



ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE



Steve Esrey
Jean Gough
Dave Rapaport
Ron Sawyer
Mayling Simpson-Hébert
Jorge Vargas
Uno Winblad (ed)

© Agence suédoise Internationale pour le développement
Tous droits réservés

Publié par le

Département des Ressources Naturelles et de l'Environnement
Stockholm, Suède

Coordonnateur/rédacteur

Uno Winblad

Illustrations

Hans Martensson (1.2, 1.3, 2.3-2.7, 3.3-3.10, 3.15, 3.17-5.4)

Kjell Torstensson (3.1, 3.2, 3.11, 3.12)

Uno Winblad (1.1, 1.4, 2.1, 3.13, 3.16)

Couverture et photo

Uno Winblad

Traduction française

Pari Zarrabi

Mise en page de la version française:

A.M. Cavillon

Le document peut être librement cité, résumé, reproduit ou traduit, partiellement ou entièrement, sauf pour la vente ou pour un usage commercial quelqu'il soit. Pour toute utilisation de l'information présentée dans ce document, la source sera mentionnée de la façon suivante:

Esrey S *et al.* Assainissement écologique. Sida, Stockholm, 1998.

Ce document est le résultat d'une étude financée par la Sida, mais les opinions qui y sont exprimées sont la seule responsabilité des auteurs.

Première édition

ISBN 91 586 76 12 0

ASSAINISSEMENT ÉCOLOGIQUE

**Steve A Esrey
Jean Gough
Dave Rapaport
Ron Sawyer
Mayling Simpson-Hébert
Jorge Vargas
Uno Winblad (ed)**



**Agence Suédoise Internationale pour le Développement
Stockholm
1998**

REMERCIEMENTS

L'écriture de ce livre, est le résultat d'un travail d'équipe, et celle-ci comprenait un certain nombre de collègues dont les noms n'apparaissent pas sur la couverture. Nous saisissons cette opportunité pour adresser nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, au sein et autour de l'atelier SANRES, ont rendu ce livre possible.

Nos remerciements vont tout particulièrement à ceux qui ont participé aux ateliers SANRES et contribué au développement du concept de l'assainissement écologique. Toutes les personnes travaillant sur le terrain à la mise en œuvre des projets d'assainissement écologique dans les communautés du monde entier ont joué un rôle essentiel: César Añorves, George Anna Clark et Josefina Mena au Mexique, Armando Caceres et Kajsa de Asturias au Guatemala, Herberth Aparicio, Elton Membreño, Miguel Santamaria et Enrique Siliézar au Salvador, Edgar Flores en Equateur, Petra Forsström en Bolivie, David del Porto aux Etats Unis, Jember Teferra et Worede Yohannes en Ethiopie, Fuad Izadinia et Thabo Ramokgopa en Afrique du Sud, Paul Calvert en Inde, Nguyen Huy Nga, Bui Trong Chien et Duong Trong Phi au Viet Nam, Pan Shunchang, Wang Junqi et Xiao Jun en Chine et Saburo Matsui au Japon.

Nous remercions également les gouvernements et les agences officielles pour leur soutien et les facilités accordées pour mener nos activités de recherche, nos projets pilotes et nos ateliers : Per Engebak, Hans Spruijt, Mirjam Fernandes et Vathinee Jitjaturunt à l'UNICEF, Dennis Warner à l'OMS, Nguyen Van Thuong au Ministère de la Santé du Viet Nam et Su Juxiang, Dong Jicheng, et Xu Guihua au Ministère de la Santé de Chine.

L'ouvrage a bénéficié des commentaires, des ajouts et des révisions de nombreuses personnes, y compris David Addiss, Ingvar Andersson, Eric Arrhenius, Sten Ebbersten, Bengt Johansson, Les Roberts, Christine Moe, Janusz Niemczynowicz, Göran Sterky et Lennart Wohlgemuth. Nous sommes également reconnaissants à Eric Dudley, du Royaume Uni, pour sa collaboration dès le début de la rédaction de ce livre.

Enfin, nous sommes reconnaissants du soutien financier généreux de la SIDA et des contributions en espèces de l'OMS, de l'UNICEF et des Ministères de la Santé du Salvador, du Viet Nam et de la Chine.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

AVANT-PROPOS

1.	INTRODUCTION	1
1.1.	Le défi	1
1.2.	La perspective	4
1.3.	Les critères	5
1.4.	Le présent ouvrage	7
2.	ASSAINIR ET RECYCLER	8
2.1.	Assainir : comment les pathogènes sont détruits	8
2.2.	Recyclage: comment les nutriments retournent au sol	14
3.	ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE: PRATIQUES ANCIENNES ET IDEES NOUVELLES	20
3.1	Systèmes d'assainissement basés sur la déshydratation	20
3.2.	Les systèmes d'assainissement basés sur la dé composition (compostage)	32
4.	FAIRE FONCTIONNER L'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE	44
4.1.	Histoires d'avertissement	44
4.2.	Caractéristiques de conception et de gestion de l'éco-assainissement	51
4.3.	Eaux usées domestiques	59
4.4.	Choisir un système d'éco-assainissement	61
4.5.	Promotion et support aux familles et aux communautés	62
5.	UNE VISION D'AVENIR	73
5.1.	Une vision	73
5.2.	Avantages de l'assainissement écologique	75
	NOTES ET REFERENCES	82
	GLOSSAIRE	88
	INDEX	90

AVANT-PROPOS

Les deux technologies d'assainissement les plus communément utilisées aujourd'hui sont les toilettes à fosse et les toilettes à chasse d'eau. Les systèmes d'égout conventionnels dont le fonctionnement est basé sur l'eau ont prouvé leur incapacité à résoudre les besoins en assainissement dans les pays en développement. Ces systèmes sont trop onéreux pour être fournis à tous, et seules les zones d'habitation riches et moyennes sont normalement équipées de ces services. Environ 90% des effluents des villes des pays en développement sont aujourd'hui déversés dans l'environnement sans traitement préalable, polluant ainsi les rivières, les lacs et les zones côtières. Les toilettes à fosse ont également montré leurs limites, spécialement dans les zones à forte densité de population, avec des risques graves de contamination des eaux souterraines.

D'ici 20 ans, deux milliards d'individus supplémentaires vivront dans les villes et les cités, principalement dans les pays en développement, exigeant un assainissement sain. De plus, beaucoup de ces villes et cités à croissance rapide sont situées dans des régions arides et semi-arides où la pénurie réduit sévèrement le volume d'eau disponible.

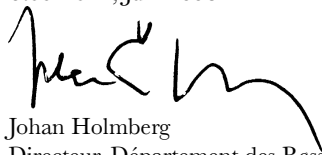
Dans une situation d'insécurité alimentaire, de réduction des sols fertiles, de hausse des prix des engrais sur les marchés mondiaux, il est nécessaire d'utiliser pour l'agriculture les nutriments disponibles, en particulier dans l'urine humaine, riche en azote et phosphates, ce qui augmenterait la productivité et réduirait les besoins en engrais chimiques.

Il est évident que cet énorme défi conduit à la nécessité de repenser le problème de l'assainissement, de relever le statut de ce problème et de trouver de nouvelles approches, ainsi que de nouvelles techniques et méthodes.

Ce livre propose une alternative à l'assainissement conventionnel appelé «assainissement écologique», basée sur une approche d'ensemble de l'écosystème et qui traite les urines et les fèces humaines comme des ressources de valeur à recycler. Il montre aussi que l'assainissement écologique n'est pas inconnu – des centaines de milliers de toilettes à déshydratation et à compostage sont en service dans le monde aujourd'hui, la plupart dans les zones rurales et les petites communautés. Ce dont nous avons besoin maintenant, est de développer les applications du concept d'assainissement écologique à grande échelle dans les zones urbaines des pays développés et en développement.

Cet ouvrage est basé sur un programme de recherche et de développement financé par la SIDA, et nous espérons qu'il contribuera au besoin urgent de repenser l'assainissement.

Stockholm, Juin 1998



Johan Holmberg
Directeur, Département des Ressources Naturelles et de l'Environnement

1. INTRODUCTION

1.1. Le défi

Dans de nombreuses cités, villes et zones rurales du monde aujourd'hui, les populations vivent et élèvent leurs enfants dans un environnement hautement pollué. Les zones urbaines et péri-urbaines des pays en développement figurent parmi les habitats les plus insalubres du monde. La plus grande partie de cette pollution, qui conduit à des taux élevés de maladies, de malnutrition et de décès, est due à l'absence de toilettes et à des services d'assainissement inadaptés. L'absence de services suffisants et appropriés est le résultat de nombreux facteurs, à savoir l'insuffisance des ressources financières, la pénurie d'eau potable, le manque d'espace, la difficulté des conditions géologiques et les capacités institutionnelles limitées. Tant que les villes s'étendront et que les populations augmenteront, la situation ne fera qu'empirer et le besoin de systèmes d'assainissement sains, durables et financièrement accessibles sera encore plus critique.

Les pratiques d'assainissement promues aujourd'hui sont de deux types «tout à l'égout» ou «stockage». Depuis des centaines d'années, le type «tout à l'égout» a été perçu comme la technologie idéale, particulièrement pour les zones urbaines. De nombreuses municipalités dans les pays en développement, souvent avec l'aide de bailleurs de fonds internationaux, ont essayé de copier ce modèle. Pour celles qui n'avaient pas accès à la technologie de l'évacuation par chasse d'eau, l'alternative classique est un moyen de stockage des excréments, habituellement une latrine, dans laquelle les excréments humains sont stockés pour une période indéfinie. La technologie du stockage est souvent perçue comme une solution primitive et temporaire par rapport à l'évacuation par chasse d'eau.

La plupart des villes du Tiers Monde n'ont pas les ressources nécessaires, en termes d'eau, de moyens financiers et de capacité institutionnelle, pour assurer un système de tout à l'égout. Au cours des années 2010, beaucoup de ces villes devront faire face à de sérieuses pénuries d'eau, menaçant la vie et la santé de leurs habitants. Globalement, quelques 80 pays représentant 40% de la population mondiale souffrent déjà de manque d'eau à certaines périodes de l'année¹. Des réductions chroniques de la quantité d'eau potable sont attendues d'ici la fin de la décennie dans de nombreux pays d'Afrique, du Moyen Orient, du Nord de la Chine, des régions de l'Inde et du Mexique, de l'ouest des Etats Unis, du Nord Est du Brésil et dans les Républiques ex-soviétiques d'Asie centrale. En Chine seulement, 300 villes doivent faire face à de sérieuses pénuries d'eau².

Le système de tout à l'égout peut fonctionner de façon satisfaisante et parvenir à une destruction significative des éléments pathogènes de l'eau. Cependant, dans le monde en développement, les eaux usées sont presque toujours déversées dans l'environnement sans traitement préalable³.

Globalement, l'évacuation des eaux usées à partir de systèmes centralisés de collecte des eaux forme la composante majeure de la pollution de l'eau, contribuant à une surcharge d'éléments polluants dans l'eau, à la génération d'algues toxiques (par exemple, les marées rouges) ce qui peut entraîner une réduction des activités

Encadré 1.1 – Système de tout à l'égout:

Sur une année, chaque individu évacue 400 à 500 litres d'urine et 50 litres d'excrétas dans 15 000 litres d'eau pure. S'y ajoutent, à travers un système de canalisations, les eaux usées de salles de bain, de cuisine et de lavage, souvent appelées « eaux grises». Ceci peut atteindre 15 000 à 30 000 litres par personne et par an. S'y ajoutent, en aval, les eaux de ruissellement des rues et des toits, ainsi que les eaux lourdement polluées des usines.

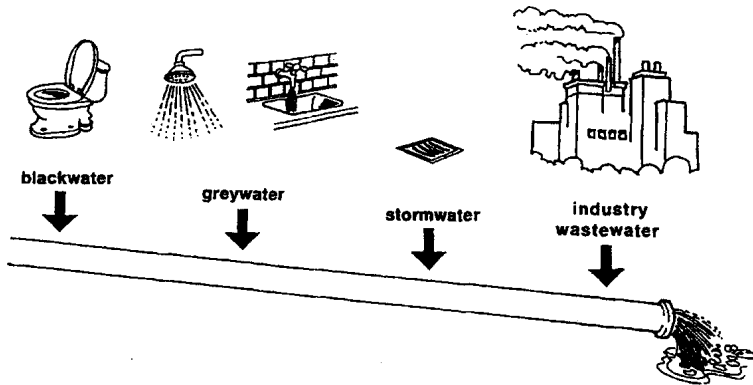


Fig. 1.1 - Dans un système de tout à l'égout, une quantité relativement faible de matière dangereuse - excréta humains - est capable de polluer une quantité importante d'eau. Dans la plupart des cas, ces eaux usées sont déversées dans les eaux de surface sans avoir subi aucun traitement.

Ainsi à chaque étape du processus de tout à l'égout, le problème est amplifié: le composant le plus dangereux – les 50 litres d'excrétas – est capable de contaminer non seulement l'urine relativement inoffensive, mais aussi une grande quantité d'eau pure utilisée dans les chasses d'eau et une quantité égale ou supérieure d'«eaux grises». A l'extrémité du système, est sensée se trouver une station de traitement, mais dans de nombreux cas il n'y en a pas: plus de 90% de toutes les eaux usées dans les pays du monde en développement sont déversées sans aucun traitement, en Amérique Latine ce chiffre s'élève à 98%⁵. Si un traitement est effectué, il ne fait que séparer l'eau des éléments qui lui ont été ajoutés.

touristiques dans certaines zones côtières⁴. Bien que de tels systèmes soient acceptables pour une grande majorité de personnes, ils ne sont pas simples et requièrent des capacités institutionnelles et des compétences techniques qui ne sont pas disponibles actuellement dans de nombreuses villes du Tiers Monde.

La plus grande partie de la croissance urbaine s'effectue dans des établissements informels où les municipalités ne souhaitent pas ou sont incapables de fournir des services tels qu'adductions d'eau, évacuation des eaux usées, drainage et ramassage des ordures. Un traitement efficace des eaux usées est si onéreux qu'il est rarement mis en pratique, particulièrement dans les centres urbains en rapide expansion des pays en développement. En conséquence, les ménages à revenus faibles s'en remettent à un type ou un autre de stockage des excréta pour répondre à leur besoins.

Encadré 1.2 Stockage des excréments

Le système d'assainissement le plus utilisé dans le monde, la latrine, est basé le stockage des excréments humains dans un conteneur pour une durée indéterminée. Nous appelons ce système «stockage».

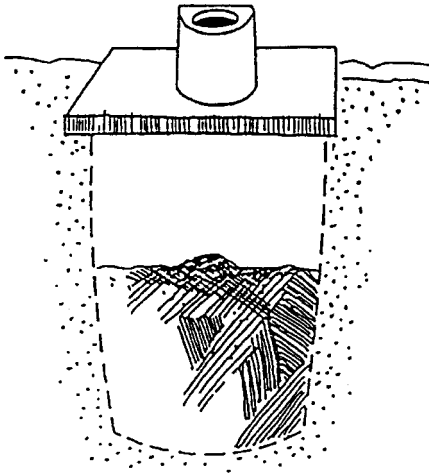


Figure 1.2 Les systèmes de stockage peuvent être simples et relativement bon marché, mais ils ont de nombreux désavantages. Souvent ils ne peuvent être utilisés du tout: par exemple dans les zones surpeuplées, sur des sols rocheux, là où le niveau de l'eau souterraine est élevé et dans les zones périodiquement inondées.

Le système du stockage exige un accès au sol, un espace disponible relativement important, un sol de nature à être creusé, un niveau d'eau souterraine bas et un site qui ne soit pas inondable. Aucune source d'eau n'est nécessaire pour son utilisation, la technologie est simple et n'importe quel matériel (papier, objets solides ou eau) peut être utilisé pour le nettoyage anal. Les inconvénients sont la contamination du sol et de la nappe d'eau, les mauvaises odeurs, la prolifération des mouches, l'effondrement de la fosse, la déstabilisation des maisons proches et le risque de débordement pendant une saison de fortes pluies. Bien qu'une simple latrine à fosse puisse être construite à très bas prix, une version améliorée, comme la latrine ventilée à fosse sèche, est relativement chère.

Bien que les technologies de stockage puissent prévenir la pollution de certains lieux, elles ne sont pas applicables aux zones urbaines en raison du manque d'espace pour creuser des fosses profondes, de l'état du sol, de la présence d'eaux souterraines, de la fragilité des fondations des maisons et des odeurs.

De plus, les nutriments et les germes pathogènes s'infiltrant des toilettes avec chasse d'eau, des latrines à fosse sèche et des fosses septiques sont la cause de contamination des nappes phréatiques et des eaux de surface partout dans le monde⁶.

Les responsables et les collectivités sont actuellement face à deux options : étendre les systèmes d'assainissement existants, avec toutes leurs limites et leurs contraintes, ou chercher des solutions complètement nouvelles. Les approches actuelles de l'assainissement ne sont ni viables ni adaptables à la grande majorité des populations; elles n'offrent pas non plus d'alternative de développement durable. Le présent ouvrage se propose de rechercher de nouvelles solutions à ces problèmes.

1.2. La perspective

L'assainissement, tel que nous l'envisageons dans cette étude est basé sur trois aspects fondamentaux: rendre les excréta humains sains, prévenir la pollution plutôt que d'essayer de lutter contre elle après qu'elle ait eu lieu, et utiliser les produits sains des excréta humains traités pour les activités agricoles. Cette approche peut être définie de la façon suivante «assainir et recycler».

Cette approche, que nous appelons «assainissement écologique» ou «éco-assainissement» est un cycle – un système durable, en boucle fermée (figure 1.3). Elle traite les excréta humains comme une ressource. Ceux-ci sont transformés sur place puis, si nécessaire, transformés ultérieurement ailleurs jusqu'à ce qu'ils soient exempts d'organismes pathogènes (chapitre 2.1.3). Les fertilisants contenus dans les excréta sont alors réutilisés pour l'agriculture.

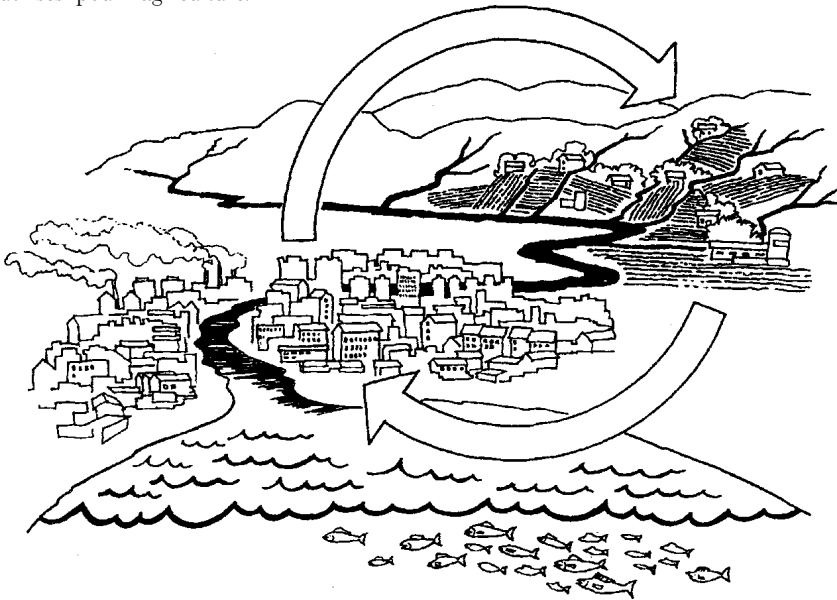


Figure 1.3 L'assainissement écologique reproduit le cycle naturel en ramenant les urines et fèces humains assainis vers le sol. Au lieu de polluer l'environnement, les urines et fèces humaines sont utilisées pour améliorer la structure du sol et l'approvisionner en nutriments.

Il est essentiel d'assainir les excréta humains avant de les récupérer et de les réutiliser. En général, l'urine est stérile, et la plus grande partie de la valeur fertilisante des excréta humains se trouve dans l'urine (chapitre 2). Dans ce livre nous développerons les trois manières de récupérer les ressources contenues dans l'urine – la dérivation, la séparation et la transformation combinée (section 4.2.1). On parle de dérivation lorsque l'urine est détournée des fèces – ils ne sont jamais mélangés, de séparation lorsque l'urine et les fèces sont mélangées, puis séparées. Enfin, dans la transformation combinée, les urines et les fèces sont mélangées, transformées ensemble et les valeurs de leurs ressources sont récupérées ensemble.

Les fèces humains, et non l'urine, sont responsables de la plupart des maladies répandues par les excréta humains. Ainsi, est-il nécessaire de trouver un moyen pour les assainir. Deux de ces méthodes sont discutées dans le présent ouvrage: la déshydratation et la décomposition. La déshydratation, ou séchage, des fèces est plus aisée si celles-ci ne sont pas mélangées avec l'urine et l'eau. Lorsque les fèces se décomposent, les divers organismes qui les composent meurent et sont réduits en éléments plus petits. Ainsi avec chacune des deux méthodes, les germes, œufs et autres éléments potentiellement pathogènes deviennent inoffensifs. C'est seulement alors que les fèces peuvent être récupérées et recyclées en toute sécurité. (Les termes «déshydratation» et «décomposition» indiquent simplement quelles conditions sont prédominantes, section 4.2.2).

Les caractéristiques clés de l'éco-assainissement sont la prévention de la pollution et de la maladie provoquée par les excréta humains, leur traitement en tant que ressource plutôt que déchet, et la transformation et le recyclage des nutriments. Dans la nature, les excréta provenant des humains et des animaux jouent un rôle essentiel dans la construction de sols sains et dans la production de nutriments utiles aux plantes. Les approches conventionnelles de l'assainissement perdent ces nutriments, s'en débarrassent et brisent le cycle.

Les critères nécessaires pour parvenir à une nouvelle vision sont simples, mais y parvenir exige une modification de ce que nous pensons de l'assainissement. Le défi posé par ce livre est d'offrir un système d'assainissement qui contribue à cette nouvelle vision, compte tenu des contraintes (chapitre 4) et des avantages (chapitre 5).

1.3. Les critères

L'assainissement est un déterminant clé à la fois de l'équité dans la société et de la capacité de la société à s'auto-gérer. Si nous ne parvenons pas à assumer le défi de l'assainissement décrit ci-dessus, nous ne serons pas capables de pourvoir aux besoins de la génération actuelle sans compromettre les ressources nécessaires aux générations futures. Ainsi, les approches de l'assainissement doivent-elles avoir à l'esprit la ressource plutôt que le déchet. De même, elles ne peuvent être équitables aussi longtemps que la moitié de la population mondiale ne dispose même pas d'un assainissement de base.

Un système d'assainissement qui tend vers ces buts (équité et société durable) doit satisfaire, ou au moins tendre à la satisfaction des critères suivants:

- **Prévention de la maladie:** un système d'assainissement doit être capable de détruire ou d'isoler les pathogènes d'origine fécale
- **Accessibilité:** un système d'assainissement doit être à la portée des populations les plus pauvres du monde
- **Protection de l'environnement:** un système d'assainissement doit empêcher la pollution, retourner les nutriments vers le sol, et protéger les ressources en eau
- **Acceptation:** un système d'assainissement doit respecter les valeurs culturelles et sociales
- **Simple:** un système d'assainissement doit être assez robuste pour être facilement entretenu dans les limites de la capacité technique, du cadre institutionnel et des ressources économiques locaux.

Une mise en œuvre réussie de l'éco-assainissement et l'application de ces critères exige une compréhension de l'assainissement en tant que système. Cela exige aussi que les composants du système soient considérés tous ensemble, pas seulement un ou deux composants, au moment de la conception et de la mise en pratique des systèmes d'assainissement. Les composants principaux de ce système sont la nature, la société, le processus et les dispositifs (figure 1.4).

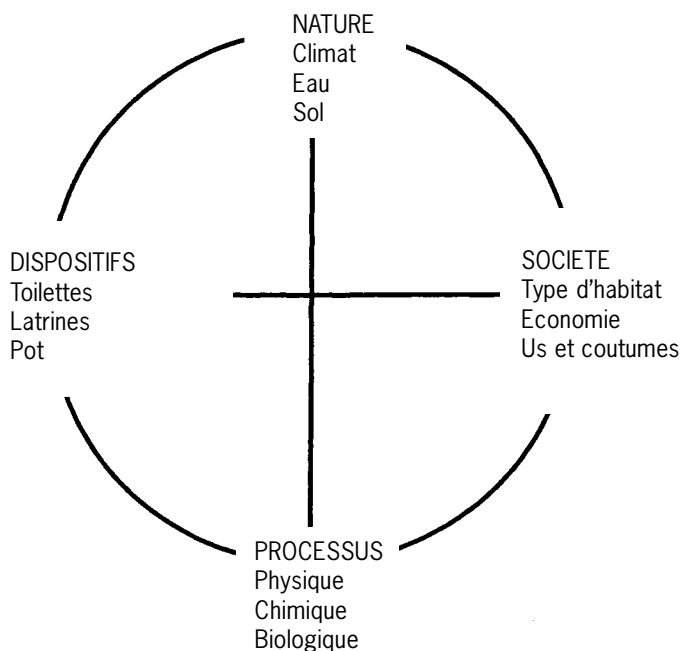


Figure 1.4 L'assainissement est un système dont les principaux composants sont la nature, la société, le processus et les dispositifs. Tous ces composants doivent être considérés ensemble.

- Les principales variables dépendant de la nature sont le climat (humidité, température), l'eau (quantité disponible, niveau de l'eau souterraine), et le sol (stabilité, perméabilité, aptitude à être creusé).
- La société inclut le type d'habitat (groupé/dispersé, pauvre/riche), les attitudes (fécophobes/fécophiles), habitudes (lavage/essuyage), les croyances et tabous liés aux excréta humains aussi bien qu'au statut économique de la communauté en question
- Par processus nous entendons les processus physique, chimique et biologique par lesquels les excréta humains sont transformés en produits non dangereux, inoffensifs et utilisables. Dans ce livre nous discutons de deux processus de ce type: la déshydratation et la décomposition
- Par dispositif nous entendons structures construites sur place et destinées spécifiquement à la défécation et à la miction.

Les principes sous-tendant l'éco-assainissement ne sont pas nouveaux. Dans les différentes cultures, les systèmes d'assainissement basés sur les principes écologiques

sont utilisés depuis des centaines d'années. Les systèmes d'éco-assainissement sont encore largement utilisés dans certaines parties de l'Asie de l'Est et du Sud-Est. Dans les pays occidentaux, cette option a été largement abandonnée au profit des systèmes de tout à l'égout, mais au cours des dernières années nous avons assisté à un regain d'intérêt pour l'assainissement écologique.

Appliquer les critères ci-dessus et développer et mettre en oeuvre une approche systémique de l'assainissement exige un changement dans notre manière de penser. Nous devons passer de l'approche basée sur la destruction des ordures à une approche ayant pour but une «décharge zéro» et le recyclage. En agissant ainsi, nous protégeons les ressources en eau potable.

1.4. Le présent ouvrage

Qu'y a-t-il alors de nouveau dans ce livre ? Notre ouvrage aborde trois domaines importants:

1. Il relie les moyens d'assainissement à l'assainissement en tant que système. Le livre examine de manière critique les avantages et les défauts des diverses technologies d'assainissement sous différentes conditions physiques et culturelles
2. Il systématise les expériences menées dans divers endroits du monde dans une approche simple et cohérente qui satisfasse aux standards de l'éco-assainissement. En mettant à jour les principes communs qui les sous-tendent, l'ouvrage fournit un nouveau cadre conceptuel à de nombreuses initiatives dispersées en matière d'assainissement.
3. Il décrit comment procéder avec de tels systèmes et ce qu'il faut considérer dans le développement et l'exécution des approches de l'éco-assainissement.

Ce livre n'est ni un manuel technique ni un ouvrage politique bien qu'il tienne compte des aspects techniques et politiques. Il s'agit plutôt d'une discussion très pratique des options disponibles. Le concept de l'éco-assainissement s'applique particulièrement aux villes dont les ressources en eau, en espace et financières sont limitées. Mais il ne doit pas pour autant être considéré seulement comme une solution de second ordre destinée aux populations pauvres. Les options de l'éco-assainissement sont applicables à un large éventail de conditions socio-économiques, comme le montre le chapitre 3.

Ce livre est destiné à tous ceux qui partagent la volonté d'explorer de nouvelles voies pour s'attaquer aux problèmes d'assainissement urbain :

- Les autorités municipales qui veulent des services urbains de haute qualité, mais qui n'ont pas le budget nécessaire pour faire face aux demandes croissantes.
- Les décideurs des communautés rurales et des collectivités cherchant à améliorer les conditions de vie à travers l'organisation locale, la prise de conscience, environnementale et une gouvernance plus démocratique.
- Les entrepreneurs privés à la recherche d'idées commerciales viables.
- Les institutions internationales promouvant les interventions durables du double point de vue de l'environnement et des ressources financières.
- Les étudiants, ingénieurs et praticiens qui veulent tester et à plus long terme développer l'assainissement écologique.

2. ASSAINIR ET RECYCLER

2.1. Assainir: comment les pathogènes sont détruits

Le premier et le plus important des critères de l'assainissement écologique, et de toutes les approches sur l'assainissement, est que le système constitue une barrière contre l'extension des maladies causées par les éléments vivants malfaisants (pathogènes) présents dans les excréta humains. Nous discuterons, dans ce chapitre, des relations entre assainissement et maladies et des divers moyens de destruction des pathogènes. Notre conclusion est que les méthodes sèches, particulièrement celles qui sont basées sur la déshydratation, semblent détruire les pathogènes beaucoup plus efficacement que les autres méthodes utilisées communément. Ceci est particulièrement vrai pour les pathogènes qui ont la plus longue durée de vie.

2.1.1 Les maladies liées à l'absence d'assainissement

Les excréta humains contiennent des germes, des œufs et autres organismes vivants. Certains d'entre eux provoquent des maladies et sont appelés pathogènes. Certains organismes vivant aux dépens de l'homme sont appelés parasites. La majorité d'entre eux se trouvent dans les fèces. L'urine est en général stérile et ne constitue un danger que dans certains cas¹. Les pathogènes les plus importants existant dans l'urine peuvent provoquer la typhoïde, la paratyphoïde et la bilharziose. L'urine est la source principale de l'extension de la bilharziose. Les fèces sont la source principale des pathogènes responsables de la typhoïde et la paratyphoïde même si on les trouve dans les urines.

Les germes pathogènes et les parasites présents dans les excréta humains peuvent provoquer une grande variété de maladies, y compris les diarrhées et la malnutrition. Une croissance faible, une déficience en fer, en vitamine A et autres carences en oligo-éléments peuvent aussi se manifester, avec des effets qui peuvent durer toute une vie. Tous les germes pathogènes et les parasites ne sont pas mortels, mais l'affaiblissement continu dû aux maladies et à la malnutrition prédisposent les populations à être constamment malades, fragiles et les amènent à la mort par d'autres causes.

Dans les fèces frais, il y a quatre groupes principaux d'organismes représentant un danger pour les humains: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes. Une fois que ces organismes excrétés:

- Ils peuvent être immédiatement infectieux
- Ils peuvent avoir besoin d'un certain laps de temps hors du corps pour devenir infectieux; ou
- Ils peuvent avoir besoin d'un hôte intermédiaire pour devenir infectieux.

Les bactéries et les virus sont immédiatement infectieux une fois excrétés. Les protozoaires sont d'abord excrétés sous forme de kystes, et peuvent être immédiatement infectieux ou avoir besoin d'un certain laps de temps hors du corps. Les œufs d'helminthes, dont un nombre important est résistant aux conditions environnementales, doivent passer une certaine période hors du corps. Quelques parasites, comme la bilharziose, requièrent aussi un hôte intermédiaire avant de devenir infectieux.

Lorsqu'une personne excrète un pathogène qui n'est pas maîtrisé ou détruit, l'environnement est contaminé. Une fois que les excréta humains accèdent à un environnement plus vaste (figure 2.1), ils peuvent contaminer les doigts (les mains, les vêtements et les ustensiles), les liquides (par exemple l'eau de boisson et de cuisine, les boissons et autres liquides corporels), les champs (par exemple les végétaux et les cours des habitations) et les mouches (par exemple les mouches communes, les mouches à viande, les animaux domestiques et les limaces).

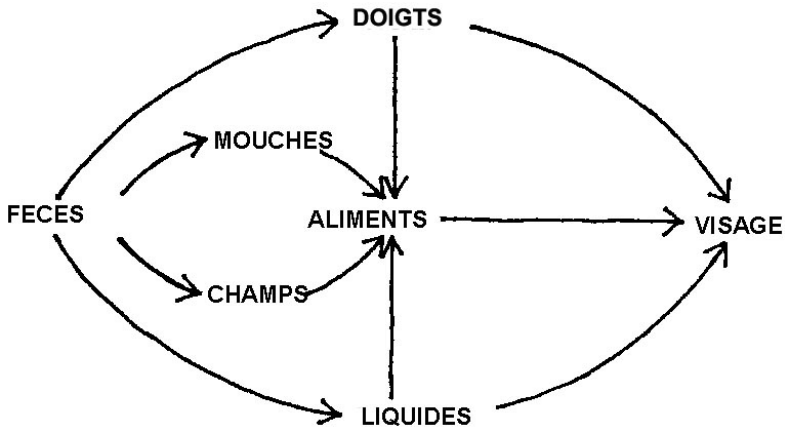


Figure 2.1 Le diagramme F résume les principales voies de contamination de la diarrhée: des pathogènes fécaux contaminent les doigts, les mouches, les champs, la nourriture et les liquides et sont finalement avalés.

Les populations peuvent être exposées aux pathogènes et parasites directement par ces voies ou par l'intermédiaire de la nourriture.

Un environnement contaminé expose la population aux pathogènes conduisant à l'infection et à la maladie. Les personnes nouvellement infectées excrètent alors dans l'environnement et s'établit ainsi un cycle répétitif d'infection – contamination – infection.

La dissémination des pathogènes peut être réduite ou arrêtée en utilisant des barrières les empêchant de passer d'un lieu – tel que le sol – à un autre (doigts, nourriture et/ou eau, voir figure 2.2). Une barrière primaire empêcherait le contact des fèces avec les doigts, les mouches, les liquides, les champs et les nourritures; elle préviendrait la dissémination des pathogènes. Cependant, si les pathogènes parviennent à accéder aux doigts, à la nourriture, etc..., des barrières secondaires (par exemple: lavage des mains, cuisson de la nourriture) doivent être mises en place pour empêcher l'exposition. Dans ce chapitre, nous argumenterons sur le fait qu'un système sec basé sur des principes d'éco-assainissement peut être une barrière primaire efficace.

Lorsque les excréta quittent le corps et avant qu'ils n'atteignent un environnement plus vaste, il existe plusieurs manières de prévenir la dissémination des pathogènes. L'approche traditionnelle est de l'évacuer à grande eau (évacuation par chasse d'eau) ou de le garder dans une fosse profonde (stockage) comme il a été décrit dans le premier chapitre.

Ces méthodes d'évacuation nous conduisent à penser que la contamination environnementale peut ainsi être empêchée. Cependant, il s'agit là d'une fausse croyance car avec le temps le contenu d'une fosse peut fuir dans les eaux souterraines ou être entraîné par de grosses pluies.

