

## Technologies innovatrices pour la gestion décentralisée des eaux usées en zones urbaines et péri - urbaines

R. Otterpohl\*. U. Braun et M. Oldenburg\*\*

\*TUHH – Université Technique de Hambourg-Harbourg, Département de gestion des eaux usées Domestiques et Industrielles

Eissendorfer Str. 42, 21073 Hambourg (E-mail : [otterpohl@tuhh.de](mailto:otterpohl@tuhh.de))

\*\*OtterWasser GmbH Engelsgrube 61, 23552 Lübeck ([oldenburg@otterwasser.de](mailto:oldenburg@otterwasser.de))

### Résumé

Introduire les concepts de séparation à la source dans la gestion des eaux usées domestiques, permet des traitements adéquats des effluents en rapport avec leurs caractéristiques. Ceci constitue la clé aux solutions techniques pour la réutilisation efficace des eaux, de l'énergie et des fertilisants. Comme réalisé dans la gestion des eaux usées industrielles, il est nécessaire de ne pas trop diluer les effluents et de les collecter à la source pour arriver à des systèmes économiques. La collecte séparée et le traitement des eaux vannes des ménages, qui contiennent la presque totalité des nutriments et germes pathogènes, est la première et l'étape la plus importante. Du point de vue dilution de l'effluent, les WC se classent des WC- vacuum à séparation d'urine aux toilettes asséchées. Les systèmes innovateurs d'assainissement ont été essayés dans plusieurs projets et ont prouvé leur faisabilité. En même temps que la consommation de l'eau potable peut être diminuée de près de 80%, les nutriments sont récupérés dans une large proportion. Le contrôle à la source peut aussi être avantageux pour des raisons d'hygiène : De petits volumes sont faciles à traiter. Plusieurs expériences existent concernant les systèmes à séparation d'urines, les systèmes vacuum- biogaz et bien d'autres encore. Des idées nouvelles comme le système du cycle des eaux vannes et ménagères sont en cours d'étude à l'Université Technique de Hambourg-Harbourg. De tels systèmes modulaires intégrés présentent le potentiel d'être installés dans les zones urbaines à forte densité de population sans le recours à une infrastructure centralisée des eaux et des eaux usées. Seules de récentes avancées dans la technologie membranaire permettaient de tels développements.

### INTRODUCTION

Les zones métropolitaines où l'eau se fait rare peuvent être approvisionnées par l'eau secondaire locale des robinets et n'auront pas à se fixer sur une infrastructure centralisée intensive dans le futur. L'idée fondamentale des concepts innovants et intégrés sur l'eau, repose sur le principe de séparation des différents effluents domestiques eu égard à leurs caractéristiques. Dans la gestion des eaux usées industrielles, ce principe est déjà largement répandu avec de grands avantages dans l'efficacité, souvent avec des avantages économiques. La fig.1 présente des disparités dans la qualité des effluents domestiques en rapport avec leurs volumes et charges par habitant par an.

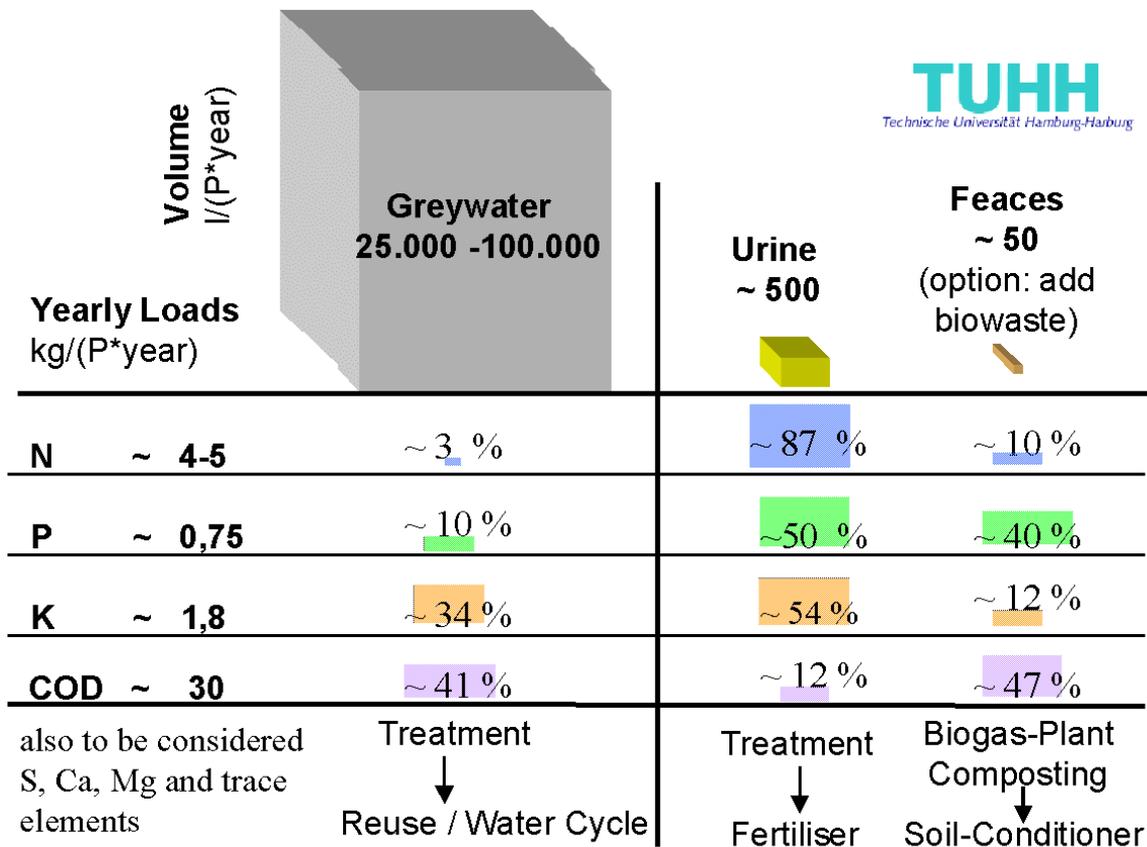
Le contrôle à la source doublé d'un traitement adéquat de ces effluents conduit à la vision suivante :

