

9

Conception d'un Système d'assainissement avec contrôle à l'origine hautement efficient et expériences pratiques

Ralf Otterpohl

9-1 L'Avenir est le bienvenu – Zéro contamination dans la gestion des eaux usées domestiques

Si les processus naturels génèrent des déchets inutilisables, les meilleures formes de vie ne seraient plus possible. Nous pouvons contribuer au changement amorcé depuis les technologies actuelles caractérisées par une production excessive des déchets à une technologie „pas de déchets dans l'avenir“. Les ressources renouvelables le sont par le soleil et proviennent des sols fertiles et des eaux superficielles (hors mis la directe énergie utilisée). La gestion écologique des Eaux Usées va jouer un rôle clé dans la recherche ardue de l'utilisation et de la réutilisation efficace de l'eau, la fertilité des sols à long terme et la protection des ressources naturelles en eau. La technologie „Zéro contamination“ a pour finalité la réutilisation à 100% de toute la matière engagée. Ce concept a été développé à l'Université UN à Tokyo au Japon en rapport avec la production industrielle (Pauli 2000). Les principes de ce concept peuvent être appliqués à la gestion des eaux usées domestiques. Les systèmes d'assainissement peuvent être conçus pour une meilleure efficacité; vieille et nouvelle technologies peuvent être appliquées dans les systèmes intégrant un contrôle à l'origine. Le système d'assainissement peut être considéré comme une unité de production pouvant générer une haute qualité de réutilisation de l'eau, de fertilisants sains et de sols améliorés (incluant aux endroits indiqués, les biodéchets élaborés). Ce système peut être appelé „Gestion des Ressources“, parce que toutes les eaux usées sont réutilisées. Aujourd'hui, de telles approches sont concevables et possible d'application. Nous nous situons dans une rapide phase de développement et plusieurs systèmes pilotes sont fréquemment conçus, construits et fonctionnels; ils sont plus économiques et plus écologiquement viables que „les systèmes en fin de conduite“. L'avenir est le bienvenu.

9-2 Qu'est ce qui va mal dans le système conventionnel d'assainissement?

Le système traditionnel d'assainissement est une technologie „fin de conduite“. Les problèmes immédiats (pas ceux à long terme) trouvent leurs solutions dans des systèmes appropriés plutôt que d'être évités. L'approche standard actuelle dans le traitement des eaux usées industrielles est d'éviter les problèmes; cela a abouti à des technologies de contrôle à la

source. Dans le domaine de traitement des eaux usées domestiques, la discussion ne fait que commencer (Henze 1997). Les premières installations d'eaux usées et systèmes d'évacuation ont été remis en cause, mais les systèmes alternatifs n'étaient pas assez fiables à ce moment là (Harremoes 1997; Lange and Otterpohl 1997). Un système d'assainissement orienté réutilisation se termine par une disponibilité d'énergie peu coûteuse et **nutriments** des sources mères.

Les concepts d'assainissement devraient être responsables par rapport à l'environnement aussi bien que la santé de l'homme. Les principes de base pour des systèmes durables sont évidents, néanmoins des projets pilotes sont nécessaires pour de nouvelles approches. Une planification plus pensée et plus large devrait se mettre au travers du système automatiquement choisi WC-évacuation-station de traitement des eaux usées (WC-E-STEU) sans considération pour les autres alternatives.

Agenda 21 des Nations Unies ne fait pas de comptes des concepts d'assainissement durable (Agenda 21, 1992) quoique l'eau et la fertilité du sol soient des sujets cruciaux pour la survie des générations futures. En planifiant l'assainissement, l'on devrait tenir compte des conséquences à l'échelle mondiale de l'adoption du système conventionnel. Plusieurs experts de l'assainissement s'accordent sur la possibilité d'apparition de catastrophes même au bout d'un temps relativement court, dans les pays en développement.

Une évaluation de la variété des options techniques et leurs respectives implications économiques et sociales seraient nécessaires et utiles aux futurs concepts d'assainissement.

Une collection de solutions avec contrôle à la source se trouve dans Henze et al. (1997) et Otterpohl et al. (1997, 1999a).

Les concepts efficaces d'assainissement auront à coopérer avec l'agriculture dans le but d'éviter des contaminations et permettre une réutilisation de l'eau et des nutriments. L'agriculture durable doit être proche de l'eau et intégrer l'amélioration des sols ou tout au moins maintenir leur qualité. L'agriculture industrielle abouti très souvent à une dégradation rapide des couches superficielles fertiles (Pimentel 1997). Les fertilisants organiques venant de l'assainissement et de la gestion des déchets peuvent remédier à la situation et améliorer la fertilité des couches superficielles des sols.

Lorsque la matière fécale est mélangée aux eaux usées par l'usage des conventionnels WC avec chasse, il en résulte une forte demande de consommation d'eau, une propagation des germes pathogènes potentiellement dangereux et micropolluants (résidus de l'industrie pharmaceutique) dans un grand volume d'eau, la perte de la possibilité de réutilisation des eaux de ménage et de production des fertilisants. La petite initiale quantité de matière fécale peut être hygiénisée aisément à moindre coûts. Pour ce mélange, connu sous le nom de eaux usées domestiques, l'hygiénisation est une très coûteuse future étape de traitement.

Les systèmes conventionnels d'évacuation présentent de sérieux désavantages: ils constituent une des parties les plus coûteuses des infrastructures (dans le cas d'une réhabilitation). Les systèmes collectifs émettent les eaux usées dans les receptacles d'eau avec des débordements. Les baches de retenue sont très coûteuses en de cas de débordements. Les

systèmes d'évacuation utilisent très souvent beaucoup d'eau; même dans les pays développés, le volume des eaux de ruissellement atteint parfois celui des eaux usées. Ces eaux diluent les eaux usées et les conséquentes faibles concentrations dans l'effluent des stations de traitement d'eaux usées laisse croire que la contamination est faible, quoique les charges soient élevées. Dans plusieurs cas, les systèmes d'évacuation laissent échapper les eaux usées dans le sol, ce qui entraîne une potentielle pollution.

Récemment, a eu lieu une discussion sur les hormones; des résidus d'hormones longtemps utilisées dans les produits contraceptifs ont été découvertes dans l'eau, laissant voir une autre faiblesse des systèmes d'assainissement et ramenant en surface des doutes sur leurs effets sur les hormones mâles et femelles. Ces substances atteignent facilement les receptacles d'eaux à cause de leur polarité (ils sont facilement solubles) et de leur bas degré de dégradation dans les stations conventionnelles de traitement. Un autre point important est la possible transmission de l'augmentation de résistance aux antibiotiques à cause de leur rejet incontrôlé dans l'environnement (Daughton and Ternes 1999). Les bassins à réactions biologiques sont un excellent environnement pour la transformation des bactéries nuisibles.