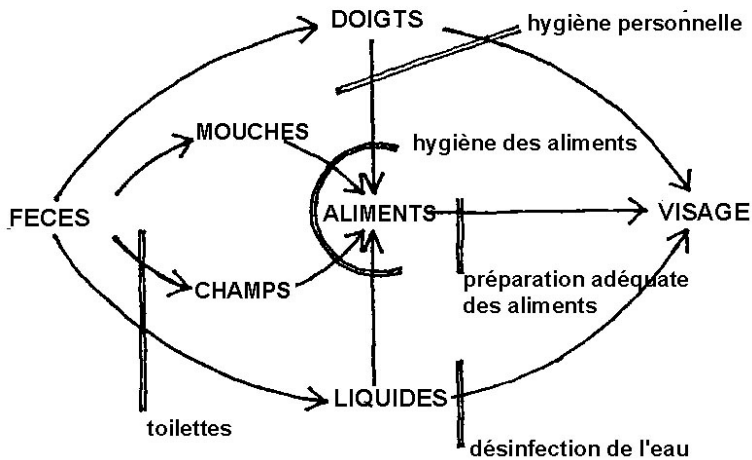


Figure 2.2 Une série de barrières est nécessaire pour empêcher la dissémination des pathogènes

Dans le système d'évacuation par chasse d'eau, les eaux d'égout peuvent être traitées de manière adéquate et rendues saines avant d'être déversées ; mais dans la plupart des cas elles sont déversées sans aucun traitement, ou partiellement traitées². Dans les deux cas, le problème de pollution survient en aval.

Une autre manière de briser le cycle est de traiter les personnes atteintes de maladies. Par exemple, un enfant atteint de diarrhée reçoit des sels de réhydratation orale (SRO) ou un antibiotique. Normalement, la maladie guérira ou s'éliminera d'elle-même. Cependant la personne infectée excrétera les pathogènes dans l'environnement jusqu'à ce que le traitement fasse effet et les excréments de pathogènes peuvent continuer, pour quelques maladies, même après que les symptômes aient disparus. Le développement rapide de souches de maladies infectieuses résistantes au médicament accroît la nécessité de la prévention de préférence au traitement³.

Pour interrompre le cercle vicieux de l'infection et de la ré-infection, nous devons prendre les mesures préventives là où le problème commence - nous devons dès le départ empêcher les pathogènes de gagner l'environnement. Les populations excrètent les pathogènes pendant un certain temps, passant du quotidien à la semaine ou même aux mois. Dans certaines communautés, une grande proportion de personnes excrètera différents pathogènes pendant la même période. Nous devons trouver une manière de détruire les pathogènes excrétés ou de prévenir leur accès à l'environnement. La réponse est soit de conserver les éléments pathogènes en lieu sûr, soit de les rendre rapidement inoffensifs. En pratique, nous avons besoin d'une combinaison des deux : stockage en lieu sûr et destruction rapide.

2.1.2 Comment les pathogènes meurent

Un grand nombre de pathogènes ou d'œufs de parasites sont excrétés dans les fèces, et plusieurs milliers, voire des millions sont excrétés à chaque fois. Cependant, après leur excréation dans l'environnement, tous les pathogènes meurent finalement ou deviennent incapables de provoquer une maladie. Certains organismes restent vivants et capables de causer des maladies plus longtemps que d'autres du même type.

On nomme le temps nécessaire pour que tous les organismes de même type meurent, le taux de disparition. Ce taux varie pour chaque pathogène. La salmonelle et quelques autres bactéries, dont le nombre peut temporairement s'accroître hors du corps, constituent deux exceptions; les œufs produits par ces vers de parasites se trouvent à des degrés divers de développement. Le nombre des œufs de la plupart des vers n'augmentent pas, mais meurent dans un délai plus long que d'autres types de pathogènes.

Certaines conditions environnementales (voir tableau 2.1) accélèrent ou ralentissent le temps nécessaire à un germe pathogène pour mourir, compte tenu des caractéristiques ou du niveau de leur condition. Les conditions les plus importantes pour la disparition des germes pathogènes sont: la température, l'humidité, les éléments nutritifs, les autres organismes présents, le rayonnement solaire et le pH. Chacune des conditions peut varier naturellement (par exemple saisons sèches et saisons humides) ou artificiellement (par exemple utilisation de chaux). Ceci signifie que le temps pris par un pathogène pour mourir peut être augmenté ou ralenti par rapport au taux moyen de disparition. En général, dans des conditions naturelles, plus est important le nombre d'organismes susceptible de provoquer des maladies, plus long est le temps nécessaire pour qu'ils meurent.

<i>Tableau 2.1 Conditions environnementales accélérant la disparition des germes pathogènes⁴</i>	
Facteurs environnementaux	Moyen
Température	Accroissement des températures
Humidité	Réduction de l'humidité
Nutriments (matière organique)	Diminution des nutriments
Microorganismes (incluant les autres germes pathogènes)	Diminution des organismes
Rayonnement solaire	Augmentation du rayonnement solaire
pH	Augmentation du pH

Chacune des conditions environnementales ci-dessus favorise la survie des germes pathogènes. Dès que la nature ou l'homme modifie ces conditions, le taux de disparition des germes pathogènes se modifie aussi. Par exemple, lorsque les températures augmentent, les germes pathogènes commencent à mourir à un taux très rapide; 99% des coliformes fécaux (bactéries existant largement dans les fèces) présents sur le sol meurent en deux semaines en été (saison chaude) et trois semaines en hiver (saison froide). Une température au-dessus de 60°C provoquera la destruction presque instantanée de la plupart des germes pathogènes excrétés dans les fèces. Les températures comprises entre 50 et 60°C stoppent la prolifération des bactéries et entraînent la destruction en quelques minutes, en général environ 30 minutes, parfois moins, de la plupart des pathogènes. Ces températures peuvent être atteintes selon diverses méthodes (par exemple, compostage à haute température). En modifiant plus d'un facteur en même temps, la disparition des germes pathogènes peut survenir plus rapidement. Par exemple, la réduction de l'humidité et l'augmentation de la température peuvent provoquer, ensemble, la disparition plus rapide des germes pathogènes que si un seul des facteurs avait été modifié.

Tous les germes pathogènes sont affectés par les conditions environnementales. Cependant, les germes pathogènes ont différents rythmes de disparition lorsqu'ils sont soumis à des méthodes d'évacuation et de traitement⁵.

Les bactéries, virus et protozoaires mettent en général plusieurs mois pour mourir, parfois moins (tableau 2.2). les œufs d'helminthes survivent plusieurs mois, et les œufs des espèces *Ascaris* peuvent survivre plusieurs années. Parmi les méthodes pour la destruction des germes pathogènes, le compostage à haute température est la plus appropriée pour détruire la plupart des germes le plus rapidement possible. En réalité, il est difficile d'atteindre les conditions optimales dans la mesure où certaines parties du tas de compost peuvent ne pas atteindre la température requise, et où, en conséquence, quelques germes pathogènes peuvent survivre. Les bassins de stabilisation sont efficaces pour la destruction des protozoaires et des helminthes, mais il est possible que des bactéries et des virus soient encore présents dans le produit final.

Tableau 2.2 Temps de survie des germes pathogènes en termes de jour selon différentes conditions de destruction/traitement				
Conditions	Bactéries	Virus	Protozoaires*	Helminthes **
Sol	400	175	10	Nombreux mois
Récoltes	50	60	Inconnu	Inconnu
Vidanges, fèces, vase 20–30° C	90	100	30	Nombreux mois
Compostage anaérobie à température ambiante	60	60	30	Nombreux mois
Compostage thermophile 50–60°C maintenu plusieurs jours	7	7	7	7
Bassins de stabilisation temps de rétention >20 jours	20	20	20	20
* excluant le <i>Cryptosporidium parvum</i> ** surtout les <i>Ascaris</i> ; les œufs des autres parasites tendent à mourir plus rapidement				

On estime généralement que si les germes de pathogènes les plus résistants sont effectivement détruits, les autres germes pathogènes le seront également. Deux germes pathogènes remplissant ces critères (très répandus et résistants à la destruction) sont *Ascaris lumbricoides* (le ver rond commun) et le *Cryptosporidium parvum* (un type de parasite, de la famille des protozoaires, qui provoque des diarrhées). *A. lumbricoides* se trouve partout dans le monde. On estime qu'environ 20% de la population mondiale est infestée⁶. La prévalence de *C. parvum* est plus difficile à estimer mais il a été identifié dans les échantillons de selles dans plus de 50 pays dans le monde⁷. Les deux germes pathogènes touchent davantage les enfants que les adultes. Les deux infections conduisent à la malnutrition, et si elles sont suffisamment sévères, à la mort.

Les kystes de *Cryptosporidium parvum*, la forme excrétée de protozoaire, sont très résistants à la destruction. Ils peuvent mieux survivre que les *Ascaris*, même dans des conditions environnementales hostiles, tel que le gel, les hautes températures, et le traitement de l'eau au chlore et à l'ozone⁸.

Cependant, la déshydratation détruit le *C. parvum*. Les tests ont montré qu'après seulement deux heures de séchage à température normale, 97% des kystes sont tués. Après 4 heures de séchage, tous les kystes sont détruits⁹.

Le temps de survie des œufs d'*Ascaris* peut être très long, mais le taux de disparition varie considérablement selon les conditions. Les taux de disparition dans le sol sont

accélérés par la sécheresse et la luminosité. Dans les sols sablonneux, ensoleillés, les œufs d'*Ascaris* meurent dans les deux semaines. Dans les sols frais, humides, ombragés, les œufs d'*Ascaris* peuvent survivre pendant des années. Après plusieurs semaines, plus de 95% des œufs d'*Ascaris* seront encore vivants (capables de causer des infections) dans des sols gras, argileux ou contenant de l'humus. Les œufs survivront plus longtemps s'ils sont sous une fine couche de terre, plutôt qu'à la surface du sol.

De nombreuses études ont été faites sur la survie des œufs d'*Ascaris* dans les différents systèmes de traitement. Les méthodes les plus efficaces pour détruire les œufs sont le séchage et la chaleur. Par exemple, au Guatemala, où l'infection par *Ascaris* est présente chez près de 50% de la population, des milliers d'œufs par gramme (opg) de fèces ont été trouvés à l'intérieur des toilettes «Lasf» (voir chapitre 3.1.2 pour les détails sur le Lasf). Le stockage et la déshydratation dans le processus des toilettes à fosse réduit le nombre d'œufs à zéro après six mois supplémentaires de séchage au soleil¹⁰.

Les procédés conventionnels de traitement de boues stabilisées (par exemple la digestion anaérobie à 20-25°C) n'est pas très efficace pour la destruction des œufs d'*Ascaris*, mais l'utilisation de lits de boues de façon fort logique, l'est¹¹.

2.1.3 Diverses étapes pour la destruction des germes pathogènes

Les méthodes de traitement des fèces par séchage sont plus efficaces pour la destruction des germes pathogènes que les méthodes humides (évacuation par chasse d'eau). La combinaison faible humidité, petite quantité de matières/nutriments organiques, et d'un pH élevé permet la destruction la plus rapide. La méthode la plus efficace pour la destruction des germes pathogènes semble être la déshydratation.

Les méthodes humides d'évacuation, comme l'évacuation par chasse d'eau, ne sont pas particulièrement efficaces dans la destruction des germes pathogènes. Les eaux usées constituent un environnement idéal pour la survie des germes pathogènes dans la mesure où elle reproduit, de plusieurs manières, la situation existant dans les intestins. D'abord, elle est riche en matière organique et en nutriments. Elle est également humide et anaérobie. La seule différence porte sur la température. Les eaux usées et les bassins de traitement fonctionnent en général à des températures inférieures à 37°C. L'utilisation des eaux usées n'augmente pas seulement la survie des germes pathogènes, elle accroît aussi les taux de prévalence des maladies, lorsque ces eaux sont répandues sur les récoltes ou déversées dans les cours d'eau avant d'avoir subi un traitement efficace.

La destruction des germes pathogènes est simple à réaliser, en théorie. En pratique, elle requiert souvent une attention particulière au cours d'une série d'étapes. Nous recommandons le processus suivant en quatre étapes, pour rendre les excréta sains et propres à être manipulés et recyclés:

- **Limiter le volume de matière dangereuse**, en détournant l'urine et en n'ajoutant pas d'eau (chasse)
- **Prévenir la dispersion de la matière contenant les germes pathogènes** en la stockant dans un dispositif sécurisé jusqu'à ce qu'elle soit saine et propre au recyclage
- **Réduire le volume et le poids de la matière pathogène** par la déshydratation et/ou la décomposition pour faciliter le stockage, le transport et le traitement ultérieur.

- **Rendre les germes pathogènes inoffensifs** par la stérilisation: traitement primaire sur le site (déshydratation/décomposition, rétention), traitement secondaire sur ou hors site (déshydratation ultérieure, compostage à haute température, changement du pH par adjonction de chaux), et, si nécessaire, traitement tertiaire (incinération).

2.2. Recyclage: comment les nutriments retournent au sol

L'assainissement écologique considère les excréta humains comme une ressource qui doit être recyclée plutôt que comme un déchet qui doit être évacué. L'utilisation des excréta humains pour la fertilisation des récoltes a été largement pratiquée dans de nombreuses régions du monde. Les chinois ont pratiqué le compostage des excréta humains et animaux durant des milliers d'années¹² et le Japon a introduit la pratique du recyclage des déchets humains et de l'urine dans l'agriculture au douzième siècle¹³. En Suède, où l'on commence à pratiquer la diversion de l'urine, les fermiers collectent l'urine des réservoirs souterrains contre une rétribution, et la répandent sur leurs champs à l'aide d'un équipement mécanique.

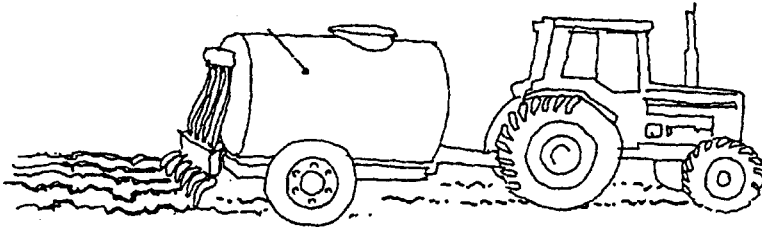


Figure 2.3 Dans les projets R&D actuels en Suède, l'urine humaine est stockée dans des réservoirs sur place, collectée périodiquement par les fermiers et répandue sur leurs champs à l'aide d'équipement mécanisé.

L'idée que les excréta sont des déchets sans utilité est un malentendu moderne. C'est la racine des problèmes de pollution qui résultent de l'approche conventionnelle de l'assainissement, particulièrement le tout à l'égout. Il n'existe pas de déchets dans la nature : tous les produits d'organismes vivants sont utilisés comme matière première par d'autres. Le recyclage des urines et fèces humains assainis, pour la fertilisation du sol permet de restaurer le cycle naturel des matières servant à la construction de la vie, interrompu par nos pratiques courantes d'assainissement. De plus, plus localement a lieu le recyclage, plus efficace est le processus en termes d'énergie.

Il existe de nombreuses raisons pour recycler les nutriments contenus dans les excréta. Le recyclage empêche la pollution directe causée par le déversement ou le suintement des eaux d'égouts dans les ressources en eaux et les écosystèmes. D'autre part, le recyclage ramène les nutriments au sol et aux plantes, et réduit ainsi le besoin en engrais chimiques. Il restaure les organismes du sol nécessaires à la protection des plantes. Enfin partout où vivent des gens, cette ressource est disponible.

Les nutriments récupérés dans les excréta humains peuvent être utilisés pour accroître la productivité de l'horticulture et de l'agriculture dans les jardins et les fermes, aussi bien en zones rurales qu'en zones urbaines. Une grande proportion des personnes vivant en zone urbaine dépendent, pour leur nourriture, de ce qu'elles produisent elles-

mêmes¹⁴. Même si ce n'est pas le cas, et s'il est impossible de transporter des excréta récupérés jusqu'à des fermes éloignées, ils peuvent toujours permettre de restaurer des terrains non agricoles dégradés du point de vue écologique, pour créer des parcs et des espaces verts.

Encadré 2.1 Faire pousser des légumes à Mexico

En réponse à la rapide inflation, à un chômage important et une nutrition inadéquate dans la ville de Mexico, l'ONG Anadeges (un réseau d'ONG) a perfectionné une méthode de cultures maraîchères dans des conteneurs, en utilisant l'urine humaine comme engrais. Le projet a été lancé à Mexico City en 1988 et plus de 1200 ménages urbains y participent actuellement.

La technologie utilisée a été choisie et adaptée en tenant compte des circonstances locales, à savoir pas de terrain disponible pour des jardins ouvriers conventionnels, des participants incapables d'investir dans des réservoirs et des fertilisants, et la nécessité d'avoir des récipients de croissance en matériau léger permettant la culture sur les toits.

Les légumes poussent dans des conteneurs (idéalement des seaux en plastique de 18–20 litres, remplis de feuilles mortes ou d'herbe résultant de la tonte de pelouses, recouvertes de 3 à 5 centimètres de terre). Cette terre est faite de la couche inférieure de matière végétale provenant des cultures de l'année précédente, qui s'est transformée en riche humus, et des déchets ménagers, qui ont été compostés avec des vers. Un trou de drainage est fait sur le côté du réservoir, à 5–10 cm de la base, selon le type de plante qui doit croître, de manière à conserver un réservoir permanent d'eau et d'engrais. L'urine, qui a été stockée dans des récipients de 2 à 5 litres pendant 3 semaines, est versée dans les conteneurs après avoir été diluée avec de l'eau dans une proportion de 1 à 10.

Le problème de savoir comment trouver un espace adéquat pour faire croître des racines alimentaires ou des légumes à grands feuillages a été résolu par l'utilisation de pneus de voiture usés. Le centre expérimental d'Anadeges à Mexico City est en train de tester un prototype permettant de couper et de retourner les pneus afin d'obtenir des récipients à large ouverture suffisamment grands pour de telles récoltes.

Après plusieurs années de recherches, certaines conclusions sont maintenant évidentes en ce qui concerne cette production urbaine à bas prix de légumes organiques:

- Les plantes fertilisées par l'urine croissent plus rapidement; elles sont plus touffues et de meilleure qualité que celles qui poussent selon des techniques agricoles classiques – et moins d'eau est nécessaire.
- Les plantes qui produisent les feuilles comestibles (par exemple: les épinards, les bettes, le persil, ainsi que le nopal, un cactus nourrissant largement répandu, poussent particulièrement bien. Les feuilles sont grandes et de couleur vert foncé.



- Quelques plantes fructifères poussent bien et produisent abondamment, particulièrement les piments forts essentiels pour la nourriture mexicaine, bien qu'ils ne soient pas aussi forts que ceux qui poussent de manière traditionnelle.
- Les autres plantes fructifères, tels que les tomates, les tomates vertes, la courge, le haricot, le chou-fleur et le concombre poussent bien au commencement, mais les récoltes sont relativement pauvres.
- Toutes les plantes poussent particulièrement bien pendant la première phase de végétation et montrent une remarquable résistance aux insectes et aux maladies.

Anadeges vend un kit à chaque famille. Cela consiste en 10 récipients, 3 pneus retournés, une grande variété de jeunes plants, et un kilo de vers (*Eisenia foetida*), pour renforcer le compostage des déchets. Environ 80% du coût de ce kit de démarrage sont couverts par un prêt d'un fonds en rotation. Nourris sur les déchets de cuisine, les vers se reproduisent rapidement. Après seulement quelques mois, 2 kilogrammes de vers, bien plus que ce qu'une famille doit, sont renvoyés à Anadeges, ce qui rembourse le prêt avec intérêt.

Dans une tentative de recycler les excréments humains, divers types de toilettes à compostage ont été développés dans différents pays. Alors que le résultat produit, l'humus, est un conditionneur de sol de valeur, une grande partie de la valeur nutritive se perd pendant le processus de compostage. Ainsi qu'il a été mentionné dans le premier chapitre, la manière la plus efficace de récupérer les nutriments des excréments est de collecter l'urine et les fèces séparément en utilisant une cuvette ou un siège spécialement conçus pour séparer l'urine et la stocker dans un récipient séparé.

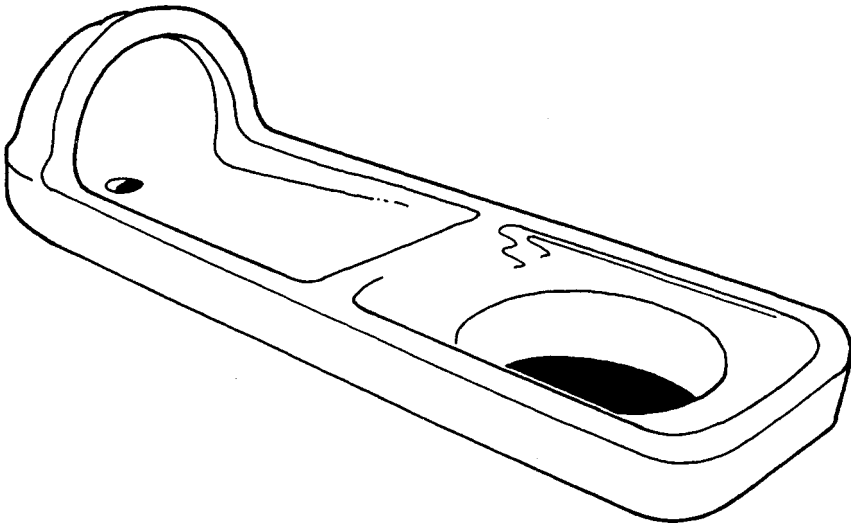


Figure 2.4 Cuvette avec séparation des urines, faite en porcelaine. La cuvette a été conçue par le projet Sanres financé en Chine en 1997, et produite maintenant dans une usine à l'extérieur de Pékin et vendue à un prix hors-usine équivalent à 10 dollars US.

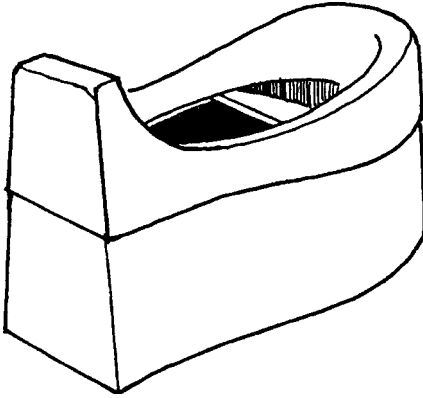


Figure 2.5 Siège avec séparation des urines, fabriqué en fibre de verre. La cuvette a été conçue par le projet Sanres financé au Mexique en 1994.

2.2.1 Les urines

La plupart des éléments nutritifs nécessaires aux plantes contenus dans les excréta humains se trouvent dans les urines. Un adulte peut produire environ 400 litres d'urine par an, contenant 4.0 kg d'azote, 0.4 kg de phosphore et 0.9 kg de potasse¹⁵. Il est intéressant de constater que les nutriments présents dans l'urine se présentent dans les formes idéales pour être utilisés par les plantes: l'azote sous la forme d'urée, le phosphore en superphosphate, et le potasse sous forme d'ion. On trouve ces nutriments en quantité plus appropriée dans les urines que dans les engrais chimiques utilisés en l'agriculture. En Suède, la quantité annuelle d'urine produite contient des quantités d'azote, de phosphore et de potasse équivalant à 15–20% de celle des nutriments utilisés comme engrais minéral en 1993¹⁶. Les concentrations en métaux lourds dans l'urine humaine sont très inférieures à celles qu'on trouve dans les engrais chimiques – c'est un avantage important¹⁷.

Lorsque les urines sont collectées pour être utilisées comme engrais, il est important de les stocker de manière à éviter les odeurs et la perte d'azote dans l'air. La recherche suédoise indique que la plus grande partie de l'azote contenue dans les urines, initialement sous forme d'urée, est rapidement transformée en ammoniacque à l'intérieur d'un récipient de collecte et de stockage. Cependant, la quantité d'ammoniacque perdue dans l'air peut être réduite par un stockage dans un réservoir couvert avec une ventilation restreinte¹⁸.

Les urines humaines peuvent soit être utilisées comme engrais par le producteur ou bien collectées par la communauté et utilisées par les fermiers. Lorsque les urines sont répandues à même le sol, elles peuvent ne pas être diluées. Si elles sont utilisées sur les plantes, elles doivent être diluées pour prévenir le dessèchement, en général une part pour 2 à 5 parts d'eau. Lorsqu'il n'y a pas d'intérêt pour son utilisation, l'urine peut être placée sur un lit d'évapo-transpiration ou subir un traitement par évaporation jusqu'à ce que le ménage producteur prenne conscience de sa valeur comme engrais.

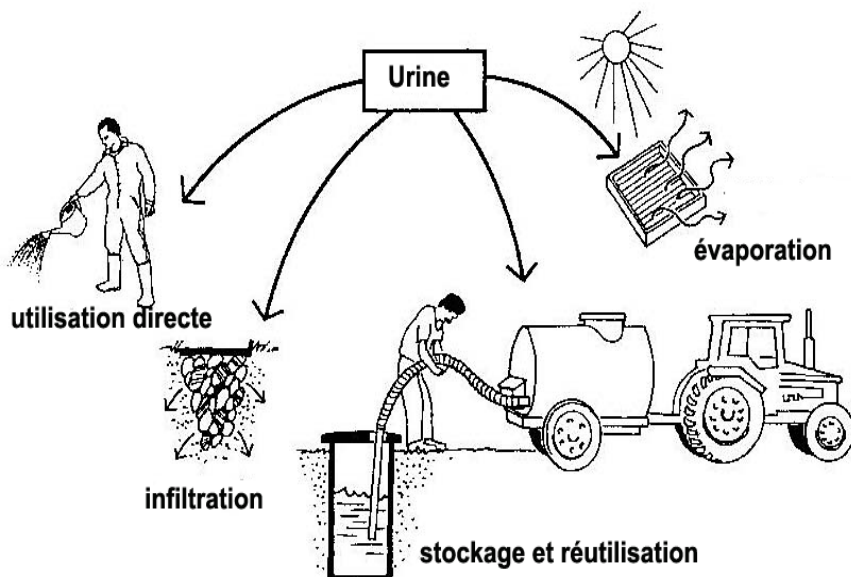


Figure 2.6 Méthodes alternatives pour l'utilisation et la manipulation des urines récoltées dans les toilettes

Il existe une expérience croissante en Suède, dans le domaine de la récupération des nutriments provenant des urines. Il y a maintenant plusieurs fabricants de toilettes à bac séparé permettant le recueil des urines. La plupart d'entre elles sont installées dans des petites unités destinées à des maisons individuelles, mais elles sont de plus en plus utilisées dans des unités destinées aussi bien à des groupes de maisons et d'appartements qu'à des institutions (quelques exemples sont décrits dans le chapitre 3, sections 3.1.3, 3.2.1 et 3.2.2).

Un grand nombre d'instituts de recherche en Suède sont à présent impliqués dans une étude conjointe de la dérivation des urines et de leur réutilisation. Dans le projet, l'urine est collectée dans les toilettes à bac séparé dans deux lotissements de Stockholm. Elles sont stockées sur place dans des réservoirs situés dans chaque lotissement avant d'être transportées par camion dans une ferme au sud de Stockholm. Là, elles sont stockées dans des conteneurs étanches pendant 6 mois avant d'être répandues sur les récoltes de céréales. Le but général du projet est de perfectionner un système de réutilisation des nutriments dans l'agriculture. Les risques de transmission de maladies, l'impact potentiel sur l'environnement, la valeur agricole et les divers aspects techniques, sociaux et économiques sont examinés. Entre autres conclusions, jusqu'à présent la recherche a démontré, que la plupart des nutriments contenus dans les urines ne sont pas perdus au cours du processus de collecte et de stockage, et que les effets fertilisants des urines sont aussi bons que ceux des engrais chimiques¹⁹.

2.2.2 Les fèces

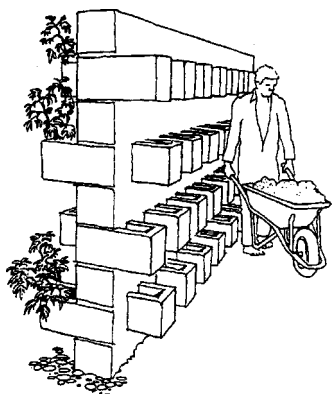
Les fèces humaines consistent principalement en une matière organique non digérée telles que les fibres provenant du carbone. La quantité totale par personne et par an est de 25 à 50 kg, contenant jusqu'à 0.55 kg d'azote, 0.18 kg de phosphore et 0.37 kg de potasse. Bien que les fèces contiennent moins de nutriments que les urines, elles ont une valeur pour l'amélioration du sol. Après la destruction des germes pathogènes par la déshydratation et/ou la décomposition (voir section 2.1.3), la matière inoffensive qui en résulte peut être répandue sur le sol pour en augmenter le contenu en matière organique, améliorer la capacité de la nappe phréatique et augmenter la disponibilité en nutriments. L'humus provenant du processus de décomposition aide aussi au

maintien d'une saine population d'organismes bénéfiques au sol qui protègent en réalité les plantes des maladies d'origine terrestre.

Le recyclage prend sa forme la plus simple lorsqu'un propriétaire individuel peut utiliser le produit comme engrais dans son propre jardin ou son propre champ. Dans les situations urbaines, tous les ménages ne possèdent pas de terre, ni n'ont la volonté d'utiliser ce produit eux-mêmes. L'absence de terrain n'empêche pas la production de nourriture, comme nous l'avons vu dans l'exemple de Mexico City en 2.1. Un autre exemple est le «jardin vertical» au Botswana présenté dans l'encadré 2.2

Encadré 2.2 Jardins verticaux à Gaborone, Botswana

Un horticulteur suédois, Dr le Gus Nilsson, qui vit au Botswana depuis 1967, a créé un système de jardinage en conteneur pour les zones sèches. Ce système est basé sur la construction d'un mur en blocs de béton creux servant de conteneurs de culture.



Pendant la construction du mur, certains blocs sont tournés à 90 degrés et la partie creuse saillante est pourvue d'un fond et d'un petit trou de drainage. Le centre du mur est rempli d'un mélange de béton dilué. Les réservoirs saillants sont remplis de sable sur une couche d'engrais. Les réservoirs peuvent être installés de différentes manières et le mur peut avoir des réservoirs sur un ou deux côtés. Dans les tropiques, les réservoirs peuvent être placés dans n'importe quelle direction et les murs peuvent être très rapprochés (1,2–1,5 mètres).

Sur les murs de la ferme de démonstration à Gaborone, Botswana, il y a 2000 conteneurs (voir figure 5.3). Les murs des citernes de stockage des eaux de pluie sont également des murs de culture.

Une grande variété de végétaux et de plantes ornementales poussent dans les conteneurs. Le Dr Nilsson est capable de produire 2 kg de tomates par conteneur quatre fois par an. Le prix au détail des tomates produites sur 1 m² de mur durant une année est à peu près équivalent au coût de la construction d'un mètre carré de mur, ainsi le mur est-il rapidement rentabilisé et des profits peuvent être faits.

Winblad, U (1992): La ferme productive; Rapport au SIDA, Stockholm.

3. ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE: PRATIQUES ANCIENNES ET IDEES NOUVELLES

Le propos de ce chapitre est de clarifier ce à quoi peut ressembler l'assainissement écologique dans la pratique et de démontrer l'adaptabilité de ce concept. Nous présenterons un certain nombre d'exemples, à la fois anciens et modernes. Dans son propre contexte, chacun de ces exemples, dans une certaine mesure, satisfait aux critères mentionnés dans le chapitre 1: prévention des maladies, protection de l'environnement, récupération des nutriments, acceptabilité, coût accessible et simplicité. Tous les exemples présentés ont un potentiel important pour la prévention des maladies¹, et tous ménagent l'environnement et s'appliquent à la conservation de l'eau. La variété des systèmes d'éco-assainissement disponibles permet, dans la plupart des cas, d'en trouver qui soit culturellement acceptable. L'accessibilité du coût est relative et, si certains systèmes décrits ici sont sophistiqués et onéreux, d'autres sont simples et peu coûteux.

Il y a souvent un compromis à trouver entre le coût et le fonctionnement: les solutions les moins chères impliquent davantage de manipulations et d'entretien du système d'assainissement. Avec des solutions plus chères, la manipulation et l'entretien peuvent être réduits.

Les exemples suivants sont classés selon le procédé principal utilisé pour parvenir à la destruction des germes pathogènes: la **déshydratation** ou la **décomposition**. Il est important de faire la distinction entre le procédé et le dispositif (voir chapitre 1.3). Certains des dispositifs d'assainissement présentés ici peuvent être utilisés soit pour la déshydratation, soit pour la décomposition. Le procédé est déterminé par la nature de l'apport. Les options les plus importantes en ce qui concerne la conception et la gestion seront discutées de manière plus approfondie dans la section 4.2.2.

3.1 Systèmes d'assainissement basés sur la déshydratation

Lorsqu'une chose est déshydratée, toute l'eau qu'elle contient en est éliminée. Dans une toilette à déshydratation, le contenu de la chambre de traitement est desséché par la chaleur, la ventilation et l'adjonction de matériau sec. La teneur en humidité doit être, aussi rapidement que possible, réduite jusqu'à moins de 25%. A ce niveau, la destruction des germes pathogènes est rapide (voir chapitre 2.1); il n'y a ni odeur, ni mouche.

L'usage de dispositifs spéciaux de collecte (bac ou cuvettes surélevées), qui sépare les urines pour le stockage dans un réservoir séparé, permet aux fèces d'être déshydratées plus simplement et plus rapidement (voir figures 2.4, 3.2 et 4.3). Comme il a été mentionné ci-dessus, dans la mesure où les urines contiennent la plupart des nutriments mais pas de germes pathogènes, elles peuvent être directement utilisées comme engrais sans traitement ultérieur. Il est en général difficile de déshydrater les excréta sans une séparation des urines, bien que cela soit possible dans des climats très secs, comme le montre l'exemple de l'Equateur présenté ci-dessous.

3.1.1 Les toilettes déshydratées à double voûte au Viet Nam

L'exemple classique d'un système d'assainissement basé sur la déshydratation est la toilette à double voûte du Viet Nam. Elle est très utilisée dans le nord du Viet Nam et depuis les vingt dernières années, le concept est utilisé en Amérique Centrale, au Mexique et en Suède (voir 3.1.2 et 3.1.3).

Dans le nord du Viet Nam, il était d'usage courant d'utiliser des excréta frais comme engrais pour les rizières. Comme ceci s'est avéré une pratique dangereuse pour la santé, les autorités sanitaires, en 1956, ont commencé à mener des campagnes pour la construction de toilettes sèches à double voûte. Les campagnes étaient suivies par des programmes d'éducation sanitaire longs et persistants. L'objectif de ces nouvelles toilettes était de détruire les germes pathogènes avant que les fèces soient répandues dans les champs.

Les toilettes Viet Namiennes consistent en deux chambres de traitement, chacune d'un volume d'environ 0.3 m³.

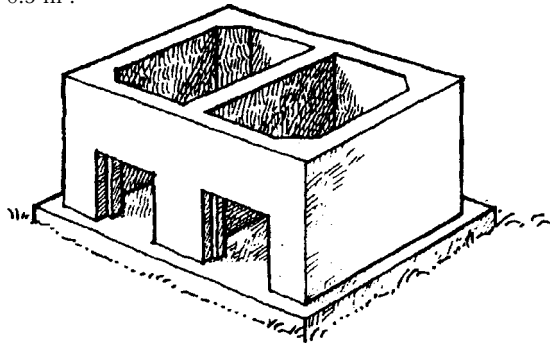


Figure 3.1 Les chambres de traitement de la toilette Viet Namienne à double voûte. Chaque voûte mesure 0.8 x 0.8 x 0.5m. Le dessin montre aussi les deux ouvertures de 0.3 x 0.3m pour l'évacuation de la matière déshydratée.

Les toilettes sont construites entièrement au-dessus du sol ; les chambres de traitement sont placées sur un solide socle de béton, briques ou argile. Le socle est construit à environ 10cm au-dessus du sol de manière à ce que les pluies torrentielles ne coulent pas à l'intérieur. Les toilettes sont souvent placées au fond du jardin, parfois près de la porcherie.

