

Compte rendu du voyage d'étude en Allemagne

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'ÉCOASSAINISSEMENT

Hambourg et Lübeck - 28 au 30 mai 2008

Depuis une vingtaine d'années, une nouvelle approche de l'assainissement se développe dans plusieurs pays européens et pays en voie de développement. Des dizaines de projets pilotes⁽¹⁾ sont maintenant installés dans des lotissements, des immeubles ou en milieu rural. Leur objectif : proposer une alternative plus écologique au fonctionnement trop linéaire de nos systèmes conventionnels.

En France ce domaine est encore très confidentiel. Aucun projet pilote significatif n'a vu le jour et le sujet semble se limiter à la phytoépuration (filtres plantés pour les communes rurales) et aux toilettes sèches qui font actuellement débat dans le cadre de la rédaction du nouvel arrêté sur les techniques de l'assainissement non collectif.

Pourtant les particuliers et professionnels, sensibilisés aux enjeux de la qualité des milieux aquatiques et des économies d'eau, sont à la recherche de techniques alternatives. Afin de répondre à des demandes d'informations de plus en plus nombreuses, l'association TDM (Toilettes Du Monde) a organisé un voyage d'étude en Allemagne qui a réuni 27 acteurs de l'eau et de l'assainissement dont des représentants du Ministère de l'écologie, de l'Afset, du Cémagref, d'une Agence de l'Eau, de différents SATESE, de collectivités et de divers acteurs privés et associatifs.

I / UNIVERSITE TECHNIQUE DE HAMBURG-HARBOURG

Institut for Wastewater Management and Water Protection

Entre autres sujets de recherche, cet institut travaille sur l'écoassainissement et les systèmes d'assainissement décentralisés. C'est une équipe très active au sein du réseau international ECOSAN (ECOLOGICAL SANITATION). **Infos et contacts** sur : <http://kontakt.tu-harburg.de/en/gen/B-2.html>

1/ Visite des laboratoires

Un des laboratoires se concentre sur le traitement des eaux vannes. Il est équipé de plusieurs toilettes en service (toilette à séparation des urines, à chasse d'eau classique, urinoirs sans eau ...) produisant les effluents nécessaires aux expériences.

A partir des différents types de matériaux collectés (urines pures, urines diluées, matières fécales, eaux vannes, ...), plusieurs expériences sont menées :

- traitement des urines par différents procédés physico-chimiques (évaporation, précipitation ...)
- test d'un circuit fermé pour les eaux vannes avec une recirculation des eaux traitées dans les chasses d'eau après épuration (décantation, traitement biologique et ozonation)
- traitement des matières fécales par lombricompostage ...

A l'extérieur des bâtiments de l'université, une expérience se penche sur la récupération des nutriments par des cultures de bambous irrigués avec différents types d'eaux usées (eaux grises, urines, mélanges ...).



2/ Exposé sur l'écoassainissement

Ces visites ont été suivies d'une présentation détaillée des principes de l'écoassainissement et des développements techniques actuels par le directeur de l'institut, le **professeur Otterpohl**.

a. Enjeux

A l'échelle mondiale, une mauvaise gestion de la ressource en eau tant au niveau quantitatif (gaspillage) qu'au niveau qualitatif (pollution) a des conséquences très lourdes, en particulier sur le plan sanitaire mais également sur la disponibilité de la ressource. En parallèle, on observe une perte lente mais préoccupante de la fertilité des sols.

Actuellement, l'agriculture et l'assainissement sont liés de façon linéaire : d'un côté, des nutriments industriels (azote, phosphore ...) sont apportés aux cultures et à l'autre bout de la chaîne ces nutriments se retrouvent dans les eaux usées via nos excréments. Ils sont très difficilement retenus par les stations d'épuration - lorsqu'elles existent - et viennent perturber les milieux aquatiques. Le retour de ces nutriments et de la matière organique vers les cultures est généralement très peu efficace.