9-3 Planification régionale dans la gestion des eaux usées

La planification régionale a un effet important les finances des systèmes des eaux usées. En Allemagne, le coût du système d'évacuation constitue les 70% du coût du système de drainage plus celui de la station de traitement dans les zones rurales et péri-urbaines densément peuplées. Cette situation peut s'aggraver si les circonstances deviennent peu favorables. Il y a quelques années, le traitement décentralisé sur site a fonctionné comme solution à long terme dans plusieurs pays. Toutefois, les exigences légales les concernant sont bien faibles par rapport à celles des grandes stations de traitement d'eaux usées. Il peut être aisément démontré que les stations de traitement sur site malgré leur population faible, peuvent largement contribuer à la charge polluante émise. D'un tout autre aspect, il serait relativement simple d'introduire de nouveaux systèmes d'assainissement sur site qui réutiliseraient totalement les nutriments.

Il est important de décider adéquatement sur le lieu de connexion des habitations au système d'évacuation, sur l'endroit où construire de petites unités de traitement décentralisé et aussi sur les facilités à construire sur site. Une bonne planification régionale peut permettre une épargne d'argent et donner accès à la fois à un traitement décentralisé et un système de collecte hautement efficaces. Les coûts sur les procédures de calcul devraient être menés, incluant le développement à long terme et bilan des opérations, coûts d'investissement et des produits résultants (la réutilisation de l'eau, fertilisants, amélioration des sols). Le prix des produits secondaires peut être déterminant dans les pays où les besoins en eau sont insatisfaits, et/ou dans les pays en développement, dans lesquels l'eau et les fertilisants industriels ne sont pas subventionnés. L'assainissement avec contrôle à l'origine peut aller au delà des performances des plus avancées des grandes stations de traitement, et très souvent à faibles coûts.

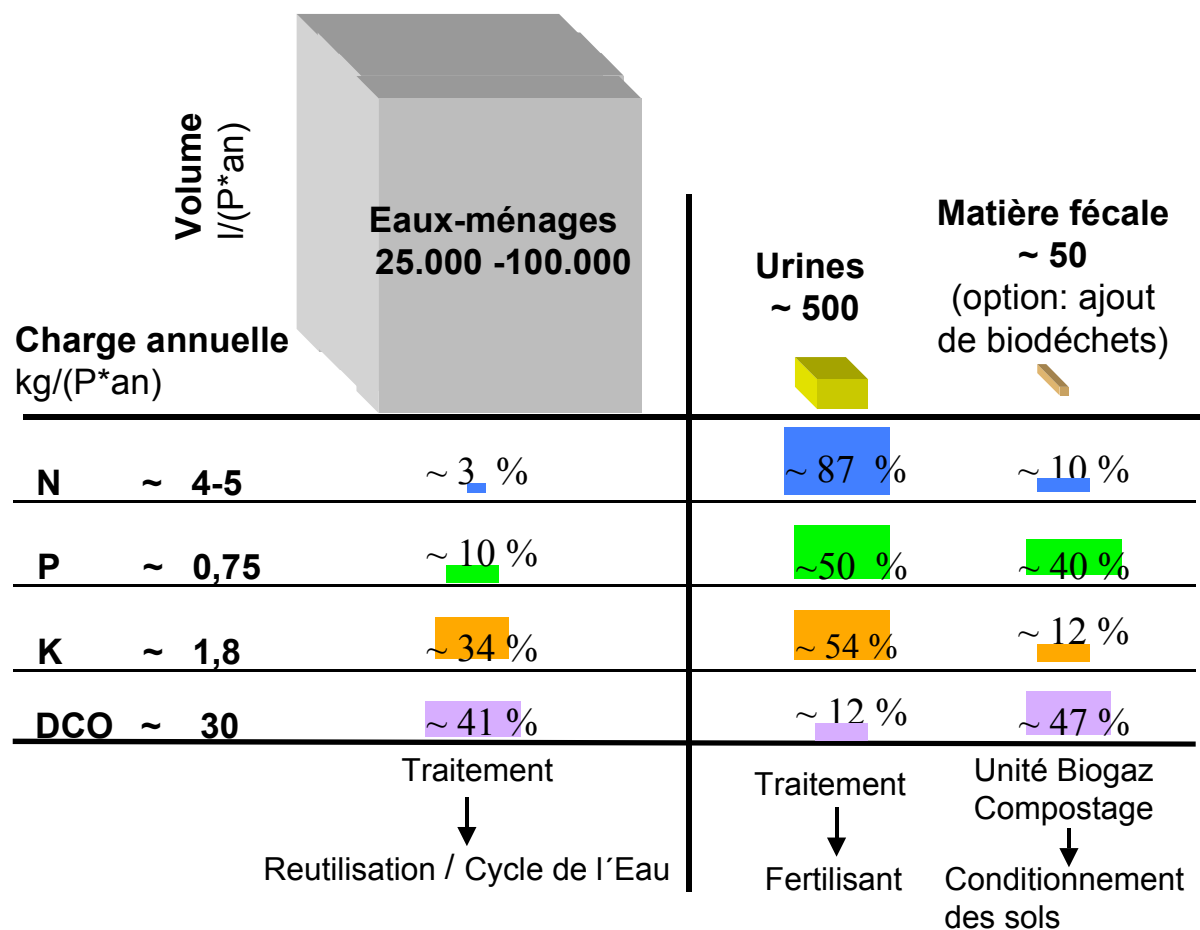
L'absence de maintenance est un facteur qui tire en arrière la technologie des stations de traitement décentralisé. La responsabilité légale et les accords de maintenance sont essentiels

et devront être organisés dans une optique de coût efficient. La conception des systèmes décentralisés devrait être pensée tel que maintenance et collecte des fertilisants soient combinées et possible à intervalle régulier (6 ou 12 mois). Les agriculteurs locaux devront être fortement impliqués.

9-4 Considérations fondamentales pour la conception d'un assainissement avec contrôle à l'origine et bonne gestion de l'eau.

