrais de synthèse des macronutriments de base (N, P, K) contenus dans l'urine multiplié par les prix d'engrais de synthèse locaux actuels. Pour rendre plus démonstratif et plus impressionnant l'illustration du potentiel de l'utilisation d'urine ce chiffre peut être multiplié par le nombre de membres du ménage ou même avec toute la population.

Valeur de l'augmentation de rendement pouvant être attribuée à l'utilisation d'urine

La valeur de la réutilisation de l'urine dans la production agricole est beaucoup plus élevée que la simple valeur des nutriments contenus dans l'urine. L'augmentation des rendements pouvant être attribuée à l'application d'urine riche en nutriments par rapport à une non-application

d'engrais peut plaider pour la réutilisation des ressources dans l'agriculture. Les données basées sur les essais locaux en champ le cas échéant.

RECOMMANDATIONS D'APPLICATION

Taux d'application

La quantité de l'urine à appliquer par campagne agricole. En raison de sa forte teneur en azote l'urine doit être appliquée à un taux correspondant aux besoins désirés en N pour la plante. Un point de départ pour estimer l'application d'urine se trouve dans les recommandations locales pour l'utilisation des engrais minéraux N commerciaux (engrais d'urée ou d'ammonium). Si ces recommandations spécifiques à la culture et à la région sont disponibles la quantité d'urine nécessaire peut alors être calculée en utilisant les données de la teneur en nutriments locaux respectifs urine. Une autre option est de calculer à partir du résultat la quantité d'urine nécessaire, à partir de la quantité estimée de nutriments absorbés par les produits à la récolte. Cependant, beaucoup de ces informations pourraient ne pas être disponibles, notamment au niveau des ménages de petite taille. Dans ce cas, il est recommandé de mener des expériences avant la mise en œuvre effective pour acquérir de premières expériences sur les niveaux d'application appropriés. La plupart des agriculteurs de toute façon vont vite avoir une idée de la quantité d'urine qui est nécessaire à une croissance optimale des plantes.

Dilution

L'urine peut être appliquée pure ou diluée avec de l'eau et des conseils devraient être fournis sur les taux de dilution appropriés (ou non-dilution, respectivement) en fonction des conditions locales. Il n'y a pas de recommandation standard pour la dilution/ non-dilution et les recommandations existantes varient considérablement en fonction des conditions locales. La dilution augmente le volume à épandre et donc augmente aussi la main d'œuvre, les frais de transport, le matériel nécessaire, etc., en particulier dans les systèmes à plus grande échelle. Les avantages de la dilution comprennent une réduction perceptible de l'odeur et un amoindrissement du risque d'application excessive, afin de ne pas être toxique pour les plantes. Les avantages et les inconvénients doivent être bien pesés. Les niveaux de dilution peuvent varier entre 1:15 (1 part d'urine pour 15 parts d'eau) et 1:1. Les taux de dilution les plus courants sont 1:3 ou 1:5. Cependant l'urine doit toujours être appliquée au taux correspondant au taux d'application désiré de N, tandis que l'eau supplémentaire doit être appliquée selon les besoins en eau des plantes.

Temps d'application

Les recommandations sur le moment et la fréquence selon lesquels l'urine devrait être appliquée devraient idéalement être données sous forme d'un programme facile à comprendre. Une bonne disponibilité des nutriments est particulièrement importante aux premiers stades de la culture. Une fois que la culture entre dans sa phase de reproduction, elle ne prend quasiment plus de nutriments. En règle générale, la fertilisation devrait s'arrêter après 2/3 à 3/4 du temps entre le semis et la récolte. Un temps d'attente d'un mois entre la fertilisation et la récolte devrait toujours être respecté. En ce qui concerne le risque de lessivage des nutriments en particulier dans les régions où il y a de fortes pluies pendant la saison agricole, des applications répétées d'urine peuvent être une assurance contre la perte de tous les nutriments en une seule précipitation. La quantité totale d'urine appliquée, et si celle-ci devrait être appliquée de préférence une ou plusieurs fois, dépend aussi du besoin en azote de la plante et de sa taille des racines. La taille des racines varie considérablement entre les différentes cultures et les plantes à racines non développées ou de petite taille (par exemple les carottes, les oignons et la laitue) peuvent bénéficier d'applications répétées d'urine.

Technique d'application

Des recommandations détaillées sur la façon dont l'urine devrait être appliquée devraient être faites. Pour un meilleur effet fertilisant et pour éviter les pertes d'ammoniac, l'urine devrait être incorporée dans le sol dès que possible après l'application, immédiatement si possible. Une incorporation superficielle suffit, et différentes méthodes sont possibles. La première consiste à appliquer l'urine dans de petits sillons qui sont recouverts après l'application. Le lessivage des nutriments dans le sol avec une application ultérieure d'eau est une autre option. Lors de l'épandage de l'urine, elle ne devrait pas être appliquée sur les feuilles ou autres parties des plantes, car cela peut causer des brûlures foliaires. La pulvérisation de l'urine dans l'air doit également être évitée en raison du risque de perte d'azote par les émissions de gaz d'ammoniac et le risque d'hygiène par les aérosols. L'irrigation goutte à goutte avec de l'urine est une autre technique d'application possible. Toutefois, lorsque l'on utilise cette technique, il convient de prendre des mesures pour éviter le colmatage des émetteurs. Certaines plantes (la tomate, par exemple) à leurs premiers stades sont sensibles au fait d'avoir leurs racines exposées à l'urine, tandis que pour de nombreuses cultures aucun effet négatif n'est perçu du tout. Par conséquent, avant que la sensibilité d'une culture soit connue, il est sage de ne pas exposer simultanément toutes les racines de la plante à l'urine, qu'elle soit pure ou diluée. Au lieu de cela, l'urine peut être appliquée soit avant

le semis/ la plantation ou à une telle distance des plantes que les nutriments soient à portée des racines. Pour les plantes annuelles, cette distance peut être d'environ 10 cm.

