

Mangrove et bioremédiation : efficience socio-écologique d'un dispositif expérimental d'épuration des eaux usées à Mayotte.

Becerra S. (1), Herteman M.(2), Fromard F. (2), Lambs L. (2), Muller E (2)., Sauvage S. (2), Sturma A. (1), Walcker R. (2), Sánchez-Perez J.(2).

(1) *Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie –LMTG- (CNRS/ OMP /UPS /IRD), Pôle Société et environnement -14 avenue E., 31300 Toulouse, France. Tel. +33 5 61 33 26 13/ Fax. + 33 5 61 33 25 60. becerra@lmtg.obs-mip.fr.*

(2) *Laboratoire d'écologie fonctionnelle –Ecolab-, 29 rue Jeanne Marvig 31055 Toulouse cedex, Tel. +33 5 62 26 99 72 / Fax. +33 5 62 26 99 99.*

Congrès Mondial sur l'eau, Montpellier, 1-4 septembre 2008

Article en accompagnement du poster

I. LA NÉCESSITÉ DE METTRE EN PLACE UN ASSAINISSEMENT DURABLE À MAYOTTE

La gestion de l'eau à Mayotte est aujourd'hui dans une situation complexe entre d'un côté, une ressource en eau pour la consommation humaine qui est limitée par l'insularité et soumise à l'augmentation continue de la demande – population estimée à être multipliée par cinq d'ici 2020 (Finet 2006)- et d'un autre côté, un niveau d'assainissement qui reste très faible. En dehors des nombreux sites qui restent à assainir, les systèmes d'assainissement existants sont dysfonctionnels à bien des endroits : soit parce qu'il manque une station d'épuration au bout du réseau de collecte, soit parce que les habitants ne sont pas raccordés au réseau existant, soit parce que les stations d'épuration ne fonctionnent plus.

Cette situation génère non seulement des risques de pollution de l'eau brute servant à l'approvisionnement en eau potable, mais aussi et surtout des conditions de salubrité précaires en bien des points de l'île, ainsi que des risques sanitaires importants. Il est cependant difficile de les évaluer aujourd'hui, compte tenu du peu de données disponibles. La gestion publique de l'assainissement à Mayotte renvoie donc à la fois à la vulnérabilité des milieux, support d'activités sociales diverses, mais aussi à la vulnérabilité sociale et sanitaire des populations. Dans la pratique celle-ci se heurte en fait à de nombreux problèmes, entre autres : le statut du foncier, la rentabilisation des coûts d'investissement et les problèmes liés à la technicité et la maintenance des ouvrages, ainsi qu'au transfert des compétences des communes et de la Collectivité Départementale de Mayotte vers le Syndicat Intercommunal des Eaux et de l'Assainissement de Mayotte (SIEAM).

Face à ces contraintes devenues monnaie courante et compte tenu des fonctionnalités naturelles des milieux naturels de l'île, de nouvelles techniques considérées comme potentiellement plus adaptées au contexte mahorais sont mises à l'essai. Parmi elles, la technique dite de « bioremédiation » fondée sur les vertus présumées épuratoires des mangroves.

1. Un projet pilote d'assainissement et d'étude appliquée du processus de bioremédiation

Le SIEAM et le CNRS ont récemment mis en place un *projet pilote d'assainissement* basé sur les capacités d'épuration naturelle de la mangrove (végétation tropicale de bord de mer). L'utilisation des mangroves pour le traitement des eaux usées est un procédé alternatif

émergent dans un certain nombre de régions littorales tropicales. Cet écosystème se caractérise par une dynamique forte, une productivité primaire et une biomasse élevées (Fromard et al. 1998, 2004). Comme cela a été vérifié dans les mangroves asiatiques et australiennes, constituées des mêmes espèces que celles de Mayotte (Fromard, 2000), elles peuvent accepter un excès de nutriments apporté par des eaux usées (Kelly 1995, Tam et Wang 1995, 1999).