La conception d'un assainissement avec contrôle à l'origine a pour but, un haut standard d'hygiène et une pleine réutilisation des ressources. Voilà exactement ce qui peut être atteint d'un sage contrôle à l'origine. Toutefois, la conception de la station doit être examinée pour s'assurer que ces buts peuvent être atteints. La situation socio-économique locale doit être considérée avec beaucoup de sérieux. L'arrière plan du nouveau système doit être expliqué aux utilisateurs du système. Une étape fondamentale est l'identification des différentes caractéristiques des eaux usées provenant des habitations. Le tableau 9.1 ci-dessous donne un ordre typique de valeurs.

Tableau 9.1 Caractéristiques des principaux constituents des eaux usées provenant des habitations



Le tableau 9.1 suggère les conclusions suivantes:

- la plupart des nutriments se trouvent dans les urines. Si les urines sont séparées et converties pour usage agricole, la plus grande étape à propos de la réutilisation des nutriments et de la protection hautement efficace de l'eau, serait franchie.
- Les problèmes de santé venant des eaux usées proviennent presque exclusivement de la matière fécale. La séparation et peu ou pas du tout de dilution fraye une voie pour une excellente hygiène avec comme produit final „un améliorateur organique de sols“.
- L'eau usée qui n'est pas mélangée aux déchets de l'homme (matière fécale et urines) constitue une grande ressource pour une réutilisation de meilleure qualité. Les Bio-sable filtrants et la technologie membranaire sont des techniques efficaces mais coûteuses pour la production des eaux secondaires.
- Le contrôle à l'origine devrait inclure l'évaluation de tous les produits qui se retrouvent dans l'eau. Une meilleure qualité de réutilisation serait bien plus aisée lorsque les produits chimiques provenant des habitations ne sont pas que dégradables mais aussi peuvent être minéralisés par une technologie disponible. Les canalisations d'alimentation en eau ne devraient pas être polluantes (par ex. cuivre ou zinc).
- Le ruissellement des eaux de pluies est l'un des justificatifs de la construction des systèmes d'évacuation. L'on devrait se méfier du ruissellement des eaux de pluie, si les systèmes décentralisés sont construits. Les raisons économiques sont souvent limitatives à la construction d'un système d'évacuation des eaux de pluie, quand bien même les systèmes décentralisés sont à installer. Les infiltrations locales ou tranches des eaux de surface pour les eaux de pluie relativement non polluées sont possible et peuvent être associées à l'utilisation. La pollution préventive inclue la non utilisation du cuivre ou du zinc comme gouttière ou canalisation des eaux de pluie, puisque ceci peut causer la pollution par les métaux lourds.

Au „Global Water Forum“ à Hagues en Octobre 2000, des discussions ont été menées sur les insuffisances par rapport à la demande en eau. Un délégué du Centre pour la Science et l'Environnement (CSE), Delhi, l'Etat Indien „ l'eau n'est pas insuffisante, il y a seulement mauvaise gestion“. Le délégué s'est appuyé sur l'incroyable succès de la décentralisation des eaux pluviales à petite échelle en Inde. Pendant la dévastatrice période à Gujarat en 1999, certains villages avaient assez d'eau. Ces villages avaient pris plusieurs mesures pour la conservation de l'eau de pluie, en les dirigeant dans les nappes aquifères avec de petits barrages (juste quelques mètres de hauteur) et aussi dans les puits et les citernes (Manish Tiwari 2000). Dans de telles situations, l'introduction d'un assainissement conventionnel peut être fortement mal gérée, exception faite là où la réutilisation de l'eau usée mélangée sous une forme combinée (irrigation et fertilisation), peut être menée durant l'année. L'assainissement avec contrôle à l'origine et la réutilisation des eaux usées de ménage peuvent abaisser de 10% la demande en eau actuelle considérée efficace.

9-5 1er nouveau développement: WC séparatifs et écoulement gravitaire

Ce concept est adapté aux habitations individuelles et aux agglomérations rurales. Il est basé sur le non-mélange des déchets de WC (souvent appelés WC de séparation ou WC séparatif).

Le but de ceci est de pourvoir un système à faible coût et à basse maintenance avec une pleine potentialité de récupération de ressources. Le système collecte „l'eau jaune“(urines) à travers une conduite à part et les urines sont stockées dans une bache jusqu'à ce qu'elles soient utilisées pour des besoins agricoles. La durée de stockage devrait être au moins de six mois.

La matière fécale est chassée par un volume approprié (normalement quatre à six litres) et est soit collectée séparément soit ensemble avec les eaux usées de ménage et déversées dans l'un des compartiments d'une fosse de compostage (avec filtre à palier ou sac-filtre) (cf fig. 9.1) qui en a deux, où la matière solide est pré-compostée. Après une année de déshydratation et de compostage, l'écoulement est dirigé dans la seconde chambre pendant que l'autre ne reçoit rien du tout durant cette année là. Ceci permet de futures déshydratation et compostage et l'enlèvement sans danger de la matière fécale de la fosse.

Les produits sont dégagés de la fosse de compostage et utilisés soit comme améliorateurs de sols bruns, soit comme compost. Le composte devrait être mélangé aux déchets de cuisine ou de jardin pour être complètement décomposé. Le composte prêt à l'emploi est utilisé dans le conditionnement des sols et maintien ou améliore la fertilité des sols. Le filtrat des compartiments de compostage sera pauvre en nutriments à cause de la séparation initiale des urines, les nutriments dissouts sont plus souvent rencontrés dans les urines. Ainsi, le filtrat peut être traité en même temps que les eaux usées de ménage (à moins qu'une haute qualité de réutilisation soit envisagée).