Application combinée

L'urine est une précieuse source de nutriments (en particulier en N), mais en raison de sa teneur comparativement élevée en N et de sa faible teneur en matière organique, il est souvent recommandé de compléter l'application d'urine avec des nutriments et d'autres sources de matière organique. La source la plus évidente qui peut être recommandée serait, bien sûr, les fèces séparées à la source en raison de leur forte teneur en matière organique et des fortes concentrations de P et K en supposant qu'elles soient acceptables pour les utilisateurs et que les risques pesant sur la santé associés puissent être pris en charge correctement. Une autre source de matière organique serait l'humus ou le compost qui pourrait être appliqué avant la période des semis. Si le besoin en P et K de la plante ne peut pas être satisfait avec de l'urine seule, une bonne solution complémentaire pourrait se trouver dans d'autres P et K riches en engrais minéraux.

GESTION DES RISQUES

Risques pesant sur la santé

Les risques pesant sur la santé associés à l'utilisation de l'urine humaine dans la production agricole sont généralement faibles. L'objectif d'un chapitre sur les risques sanitaires est de présenter une information crédible sur la façon de les minimiser lors de l'utilisation d'urine comme engrais. Les groupes qui sont potentiellement à risque comprennent le personnel de collecte et les ouvriers agricoles, les ménages, les communautés locales et les consommateurs du produit.

En ce qui concerne les autres substances contaminatrices contenues dans l'urine humaine (métaux lourds, hormones et produits pharmaceutiques) les risques éventuels pour la santé sont beaucoup plus faibles que ceux associés au système d'assainissement courant et le risque d'effet négatif sur la quantité et la qualité des cultures est négligeable.

Approche à barrières multiples de l'OMS

Dans les méthodes locales, il peut être pertinent de mentionner que l'OMS a présenté des lignes directrices internationales sur l'utilisation de l'urine en agriculture. Les «Directives de l'OMS pour une utilisation sûre des eaux usées, des excréta et une utilisation des eaux grises en agriculture et en aquaculture» (2006) font la promotion d'une approche à barrières multiples souple pour la gestion des risques pesant sur la santé associés à l'utilisation des excréta en agriculture. Ce concept comprend une série de mesures/ barrières des «toilettes à la table». Chacune des barrières a le potentiel de réduire les risques pesant sur la santé associés à l'utilisation des excréta et l'OMS recommande de mettre en place plusieurs de ces barrières, le cas échéant, afin de réduire le risque pesant sur la santé à un minimum acceptable. Les méthodes locales devraient ensuite présenter des barrières qui sont pertinentes pour le contexte local, voir le chapitre à la 1ère Partie. Pour de plus amples informations, consultez le site de l'OMS: http://www.who.int/water_sanitation_health.

Barrière I: Séparation à la source

La séparation à la source est une barrière efficace pour réduire les risques par rapport à un système de traitement des eaux usées combiné. Un des principaux objectifs de la collecte de l'urine est de minimiser la contamination fécale croisée.

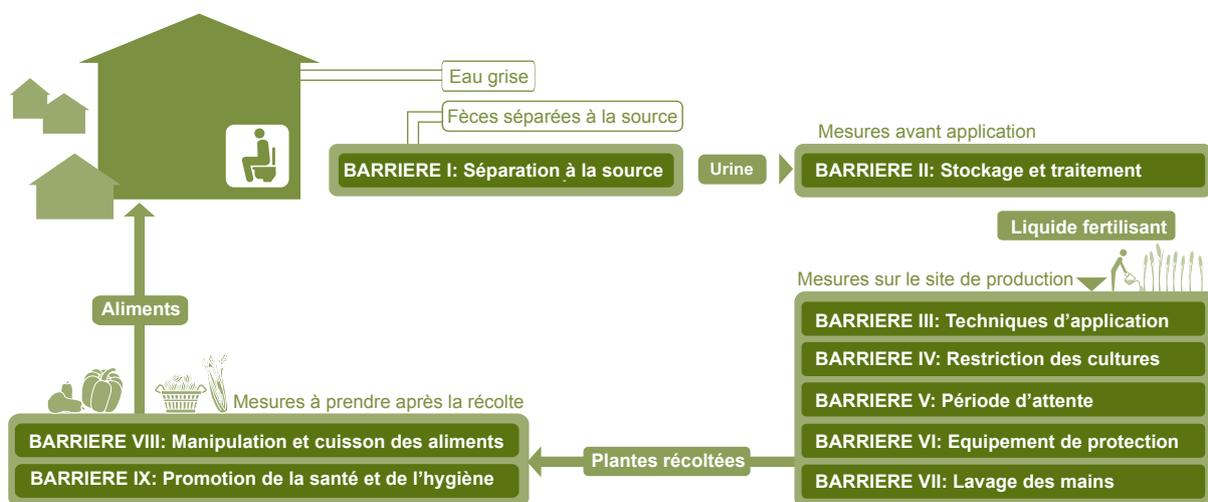


Figure 35: Approche de barrières multiples.

Barrière II: Stockage et traitement

Il est recommandé de traiter l'urine avant application afin de la décontaminer et réduire les risques microbiens pesant sur la santé. Un stockage à température ambiante est considéré comme une option de traitement viable. Les périodes de stockage recommandées varient selon le type de système. Ceci vaut également pour les climats froids, car la température est également un facteur déterminant dans la destruction des agents pathogènes. En règle générale: Plus long est le stockage, mieux c'est.

L'urine doit être stockée dans des récipients scellés afin d'éviter tout contact direct de l'urine avec les humains et les animaux. L'urine ne doit pas être diluée quand elle est stockée, afin de créer un environnement très dur pour les micro-organismes et accroître le taux de destruction des agents pathogènes.

Barrière III: Techniques d'application

Il est toujours recommandé d'appliquer l'urine proche du sol. Ceci réduit le contact direct avec les parties comestibles des plantes. Par exemple - ne pas appliquer l'urine avec un arrosoir sur les parties comestibles ou foliaire des légumes. L'urine devrait être incorporée dans le sol soit mécaniquement, soit par irrigation ultérieure avec de l'eau. Si l'urine est appliquée avant ou pendant le semis/ la plantation il se produira une autre destruction des agents pathogènes potentiels restants et donc une diminution du risque.