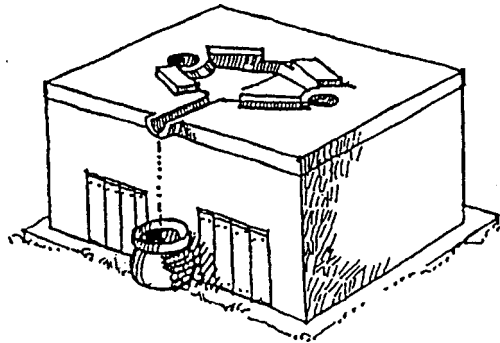


Figure 3.2 Les chambres de traitement de la figure 3.1 construites avec des bacs séparés pour la dérivation des urines, un pot pour la collecte des urines et des couvercles pour les deux ouvertures pour l'évacuation du matériel déshydraté. Le trou non utilisé est fermé avec une pierre et scellé avec de la boue ou du mortier.

Les chambres de traitement sont recouvertes d'une dalle munie de deux trous, de calepieds et d'une cannelure pour l'urine. Les deux trous ont des couvercles étanches (ils ne sont pas montrés dans la figure 3.2). A l'arrière, il y a deux ouvertures, de 30 x 30 cm, pour l'évacuation de la matière déshydratée. Ces ouvertures sont scellées jusqu'au moment où l'une des chambres doit être vidangée.

Les membres de la maisonnée utilisent une seule des chambres. Avant de l'utiliser pour la première fois, on recouvre le sol d'une couche de terre réduite en poudre en vue d'absorber l'humidité provenant des fèces et de les empêcher de coller au sol. Après chaque utilisation, l'on répand deux bols de cendres sur les fèces. Les cendres absorbent l'humidité, neutralisent les mauvaises odeurs et empêchent les mouches de se poser sur les fèces.

Les urines drainées à l'extérieur par la cannelure de la dalle, sont collectées dans une jarre derrière les toilettes. Les papiers utilisés pour le nettoyage anal sont jetés dans une boîte ou une jarre et brûlés. Ainsi dans le receptacle, il y a seulement les fèces, les cendres et la terre. Le contenu est donc passablement sec et compact. La jarre servant à la collecte des urines peut être utilisée soit complètement vide, ou partiellement remplie avec de l'eau, de la chaux ou des cendres. Les urines ou les cendres trempées d'urines sont utilisées comme engrais (voir section 2.2.1).

La première voûte peut être utilisée pendant environ un mois par un ménage de 5 à 10 personnes. Lorsqu'elle est pleine aux deux tiers, on vérifie le niveau avec un bâton. On la remplit alors jusqu'au bord avec de la terre sèche émiettée, et on la scelle. Toutes les ouvertures sont fermées hermétiquement avec un mortier de chaux ou de d'argile. On commence alors à utiliser l'autre voûte. Deux mois plus tard, la seconde voûte est pleine. On ouvre alors la première voûte et on la vide. Les fèces déshydratées, maintenant sans odeur, sont utilisées comme engrais².

Au Viet Nam l'expérience de ce système est mitigée (voir section 4.1.2, Manque d'éducation et de formation). Il n'y a aucun doute que le système fonctionne très bien lorsqu'il est correctement utilisé. Un temps de rétention de deux mois semble, cependant, relativement court pour la destruction de tous les germes pathogènes. Le réel problème au nord Viet Nam est que les fermiers ont tendance à vider les chambres de traitement dès qu'ils ont besoin d'engrais sans tenir compte du temps de rétention nécessaire. Cela signifie que des fèces partiellement traitées ou même fraîches sont répandues dans les champs. Il faut beaucoup de temps pour briser les vieilles habitudes, et au Viet Nam il est absolument indispensable d'intensifier et de continuer l'éducation à l'hygiène jusqu'à ce que la pratique de l'utilisation de fèces fraîches comme engrais soit interrompue (voir aussi Section 4.1.2).

3.1.2 La toilette déshydratée à double voûte en Amérique Centrale et au Mexique

La LASF (Letrina Abonera Seca Familiar) est une version légèrement modifiée de la toilette Viet Namienne. Elle a été introduite au Guatemala en 1978 par le CEMAT (Centro Meso-Americano de Estudios sobre Tecnología Apropiada) et dans les vingt dernières années, des milliers d'unités ont été construites en Amérique Centrale, particulièrement au Salvador. Un développement similaire a eu lieu au Mexique où le système est promu sous le nom de " Sanitario Ecologico Seco" par Cesar Añorve, un architecte-entrepreneur basé à Cuernavaca.

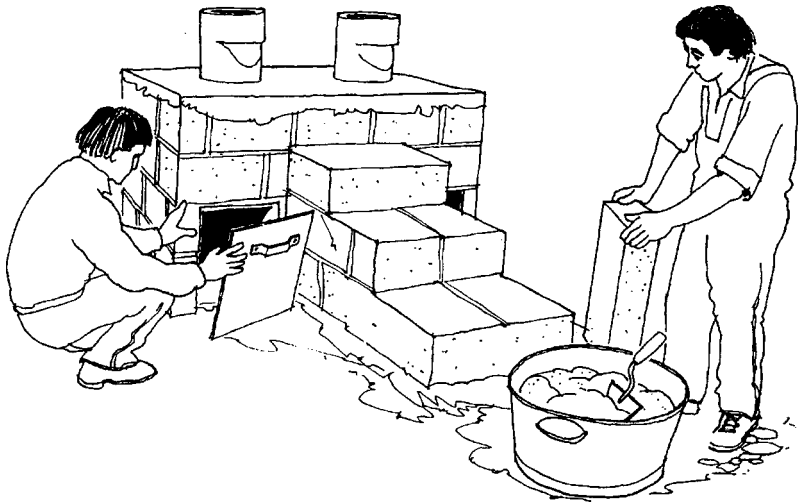


Figure 3.3 Une toilette LASF en construction. Au sommet de chaque voûte se trouve un siège avec un collecteur d'urine. Le siège non utilisé est recouvert d'un sac plastique.

Comme la version originale Viet Namienne, la toilette LASF et le " Sanitario Ecologico Seco" se composent de deux pièces construites sur le sol, chacune d'un volume d'environ 0.6 m³. Les urines coulent, à travers le collecteur, par un tuyau dans une fosse placée sous les voûtes. (En Amérique Centrale il n'y a pas de tradition d'utilisation des urines humaines comme engrais). Les fèces tombent directement dans la chambre de traitement. Après utilisation de la toilette, l'utilisateur saupoudre une matière sèche comme des cendres, de la terre ou un mélange terre/chaux ou sable/chaux sur les fèces. Le papier utilisé pour le nettoyage anal est, selon la tradition latino-américaine, placé dans un récipient spécial proche du siège et brûlé. La voûte ne reçoit alors que les fèces et les cendres (ou autre matériau sec utilisé). Chaque semaine le contenu de la voûte est mélangé à l'aide d'un bâton et de la cendre est ajoutée.

Lorsque la première voûte est presque pleine, elle est complétée jusqu'au sommet avec de la terre et le siège est fermé. La seconde voûte est alors utilisée. Un an après, ou lorsque la seconde voûte est pleine, la première est ouverte. Un ménage de 5 à 6 personnes produira environ 0.5 m³ de matière déshydratée et complètement inodore par an³.

Au Mexique et en Amérique Centrale, il existe de nombreux exemples d'utilisation de ce type d'assainissement en zone urbaine. Par exemple au Salvador : Provincia Hermosa est le nom d'un petit barrio, avec un taux de construction très dense et à faible revenu, au centre de San Salvador. L'eau est rare, les lots sont petits et le sous-sol est dur. Ici, les 130 ménages ont construit des toilettes LASF en 1991. Dans la mesure où il y a très peu d'espace entre les maisons, et bien souvent pas d'arrière-cours, la toilette LASF est souvent accolée à la maison, et même parfois placée à l'intérieur de la maison (Figure 3.4).

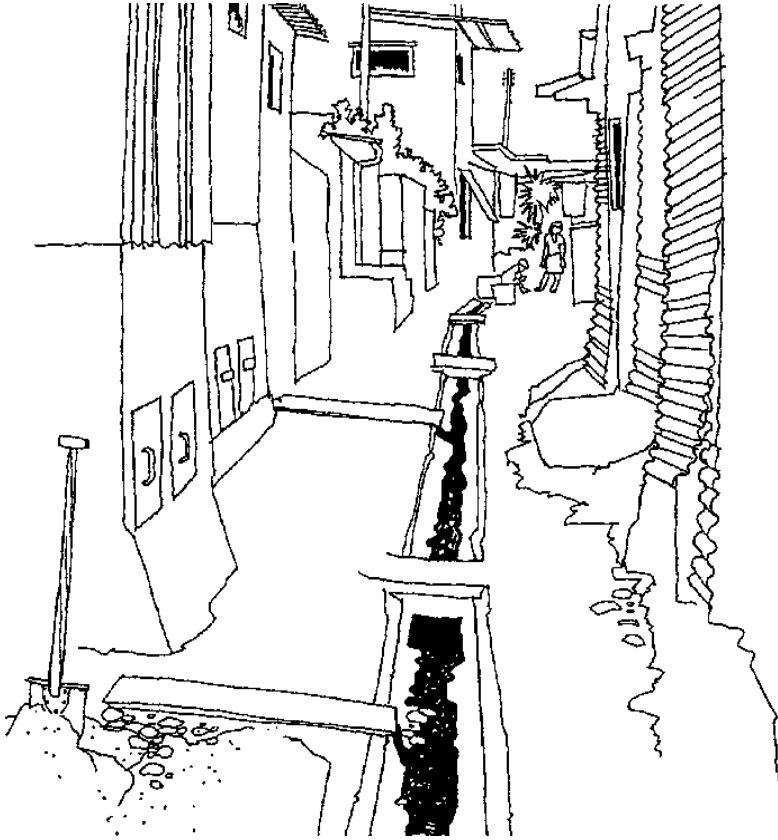


Figure 3.4 Une rue d'Hermosa Provincia, une zone de bidonville s à haute densité, dans le centre de San Salvador. Chaque maison a sa propre toilette LASF, la plupart du temps accolée à la maison ou placée à l'intérieur.

Toutes les toilettes d'Hermosa Provincia fonctionnent encore très bien, après 6 ans, grâce à une participation communautaire de haut niveau. Il n'y a pas de mauvaise odeur provenant des toilettes, et pas de mouche dans les chambres de traitement. Le résidu sec des toilettes, est soit utilisé dans les champs, soit mis en sacs et vendu.

Un autre exemple vient du Mexique, où Cesar Añorve a passé les 15 dernières années à promouvoir les latrines de modèle Viet Namien. Sa version de la toilette Viet Namienne est un dispositif de haut de gamme, conçu pour être installé dans la maison.

Cesar Añorve a financé presque intégralement son projet avec les bénéfices tirés de la vente des urines récoltées dans les sièges spéciaux. Son propre atelier à Cuernavaca, une petite affaire familiale, produit environ 30 sièges, faits de béton poli, par semaine. Il vend aussi des moules en fibre de verre pour les sièges et appuie les groupes locaux par la création de petits ateliers. Les premiers ateliers indépendants ont été installés à Oaxaca et Yucatan en 1990. Il y a maintenant 15 petites entreprises indépendantes dans différents endroits du Mexique.

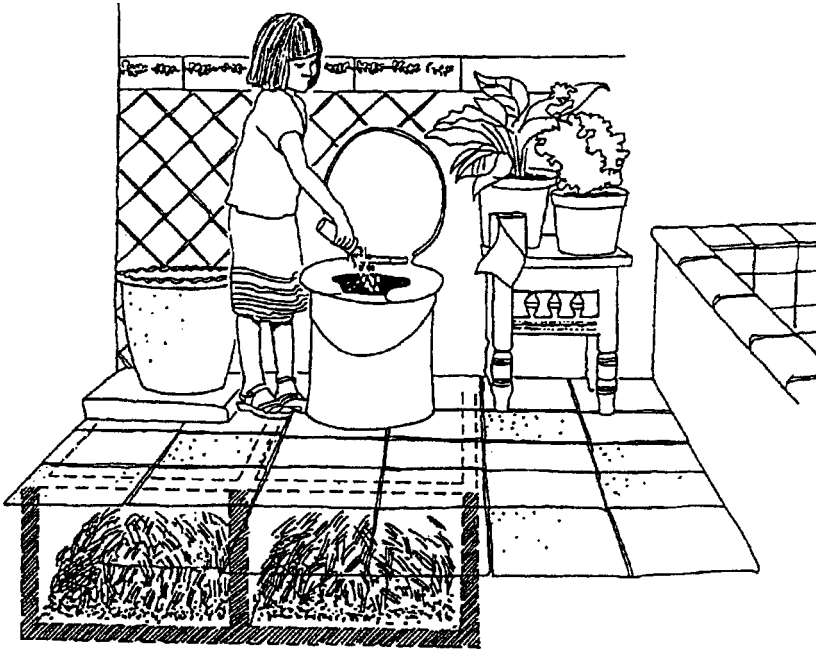


Figure 3.5 La version mexicaine de la toilette Viet Namienne à double voûte, construite ici dans une salle de bains dans une maison moderne de grand standing dans la ville de Cuernavaca. La toilette a un siège amovible avec un collecteur d'urine. Les chambres de traitement placées sous le sol de la salle de bains sont accessibles de l'extérieur de la maison.

Les plans pour l'avenir incluent une liaison entre les utilisateurs des toilettes et les centres de compostage communautaires. Ces centres, fonctionnant comme une industrie de service, videraient les chambres de traitement et les réservoirs d'urine et transporteraient les matières au centre de compostage pour traitement ultérieur et vente.

Le prix (1997) pour un siège en béton poli est l'équivalent de US \$16 (126 Pesos mexicains). Une unité complète incluant la superstructure représente l'équivalent de US\$ 150 (1200 Pesos mexicains). César Añorve vend les moules en fibre de verre pour l'équivalent de US\$250 (2000 Pesos mexicains). Au Salvador, le coût actuel (mi-1997) d'une toilette LASF (sans la superstructure) construite par un entrepreneur représente l'équivalent de US\$125 (1100 Colones).

L'expérience menée pendant presque 20 ans d'utilisation du système Viet Namien à double voûte au Mexique et en Amérique Central est totalement positive. Géré de manière correcte, il n'y a ni odeur, ni mouche. Ces toilettes semblent fonctionner particulièrement bien dans les climats secs des hautes terres du Mexique. Lorsque le système s'est montré défaillant (humidité dans les chambres de traitement, odeurs, mouches), cela était généralement dû à une information inexistante, insuffisante ou tronquée, ainsi qu'à l'absence de formation et de suivi.

Deux applications dans les zones urbaines sont particulièrement significatives : A San Salvador, le système a très bien fonctionné dans les zones urbaines pauvres et de haute densité ; à Cuernavaca, le système a très bien fonctionné dans les familles de classe moyenne habitant des maisons de haut standing et modernes. Ces projets démontrent, peut-être mieux que tous les autres évoqués jusqu'à présent dans

différents documents, que la gestion attentive d'un système d'assainissement écologique, résultant d'une grande motivation et de la compréhension de la part des familles impliquées, permet à une technologie extrêmement simple de fonctionner très bien.

3.1.3 La toilette à déshydratation "WM Ekologen" de Suède

Le "système WM Ekologen, type ES" a été développé par le Professeur Mats Wolgast de l'Institut Karolinska, à Stockholm, Suède, dans les années 80. Comme le système Viet Namien, il est basé sur un procédé de déshydratation et est conçu pour la dérivation des urines.

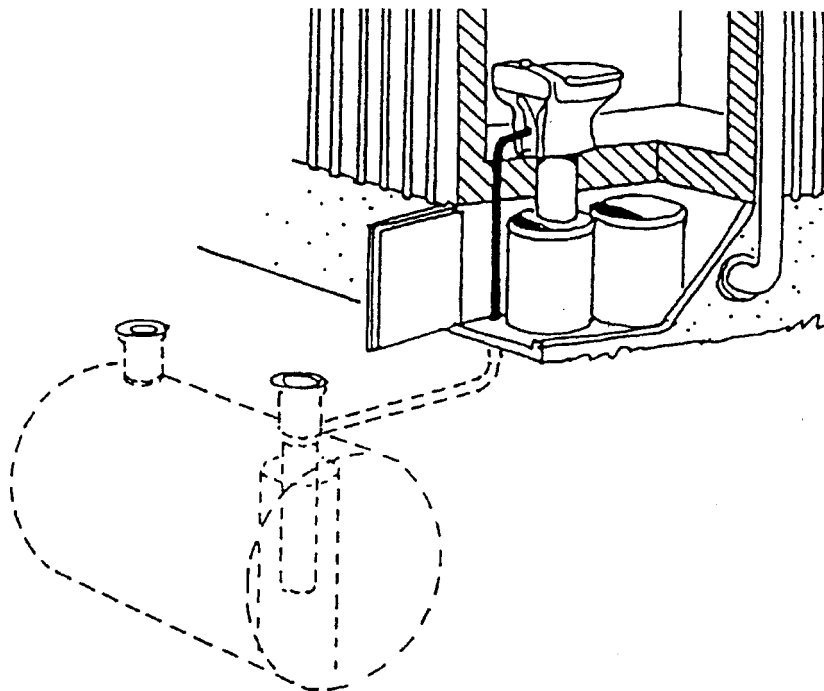


Figure 3.6 Une toilette à déshydratation de type " WM Ekologen, type ES" installée à l'intérieur d'une maison en Suède. Les fèces et le papier toilette sont récupérés dans un grand réservoir. Les urines sont conduites dans un réservoir de stockage situé en sous-sol.

Les urines sont évacuées dans un réservoir de stockage placé dans le sous-sol avec une chasse d'eau de 0.1 litre. Le volume du réservoir est de 0,5 m³ par personne. Les fèces et le papier toilette tombent dans une voûte isolée où ils sont collectés dans un réservoir en plastique de 80 litres. Lorsque le réservoir est plein (après 2 à 3 mois) il est déplacé et un autre réservoir est placé sous les toilettes. Le réservoir plein, placé dans la voûte, ne doit pas être ouvert avant 6 mois. Le contenu déshydraté peut être traité ultérieurement (traitement secondaire) dans un bac à compost ventilé (pour décomposer le papier toilette) ou brûlé.

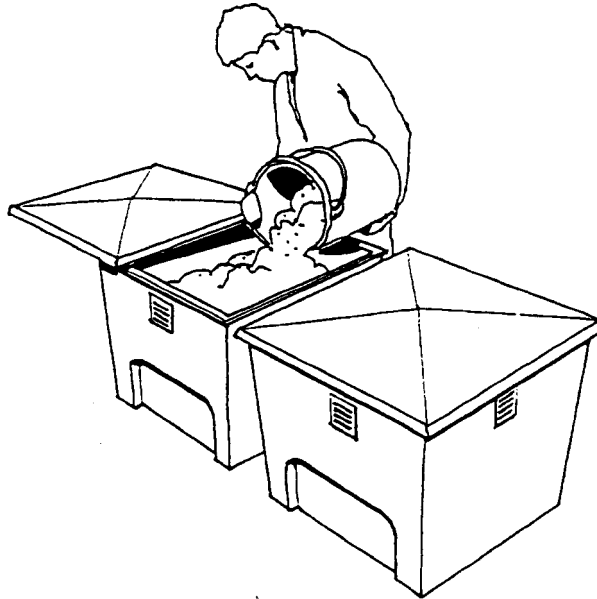


Figure 3.7 Le contenu déshydraté des seaux est transféré dans des bacs de compostage pour traitement secondaire.

Le système utilise un ventilateur afin d'entraîner l'air hors de la salle de bains, le faire descendre de la toilette jusqu'à la voûte de traitement et l'amener à l'extérieur par un tuyau d'aération.

Le prix de la vente du siège de toilette en porcelaine avec un système de dérivation des urines est d'environ US\$360 (SEK 2900). Le coût total pour une toilette de ce modèle installée sur site (siège, ventilateur, voûte de traitement, réservoir de transport et un réservoir de 1.000 litres d'urine) est, en Suède, de US\$650 à US\$750 (SEK 5200 à 6.000). Il y a maintenant 800 unités installées en Suède : dans les maisons de week-end, les maisons habitées de manière permanente, les industries et institutions.

La toilette " WM Ekologen" est un système d'assainissement très bien testé et de haut standing pour une installation intérieure dans une salle de bains. Elle est aussi bien utilisée dans les zones urbaines que rurales, et aussi bien dans les institutions que dans les maisons privées.

3.1.4 La toilette à chauffage solaire " Tecpan" du Salvador.

Le plus grand risque de défaillance d'un système d'assainissement basé sur la déshydratation est l'humidité, comme le développe le chapitre 4. En ajoutant un simple chauffage solaire à la chambre de traitement, ce risque peut être réduit. Après quelques expériences récentes avec les toilettes à chauffage solaire en Tanzanie, le concept a été développé au Mexique (section 3.2.3) et plus récemment au Salvador et au Viet Nam⁴.

L'objectif du projet Tecpan au Salvador 1994-1997 était de tester et de développer un système d'assainissement basé sur la déshydratation, la dérivation des urines et le chauffage solaire dans un dispositif à voûte simple. Au total, 36 prototypes ont été utilisés pendant plusieurs années par des ménages de la collectivité de Tecpan près de San Salvador⁵.

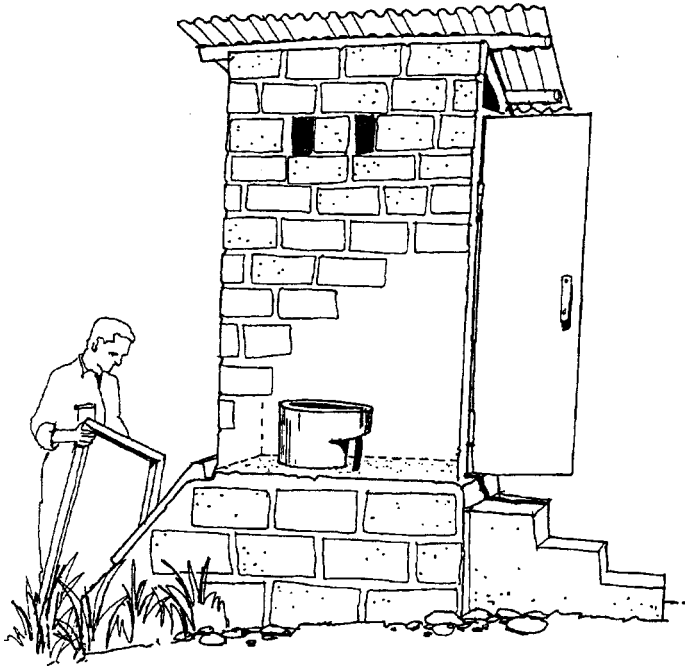


Figure 3.8 Les toilettes déshydratées de la collectivité de Tecpan, près de San Salvador, ont un collecteur chauffé par le soleil pour augmenter l'évaporation dans la chambre de traitement.

Les toilettes sont utilisées de la même manière que les toilettes LASF. Les apports dans les voûtes de traitement consistent en excréta humains, cendres et/ou un mélange terre/chaux (dans une proportion de 5:1). Les urines sont conduites par un tuyau dans une fosse près des toilettes (car l'urine humaine n'est pas utilisée, en général, comme engrais en Amérique Centrale). Le papier toilette est évacué dans un boîte ou dans un sac placé près du siège et brûlé périodiquement selon les normes en pratique au Salvador.

Chaque semaine ou toutes les deux semaines le couvercle, agissant comme un accumulateur de chauffage solaire est enlevé et la couche de fèces/cendres/chaux/terre, accumulée sous le siège des toilettes est déplacée jusqu'à l'arrière de la voûte avec une binette ou un râteau. (Cet outil peut être gardé à l'intérieur de la voûte). Tous les deux ou trois mois, la couche humide et débarrassée d'odeur au fond de la voûte est poussée dans un grand sac et stockée à l'extérieur des toilettes jusqu'au recyclage dans le jardin.

Quelques unités ont été équipées d'une " raclette" pour faciliter le déplacement de la couche vers l'arrière de la voûte de traitement (figure 3.9).

Le coût d'une toilette Tecpan avec chauffage solaire et un siège préfabriqué en plastique, sans raclette, construite par un entrepreneur, est approximativement de US \$164 (1437 Colones).

Les toilettes Tecpan fonctionnent très bien. Le chauffage solaire accélère le processus de déshydratation. La plupart des unités testées ont un contenu complètement sec, sans odeur et sans mouche. Des tests ultérieurs montreront si le chauffage solaire dans la chambre de traitement a un effet sur la destruction des germes pathogènes.

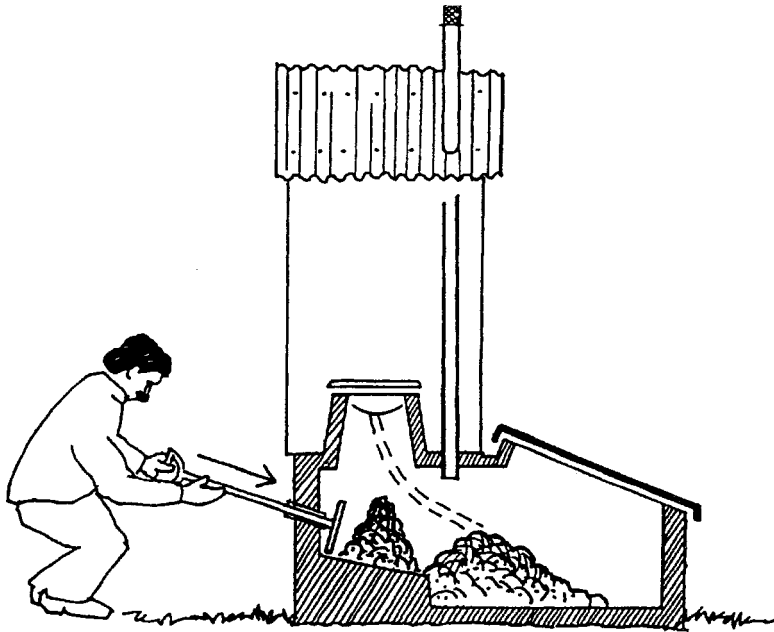


Figure 3.9 Plusieurs fois par mois une raclette fixe est utilisée pour déplacer la couche de fèces et de cendres au-dessous des toilettes vers la chambre de traitement chauffée par le soleil.

Le coût de construction d'un dispositif à voûte simple est inférieur à celui avec double voûte, mais il exige le déplacement de la couche toutes les une ou deux semaines. Ce déplacement facilite probablement le processus de déshydratation.

3.1.5 La toilette à double voûte à chauffage solaire en Equateur

Depuis 1985, quelques 350 toilettes à double voûte avec couvercle à chauffage solaire ont été construites dans la Province de Cotopaxi dans la région des Hautes Andes de l'Equateur. Un système de recyclage a été choisi pour pallier le problème chronique d'absence de fertilité des sols dans les régions de haute altitude (3500-4 000 m).

En raison de la sécheresse de l'atmosphère de cette région, il n'est pas nécessaire de développer des techniques de séparation des urines. Après chaque utilisation, une poignée de sable et/ou de cendre est ajoutée. Chaque voûte est utilisée pendant 6 mois puis on passe à l'autre. Chaque voûte a un couvercle fait en bois recouvert d'un métal galvanisé peint en noir de manière à absorber l'énergie solaire et à faciliter le processus de déshydratation. Les chambres de traitement sont ventilées à l'aide d'un tuyau d'aération et les couvercles de la voûte comprennent chacune une grille d'aération permettant à l'air d'y pénétrer. Le tuyau et la grille d'aération des couvercles sont recouverts d'un grillage métallique contre les mouches.

Les toilettes sont construites avec des briques de boue séchées au soleil fabriquées sur place, en combinaison avec des éléments préfabriqués en bois : le siège, le couvercle du trou de la toilette, le tuyau de ventilation et la porte.

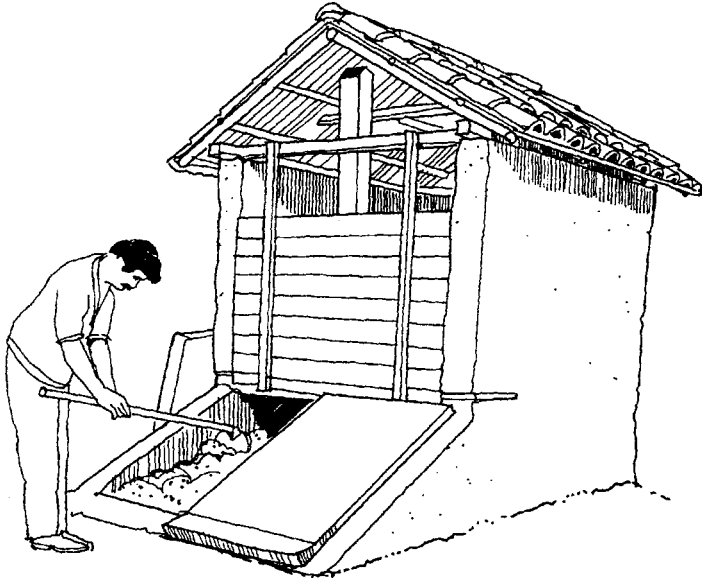


Figure 3.10 La toilette à double voûte avec chauffage solaire en Equateur.

L'expérience de l'Equateur est intéressante dans la mesure où elle démontre que le climat extrêmement sec des montagnes andines crée des conditions qui éliminent la nécessité de séparer les urines ainsi que les récupérateurs de chaleur solaire (qui, à l'origine, étaient ajoutés dans le cas de climat humide, pour accélérer l'évaporation dans la chambre de traitement).

3.1.6 Les toilettes intérieures à déshydratation « longue chute » du Yémen

Dans les vieux quartiers de la ville de Sana'a, comme dans les autres villes du Yémen, les maisons traditionnelles sont hautes, atteignant 5 à 9 étages dans des rues étroites. Une maison est occupée en général par une famille étendue. Chaque étage possède une à deux salles de bains placées près d'un puits (un passage vertical long et étroit). La figure 3.11 montre le fonctionnement de ce puits du sommet de la maison au niveau de la rue.

Chaque salle de bains a une toilette. Les urines sont conduites hors de la dalle par une canelure dans le sol de pierre. A partir de là, elles passent à travers une ouverture dans le mur de la maison, descendent sur une surface verticale de drainage sur la face extérieure de la maison. (Ces surfaces sont souvent modelées et décorées de manière élégante). La plus grande partie des urines s'évapore sur la surface de drainage, le reste, s'il y en a, est drainé dans une fosse.

Les fèces tombent par le trou conçu à cet effet, dans le puits, jusqu'à la voûte située au niveau de la rue, de laquelle elles sont régulièrement collectées dès qu'elles sont sèches; elles sont ensuite mises à sécher à nouveau sur les toits des bains publics voisins, et finalement utilisées comme combustible pour chauffer l'eau.

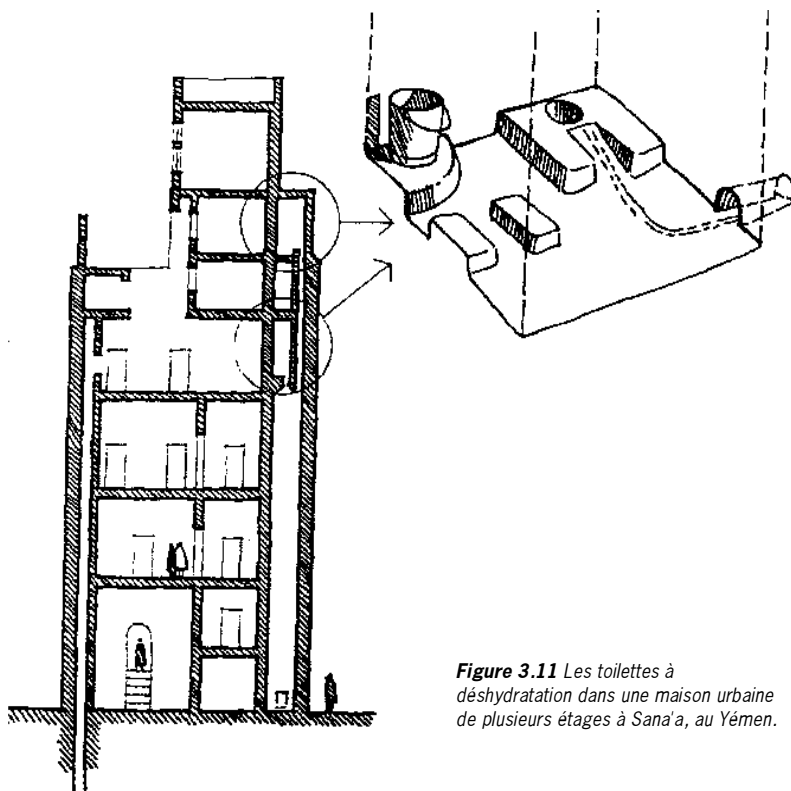


Figure 3.11 Les toilettes à déshydratation dans une maison urbaine de plusieurs étages à Sana'a, au Yémen.

Le nettoyage anal se fait sur deux cale-pieds installés près de la dalle. L'eau utilisée pour le nettoyage anal, aussi bien que l'eau du bain, est drainée de la même manière que les urines. Aucun liquide n'est versé dans le puits où dans la fosse en dessous. Comme Sana'a a un climat chaud et sec, les fèces sèchent rapidement⁶.

Tout près des toilettes, on peut trouver, aux heures matinales, un feu de charbon dans un seau. Après le nettoyage anal avec l'eau, les Yéménites se sèchent en s'accroupissant au-dessus du seau⁷.

Ceci est un exemple de l'approche écologique de l'assainissement appliqué à une situation urbaine avec un habitat à plusieurs étages et un service communal de ramassage des fèces déshydratées. C'est aussi un exemple d'un système d'assainissement sec utilisé dans une culture où les populations ont l'habitude de se laver (Un autre exemple est donné dans le point 3.2.6). C'est un système traditionnel utilisé dans les villes du Yémen depuis des centaines d'années. Il n'y a ni odeur, ni mouche. Les urines et l'eau de nettoyage s'évaporent, et les fèces sont traitées en trois étapes : d'abord, elles sont déshydratées sur place, puis elles subissent une nouvelle déshydratation et sont soumises aux rayonnements solaires dans les bains publics, pour être finalement brûlées.

3.1.7 La toilette intérieure à déshydratation, au Ladakh, Inde

Le Ladakh est une région sèche, à l'Ouest de l'Himalaya, à une altitude de 3500 m. La plupart des maisons traditionnelles ont des toilettes intérieures à l'étage supérieur, voir figure 3.12. En raison de la sécheresse du climat, il est possible de déshydrater les fèces sans avoir d'abord à séparer les urines.

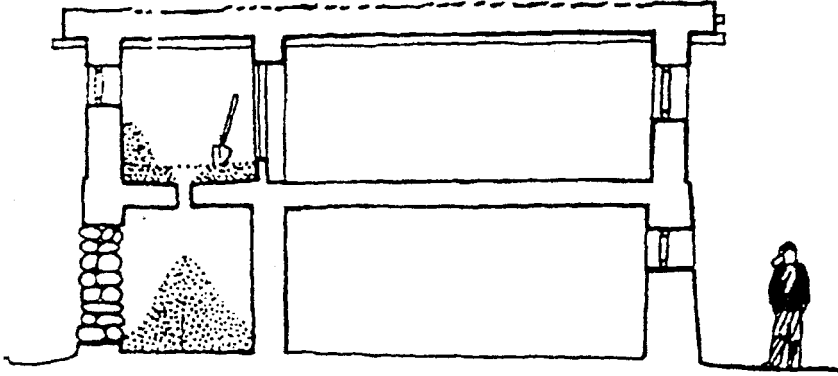


Figure 3.12 Toilette intérieure traditionnelle à déshydratation au Ladakh, Inde.