Les eaux usées domestiques sont prises en charge pour garder saintes l'eau de robinet et celle de consommation par traitement biologique et la technologie membranaire, incluant une possible infiltration dans le sol. L'eau minérale de haute qualité devrait être aussi disponible. Dans le but de prévenir des concentrations des métabolites, dans les processus du cycle des eaux usées domestiques, les produits chimiques utilisés dans les ménages devraient être minéralisables, pas seulement dégradables. L'eau fraîche de consommation peut être réduite de près de 80%.

Les effluents très peu dilués, procurés par les WC innovants peuvent être utilisés pour la production des fertilisants renouvelables et l'énergie. De façon additive, les eaux de chasse des WC peuvent être récupérées et traitées pour la production de

l'eau de chasse, incluant la séparation liquide- solide et la technologie membranaire.

Les pertes d'eau issues des différentes utilisations des eaux peuvent être compensées par les ressources locales en eaux, comme les eaux : souterraines, de pluie, et de mer. Le retrait local des ressources renouvelables en eau est compensé par les eaux de pluie qui s'infiltrent.



**Figure 1.** Caractéristiques des effluents des eaux usées domestiques avec séparation de la matière fécale des urines (mouillée et pesée) (compilé à partir de : Wissenschaftliche tabellen, Basel 1981, Vol. 1 LARSEN et GUJER 1996, FITSCHEN et HAHN 1998)

On peut actuellement observer un changement du paradigme fondamental dans la technologie des eaux usées. La tendance se déporte des structures « intelligentes », synergiques aux structures décentralisées. Les premiers travaux avec ces technologies sont disponibles. En même temps, plusieurs années d'expérience menées au niveau des installations pilotes et une large variété de connaissances sur la gestion des complexes techniques, existent. Quelques uns de ces développements sont et projets sont décrits dans la suite.

## PRINCIPES POUR LE DEVELOPPEMENT DES CONCEPTS INNOVATEURS DECENTRALISES SUR L'EAU

La prévention des eaux usées doit être la première préoccupation. La réutilisation de l'eau peut considérablement réduire les gaspillages d'eaux et donc à la prévention des eaux usées. Ainsi, l'eau usée peut être considérée comme la ressource en eau la plus proche dans les zones urbaines. La plupart des zones densément peuplées connaissant des pénuries d'eaux peuvent

en être indépendantes de l'extérieur dans le futur. Par exemple, la membrane biologique suivie de l'osmose inverse, rendent possible la réutilisation de l'eau comme eau potable.

Si on veut réutiliser les eaux usées comme eau potable, on ne devrait pas auparavant l'introduire dans les WC pour chasser, ce pour des raisons ethniques et techniques. Le mélange des eaux vannes aux eaux de ménage, empêche la réutilisation économique. La matière fécale, hygiéniquement dangereuse et extrêmement petite, contamine de grandes quantités d'eaux à travers les circuits conventionnels de chasse des WC et d'évacuation. Conséquemment, l'étape essentielle pour la gestion innovante de l'eau, constitue les systèmes de WC, comme partie d'une technologie en vue de la production des fertilisants. Pour des zones densément peuplées, le traitement anaérobie peut être appliqué pour la production d'énergie et la production d'un fertilisant minéral sec peut être la méthode choisie. A cause de très petites quantités des effluents, les technologies utilisées dans la gestion eaux industrielles, comme l'évaporation par vacuum, peuvent être aussi bien appliquées ici. Des synergies intéressantes existent avec l'incessant accroissement technologies décentralisées d'alimentation en énergie qui seront dans le futur l'hydrogène et l'énergie solaire actionnés, et avec des structures effectives de communication. La base économique est fondée sur l'abandon des réseaux centralisés de l'eau et des eaux usées. Ces réseaux produisent la part du lion des coûts juste à cause de leur transport non productif. Cherchant de nouvelles voies dans la gestion des eaux municipales, des solutions décentralisées pour l'évacuation des eaux de pluie doivent être trouvées dans le but de réinfiltrer les nappes aquifères lorsqu'on en fait recourt pour l'alimentation locale en eau.