D'un point de vue économique, l'efficacité des systèmes d'assainissement conventionnel est également critiquable : des sommes considérables sont consacrées à la gestion des effluents domestiques mais les performances épuratoires des installations restent trop souvent insuffisantes et le renouvellement des réseaux est trop souvent négligé.

b. Principes de l'écoassainissement

Les techniques de l'écoassainissement reposent sur un constat simple : les urines et les matières fécales représentent environ 1% du volume des eaux usées mais contiennent la majorité de la pollution. Effectuer une séparation à la source des différents types d'effluents domestiques (eaux vannes, eaux grises, urines ...) permet de mettre en place des traitements plus efficaces spécifiques à chaque effluent ainsi qu'une valorisation optimale des eaux usées et de ce qu'elles contiennent.

c. Techniques

On peut classer les techniques de l'écoassainissement en 3 catégories : les systèmes high-tech adaptés à l'habitat collectif ; les systèmes plus simples et à faible coût utilisables en milieu rural et périurbain ; les systèmes intermédiaires à séparation des urines avec chasse d'eau. Il s'agit toujours de techniques décentralisées mises en place à l'échelle d'un immeuble, d'un lotissement ou d'une maison individuelle.

Systèmes high-tech

→ *Toilette à chasse d'eau sous vide / traitement anaérobie / production de biogaz*

Des toilettes à micro chasse d'eau (1 litre) couplées à un système d'aspiration sous vide acheminent les eaux vannes jusqu'à un digesteur anaérobie. Deux sous-produits valorisables sortent du digesteur : du biogaz (production de chaleur et d'électricité par une unité de cogénération) et un digestat qui servira d'amendement agricole. L'énergie ainsi produite peut couvrir jusqu'à 10 % des besoins de chauffage pour des bâtiments bien isolés.

Une réflexion est actuellement menée pour appliquer cette technique de collecte et de traitement des eaux vannes à plus grande échelle dans la ville de Hambourg.

→ *Recyclage des eaux grises*

Un traitement biologique poussé (bioréacteur à membranes) permet un recyclage des eaux grises vers les chasses d'eau et l'eau de service. En y ajoutant une étape de microfiltration et une osmose inverse, on obtient de l'eau potable. Mais ces techniques de traitement sont complexes, ont une consommation énergétique élevée et il est peu probable que les utilisateurs acceptent une eau recyclée en particulier pour leur consommation. Elles sont envisageables à partir de 200 personnes.

Les techniques high-tech ouvrent de nombreuses perspectives pour des installations décentralisées de traitement des eaux usées. Des projets de ce type pourraient être particulièrement intéressants dans des

zones d'habitat dense non reliées à une station d'épuration, dans des secteurs arides ou encore pour le traitement des eaux vannes des hôpitaux très chargées en résidus médicamenteux et en microorganismes pathogènes.

Systèmes low-tech

→ Toilettes sèches

Il existe deux grandes familles de toilettes sèches : les toilettes à compost et les toilettes à séparation des urines. Dans les toilettes à séparation (cf. photo ci-contre), les urines sont collectées séparément des matières fécales grâce à des cuvettes spécifiques comprenant deux sorties : une chute de gros diamètre à l'arrière pour les matières fécales et une sorte d'entonnoir à l'avant pour les urines.



Les toilettes à séparation ont l'avantage de diminuer considérablement le volume de matières à gérer : un adulte produit 500 litres d'urines par an contre seulement 50 litres de matières fécales. Cette technique est donc particulièrement intéressante, tant du point de vue de l'entretien nécessaire qu'au niveau de la valorisation des excréments. L'urine collectée est en effet un excellent engrais riche en nutriments qui peut être utilisé en agriculture sans risques pour la santé. Les matières fécales collectées à part peuvent être facilement transformées en terreau par lombricompostage.

Il existe aujourd'hui une très grande variété de toilettes sèches manufacturées ou non. Le choix devra être fait selon les conditions climatiques, l'envie de valoriser les matières collectées, les contraintes d'entretien, la place disponible etc.

→ Chambres de pré-compostage : une alternative à la fosse toute eau

Une filtration des eaux usées brutes est effectuée par une couche de paille ou par un filet aux mailles très fines. Deux filtres en parallèle sont utilisés alternativement. Les particules retenues à la surface du filtre commencent à se décomposer, notamment pendant la période où une chambre ne reçoit plus d'effluents (6 à 12 mois) puis sont exportées pour être compostées.