Sur le sol d'une petite pièce proche de la cuisine ou de la salle de séjour, il y a une épaisse couche de terre de jardin. Un trou est creusé dans le sol conduisant à une petite pièce du rez de chaussée. Cette pièce peut seulement être atteinte de l'extérieur. Les personnes défèquent dans la terre qui se trouve sur le sol; puis ils poussent la terre et les excréta ensemble dans le trou. Les urines suivent la même voie. Des cendres provenant de la cuisine sont ajoutées de temps en temps. Les utilisateurs apportent des charges de terre dans la pièce lorsque cela est nécessaire. Pour le long hiver, un approvisionnement de terre est prévu dans un coin de la pièce de toilette à l'étage. Une pelle ou une bêche se trouve aussi dans la pièce. Normalement il n'y a pas de nettoyage anal. Les excréta décomposés sont évacués au printemps et à la fin de l'été et répandus sur les champs.

Aussi longtemps que les toilettes sont bien entretenues et qu'une quantité suffisante de terre est mise régulièrement dans le trou chaque jour, il n'y a pas d'odeur. Dans certains cas, il y a une faible odeur d'ammoniacale provenant des urines répandues sur le sol des toilettes. Il n'y a pas de mouche étant donné l'état de sécheresse de la terre et des excréta. Le système a très bien marché dans les zones rurales depuis plusieurs centaines d'années, mais dans les dernières années, quelques problèmes sont apparus dans le centre ville de Leh car les ménages n'ont pas facilement accès à la terre.

3.2. Les systèmes d'assainissement basés sur la décomposition (compostage)

Le compostage est un processus biologique naturel au moyen duquel, dans certaines conditions, les bactéries, vers et autres types d'organismes, se transforment en substances organiques pour faire de l'humus, une matière riche, stable dans laquelle les racines se développent. Dans les toilettes par compostage, les excréta humains, mélangés à des agents additionnels, tels que les déchets végétaux, la paille, la tourbe, les copeaux de bois ou les coquilles de noix de coco, sont déposés dans une chambre de traitement où les micro-organismes, contenus dans la terre, décomposent les solides -

comme cela se passe pour tous les matériaux organiques dans l'environnement naturel. La température, le flux d'air et les autres facteurs sont contrôlés à des degrés divers pour permettre le compostage dans des conditions optimales. L'humus produit par ce procédé est un excellent fertilisant du sol, sans aucun germe pathogène d'origine humaine, lorsque les bonnes conditions sont atteintes et que le temps de rétention adéquat est respecté dans le bac à compost. Les odeurs, s'il y en a, sont évacuées directement par le toit par un système de ventilation.

Une toilette par compostage essaye d'atteindre les conditions optimales pour la décomposition biologique. Ceci signifie qu'une quantité suffisante d'oxygène doit pouvoir pénétrer le tas de compost afin de maintenir les conditions aérobiques ; la matière contenue dans la chambre de compostage doit avoir un taux d'humidité de 50 à 60 %, l'équilibre carbone : azote doit se situer entre 15:1 et 30:1, et la température de la fosse de compostage doit être au-dessus de 15°C.

Toute une série d'organismes contribue à l'altération du matériel dans une toilette par compostage. Par ordre de taille il s'agit des virus, des bactéries, des champignons et algues, des vers de terre et des insectes. Ils jouent tous un rôle majeur dans le mélange, l'aération, et la décomposition du contenu de la voûte de traitement des toilettes. Aussi longtemps qu'ils restent à l'intérieur de celle-ci, leurs activités sont correctes et doivent être encouragées. Placer des vers de terre dans les toilettes serait une bonne idée. Si l'environnement leur est favorable, ils vont se multiplier, creuser des trous dans le tas de compost, manger les matières organiques malodorantes et par là, les transformer en matière organique riche, voir encadré 3.1.

Bien que nous pensions que ces systèmes de compostage pourraient souvent être améliorés par la séparation des urines, dans de nombreux exemples de toilettes par compostage les urines et les fèces sont collectées ensemble. Pour créer les conditions qui permettent le compostage, diverses conceptions sont utilisées pour séparer les fèces et autres matériels solides des urines après qu'ils aient été mélangés dans la voûte de traitement (voir section 4.2.1 et figure 4.1). En raison de la contamination des urines par des germes pathogènes, une fois qu'elles ont été en contact avec les fèces, il est problématique de les utiliser directement comme engrais, et elles doivent être traitées d'une autre manière. Certains systèmes de compostage permettent au liquide séparé de s'infiltrer dans le sol, alors que d'autres s'en débarrassent par le biais de l'évaporation. Bien que la plus grande partie de l'azote contenu dans les urines se perde dans les systèmes de compostage, l'humus, ou le compost, obtenu, retient les autres nutriments et est un engrais valable.

3.2.1 La toilette par compostage à simple voûte « Clivus Multrum » en Suède

Les toilettes par compostage dans les maisons de week-end ont été introduites en Suède depuis plus de 50 ans. Depuis ce temps, une grande variété de modèles est arrivée sur le marché et ces types de toilettes sont maintenant utilisées dans diverses parties du monde, y compris l'Amérique du Nord et l'Australie. Les toilettes par compostage disponibles dans le commerce vont d'une petite unité d'à peu près la dimension d'une toilette standard à chasse d'eau jusqu'aux plus grands modèles utilisant une toilette simple sur socle dans une salle de bains reliée par une chute à la voûte de compostage placée en sous-sol.

La figure 3.13 montre un modèle classique du "Clivus" Multrum. C'est une toilette par compostage à voûte unique qui combine le traitement des urines, des fèces et des résidus organiques ménagers. Elle est composée d'une fosse de compostage avec un plancher incliné, de conduites d'aération et d'un espace de stockage à l'extrémité la plus basse. Un tuyau relie le siège des toilettes au réceptacle, et il y a souvent un conduit spécial pour les résidus de cuisine. Il y a un tirage constant compte tenu de la convection naturelle d'une prise d'air dans la chambre de compostage, à travers les conduits d'aération et à l'extérieur, via un tuyau de ventilation.

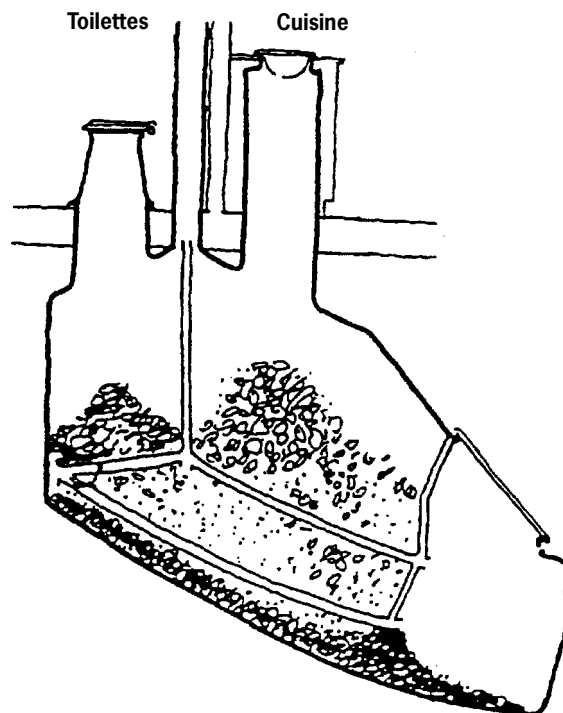


Figure 3.13 La toilette par compostage « Clivus Multrum » de la Suède placée dans sous-sol d'une maison. Ce modèle a une chute séparée dans la cuisine pour les déchets. Des tuyaux perforés amènent l'air au centre du tas de compost.

Dans le Multrum, sont déposés non seulement les fèces, le papier toilette et les urines, mais aussi toute sorte de matière organique et de résidus provenant de la cuisine et de la maison : déchets végétaux et animaux, épluchures, os, coquilles d'œufs, balayures, serviettes hygiéniques et couches, restes des tontes (mais pas de bidons, de verre, de plastique, ni de quantités importantes de liquide de quelque sorte qu'il soit).

Du fait que les parois du Multrum sont en pente, le contenu glisse lentement du niveau supérieur où ils sont fraîchement déposés au niveau de la partie de stockage de la voûte. Le processus de décomposition réduit le tas jusqu'à moins de 10% de son volume original.

Le propriétaire doit aménager le sol de la voûte de compostage avec un premier lit de couverture avant la première utilisation du Multrum. Ce lit consiste en une couche de 0.4 m de tourbe et une couche de 0.2 m de terre de jardin riche en humus. Cette terre doit d'abord être mélangée à de l'herbe coupée. Le but de ce lit est d'absorber les liquides et de générer les microbes nécessaires à l'oxydation des urines.

Le tas devient peu à peu de l'humus : une substance noire, grumeleuse, semblable à un bon compost de jardin. Cinq ans peuvent s'écouler avant qu'il soit nécessaire pour le propriétaire de retirer l'humus pour la première fois. Après cela il peut le retirer une fois par an. (La partie la plus grande du réceptacle n'est jamais vidée. Seule la matière qui passe sous la séparation entre la voûte de stockage et le reste du réceptacle est enlevée). La quantité d'humus produite varie de 10 à 30 litres par personne et par an.

Le nombre maximum d'utilisateurs dépend de facteurs tels que la température, l'humidité, la quantité et le type de rebut, la proportion des urines par rapport aux fèces, et le volume du réceptacle. Dans la plupart des cas le maximum d'utilisateurs par an, pour une toilette Clivus Multrum, est de 8 à 10 personnes.

Encadré 3.1 Les vers de terre dans une Clivus Multrum

Le compostage avec des vers de terre a toujours semblé une bonne idée. Car ces vers devraient jouer un rôle important dans l'écologie du compostage des excréta humains. Mais pendant les 15 premières années qui ont suivi l'introduction des Clivus aux USA, les vers (vers rouges) ont tout simplement refusé de vivre à l'intérieur du composteur... la question n'était pas que les conditions environnementales à l'intérieur des Clivus ne leur convenaient pas.... Aussi nous avons essayé de vaporiser quotidiennement avec de l'eau.... Les nouvelles conditions d'humidité étaient évidemment bonnes pour eux parce qu'ils se sont multipliés à un rythme extraordinaire. En 3 mois, ils étaient des milliers.

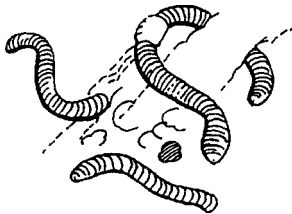


Figure 3.14 Vers de terre dans une toilette à compost.

L'effet des vers rouges sur le processus de compostage du Clivus Multrum a été remarquable. Excepté pour deux monticules sous les chutes des toilettes et des cuisines, le reste du matériel de compostage est plat - rendu plat par les vers, leur nombre recouvrant la surface entière. Nous observons que les vers préfèrent les rebuts de nourriture aux excréments, mais ils s'en accommodent également.

Outre une nourriture correcte, la clé du développement des vers rouges dans le composteur est le maintien d'une humidité régulière.

Rockefeller, A (1995) : Les Clivus Multrum aiment les vers, in Worm Digest, N° 8

L'humus provenant du Clivus Multrum possède les mêmes bactéries que le sol. En Suède, l'emploi direct de ce matériau en tant qu'engrais et conditionneur de sol est considéré comme sûr.

De nos jours le Clivus Multrum est utilisé non seulement dans les résidences secondaires, mais aussi dans les habitations permanentes, les institutions et les toilettes publiques. Environ 10000 toilettes de type Clivus Multrum sont en usage dans le monde⁸.

Si le Multrum est correctement construit et entretenu, il est garanti contre toutes nuisances. En raison de la non dérivation des urines et de la pente des parois, sauf dans les climats secs, il y a un risque que le liquide s'accumule au niveau inférieur de la voûte de compostage. Pour éviter ce problème, les secondes générations de Clivus Multrum ont un réservoir pour le stockage du liquide sous la chambre de compostage, voir figure 4.3.

3.2.2 La toilette par compostage à voûtes multiples "Carousel" de Norvège.

Le « Carousel », fabriqué par Vera Miljø A/S de Norvège, a longtemps été une des toilettes par compostage les plus populaires de ce pays, et plus de 30000 unités ont été fabriquées en Norvège et aux USA depuis 1972. Un modèle similaire est aussi fabriqué en Suède. A l'extérieur de la Scandinavie, la toilette de type Carousel est fabriquée en Australie sous le nom de "Rota-Loo". En plus de la commercialisation en Australie et en Nouvelle Zélande, un petit nombre – qui s'accroît – de Rota-Loo, est en usage dans quelques îles du Sud Pacifique.

La conception du « Carousel » est basée sur une voûte de traitement placée sous le sol, composée d'un réservoir extérieur cylindrique dans lequel un réservoir intérieur un plus petit est capable de tourner sur un pivot. Le réservoir intérieur est divisé en quatre parties (6 dans certains modèles). Celui en usage est positionné directement sous la chute des toilettes dans la salle de bains. Lorsqu'une partie est pleine, le réservoir intérieur tourne de manière à positionner une autre partie en dessous des toilettes. De cette manière, chaque partie se remplit au fur et à mesure. Le système est conçu pour qu'un an au moins soit nécessaire pour que toutes les parties soient remplies, lorsque l'utilisation reste dans les limites des capacités prévues. Après cela, lorsqu'une partie est pleine, le matériau de la partie précédente est évacué par une porte d'accès, de manière à libérer de l'espace pour du matériel frais. Le liquide est drainé à travers des trous dans le bas du réservoir intérieur vers le réservoir extérieur, d'où il peut s'évaporer ou être évacué sur un lit d'évapo-transpiration. Plusieurs unités de tailles et de capacités différentes sont disponibles à des prix variant de US\$ 1700 à 2300 (SEK 14,000 à 19,000).

Le Carousel est à la base une toilette à voûtes multiples. En tant que tel, il conserve les fèces frais et les fèces assainis séparément. Le même résultat peut être obtenu à un prix beaucoup plus bas, en utilisant une série de seaux déplacés manuellement au lieu d'un réservoir rotatif (voir aussi Figure 5.4).

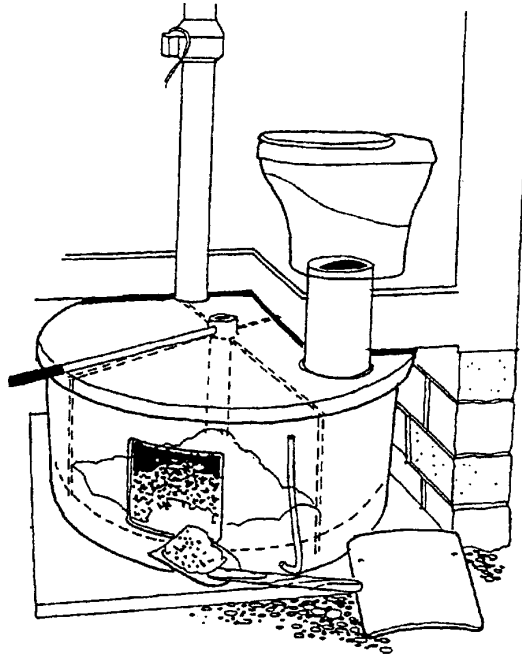


Figure 3.15 La toilette à compostage "Carousel" de Norvège

3.2.3 La toilette à compostage solaire « Sirdo Seco » du Mexique.

Un prototype de toilette par compostage à double voûte et chauffage solaire, a été testé en Tanzanie dans le milieu des années 1970. L'idée a été développée plus tard au Mexique où une unité préfabriquée, en fibre de verre, a été produite pendant plus de 15 ans. Comme les toilettes Viet Namiennes, le type mexicain est équipé d'un réceptacle divisé en deux bacs. Au-dessus de la cloison de séparation, il y a une chicane (voir figure 3.16). La chicane permet le passage de excréments vers l'un des bacs. Lorsque celui-ci est plein, la personne chargée de l'entretien des toilettes tourne la chicane à l'aide d'une poignée et dirige les excréments vers l'autre bac.

Un tuyau de ventilation, qui va du réceptacle jusqu'au dessus du toit, évacue les odeurs. Il y a un grillage au sommet du tuyau de ventilation qui agit comme un piège à mouches. Les deux bacs ont des couvercles faits de feuilles d'aluminium peintes en noir. Les couvercles sont tournés vers le soleil de manière à collecter le maximum de chaleur. Ceci augmente le taux l'évaporation dans les bacs ainsi que la température de la surface du tas de compost.

Chaque bac a un volume de 1.2 m³. Lorsque le tas a atteint la chicane, le responsable des toilettes peut déplacer le tas vers la partie inférieure du bac. Ceci signifie que les toilettes ne sont vidées qu'une fois par an (si 6 à 8 personnes les utilisent régulièrement). Lorsqu'elles sont correctement entretenues, ces toilettes ont une grande capacité et fonctionnent très bien. Il est facile de passer d'une fosse à une autre grâce à la chicane.

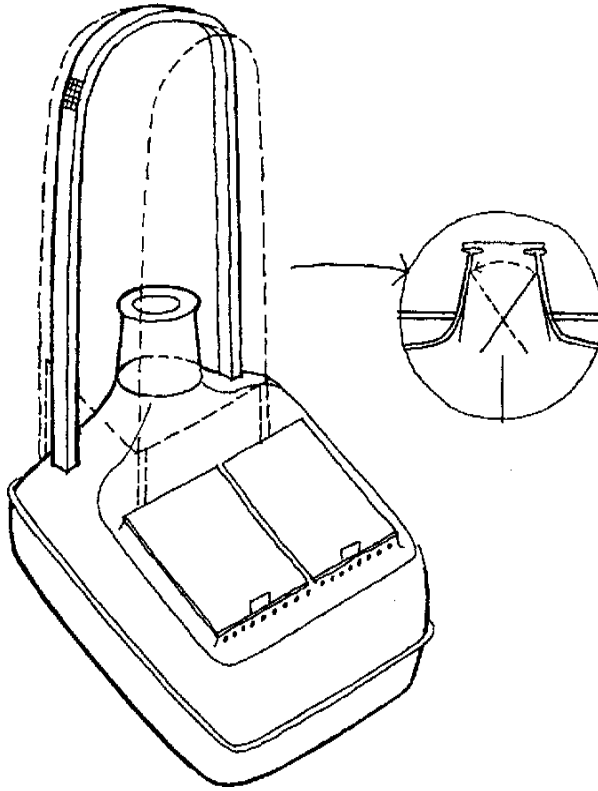


Figure 3.16 La toilette par compostage solaire , à double fosse, "Sirdo Seco" du Mexique. Toute la toilette, incluant la superstructure, est fabriquée en fibre de verre.

Le coût de la toilette préfabriquée en fibre de verre représentait en 1994 l'équivalent de US\$ 445 (1488 pesos mexicain). Le coût de la superstructure préfabriquée était de US\$109 (360 pesos mexicains)⁹.

Le «Sirdo Seco» a été utilisé avec de bons résultats au Mexique pendant plus de 15 ans. Un des avantages particuliers de ce modèle préfabriqué léger, est qu'il est mobile. Les personnes vivant dans des habitations provisoires peuvent être expulsées dans des délais très brefs. Si cela arrive, elles peuvent vider leurs toilettes et les emporter avec elles comme une pièce quelconque d'ameublement.

3.2.4 La toilette à bac mobile de Kiribati.

Dans une série de projets pilotes, une équipe du Centre pour les Etudes Environnementales de l'Université de Tasmanie et des personnalités locales ont testé avec succès plusieurs modèles de toilettes par compostage dans l'Île de Kiribati, dans le Pacifique.

L'un des modèles utilise deux poubelles standard en plastique montées sur roues d'une capacité de 240 litres comme bacs de compostage. Au fond de chaque bac, est placé un double fond de grillage qui permet au liquide d'être drainé vers le bas et de là par un tuyau vers un lit d'évapo-transpiration hermétique. L'air arrive dans le bac à travers une ouverture placée près du fond et entre en contact avec le fond du tas de compost à travers le grillage. En outre, des tuyaux d'aération perforés, installés verticalement le long des parois intérieures du bac contribuent à l'aération du tas.

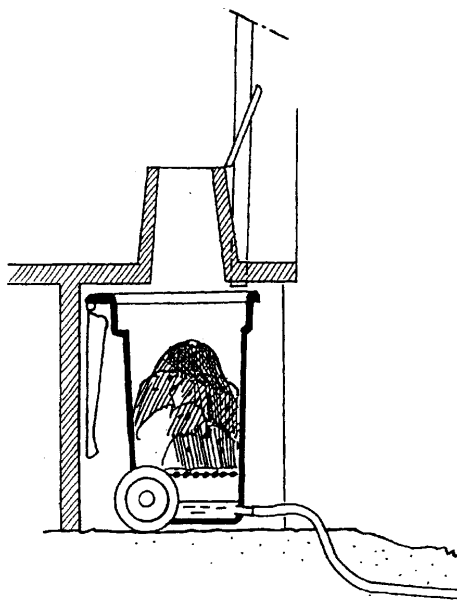


Figure 3.17 Une toilette par compostage avec séparation de liquide. La chambre de traitement est une poubelle standard en plastique montée sur roues et modifiée pour drainer à l'extérieur le liquide en excès.

L'un des bacs est placé sous le siège des toilettes pour recevoir les excréta, et est remplacé par un autre lorsqu'il est plein¹⁰.

Les premiers résultats de ces essais à Kiribati indiquent que ce modèle, même si l'atmosphère de l'île est très humide, a été un succès et a permis de produire un humus inoffensif.

3.2.5 La toilette CDD du Sud Pacifique.

Un système d'assainissement pour les petits états insulaires du Pacifique, développé par David del Porto de Greenpeace et le Centre pour le Développement Propre, est orienté sur une décharge-zéro plutôt que sur la dérivation et le recyclage des urines.

La toilette CDD consiste en deux chambre étanches construites sur le sol. Comme dans les autres toilettes à double voûte, les excréta sont déposés dans une des deux chambres alternativement, ce qui permet d'obtenir, après une période prolongée de compostage, de l'humus pour amender le sol.

Les excréta tombent sur une natte en feuilles de cocotier, installée sur un filet de pêche en nylon, suspendu à l'intérieur de la chambre de compostage, ce qui permet de séparer les solides des liquides. Ce "faux sol" permet à l'air de pénétrer dans le tas de compost de tous les côtés. Des écorces de noix de coco, de petits copeaux de bois, des feuilles et des déchets végétaux sont ajoutés périodiquement par le siège, ce qui à la fois fournit une source de carbone (énergie) et augmente la porosité du tas de manière que l'air y pénètre.

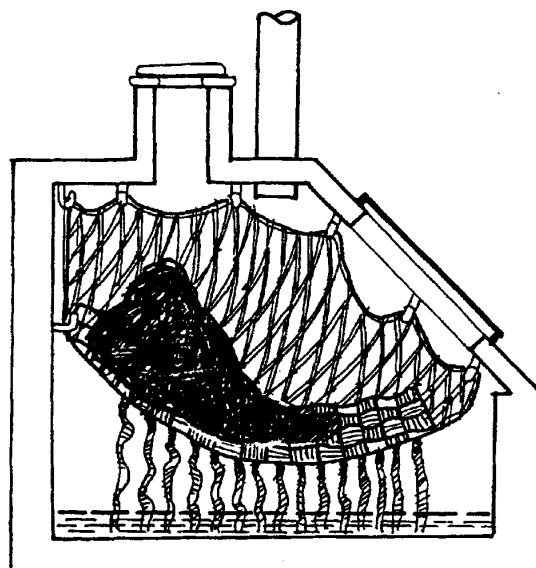


Figure 3.18 La toilette par compostage CDD, conçue pour les climats extrêmement humides du Sud Pacifique. Elle a un « faux sol » fait d'un filet de pêche pour séparer les liquides des solides, et des morceaux de vieux vêtements pour augmenter l'évaporation

Un tuyau d'aération de grand diamètre amène de l'air dans le tas par une ouverture située sous le filet le long du mur arrière de la fosse. Cet air aide aussi à l'évaporation des liquides accumulés sur le sol de la chambre de compostage. L'évaporation est alors accrue par des morceaux de vêtements en polyester ou fibre nylon (provenant de vieux vêtements), qui sont attachés au filet pour extraire le liquide du dessous, augmentant la surface exposée au courant d'air. Une autre solution est de drainer le liquide jusqu'à un lit d'évapo-transpiration (voir encadré 3.2 et chapitre 4.3).

Lorsque le tas de compost atteint le siège des toilettes, la voûte est fermée; le siège est déplacé jusqu'à l'autre voûte et la première est fermée avec un couvercle en béton lourd. Lorsque la seconde est remplie, le compost de la première est évacué pour être utilisé comme conditionneur de sol en ouvrant ou en sortant le filet entièrement. C'est

Encadré 3.2 La toilette CDD en Micronésie

En 1992, un prototype du modèle CDD construit en blocs de béton par Greenpeace et des participants locaux de l'île de Yap dans les Etats Fédérés de Micronésie a été utilisé régulièrement par 4 adultes et 3 enfants pendant un an. Quatre unités légèrement modifiées ont alors été construites par CCD en 1994 sur l'île de Pohnpei pour être utilisées par des familles individuelles de 6 à 12 personnes. Une inspection visuelle périodique indiquait que les solides de la chambre de digestion avaient subi une biodégradation, et que tous les liquides en excès s'étaient évaporés. Dans tous les cas, les utilisateurs ont manifesté leur satisfaction pour ces toilettes et disaient ne sentir aucune odeur. Ceci est particulièrement remarquable dans la mesure où le climat de Pohnpei est humide, et où la pluviométrie est de près de 5000 mm par an.

A partir de Mai 1997, une inspection visuelle et des interviews des propriétaires conduites par un membre de l'équipe, permettaient de rapporter que les quatre toilettes CDD fonctionnaient de façon satisfaisante. Il est à remarquer que sur les quatre unités de démonstration, pour l'une d'elles, plus de deux ans se sont écoulés avant qu'il soit nécessaire de passer à la seconde chambre de digestion, ce qui démontrait une capacité plus importante que celle qui était prévue. Le gouvernement national des Etats Fédérés de Micronésie a construit au moins 40 unités supplémentaires à Pohnpei et l'Agence Nationale de l'Environnement a indiqué son intention de les utiliser dans des zones sensibles sur le plan de l'environnement.

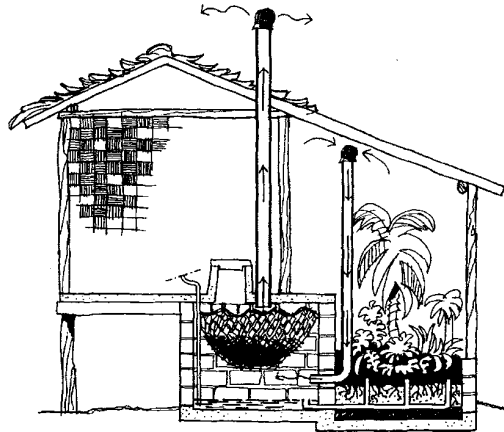


Figure 3.19 La toilette à compostage CDD accolée une serre et à un lit d'évapo-transpiration

le seul réel entretien exigé en dehors de l'ajout régulier de matériau de volume et du nettoyage périodique du siège avec du savon et une petite quantité d'eau. Jusqu'à présent l'expérience a montré qu'il fallait un an à une famille de 10 personnes pour remplir une chambre de compostage¹¹.

L'expérience menée jusqu'à présent indique, qu'avec un système de type CDD, il est possible d'atteindre un degré d'évaporation du liquide et un fonctionnement sans entretien qui n'a jamais été rapporté dans aucune autre toilette à compostage dans un environnement humide. Toutes les unités de démonstration ont atteint un degré de pollution zéro après au moins un an et demi de fonctionnement. La toilette CDD présente des perspectives prometteuses pour un assainissement écologique lorsque la contamination environnementale est une donnée importante, et même dans un habitat où l'on ne peut attendre un grand degré d'entretien, à condition qu'un approvisionnement suffisant en agents organiques, tels que les feuilles, les résidus végétaux, les écorces de noix de coco et les copeaux de bois, soit disponible. En raison de la faible quantité de compost généré et dans la mesure où l'urine n'est pas disponible comme engrais, cette technique ne peut être considérée comme une technologie appropriée dans les zones où le recyclage des nutriments est la motivation première pour un système d'éco-assainissement.

3.2.6 La toilette à double voûte en Inde.

Au Kerala, en Inde, le système d'assainissement Viet Namien a été adapté à une population de "laveurs". Non seulement les urines, mais aussi l'eau utilisée pour le nettoyage anal sont dérivées - dans ce cas sur une roselière d'évapo-transpiration placée à côté des toilettes. La voûte est doublée de paille avant l'utilisation. Ceci constitue un lit riche en carbone pour recevoir les fèces et absorber l'humidité. Une poignée de cendres est versée sur les fèces après chaque utilisation. Parfois, un peu de paille, des feuilles et des déchets de papier sont ajoutés, ce qui signifie qu'il s'agit d'un processus de décomposition plutôt que de déshydratation. La réduction du volume du contenu de la fosse confirme que la décomposition se produit. La première voûte est ouverte après un an ou plus de fonctionnement.

Le lit d'évapo-transpiration exige très peu d'entretien. La seule nécessité est de contrôler la croissance des plantes; elles seront coupées en petits morceaux et ajoutées à la chambre de traitement.

Une toilette sèche, au-dessus du sol, a été choisie parce que la nappe phréatique dans cette zone est haute et les puits ont été précédemment contaminés par des suintements des toilettes à fosse et à chasse d'eau. Le nouveau système a été prudemment introduit sur les trois dernières années : jusqu'ici 135 ménages dans un certain nombre de villages ont été équipés. Beaucoup de toilettes ont été construites à proximité des maisons, car il y a très peu d'espace disponible. Dans certains cas, elles ont été construites directement contre le mur de la maison. Les résultats sont encourageants : les toilettes sont bien entretenues et il n'y a ni odeur, ni mouche. Leur coût est d'environ US\$100 (INR 4500), y compris la superstructure¹².

Cet exemple est intéressant car il montre qu'un système d'assainissement sec peut très bien fonctionner dans un climat humide où les utilisateurs sont des "laveurs". Il montre aussi que le dispositif (une toilette à double voûte avec une dérivation pour les urines) qui fonctionne au Viet Nam par un processus de déshydratation, peut aussi fonctionner par décomposition avec un modus operandi différent (addition de matière riche en carbone). La clé du succès est la motivation de la population locale, spécialement les femmes, une éducation à l'hygiène efficace et un suivi régulier.

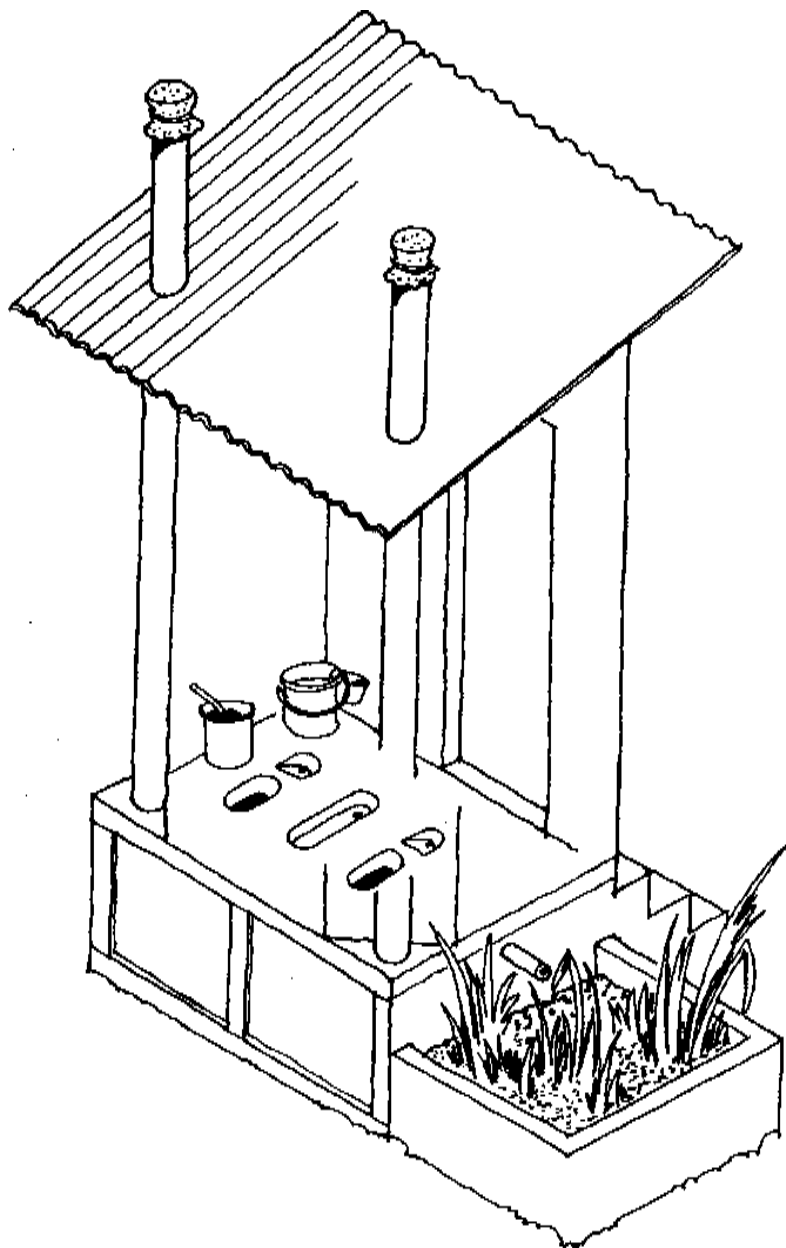


Figure 3.20 La toilette à double voûte du Kerala. Au-dessus de chaque voûte il y a un trou pour les fèces et un tuyau pour les urines. Entre les deux voûtes, il y a un caniveau permettant le nettoyage anal. L'eau utilisée pour le nettoyage et les urines sont dirigées sur un lit d'évaporation planté de courge amère, de plantain et de Cana Indicus.

4. FAIRE FONCTIONNER L'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE

Les systèmes d'assainissement écologique décrits dans le chapitre 3 ne sont ni largement connus, ni bien compris. Ils ne peuvent être reproduits sans une compréhension claire du mode de fonctionnement et des raisons d'un mauvais fonctionnement éventuel. Ces systèmes comportent plusieurs caractéristiques peu connues, telles que des sièges et des dalles conçus pour permettre la dérivation des urines, ce qui soulève un certain nombre de questions d'ordre culturel. En outre, ils exigent davantage de promotion, de support, d'éducation et de formation que les fosses ordinaires, les latrines améliorées à fosse ventilée ou les toilettes à chasse d'eau.

On a beaucoup appris sur les systèmes d'assainissement écologique par les expériences menées avec les nombreuses unités existant dans le monde aujourd'hui. Au Nord Viet Nam, des centaines de milliers de ménages en zone rurale possèdent des toilettes à double voûte et en recyclent le produit pour l'agriculture. Au Mexique et en Amérique Centrale, des dizaines de milliers d'unités de type similaire (toilette LASF) sont en service, et aux Etats Unis et en Suède il y a plusieurs milliers de dispositifs Clivus Multrum ou d'équipements similaires. Au Ladakh et au Yémen, il y a des centaines de versions traditionnelles de ces équipements. Les expériences menées comportent des succès et des échecs, et des leçons peuvent être tirées des deux.

Dans ce chapitre, nous décrirons les caractéristiques de conception et de gestion des systèmes d'assainissement écologique, de façon à éviter les erreurs, et nous suggérerons les stratégies de promotion et de support qui ont prouvé qu'elles sont indispensables pour le bon fonctionnement de ces systèmes. Nous commencerons, dans la section 4.1, par traiter des aspects non familiers et délicats de ces systèmes, afin que le lecteur puisse mieux apprécier la nécessité d'envisager avec soin, à la fois les options de conception et de gestion et les aspects de promotion et de support qui s'ensuivent.