Barrière IV: Restriction relative aux cultures

Lorsque l'on utilise de l'urine traitée, aucune restriction particulière relative aux cultures ne doit être appliquée. Toutefois, comme élément de sécurité supplémentaire, l'utilisation de l'urine peut être limitée aux cultures non alimentaires (par exemple le coton), aux cultures qui sont transformées (le blé par exemple) ou cuites avant consommation (la pomme de terre par exemple) ainsi qu'aux cultures/ arbres qui permettent une distance minimale entre le sol et la partie récoltée de la culture. En général, on peut dire que plus le temps est long entre l'application et la récolte - moins c'est risqué. Ainsi pour les cultures à cycle de rotation rapide, comme les épinards, la salade et les radis, le risque sera plus élevé et un prétraitement sera préféré, mais dans le cas de l'ananas par exemple (cycle de rotation 1-2 ans) le risque provenant de l'urine est inexistant.

Barrière V: Délai d'attente

Un délai d'attente d'un mois entre la dernière application d'urine et la récolte est une barrière qui donne du temps aux agents pathogènes d'être détruits et c'est toujours recommandé.

Barrière VI: Équipement de protection

Bien qu'il n'y ait pas de risque élevé associé à l'urine traitée, il est si possible recommandé aux ouvriers agricoles de porter des vêtements de protections appropriés (gants et chaussures) comme barrière supplémentaire efficace pour réduire les risques potentiels pour la santé.

Barrière VII: Lavage des mains au savon après la manipulation de l'urine

Le lavage des mains avec du savon après avoir manipulé de l'urine peut être considéré comme une barrière supplémentaire dans le système. A l'évidence, il convient de respecter impérativement les recommandations de pratiques de santé et d'hygiène de base comme se laver les mains après utilisation des toilettes et avant les repas.

Barrière VIII: Manipulation et cuisson des aliments

Les récoltes doivent toujours être lavées avant consommation. La cuisson ou le pelage des fruits et légumes est une autre mesure efficace pour réduire considérablement les risques sanitaires associés (réduction des agents pathogènes entre 2-6 unités log).

Barrière IX: Promotion de la santé et de l'hygiène

Il convient d'organiser une éducation et une promotion efficace de l'hygiène afin de sensibiliser les producteurs locaux et les manipulateurs d'aliments (les marchés, restaurants, foyers, kiosques à nourriture) sur l'utilité et la manière de laver les produits fertilisés à l'urine.

Système de manipulation

Il convient de donner ici l'information sur les aspects des volets de collecte, de traitement et de transport du système d'assainissement utilisés localement.

Expériences de démonstration et stratégie de diffusion

Il convient de tirer et résumer les informations de l'expérience locale et du chapitre générique.

3^{ÈME} PARTIE • EXEMPLE DE LIGNE DIRECTRICE LOCALE

LIGNES DIRECTRICES POUR L'APPLICATION DE L'URINE ASSAINIE (TAKIN RUWA) DANS LES CONDITIONS AGRICOLES DU NIGER

Avril 2010

RESUME

1 Introduction

2 Objectif

3 Le potentiel de l'urine humaine comme engrais

- 3.1 Quantité d'engrais excrétés par l'homme
- 3.2 Les caractéristiques de l'urine comme engrais

4 Collection d'urine

5 Mode d'application de Takin Ruwa (urine assainie)

- 5.1 Matériel d'application
- 5.2 Application sur plantations espacées
- 5.3 Application sur plantations serrées
- 5.4 Arbres à fruits

6 Application d'urine assainie (Takin Ruwa) – périodes recommandées et doses pour différentes cultures

7 Mesures de sécurité

8 Bibliographie

Avant-propos

Ce guide a été réalisé dans le cadre du projet «Assainissement à des fins productives - Aguié» qui a été exécuté d'octobre 2008 à février 2010. Le projet a été financé principalement par le FIDA. Le CREPA, le PPILDA et le SEI ont été les partenaires de ce projet pendant la phase de mise en œuvre.

Ce guide a été élaboré par le professeur Moussa Baragé, consultant indépendant, en collaboration avec le SEI. Il se destine aux agents de vulgarisation de l'agriculture ainsi qu'aux autres personnes et organisations intéressées par les possibilités de réutilisation de l'urine humaine comme un engrais dans le contexte du Niger.



Figure 36: Urinoirs.

Différents urinoirs simples qui permettent la collecte d'urine. Les trois photos à gauche montrent le «Bidur» (« bidon d'urine »). Il est constitué d'un bidon, d'un entonnoir et d'une ampoule qui évite les odeurs et les pertes d'azote. L'urinoir peut être posé sur le sol ou enterré selon la préférence.



Figure 37: Latrines.

Au cours de la défécation, seule l'urine est canalisée vers le récipient (bidon) hors des toilettes. La séparation facilite le traitement et réduit les problèmes d'odeurs et de mouches dans les toilettes.