#### LES ERREURS DU PASSE L'IGNORANCE MARQUE LE COMMENCEMENT DE LA GESTION DES EAUX

La gestion des eaux usées conventionnelles utilise la désavantageuse approche de mélange des différents effluents dans des systèmes centraux d'évacuation. Les problèmes urgents d'hygiène dans les ménages peuvent être résolus d'une part et d'autre part, les ressources en eau utilisées pour l'alimentation en eau étaient ainsi polluées à la source simultanément. En conséquence, les épidémies qui avaient longtemps à l'avance été localisées et cernées peuvent désormais se répandre rapidement par le biais de l'alimentation en eau. Un exemple patent est la fâcheuse épidémie de choléra à Hambourg, en Allemagne en 1892 [Evans, 1991]. Le monde techniquement développé a trouvé une solution à ce problème, sans pour autant trouver d'alternatives sérieuses à ce concept. Dans, d'alternatives raisonnables ont existé [Lange et Otterpohl, 2000]. Néanmoins, elles étaient grandement ignorées. La fatale expansion des WC avec chasse en a été la cause, et aussi bien l'ignorance au sujet de la propagation des épidémies. Aussi de nos jours, on ne parle pas ouvertement de l'erreur historique du mélange de la matière fécale avec de larges quantités d'eaux. De plus, cette erreur est encore répétée dans le monde entier. Faisant référence aux données de l'OMS, 5 millions de personnes meurent chaque année à cause des maladies transmises par l'eau. La large expansion et continue de la construction des fosses d'aisance cause – spécialement dans les zones de captage de l'eau potable – une contamination des sols et des eaux souterraines, par conséquent compromettant dangereusement les populations des zones densément peuplées en matière d'hygiène. Après avoir introduit les systèmes d'alimentation à côté de ceux d'évacuation, le simple drainage apporte la matière fécale dans les réceptionneurs d'eaux. Le traitement des eaux usées est globalement très peu répandu. Si les stations d'épuration – souvent avec l'aide financière des pays riches – sont construites, elles échouent ou sont très vite hors de course après quelques années. Le potentiel innovant est très grand – il est temps d'envisager cette réalité.

## L'INSUFFISANCE DES RESSOURCES DANS DE VASTES ZONES DU MONDE, FAIT DU DEVELOPPEMENT ET DE L'IMPLEMENTATION DES METHODES INNOVANTES, UNE NECESSITE

### **Les réseaux centraux de canalisation et les WC avec chasse contribuent à l'augmentation des pénuries en eau**

Le système des eaux usées utilisant des WC avec chasse et le réseau de canalisation impose de grands débits d'eau. Dans plusieurs parties du monde, ces quantités d'eaux requises sont soit indisponibles, soit alors les coûts d'exploitation de tels systèmes sont hors de portée des utilisateurs, à cause des coûts élevés d'alimentation en eau. La construction ne reflétant pas ces systèmes qui sont conçus pour de grands débits, augmentent les pénuries d'eaux. Plus encore, de sévères pénuries en eau conduisent à des situations hygiéniques intolérables. Cela apparaît fréquemment si l'alimentation en eau connaît des troubles pas seulement pendant un jour, mais plusieurs jours. Ainsi, la gestion municipale de l'eau doit elle chercher des méthodes innovantes de ressources efficaces d'assainissement. Si l'actuelle branche de l'industrie ne peut pas continuer d'innover, spécialement les systèmes décentralisés, s'ils se développent à l'échelle de maisons individuelles et même de bâtiments peuvent en l'espace de quelques décennies, surpasser la coûteuse infrastructure centralisée. La prise en compte des alternatives présente ce grand avantage d'éviter les erreurs dans l'investissement. On peut espérer que les conditions légales rigides vont changer avec des tendances libérales. Par le contrôle à la source et de multiples usages de l'eau, de telles technologies peuvent pouvoir gérer la consommation des eaux avec environ 20 % de l'actuelle demande. Cette quantité peut être pourvue par des eaux locales souterraines ou de pluie, aussi bien que par les ressources en eau de mer. Pour les zones à pénurie d'eaux, les avantages sont évidents. Pour d'autres zones, éviter l'alimentation et l'évacuation centralisées, seront bientôt économiquement avantageux, spécialement par la production de masse.

### **Les systèmes conventionnels des eaux usées sont inadéquats pour la récupération des nutriments**

Principalement, les eaux usées domestiques contiennent des substances de valeur, comme les nutriments ; l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium et le magnésium et les menus éléments essentiels à la fertilisation des sols. Ces éléments sont presque irrécupérables à cause de la trop forte dilution dans les systèmes conventionnels des eaux usées. Les boues des eaux usées contiennent seulement une fraction des substances valorisables ; ainsi, la réutilisation des boues est très inefficace. Au regard des nouvelles recherches, la disponibilité du plan vert pour le phosphore précipité des boues des eaux usées avec les sels de Fe et d'Al est de 20 % [UBA, 2001], ceci restreint davantage la réutilisation des nutriments en agriculture.

Une possibilité de récupération des nutriments dans les zones à climats favorables est la combinaison de l'irrigation agricole et la fertilisation avec les eaux usées. Malheureusement ceci est pratiqué dans la plupart des cas, avec des eaux usées non traitées, posant ainsi de sévères problèmes d'hygiène. Bien plus, le revers de l'irrigation mène à une fertilisation excessive. De plus, les résidus non biodégradables des eaux usées industrielles et des détergents des eaux de ménage, sont déversés dans les sols. De façon additive, la fertilisation doit être adaptée aux périodes de croissance horticulaire. Même dans le cas de deux ou trois récoltes par an, une fertilisation durable avec les eaux usées est exceptionnelle. Ici aussi, le découplage des nutriments de la quantité des eaux par séparation de la collecte des urines, sera la solution la plus conséquente. Une étude comparative en Inde a été menée en analysant

la cohérence de l'effectivité des écoliers victimes des concentrations des métaux lourds contenus dans les eaux d'irrigation agricoles. Les résultats ont montré que l'intelligence des écoliers contaminés, était abaissée d'à peu près de 20 % [DtE, 1999]. Jusqu'ici, les graves conséquences neuro- toxiques de la contamination par les métaux lourds, sont insuffisamment considérées.