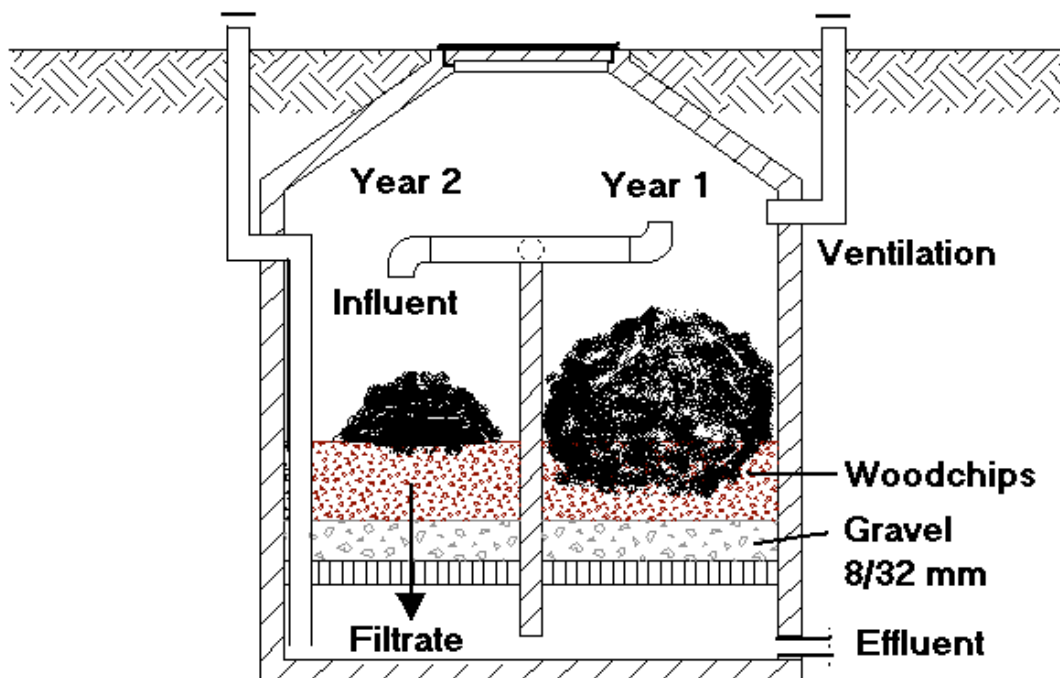


Fig.9.1 Fosse de compostage à deux compartiments

Les eaux de ménage sont soit pré-traitées dans la fosse de compostage avec les eaux marron (évitant ainsi une troisième canalisation, depuis l'habitation à la fosse) ou traitées séparément pour meilleure réutilisation. L'étape suivante peut être soit l'utilisation d'un bio-sable filtrant (avec un écoulement vertical intermittent) ou une action combinée d'un réacteur à boues activées et filtration micro ou nano. Ces deux technologies constituent une excellente barrière contre les germes pathogènes et peuvent donner des effluents de haute qualité avec une maintenance moindre. L'eau purifiée est déchargée dans une fosse, s'infiltré dans le sol ou alors est collectée pour réutilisation. Le marécage artificiel exige très peu d'énergie mais en revanche un à deux m² par habitant. Ces concepts sont présentés dans la fig. 9.2.

Les paramètres de conception des éléments des différents composants de ce système peuvent être calqués sur le modèle de la technologie décentralisée avancée. Les eaux de ménage à elles seules contiennent typiquement à peu près la moitié de la charge en DCO aux deux tiers des effluents. Le filtrat des chambres de compostage n'aura probablement pas une grande d'influence, excepté dans le cas d'une charge additionnelle de germes pathogènes. La collecte et le stockage des urines peuvent être menés dans une optique directe avancée; l'urine contribue à un maximum de 1.5 litres par personne par jour. La collecte de très peu d'eau, tel est le but ultime, quoique ceci ne soit pas encore totalement développé. Le volume d'eau de chasse doit être réduit sinon le stockage, le transport et l'utilisation deviennent plus compliqués. La collecte de très peu d'eau semble éviter les problèmes de dépôt (où une fine couche d'hydroxide de calcium apparaît sur la surface des conduites). Le calcium provenant de l'eau contribue à la formation des minéraux. Les bâches de stockage devraient être inertes aux produits chimiques, les conduites et fosses devraient être étanches –une petite infiltration, mais si continue peut entraîner une dilution importante et exiger des transports fréquents. Une expérience future peut être tirée des projets pilotes qui sont constamment menés.

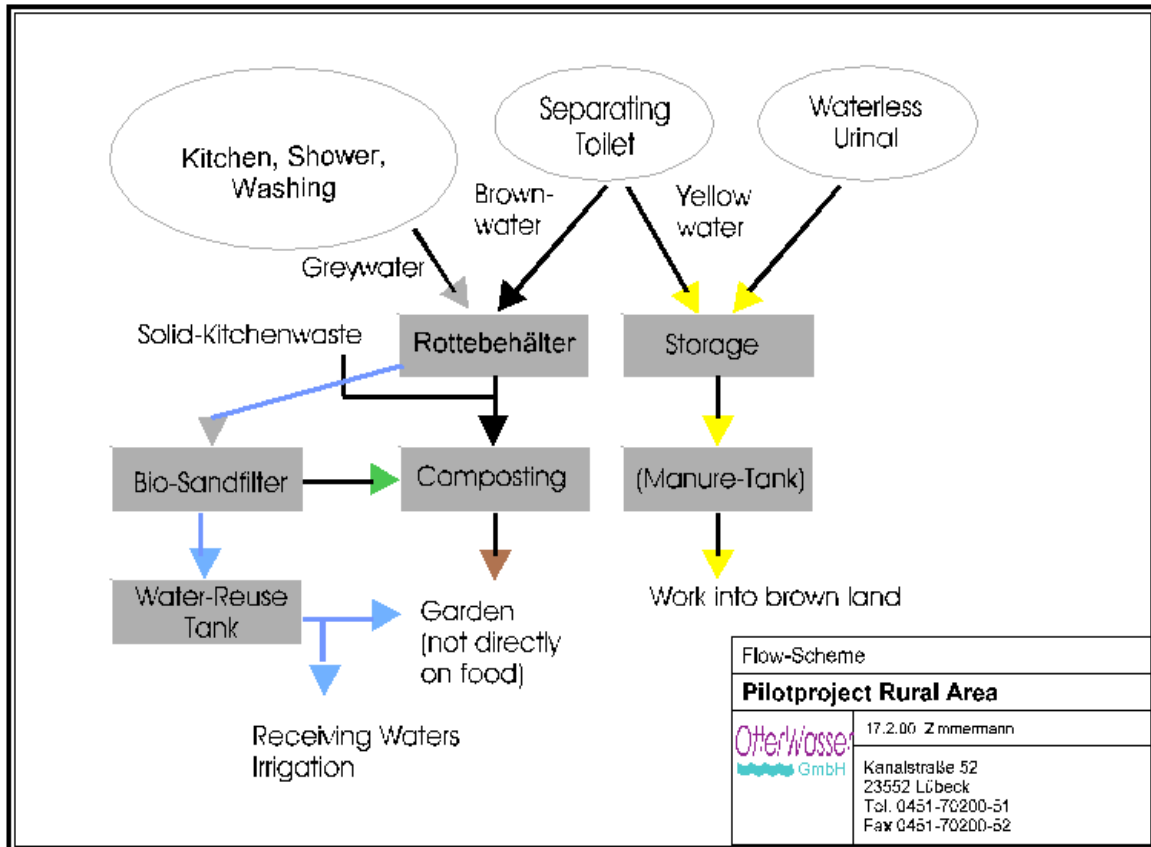


Fig. 9.2. éléments d'un système d'assainissement rural avec contrôle à l'origine avec chambre de compostage.