Avantages :

- Décomposition aérobie des matières évitant la formation de mauvaises odeurs
- Evite d'utiliser de lourds véhicules de pompage pour les vidanges
- Recyclage efficace des matières organiques

Systèmes à séparation des urines avec chasse d'eau

Cette troisième catégorie de systèmes est intéressante car elle peut être utilisée en habitat dense tout en restant assez simple sur le plan technique. Elle se concentre plus particulièrement sur les urines, fraction contenant la majorité des nutriments des eaux usées domestiques : 87 % de l'azote, 50 % du phosphore et 54 % du potassium.

Collecter séparément les urines permet donc de soulager considérablement les stations d'épuration tout en produisant un fertilisant agricole. La forme liquide de l'urine permet une collecte facile à l'aide de toilettes à séparation. Mais à la différence des toilettes sèches à séparation des urines, celles-ci sont équipées d'une chasse d'eau pour l'évacuation des matières fécales. Les urines de plusieurs appartements sont canalisées vers des cuves de stockage puis exportées par camion vers les cultures.

II / VISITE DE LA SOCIETE BERGER BIOTECHNIK

Fabriqueur de toilettes écologiques

Cette société a été créée en 1985 par Wolfgang Berger. Elle développe et commercialise sa propre gamme de toilettes écologiques et distribue certains modèles d'autres fabricants. Elle propose notamment des toilettes sèches compactes pour extérieur (400 €) - des toilettes sèches mobiles sans ventilation (60 à 110 €) - des toilettes à séparation des urines pour résidence principale (350 à 600 €) - des urinoirs sans eau (50 €) - des toilettes à compost à gros volume de stockage (4 500 €) - des toilettes à chasse d'eau économe 2-4 litres avec ou sans séparation des urines (460 €) - différents accessoires ...

La société Berger Biotechnik participe également à plusieurs projets pilotes :

- L'efficacité et l'acceptabilité des toilettes à compost à gros volume de stockage sont testées sur plusieurs sites (lotissements écologiques – jardin d'enfants – immeuble – refuge d'altitude)
- Elle est partenaire des projets de campus écologique à Accra (Ghana – 10 000 étudiants) et d'éco-quartier à Dongsheng en Chine (825 appartements dans des immeubles de 4 à 5 étages équipés en toilettes sèches à séparation des urines).

III / LOTISSEMENT ECOLOGIQUE HAMBOURG-ALLERMOHE

Toilettes sèches et Filtre planté de roseaux



Ce lotissement de la banlieue de Hambourg existe depuis 1986. Il regroupe 34 logements (maisons en bandes construites sur 2 à 3 niveaux) et abrite environ 120 habitants. A l'origine de ce projet, un groupe de personnes très sensibilisées aux problématiques écologiques décide de réaliser un lotissement écologique exemplaire en mettant l'accent sur des techniques autonomes.

Toilettes sèches

Des toilettes à compost sont installées dans chaque logement. Elles comprennent une cuve de compostage de gros volume installée dans les caves et une ou plusieurs toilettes reliées au composteur par des tuyaux de chute verticaux.

Les cuves de compostage ont un fond incliné qui permet un écoulement des liquides excédentaires vers un réservoir de collecte et une descente progressive des matières au fur et à mesure de leur décomposition. En bout de pente, elles sont devenues du compost et peuvent être évacuées par une trappe de vidange. Une ventilation assure l'absence d'odeurs.



Vidange : la quantité de liquide récupéré dans le réservoir au fond de la cuve est très faible. Concernant les solides, le volume évacué chaque année est d'environ 40 litres par personne. Ce n'est pas une opération désagréable car les matières sont déjà complètement transformées.

Maintenance : l'entretien est réalisé par les habitants. Il consiste à ajouter occasionnellement des matériaux carbonés pour améliorer le processus de compostage et à mélanger la couche supérieure du tas pour empêcher qu'une masse compacte ne se forme. Au niveau de la cuvette des toilettes, le tuyau de chute commence par une partie amovible permettant son nettoyage. Au total, ces opérations représentent environ 1 heure par mois. L'entretien est donc plutôt limité mais il doit être fait soigneusement et tout au long de l'année.

Remarques : L'absence d'odeurs est vraiment le point le plus frappant lorsque l'on découvre ces systèmes et cela que ce soit au niveau des toilettes ou à proximité du composteur - L'éclairage des toilettes est réalisé de manière à ce qu'il n'y ait pas de lumière directe qui rentre dans le tuyau de chute. On ne voit donc qu'un trou noir lorsque la cuvette est relevée - La principale contrainte pour l'installation de ces systèmes est la place nécessaire pour le composteur (2,65 m x 1,15 m x 2,10 m) - Prix hors installation : 4 500 € TTC.