## **LES SCENARII ET LES PROJETS DES CONCEPTS INNOVATEURS SUR L'EAU**

Naturellement, il existe une grande variété de solutions, qui ne peuvent être présentées complètement ici. Dans [Otterpohl et al., 1999], dix scénarii de base classifient la variété de combinaisons des modules en rapport avec les conditions géographiques et socio-économiques dans le monde. Paris et Wilderer [Paris, 2001] ont élaboré une vue globale extensive des concepts réalisés, basés sur le contrôle à la source.

### **Le concept vacuum- biogaz**

A Lübeck-Flintenbreite en Allemagne, un innovant concept d'assainissement décentralisé a été réalisé en zone péri- urbaine. Présentement, 100 habitants sont connectés à la dite station et la capacité du système est d'à peu près 350 individus qui peuvent ainsi vivre sur le lotissement une fois la construction terminée. Les eaux vannes et de ménage sont collectées et traitées séparément. Utilisant une très petite quantité d'eau pour la chasse, à peu près 0.7 l par chasse, les eaux vannes sont collectées au moyen des WC- vacuum dans une bache de collecte. La matière est thermiquement assainie et fermentée anaérobiquement après qu'elle ait été mélangée aux déchets de ménage [OtterWasser, 2002]. Les eaux de ménage sont drainées par gravité et traitées au moyen d'un filtre à sable biologique (marécage artificiel vertical). Des parties des concessions sont opérationnelles depuis début 2000. Un détail descriptif se trouve dans [Otterpohl et al., 1999].

La consommation de l'eau depuis 1.5 an, est d'environ 72 l/(per\*j), dans lesquels 65 l/(per\*j) sont des eaux de ménage. Approximativement 90% de la charge d'azote se trouve dans les eaux vannes. Ainsi, les eaux de ménage ne contiennent presque pas d'azote, comme les campagnes extensives de mesures l'ont prouvé. Les WC- vacuum et les conduites de drainage fonctionnent sans panne, sous un contrôle régulier. Les pannes causées par les utilisateurs (« urines de chat », serviettes hygiéniques ; etc.), peuvent être évitées en leur donnant plus d'explications.

De façon étonnante, l'eau de ménage présente une concentration relativement élevée en phosphore, due presque exclusivement aux détergents de ménage. Cette concentration pourrait être diminuée par des conseils éducationnels donnés aux habitants. Les résultats finaux de cette campagne et la volonté de coopérer des habitants qui ont organisé la chasse aux bons produits contenant du phosphate libre, a montré des abaissements de concentration de près de 60%. A Freiburg-Vauban, un projet similaire a été réalisé au sein du bâtiment « Wohnen und Arbeiten » [Lange, Otterpohl, 2000] avec 40 habitants. Ici aussi, les eaux usées vannes et de ménage sont drainées et traitées de la même manière que dans le projet à Lübeck-Flintenbreite.

En Norvège, plusieurs années d'expérience avec un projet drainage- vacuum ont été faites. A la différence du projet ci-dessus, les eaux vannes sont traitées par thermophilie aérobie. [Skjelhaugen, 1998].

En résumé, l'utilisation d'une technologie avec vacuum pour la collecte des eaux vannes très peu diluées, est disponible et fonctionnelle. La technologie de traitement des eaux vannes est

également disponible. L'important pour ces stations est la bonne exploitation. La maintenance professionnelle des stations et l'éducation du personnel sont nécessaires et indispensables.

A côté des projets ci-dessus décrits, d'autres installations pilotes sont au stade de planification ou en cours d'exécution en Chine et en Hollande.

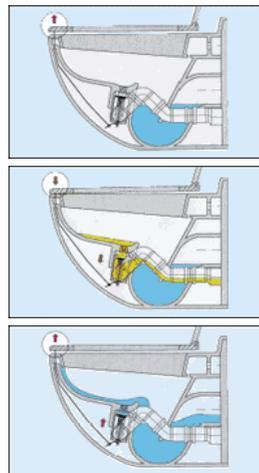
Le Groupe du projet AQWA 2100 a publié une intéressante étude de faisabilité comparative du concept vacuum / biogaz combiné à la séparation des urines. Un des résultats des plus surprenant de l'étude est que, les coûts additionnels des systèmes de contrôle à la source pour les systèmes urbains, est relativement bas [Herbst, 2002].

### **Concepts pour les eaux jaunes avec la chasse centrale et décentralisée**

Les exigences essentielles pour un système WC à séparation de matières sont : la conformité par rapport aux utilisateurs, de préférence une faible dilution de la matière fécale et des urines, et l'évacuation acceptable des deux types d'effluents.

Pour une collecte séparée des urines comme eaux jaunes, la technologie d'assainissement est disponible. Surtout pour les bâtiments publics (les écoles, les aires de station motorisée, etc.), les WC à séparation d'urines utilisant très peu d'eau constituent un marché florissant, à cause de leur remarquable sauvegarde d'eau. En fonction du modèle, les WC à séparation d'urines (aussi appelés WC sans mélange), drainent l'urine avec ou sans mélange d'eau. Ceci rend une simple collecte des urines (avec stabilisation de l'acide à des endroits appropriés) et le traitement (par exemple, assèchement par le soleil, qui doit encore être développé) possible. L'urine peut être utilisée sans dilution sur des sols nus, comme fertilisants. Après dilution à 5 – 10% d'eau, l'urine peut être directement utilisée pour fertiliser les sols couverts, toutefois, de préférence, pas directement sur les plantes horticoles. Après des recherches en Suède, les résultats sont disponibles ; l'urine doit être stockée pour une période approximative d'une demi- année. En résumé, un système à séparation à la base, suivi d'un traitement, rend possible la réutilisation de l'urine en fertilisant.