Le concept présenté ici, dépendant des conditions limites, peut être conçu différemment, en tenant compte des exigences d'une planification régionale. Utilisant de moindres coûts de planification, une solution efficace à faibles coûts pour toute la région peut être trouvée, aussi bien qu'une introduction graduelle du concept. Dans tous les cas, le fonctionnement en arrière plan du concept doit être bien expliqué afin que les populations soient motivées à coopérer.

Des expériences pratiques ont été menées en Suisse sur la séparation des urines des WC. Plus de 3.000 de ces WC à séparation des urines ont déjà été installés, ce qui montre la faisabilité de cette technologie. Un des problèmes rencontrés provient de l'utilisation de très faibles diamètres pour l'urine, ce qui éventuellement entraîne le bouchage. L'étape finale de la collectée de très peu d'eau, n'a pas encore été essayée en Suisse. Une compagnie Allemande travaille en ce moment sur la conception d'un WC avec très peu d'eau dans l'urine collectée. Mais, même avec les WC à séparation et très peu d'eau utilisée, il reste un problème majeur. Les hommes, particulièrement les personnes âgées sont très souvent réfractaires à s'asseoir pour uriner. Les jeunes gens semblent accepter plus facilement de s'asseoir et comprennent l'effet positif qu'ils peuvent apporter à leur environnement immédiat en adaptant ce nouveau système. Une autre solution est le développement du concept très peu d'eau dans l'urinoir. Le développement de ce concept a eu de sérieux problèmes par rapport aux produits chimiques de nettoyage et des défauts de construction. De nouveaux modèles sont disponibles, faits en céramique; une combinaison avec une nanomembrane non-absorbante est techniquement faisable. Ce type de membrane pourrait être aussi une étape majeure suivante dans les WC à

séparation. Un autre problème rencontré dans les WC à séparation est la mise hors de portée du papier hygiénique utilisé très souvent par les femmes et quelque fois par les hommes après avoir uriné. Une solution est de mettre ce papier dans la partie matière fécale du WC ou de mettre à disposition une corbeille à propos. Si cela n'est pas chassé, il n'y aura pas une eau additionnelle de consommation. Des solutions nouvelles sont en chantier à ce sujet.

Plusieurs fosses de compostage fonctionnent actuellement bien en Autriche et en Allemagne. Les marécages artificiels, construits sur la base d'une percolation verticale et chargées par étape, deviennent la solution standard, et exigent une surface inférieure à 3 m² par personne (PE). Cette surface exigée peut être plus petite pour les eaux usées ménagères. De petites stations de boues activées utilisant des membranes en phase de séparation, deviennent de plus en plus populaires et donnent de meilleurs résultats avec les eaux ménagères.

L'Université Technique de Hamburg (TUHH) avec la Compagnie Allemande Otterwasser SARL à Lübeck, ont développé le système décrit ci-dessus pour un traitement sur site dans un grenier historique à eau tout proche de Burscheid, Cologne, Allemagne. Le système est actuellement en construction par Lambertsühle (une initiative privée pour la restauration du grenier à eau). Ce grenier à eau est entrain d'être transformé en musée.

9.6 Deuxième nouveau développement: WC – vaccum et transport à aspiration pour une unité de biogaz

Un concept d'assainissement intégré composé de WC – vaccum, de conduites d'aspiration et une unité de biogaz est actuellement en pleine implantation pour la nouvelle agglomération appelée Flintenbreite à l'intérieur de la cité de Lübeck en Allemagne (NN 2000). Totalisant une superficie de 3,5 hectares, l'agglomération n'est pas rattachée au système central d'évacuation. L'agglomération sera finalement habitée par une population d'à peu près 350 personnes; c'est un projet pilote réalisé pour la mise en pratique du concept. Tous les composants utilisés dans le projet, sont des éléments qui fonctionnent depuis plusieurs années dans différents domaines d'application et sont par conséquent bien développés. Les WC – vaccum sont utilisés dans les bateaux, les trains et les avions et certains dans les appartements pour minimiser l'utilisation de l'eau. Des systèmes conventionnels d'évacuation avec vaccum servent une centaine de communautés. Le traitement anaérobie est utilisé dans l'agriculture, dans le traitement des eaux usées industrielles, dans le traitement des biodéchets, sur plusieurs aires agricoles et pour la matière fécale dans des dizaines de milliers d'applications en Asie du sud-est et partout ailleurs. Le système qui est en construction à Lübeck consiste en les étapes suivantes (Fig. 9.3):

- WC –vaccum (VC) avec collecte et traitement anaérobie (avec un co – traitement des déchets organiques des habitations) dans une unité de biogaz semi – centralisée, recyclage des boues anaérobiques digérées pour usage agricole avec stockage ultérieur pour les périodes de croissance. Utilisation de biogaz (pour les habitations) dans un chauffage et puissant générateur en plus du gaz naturel;

- Un traitement décentralisé des eaux usées ménagères dans les marécages artificiels à écoulement vertical à remplissage par intervalle de temps (très efficient énergiquement parlant); et
- Rétention des eaux pluviales et infiltration dans les zones dépressives (système de tranchées peu profondes).

La chaleur pour l'agglomération est produite par un système combiné de chauffage et de puissance générée par un moteur qui peut être arrêté lorsque pour l'utilisation du biogaz lorsque la bache de d'accumulation est pleine. Cette chaleur est aussi utilisée pour le chauffage de l'unité de biogaz. En plus, le chauffage des habitations est suppléé par un système solaire passif et la production de l'eau chaude par un système actif. La fig.9.3 n'a pas l'intention de présenter tous les détails, mais donne une idée du concept, à propos de la collecte et du traitement de la matière fécale.

Au niveau du digesteur, une pompe vacuum sera installée. Les pompes sont suppléées par une unité extra en cas de panne. Le système – vacuum fonctionne à la fois pour les WC – vacuum et les conduites – vacuum. Les conduites ont un diamètre de 50 millimètres (mm) pour permettre un bon transport. Elles devront être assez profondes dans le sol pour qu'elles ne soient pas gélées et devront être installées avec une dénivelée de 20 centimètres (cm) pour tous les 15 mètres (m) pour permettre la prise des effluents. Le bruit est un problème concernant les WC – vacuum, mais les types modernes sont moins bruyants que les WC avec chasse. Ainsi, les populations y seront facilement habituées.