Epuration des eaux grises

Les eaux grises sont traitées par un filtre planté de roseaux à écoulement vertical situé en aval d'un petit décanteur digesteur. Il mesure 240 m² et reçoit environ 15 m³ d'effluents par jour. Une alimentation par bâchées est assurée par 3 pompes. Un petit lagunage assure un traitement de finition. L'eau rejetée est de qualité baignade.

IV / LOTISSEMENT DE LÜBECK FLINTENBREITE

Toilettes à chasse d'eau sous vide et production de biogaz

35 logements pouvant abriter 116 habitants ont déjà été réalisés. A terme, le projet prévoit un total de 117 logements (appartements, maisons jumelées et maisons en bandes) pour une capacité de 350 habitants. La construction a été interrompue au début des années 2000 à la suite de déboires financiers du promoteur de l'opération. Elle devrait reprendre prochainement.



La conception du projet a cherché à intégrer au maximum les différentes infrastructures liées aux bâtiments (énergie, eau, déchets, télécommunication ...) pour atteindre des performances écologiques avancées tout en gardant un coût d'exploitation raisonnable. Au niveau de la gestion de l'eau, les objectifs fixés sont de réduire la consommation d'eau potable, de valoriser les nutriments des eaux usées comme fertilisants agricoles et d'infiltrer les eaux pluviales sur place.

Monsieur Oldenburg, cofondateur du bureau d'étude OtterWasser chargé du système d'assainissement, nous a accompagnés pour la visite du site.

Fonctionnement du système de traitement des eaux usées

Traitement des eaux vannes

Des toilettes à micro chasses d'eau (environ 1 litre) couplées à un système d'aspiration sous vide assurent la collecte des eaux vannes. A la sortie du réseau sous vide, elles arrivent dans une unité

d'hygiénisation puis sont dirigées dans un digesteur anaérobie dans lequel sont également ajoutés les biodéchets des ménages.

Le traitement par digestion anaérobie n'a pas encore pu être mis en route, le volume d'effluents n'étant pas suffisant. Seul le système de collecte sous vide est aujourd'hui utilisé. Le digesteur anaérobie pourra être mis en fonctionnement lorsque le nombre d'habitants aura augmenté. Il produira alors du biogaz et un digestat. Ce dernier sera valorisé en agriculture tandis que le biogaz produit par la méthanisation sera récupéré et dirigé vers une unité de cogénération produisant de la chaleur et de l'électricité pour le lotissement.



Traitement des eaux grises

Les eaux grises sont traitées par filtre planté de roseaux. Un clarificateur à 3 compartiments est installé en amont.

Premiers retours d'expériences

Le système fonctionne donc depuis 8 ans hormis le traitement des eaux vannes par digestion anaérobie qui devrait débuter dans le courant de l'année 2009. En attendant, les premières années de fonctionnement ont permis d'obtenir quelques résultats et d'apporter certaines améliorations.

- Les toilettes utilisent de 0,7 à 1,2 litre à chaque passage. La consommation totale d'eau mesurée est de 73 l/pers/jour (moyenne nationale : 130 litres). La consommation électrique du système de collecte sous vide est de 0,15 kWh/pers/jour.
- Assez peu de problèmes de fonctionnement ont été signalés, principalement des blocages dans les canalisations dus à une mauvaise utilisation des usagers (petits jouets d'enfants, litière pour chat etc.). Une information supplémentaire des usagers a permis de limiter ces problèmes.
- L'installation des infrastructures de gestion de l'eau (eaux usées et eaux pluviales) a coûté environ 5 300 € par logement. Grâce aux économies d'eau et d'énergie, l'amortissement de ce système devrait être réalisé sur environ dix à quinze ans.

Résultats attendus pour la production de biogaz :

- Pour les seules eaux vannes : 45 kWh/pers/an soit une production totale de 18 MWh/an ;

- 45 MWh/a en ajoutant les biodéchets des ménages.

Cette production énergétique pourrait couvrir de 5 à 10 % de la consommation totale du lotissement.