Les WC à séparation des effluents ont été principalement développés en Suède. Tous ces types de WC drainent l'urine avec une quantité plus ou moins variable d'eau, causant ainsi, une dilution de l'urine, ce qui conséquemment augmente le volume des réservoirs de stockage. Un nouveau type de WC à séparation des effluents essaye d'éviter ce désavantage



[Ulrich Braun, 2001] (voir Fig. 2).

**Figure 2.** WC- pas de mélange pour la collecte séparée des urines et de la matière fécale ([www.roevac.de](http://www.roevac.de))

Le fait de s'asseoir sur le WC, provoque l'ouverture de la canalisation pour urines, et le fait de se relever entraîne sa fermeture. Avec ce mécanisme, l'urine peut être drainée sans risque de dilution et les nutriments collectés sont et permettent une meilleure réutilisation.

Dans un projet, financé par le « Ministerium und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz » du Nord-Rhin en Westphalie, en Allemagne, le problème des substances ayant une activité endocrinale (les produits pharmaceutiques, les hormones, etc.), sont en étude [Oldenburg et al, 2002 ; Lambersmühle, 2002]. A ce sujet, un projet d'envergure est en cours au EAWAG en Suisse, conduit par T. Larsen.

Présentement, des expériences avec les systèmes de séparation des urines, démontrent la faisabilité de la séparation et l'utilisation des nutriments qui y sont contenus. Plusieurs projets à grande échelle sont en cours de planification ou en construction. Pour une partie de la nouvelle agglomération « Solar City » (88 étages et une école) à Linz, Autriche, un système d'eaux usées à séparation d'urines est prévu par Otterwasser, Lübeck. Les nutriments devront être utilisés pour agriculture. A Berlin en Allemagne, le « Berliner Wasserbetriebe » a l'intention de mener le recadrage de la maintenance d'un bâtiment pour une station d'assainissement, avec la technologie vacuum -séparation des urines [BWB, 2002].

### **Systèmes décentralisés de déshydratation pour les zones urbaines et péri- urbaines avec de fortes radiations solaires.**

Plusieurs propositions et technologies communes pour le contrôle à la source de la gestion des eaux usées incluant différents écoulements de traitement des excréta humains, existent [Winblad, 1998], [Otterpohl et al, 1999]. Certains de ces concepts sont plus appropriés pour les zones rurales ; néanmoins certaines sont applicables dans les centres villes. Les technologies de base pour des traitements basse technologie pas cher avec ou sans dégradation des matières sont :

- Chauffage et assèchement (chauffage par le soleil, système à double compartiments), qui pose un problème d'hygiène anale au nettoyage à l'eau (approximativement 50% de la population mondiale, les pays musulmans), exige la séparation des urines.
- Les digesteurs pour les eaux vannes permettent l'utilisation par plusieurs personnes
- Les WC à terre double compartiments ; après l'aisance, les excréta sont recouverts de terre, exigent la séparation des urines
- Le compostage (le fonctionnement parfois, des recherches futures sont nécessaires)
- Les WC à faible dilution en combinaison avec les systèmes biogaz
- Séparation de la collecte des urines en combinaison avec les systèmes biogaz pour la matière fécale.

Les systèmes de WC pour la séparation des urines, par l'usage de s'asseoir et par l'utilisation du papier hygiénique ont été décrits plus haut. Dans les cultures où l'eau est utilisée pour l'hygiène anale, les latrines sont très répandues. Ici, différents types de WC à séparation d'urines spécialement adaptés aux conditions locales existent [Winblad, 1998]. En cas de pénurie d'eau, les eaux usées ménagères traitées sont souvent utilisées pour remplacer l'eau potable. Combiné aux systèmes de dessiccation de la matière fécale, ceci peut rendre le système entier financièrement attractif.

Au sein de « Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) » un projet sectoriel spécialisé, appelé « EcoSan » (Ecological Sanitation), pour ce concept à écoulement orienté, a été établi. Ensemble avec le Groupe Spécialisé « Sustainable Sanitation » de l'Association

Internationale de l'Eau « IWA », une grande conférence est prévue en avril 2003.[GTZ, 2002].

### Procédés orientés- réutilisation, pour les eaux vannes et les eaux ménagères pour les zones urbaines et péri- urbaines

La collecte et le traitement séparé des eaux vannes des eaux ménagères, est le fondement de la méthode « cycle du process des eaux vannes » (voir Fig. 3). L'idée du traitement approprié et de la réutilisation des eaux chassées des WC pour usage de WC, rend possible, une grande concentration de nutriments pendant le fonctionnement en journée. Ceci peut être d'une grande contribution pour un nouveau point de vue dans la gestion des eaux usées domestiques. Cette méthode est protégée par un brevet d'invention par son auteur [Ulrich Braun, 2001], donnant l'opportunité aux organisations d'investissement de capitaux, d'investir dans le développement de la technologie. A l'Université Technique de Hambourg - Harbourg, les premières expériences avec des résultats concluant ont été réalisées. Actuellement, un projet pilote à demi dimensions techniques est encours d'installation. Par habitant et par jour, seulement 1 – 2 litres de solution minérale de nutriments liquides idéalement claire, inodore et incolore, sera produite par cette méthode.