La matière fécale mélangée aux biodéchets découpés sont hygiénisées par la chaleur à 55°C pendant 10 heures. L'énergie est utilisée plus tard par le digesteur qui a une capacité de 50m³, fonctionne à une température de 37°C environ. Un autre problème est la quantité de soufre présente dans le biogaz. Ceci peut être minimisé en contrôlant la quantité d'oxygène introduite dans le digesteur ou dans la circulation du gaz. La station de biogaz entend être une unité de production pour les fertilisants liquides aussi. Il est important de tenir compte des voies que les polluants prendront dès le départ. Plusieurs ions des métaux lourds proviennent des conduites recouvertes de zinc ou de cuivre.

Ces métaux devront être évités, à la place l'on pourrait utiliser du polyéthylène. La boue n'est pas déshydratée, pour éviter la perte des nutriments, la relative quantité d'eau à la matière fécale garde son volume assez petit pour le transport. Il s'écoule deux semaines de stockage avant la collecte des produits contenus dans le digesteur. Le biogaz sera stocké dans la même bache à travers un ballon ce qui permet des facilités dans les opérations. Les fertilisants seront pompés par un camion et transportés sur les aires agricoles dans une bache saisonnière de stockage. Ils y séjourneront encore huit mois. Ces baches sont souvent disponibles ou peuvent être construites à faibles coûts. La fig.9.4 présente le bâtiment à Flintenbreite où sont installés, l'unité vacuum de pompage, le digesteur, le générateur de chaleur et d'énergie et autres machineries. Il y a également une chambre de convention, un bureau et quatre étages.

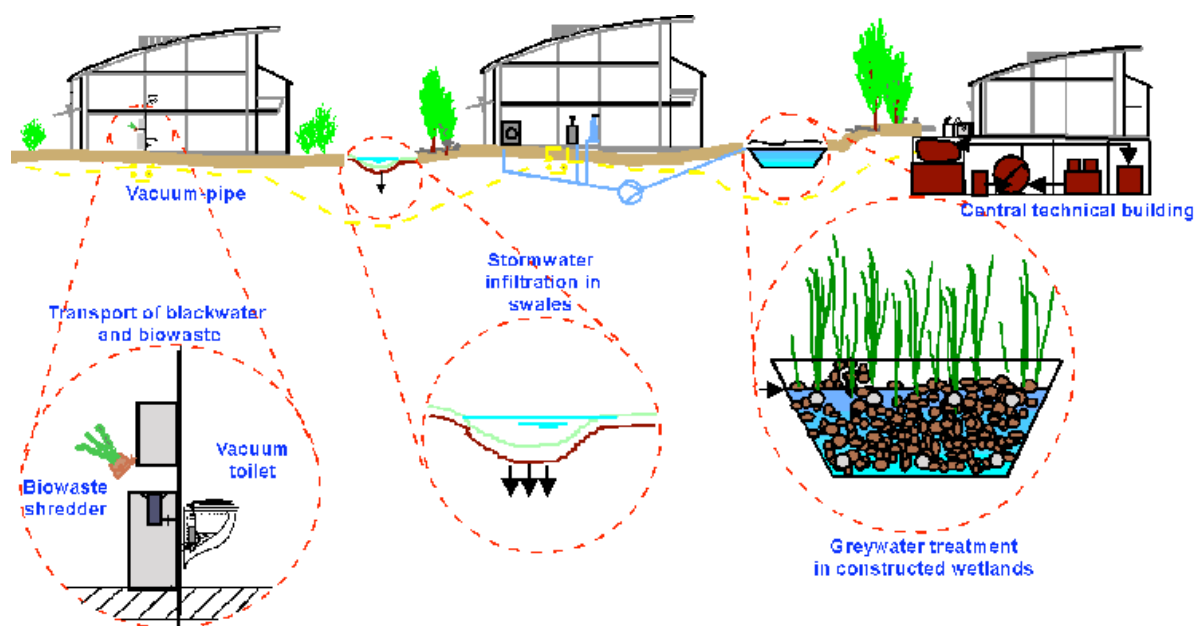


Fig.9.3. Un système vaccum – biogaz, biofiltre pour eaux usées de ménage et infiltration des eaux de pluies.

Le traitement décentralisé des eaux usées ménagères devrait être menés par des procédés utilisant des films biologiques. Les technologies appropriées seront les réacteurs biologiques à membrane ou les marécages artificiels. Ces systèmes constituent une barrière contre les germes pathogènes. L'eau peut être réutilisée pour l'arrosage des jardins ou être infiltrée en même temps que les eaux de pluies. Les eaux de ménage sont relativement facile à traiter car elles contiennent très peu de nutriments. Plusieurs projets menés à l'échelle réelle ont démontré la faisabilité et la performance bon à excellent du traitement décentralisé des eaux de ménage (NN1999). Ces stations permettent la réutilisation de l'eau dans les WC –chasse, ce qui n'est pas économiquement réaliste pour le projet de Lübeck à cause de la très faible quantité d'eau utilisée dans les WC – Vacuum. Pour Flintenbreite, les marécages artificiels à remplissage vertical, sur la base de 2m^2 par habitant, ont été construits. Ils sont relativement peu coûteux en terme de construction et de fonctionnement. Un premier bassin de sédimentation a été prévu, remplaçant le dessableur (pour matières solides) et le dégraisseur (contrôle des graisses). Les premières analyses ont montré la présence de très faibles concentrations d'azote dans les eaux.

L'infrastructure pour Flintenbreite, y compris le concept d'assainissement intégré, a été financée par une banque Allemande et est construit par la compagnie privée Infranova. Les compagnies associées, les planificateurs et les propriétaires de maisons et d'appartements sont financièrement associés et auront le droit de vote par rapport aux décisions concernant le développement. Une partie de l'investissement est recouverte par frais associés, exactement comme dans l'ancien système. L'argent épargné non par la construction d'un système d'évacuation avec chasse, mais plutôt par la très petite consommation d'eau potable, par la construction coordonnée de tout le réseau et conduites (conduites – vaccum, le chauffage local la distribution d'énergie, l'alimentation en eau, les lignes téléphoniques) est essentiel à la faisabilité économique de ce concept. Les coûts alloués aux eaux usées aux biodéchets couvrent l'opération, une bonne partie des frais additionnels et de réhabilitation du système.