EXTRAITS DES LIGNES DIRECTRICES

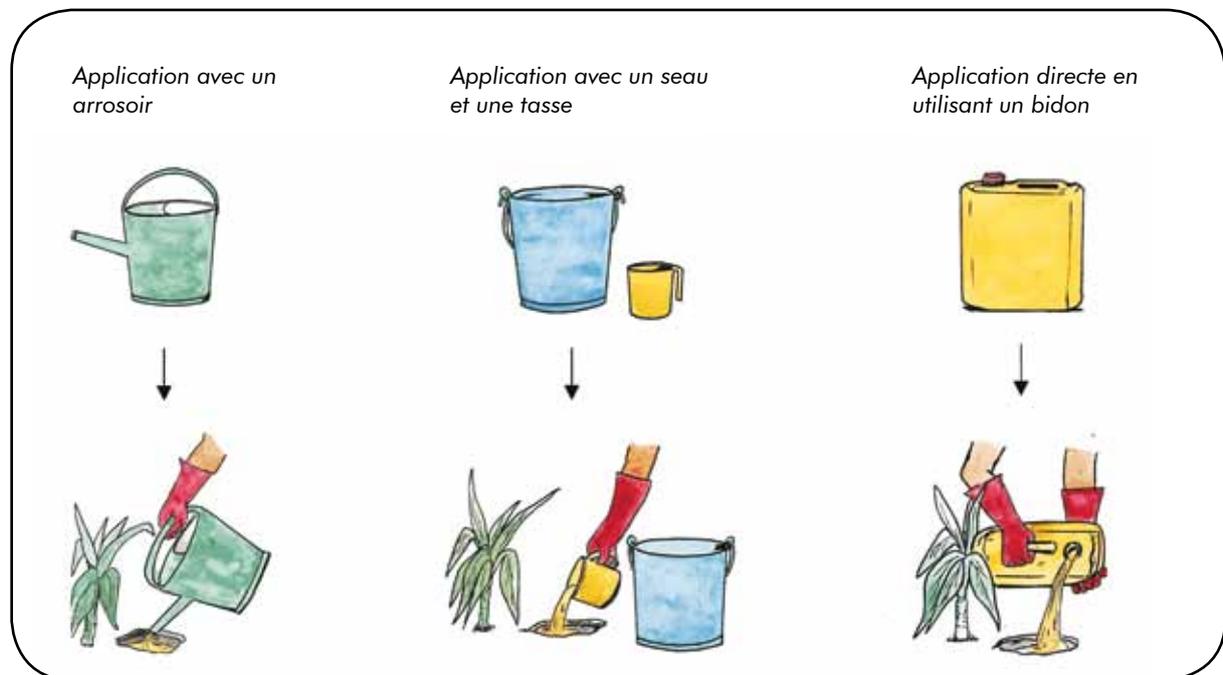
Collecte d'urine

L'urine est facile à recueillir soit des urinoirs (Figure 36) ou des latrines (Figure 37) qui permettent une séparation de l'urine et les fèces.

Méthode d'application du Takin Ruwa (urine assainie)

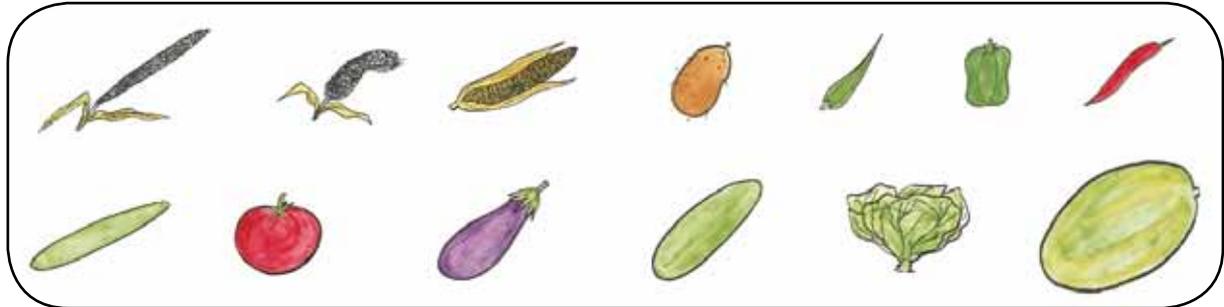
Technique d'application

On peut appliquer le Takin Ruwa avec un arrosoir, un seau ou directement à partir du bidon. Le métal se rouille facilement au contact de l'urine, et devrait être bien lavé après utilisation. Utilisez un récipient d'un volume connu pour faciliter l'application de la dose recommandée.

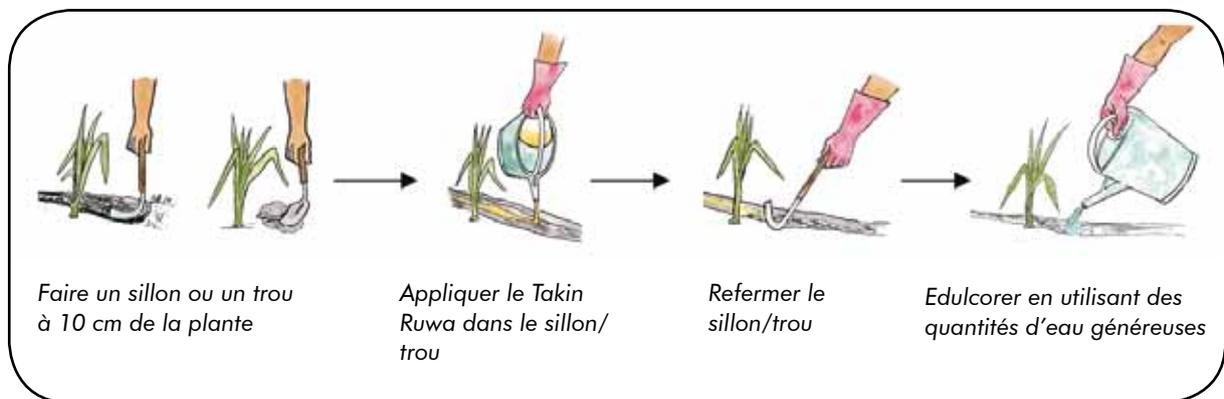


Application sur plantations espacées

Pour appliquer sur des plantes isolées, faire un sillon à côté ou autour de la plante ou tout simplement un trou à 10 cm environ de la plante. Appliquer le Takin Ruwa, et refermer le sillon ou le trou. L'application est suivie d'un arrosage pour éviter les effets de toxicité (option 1). L'alternative consiste à appliquer le Takin Ruwa après une bonne pluie (option 2).



Option 1. Application de Takin Ruwa suivie d'un arrosage abondant.