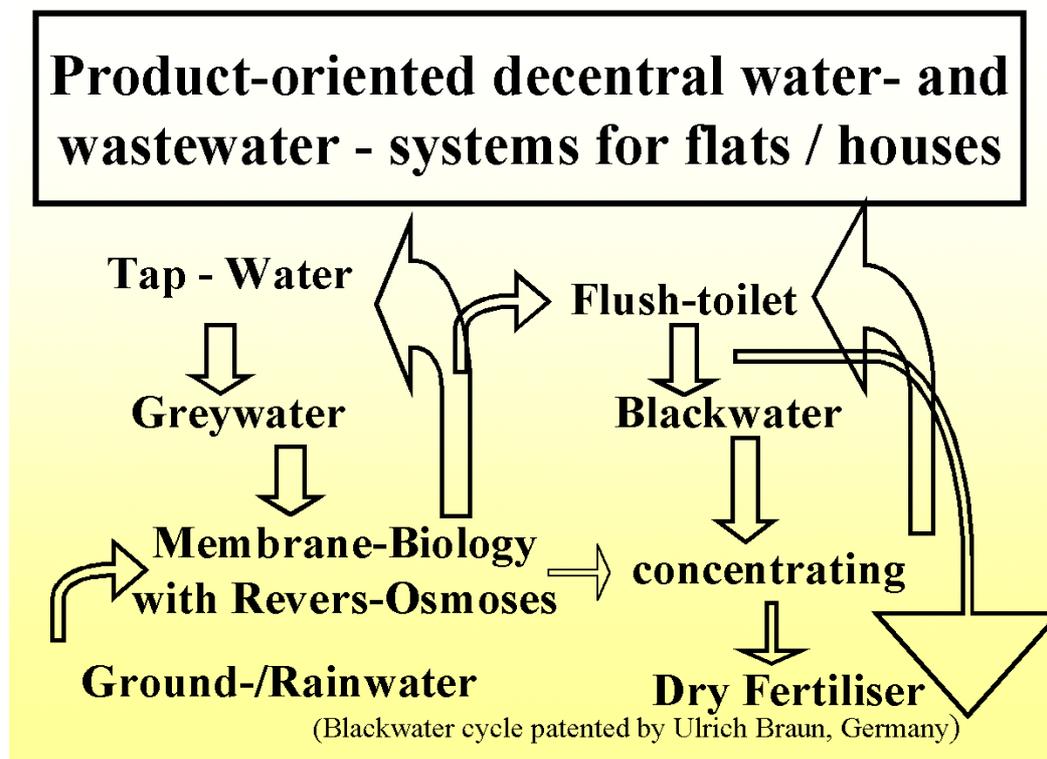


Figure 3. Diagramme des cycles d'écoulement des eaux vannes et des eaux usées des douches

Avec ce cycle technologique des eaux vannes, la consommation de l'eau potable des WC avec chasse peut être réduite jusqu'au niveau zéro ; ce, indépendamment de la consommation d'eau associée au modèle de WC, par re-circulation après traitement. Pour les pays ayant des ressources en eau limitées, ceci peut être une intéressante et importante option. La grande concentration de nutriments qu'offrent les WC avec chasse ouvre complètement de nouvelles options de traitement. À cause des très petits volumes, l'utilisation des technologies sophistiquées devient possible. La technologie du cycle des eaux vannes devient économiquement faisable, avec le développement des réacteurs biologiques membranaires au cours des dernières années. La méthode est aussi applicable aux WC à séparation d'urines et des modules de re-circulation du « cycle du procédé des eaux des douches ». Des

connections à dimensions faisables se trouvent ci-dessus pour près de 200 résidents. Les stations de recyclage des eaux usées ménagères peuvent être réalisées en appartement ou à l'échelle des habitations. L'eau de très bonne qualité similaire à l'eau potable est plus acceptée, si l'eau « reçue » est recyclée. La Fig.3 montre les options des deux méthodes et leur incorporation au sein des ressources locales en eau.

Du point de vue théorique, des problèmes fondamentaux ne peuvent surgir des procédés du cycle des eaux vannes ou des eaux usées de douches. L'exigence est une complète transformation de l'ammoniac en nitrate (nitrification). Des risques d'hygiène ou de santé ne peuvent surgir, parce que l'effluent traité l'est soigneusement et aussi seulement réutilisée pour chasser dans les WC. En utilisant l'excès d'eau en vue d'une directe fertilisation, le nitrate n'est pas aussi approprié que l'est l'ammoniac, ce qui est un désavantage. La décoloration du liquide circulant est un problème qui apparaissait, à cause de la concentration de la teinture (Urobiline, etc.). Ce problème a été résolu grâce aux recherches menées à la TUHH. La désinfection des eaux vannes ou de douches est un moindre problème, à cause de l'usage des réacteurs biologiques membranaires. Il est prévu, que même en cas d'automatisation complète de ces stations à moyen terme, une maintenance régulière soit nécessaire.

En résumé, les méthodes des procédés du cycle s eaux vannes et des douches sont d'une issue très intéressante. Elles recèlent d'un grand potentiel, spécialement dans les pays du monde où l'eau, l'énergie, et les fertilisants sont coûteux et font pénurie. Ceci constitue une approche pour gagner une autonomie en eau dans les agglomérations. Par la production d'un grand nombre de modules nécessaires, même dans le cas de connections à petites dimensions, l'o peut atteindre des prix compétitifs en matière d'eau.