4.1. Histoires d'avertissement

4.1.1 *Les aspects non familiers*

L'aspect le plus étrange des options de l'assainissement écologique est probablement le fait qu'il exige de la part des ménages, certaines manipulations du produit. Dans divers endroits du monde, des préoccupations ont été exprimées à propos de l'acceptabilité culturelle et des aspects sanitaires de cette manipulation. Tandis que certaines cultures ne trouvent rien à redire à la manipulation des excréta humains (ce que nous appelons des cultures féco-philés), d'autres trouvent cela polluant et répugnant (nous les appelons féco-phobes). La plupart des cultures se situent probablement entre ces deux extrêmes, et notre expérience a montré que lorsque les gens voient par eux-mêmes comment fonctionne un assainissement écologique bien entretenu, la plupart de leurs réserves tombent. Nous ne pouvons, dans ces conditions, présupposer de la réaction d'une culture donnée, mais plutôt faire un essai et jauger la réaction.

Un point très important au sujet de la manipulation est, qu'une fois l'assainissement écologique lancé, lorsque des centaines ou des milliers d'unités sont en service dans les

villes, les utilisateurs individuels n'ont plus besoin de manipuler ces produits. A cette échelle, les produits des toilettes d'éco-assainissement peuvent être collectés, traités et vendus par des voisins ou centralisés dans des centres de collectes par un personnel formé.

Un second aspect culturel, qui provoque des débats, est le point de savoir si les toilettes écologiques seront correctement utilisées dans les cultures où le lavage après la défécation est rendu obligatoire par la tradition et la religion. On estime que ces cultures exigeront toujours que les utilisateurs se lavent au-dessus de la fosse, et ces apports d'eau nuiront rapidement au délicat processus qui se déroule à l'intérieur. Ce souci est dépassé lorsqu'on se familiarise avec les pays où ces systèmes sont utilisés. Dans deux cultures musulmanes, au Yémen et à Zanzibar, où les systèmes d'éco-assainissement sont traditionnels, le lavage a lieu à l'écart de l'ouverture des toilettes. Ceci se fait par tradition, car les principes qui sous-tendent les systèmes secs l'exigent ainsi. Dans la mesure où cela ne pose pas de problèmes dans ces sociétés traditionnelles (voir l'exemple du Yémen, section 3.1.6), il n'y a pas de raison de croire que des problèmes insurmontables se poseront dans d'autres cultures de "laveurs". L'exemple de l'Inde (3.2.6) montre qu'un tel changement de comportement par rapport aux toilettes est en réalité possible.

Les sièges de toilette et les dalles conçues pour la dérivation des urines sont l'unique innovation destinée à conserver sec le contenu des fosses et, dans certains cas, de permettre aux urines d'être utilisées comme engrais. Cette notion est si étrangère dans la plupart des endroits du monde, que les nouveaux utilisateurs de ces systèmes trouvent souvent difficile de croire que cela puisse fonctionner correctement. Les nouveaux utilisateurs remarquent parfois qu'ils ne croient pas que ces systèmes puissent être utilisés par les hommes. D'autres font les mêmes remarques pour les femmes. L'expérience a montré que ces modèles fonctionnent aussi bien pour les deux sexes, dans la mesure où ils s'assoient ou s'accroupissent (voir figure 2.4). Certaines communautés ont conçu leurs toilettes avec des urinoirs séparés pour les hommes, afin que ceux qui préfèrent uriner debout n'utilisent pas les sièges ou les dalles.

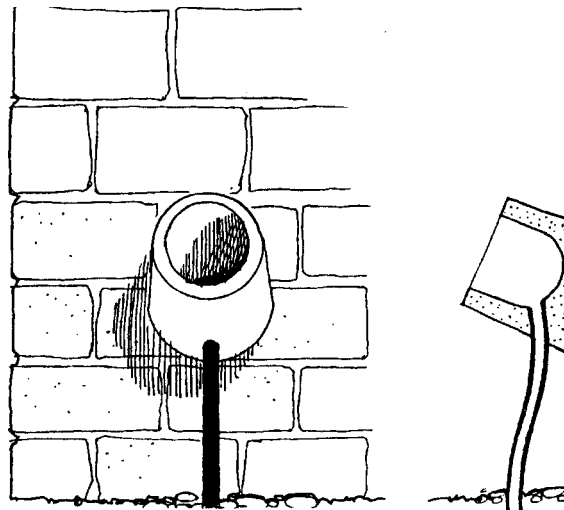


Figure 4.1 Les toilettes LASF en Amérique Centrale sont souvent équipées d'urinoirs séparés.

Les sièges et les dalles de grande taille, cependant, posent parfois des problèmes particuliers pour les petits enfants, et certains modèles sont conçus de manière à pouvoir abaisser un petit siège sur le grand.

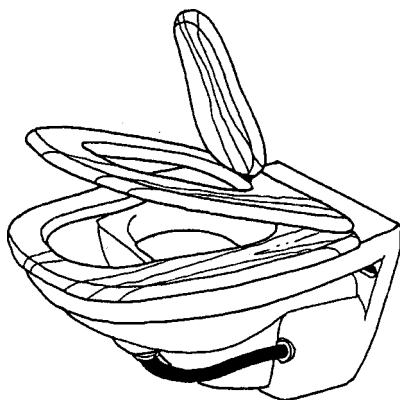


Figure 4.2 La toilette suédoise avec une dérivation des urines, « Dubbletten », a un couvercle avec un trou plus petit pour les enfants.

Les sceptiques prétendent souvent que l'éco-assainissement est une alternative de bas de gamme, qu'il permet les odeurs, les mouches et qu'il est incompatible avec la vie moderne. Dans de nombreuses cultures, les toilettes sont placées loin de la maison, au fond du jardin, près de la porcherie. Elles sont grossièrement finies, obscures et pas très propres. Cette toilette de bas de gamme a donné aux systèmes d'assainissement écologique une mauvaise image. C'est un souci valable, car comme cela a été mentionné plusieurs fois ailleurs dans ce livre, les systèmes d'éco-assainissement sont plus sensibles à une mauvaise conception et une gestion défectueuse que les autres options d'assainissement sur place telles que les toilettes à fosse. Si elles ne sont pas conçues et gérées correctement, en tenant compte des conditions naturelles, de la culture et du processus, elles peuvent être déplaisantes et ne pas atteindre les objectifs de santé et de protection de l'environnement qu'elles visent. Cependant, une fois que les nouveaux utilisateurs se familiarisent avec les différentes options et les voient dans la pratique lorsqu'elles sont conçues, construites et gérées correctement, ils réalisent que l'éco-assainissement peut être une option moderne et de haut niveau. Des versions sophistiquées pour les ménages riches ont été développées en Europe et en Amérique du Nord. Elles sont très attirantes et placées dans la salle de bains; ainsi l'image change complètement. De tels systèmes, plutôt que d'être considérés comme inférieurs, doivent être vues comme des alternatives supérieures : ils protègent l'environnement comme aucune autre toilette ne le fait.

Le souci a été exprimé que ces systèmes soient trop chers pour les ménages à faible revenu des pays en développement. Les systèmes d'éco-assainissement ne coûtent pas plus cher que les systèmes conventionnels. Dans la plupart des cas il est possible de trouver ou de développer une option d'éco-assainissement entrant dans le budget de l'utilisateur. Certains systèmes d'assainissement écologiques sont sophistiqués et chers, alors que d'autres sont relativement simples et peu coûteux. Il y a souvent un compromis à trouver entre le coût et le fonctionnement : les solutions peu onéreuses signifient plus de manipulation et de soin dans l'entretien du système d'assainissement - alors que dans des solutions plus onéreuses les manipulations et l'entretien peuvent être réduits.

Les systèmes d'éco-assainissement ne sont pas onéreux à construire, car:

- L'ensemble du système est construit au-dessus du sol - il n'y a donc pas besoin de creuser profondément et d'aménager des fosses.
- Les urines sont séparées ; pas d'eau pour chasser les solides et le volume de la voûte de traitement est relativement faible (puisque'elle est vidée périodiquement).
- Le contenu de la chambre de traitement est sec, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire de construire à grands frais des conteneurs étanches.

Enfin, les personnes qui n'ont pas l'expérience de ces options ne peuvent imaginer comment elles peuvent être utilisées dans les habitations à plusieurs étages. Cependant, ceci a été réalisé avec succès en Suède et n'est pas si mystérieux après tout (voir figure 4.3).

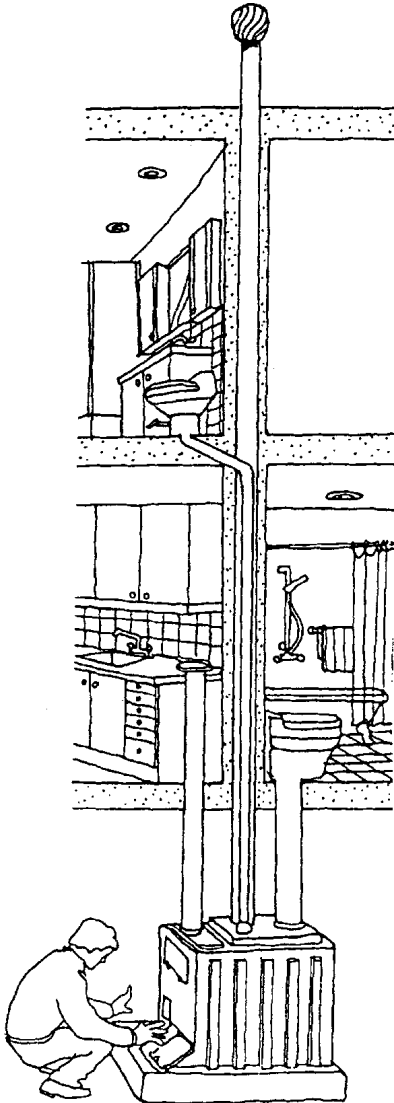


Figure 4.3 Un système Clivus Multrum dans une habitation à plusieurs étages. La salle de bains du niveau le plus bas a des toilettes sèches avec une chute directe dans la chambre de traitement. La cuisine possède une autre chute pour les rebuts ménagers organiques. La salle de bains du plus haut niveau a des toilettes avec une chasse minimum.

4.1.2 Sensibilisation à ces systèmes

Les solutions d'éco-assainissement sont plus complexes que les systèmes à fosse sèche mais infiniment moins complexes que le tout à l'égoût. Les avantages potentiels de l'assainissement écologique ne peuvent être réalisés que dans la mesure où le système fonctionne correctement. Le risque existe, particulièrement avec un nouveau concept, que ceux qui établissent le plan et la conception et exécutent la construction, ne comprennent pas complètement les principes de base sous-jacents et comment ils sont liés aux conditions locales. Cela peut conduire à la sélection d'un système ou d'options au sein du système, qui ne conviennent pas aux conditions climatiques ni socio-économiques. Si un système correct est mis en place, les raisons d'échec les plus courantes sont l'absence de participation des usagers, le manque de compréhension du fonctionnement du système, des matériels défectueux et une main d'œuvre incompétente, et un entretien incorrect.

Absence de participation

Une recette certaine pour l'échec d'un programme d'assainissement écologique est de le mettre en place sans la participation des usagers concernés et sans une information correcte. L'exemple ci-dessous en est une illustration parfaite :

En 1992-94, dans un projet financé par la BID par l'intermédiaire du Fond Social d'Investissement, le Gouvernement du Salvador avait construit 50263 toilettes de modèle LASF. L'investissement total avait été de US\$ 12.5 millions. Les toilettes avaient été construites par des entrepreneurs sans participation de la communauté et sans, ou avec très peu, de formation de la communauté.

Une enquête menée en 1994 sur un échantillon de 6380 familles a montré que 39% des toilettes étaient utilisées de façon adéquate, 25% l'étaient de manière inadéquate et 36% n'étaient pas utilisées du tout¹.

Ces conclusions ont conduit au développement d'une stratégie d'éducation à l'hygiène, centrée sur une éducation personnalisée de tous les membres de la famille, au moyen de visites à domicile, de la participation des organisations de femmes à la mise en place de tout le processus éducatif, du matériel pédagogique et d'un contrôle et d'une évaluation conviviaux.

L'impact de ce modèle d'éducation sanitaire a été significatif. Après l'achèvement du premier module d'éducation, le pourcentage d'usage correct atteignait 72%, et le nombre des toilettes mal utilisées ou pas utilisées du tout régressait jusqu'à 18% et 10% respectivement².

La leçon à retenir de tout ce processus est que les problèmes de non-utilisation ou de mauvaise utilisation ne proviennent pas de la technologie en soi, mais sont le résultat de l'interaction entre la technologie et l'utilisateur. Aussi, la promotion de ce type de technologie doit-elle se faire sur une base individuelle et familiale, afin de pouvoir donner des conseils sur place. La nécessité de changements de comportement, l'utilisation et l'entretien corrects doivent être soulignés.

Le cas du Nord Viet Nam (voir section 3.1.1) pose un problème spécial, en raison de la prévalence relativement élevée de parasites intestinaux. Dans le Sud Viet Nam, les toilettes à double voûte ne sont pas courantes et la prévalence des parasites intestinaux est beaucoup plus faible. A partir de ces données, certains observateurs ont conclu que le haut niveau d'infestation parasitaire est dû à l'utilisation de toilettes à double voûte.

Une explication plus probable est qu'au Nord Viet Nam, il est de tradition d'utiliser les fèces fraîches comme engrais, beaucoup plus que dans le sud, et alors que beaucoup de familles utilisent leurs toilettes à double voûte correctement, d'autres ne le font pas. Une utilisation impropre implique que les fèces fraîches sont retirées des toilettes lorsqu'on en a besoin dans les champs. Les œufs des parasites sont également disséminés par la défécation à l'air libre des enfants infestés, par l'absence de lavage des mains et par des pratiques peu soigneuses dans la manipulation des aliments. Ce problème a été reconnu au Viet Nam où la campagne d'éducation sanitaire associée à ces toilettes doit être renouvelée. La leçon tirée de l'exemple du Viet Nam est que l'éducation sanitaire doit être un processus continu et probablement combiné à un déparasitage massif de la population rurale. Avec un suivi et une éducation à long terme, comprenant une insistance particulière sur les autres voies de contamination tels que les mains, les aliments et la manipulation des fèces des petits enfants, le problème devrait finalement disparaître.

Manque de compréhension

L'assainissement est un sujet complexe. La matière brute avec laquelle nous travaillons est potentiellement mortelle et, si elle n'est pas gérée correctement, elle est source de considérable nuisance. L'assainissement est aussi un thème qui est entouré de tabous dans de nombreuses cultures. Au cours des années, nous avons rencontré un certain nombre de cas où les systèmes d'éco-assainissement ont échoué en raison de l'ignorance et du manque d'expérience.

Lorsqu'un système écologique correctement choisi et bien construit échoue, l'erreur la plus commune est l'excès d'humidité. Dans un système basé sur la déshydratation, l'humidité du contenu de la chambre de traitement devrait être réduite rapidement jusqu'à moins de 20%. Si ce taux est atteint, il n'y a pas d'odeur, pas de mouche et la destruction des germes pathogènes est très rapide. Si le contenu, pour diverses raisons, reste humide, il sentira mauvais, les mouches et autres insectes proliféreront et les organismes pathogènes survivront plus longtemps.

Dans un système basé sur la décomposition, l'humidité correspondante devrait idéalement être située entre 50% et 60%. Si le contenu de la chambre de traitement devient trop humide, le processus de décomposition ralentira, le tas de compost sentira mauvais, il y aura des mouches et les organismes pathogènes survivront plus longtemps.

La présence de mouches dans les toilettes est fondamentalement liée à l'humidité du contenu de la chambre de traitement. Dans un système de déshydratation fonctionnant correctement, il ne devrait pas y avoir de mouches, mais s'il se passe quelque chose d'anormal et que le contenu devient trop humide, les mouches vont se multiplier. Le risque de mouches est plus grand dans un système de compostage pour deux raisons : le processus se produit dans un milieu beaucoup plus humide, et les œufs de mouches peuvent être introduits dans la chambre de traitement avec les rebuts de la cuisine.

La destruction des germes pathogènes est l'objectif clé de l'éco-assainissement. En cas de dysfonctionnement ou d'une utilisation défectueuse du système d'éco-assainissement, les organismes pathogènes peuvent survivre et, par l'intermédiaire du recyclage inadéquat des fèces, peuvent être répandus dans l'environnement.

Matériaux et exécution défectueux

Les systèmes d'éco-assainissement ne sont pas plus sensibles à une mauvaise exécution et à des matériels défectueux que n'importe quel autre système d'assainissement. Dans certains cas, ils sont moins sensibles car il s'agit de processus secs et les volumes manipulés sont comparativement petits. Les erreurs communes sont la présence d'eau dans la chambre de traitement, des fuites dans les conduites des urines et des tuyaux d'aération bouchés³.

Dans les bidonvilles des faubourgs de Cuernavaca, à Morelos, Mexique, un groupe de voisins a fait une demande de crédit auprès du Département d'Etat des Travaux Publics pour construire des toilettes sèches. Bien que la pétition ait été finalement approuvée, le département a "sous-livré" le matériel (c'est à dire qu'il l'a volé), et a remplacé les maçons habilités par ses "propres" ouvriers non-habilités et peu payés (et a ainsi volé également l'argent destiné au paiement de la main-d'oeuvre). Le résultat a été que les toilettes ont été laissées inachevées et mal construites; les résidents étaient déçus et avaient des doutes sérieux sur les toilettes en question⁴.

Fonctionnement incorrect

De nombreux systèmes d'éco-assainissement échouent en raison d'un entretien incorrect. Cela survient en général parce qu'ils sont perçus simplement comme de nouveaux dispositifs plutôt que comme des systèmes à part entière dont les composants sont interactifs tels que les conditions naturelles, la société, le processus et les dispositifs (voir chapitre 1.3). Les nouveaux dispositifs ont souvent été installés sans que l'on ait apporté une attention suffisante à l'éducation et à l'assistance technique permanente qui sont nécessaires pour que les usagers comprennent et acceptent de faire ce qui est nécessaire pour que les systèmes fonctionnent.

Toutes les technologies d'assainissement exigent un certain entretien pour fonctionner correctement. Les grands systèmes de tout à l'égout avec des stations de traitement centralisées, par exemple, doivent être constamment entretenus par du personnel professionnel. Cependant, dans la mesure où dans les systèmes d'éco-assainissement, la plus grande partie du processus a lieu sur place, et en raison de la plus grande complexité du recyclage et de l'assainissement des excréta humains, que leur simple évacuation en tant que déchets, les moyens d'éco-assainissement exigent en général un plus haut niveau d'entretien par les usagers que les toilettes conventionnelles à chasse d'eau ou à fosse.

Le niveau d'entretien exigé par les usagers des systèmes d'éco-assainissement varie beaucoup, selon la conception, le climat et autres conditions locales. Un système bien conçu peut réduire le besoin d'un entretien intensif, et les tâches exigées ne sont pas onéreuses. Par exemple, les systèmes basés sur le compostage exigent souvent l'addition régulière d'agents de volume et une vérification périodique des tuyaux de ventilation pour s'assurer qu'ils ne sont pas bouchés. Certains systèmes peuvent exiger le transfert des solides traités partiellement dans une zone de traitement secondaire. De nombreux systèmes exigent que les sièges des toilettes ou les trous des dalles soient fermés lorsque les toilettes ne sont pas utilisées. Tous les systèmes exigent une inspection périodique et l'évacuation des produits finis. L'élément commun le plus important dans l'entretien des systèmes d'éco-assainissement est que l'utilisateur doit s'assurer du fonctionnement correct. Il est cependant important de noter que de nombreuses fonctions telles que la vidange des toilettes, le transport et le traitement secondaire peuvent être effectuées par

des services spécialisés, soit un service public, soit une entreprise privée. Des contrats de service minimiseront la charge pour les ménages et permettront aux administrations municipales de garantir un niveau fonctionnement et d'entretien satisfaisant.

Non utilisation

L'alternative à l'utilisation d'un dispositif d'assainissement est la défécation en plein air. La non utilisation est donc un risque potentiel pour la santé publique. Il peut y avoir de nombreuses raisons à la non utilisation : le concept d'éco-assainissement peut ne pas être accepté par les usagers, il peut être mal compris ou rejeté en raison du dysfonctionnement ou de la difficulté d'utilisation du système. Les facteurs importants pour l'acceptation sont les attitudes traditionnelles, les habitudes et tabous liés à la défécation et aux excréta humains.

4.2. Caractéristiques de conception et de gestion de l'éco-assainissement

Les exemples du chapitre 3 montrent qu'au sein de tout le concept d'éco-assainissement, il y a une variété de choix. Le propos de cette section est d'abord de permettre un survol des possibilités pour le traitement des liquides et la stérilisation des solides, et deuxièmement de discuter sur un certain nombre d'options.

4.2.1 Concernant les liquides

La première question à se poser lorsque l'on conçoit un système d'éco-assainissement est de savoir si les urines doivent être séparées, ou si les urines et les fèces seront recueillies ensemble dans un seul receptacle. Si cette dernière approche l'emporte, l'efficacité du processus exigera, à peu d'exceptions près, la séparation ultérieure de l'urine et des autres liquides. Nous avons ainsi trois options de départ : la séparation des urines, la séparation des liquides et le processus combiné.

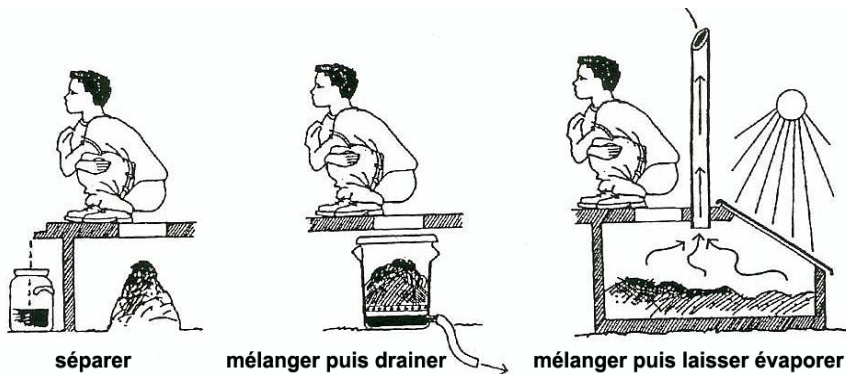


Figure 4.4 Les systèmes d'assainissement écologique ont trois options concernant les liquides : la séparation des urines, la séparation des liquides et le processus combiné

La séparation des urines

Il existe au moins trois bonnes raisons pour ne pas mélanger les urines et les fèces: il est plus facile d'éviter l'excès d'humidité dans la chambre de traitement, l'urine reste relativement exempte d'organismes pathogènes, et l'urine non contaminée est un excellent engrais. Le problème est que la séparation de l'urine exige un siège conçu spécialement ou une dalle qui soit fonctionnellement fiable et socialement acceptable.

L'idée de base pour éviter le mélange des urines et des fèces est simple : la personne qui défèque doit s'asseoir ou s'accroupir au-dessus d'une sorte de mur de séparation de manière à ce que les fèces passent derrière le mur et les urines devant. L'idée de ne pas mélanger les urines et les fèces n'est pas nouvelle. Dans certains endroits de Chine, des toilettes simples avec séparation des urines sont en service depuis des siècles (figure 4.5) et ces dernières années, une entreprise près de Beijing a commencé la production de dalles en porcelaine avec séparation des urines (figure 2.4).

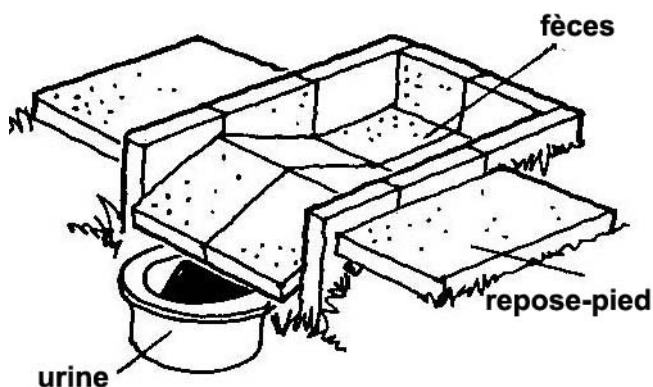


Figure 4.5 Une toilette traditionnelle avec séparation des urines en Chine. Les urines sont collectées dans une jarre et utilisées comme engrais liquide pour les végétaux (les fèces sont retirées quotidiennement et versées sur un tas de compost)

En Amérique latine et en Scandinavie, la même approche a été adaptée aux diverses toilettes avec sièges dans les maisons privées aussi bien que dans les institutions et les toilettes publiques³.

Une fois collectées, les urines peuvent s'infiltrer dans une fosse ou un lit d'évapotranspiration, être utilisées le même jour pour l'irrigation ou stockées sur place et collectées plus tard (voir chapitre 4.3 et figure 2.6).

Séparation des liquides

Les systèmes basés sur la séparation des liquides n'exigent pas de conception particulière des sièges ou des dalles. Les urines, les fèces et, dans certains systèmes, une petite quantité d'eau, sont évacuées dans le même orifice. Les liquides et les solides sont alors séparés, par exemple dans un "Aquatron", fixé au sommet de la fosse de traitement (voir figure 4.6). Ce moyen, développé en Suède, n'a pas de partie mobile, et utilise simplement la vitesse de la chasse pour projeter le liquide sur le mur intérieur d'un dispositif en forme de beignet, tandis que les solides tombent, dans un trou situé au milieu.

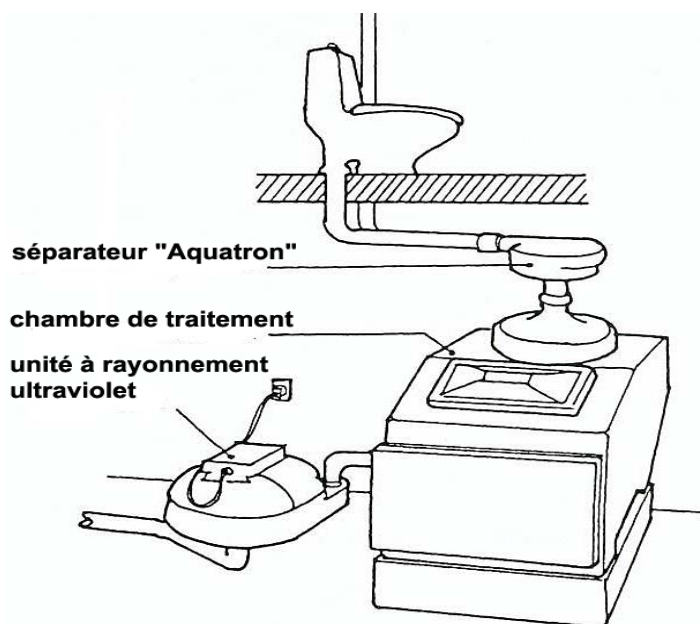


Figure 4.6 Le dispositif "Aquatron" pour la séparation des liquides et des solides d'une toilette à chasse minimum. Le séparateur est placé au sommet de la chambre de traitement (compostage). Les liquides sont assainis par des rayons ultraviolets

Une autre possibilité est de drainer la voûte à travers un filet ou un faux sol de grillage (voir figure 3.17).

Dans la mesure où les liquides ont été au contact des fèces, ils doivent être stérilisés ou traités d'une façon ou d'une autre avant d'être recyclés comme engrais.

Processus combiné

Dans des conditions climatiques d'extrême sécheresse ou lorsque de grandes quantités de matériau absorbant sont ajoutées, il est possible de traiter les liquides et les solides en même temps. Dans ce cas aussi, les urines, les fèces et, dans certains systèmes, une quantité d'eau limitée, sont évacuées dans le même trou. Normalement, nous ne recommandons pas cette approche, car il y a de grandes chances que le contenu de la chambre de traitement s'humidifie et devienne malodorants.

4.2.2 Déshydratation versus décomposition

Le traitement primaire dans un système d'éco-assainissement est soit la déshydratation, soit la décomposition, soit une combinaison des deux. Le but du traitement primaire est de détruire les organismes pathogènes, d'empêcher les nuisances et de faciliter le transport ultérieur, le traitement secondaire et l'utilisation finale.

La déshydratation

La déshydratation signifie la réduction de l'humidité du contenu de la chambre de traitement jusqu'à moins de 25% par l'évaporation et l'ajout de matériaux secs (cendres, sable, copeaux). Ni eau, ni matière végétale humide ne doivent être ajoutées dans la fosse de traitement. Il y a peu de réduction en volume en raison de l'ajout de matériaux secs et une décomposition minimale des matières organiques. Le résidu friable qui reste lorsque les fèces sèches sont extraites n'est pas du compost, mais plutôt une sorte de paillis riche en nutriments, carbone et matière fibreuse.

La déshydratation est une manière efficace de détruire les organismes pathogènes, particulièrement les œufs d'helminthes, car elle les prive de l'humidité nécessaire à leur survie (voir section 2.1.2). Avec un taux d'humidité aussi réduit, il n'y a ni odeur, ni mouche. Dans la mesure où il y a une faible destruction des matières organiques, les papiers de toilettes et autres éléments déposés dans la fosse de traitement ne se désintègreront pas en raison du temps de stockage limité. Le papier toilette peut cependant être soit manipulé séparément, soit composté lors d'un traitement secondaire.

Les systèmes d'assainissement basés sur la déshydratation exigent une séparation des urines et de l'eau utilisée pour le nettoyage anal. Ces systèmes sont particulièrement conseillés dans les climats secs, mais ils peuvent aussi fonctionner dans des climats humides (voir section 3.1.4), avec de simples dispositifs de chauffage solaire.

La décomposition

La décomposition (compostage) est un processus biologique complexe dans lequel les substances organiques sont minéralisées et transformées en humus. Idéalement, la décomposition exige un taux d'humidité autour de 60% dans le tas de compost. S'il est beaucoup plus bas, le processus s'arrête car les organismes impliqués dans le processus se trouvent privés d'eau. S'il est beaucoup plus haut, le processus se ralentira car les organismes seront privés d'oxygène. Elle exige également un taux de carbone par rapport à l'azote d'environ 30:1, ce qui signifie que nous devons ajouter des matières carboniques (sable, déchets de cuisine, papier toilette, mauvaises herbes, déchets de tonte).

Un compostage à haute température (avec des températures atteignant plus de 60°C) détruira effectivement la plupart des organismes pathogènes, mais de telles températures sont difficiles à atteindre dans les toilettes par compostage. Le volume de matière est trop petit, il tend à être trop compact et il est difficile et déplaisant de retourner le tas pour aérer la partie centrale. Heureusement d'autres facteurs dans l'environnement du compost aident à la destruction des germes pathogènes, à savoir, le temps, une valeur défavorable du pH, la compétition pour la nourriture, l'activité antibiotique et les éléments toxiques produits par les organismes en décomposition. La plupart des toilettes par compostage sont conçues pour des temps de rétention de 8 à 12 mois.

4.2.3 Autres options techniques

Dispositifs de chauffage solaire

Les dispositifs de chauffage solaire sont fixés aux chambres de traitement des toilettes pour augmenter l'évaporation. Ceci est plus important dans les climats humides et là où les urines et l'eau sont mélangés aux fèces. C'est aussi plus important dans un système basé sur la déshydratation plutôt que dans un système basé sur le compostage.

Les dispositifs de chauffage solaire utilisés dans certains systèmes décrits dans le chapitre 3 consistent en une feuille métallique peinte en noir placée sur la partie de la chambre de traitement exposée au soleil. Cette feuille métallique est également souvent le couvercle de la chambre de traitement (voir figures 3.8, 3.9, 3.10 et 3.16).

Le dispositif de chauffage solaire doit être étanche afin d'empêcher l'eau et les mouches de pénétrer dans les chambres de traitement.

Voûte simple ou double

La plupart des toilettes par compostage ou par déshydratation fabriquées dans les pays scandinaves ou en Amérique du Nord sont de type voûte simple. La préoccupation primordiale, avec un système à voûte simple, est la présence de germes pathogènes dans les fèces fraîches. Bien que la quantité de matière fécale fraîche, soit à tout moment, relativement faible, le volume qui a déjà subi un traitement suffisant pour tuer les germes pathogènes peut être important, et l'addition même d'une petite quantité de germes pathogènes peut contaminer tout le tas. D'une manière ou d'une autre, le système doit assurer l'isolation des fèces jusqu'à la disparition des germes pathogènes. Avec des systèmes à voûte simple, la matière fécale est en général transférée dans un autre réservoir/tas/bac pour traitement ultérieur avant d'être recyclée.

Les toilettes des pays en développement sont en général conçues avec deux voûtes, chacune équipée de son propre siège ou dalle. Dans ces systèmes, chaque voûte est utilisée alternativement pendant une certaine période. Lorsque l'on passe de l'une à l'autre, le contenu de la voûte fermée est enlevé, le principe étant qu'après plusieurs mois sans nouvel apport matière fécale, le contenu de la voûte peut être manipulé sans risque.

Lorsque les urines et l'eau sont exclues des fosses (ou rapidement drainées ou évaporées), le processus de déshydratation peut être si rapide que des systèmes à voûte unique peuvent être adoptés sans risque pour l'hygiène.

Des essais (associés au projet Sanres) ont été récemment effectués au Salvador, au Mexique, en Afrique du Sud, au Viet Nam et en Chine sur des prototypes de toilettes à déshydratation à voûte simple. Ces toilettes exigent un entretien attentif de la part des usagers et une bonne compréhension des règles d'hygiène de base car les solides partiellement traités doivent être déplacés en vue d'un traitement secondaire. Cependant, les avantages ne résident pas seulement dans la réduction des odeurs et dans l'obtention du même bon engrais que dans la toilette à double voûte, mais aussi dans une réduction des coûts et de l'espace nécessaire liée à des toilettes équipées d'une seule petite voûte.

Ces prototypes sont encore en cours d'essai et d'amélioration. Il reste à voir si les avantages potentiels pour les usagers des systèmes à voûte unique constitueront une motivation suffisamment forte pour amener le changement de comportement nécessaire à leur utilisation hygiénique, et si les économies réalisées dans les coûts de construction seront plus importantes que les coûts additionnels de promotion, d'éducation et de suivi que cette approche nécessite.

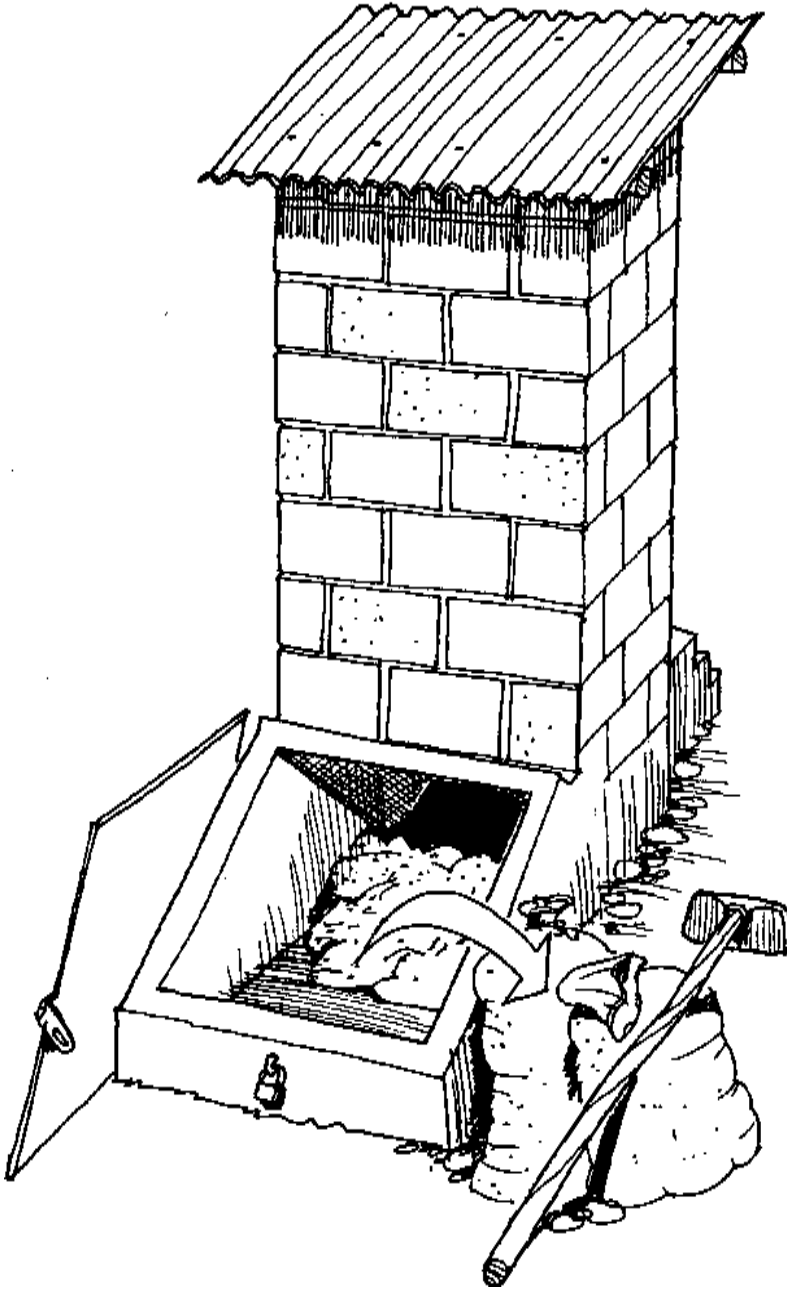


Figure 4.7 Une toilette par déshydratation à voûte unique. Le tas qui se forme sous le siège de la toilette est déplacé périodiquement dans une chambre de traitement placée sous le dispositif de chauffage solaire. Lorsque cet emplacement est plein, la matière est évacuée et placée dans des sacs de stockage pour une utilisation ultérieure comme engrais.