Faire un sillon ou un trou à 10 cm de la plante

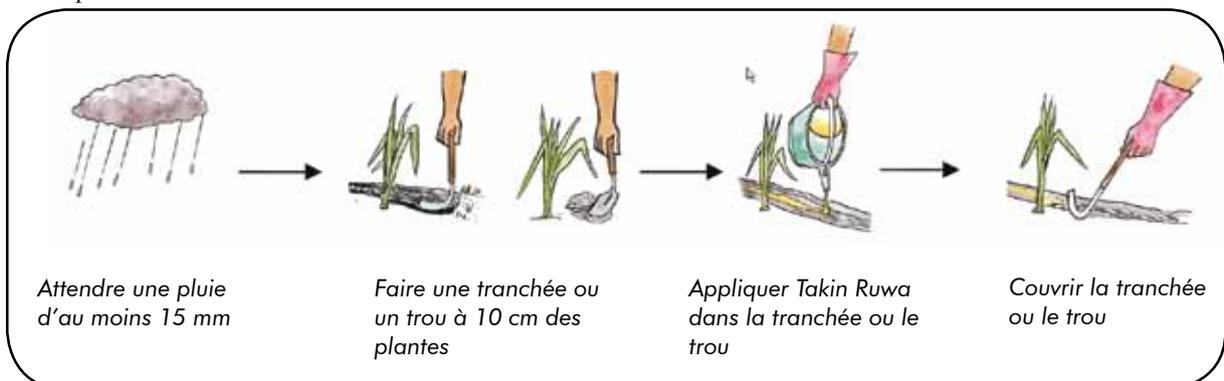
Appliquer le Takin Ruwa dans le sillon/trou

Refermer le sillon/trou

Edulcorer en utilisant des quantités d'eau généreuses

Option 2. Appliquer le Takin Ruwa après une bonne pluie.

Pour les plantes cultivées au cours de la saison des pluies (mil, sorgho, etc ...) les applications peuvent se faire après une bonne pluie d'au moins 15 mm



Attendre une pluie d'au moins 15 mm

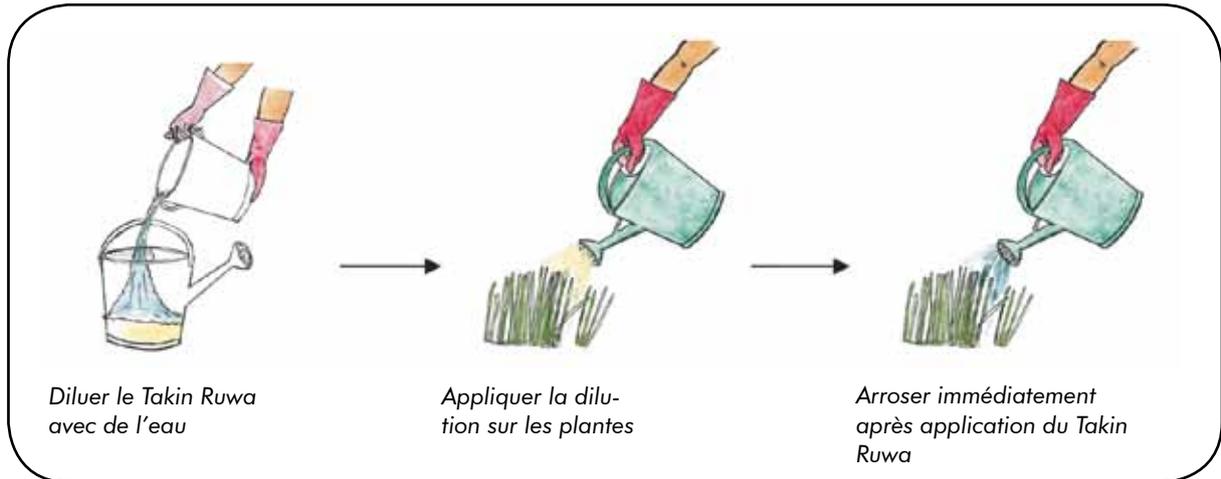
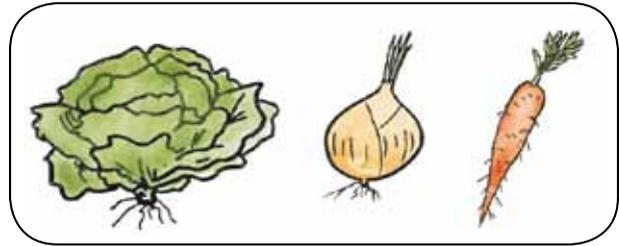
Faire une tranchée ou un trou à 10 cm des plantes

Appliquer Takin Ruwa dans la tranchée ou le trou

Couvrir la tranchée ou le trou

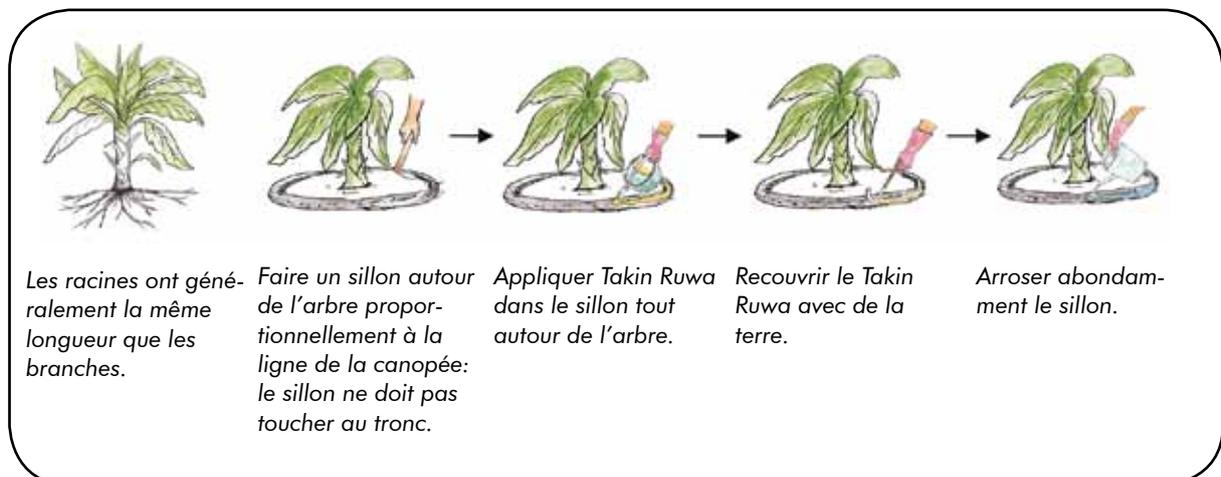
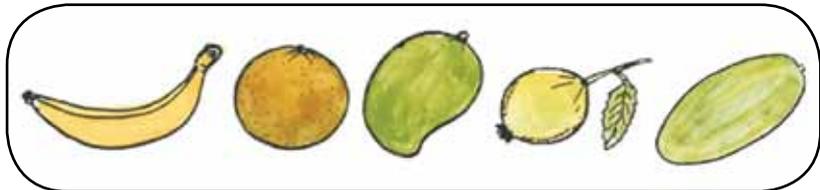
Application sur plantations serrées