Une partie des frais de construction doit être payée à un constructeur temporaire: ceci génère des emplois locaux. La compagnie s'occupe de la construction de toutes les structures techniques, incluant le chauffage et la production et la distribution d'énergie, les systèmes solaires actifs et un système de communication avancé.



Fig.9.4 (left) Le bâtiment commun dans l'agglomération de Flintenbreite; (right) Un WC – vaccum utilisant un litre d'eau.

Une étude a été menée à l'Institut Wuppertal en Allemagne (Reckerzügl et Bringezu 1998) utilisant l'intensité de matière par Unité de Service (MIPS) pour comparer l'intensité de matière et d'énergie de la structure au système traditionnel. L'intensité de matière et d'énergie dans le système décentralisé fait la moitié de l'intensité dans le système conventionnel centralisé desservant une zone avec une population moyennement densifiée. (voir table 9.2). Dans le système centralisé, presque toute l'intensité de matière provient de la construction d'un système d'évacuation. Les valeurs édictées de l'effluent sont basées sur les moyennes des mesures faites sur les eaux de ménage. La qualité des effluents sont présentées en comparaison des valeurs moyennes d'une station moderne de traitement avec un système avancé de déchargement de nutriments.

Le tableau 9.2 présente quelques avantages majeurs du nouveau système, justifiant des recherches futures. La réduction cumulée des émissions dans la mer et les gains en énergie et en matière utilisée au bout d'un temps moyen de 70 ans pour 350 personnes sera approximativement 250.000 m³ d'eau potable, 70.000 kilogrammes (kg) de DCO, 1.500 kg de P, 13.000 kg de N, 30.000 kg de K, 5.250.000 kilowatts heure (kWh) d'énergie et à peu près 56.000 tonnes de MIPS de matière utilisée. Les fertilisants produits par ce système peuvent aussi remplacer ceux produits à partir des ressources fossiles. Ceci peut être exprimé en terme d'énergie gagnée; 2.450.000 kWh (Boisen 1996). Ces chiffres sont importants par transposition sur une population plus large et au sujet de la décroissance des ressources fossiles.

L'intérêt pour le concept intégré décrit ci – dessus a fortement pris de l'ampleur (Otterpohl et Naumann 1993) depuis la construction du projet de Lübeck. Plusieurs projets existent dans lesquels ce type de concept seront appliqué. Le système en général peut être bien peu coûteux comparativement au système traditionnel. Ceci dépend de la possibilité locale d'infiltration des eaux de pluie, aussi de la taille de la zone desservie et du nombre d'habitants. Une capacité optimale serait une zone urbaine avec 500 à 2000 habitants. De petites unités sont réalistes si le mélange des eaux vannes (matière fécale) et des biodéchets est collecté et transporté dans une station biogas plus large, située de préférence dans une plantation. Les eaux usées des ménages peuvent être traitées dans une station de traitement existante, si le système d'évacuation est tout proche. Dans certains cas, ceci est la voie la plus économique. L'enlèvement des nutriments peut être amélioré si un pourcentage de la population est desservie par un système séparé de traitement des eaux vannes.

Les systèmes avec contrôle à l'origine peuvent être considéré comme technologie hautement efficiente. La recherche sur les projets pilotes apportera une grande vitesse de développement et aussi de nouvelles technologies à toutes les situations sociales et géographiques sur notre planète peuplée.

9.7 3^{ème} nouveau développement: coûts réduits, faible maintenance des systèmes sur site.

Il existe plusieurs idées et des technologies traditionnelles pour un assainissement durable avec contrôle à l'origine des déchets humains (Winblad 1998; Otterpohl et al. 1999a). Certaines sont plus adaptées aux zones rurales, mais il existe aussi des options pour les zones de basse cité métropolitaines. Les techniques de base des basses - tech de collecte et de traitement (avec ou sans déchets de cuisine) sont:

- assèchement (par la chaleur solaire, systèmes à double compartiments); difficile pour les zones à lavement de l'anus (à la place du papier); bon pour la collecte des urines et la réutilisation;
- compostage (souvent difficile à réaliser);
- faible dilution des eaux de WC avec systèmes biogaz; et
- collecte de l'urine combiné à un système biogaz pour la matière fécale.

Tableau 9.2. Emissions estimées, énergie consommée et intensité de matière du système proposé comparé à un système traditionnel

Assainissement traditionnel avancé (WC – E - STEU)			Nouveau système d'assainissement		
Emissions			Emissions*		
DCO	3,6	kg/(P*a)	DCO	0,8	kg/(P*a)
DBO ₅	0,4	kg/(P*a)	DBO ₅	0,1	kg/(P*a)
Total N	0,73	kg/(P*a)	Total N	0,2	kg/(P*a)
Total P	0,07	kg/(P*a)	Total P	0,01	kg/(P*a)
Total K**	(>1,7	kg/(P*a))	Total K**	(<0,6	kg/(P*a))
Energy			Energy		
Alimentation en eau (option variée)	-25	kWh/(P*a)	Alimentation en eau (20% d'eau gagnée)	-20	kWh/(P*a)

Traitement des eaux usées (demande typique)	-85	kWh/(P*a)	Système - vaccum	-25	kWh/(P*a)
Consommation			Traitement eau ménage	-2	kWh/(P*a)
			Transport des boues (2/mois, 50 retours)	-20	kWh/(P*a)
Consommation	-110	kWh/(P*a)	Consommation	-67	kWh/(P*a)
			Biogaz	110	kWh/(P*a)
			Substitution de fertilisant	60	kWh/(P*a)
Total	-110	kWh/(P*a)	Gains	170	kWh/(P*a)
Intensité de matière***	de 3,6	t/(P*a)	Total	103	kWh/(P*a)
			Intensité de matière***	1,3	t/(P*a)

* mesures sur les eaux de ménage (NN 1999)

** hypothèse, pas de données

*** étude MIPS (Reckerzügl et Bringezu 1998)

La principale difficulté est de concevoir un WC confortable, permettant une dilution moindre et capable de transiter le transport. Une technique prometteuse est le WC Non-mélange, développé en Suède. Puisque la plupart du temps on va dans les toilettes pour uriner, ces systèmes collectent l'urine tout en utilisant très peu d'eau. Ce qui permet une collecte ou un traitement simple de l'urine (par ex. assèchement réalisé à travers un mur fait d'argile et de sable, dans les climats chauds; les systèmes solaires à développer). L'urine peut être directement utilisée comme fertilisant sur les terres brunes ou sur les plantes après dilution (avec 5 à 10 % d'eau), mais pas directement sur les végétaux. L'urine doit être stocké pendant six mois environ. La matière fécale provenant du WC Non-mélange peut être dirigée vers la station biogaz en même temps que les déchets de cuisine. Un système d'assainissement avec contrôle à l'origine peut conduire à la bonne réutilisation de fertilisants. Au même moment, les eaux de ménage purifiées peuvent substituer à l'eau de consommation en cas de rareté d'eau. Dans ce sens, ces systèmes peuvent être très économiques. Le système présenté dans la section 9.5 peut être utilisé en amont pour les systèmes basse – tech, dans plusieurs pays en remplacement des fosses septiques avec les conventionnels WC – chasse.