Le matériel de nettoyage anal

Les cultures diffèrent dans leur utilisation de matériaux de nettoyage après la défécation. Certaines utilisent de la matière végétale ou des pierres, d'autres, comme il a été mentionné plus haut, utilisent de l'eau. L'évacuation de matériel de nettoyage inapproprié dans une toilette peut causer des problèmes. Dans certains endroits du monde, le système d'évacuation des toilettes ne peut s'effectuer en présence de papier toilette, aussi ceux-ci doivent-ils collectés dans un récipient séparé pour être évacués et brûlés plus tard. Ailleurs, les WC deviennent rapidement hors d'usage parce que les usagers y ont mis des pierres ou des feuilles de maïs. Outre les matériels de nettoyage anal, d'autres éléments sont souvent évacués dans les toilettes, tels que tampons, serviettes hygiéniques et préservatifs.

Les systèmes secs peuvent traiter toutes sortes de papier et d'objets solides. Les exemples du Yémen (3.1.7) et de l'Inde (3.2.6) montrent qu'un système sec peut même être adapté à l'utilisation d'eau pour le nettoyage anal.

Une toilette par compostage peut accepter du papier, mais dans des toilettes à déshydratation, le papier ne se décompose pas. Il y a trois solutions au problème du papier dans les toilettes par déshydratation :

- Composter la matière qui sort de la chambre de traitement
- Brûler la matière qui sort de la chambre de traitement, ou
- Placer le papier toilette dans un bac spécial et le brûler périodiquement.

Les agents absorbants et de volume

Les matériaux absorbants tels que la cendre, la chaux, le sable, les copeaux, les feuilles sèches écrasées, la tourbe et la terre sèche sont utilisés pour réduire les odeurs, absorber l'excès d'humidité, et rendre le tas moins compact aussi bien que moins offensant pour l'utilisateur suivant. Ils doivent être ajoutés immédiatement après la défécation de manière à couvrir les fèces fraîches. Ils sont utilisés à la fois pour les toilettes par déshydratation et par compostage.

Les agents de volume comme l'herbe sèche, les brindilles, les fibres de cocotiers et les copeaux de bois sont utilisés dans les toilettes par compostage pour rendre le tas moins compact et permettre à l'air d'y pénétrer et de s'y infiltrer.

Au dix-neuvième siècle il existait un certain nombre de modèles de "toilettes à terre", qui, lorsqu'on "tirait la chasse", répandait automatiquement de la terre et/ou de la cendre sur les fèces (voir encadré 4.1).

Ventilation et aération

La ventilation sert plusieurs objectifs: elle supprime les odeurs, elle sèche les contenus et, dans les toilettes par compostage, elle fournit de l'oxygène pour le processus de décomposition. Un tuyau d'aération n'est pas toujours nécessaire : la toilette à double voûte Viet Namienne (3.1.1) et ses variantes en Amérique Centrale et au Mexique (3.1.2) sont construites en général sans tuyau d'aération. Tous les modèles intérieurs en Scandinavie (3.1.3, 3.2.1 et 3.2.2) sont équipés d'un tuyau d'aération. La nécessité d'un tuyau d'aération est déterminée par le climat, l'humidité des éléments entrants dans la chambre de traitement et le niveau de confort désiré. (Avec un tuyau d'aération fonctionnant correctement dans la chambre de traitement, les toilettes/salles de bain peuvent être complètement exemptes d'odeur, dans la mesure où l'air de la pièce est évacué par le siège/la dalle).

Encadré 4.1 Les toilettes à terre du dix-neuvième siècle

Durant la deuxième moitié du dix-neuvième siècle, il y eut une vive contestation en Grande Bretagne entre ceux qui préféraient les toilettes à eau et ceux qui privilégiaient les toilettes à terre. Le premier brevet pour une toilette à terre fut déposé en 1838 par Thomas Swinburne, mais son système ne fut pas très largement adopté. La percée survint un quart de siècle après, avec le travail de Henry Moule. Il fit des essais en enterrant le contenu de son propre seau de toilette dans le jardin. Il découvrit qu'après 3 à 4 semaines il n'y avait plus trace de la matière enterrée. Moule en vint à concevoir une toilette qui déposait une quantité contrôlée de terre provenant d'une hotte placée derrière le siège sur les fèces fraîches. Il créa la Moule Patent Earth-Closet Company Ltd et développa des modèles de luxe aussi bien que des modèles destinés aux casernes, aux écoles et aux hôpitaux. Divers inventeurs ont breveté des modèles semi-automatiques pour chasser de la terre dans les toilettes lorsque la pression sur le siège était interrompue ou par pression sur une pédale.

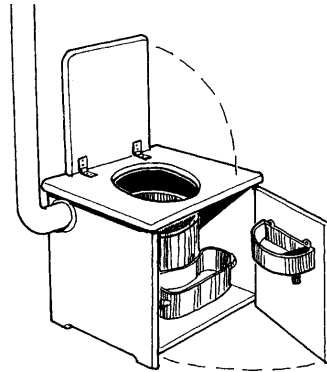


Figure 4.8 La toilette à terre de Henry Moule

Henry Moule fut un publiciste efficace et utilisa des brochures pour promouvoir les avantages de l'assainissement basé sur la terre et la folie d'un assainissement lié à l'eau. En 1861, il publia une brochure appelée "Santé et richesse nationales" qui reçut un support à grande échelle. Le Lancet du 1er août 1868 rapporte que 148 modèles de ces toilettes furent utilisés dans un camp militaire à Wimbledon, Londres. Quarante d'entre elles furent utilisées par 2000 hommes sans aucun problème d'odeur. En 1860 un certain nombre d'écoles passèrent des toilettes à eau aux toilettes à terre car elles les considéraient plus sûres et moins chères d'entretien.

Dans les années 1870, Moule et d'autres ont commencé à chercher comment la chaleur pouvait être utilisée pour traiter les germes pathogènes et supprimer les odeurs. Des modèles furent développés dans lesquels une cuvette de séchage était intégrée dans la grille du feu. D'autres concepteurs développèrent des modèles comportant de grandes hottes pouvant s'accommoder de centaines d'usagers avant d'avoir besoin d'être remplies. Certains comportaient des tuyaux de ventilation et des abatants se fermant d'eux-mêmes.

Moule, H (1875) : National health and wealth, W. Macintosh, Londres, GB, et Poore, GV (1894) : Essays on rural hygiene, Londres, GB

Un tuyau d'aération peut avoir un diamètre de 10 à 15 cm. Dans les climats humides où une grande quantité de liquide est évaporée (3.2.5), le diamètre peut être plus important - jusqu'à 25 cm. Le tuyau doit être aussi droit que possible et dépasser le toit de 30 à 90 cm.

Le compostage est, à la base, un processus aérobique. Beaucoup de microbes responsables de la décomposition ont besoin d'oxygène. L'air doit donc pénétrer dans le tas. Ceci peut être réalisé en remuant, bêchant et en déplaçant le tas. Les vers, insectes et autres organismes vivant dans le tas de compost jouent un rôle majeur dans le mélange, l'aération et la réduction du contenu de la chambre de traitement. Dans certains cas, la chambre de traitement est équipée de tuyaux perforés qui amènent de l'air au milieu du tas (3.2.1). Une autre méthode est d'utiliser un filet suspendu, garni de matériau compostable (3.2.5). L'aération peut également être effectuée par l'ajout d'agents de volume comme nous l'avons décrit ci-dessus.

4.3. Eaux usées domestiques

L'eau provenant de la préparation des aliments, du bain et du lavage est connue sous le nom d'eaux usées domestiques. Les systèmes d'assainissement secs ne traitent pas les eaux usées. Aussi un système séparé doit-il être mis en place pour traiter cette ressource potentielle.

De nombreuses autorités de santé publique considèrent que les eaux usées domestiques présentent un risque pour la santé, bien qu'elles soient en général aussi propres ou plus propres que les eaux d'égouts que les mêmes autorités considèrent comme assez saines pour les déverser dans l'environnement. Par exemple, des données provenant de Suède indiquent que les eaux usées domestiques contiennent une concentration d'azote et de phosphore représentant moins de la moitié de celles provenant des fermes, et approximativement un quart de la concentration d'azote contenu dans les eaux d'égouts purifiées légalement déversées dans les cours d'eau⁶. Les eaux usées domestiques contiennent environ la moitié de la demande biochimique en oxygène (BOD) et des solides en suspension par rapport aux eaux usées combinées (eaux usées mélangées aux urines, aux fèces et à l'eau des chasses d'eau)⁷.

La quantité et la qualité des eaux usées domestiques peuvent être contrôlées au niveau de l'habitation. Toute stratégie de gestion des eaux usées domestiques peut être facilitée par des mesures de protection de l'eau aussi bien que par l'attention apportée aux savons, aux produits de nettoyage et autres matières chimiques utilisées dans la maison.

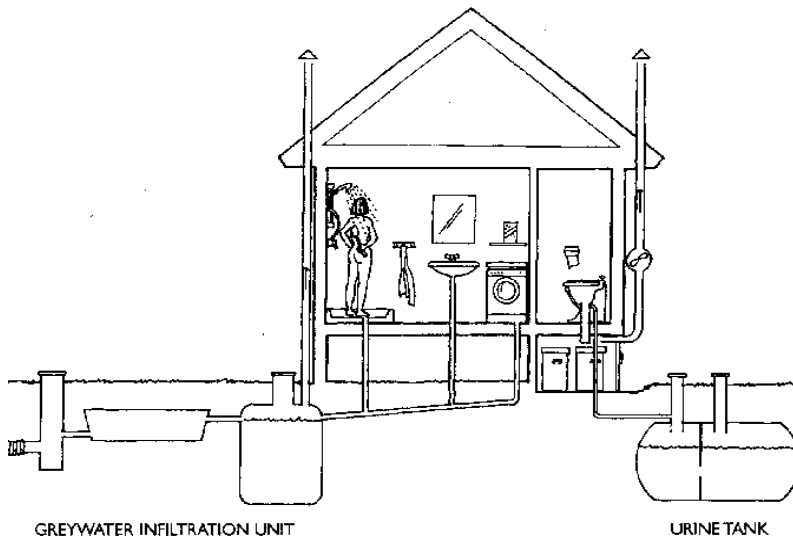


Figure 4.9 Une maison en Suède avec une toilette par déshydratation, la séparation des urines et leur stockage dans un réservoir souterrain (voir section 3.1.3) et le traitement sur place des eaux usées.

La quantité d'eau usée domestique générée peut être réduite de manière significative par des changements de comportement, un bon entretien des canalisations et des robinets, et l'utilisation de dispositifs permettant d'économiser l'eau. Dans la mesure où la présence de polluants dans les eaux usées domestiques pose un problème, il est logique de les éviter à la source en choisissant des produits ménagers non polluants. De telles solutions sont en général ignorées, car elles ne sont pas du domaine des ingénieurs, mais il est probable qu'elles sont beaucoup plus praticables que la séparation des polluants après coup.

La manière la plus facile de recycler les eaux usées domestiques est souvent de les utiliser pour arroser les plantes. Cela est un fait dans de nombreux endroits du monde où l'eau est rare. L'arrosage avec les eaux usées domestiques peut être aussi simple que de les verser à la main dans les jardins. Même s'il y a peu de jardins, les eaux usées domestiques peuvent être utilisées, comme cela est le cas dans les zones péri-urbaines de la ville de Guatemala, où les ménages ont l'habitude de les utiliser pour arroser la rue devant leurs habitations afin de réduire la poussière. Cependant, de récentes études confirment qu'il y a une quantité considérable de jardins dans les zones urbaines et péri-urbaines⁸, aussi les eaux usées y sont-elles souvent utilisées.

Bien que les eaux usées ne présentent pas, en général, de risque pour la santé ou de risque de pollution significative si des produits toxiques ne sont pas utilisés, il est préférable de concevoir un système d'utilisation de ces eaux qui évite le contact humain et la contamination potentielle de l'environnement. Dans les pays industrialisés, un certain nombre de systèmes disponibles dans le commerce, y parviennent au moyen de l'irrigation souterraine avec les eaux usées domestiques.

Dans les zones où les habitations n'ont pas de branchement d'eau individuels, des solutions simples pour la ré-utilisation des eaux usées domestiques suffisent, car le

volume d'eaux usées générées est plus faible. Même si la gestion des eaux usées domestiques consiste seulement à arroser les plantes, à rabattre la poussière des routes, ou simplement à leur permettre de s'infiltrer dans le sol, les risques sont, de loin, moins importants que ceux posés par les excréments ou l'absence d'hygiène.

4.4. Choisir un système d'éco-assainissement

Idéalement, un système d'éco-assainissement empêchera la pollution, stérilisera les nutriments provenant des excréments, les ramènera à la terre par leur utilisation comme engrais et n'exigera pas d'eau pour le transport ou le traitement. En bref, nous appellerons cela "assainir et recycler". Nous avons présenté dans cet ouvrage un certain nombre d'exemples de conception de systèmes d'éco-assainissement, et nous avons discuté les caractéristiques importantes des divers modèles. Quelques uns des exemples se rapprochent plus que d'autres de l'idéal poursuivi. Cependant, chacun de ces systèmes a été développé pour traiter les problèmes qui soulèvent le plus de préoccupations là où ils sont utilisés. Cette discussion a permis de dresser un cadre de réflexion pour une approche de l'éco-assainissement répondant aux circonstances locales.

De nombreuses variables locales influencent le choix d'un système d'assainissement approprié :

- **Climat** - température, humidité et précipitation.
- **Topographie et type de sol** - la facilité ou la difficulté relatives à placer le système dans le sol, la rapidité et la direction de l'infiltration de l'eau et des polluants dans le sol.
- **Abondance et rareté de l'eau** - la relative importance de la conservation de l'eau.
- **Proximité/fragilité des ressources en eau et des systèmes aquatiques** - niveau et disponibilité de l'eau souterraine, proximité des lacs, des rivières et des courants, ou eaux côtières.
- **Energie** - disponibilité de sources d'énergie locale, telles que le rayonnement solaire.
- **Conditions sociales et culturelles** - les habitudes, croyances, valeurs et pratiques qui influencent la conception des composantes "sociales" d'un système d'assainissement, son acceptabilité ou son "ajustement" au sein de la communauté (l'on doit, cependant, noter que ces données ne sont pas statiques, et que de nouvelles pratiques se développent constamment dans beaucoup de sociétés).
- **Economiques** - les ressources financières, à la fois individuelles et communautaires, pouvant supporter ensemble, le système d'assainissement.
- **Capacité technique** - le niveau de technologie qui peut être assuré par les capacités et les outils locaux
- **Infrastructure** - le niveau existant, à la fois, de l'infrastructure physique et des services qui peuvent aider à la mise en place d'un système d'assainissement (par exemple l'extension de l'approvisionnement en eau existant, les transports, les services de la santé publique, le système éducatif, etc....)

- **Densité de la population et type d'habitat** - l'espace disponible pour le traitement sur place, le stockage et le recyclage local.
- **Agriculture** - les caractéristiques de l'agriculture locale et du maraîchage familial.

La nature de ces facteurs déterminera, à la fois, l'importance relative de la lutte contre la pollution, le recyclage des nutriments d'origine fécale, la conservation de l'eau et autres objectifs, ainsi que les contraintes de conception. Pour certaines collectivités, le besoin d'une source de nutriments pour les cultures peut être la force motrice de développement d'un système d'éco-assainissement et elles porteront une attention particulière au développement d'un système qui permettra l'utilisation des urines comme engrais. Pour d'autres, le besoin de protéger des ressources en eau fragiles est très important, et elles peuvent sacrifier la récupération complète des nutriments d'origine fécale si des modèles favorisant le compostage et la perte de l'azote dans l'atmosphère sont plus faciles à mettre en place. Dans les zones sèches, il sera plus facile d'assainir les fèces par la déshydratation, alors que le compostage sera plus approprié dans les lieux très humides.

4.5. Promotion et support aux familles et aux communautés

Les systèmes d'éco-assainissement sont plus complexes que les systèmes traditionnels d'assainissement, et leur fonctionnement correct exigera plus de responsabilité de la part des familles et des collectivités locales. Les usagers doivent être informés qu'en dépit des avantages potentiels pour la santé, l'utilisation incorrecte de toilettes quelles qu'elles soient, peut se transformer en nuisance, devenir un danger pour la santé publique, et polluer l'environnement. Ces problèmes seront mieux évités si des comportements appropriés sont adoptés dès le début. De plus une attention particulière est exigée si l'on veut tirer tous les avantages des ressources potentielles significatives que représentent les engrais recyclés.

Au niveau des ménages, les individus et les familles doivent comprendre le fonctionnement du système d'éco-assainissement, ce qui peut ne pas fonctionner, et avoir la motivation et les capacités nécessaires pour le gérer correctement. Pour un développement à grande échelle, il est essentiel également qu'une grande partie de la collectivité locale partage cette compréhension et cet engagement.

Dans les zones urbaines, l'objectif fondamental de l'éco-assainissement est de mettre en place un fonctionnement à tous les niveaux. C'est une chose que d'installer des systèmes d'éco-assainissement disséminés sur un vaste territoire ; c'en est une autre que de faire fonctionner correctement des centaines de dispositifs d'éco-assainissement dans des zones de bidonvilles à grande densité de population. La mise au point de systèmes d'éco-assainissement urbains soulève un grand nombre de problèmes critiques qui ont trait à la manipulation, au transport et au recyclage hygiéniques des matières extraites des dispositifs d'éco.-assainissement.

Cette section examinera certains des problèmes critiques liés à la promotion et à la mise en place des systèmes d'éco-assainissement à grande échelle. Les deux premières parties traiteront des éléments clés de la promotion orientée sur la participation des usagers, l'éducation et la stratégie de formation. Les deux dernières parties concerneront les aspects institutionnel et financier indispensables pour développer et soutenir le système basé sur la collectivité. Il est important de passer de la manipulation de l'opinion publique au contrôle exercé par des citoyens, par le partage des connaissances, la délégation, la responsabilisation et la construction d'un partenariat.

4.5.1 Donner le pouvoir à la communauté et la promouvoir

Les toilettes éco-assainissement ne doivent pas être développées en tant que telles, mais plutôt comme partie d'un processus plus large qui donnerait un certain pouvoir aux populations pauvres, en particulier, pour prendre en charge leur propre développement. Une conscience plus grande et une transformation aux niveaux individuel, du groupe et de la collectivité sont plus importants qu'un assainissement amélioré - lequel, en réalité, pour être durable, exige que des changements profonds se soient également produits.

Afin d'être durables, les systèmes d'éco-assainissement doivent être basés sur la compréhension des éléments de base et de leur interconnexion. Ces éléments ont fait l'objet du chapitre 1.3 :

- Les conditions naturelles qui influencent et qui sont affectées par le système, telles que les variations climatiques et saisonnières, l'impact possible sur les ressources disponibles en eau et les risques de pollution ;
- Les implications culturelles et comportementales de la société dans laquelle il fonctionne ;
- Les caractéristiques de base et les limites du processus choisi, et les conditions appropriées pour le maintenir dans un bon état de fonctionnement ; et
- Les principales caractéristiques du dispositif, sa conception, sa construction, son utilisation et son entretien corrects.

Lorsque le système d'éco-assainissement est une technologie ou un concept entièrement nouveau, un effort substantiel pour la promotion et l'éducation est nécessaire. La promotion du système sera plus facile lorsqu'il ne constitue pas une complète rupture par rapport aux pratiques culturelles existantes. Par exemple, la longue tradition des systèmes de séparation des urines dans les vieilles villes et les résidences du Yémen, et l'utilisation des matières de vidange comme engrais en Chine et au Viet Nam constituent de solides précédents permettant de développer et d'étendre le système d'éco-assainissement dans ces pays. De même, dans les pays scandinaves, la tradition d'utiliser des systèmes d'assainissement décentralisés dans des résidences rurales de week end ou d'été a favorisé l'extension d'un grand nombre de systèmes d'éco-assainissement (voir 3.1.3, 3.2.1 et 3.2.2).

Il est particulièrement important que les femmes soient associées au processus de prise de pouvoir et de promotion dès le début. Les femmes sont responsables dans leurs foyers, de l'approvisionnement en eau, de l'assainissement, de l'hygiène et de la préparation de la nourriture. Leurs vues et leurs préoccupations doivent être exprimées et intégrées dans les programmes aussi bien que dans les décisions relatives aux détails de conception⁹.

L'approche des besoins de base

Les programmes d'assainissement devraient être conçus pour répondre aux besoins définis par les collectivités et les ménages, plutôt que dans le but de promouvoir des solutions spécifiques, définies par les personnes extérieures à la communauté. Les besoins peuvent varier énormément. Par exemple, le développement remarquablement rapide des toilettes par déshydratation au Salvador a été dû, au départ, à des facteurs environnementaux. Une pénurie aiguë et maintenant chronique d'eau dans presque tout le pays rend un système de tout à l'égout irréaliste, alors que, d'autre part, le

niveau élevé de la nappe phréatique dans les zones côtières ne permet pas la construction de toilettes traditionnelles à fosse. Réciproquement, la réduction de la pauvreté par l'utilisation des urines pour la production alimentaire a été un premier facteur de motivation pour le projet Anadeges dans la ville de Mexico. L'économie de l'eau a été considérée comme un deuxième avantage important.

Si les usagers potentiels n'ont pas identifié l'assainissement alternatif comme une nécessité, et ont une connaissance limitée de la construction et de l'entretien des installations, le projet a de fortes chances d'échouer. Les nouvelles toilettes peuvent finalement être utilisées comme débarras ou porcherie ; dans un scénario plus sérieux, une toilette mal entretenue peut devenir un sérieux danger pour la santé. Lorsque les nouvelles toilettes ne fonctionnent pas, cela se sait très rapidement. Rétablir alors la réputation négative d'une technologie ou d'un système peu familiers peut être extrêmement difficile.

Stratégies de promotion

Peu importe l'efficacité apparente d'un système d'éco-assainissement; son succès à long terme dépendra de la crédibilité dont il jouira auprès des usagers potentiels. Pour que le système devienne partie intégrante de la culture locale, il doit être d'abord vu en train de fonctionner, et il doit être accepté par les chefs locaux et les décideurs. Une visite à un dispositif d'éco-assainissement fonctionnant bien chez un voisin est une des meilleures manières de convertir les incrédules.

Des familles-clés peuvent être un mécanisme efficace pour introduire les concepts d'éco-assainissement dans une collectivité. Si ces familles-clés sont satisfaites de leurs toilettes, la nouvelle s'étendra rapidement. Ces familles devaient être encouragées à travailler ensemble et à apprendre les unes des autres en partageant les expériences, les succès et les échecs. Au départ, ce soutien mutuel peut réduire le risque de ridicule et de rejet de la part des autres membres de la communauté.

En général, il est préférable de travailler avec les organisations de développement de base qui ont du succès et sont bien connues de la communauté. De telles organisations ont habituellement pour objectif de transformer leurs communautés pour le bénéfice de tout le monde, aussi bien que de l'environnement. Elles peuvent aussi avoir commencé à analyser les problèmes au niveau local (et plus largement) et à développer des façons de les résoudre collectivement. Elles ont probablement les capacités sociales et politiques nécessaires pour résoudre les résistances au changement au sein de la collectivité.

Sélection et adaptation de la technologie

Lorsque l'on veut promouvoir l'éco-assainissement, il est important d'offrir des approches alternatives et d'encourager les usagers à choisir l'option la plus appropriée à leur communauté. Pour être en mesure de le faire, elles doivent avoir accès à toute l'information relative aux avantages et aux inconvénients de chacune des approches - y compris les implications à long terme pour la santé et l'environnement.

Les systèmes d'éco-assainissement basés sur la déshydratation et le compostage devraient être présentés comme des alternatives viables à long terme aux systèmes conventionnels liés à l'eau, et non pas comme une technologie "intermédiaire". Par exemple, dans certains endroits de l'Amérique Latine, des latrines "sèches" avaient été

proposées comme solution rurale, (sanitarios rurales), ce qui impliquait le sous-entendu malheureux qu'elles étaient une "toilette pour les pauvres", en quelque sorte inférieures aux toilettes à chasse d'eau.

Lorsqu'une technologie est empruntée à une autre culture et à d'autres lieux, il est particulièrement important d'impliquer les usagers locaux dans une phase pilote au cours de laquelle le nouveau système est testé et modifié pour répondre aux pratiques culturelles et aux conditions environnementales locales. Le succès et la durabilité à long terme du programme dépendront de l'efficacité du travail effectué à ce niveau.

La toilette à double voûte Viet Namienne a subi une série d'adaptations pour répondre aux conditions culturelles d'Amérique Latine. Par exemple, la toilette à séparation d'urine avec siège a été développée d'abord au Guatemala pour répondre aux attentes de la culture locale selon laquelle les usagers préfèrent s'asseoir plutôt que s'accroupir. Le projet Sirdo Seco au Mexique (chapitre 3.2.3) a tiré ses idées d'un certain nombre de sources de références y compris le Clivus Multrum, la toilette à double voûte Viet Namienne et les expériences d'Uno Winblad avec les toilettes à chauffage solaire en Tanzanie en 1974-1977¹⁰.

Finalement, faire des démonstrations de toilettes dans les espaces publics, tels que les écoles, ou près d'un centre de santé, conduit fréquemment à un échec, car en général personne ne prend de responsabilité claire pour des toilettes publiques. Le risque est accru, dans le cas des toilettes de type éco-assainissement, qui exigent encore plus de conscience et d'entretien que les toilettes conventionnelles à fosse.

Planifier le programme

L'histoire du transfert de la technologie montre de nombreux exemples de programmes qui échouent parce que les planificateurs et les politiciens ont essayé d'aller trop vite, sans prêter suffisamment d'attention à la participation et à la compréhension des usagers. L'éco-assainissement ne fait pas exception.

Il est conseillé de commencer avec des projets pilotes expérimentaux à petite échelle par lesquels différents systèmes d'éco-assainissement sont présentés. Pendant la phase de démonstration, les aspects sociaux de l'approche peuvent être affinés alors que l'on montre à une grande audience que la technologie fonctionne. Finalement, comme Cesar Añorve l'a montré au Mexique, une diffusion à grande échelle exige un produit attirant et accessible, des alliances stratégiques pour promouvoir un changement global de vision, et une réforme réglementaire. Enfin, il est nécessaire d'assurer un suivi régulier pour surveiller les aspects expérimentaux et assurer les ajustements et modifications nécessaires.

4.5.2 Education et formation des animateurs et des collectivités en éco-assainissement

Pour faire en sorte que la population impliquée puisse acquérir la motivation et les capacités nécessaires pour mettre en place, faire fonctionner et entretenir un système d'éco-assainissement, il est, en général, nécessaire de recruter et de préparer un groupe de d'animateurs ou de promoteurs en éco-assainissement. Ces personnes peuvent appartenir à la communauté ou à une institution, être bénévoles ou payées. Elles sont fréquemment attachées aux programmes qui sont orientés à l'origine vers d'autres domaines, tels que l'eau, la santé, l'agriculture ou l'environnement. En fait, des équipes interministérielles et pluridisciplinaires peuvent être plus efficaces pour établir des programmes durables d'éco-assainissement et devraient être encouragées. (voir Stratégies intégrées et partenariat, ci-dessous).

Encadré 4.2 San Luis Beltran

San Luis Beltrán est un quartier péri-urbain du nord de la ville de Oaxaca, au Mexique. Les habitants de San Luis avaient espéré avoir un système d'égout mais les ressources exigées étaient trop élevées pour le budget municipal.

A la fin des années 1980, un technicien de Espacios Culturales de Innovación Tecnológica (Espaces culturels d'innovation technologique), une ONG nationale, a réussi à convaincre un petit nombre de familles d'installer des toilettes sèches avec séparation des urines. Pour commencer, 35 unités furent construites avec le soutien du Ministère des Travaux Publics. - "Au commencement nous doutions de leur fonctionnement" disait Don Jeronimo, président du Comité local. "Mais lorsque les populations commencèrent à constater le bon fonctionnement, l'absence d'odeur, de mouche, elles ont manifesté leur intérêt à avoir des toilettes sèches".

Motivés par le succès de cette première phase, les citoyens ont pu bénéficier du soutien du Président Municipal pour construire 140 toilettes supplémentaires. En deux ans, San Luis devint la première collectivité dans l'Etat de Oaxaca, et peut-être dans tout le Mexique, à résoudre une fois pour toutes son problème d'évacuation des excréta. Cinq années plus tard, une offre des autorités municipales pour installer un système d'égout conventionnel à San Luis a été rejetée par la communauté, fermement convaincue maintenant des avantages de leur système sec.

Ce n'est pas simplement une raison environnementale qui a motivé les populations de San Beltrán à opter pour l'assainissement sec. Elles ont surtout été intéressées à éviter une confrontation avec leurs voisins situés en aval. Il y avait eu de sérieux conflits dans le passé pour des cas similaires, lorsqu'une communauté recevait les effluents non traités de leurs voisins en amont.

Depuis que des toilettes sèches ont été introduites à San Luis, la rivière est nettement moins contaminée et l'eau est plus saine. Les attitudes des populations ont changé également : personne n'est plus intéressé maintenant par un système d'égout. Les populations sont satisfaites de l'efficacité des toilettes sèches et les améliorent tout le temps - elles sont réellement satisfaisantes.

Le système écologique d'assainissement adopté par San Luis Beltrán a attiré l'attention de Clara Sherer, l'épouse du Gouverneur de l'Etat d'Oaxaca et Présidente de l'agence pour le bien-être social (DIF - Dirección Integral de la Familia). Elle commença à promouvoir les toilettes sèches, par le biais des canaux officiel et associatif (ONG), et il y a maintenant plus de 27000 toilettes écologiques enregistrées dans l'Etat.

Cesar Añorve (1998) : communication personnelle

Pour former le groupe d'animateurs en éco-assainissement, un équilibre entre trois stratégies pédagogiques complémentaires doit être assuré : apprentissage participatif, partage de l'information et acquisition de capacités. Le degré de focalisation sur une approche plutôt que sur une autre dépendra de la culture spécifiques et des

circonstances. Par exemple, l'utilisation de méthodes d'apprentissage participatif sera essentielle là où les concepts de séparation des urines et de recyclage sont étrangers et inacceptables. Par ailleurs, dans les cultures très motivées, avec peu ou pas de résistance ou de tabous liés à la séparation des urines ou au recyclage des excréta humains, une simple information sur les options possibles et une formation technique à la construction des unités et au contrôle de leur fonctionnement seront nécessaires. Quelle que soit la combinaison, il est tout particulièrement important d'entretenir une approche globale et pluridisciplinaire qui permettra aux utilisateurs d'intégrer l'éco-assainissement dans leur culture locale et leur mode de vie.

Apprentissage participatif

L'utilisation efficace des méthodes participatives peut être extrêmement importante pour le succès des programmes d'éco-assainissement, aussi bien que pour les programmes d'hygiène et d'assainissement en général. Ces méthodes impliquent les usagers dans l'identification globale des problèmes et des besoins, dans la planification et la découverte de solutions, et dans le contrôle de l'impact sur la santé et l'environnement. La participation des usagers est essentielle pour faire les ajustements nécessaires au système.

Les méthodes participatives peuvent aussi améliorer la communication, à la fois, au sein de la collectivité et entre celle-ci et les agences de soutien. Les individus et les collectivités ont des identités et des manières de fonctionner uniques, dont les agents de changement doivent tenir compte, comprendre et respecter. Une mise en œuvre efficace exige un équilibre entre la connaissance locale, traditionnelle et l'expertise extérieure.

Un autre avantage des approches participatives est leur potentiel pour stimuler l'auto-confiance et la créativité des membres de la communauté.

Les équipes technique et de terrain du programme d'éco-assainissement au Salvador ont été formées par la méthodologie participative SARAR¹¹ (Self-esteem, Associative Strengths, Resourcefulness, Action Planning, Responsibility : Auto-estime, forces associatives, ressources, planification des actions, responsabilité). La stratégie éducationnelle d'ensemble, qui en a émergé, a intégré la construction, l'usage et la gestion des toilettes sèches à une hygiène personnelle et un assainissement écologique. Il a été prouvé que c'était vital pour promouvoir l'acceptation et la durabilité des approches alternatives d'assainissement. Une conséquence importante de ce processus d'apprentissage participatif a été la constitution d'une équipe inter-institutionnelle de formateurs, qui prend la direction en matière de promotion des méthodes participatives, forme les équipes des autres institutions, aussi bien que des autres secteurs, adapte et produit du matériel d'apprentissage participatif innovant.

Partage de l'information

Les populations informées, dotées des connaissances requises, adoptent et soutiennent un changement de comportement. L'accès à des informations pertinentes conduit aussi à des décisions communautaires raisonnables. L'échange de ces informations pertinentes est accéléré par les processus participatifs et les réseaux sociaux. La communication de masse (par exemple la radio), et les méthodes de marketing social peuvent ajouter à l'information contenue dans les systèmes de connaissance traditionnels. L'approbation publique par les chefs respectés est utile, autant que le sont les campagnes d'information des instances gouvernementales, des ONG et des entrepreneurs privés.

Le langage peut jouer un rôle critique dans toute stratégie promotionnelle ou éducative. Le nom donné à un dispositif ou à un système influencera sa perception comme désirable ou indésirable. Par exemple, il est important d'utiliser le mot "toilette" en se référant aux dispositifs de l'éco-assainissement, car l'usage commun assimile la "latrine" à une construction hors de la maison, malodorante, au fond du jardin. Pour des raisons similaires, le terme "ordure" doit aussi être évité. Le promoteur avisé évitera d'utiliser de mots comportant une telle charge négative.

Acquisition des capacités

La mise en place avec succès d'un programme d'éco-assainissement exige des changements dans les pratiques et les croyances liées à l'assainissement des usagers, aussi bien que dans la façon de penser des administrations publiques. Des systèmes urbains d'éco-assainissement à grande échelle, en particulier, exigent une formation appropriée à divers niveaux :

- Les autorités clés locales et les équipes de terrain doivent être correctement formées aux principes, aux solutions techniques, aux avantages comparatifs et aux limites des systèmes d'éco-assainissement.
- Le personnel de terrain exigera une formation pratique concernant la construction et la gestion d'un système d'éco-assainissement, aussi bien que les méthodes de délégation du pouvoir.
- Les ménages et les membres des collectivités devront acquérir des capacités dans la construction, le fonctionnement et l'entretien des moyens d'éco-assainissement.

L'approche apprendre-en-faisant devrait inclure des séminaires participatifs, des ateliers et des réunions, aussi bien que des formations plus importantes par la pratique.