Si possible faire des sillons quadratiques avec une houe, et appliquer le Takin Ruwa avant de refermer les sillons. Si les cultures sont très serrées, diluer le Takin Ruwa au moins de 200% (au moins deux volumes d'eau pour chaque volume de Takin Ruwa) et appliquer de manière uniforme immédiatement suivie d'un arrosage abondant des feuilles (voir les dessins).



Arbres fruitiers

Pour les arbres fruitiers, faire un sillon de 5-10cm de profondeur autour de l'arbre à partir de la distance de la ligne de canopée. La largeur du sillon peut être la moitié de la largeur de la canopée, mesurée depuis le bord vers le centre. Il convient de combiner l'application de Takin Ruwa avec une application de compost ou de fumier pour fournir assez d'oligo-éléments.



Application d'urine assainie (Takin Ruwa) - périodes et doses recommandées pour les différentes cultures

Les différentes doses et fractions présentées dans le tableau ci-dessous se basent sur les résultats obtenus de deux stations ainsi que les recommandations pour la fertilisation azotée au Niger, la concentration en azote du Takin Ruwa étant d'environ 4,5 gN/l (la teneur en P, K

et oligo-éléments est plus faible) et enfin les besoins en azote des plantes. Gardez à l'esprit cependant que le Takin Ruwa est principalement un engrais N à action rapide et devrait être complété par l'ajout de P et K ou d'un engrais organique de base. Ces recommandations de Takin Ruwa sont également préliminaires; la recherche en cours permettra d'enrichir ce guide technique.

Tableau 20: Périodes et doses d'urine assainie pour les différentes cultures.

Période d'application	Tomate	Aubergine	Poivron	Pomme de terre	Laitue	Oignon, Ail Gombo	Melon/Courge	Concombre	
Deux semaines après le semis ou la plantation	0,5 litre / plant	0,5 litre / plant	0,6 litre / plant	2,5 litres / m ²	Sols sablonneux: 1 litre / m ² Sols argileux: 0,7 litre / m ²	1 litre / m ²	0,5 litre / plant	0,5 litre / plant	0,5 litre / plant
Début de la floraison (3 semaines après la première application)	0,5 litre / plant	0,7 litre / plant	0,7 litre / plant	2,5 litres / m ² appliqués au début de la tubérisation (environ 4 semaines après la première application)	Sols sablonneux: 1 litre / m ² Sols argileux: 0,7 litre / m ² (2 semaines après la première application)	1,5 litres / m ² (au début de la formation de la bulbe, environ 4 semaines après la première application)	0,7 litre / plant	1 litre / plant	0,7 litre / plant
Au cours de la fructification (3 semaines après la 2 ^e application)	0,3 litre / plant	0,3 litre / plant	0,5 litre / plant			0,3 litre / plant	0,5 litre / plant	0,3 litre / plant	

(Tableau 20 Suite...) Périodes et doses d'urine assainie pour les différentes cultures.

Période d'application	Chou	Carotte	Millet	Sorgho	Mangue	Orange	Goyave	Papaye	Banane
Deux semaines après le semis ou la plantation	2 litres / m ²	1 litre / m ²	0,8 litre* / plant (début du tallage)	0,7 litre* / plant (début du tallage)	Engrais de croissance (arbre de 0-4 ans): appliquer 2 litres / arbre 4 fois par an. (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	Engrais de croissance (arbre de 0-4 ans): appliquer 1,5 litres/ arbre 4 fois par an. (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	Engrais de croissance (arbre de 0-2 ans): appliquer 1 litre/ arbre 4 fois par an. (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	3 litres/ arbre 1 mois après le semis	3 litres/ plant en couronne 1 mois après plantation
Début de la floraison (3 semaines après la première application)	2 litres / m ² (Début formation de la pomme)	1,25 litre / m ² (Début tubérisation)	0,7 litre* / plant (Fin moisson – début épiaison, soit 4 semaines après la 2ème application)	0,7 litre* / plant (Fin moisson – début épiaison, soit 4 semaines après la 2ème application)	Engrais de production (arbres > 4 ans): Appliquer 6 litres par arbre, 4 fois par an (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	Engrais de production (arbres > 4 ans): Appliquer 5 litres par arbre, 4 fois par an (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	Engrais de production (arbres > 2 ans): Appliquer 4 litres par arbre, 4 fois par an (début de la saison des pluies, pendant la saison des pluies, début de la saison froide et pendant la saison froide).	4 litres/ arbre 1,5 mois après la 1 ^{ère} application (NB: faire la même application pour le cycle de production suivant)	4 litres/ arbre 1,5 mois après la 1 ^{ère} application (NB: faire la même application pour le cycle de production suivant)
Au début de la fructification								4 litres/ arbre 1,5 mois après la 2 ^{ème} application	3 litres/ arbre 1,5 mois après la 2 ^{ème} application

*Les doses recommandées pour le mil et le sorgho se basent sur les résultats des premiers tests à Torodi. A Aguié la dose a été 0,5 litre, fractionnés à 0,25 litre par application. Ceci est conforme aux recommandations locales pour l'urée comme source d'azote.