Conclusions

Un point particulièrement intéressant de ce projet est qu'il s'agit avant tout d'une opération de construction de logements s'adressant au grand public. Malgré un niveau technologique élevé et grâce à la conception intégrée de toutes les composantes du projet, l'ensemble des coûts d'exploitation est inférieur à celui d'un système conventionnel : entre 1,8 et 2,0 € par mois et par m² contre 2,2 à 2,3 € habituellement.

Les techniques proposées n'ont pas d'impact sur les habitudes des particuliers. Il s'agit bien d'un lotissement écologique pilote, mais voulant être également une opération répliquable dans d'autres situations sans avoir besoin de sélectionner les futurs habitants sur leur motivation écologique ou sur leurs moyens financiers.

Les visites des deux lotissements écologiques et la comparaison de ces expériences diamétralement opposées ont été particulièrement riches en enseignements :

- Ces deux techniques ne peuvent être proposées en France comme des solutions applicables directement et sans accompagnement : l'une a besoin d'encore quelques années de développement (Lübeck) tandis que l'autre est difficilement acceptable par des utilisateurs non sensibilisés à qui elle demanderait un engagement personnel trop important (Hambourg).
- Ceci dit le système de toilettes sous vide / biogaz semble prometteur et a l'ambition d'être une solution socialement acceptable, économiquement viable et donc très largement diffusable.
- De son côté, le système de toilettes sèches de Hambourg Allermohe a largement fait ses preuves quant à son fonctionnement et à ses performances. La mise en place de services prenant en charge la gestion du compostage, la collecte et la valorisation du compost permettrait sûrement un développement plus large de cette technique limitée pour le moment aux personnes sensibilisées et très motivées.

Une des options techniques qui n'a pas pu être suffisamment développée lors de ce voyage est la séparation des urines. Les suédois sont très impliqués dans le développement de cette approche. Le suivi de nombreux projets pilotes leur permet d'avoir aujourd'hui une expérience unique en la matière. TDM organisera un deuxième voyage d'étude au printemps 2009 pour découvrir les acteurs et les projets en cours dans ce pays précurseur en matière d'écoassainissement.

En Europe, plusieurs autres pays dont la Suisse, les Pays-Bas et l'Autriche se sont également engagés dans la recherche et le développement d'alternatives plus écologiques en matière d'assainissement. En Norvège la ville de Tanum a fait le choix de la séparation des urines qui se développe grâce à une réglementation contraignante pour toutes les constructions neuves et les réhabilitations. Au niveau mondial des pays comme la Chine sont déjà passés à l'application à grande échelle avec l'équipement de dizaine de milliers de foyers en toilettes à séparation des urines.

Comme le précisait à juste titre monsieur Oldenburg du bureau d'étude Otterwasser, il ne s'agit pas de mettre en compétition écoassainissement et assainissement conventionnel. Des complémentarités sont à trouver entre ces deux approches pour améliorer les performances de l'assainissement tel que nous le pratiquons aujourd'hui. A l'heure où la durabilité de nos systèmes conventionnels commence à être remise en cause⁽²⁾, l'écoassainissement, en montrant que d'autres voies sont possibles, aidera certainement au réexamen de nos pratiques en premier lieu en matière d'assainissement mais également dans les domaines de l'eau potable et de l'agriculture.

Benjamin BERNE
Responsable pôle formation
Association Toilettes Du Monde – www.tdm.asso.fr

Notes :

1. <http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9399.htm>

2. Voir le rapport de l'IFEN : « *Tous ces éléments conduisent à un constat de non durabilité. (...) l'amélioration de l'état des milieux a atteint une phase asymptotique qui ne correspond pas au bon état des milieux aquatiques. Une question se pose : est-il possible d'améliorer ces résultats de façon significative en poursuivant dans la même voie ? Le réexamen des problématiques liées à des activités manifestement non durables semble inévitable à terme. Ce réexamen doit être effectué sans a priori et à la lumière des connaissances scientifiques actuelles sur le cycle de l'eau. Un certain nombre de pays dans le monde ont déjà entamé cette remise en question sur des sujets comme l'eau potable, l'assainissement et l'agriculture.* »

Consultable sur http://www.ifen.fr/uploads/media/eau_ree2006_01.pdf