La promotion des systèmes d'éco-assainissement constituent une opportunité unique d'accroître la conscientisation en matière d'hygiène. Le fonctionnement et l'entretien des toilettes par déshydratation, en Amérique centrale, ont été remarquables dans les collectivités où les programmes d'assainissement ont combiné l'information sur les pratiques d'hygiène avec la démonstration des projets, la participation de l'utilisateur dans le choix des dispositifs sanitaires, et les actions ciblées pour renforcer les nouvelles habitudes. Dans les communautés où la formation des membres de la collectivité dans la gestion de leurs installations d'assainissement a été négligée, l'assainissement continu d'être médiocre.

4.5.3 Cadre institutionnel

Divers types d'institutions doivent être impliquées dans la promotion et le soutien des systèmes d'éco-assainissement. Les arrangements spécifiques varient de manière importante selon le contexte local et national. Dans certains pays, le programme se déroule presque entièrement à travers les structures gouvernementales officielles ; dans d'autres, le secteur commercial et/ou les ONG tendent à prendre la direction.

Organisations locales et non-gouvernementales

Les systèmes décentralisés d'éco-assainissement dépendent fréquemment des organisations locales pour promouvoir, construire, contrôler et évaluer les installations. Leur connaissance des conditions locales, en particulier des habitudes des ménages, est essentielle pour la promotion et la gestion. De plus, ces organisations ont la capacité d'introduire de nouvelles pratiques, d'enquêter sur la performance des ménages, de

mobiliser des ressources locales et d'influencer la conduite des membres de la communauté.

Les stimulations et les sanctions exercées par les organisations religieuses et politiques locales peuvent être des atouts essentiels dans la promotion et la gestion des systèmes d'éco-assainissement. Si un grand nombre de personnes appartient à une religion particulière, comme dans la Province d'Hermosa (un quartier à faible niveau de revenus à San Salvador, voir chapitre 3.1.2), l'adhésion du groupe à une nouvelle approche de l'assainissement peut conduire à un haut niveau d'acceptation et d'entretien durable.

Les organisations locales de confiance peuvent encourager les communautés à adopter des approches non-conventionnelles – même lorsque ces choix ne répondent pas aux aspirations initiales. Un fonctionnement et un entretien appropriés et à long terme des installations exigent une implication active des organisations communautaires. Dans la Province d'Hermosa, les chefs communautaires contrôlent le fonctionnement et l'entretien adéquats des toilettes basées sur l'éco-assainissement, et donnent des amendes aux ménages qui n'en prennent pas soin.

Les ONG locales et internationales sont souvent idéales pour promouvoir des approches d'éco-assainissement, particulièrement durant les premières phases expérimentales et pilotes. Les ONG sont souvent heureuses d'établir des contacts et d'obtenir la confiance des communautés et elles ont la flexibilité nécessaire pour adapter leurs approches et leurs technologies aux besoins des utilisateurs.

Gouvernement et organes officiels

Un solide engagement de la part du gouvernement à l'éco-assainissement est nécessaire dans tout effort de développement à grande échelle, en particulier dans les zones urbaines où le cadre légal peut être un facteur décisif dans la construction des systèmes sanitaires. Bien qu'une introduction et une utilisation efficaces des systèmes d'éco-assainissement dépendent en grande partie des initiatives orientées vers la communauté, l'implication locale et centrale du gouvernement est nécessaire pour étendre et soutenir l'approche. Par exemple, une étude récente portant sur des programmes de gestion des déchets solides basés sur la participation des communautés, a découvert que les perspectives de durabilité et de replicabilité seront plus importantes s'il y a une ferme volonté politique et des règles gouvernementales qui soutiennent clairement les efforts orientés vers les communautés. L'étude a aussi indiqué que l'organisation du transport et de l'évacuation des déchets solides vers les lieux de traitement secondaires étaient en général au-dessus des moyens de la collectivité, même si elles avaient réussi l'organisation du programme primaire de collecte.

D'autre part, dans les cas où les agences gouvernementales sont hautement bureaucratées ou corrompues, il peut être nécessaire de développer au début des mécanismes qui permettraient de les contourner.

Secteur commercial et privé

Les entrepreneurs indépendants et les bureaux d'étude sont économiquement stimulés lorsqu'ils voient leurs produits ou services acceptés et demandés. En fait, avançant d'une étape supplémentaire, Cesar Añorve au Mexique a suggéré qu'une des clés de la durabilité à long terme des systèmes d'éco-assainissement est de renforcer le lien existant entre les petits ateliers qui construisent des sièges pour les toilettes à séparation d'urine et les maçons qui construisent les toilettes. Le rôle stratégique des constructeurs

locaux en tant que promoteurs a aussi été observé dans de nombreux projets d'assainissement dans le monde.

Organisations internationales de développement et bailleurs de fonds

Outre leur rôle de bailleurs de fonds potentiels pour les programmes d'assainissement innovateurs et pilotes, les organisations internationales peuvent influencer les officiels gouvernementaux et mettre en place un cadre politique favorable. L'Unicef, par exemple, a joué un rôle important au Salvador en tant que canal pour les fonds extérieurs et en coordonnant l'aide des institutions, la formation et l'assistance technique. De même, Greenpeace a aidé au changement en Micronésie, et le programme Sanres, sur des fonds du SIDA a travaillé de manière globale – en particulier en faisant démarrer et en soutenant la recherche et le développement techniques, et en créant un réseau.

Ecoles techniques, institutions de recherche et associations professionnelles

Les institutions de recherche et les centres de technologie peuvent être très importants pour tester, adapter et contrôler la qualité des nouvelles technologies et leur fonctionnement. Par exemple, le Cemat au Guatemala a joué un rôle prépondérant dans l'introduction et l'adaptation des toilettes à compostage à double voute d'origine Viet Namienne en Amérique Centrale.

Lorsque le projet mûrit, l'on s'efforce d'influencer les politiques sectorielles et les normes par la formation du personnel technique et le soutien des associations professionnelles, par exemple les architectes, les ingénieurs, les responsables de la santé publique et les agriculteurs. Dans les programmes urbains, en particulier, il est conseillé d'envisager une stratégie permettant d'impliquer ces institutions dès le départ. A Cuernavaca, au Mexique, il a été récemment considéré comme une importante victoire, que l'association locale des architectes ait poussé les autorités municipales à accorder un permis à un quartier dont le niveau de ressources est moyen pour la construction d'un système domestique d'éco-assainissement. Ceci a constitué un précédent important pour les futures stratégies, qui pourraient inclure la réduction des factures pour les familles qui utilisent des systèmes d'éco-assainissement et ainsi économisent l'eau

Stratégies intégrées et partenariat

Certains des programmes d'éco-assainissement les plus forts ont développé des stratégies pour impliquer plusieurs niveaux institutionnels simultanément. Un des meilleurs exemples se trouve au Salvador :

- Les ONG locales et internationales travaillent aux niveaux municipal et de la population.
- Le Ministère de la Santé a été en tête de la recherche et du développement, de la formation et de la promotion.
- L'Unicef, avec des fonds de la Sida , a aidé à apporter un changement.
- Sanres a été un guide technique et a cofinancé les séminaires internationaux et les cours de formation.

En milieu urbain, les responsabilités doivent être clairement définies. Par exemple, la collectivité ou le gouvernement local sera responsable de l'établissement de notices de fonctionnement et du contrôle du bon fonctionnement du système au niveau des ménages.

Si nécessaire, un système d'incitations et d'amendes pourrait être défini et mis en application. La municipalité, une organisation communautaire ou un entrepreneur privé pourrait être responsable de la collecte, du traitement ultérieur, de la distribution et de la vente des fèces assainies et des urines. L'équipe de collecte pourrait aussi remplir les tâches de contrôle des unités dans les ménages.

Quelque soit l'arrangement particulier, la combinaison des initiatives communautaires et d'une sanction officielle est essentielle pour le long terme.

4.5.4 Considérations financières

L'introduction des systèmes d'éco-assainissement est susceptible de réduire les coûts totaux de l'assainissement urbain. Les égouts, les stations de traitement et les installations d'évacuation des boues coûteront plusieurs fois autant que les systèmes d'éco-assainissement. Ceci est particulièrement important pour les pays en développement, où les institutions publiques doivent faire face à des limitations financières très strictes. Les systèmes d'éco-assainissement exigent beaucoup moins d'investissements car ils n'ont pas besoin d'eau pour les chasses, ni de canalisations pour le transport des effluents, ni de stations de traitement ou de dispositifs d'évacuation des boues toxiques.

Cependant, les systèmes d'éco-assainissement impliquent des coûts d'information, de formation, de contrôle et de suivi, plus importants que les coûts correspondant des systèmes d'assainissement conventionnels. De plus, un système d'éco-assainissement urbain générera des coûts additionnels qui n'existent pas en général dans les projets ruraux d'éco-assainissement, tels que la manipulation hygiénique, le transport, le stockage des urines et du matériau déshydraté et composté des divers dispositifs. D'autre part, la valeur économique (et écologique) des engrais produits peut être significative.

Un assainissement réussi repose sur des finances saines. En principe, les ménages devraient intégralement rembourser les coûts d'investissement, de fonctionnement et d'entretien destiné à assurer la durabilité du système local d'éco-assainissement. En pratique, les programmes pilotes d'assainissement péri-urbains, impliquant des modèles de démonstration gratuits ou hautement subventionnés, échouent à long terme, lorsque de fausses attentes ont été suscitées à propos du coût du système.

Encadré 4.3 "Le problème financier"

L'inadéquation des ressources financières n'est pas le seul problème qui doit être résolu lors de l'introduction d'un nouveau type de services d'eau et d'assainissement. Très souvent "le problème financier" n'est pas réellement dû à la rareté des fonds, mais à une mauvaise allocation des ressources financières, à une technologie inappropriée, et à une méconnaissance de l'environnement. L'utilisation d'un modèle développé pour fonctionner dans des conditions environnementales différentes, sous différents climats, et dans différentes situations socio-économiques, conduit à des solutions chères et inefficaces. Ces problèmes vont se multiplier à l'avenir. L'argent seul ne résoudra pas les problèmes de pénurie d'eau ; ce qui est nécessaire est une approche différente de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement.

Kalbermatten, JM et Middleton RN (1992) : Futures directions in water supply and waste disposal, mimeo, Washington DC.

Les subventions initiales ne devraient pas s'écarter de manière significative des structures de prix à long terme. De nombreuses familles peuvent accepter une toilette gratuite seulement pour l'abandonner. La volonté des usagers à contribuer avec leurs propres ressources, plutôt que de s'appuyer sur des financements extérieurs, est un solide indicateur d'acceptation et de succès durable.

Dans les programmes urbains qui exigent des services de soutien à grande échelle, la collecte des paiements devient un objectif crucial. Afin d'améliorer la collecte, les paiements pourraient être collectés par les institutions financières (banque ou coopératives) ou une organisation non gouvernementale locale pouvant davantage inspirer confiance aux usagers.

Une partie des fonds pourrait être détenue par les organisations communautaires, pour la promotion, la formation et le contrôle des activités. Une autre partie pourrait être transférée, par exemple, à un fonds de confiance, en vue du financement de nouveaux projets d'éco-assainissement ou d'amélioration des systèmes existants. Si possible, une partie des fonds devrait être réservée pour la recherche et le développement ultérieurs, car il n'y a eu que peu de financement indépendant pour une recherche scientifique de qualité.

5. UNE VISION D'AVENIR

Dans les précédents chapitres de cet ouvrage, nous avons expliqué ce qui est connu pour l'instant des systèmes d'éco-assainissement, leurs points forts et leurs points faibles. Nous avons donné des conseils sur la manière de faire fonctionner des systèmes d'éco-assainissement pour ce qui concerne leur sélection, la conception et la gestion des dispositifs et des systèmes destinés aux ménages, et nous avons partagé nos connaissances sur la promotion et le soutien, ces aspects indispensables du succès. Mais comment l'éco-assainissement pourrait-il fonctionner à grande échelle, comme dans le cas d'une ville, et comment les villes traiteraient-elle les produits provenant des excréta d'une manière hygiénique, ce qui représenterait un avantage pour la société et l'environnement au sens large ?

Il y a peu d'exemples à partir desquels nous pourrions tirer des conclusions. Pour les applications urbaines à grande échelle, nous sommes amenés à décrire notre propre vision de la manière dont ceci pourrait fonctionner.

5.1. Une vision

D'une manière générale, les villes des pays en développement ont des quartiers riches disposant de tous les agréments de la vie moderne, des quartiers pauvres, des zones de bidonvilles qui s'étendent rapidement, et des zones rurales à la périphérie, avec des fermes et des jardins maraîchers. En général aussi, beaucoup de ces villes manquent d'eau de manière critique, et sont, ou devraient être, profondément concernées par la préservation de la qualité des ressources de leurs eaux souterraines et de surface. Les autorités municipales dans les pays en développement, aussi bien que la plupart des personnes vivant dans les villes et les zones avoisinantes manquent d'argent. De plus, de nombreux quartiers sont surpeuplés. Les secteurs les plus pauvres des villes sont des bidonvilles où les chemins et les sentiers entre les maisons sont étroits et le terrain difficile.

Notre cité imaginaire possède donc ces caractéristiques assez typiques. Dans cette cité, l'autorité municipale est progressiste. La municipalité est vraiment préoccupée par le bien-être de ses citoyens et essaye de maintenir l'équilibre entre les intérêts de tous. Les responsables de la ville ont pris à cœur la Déclaration de Rio et ont essayé de prendre des décisions rationnelles basées sur les principes d'équité, de durabilité et de maintien de la qualité de l'environnement. Ils ont cherché une solution à leur problème d'assainissement et ont rejeté le tout à l'égout centralisé, car ils n'ont ni les ressources en eau nécessaires pour les chasses d'eau, ni les financements à investir dans les systèmes d'égouts, les stations de pompage et de traitement. Suite à leurs préoccupations sur la qualité de l'eau souterraine, ils ont également écarté les toilettes à fosse ou à chasse d'eau. Ils sont également anxieux d'utiliser les ressources et les capacités de construction locales, les deux étant importants pour la durabilité. Ils ne veulent pas être dépendants de l'assistance extérieure sous forme de matériels ou de pièces détachées ou de financement.

Les responsables de la cité ont réalisé qu'ils avaient besoin d'un système d'assainissement destiné à tous les citoyens, aussi ne devra-t-il pas être trop onéreux. Pour le choix de leur système, ils ont dû prendre en considération les conditions

climatiques, la topographie, les conditions de l'eau souterraine, la densité de la population, le type d'habitat, les tabous, les habitudes de défécation existantes.

Ils ont choisi un système d'assainissement basé sur la gestion décentralisée des excréta humains et des ordures ménagères. La charge financière de l'entretien sur les propriétaires doit être réduite par des contrats de service et l'organisation de la collecte municipale. Les stations de recyclage seront mises en place dans chaque quartier pour le métal, le papier, le plastique, le verre, les déchets organiques des cuisines et des jardins, et les excréta humains. Sur la base de ces décisions, Ils ont choisi un système d'éco-assainissement qui leur permettra de recycler de manière hygiénique les déchets organiques des cuisines et les urines et fèces humaines stérilisées et de les réutiliser dans les petites parcelles horticoles à l'intérieur des villes et dans les fermes rurales. Le système qu'ils ont choisi pour le recyclage des déchets humains comprend un séparateur d'urine, de telle manière que l'urine est collectée séparément des fèces assainies.

Les stations de recyclage ont été mises en place dans les quartiers, et aujourd'hui, le personnel collecte les urines et les déchets organiques des cuisines des ménages à intervalles réguliers décidés par la collectivité. Les produits fécaux assainis sont collectés tous les 6 mois et amenés dans une station de recyclage. Après le premier traitement (déshydratation) sur place, le poids des fèces partiellement assainies est très réduit et elles sont assez saines et inoffensives pour être manipulées sans risque. Ceci rend la collecte plus facile, particulièrement dans la mesure où les routes sont étroites et où des bicyclettes ou des charrettes tirées par des ânes doivent être utilisées pour la collecte dans certains quartiers.

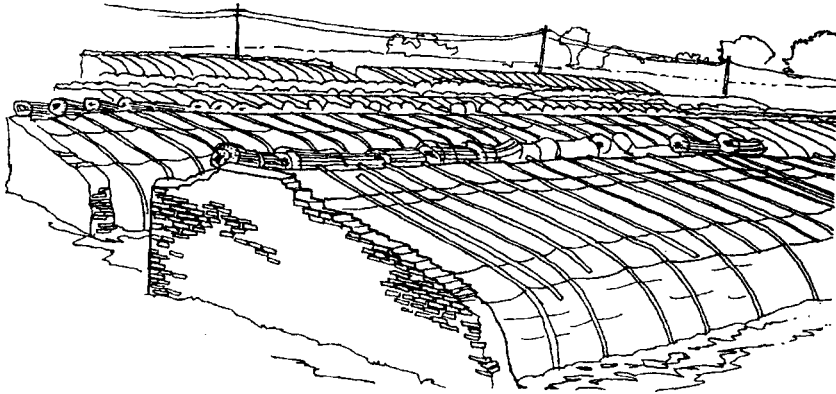
A la station de recyclage, les fèces partiellement assainies subissent un second traitement de compostage à haute température pour une destruction complète des germes pathogènes.

L'urine est temporairement stockée près des toilettes et utilisée dans le jardin de la famille ou dans les conteneurs de culture placés sur les toits (voir encadré 2.1).

Les urines en excès, et celles des ménages qui ne les utilisent pas comme engrais, sont collectées toutes les semaines, stockées dans des réservoirs dans les stations de recyclage jusqu'à ce qu'elles soient assainies, puis vendues comme engrais liquide aux maraîchers et fermiers dans et autour de la ville. Durant la saison froide, il y a encore une demande pour l'engrais à base d'urine venant des maraîchers qui produisent des légumes en serre.

Les fèces assainies sont vendues comme conditionneur de sol. Ces produits sont considérés comme aussi bons que les engrais commerciaux mais ils sont beaucoup moins chers. Le prix payé par les fermiers et les horticulteurs urbains financent les salaires des ouvriers de la station de recyclage, de sorte que les ménages n'ont rien à payer pour la collecte. Chaque station de recyclage a créé un grand nombre d'emplois pour les résidents locaux.

Le système dans son ensemble est soutenu par un programme d'éducation et de formation des ménages et des ouvriers dans les centres de recyclage. Les ouvriers chargés de la collecte sont formés pour instruire et suivre les ménages. Si au moment de la collecte ils voient un problème dans le dispositif d'assainissement d'un ménage, c'est leur travail que de discuter du problème avec le propriétaire et d'essayer de trouver une



solution sur place. En outre, les autorités municipales ont institué un contrôle régulier des centres de recyclage de quartiers et des engrais produits.

Figure 5.1 Avec la production des végétaux dans des serres, il y a aussi une demande pour les urines comme engrais pendant la saison froide.

Un test à la fois des urines et des fèces assainies est effectué périodiquement pour la sécurité de la santé publique.

Un avantage supplémentaire du programme d'éducation au nouveau système d'assainissement est que tout un éventail de comportements hygiéniques sont abordés comme ils ne l'ont jamais été. Le lavage des mains, l'hygiène de la nourriture et les soins des nourrissons et des enfants pour empêcher les maladies diarrhéiques reçoivent une plus grande attention. Un autre avantage est l'utilisation des méthodes participatives avec les communautés dans le but de planifier leurs centres de recyclage. Ces méthodes sont maintenant utilisées par les groupes communautaires pour traiter d'autres projets de développement.

5.2. Avantages de l'assainissement écologique

Si cette vision de l'assainissement écologique pouvait être réalisée, elle serait source de grands avantages pour l'environnement, les ménages et les familles, ainsi que les municipalités. Pour clore cet ouvrage, nous résumerons ci-dessous ces avantages :

5.2.1 Avantages pour l'environnement

Si l'assainissement écologique pouvait être adopté à grande échelle, il protégerait nos eaux souterraines, nos cours d'eau, nos lacs et la mer, de la contamination fécale. Moins d'eau serait consommé. Les fermiers auraient besoin de moins d'engrais commerciaux onéreux, une bonne partie desquels aujourd'hui est lavée par les pluies et polluent l'eau, ce qui contribue à la dégradation de l'environnement.

L'éco-assainissement nous permet d'utiliser l'urine comme engrais de haute valeur. Les 400 à 500 litres d'urine produites par chaque individu pendant un an contiennent assez de nutriments pour faire pousser 250 kilogrammes de grain, suffisamment pour nourrir une personne pendant un an. L'urine est riche en azote, phosphore et potasse. Elle contient 90% de la valeur en engrais des excréta humains¹. Cette ressource importante est beaucoup plus facile et plus saine à manipuler sous forme d'urine pure que le

mélange urine et fèces. L'urine peut être diluée avec l'eau et mise directement dans les jardins maraîchers et les champs agricoles ou stockée dans des réservoirs souterrains pour un usage ultérieur.

L'éco-assainissement nous permet aussi de récupérer les fèces humaines pour les transformer en un excellent conditionneur de sol. Mais les fèces peuvent aussi contenir de dangereux micro-organismes. Les germes pathogènes devront être détruits, avant le recyclage. La destruction des germes pathogènes aussi bien que la manipulation sont plus hygiéniques, plus faciles et moins coûteuses si les fèces ne sont pas mélangées aux urines et à l'eau.

Le recyclage à grande échelle rénovait l'agriculture rurale et urbaine. Réutiliser l'urine humaine et les fèces assainies dans les zones rurales de manière régulière a le potentiel de réapprovisionner le sol en nutriments jusqu'à un niveau où la productivité s'éleverait de façon spectaculaire. Une étude suédoise a trouvé que le contenu en nutriments du compost extrait des toilettes par compostage peut être comparé au fumier de ferme, et dans certains cas lui était supérieur².

Le recyclage à grande échelle réduirait l'effet de serre. Le recyclage des excréta humains pourrait aider à réduire l'effet de serre s'il était pratiqué à grande échelle en tant que partie d'un programme d'ensemble visant à augmenter la teneur du sol en carbone. Beaucoup d'efforts visant à résoudre le problème de l'augmentation de l'anhydride carbonique (CO₂) dans l'atmosphère, qui serait la cause des changements climatiques, se sont focalisés sur la réduction des émissions de CO₂ provoquées par la combustion de carburant fossile et la destruction des forêts tropicales. Cependant, les scientifiques ont, récemment, commencé à s'intéresser aux capacités du sol à agir comme un évier pour absorber l'excès de carbone dans l'atmosphère. (Dans les sols, le carbone est stocké sous forme d'humus et de matière organique en décomposition). Un certain nombre de facteurs influence l'accumulation du carbone dans le sol. Réutiliser les excréta humains assainis sur les terres dégradées jouerait un rôle significatif dans ce processus en améliorant la fertilité du sol, en augmentant la croissance des végétaux et ainsi la quantité de CO₂ absorbée de l'atmosphère par la photosynthèse. Un modeste doublement de la quantité de carbone dans les sols non forestiers, permettant de passer du faible niveau actuel de 1% (résultat de l'érosion) à 2% sur 100 ans équilibrerait l'augmentation annuelle de la teneur en carbone de l'atmosphère pendant la même période³.

5.2.2 Avantages pour les ménages et les voisins

Les systèmes d'éco-assainissement, s'ils sont correctement gérés et entretenus, ne sentent pas et ne produisent ni mouches ni autres insectes. Ceci est un grand avantage sur les toilettes ordinaires à fosse. Les urines et les fèces ne sont pas en contact et donc ne produisent pas d'odeur. Les niveaux d'humidité sont trop bas pour générer des mouches.

Une objection fréquemment entendue à propos des toilettes à fosse est que les petits enfants peuvent y tomber et mourir. Les systèmes d'éco-assainissement ne présentent pas ce risque car ils ne sont ni profonds, ni humides et sont en général construits au-dessus du sol.

Quelque déplaisant que soit l'environnement immédiat, les ménages individuels peuvent améliorer considérablement leurs conditions de vie en adoptant un système d'éco-assainissement. Il n'est pas nécessaire d'attendre que les autorités installent des canalisations d'eau et un système d'égout. Le dispositif lui-même peut être relativement bon marché et n'est pas difficile à construire. Les ménages peuvent bénéficier

immédiatement des avantages de l'intimité, de la commodité et de l'esthétique avec une toilette sans odeur et sans mouche, près ou dans leur maison, même si elle est petite. Ceci est bien sûr particulièrement important pour les femmes. Lorsqu'un groupe de ménages ne possède pas de toilette et pratiquent la défécation à l'air libre, leur environnement peut être amélioré de façon spectaculaire par l'éco-assainissement.

Les avantages sur la santé ne constituent pas en général un point important pour l'acceptation des usagers. Cependant, quelques consommateurs peuvent trouver intéressant de savoir que si une grande partie de leur quartier devient plus saine, les infections liées aux diarrhées et aux vers diminueront, permettant un meilleur niveau de santé pour tout le monde et de meilleurs résultats scolaires pour les enfants⁴.

Le niveau de nutrition des familles s'améliorerait aussi si les urines et les fèces étaient recyclées afin de favoriser la croissance des légumes dans les jardins, sur les toits ou les balcons (voir encadré 2.1) ou même sur les murs (voir encadré 2.2). La valeur comme engrais de l'urine recyclée et les propriétés d'amélioration du sol des fèces décomposées peuvent permettre d'excellentes récoltes même sur un sol pauvre ou dans le cas d'horticulture hors sol⁵. Cela encore est particulièrement important pour les femmes dans la mesure où elles sont responsables de la production alimentaire de leurs ménages.

Quelques modèles de toilettes basées sur l'éco-assainissement sont légères et mobiles. Les pauvres des zones urbaines en général ne possèdent pas le terrain sur lequel ils vivent et ne souhaitent pas investir de l'argent dans des structures qu'ils ne peuvent emmener avec eux. Avec une approche d'éco-assainissement, il leur est possible d'avoir une unité de toilette préfabriquée mobile. Ceci s'est révélé un important facteur de vente pour les toilettes préfabriquées produites par Tecnologia Alternativa SA dans la ville de Mexico (voir chapitre 3.2.3).

La vidange des toilettes ordinaires à fosse et l'enlèvement des boues des fosses septiques est à la fois malpropre, cher et techniquement difficile. Les camions de vidange nécessaires pour ce processus ne peuvent accéder aux zones d'habitations informelles en raison de l'étroitesse des rues et des pentes escarpées. Si les contenus sont évacués manuellement, la boue est malodorante, mouillée et dangereuse pour les ouvriers. Les systèmes d'éco-assainissement basés sur la déshydratation ou la décomposition réduisent le volume du matériau à manipuler et transporter, qui devient un produit sec comme de la terre, complètement inoffensif et facile à manipuler. Comme la toilette est construite entièrement au-dessus de sol, l'accès aux fèces assainies destinées au recyclage et leur gestion pour la destruction des germes pathogènes sont faciles

Le grand problème de construction des toilettes dans certaines zones tient aux conditions de l'eau souterraine et à la nature du sol. Dans certaines zones, le sol est trop difficile à creuser. Dans d'autres, la nappe phréatique est proche de la surface. Dans les deux cas il est difficile ou impossible de construire des toilettes à fosse, des toilettes à fosse ventilée améliorée (VIP) ou des toilettes à chasse d'eau.

Comme les systèmes d'éco-assainissement peuvent être entièrement construits au-dessus du sol, ils peuvent être installés n'importe où, là où l'on construit une maison; ils ne risquent pas de s'écrouler, ils ne déstabilisent pas les fondations des bâtiments proches et ne polluent pas l'eau souterraine.

Il est souvent dit qu'on ne peut avoir de bonnes toilettes sans eau. Ceci en raison du fait que certains systèmes d'assainissement dépendent de l'eau pour le transport des fèces et



Figure 5.2 Un quartier avec un système d'assainissement écologique. Chaque ménage a sa propre toilette par déshydratation ou compostage accolée à sa maison. Il y a séparation des urines et une chambre de traitement à chauffage solaire. Les ouvriers municipaux collectent les urines, les fèces après traitement primaire et les déchets des cuisines et les amènent à la station de traitement du quartier.

des urines jusqu'à un endroit hors du site. La plupart des toilettes basées sur l'éco-assainissement n'ont pas besoin d'eau - en fait, pour de nombreux modèles, l'eau nuit à leur fonctionnement correct.

Plus de la moitié de la population du monde en développement n'a pas de système d'assainissement pour l'évacuation des excréta. Le marché pour des moyens appropriés d'assainissement est énorme et la demande existe. En outre, plus de la moitié des pauvres se trouve sans travail. La majorité des toilettes basées sur l'éco-assainissement n'exigent pas d'équipement onéreux ou de haute technologie. Des emplois peuvent être créés pour des constructeurs et des collecteurs d'urines et de fèces assainies. Ces produits peuvent être vendus aux fermiers ou les ménages peuvent les utiliser pour des cultures vivrières. Une mini-économie complète pourrait se développer autour des systèmes d'assainissement écologique, spécialement dans les zones urbaines.

5.2.3 Avantages pour les municipalités

Les municipalités, partout dans le monde, connaissent des difficultés de plus en plus importantes pour assurer l'approvisionnement en eau des maisons et des quartiers. Dans de nombreuses villes, l'eau est rationnée et fournie seulement pendant quelques heures par semaine. Les maisons les plus riches collectent cette eau dans de grands réservoirs alors que les pauvres font la queue aux bornes fontaines publiques pour recevoir leur ration quotidienne. Les systèmes d'éco-assainissement n'utilisent pas cette eau si rare et peuvent permettre ainsi une répartition plus équitable de l'eau entre ménages riches et pauvres.

Un avantage majeur des systèmes d'éco-assainissement est qu'ils ont le potentiel d'étendre la couverture en assainissement des personnes non desservies plus rapidement que toute autre méthode. Les autorités municipales subissent une pression croissante pour fournir

une couverture en assainissement à la population urbaine dans sa totalité. Même si la volonté politique existe, les options sont très limitées en raison du manque d'eau et/ou d'argent (pour les systèmes de tout à l'égout), du manque d'espace, de la nature du terrain ou des conditions de l'eau souterraines (pour les systèmes de fosse). Les options d'éco-assainissement, présentées dans le chapitre 3, sont en général financièrement accessibles aux pauvres et n'entraînent pratiquement aucun coût récurrent pour le fonctionnement et l'entretien. Dans la plupart des cas, elles n'exigent pas de creusement, ne dépendent pas de l'eau et de canalisations, et, comme les unités n'ont pas d'odeur et peuvent être placées n'importe où (même à l'intérieur d'une maison et dans les étages), elles peuvent être utilisées même dans les zones surpeuplées. L'éco-assainissement pourrait être une alternative peu onéreuse et attirante aux systèmes de tout à l'égout.

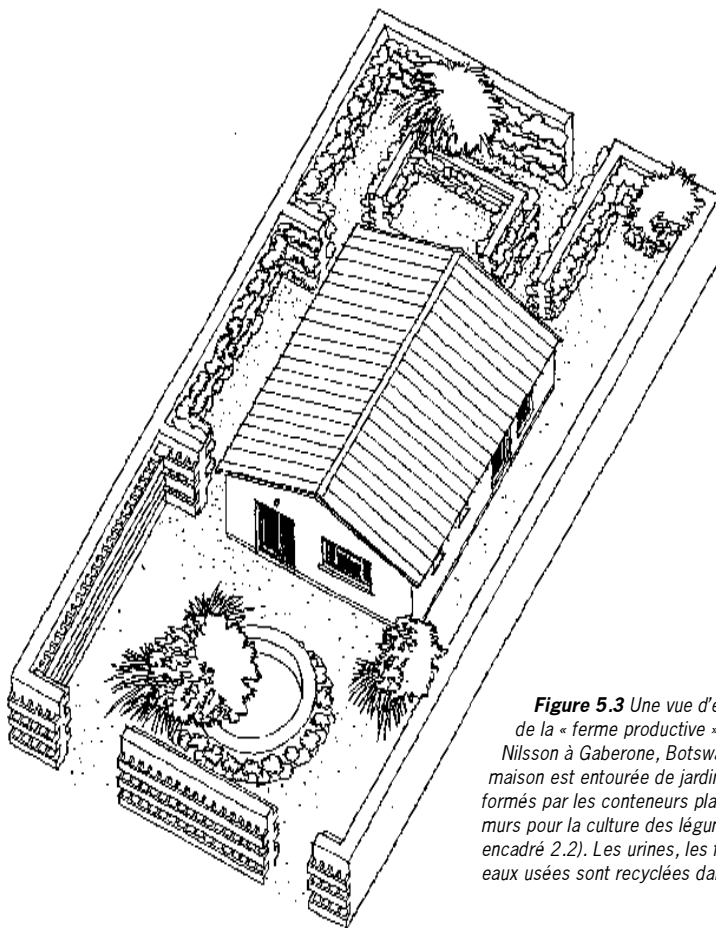


Figure 5.3 Une vue d'ensemble de la « ferme productive » du Dr Gus Nilsson à Gaborone, Botswana. La maison est entourée de jardins verticaux formés par les conteneurs placés dans les murs pour la culture des légumes (voir encadré 2.2). Les urines, les fèces et les eaux usées sont recyclées dans la ferme

Finalement, les systèmes d'éco-assainissement permettent, et même favorisent, une gestion urbaine décentralisée des "déchets-ressources". La charge garantissant un bon fonctionnement du système urbain d'assainissement passe des autorités municipales au niveau des quartiers où les citoyens peuvent en surveiller les conditions et prendre des initiatives directement lorsque cela est nécessaire. Le rôle de l'autorité municipale devient alors réglementaire avec , comme objectif, la préservation de la santé publique.

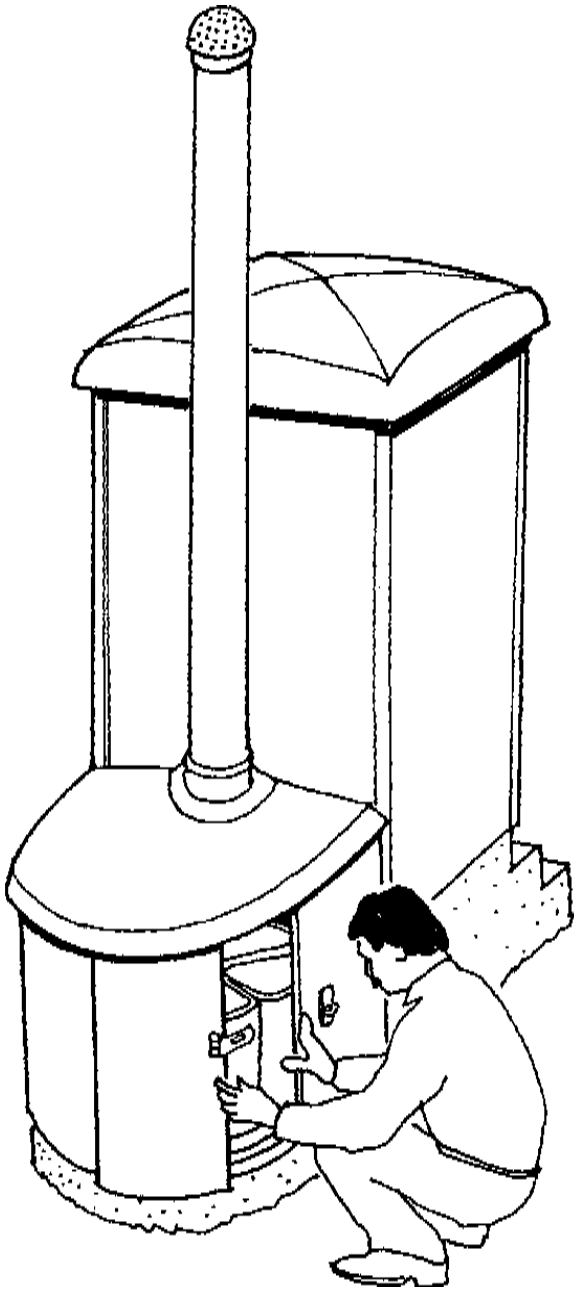


Figure 5.4 Les toilettes basées sur l'éco-assainissement sont entièrement construites au-dessus du sol. Cet exemple d'une unité préfabriquée a une chambre de traitement à chauffage solaire avec des bacs placés sur un fond rotatif.