RÉFÉRENCES

- ADB (1998) *Gender Guidelines in Water Supply and Sanitation*. Checklist. Asian Development Bank, Manila.
- Arroyo (2005) Organoponics - the Use of Human Urine in Composting. *RUAF Urban Agriculture Magazine 10* - Appropriate (Micro) Technologies for Urban Agriculture. <http://www.ruaf.org/sites/default/files/Organoponics.pdf>.
- Bernal, C.T., Bingham, F.T. and Orehi, J. (1974) Salt tolerance of Mexican wheat. II. Relation of Variable Sodium chloride and length of growing season. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 38: 777-780.
- Brady, Nyle C., Weil, Ray R. (1999) *The nature and properties of soils: twelfth edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Båth, B. (2003) *Field trials using human urine as fertilizer to leeks* (In Swedish). Manuscript, Department of Ecology and Plant Production Science, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden.
- Clark, G.A. (2003) *A test of the production of organically fertilised amaranth in Tehuixtla, Morelos, Mexico*. Manuscript available from esac@laneta.apc.org.
- Coulibaly, Chiaka. (2009) *Management of EcoSan System in Urban Areas: "EcoSan_UE Project Case Study" in four sectors of Ouagadougou, BF*. Presentation to the West Africa Regional Sanitation and Hygiene Symposium, Accra, Ghana, 10-12 November 2009.
- CSIR (2008) *Human Excreta and Food Security in South Africa*. Project report Nr 59P1039, Submitted to L Austin, CSIR – Built Environment, PO Box 395, Pretoria, South Africa, 0001.
- Dankelman, I. (2009). *Making Sustainable Sanitation Work for Women and Men. Integrating a Gender Perspective into Sanitation Initiatives*, eds. J. Muylwijk, C. Wendland and M. Samwel. Utrecht, Annemasse and Munich: WECF, Women in Europe for a Common Future).
- Drechsel, P., Giordano, M., Gyiele, L. (2004) *Valuing Nutrients in Soil and Water: Concepts and Techniques with Examples from IWMI Studies in the Developing World*. IWMI Research Report nr 82. International Water Management Institute, P O Box 2075, Colombo, Sri Lanka.
- FAO (2003) *FAOSTAT Nutrition data – Food Supply – Crops Primary Equivalent*. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=nutrition>, visited 2003-02-28.
- Ganrot, Z., Dave, G., Nilsson, E. (2007) Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology* 98, 3112-3121.
- Gao, X. Zh., Shen, T., Zheng, Y., Sun, X., Huang, S., Ren, Q., Zhang, X., Tian, Y. and Luan, G. (2002) *Practical manure handbook*. (In Chinese). Chinese Agriculture Publishing House. Beijing, China.
- Germer, J., Sauerborn, J., (2006) *Exploring the Potential for Recycling Nutrients from Waste Water to Enhance Agricultural Productivity - the Example of Valley View University in Accra, Ghana*. Presentation at the Tropentag 2006 - International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. University of Bonn, October 11-13.
- Guadarrama, R. O., Pichardo, N. A., Morales-Oliver, E. (2001) *Urine and Compost Efficiency Applied to Lettuce under Greenhouse Conditions in Temixco, Morales, Mexico*. In Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation 5-8 November 2001, Nanning, China.
- Hammer, M. and Clemens, J. (2007) A tool to evaluate the fertilizer value and the environmental impact of substrates from wastewater treatment. *Water Science and Technology* 56 (5): 201-209.
- Heberer, Th., Fuhrmann, B., Schmidt-Bäumler, K., Tsipi, D., Koutsuba, V., Hiskia, A. (2000) *Occurrence of Pharmaceutical Residues in Sewage, River, Ground and Drinking Water in Greece and Germany*. In Symposia Papers: Issues in the Analysis of Environmental Endocrine Disruptors.

- American Chemical Society, San Francisco March 26-30, 2000.
- Heinonen-Tanski, H., Sjöblom, A., Fabritius, H., Karinen, P. (2007) Pure human urine is a good fertilizer for cucumbers. *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 1, January 2007, Pages 214-217.
- Jeyabaskaran, K.J. (2010) *Utilization of human urine as liquid organic manure in banana cultivation*. National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli – 620 102 Tamil Nadu, India.
- Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C., Richert Stintzing, A. and Rodhe, L. (2001) *Urine separation – closing the nutrient cycle*. Stockholm Water Company. Stockholm, Sweden. Available at: http://www.swedenviro.se/gemensamma_se/documents/Urinese_eng.pdf.
- Jönsson, H. and Vinnerås, B. (2004) *Adapting the nutrient content of urine and faeces 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.
- Kirchmann, H. and Pettersson, S. (1995) Human urine – chemical composition and fertilizer efficiency. *Fertilizer Research* 40:149-154.
- Kvarnström, E., Emilsson, K., Richert Stintzing, A., Johansson, M., Jönsson, H., af Petersens, E., Schönning, C., Christensen, J., Hellström, D., Qvarnström, L., Ridderstolpe, P. and Drangert, J.-O. (2006) *Urine Diversion - One Step Towards Sustainable Sanitation*. Report 2006-1, EcoSanRes Programme, Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden, http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf.
- Larsen, T. A. and Lienert, J. (2007) *Novaquatis final report. NoMix – A new approach to urban water management*. Eawag, Dübendorf, Switzerland, www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/final_report_E.
- Magid, J. (2006) *Estrogen in the Environment*. In: *Blackwater systems – Nordic Inventory*. Full report in Swedish, English summary in Appendix 2. www.nmr.org.
- Marschner, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Second Edition.
- Mkeni, P.; Jimenez Cisneros, B.; Pasha, M.; Austin, L. (2006) *Use of Human Excreta from Urine Diversion Toilets in Food Gardens*. Agronomical and Health Aspects. Volume 3, Report to the Water Research Commission. WRC Report No 1439/3/06.
- Morgan, P. (2003) *Experiments using urine and humus derived from ecological toilets as a source of nutrients for growing crops*. Paper presented at 3rd World Water Forum 16-23 March 2003. Available at: <http://aquamor.tripod.com/KYOTO.htm>.
- Morgan, Peter. (2008) *Toilets that make compost*. http://www.ecosanres.org/toilets_that_make_compost.htm SEI 2008.
- von Münch and Winker (2009) *Technology Review - Urine diversion components: Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. Available at: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-urine-diversion.pdf>.
- Muskolus, A. (2008) *Anthropogenic plant nutrients as fertilizer*. PhD thesis, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany. URL: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/muskolus-andreas-2008-04-18/PDF/muskolus.pdf>.
- PUVeP (2008) *Philippine allotment garden manual with an introduction to ecological sanitation*. Periurban Vegetable Project (PUVeP), Xavier University College of Agriculture, Cagayan de Oro City, Philippines, <http://puvep.xu.edu.ph/publications.htm> or <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-philippine-allotment-garden-manual-2008.pdf>.
- Pradhan, K.S., Nerg, A., Sjöblom, A., Holopainen, J., Heinonen-Tanski, H. (2007) Use of Human Urine Fertilizer in Cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea*)—Impacts on Chemical, Microbial, and Flavor Quality *J. Agric. Food Chem.*, 55 (21), 8657-8663• DOI: 10.1021/jf0717891.