### **Adaptation des infrastructures d'eau centrales existantes**

Par subséquence successive de l'utilisation des WC à séparation d'urines avec des bâches de retenue, le système central conventionnel des eaux usées peut être changé, avec la presque totalité de réutilisation des nutriments : des WC à séparation d'urines et des canalisations supplémentaires peuvent être installées pendant les rénovations. Les canalisations de drainage sont connectées aux conduites d'évacuation, de telle sorte que les WC les premiers « seulement » sauvegardent de l'eau. Si un nombre suffisant de connections dans une agglomération spécifique est atteint, au fil des années, la grande concentration de la solution contenant les nutriments, peut être utilisée pour la fertilisation. Dans le cas d'un réseau de conduites d'évacuation à faibles flux d'eau extérieure (pas d'eau de pluie, pas d'eaux industrielles, etc.) et une pente suffisante, la collecte des urines peut être réalisée à temps une collecte séparée suffisante des urines est établie, la station centrale d'évacuation possédant toujours assez de nutriments, néanmoins, une élimination de l'azote (dénitrification) n'est plus du tout exigée. Le reste de nutriments sera incorporé par les microorganismes, et ainsi transportés dans les boues des eaux usées. Avec cette méthode, un système conventionnel peut devenir une assez bonne ressource efficiente de nutriments.

Un successif découplage des WC et l'emploi des systèmes appropriés et décentralisés du traitement des eaux vannes sera une autre adaptation. Ceci transformera la station centrale d'évacuation en une station de traitement des eaux ménagères, mais incluant les eaux usées industrielles. Au regard des conditions environnantes, la station centrale des eaux usées pourrait être transformée en établissement de gestion des eaux, en vue de la réutilisation.

Le désavantage de ces scénarii doit être examiné dans la nécessité des coûts d'investissement décentralisés, additionnés des coûts de maintenance de l'infrastructure centrale. A cause du

transport brut des eaux usées comme facteur principal coûteux, la balance économique doit être faite précisément. D'autre part, le coût énorme des bâches de retenue des eaux de pluie, peut être réduit par déconnection des eaux vannes. Le trop-plein du reste des eaux ménagères non traitées, sera bien moins problématique.

## **LES CONSEQUENCES SOCIO -ECONOMIQUES ET LES MODELES DE FONCTIONNEMENT ET L'EVALUATION DE L'IMPACT**

Plusieurs de ces concepts innovants demandent seulement de changements minimes d'habitude de la part des utilisateurs. Un autre WC est souvent le seul changement. Pour les WC à séparation d'urines et les hommes, il est entendu qu'ils doivent s'asseoir pour uriner. Ceci rend une séparation des urines et de la matière fécale possible. Une demande en accord va générer très vite, de nouvelles et confortables solutions. En ce moment, le marché de l'assainissement est orienté vers la conception, et pauvre en matière d'innovation technique. Une issue très importante réside sur l'information et l'éducation des utilisateurs, à une technologie innovante sur l'eau - ou tout au moins à propos de la philosophie de base. Il a été prouvé dans plusieurs cas, qu'après des explications, les utilisateurs se sont montrés coopératifs et intéressés. A Lübeck, en Allemagne, les résidents ont été informés sur le contexte entre les hautes concentrations en phosphore dans les eaux usées ménagères et les détergents dans les machines à vaisselle. Après cette campagne, les résidents ont enclenché une initiative coopérative de se procurer désormais des détergents ne contenant pas de phosphate. Des cours d'actions compréhensives transforment le comportement de plusieurs être humains.

« L'échelle économique » des stations centrales d'évacuation, est très souvent pointée du doigt dans la gestion des eaux usées. Toutefois, cet essentiel fait ne peut être considéré insolemment. Dans la plupart des zones urbaines, la collecte et l'évacuation des eaux usées cause 70 à 80 % des coûts totaux. Conséquemment faire des économies du côté de la station de traitement n'a qu'un effet insignifiant sur le total. A tout le contraire, les stations décentralisées de traitement peuvent devenir très économiques, si elles sont standardisées et construites en grand nombre. D'autre part, les coûts élevés de fonctionnement des stations décentralisées doivent être considérés. En résumé, les investissements dans les concepts décentralisés se dirigent vers la production et la maintenance des stations, alors que les ceux dans les concepts centralisés vont principalement aux grands systèmes d'évacuation. Ainsi, les systèmes décentralisés produisent plus de travail que les systèmes centralisés. Le concept décentralisé de Lübeck a produit un travail pour la maintenance, incluant la gestion technique de l'énergie / la technologie de l'eau avec les coûts totaux du système, plus le travail manuel qui n'est pas plus cher que dans les services conventionnels des eaux usées.

La gestion professionnelle du fonctionnement des systèmes innovateurs sur l'eau est d'une des plus capitales importance. Les possibilités légales idéales d'exploitation sont les entreprises privées locales ou des coopérations. Dans le cas de petites unités, la maintenance régulière par une entreprise extérieure est aussi appropriée.

Dans le cas des catastrophes comme des inondations ou des tremblements de terre, les systèmes centralisés sont véritablement sensibles. L'évaluation de l'impact démontrent que les pannes des systèmes centralisés ont des conséquences graves, mais sont plus rares que dans les systèmes décentralisés. Le risque de plusieurs stations décentralisées et respectivement semi- centralisées peut effectivement être minimisé par une maintenance

professionnelle et des contrôles utilisant des capteurs avec des signaux d'alarme et des vérifications à distance. Le grand nombre de stations peut entraîner plus de pannes. Mais, ces pannes réunies ensemble, produiront un impact bien moins grand qu'une seule panne dans un système centralisé.