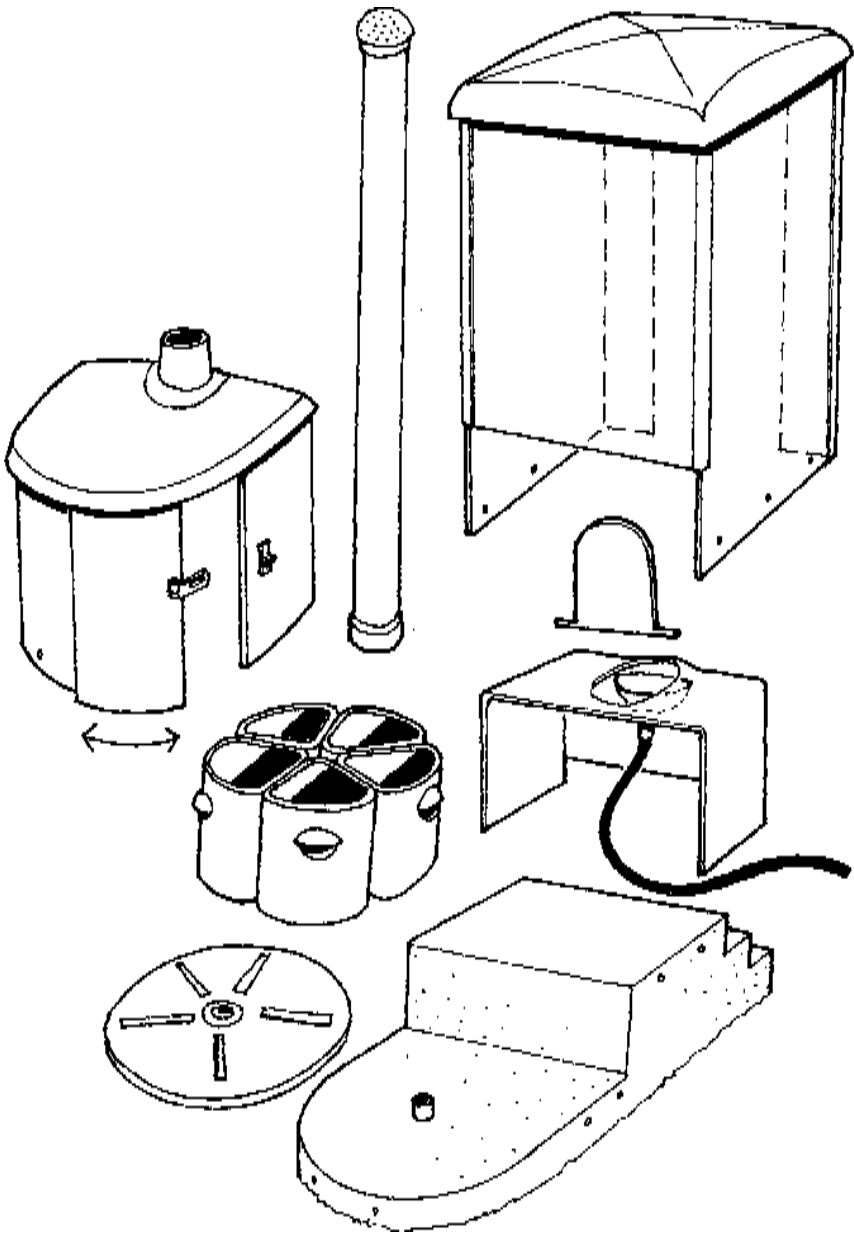


Figure 5.5 Vue détaillée de la toilette de la figure 5.4

NOTES ET REFERENCES

Chapitre 1: INTRODUCTION

¹ Union of Concerned Scientists (1992) : *World scientist's warning to humanity*, publiée à Washington, DC. USA, le 18 Novembre 1992.

CNUEH (1996) : *Water crisis to strike most developing world cities by 2010*, Communiqué de Presse d'Habitat, Nairobi, Kenya. PNUD (1996) : Habitat II, Dialogue III : *Water for thirsty cities*, Report of the Dialogue, Conférence des Nations Unies sur les Etablissements Humains, juin 1996, Istanbul, Turquie

² Niu Mao Sheng, Ministre chinois des ressources en eau cité dans Brown LR (1997) : *Who will feed China ? Wake-up call for a small planet*, WW Norton & Co., New York USA

³ UNCSD (1997) Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Conseil Economique et Social, 5^e session, 5-25 avril. E/CN.171991/9/. New York, USA.

⁴ Costner P and Thornton J (1989) : *We all live downstream – the Mississippi River and the national toxics crisis*. Greenpeace, Washington DC, USA. Platte, AE (1995) : Dying seas. *World Watch*, (8) 1, Worldwatch Institute, Washington, DC, USA. Smayda T (1990) : Novel and nuisance phytoplankton in the sea – evidence for a global epidemic, in Graneli E *et al.* (eds) : *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier Science Publishing House, New York, USA.

⁵ Briscoe J and Steer A (1993): New approaches to sanitation – a process of structural learning. *Ambio*, 22 (7): 456. Stockholm, Suède. OMS (1997): *Lettre d'Information sur la Salubrité de l'Environnement*, No. 27 – Supplément spécial, Genève, Suisse.

⁶ Voir une étude récente de la pollution des eaux souterraines par les latrines à fosse dans Stenström TA (1996): Water microbiology for the 21st century, contribution à l'Atelier 3 du Symposium de l'Eau de Stockholm, 7 Août 1996, Stockholm, Suède. «Une localisation inappropriée de latrines ou de puits peut créer une vaste pollution des eaux souterraines par des micro-organismes. Des règles anciennes sont appliquées sans que soient pris en considération les facteurs pertinents. Au mieux, une distance de sécurité de 10 à 30 m entre les latrines et les puits a été respectée dans de nombreux pays en développement, mais sans prendre en compte les facteurs qui peuvent influencer sur le risque réel de pollution. Pour évaluer et illustrer ceci comme une des routes de transmission, nous avons conduits un certain nombre d'expériences simples au cours desquelles des bactériophages ont été introduits au titre de biotraceurs dans différentes latrines dans deux quartiers péri-urbains africains. Il a été démontré qu'en quelques jours la transmission s'est produite entre latrines et puits à des distances pouvant atteindre 50 à 100 mètres. Ceci montre que, bien que les parasites et les bactéries, puissent être efficacement tenus en respect, certains virus ne l'étaient pas.

Chapitre 2: ASSAINIR ET RECYCLER

¹ Les germes pathogènes les plus importants (et les maladies qui y sont associées) présents dans l'urine comprennent: *Salmonella typhi* (typhoïde), *Salmonella paratyphi* (fièvre paratyphoïde), *Schistosoma haematobium* (bilharziose). *Salmonella typhi* et *paratyphi* sont expulsées dans les urines et les fèces et dans la plus grande partie du monde, les porteurs fécaux sont plus courants que les porteurs urinaires. Les œufs de *S. haematobium* quittent le corps de leur hôte le plus souvent dans l'urine, mais pénètrent par la peau après une période de développement à l'air libre. Pour une description plus complète de chacun des pathogènes et maladies cités ci-dessus, voir par exemple Beneson AS (ed) (1995): *Control of communicable diseases manual*. American Public Health Association, Washington DC, USA. Voir aussi Höglund C (1998): Hygienisk kvalitetet på Källsorterad urin (Qualité hygiénique de l'urine dérivée). Contribution à la National VAV Conference, Linköping, 2–3 mars 1998.

² Moins de 5% des eaux usées domestiques sont traités dans les zones urbaines des pays en développement. Voir World Resources Institute (1996): *The urban environment*, 1996-1997, Oxford University Press, New York, USA, p. 109

³ Pour une analyse de l'évolution de la résistance de *Shigella*, voir Tuttle J et Tauxe R (1995): *Antimicrobial-resistant Shigella – the growing need for preventive strategies*. CDC/NCID Report. Infectious diseases in clinical practice, 2(1):55-59. Les pathogènes deviennent également résistants à la désinfection en milieu environnemental. Par exemple, le chlore n'est pas efficace contre les helminthes et les protozoaires.

⁴ Une discussion plus approfondie de ces facteurs et du taux de disparition des pathogènes peut être trouvée dans plusieurs documents: Strauss M et Blumenthal UJ (1990): *Use of human wastes in agriculture and aquaculture – utilization practices and health perspectives*. International Reference Centre for Waste Disposal (IRCWD), Duebendorf, Switzerland. Feacher RG *et al.* (1983): *Sanitation and disease – health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley and Sons, Chichester, New York. Jenkins JC (1994): *The humanure handbook – a guide to composting human manure emphasizing minimum technology and maximum hygienic safety*. Jenkins Publishing, Grove City, PA, USA.

⁵ Pour une description de chaque germe pathogène, y compris leur épidémiologie, leur capacité de survie et les caractéristiques pathologiques, voir Feacher RG *et al.* (1983): *Sanitation and disease – health aspects of excreta and wastewater management*. John Wiley and Sons, Chichester, New York, USA.

⁶ Markell EK, Voge M et John DTT (1986): *Medical parasitology*. WB Saunders Company, Philadelphie, USA.

⁷ Beneson AS (ed) (1995): *Control of communicable diseases manual*. American Public Health Association, Washington DC, USA.

⁸ Robertson LJ, Campbell AT et Smith HV (1992): Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures, *Applied and Environmental Microbiology*, 58 (11): 3494–3500.

⁹ Fayer R (1985): Effect of high temperature on infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. *Applied Environmental Microbiology*, 60(8):2732–2735. Anderson BC (1985): Moist heat inactivation of *Cryptosporidium* sp. *American Journal of Public Health*, 75(12): 1433–1434.

¹⁰ Armando Caceres, CEMAT: communication personnelle.

¹¹ Une série d'études ont été conduites par Reimers RS *et al.* sur la capacité de survie des *Ascaris* dans les eaux usées sous diverses conditions. Il s'agit de: *Parasites in southern sludges and disinfection by standard sludge treatment* (EPA-600/S2-81-166, Oct. 1981); *Investigation of parasites in sludges and disinfection techniques* (EPA-600/S1-85/022, Jan 1986), and *Persistence of pathogens in lagoon-stored sludge* (EPA/6000/S@-89/015, Jan 1990).

¹² King FH (1973): *Farmers of Forty Centuries: permanent agriculture in China, Korea and Japan*. Rodale Press, Emmaus, PA. (publié à l'origine en 1909). Voir aussi Winblad U and Kilama W (1985): *Sanitation without water*. Revised and enlarged edition, Macmillan, London, UK.

¹³ Matsui S. (1997): Nightsoil collection and treatment in Japan. *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources No. 9, Sida, Stockholm, Sweden.

¹⁴ UNDP (1996): *Urban agriculture*, New York, USA

¹⁵ Jönsson H (1997): Assessment of sanitation systems and reuse of urine. *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources No. 9, Sida, Stockholm, Suède.

¹⁶ Jönsson H, Olsson A; Stenström ta AND Dalhammar G (1996): Källsorterad humanurin i kretslopp – en förstudie i tre delar (L'urine humaine séparée est source de recyclage – étude pilote en trois parties), *VA-Forsk Report* 96-03, Stockholm, Suède. (En suédois; résumé en anglais)

¹⁷ Olsson A (1995): *Källsorterad humanurin – förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning* (Urine séparée à la source – présence et survie de micro-organismes fécaux et composition chimique). Rapport 208, Department of Agricultural Engineering Research, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

¹⁸ Jönsson H, Stenström TA, Svensson J et Sundin A (1997): Source separated urine – nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination. *Water Science and Technology*, 35(9): 145–152. D'autres chercheurs ont découvert que l'adjonction d'acide empêche la décomposition de l'urée de commencer. L'acide doit être ajouté avant que celle-ci commence, voir Hanaeus Å *et al.* (1996): Conversion of urea during storage of human urine. *Vatten*, 52: 263–270, Lund, Suède. Un chercheur Viet Namien recommande l'adjonction de superphosphate pour prévenir l'évaporation de l'ammoniac, voir Polprasert C (ed) (1981): *Human faeces, urine and their utilization*. ENSIC, Bangkok, Thailand.

¹⁹ Jönsson H (1997): Assessment of sanitation systems and reuse of urine. *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources No 9, Sida, Stockholm, Suède. Elmuist H, Rodhe L, Blombert M, Lindén B et Steineck S (1998): Human urine and effluents from digestion of food refuse as a fertilizer to barley – crop yields, ammonia emission and nitrate leakage. Contribution à la 8^{ème} Conférence Internationale RAMIRAN sur les Stratégies de Gestion des Déchets Organiques dans l'Agriculture, 26–29 mai 1998, Rennes, Bretagne, France.

Chapitre 3: ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE: PRATIQUES ANCIENNES ET NOUVELLES IDEES

¹ Les germes pathogènes sont détruits par le système d'assainissement par le procédé en quatre étapes décrit dans la section 2.1.3. Dans l'idéal, tous les germes pathogènes sont détruits dans la chambre de traitement primaire sur site. Si ce traitement échoue à produire une matière suffisamment débarrassée de ses germes pathogènes, le produit extrait de la chambre de traitement doit subir un traitement secondaire sur ou hors site.

² McMichael JL (ed) (1976): *Health in the Third World – studies from Viet Nam*, Spokesman Books, Nottingham, UK . Polprasert C. (ed) (1981): *Human faeces, urine and their utilization*. ENSIC, Bangkok, Thailand.

³ Sanres a commencé un programme d'essai en 1998 en coopération avec le Swedish Institute for Infectious Disease Control. Les résultats seront publiés en 1999–2000.

⁴ Premiers prototypes à chauffage solaire en Tanzanie et au Mexique, voir Winblad U and Kilama W (1985): *Sanitation without water*. Revised and enlarged edition. Macmillan, London, UK. Toilettes à chauffage solaire au Viet Nam, voir Winblad U and Stenström TA (1997): Pilot project in Cam Duc commune, Kan Hoa Province – rapid assessment. Report to Sida, Stockholm, Sweden.

⁵ Gough G (1997): El Salvador experience with dry sanitation. *Ecological alternatives in sanitation*, Publication on Water Resources No 9, Sida, Stockholm, Suède. Le contenu de la chambre de traitement de quelques unes des toilettes Tecpan a été analysé pour détecter un certain nombre de conditions en 1996 et 1997. Dans 17 cas sur 19, la texture du contenu était poudreux, avec un cas de contenu pâteux et un cas semi-pâteux. La mesure par MPN/g des coliformes fécaux avait une valeur médiane de 4. Dans le cas de la toilette dont le contenu s'est révélé pâteux, le MPN était de 2400, le chiffre le plus haut. Une seule des toilettes contenait des œufs d'ascaris, mais à l'examen microscopique, aucun n'était viable. Il est possible que les ascaris n'aient pas été largement répandus dans cette collectivité. (Une étude spéciale sur la survie des ascaris est en cours). Le pH s'établissait entre 7 et 12, avec une valeur moyenne de 10. La teneur en eau était en général basse, allant de 8% à 38%. La valeur moyenne s'établissait à 13%, et 4 échantillons seulement contenaient plus de 20% d'eau.

⁶ Kirkman J (1976): *City of Sanaa*. World of Islam Publishing Co Ltd, London, UK. Lewcock R (1976): Towns and buildings in Arabia – N. Yemen, *Architectural Association Quarterly* 8(1).

⁷ Irma de Cal : Communication personnelle

⁸ A Salsbury Beach dans le Massachussets une installation Clivus Mulstrum (33 toilettes et 6 urinoirs dans trois bâtiments) dessert jusqu'à 20000 personnes par jour. Elle a été achevée et mise en service en 1996. Une autre installation Clivus Mulstrum (composée de 12 chambres de traitement) fonctionne à Rhode Island, à Misquamicut Beach, depuis 6 ans et est en cours d'extension. Les installations sont la propriété des Etats respectifs et sont gérées par la compagnie Clivus Nouvelle Angleterre Inc. Les deux plages avaient dû être fermées pour cause de pollution mais ont pu être ré-ouvertes après l'installation du système de compostage. Des négociations avec les fermiers sont en cours pour le recyclage des liquides. La matière solide reste dans les réservoirs

pendant environ 10 ans avant d'être vidangée. Il y a maintenant quelques milliers de toilettes publiques en service aux Etats Unis, dans les parcs nationaux, dans les aires de service des autoroutes et dans les camps militaires. Les réglementations concernant la réutilisation varie d'Etat à Etat. – Carl Lindström (1998): communication personnelle.

⁹ Dudley E and Winblad U (1994): *Dry latrines for urban areas – the findings of the 2nd Sanres Workshop*, Mexico City, Mexico.

¹⁰ Berry G et Crennan L (1996): Contribution au Sanres Workshop on Eco-sustainable Sanitation, San Salvador, El Salvador

¹¹ Rapaport D (1995): *Sewage pollution in Pacific island countries and how to prevent it*. Centre for Clean Development, Eugene, Oregon, USA.

¹² Calvert P(1997): Seeing (but not smelling) is believing – Kerala's compost toilet. *Waterlines* 15(3):30–32. Alvert P (1998): A positive experience with composting toilets in India – Kerala case study, contribution présentée à la Conférence CSE sur la Santé et l'Environnement, New Delhi, Juillet 1998. Paul Calvert (1998): communication personnelle-

Chapitre 4: FAIRE FONCTIONNER L'ASSAINISSEMENT ECOLOGIQUE

¹ Fondo de Inversion Social (1994): Diagnostico y recomendaciones proyecto letrinas aboneras, operaciones BID I y II, San Salvador.

² Fis, Unicef et Ministère de la Santé (1995): évaluation non publiée du projet pilote sur le module d'éducation sanitaire, San Salvador, Salvador.

³ Fittschen I (1995): *Water management in the Ecovillage Toarp*, Department of Water Resources Engineering, Lunds University, Lund, Suède et Janusz Niemczynowicz: communication personnelle

⁴ Clark GA (1997): Dry sanitation in Morelos, Mexico. *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources No 9, Sida. Stockholm, Suède.

⁵ Deux exemples récents en Suède: Le nouveau (1997) bâtiment des sciences de l'Université de Kalmar est équipé d'un système d'assainissement écologique: dérivation des urines, compostage par des vers et traitement des eaux usées sur place pour 500 étudiants et 50 professeurs. Le jardin botanique Bergianska de Stockholm est équipé de toilettes pour le personnel et les visiteurs avec dérivation des urines et une chambre de traitement de type carrousel pour les fèces

⁶ Günther F (1992): *Simplifying wastewater treatment by source separation*. Dept of Systems Ecology, Université de Stockholm, Suède.

⁷ Clivus Multrum (1998): *Greywater – facts about greywater: what it is and how to treat it*. <http://www.clivusmultrum.com/greywater.html>.

⁸ Voir référence 14, chapitre 2.

⁹ Haden A (1997): Liste de contrôle sur la sexospécificité dans la planification des projets d'assainissement. *La promotion de l'assainissement*. Simpson-Hébert M and Wood S (eds), OMS et Conseil de Concertation pour l'Approvisionnement en Eau et l'Assainissement, Genève, Suisse

¹⁰ Winblad U et Kilama W (1985): *Sanitation without water*. Revised and enlarged edition. Macmillan, Londres, RU.

¹¹ Wood S., Sawyer R et Simpson-Hébert M (1998): *Manuel pas-à-pas sur le Phast – une approche participative pour enrayer les maladies diarrhéiques*, OMS, Genève, Suisse

Chapitre 5: UNE VISION D'AVENIR

¹ Sundblad K et Johansson M (1997): *Ecological engineering in sewage management*. Coalition Clean Baltic, Stockholm, Suède.

² Valdmaa K (1975): *Functioning of the «Ecolet» biological compost toilet*. The Royal Agricultural College, Uppsala, Suède

³ Strong M et Arrhenius E (1993): Closing linear flows of carbon through a sectoral society – diagnosis and implementation. *Ambio*, 22(7):414–416.

⁴ OMS (1997): Strengthening interventions to reduce helminth infections. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

⁵ Voir par exemple Brown LR *et al.* (1998): *State of the world 1998*. Earthscan Publications Ltd, Londres, RU: «For the urban poor, compost is a virtually free fertilizer and soil builder, whose production requires little space, virtually no equipment, and a modest amount of labour. Such a valuable and affordable resource, available without reliance on outside suppliers, can make an economic and nutritional difference to people living on the economic margins.» («pour les pauvres en zones urbaines, le compost est un engrais et un conditionneur de sol à peu près gratuit, dont la production exige peu d'espace, virtuellement pas d'équipement et un apport modeste de travail. Une ressource aussi valable et aussi accessible, disponible sans dépendre de fournisseurs extérieurs, peut faire une différence économique et nutritionnelle pour les gens qui vivent aux franges de l'économie.»)

GLOSSAIRE

ANADEGES Autonomia
Descentralismo y Gestion, AC ; une
ONG au Mexique

Assainir Rendre propre/hygiénique de
manière à ne plus être cause de maladie

Assainissement L'évacuation des excréta
humains et des déchets ménagers; "un
bon assainissement est un état de
propreté et un environnement sain, sans
contamination. L'assainissement est le
processus de création et d'entretien de ces
conditions" (OMS / Groupe de Travail
sur la promotion de l'assainissement du
Conseil de Concertation sur l'eau et
l'assainissement, 1995)

Barrio Un district d'une cité ou d'une
ville dans les pays de langue espagnole

BID Banque Inter-Américaine de
Développement

CCD Centre pour un développement
propre ; une ONG aux Etats Unis

CEDICAR Centro de Investigacion y
Capacitacion Rural AC ; une ONG du
Mexique

CEMAT Centro Mesoamericano de
Estudios sobre Tecnologia Apropiada ;
ONG du Guatemala

Compostage Processus biologique par
lequel les divers éléments vivants
(exemple : bactéries, champignons, vers
de terre etc...) détruisent la matière
organique pour en faire de l'humus

Conservation de l'eau Economiser
(c'est-à-dire ne pas gaspiller) l'eau

Cultures fécopiles Cultures pour
lesquelles la manipulation et la discussion
concernant les fèces humaines ne sont
pas tabous

Cultures fécopobes Cultures ayant
d'importants tabous contre la
manipulation et la discussion des fèces
humaines

DBO Demande biochimique en oxygène

Défécation Acte de d'évacuer les fèces
hors du corps humain

Déshydratation Evacuation de l'eau ;
séchage

Diarrhée Condition d'une défécation
fréquente et liquide

Eau de surface Rivières, lacs, étangs et
courants d'eau

Eau souterraine Eau contenue dans le
sol et dans le sous-sol profond

Eau usée Eau qui a été utilisée pour le
lavage

Eaux noires Eaux lourdement polluées
contenant des excréta humains

ECIT Espacios Culturales de
Innovacion tecnologica ; une ONG au
Mexique

Essuyeur Une personne utilisant du
papier ou d'autres matières solides (ex.
bâtons de bois, pierres et tiges de maïs)
pour le nettoyage anal.

Evapo transpiration Processus par
lequel l'eau disparaît dans l'air à travers
les feuilles des plantes et des surfaces du
sol et de l'eau

Fèces Matière non digérée et évacuée
par l'anus

FIS Fond social d'investissement

Helminthes Vers parasitaires

Humus Matière organique présente
dans le sol, qui a été décomposée si
totalement qu'elle a perdu toutes les
caractéristiques de sa structure originelle

LASF Letrina abonera seca familiar (la
version centraméricaine de la toilette à
double voûte Viet Namienne)

Laveur	Personne employant l'eau pour le nettoyage anal	Terre noire	Excrétas humains frais collectés (de nuit en général) pour l'usage comme engrais
NPP	Nombre le plus probable	Toilettes VIP	Toilettes améliorées à fosse ventilée
Nutriments	Toute substance qui nourrit	UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (United Nations International Childrens Emergency Fund)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé	Urine	Liquide produit par les reins et périodiquement évacué
ONG	Organisation non gouvernementale	Uriner	Acte d'évacuer les urines
Parasite	Organisme vivant dans ou sur un autre et à ses dépens (exemple vers intestinaux)	USD	Dollars américains
Pathogène	Tout agent qui cause des maladies	WC	Toilette à chasse d'eau
Perméabilité	La capacité du sol à laisser le liquide s'infiltrer		
PHAST	Une approche pour promouvoir le changement de comportement en matière d'hygiène : hygiène participative et transformation de l'assainissement (Participatory Hygiene and Sanitation Transformation)		
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement		
Protozoaire	Animaux microscopiques uni-cellulaires		
SARES	Sigle du programme de recherche internationale d'assainissement subventionné par la SIDA		
SARAR	Méthodologie participative d'éducation informelle promouvant l'estime de soi, la force d'association, l'accroissement des ressources, la planification de l'action et la responsabilité		
SIDA	Agence Suédoise Internationale pour le Développement		
Siège	La base sur laquelle le siège est installé sur une toilette où l'on s'assied		
SIRDO	Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Organicos		

INDEX

A

Aération, 28, 31, 35, 41, 42, 52, 60, 61, 62
Aérobique, 61
Agents de volume, 60, 62
Agriculture, iv, 14, 15, 18, 19, 46, 64, 68, 79, 92
Aliments, 51, 62
Altitude, 31, 33
Amérique centrale, 71
Amérique latine, 55
Ammoniaque, 18, 34
Anadeges, 16, 66
Anaérobique, 14
Animateur, i, 68, 69
Ascaris, 12, 13
Assainissement urbain, 7, 74
Australie, 35, 38
Azote, iv, 17, 18, 20, 35, 57, 62, 64, 78

B

Bac à compost, 28, 35
Bactérie, 8, 11, 12, 34, 35, 37, 86, 92
Barrière, 8, 9, 10
Bassin de stabilisation, 12
BID, 50, 86
Bilharziose, 8, 92
Bolivie, iii
Botswana, 19, 20
Boue, 13, 23, 31, 74, 80
Brésil, 1
Brûlé, 24, 28, 29
Brûler, 60

C

Carbone, 20, 35, 42, 44, 56, 57, 79
Carrousel, i, 38, 39
CDD, i, 42, 43
Cemat, 73
Cendre, 23, 24, 29, 30, 31, 34, 44, 56, 60
Chambre de traitement, 21, 24, 29, 30, 32, 34, 41, 44, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 81, 84

Chasse d'eau, 9, 10, 13, 14, 28
Chauffage solaire, 29, 30, 31, 39, 56, 57, 59, 68, 81, 84
chaux, 11, 14, 23, 24, 29, 60
Chicane, 39, 40
Chine, iii, 1, 17, 54, 58, 66
Climat, 6, 31, 32, 33, 43, 44, 53, 60, 64
Clivus Multrum, i, 35, 36, 37, 46, 68
Compost, 12, 28, 35, 36, 39, 41, 42, 43, 51, 54, 56, 57, 62, 79
Compostage, i, iv, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 52, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 64, 67, 73, 77, 79, 81, 86
Conditionneur de sol, 17, 37, 42, 77, 79
Conditions naturelles, 11, 48, 66
Contamination, iv, 3, 9, 10, 35, 43, 51, 63, 78, 86
Conteneur, 3, 19
Cotopaxi, 31
Coût, 16, 19, 21, 26, 28, 30, 40, 44, 49, 74, 82
Couvercle, 29, 31, 42, 48, 57
Critère, i, 5, 7, 8, 12, 21
Cryptosporidium, 12, 13
Cuernavaca, 24, 26, 27, 52, 73

D

Dalle, 22, 23, 32, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 60
DBO, 86
Déchets de cuisine, 16, 57
Déchets végétaux, 34, 36, 42
Déclaration de Rio, 76
Décomposition, i, 4, 6, 14, 20, 21, 34, 35, 36, 44, 51, 56, 57, 60, 61, 79, 80
Défécation, 86
Dérivation des urines, 4, 19, 23, 27, 28, 29, 37, 42, 44, 46, 47, 48
Déshydratation, i, iv, 6, 8, 13, 14, 20, 21, 22, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 44, 51, 52, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 65, 66, 67, 71, 77, 80, 81, 86
Destruction des pathogènes, 8
Diarrhée, 8, 9, 10, 12, 80, 86
Dispositif, 5, 6, 14, 21, 25, 29, 30, 44, 46, 52, 53, 55, 56, 57, 59, 62, 65, 66, 67, 70, 71, 74, 76, 77, 79
Doigts, 9

Double fosse, 40
 Double voûte, i, 22, 24, 26, 30, 31, 39, 42, 44, 45, 46, 51, 58, 60, 67, 86
 Drainage, 2, 16, 19, 32
 Durabilité, 67, 70, 72, 73, 74, 76
E
 Eaux grises, 2
 Eaux souterraines, iv, 2, 10, 76, 78, 92
 Eaux usées, 1, 2, 14, 62, 63, 92
 Education, 68
 Effluents, iv, 69, 74
 Emplois, 77, 81
 Energie, 64
 Engrais, iv, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 35, 37, 47, 51, 54, 56, 58, 59, 64, 65, 66, 74, 77, 78, 80, 87
 Entreprise privée, 53
 Entretien, 21, 39, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 61, 62, 66, 68, 71, 72, 74, 77, 82, 86
 Equateur, i, iii, 21, 31
 Essuyeur, 86
 Étage supérieur, 33
 Europe, 48
F
 Fécophile, 6, 46, 86
 Fécophobe, 6, 46, 86
 Femmes, 44, 47, 50, 66, 79, 80
 Fibre de verre, 26, 39, 40
 Filet de pêche, 42
 Fosse, iv, 3, 9, 10, 13, 24, 29, 31, 32, 35, 40, 42, 44, 46, 47, 48, 50, 52, 55, 56, 66, 68, 76, 79, 80, 82, 87, 92
G
 Gestion, i, 21, 27, 46, 48, 53, 62, 63, 70, 71, 72, 76, 77, 80, 82, 86
 Greenpeace, 42, 43, 73, 92
 Guatemala, iii, 13, 24, 63, 67, 73, 86
H
 Helminthes, 8, 12, 13, 56, 86, 92
 Himalaya, 33
 Horticulture, 15, 80
 Humidité, 6, 11, 12, 13, 21, 23, 27, 29, 35, 37, 44, 51, 52, 54, 56, 57, 60, 64, 79
 Humus, 13, 16, 17, 20, 34, 35, 36, 37, 41, 42, 57, 79, 86
I
 Inde, i, iii, 1, 33, 34, 44, 47, 58
 Infrastructure, 64
 Insectes, 16, 35, 51, 61, 79
 Institutions, 7, 19, 28, 37, 55, 70, 71, 73, 74, 75
J
 Jardin, 15, 16, 20, 22, 30, 34, 36, 48, 61, 63, 70, 76, 77, 79, 80
K
 Kerala, 44, 45
 Kiribati, i, 41
L
 Ladakh, i, 33, 34, 46
 Lasf, 13
 Laveur, 86
 Légumes, 16, 77, 80
M
 Métaux lourds, 18
 Mexico, 16, 20, 66, 80
 Micronésie, 43, 73
 Mobile, i, 40, 41, 55, 80
 Mouches, 3, 9, 21, 23, 25, 27, 31, 32, 34, 39, 48, 51, 52, 57, 69, 79
 Moyen Orient, 1
 Municipalité, 74, 76
N
 Nature, 3, 5, 6, 11, 15, 21, 64, 80, 82
 Nettoyage anal, 3, 23, 24, 32, 34, 44, 45, 56, 58, 86
 Norvège, i, 38, 39
 Nouvelle Zélande, 38
 Nutriments, i, iv, 3, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 35, 43, 56, 64, 78, 79, 86
 Nutrition, 16, 80
O
 Oaxaca, 26, 69
 Odeur, 2, 3, 18, 21, 23, 25, 26, 30, 32,

34, 35, 39, 43, 44, 48, 51, 56, 58, 60, 61, 69, 79, 82
 Œufs de parasites, 11
 ONG, 16, 69, 70, 71, 72, 74, 86, 87

P

Papier toilette, 27, 28, 29, 36, 56, 57, 58, 60
 Parasites intestinaux, 51
 Paratyphoïde, 8, 92
 Participation, 25, 50, 65, 68, 70, 71, 72
 pH, 11, 13, 14, 57
 PHAST, 87
 Phosphore, 17, 20, 62, 78
 Porcherie, 22, 48, 66
 Potasse, 17, 20, 78
 Pouvoir, i, 35, 48, 51, 65, 66, 71
 Préfabriqué, 30, 39, 40, 80, 84
 Prix, iv, 3, 16, 17, 19, 26, 28, 38, 75, 77
 Processus, 2, 5, 6, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 30, 31, 34, 36, 37, 44, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 70, 79, 80, 86
 Promotion, 46, 51, 58, 65, 66, 67, 70, 71, 74, 75, 76, 86
 Protozoaire, 12, 87

Q

Quartiers, 32, 76, 77, 81, 82, 92

R

Rayonnement solaire, 11, 64
 Recyclage, 5, 7, 14, 15, 20, 30, 31, 42, 43, 52, 64, 65, 69, 77, 78, 79, 80
 Réhydratation orale, 10

S

Salle de bains, 26, 28, 32, 35, 38, 48
 Salmonella, 92
 Sanres, iii, 17, 58, 73, 74
 Sarar, 70, 87
 Scandinavie, 38, 55, 60
 Séparation des liquides, 53, 54, 55
 Séparation des urines, 17, 21, 31, 35, 53, 54, 56, 63, 66, 69, 81
 Serre, 43, 77, 79
 Service public, 53
 Shigella, 92
 Sida, iii, iv, 19, 73, 74, 87

Siège, 17, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 36, 41, 42, 48, 54, 58, 59, 60, 61, 67, 87
 Sirdo Seco, i, 39, 40, 67
 Station de recyclage, 77
 Stockage, 1, 2, 3, 9, 10, 13, 14, 18, 19, 21, 27, 28, 35, 36, 37, 56, 59, 63, 64, 74
 Stockholm, iv, 19, 27, 92
 Suède, i, 14, 15, 18, 19, 22, 27, 28, 35, 36, 37, 38, 46, 50, 55, 62, 63, 92

T

Tabou, 6, 51, 53, 69, 76, 86
 Tanzanie, 29, 39, 68
 Tasmanie, 41
 Tecnologia Alternativa SA, 80
 Tecpan, 29, 30
 Température, 6, 11, 12, 13, 14, 34, 35, 37, 39, 57, 64, 77
 Temps de rétention, 13, 23, 35, 57
 Toilette sèche, 44
 Topographie, 76
 Tourbe, 34, 36, 60
 Traitement primaire, 14, 56, 81
 Traitement secondaire, 14, 28, 53, 56, 58, 72
 Traitement tertiaire, 14
 Transport, 14, 28, 53, 56, 64, 65, 72, 74, 80
 Trou, 16, 19, 23, 31, 32, 34, 45, 48, 55, 56
 Tuyau d'aération, 28, 31, 42, 60, 61
 Tuyau de ventilation, 31, 36, 39
 Typhoïde, 8, 92

U

Unicef, iii, 73, 74, 87
 USA, 37, 38, 92

V

Ventilateur, 28
 Vers, 4, 5, 11, 16, 30, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 61, 68, 72, 80, 86, 87
 Viet Nam, iii, 22, 23, 29, 44, 46, 51, 58, 66
 VIP, 80, 87
 Virus, 8, 12, 13, 35, 92
 Vision, ii, 5, 68, 76, 78
 Volume, iv, 14, 22, 24, 28, 36, 37, 40, 42, 44, 50, 56, 57, 60, 62, 63, 80

Voûte, i, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31,
32, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 45, 46, 50,
51, 56, 57, 58, 59, 60, 68, 86

Wimbledon, 61

Winblad, U, 19

WM Ekologen, i, 27, 28

Yap, 43