9.8 4^{ème} nouveau développement: amélioration des infrastructures existantes des eaux usées

La collecte des urines peut convertir un système conventionnel d'évacuation en un autre permettant un haut degré de réutilisation de nutriments tout en minimisant leurs émissions. Lorsque la plupart de l'urine ne se retrouve pas dans la station de traitement des eaux usées, l'enlèvement des nutriments devient obsolète (Larsen et Udert 1999). Il existe deux principales approches; la collecte centralisée et la collecte décentralisée. La collecte centralisée consiste à stocker l'urine dans de petites bâches et de les ouvrir la nuit venue

lorsque le système d'évacuation est relativement vide. Un système de levier contrôlé videra les baches pour créer une concentration de l'écoulement qui sera détectée à la station d'épuration (Larsen et Gujer 1996). Cette méthode est utilisable aux systèmes d'évacuation doté de bonnes pentes et de temps de retenue approprié; toutefois, il peut être aussi appliqué aux embranchements du système d'évacuation. La collecte et le stockage décentralisées constituent la seconde possibilité.

Si toutes les eaux vannes sont collectées et traitées séparément, un système conventionnel d'évacuation peut devenir une station de recyclage des eaux ménagères et produire une eau de seconde qualité. La conversion peut être menée sur plusieurs années, si nécessaire. La faisabilité économique d'un telle étape doit être sérieusement pensée avant application, car à moins que ce ne soit dans les zones densément peuplées, la réhabilitation des systèmes d'évacuation exige de grands investissements.

9.9 Risques, obstacles et restrictions

Le premier objectif dans l'assainissement devrait être de minimiser les risques par rapport à la santé. Les nouveaux systèmes devraient être meilleurs que les systèmes conventionnels d'assainissement, qui sont hygiéniques à l'intérieur des maisons, mais très souvent pas pour les receptacles d'eaux.

L'assainissement est un problème très sensible au regard du désir naturel humain de propreté et des tabous entourant la finalité. Les défauts des nouveaux systèmes peuvent en (comme cela a déjà été) découler, si ceci n'est pas associé et inclus dans le développement des projets. Les issues à propos des nouveaux systèmes d'assainissement sont complexes, mais ils couvrent les besoins fondamentaux de l'homme. Maintenir séparés le cycle de l'eau et celui des aliments, ramener les produits de la terre à la terre et zéro émissions dans le cycle de l'eau devraient être expliqués à tous les utilisateurs de nouveaux systèmes d'assainissement.

Les infrastructures en eaux usées sont généralement construites pour durer longtemps. Cette longévité semble être appauvrissante pour plusieurs personnes au point qu'elles n'imaginent même pas de solutions différentes pour l'assainissement dans le future. Nous devons considérer la durée de vie des habitations, les systèmes d'évacuation et les facilités de traitement dans le but d'éviter des problèmes financiers dans l'avenir. Le changement est facile dans les lotissements nouvellement construits. La durée de vie d'une habitation est bien courte comparée à celle d'un système d'évacuation. Des éléments de l'assainissement avec contrôle à l'origine peuvent être installés dans les appartements pendant la rénovation, et être premièrement connectés aux systèmes conventionnels. Ceci peut être économique avec gain d'eau depuis l'origine. Plus tard quand un certain nombre d'habitations aura été converti, le système séparatif peut être implanté.

9.10 L'avenir est le bienvenu

C'est un réel défi que de prendre part au développement de la nouvelle technologie. Les qualifications professionnelles et un esprit ouvert de recherche de solutions nouvelles sont exigés en vue de trouver mieux pour l'assainissement future. Des dialogues ouverts et des échanges d'expériences sont essentiels dans le but de faire avancer la question. Plusieurs

options sont possibles dans lesquelles les facteurs sociaux et économiques peuvent être rencontrés. La créativité est exigée pour trouver la technologie appropriée et la meilleure voie pour la mettre en oeuvre, la faire fonctionner et la financer. Il est extrêmement urgent de trouver de nouvelles solutions, bien que ou pas, cette urgence soit ignorée par les médias, les politiciens et le public. Bien que dans plusieurs pays industrialisés, la conversion complète devra être menée sur plusieurs décennies, due à la très longue existence des infrastructures d'évacuation, ces pays détiennent les meilleurs ressources pour la recherche et l'installation de projets pilotes.

9.11 Bibliographie

Agenda 21 (1992) The United Nations Program of Action from Rio. United Nations, New York.

Boisen, T. (1996) Personal communication, TU Denmark, Dept. of Building and Energy.

Daughton, Ch. G. and Termes, Th. A. (1999) Pharmaceutical and personal care products in the environment: agents of subtle change? *Environmental Health Perspectives* **107**(6), 907.

Harremöes, P. (1997) Integrated water and waste water management. *Wat. Sci. Tech.* **35**(9), 11–20.

Henze, M. (1997) Waste design for households with respect to water, organics and nutrients. *Wat. Sci. Tech.* **35**(9), 113–120.

Henze, M., Somolyody, L., Schilling, W. and Tyson, J. (1997) Sustainable sanitation.

Selected Papers on the Concept of Sustainability in sanitation and Wastewater management. *Wat. Sci. Tech.* **35**(9), 24.

Lange, J. and Otterpohl, R. (1997) Abwasser. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft, second edition. Malneton Verlag, Pforen, Germany. (In German).

Larsen, T. A. and Gujer, W. (1996) Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine). *Wat. Sci. Tech* **34**(3-4), 87-94.

Larsen T. A. and Udert, K. M. (1999) Urinseparierung – ein Konzept zur Schließung der Nährstoffkreisläufe. *Wasser & Boden*. (In German).

Manish Tiwari, D. (2000) Rainwater harvesting – Standing the test of drought. *Down to Earth* **8**(16), 15 January.

NN (2000) www.flintenbreite.de