- Rodhe L., Richert Stintzing A. and Steineck S., (2004) 'Ammonia emissions after application of human urine to clay soil for barley growth'. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68:191-198.
- Schouw, N.L., Danteravanich, S., Mosbaeck, H., Tjell, J.C. (2002) Composition of human excreta—a case study from Southern Thailand. *The Science of the Total Environment* 286, 155–166.
- Schroeder, E. (2010) *Marketing human excreta, a study of possible ways to dispose of urine and faeces from slum settlements in Kampala, Uganda*. GTZ, Eschborn, Germany.
- Schönning, C. and Stenström, T.-A. (2004) *Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems*. EcoSanRes Publications Series, Report 2004-1, www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR1web.pdf.
- Simons J. and Clemens J. (2004) *The use of separated human urine as mineral fertilizer*, 595-600; in (eds.) Werner *et al.*: *ecosan-closing the loop*, 7.-11. April, 2003, Lübeck, Germany, ISBN 3-00-012791-7.
- Sridevi, G., Srinivasamurthy, C.A., Bhaskar, C., Viswanath, S. (2009) Evaluation of Source Separated Human Urine (ALW) as a Source of Nutrients for Banana Cultivation and Impact on Quality Parameter. *Journal of Agricultural and Biological Science* Vol. 4, No. 5, September 2009 ISSN 1990-6145 ARP.N.
- Sridevi, G., Srinivasamurthy, C. A., Bhaskar, S. and Viswanath, S. Studies on the effect of anthropogenic liquid waste (human urine) on soil properties, growth and yield of maize. *Crop Res.* 38 (1, 2 and 3) : 11-14 (2009). Department of Soil Sciences and Agricultural Chemistry University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore (Karnataka), India.
- Sundin, A. (1999) *Humane urine improves the growth of Swiss chard and soil fertility in Ethiopian urban agriculture*. Thesis and Seminar projects No 112, Department of Soil Science, Swedish University of Agricultural Sciences.
- SuSanA (2009) Working Group 12 Draft Fact Sheet: Integrating a gender perspective in sustainable sanitation, <http://www.susana.org/images/documents/05-working-groups/wg12/en-fact-sheet-wg12-gender-first-draft-2009-01-20.pdf>.
- Thorup-Kristensen, K. (2001) Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticulturae*. 563: 201-206.
- Tilley, *et al.*, (2008) *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec/publikationen/compendium_e/index_EN.
- WHO (2006) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater use in agriculture and aquaculture*. Socio cultural, environmental and economic Aspects.3 (7). World Health Organisation (Online access 2006-10-26). www.who.int/sites.
- Villa-Castorena, M., Ulery, A.L., Catalán-Valencia, E.A., Remmenga, M.D. (2003) Salinity and Nitrogen Rate Effects on the Growth and Yield of Cile Pepper Plants. *Soil Science Society of America Journal* 67:1781-1789. Soil Science Society of America.
- Winker, M. (2009) *Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to usage as fertilizer in agriculture*. PhD thesis, Technical University of Hamburg-Harburg, Institute of Wastewater Management and Water Protection, Germany, <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2009/557>.
- Vinnerås, B. and Jönsson, H. (2002) The potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household waste water. *Bioresource Technology* 84:3, 275-283.
- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmer, P. and Jönsson, H. (2006) The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste—A proposal for new Swedish design values. *Urban Water*, 3(1): 3-11.

SEI - Africa
Institute of Resource Assessment
University of Dar es Salaam
P.O. Box 35097, Dar es Salaam
Tanzania
Tel: +255-(0)766079061

SEI - Asia
15th Floor Withyakit Building
254 Chulalongkorn University
Chulalongkorn Soi 64
Phyathai Road Pathumwan
Bangkok 10330
Thailand
Tel: +(66) 22514415

SEI - Oxford
Suite 193
266 Banbury Road,
Oxford, OX2 7DL
UK
Tel: +44 1865 426316

SEI - Stockholm
Kräffriket 2B
SE -106 91 Stockholm
Sweden
Tel: +46 8 674 7070

SEI - Tallinn
Lai str 34,
10133, Tallinn,
Estonia
Tel: +372 6 276 100

SEI - U.S.
11 Curtis Avenue
Somerville, MA 02144
USA
Tel: +1 617 627-3786

SEI - York
University of York
Heslington
York YO10 5DD
UK
Tel: +44 1904 43 2897

The Stockholm Environment Institute

SEI est un institut de recherche international indépendant. L'institut est engagé dans les problématiques de politiques environnementales et de développement aux niveaux local, national, régional et global depuis plus d'un quart de siècle. SEI soutient les prises de décision pour le développement durable en rapprochant la science et la politique.

sei-international.org

ISBN 978-91-86125-37-0