## CONCLUSIONS

Les systèmes innovateurs décentralisés des eaux usées peuvent dramatiquement changer les modes actuels de gestion de l'eau. Ils peuvent être conçus pour la quasi récupération de l'eau et des nutriments, de façon économique. Au regard de la dramatique incessante montée des pénuries d'eaux, la technologie de réutilisation efficace de l'eau devrait être placée en première ligne d'agenda. Plus d'installations pilotes et des recherches sont nécessaires, bien qu'il y ait plusieurs solutions qui pourraient être appliquées. Il existe un vaste potentiel d'approches radicalement nouvelles, pendant que de petites améliorations ne sont pas souvent économiques. Les sociétés devront finalement faire face à leurs responsabilités en prenant le plus de soin de leurs précieuses ressources : l'eau et les sols fertiles. Ceux sont justement de bonnes nouvelles, les solutions décentralisées seront probablement le choix à adopter, et même dans les zones urbaines. De cette façon, les hommes pourront agir sans attendre la l'appui des média des gouvernements qui sont souvent aveugles pour les besoins les plus évidents du futur. Le futur est ouvert à la décentralisation, comme pour les systèmes d'énergie, ce sera aussi le cas pour les systèmes intégrés de l'eau.

## BIBLIOGRAPHIE

[BWB, 2002]

[www.kompetenz-wasser.de/dt/projekte/proj-scst.htm](http://www.kompetenz-wasser.de/dt/projekte/proj-scst.htm)

[DtE, 1999]

CSE – Centre for Science and Environment, Down to Earth Vol. 8, December 31, 1999

[DtE, 2002]

CSE – Centre for Science and Environment, Down to Earth Vol. 10, February 28, 2002

[Evans, 1991] Richard J. Evans: (1991)

Death in Hamburg: society and Politics in the Cholera Years, Penguin, USA

[FITSCHEN and HAHN 1998] Fitschen, Imke; Hermann H. Hahn (1998)

Characterisation of the municipal wastewater part human urine and a preliminary comparison with liquid cattle excretion, Water Science & Technology Vol 38 No 6 pp9-16

[gtz, 2002] [www.ecosan.de](http://www.ecosan.de)

[Herbst, H., Hissl, H., 2002] Herbst, H., Hissl, H., :

Umsetzungsstrategie zur Einführung marktorientier Wasserinfrastruktursysteme in Deutschland, GWA, Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Band 188, Aachen 2002

[Lange, Otterpohl, 2000] Lange, Jörg und Ralf Otterpohl

Abwasser. Handlung zu einer Zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Pfohren, Mallbeton Verlag, stark erweiterte Auflage 2000

[Larsen, Gujer, 1996] Larsen, T. A. and Gujer, W.;

Separate Management of anthropogenic nutrient solutions (human urine), Water Science and Technology, Vol. 34, No. 3-4, S. 87-94, 1996

[Larsen, Udert, 1999] Larsen, T. A., Udert, K. M.;

- Urinseparierung – ein Konzept zur Schließung der Nährstoffkreisläufe, Wasser und Boden, 51/11, S.6, 1999
- [Lambertsmühle, 2002] [www.lambertsmuehle.de](http://www.lambertsmuehle.de)
- [Oldenburg et al., 2002] Oldenburg, M., Bastian, A., Londong, J., Niederste-Hollenberg, J., Nährstofftrennung in der Abwassertechnik am Beispiel der „Lambetsmühle“ gwf Wasser – Abwasser, 143, Nr. 4, S. 314 -319, 2002
- [Otterpohl et al., 1999] Otterpohl, Ralf; Albold, Andrea und Oldenburg, Martin  
Source Control in Urban Sanitation and Waste Management: 10 Options with resource Management for different social and geographical conditions, Water, Science & Technology, No. 3/4, 1999
- [Otterpohl et al., 1999] Otterpohl, Ralf; Oldenburg, Martin; Büttner, Sebastian  
Alternative Entwässerungskonzepte zum Stoffstrommanagement, Korrespondenz Abwasser (46), Nr. 2, 1999
- [OtterWasser, 2002] [www.otterwasser.de](http://www.otterwasser.de)
- [Paris, 2002] Paris, S., Wilderer, P. A.;  
Integrierte Ver- und Entsorgungskonzepte im internationalen Vergleich, GWA, Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, Band 188, Aachen 2002
- [Skjelhaugen, O. J., 1998] System for local reuse of black water and food waste, integrated with agriculture; Technik Anaerober Prozesse, TUHH, Technische Universität Hamburg – Harburg, DECHEMA-Fachgespräch Umweltschutz, ISBN 3-926959-95-9, 1998
- [UBA, 2001]  
UBA – Umweltbundesamt: Bericht zur Klärschlamm Entsorgung, Berlin, 30.4 2001/4
- [Ulrich Braun ] Braun, U.: PCT/EP98/03316: „Method and device for sewage treatment“
- [Ulrich Braun ] Braun, U.: PCT/EP00/09700: “Method and device for separate collection and drainage of faeces and urine in urine separating toilets”
- [Winblad, U., 1998] Winblad, U., (Hrsg.)  
Ecological Sanitation, SIDA, Stockholm, ISBN 91 586 76 12 0, 1998
- [gtz] [www.gtz.de/ecossan/symposium.htm](http://www.gtz.de/ecossan/symposium.htm)