Au niveau écologique, aucun effet négatif ni rupture fonctionnelle n'ont été observés lors d'un apport excédentaire de matière organique et de nutriment sur cet écosystème. On constate généralement une élévation de la concentration en nutriments dans les sédiments et les feuilles de palétuviers, suivie même dans certain cas par une augmentation de la croissance et de productivité (Wong et al. 1997). Il convient cependant de veiller à séparer les eaux domestiques et industrielles afin d'éviter une exportation des métaux lourds vers la mer (Saenger, 2002 ; Lacerda, 1998). Des travaux ont aussi montré que l'impact des eaux usées sur la macrofaune associée aux mangroves est faible (Ri-Qing et al. 1997). D'autres espèces comme les crabes, bioturbateurs importants, sont encore peu étudiées.

2. Derrière la mangrove et les tuyaux, des représentations et activités sociales

Au niveau sociétal, ce mode alternatif d'épuration des eaux usées nécessite une évolution des pratiques et des perceptions sociales en matière de déchets et de gestion collective de l'eau. S'il valorise *a priori* la mangrove en participant à l'assainissement régulé des eaux usées, il n'en reste pas moins qu'il peut aussi abonder dans le sens des représentations négatives de cet écosystème comme une « zone humide poubelle » indésirable. En outre, dans la pratique, sa mise en oeuvre reste complexe. Elle se heurte d'une part à la complexité des changements rapides qui touchent la société mahoraise (application du droit commun, flou dans la distribution des compétences en matière d'assainissement) mais aussi aux problèmes de coordination entre les acteurs impliqués. Elle achoppe d'autre part sur l'existence d'autres enjeux tels que la gestion conservatoire des mangroves par le Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres. Elle pose enfin le problème de l'évolution des pratiques socio-culturelles de gestion des eaux usées de la société mahoraise.

Dans ce contexte, à côté des questions relatives aux impacts d'eaux usées domestiques sur la mangrove et aux fonctionnalités naturelles de cet écosystème, s'est donc rapidement posée la question des conditions d'efficience socio-politique de l'innovation. C'est pourquoi un volet d'études sociologiques est venu compléter les objectifs écologiques initiaux.

3. Le cadre expérimental du projet

L'expérimentation a été lancée en 2006 sur un site pilote où un décanteur-digesteur a été construit pour recevoir les eaux usées d'un lotissement du village de Malamani. Cet ouvrage permet un traitement primaire des eaux domestiques dépourvues en métaux lourds mais chargées en matière organique et nutriments (en particulier en éléments azotés). Des canalisations conduisent ensuite les rejets sur des parcelles mises en place en mangrove pour leur traitement secondaire. Ils arrivent dans deux faciès structuraux différents représentatifs des mangroves de Mayotte : faciès à *Ceriops tagal* en amont de la mangrove et faciès à *Rhizophora mucronata* en aval. A partir de ce réseau de placettes impactées par les eaux usées (volume et composition connus) et non impactées (témoins), la capacité épuratrice de la mangrove à Mayotte vis-à-vis de ces eaux usées domestiques est évaluée et l'impact de ces rejets est suivi dans tous les compartiments de l'écosystème : végétation, eau, sédiment, faune en particulier populations de crabes.

II. OBJECTIFS ET PREMIERS RÉSULTATS DU PROJET

1. Volet écologique : état initial du site et analyse de son évolution

La végétation (palétuviers), l'eau (eau douce de pluie et de nappe, eau salée des marées), les sédiments, et la faune sont les 4 grands *compartiments* indissociables de l'écosystème mangrove dont le suivi est nécessaire pour en comprendre le fonctionnement et la dynamique. Sous l'influence d'une *contrainte* anthropique - apport d'eaux douces polluées dans cette expérimentation - chacun de ces compartiments peut être *perturbé*. Les placettes expérimentales et le réseau de piézomètres installés sur le site permettent le suivi de ces processus.

a- La végétation

4 parcelles (45 m * 15 m) sont délimitées sur le site, deux d'entre elles recevant les eaux usées respectivement dans les faciès à *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*. Dans chacune de ces parcelles, des quadrats d'échantillonnage sont définis : à l'intérieur de ceux-ci, la structure de la végétation (espèce, densité, diamètre, hauteur, ..) ainsi que certains paramètres dynamiques (phénologie, régénération, mortalité) sont analysés (étiquetage de tous les individus). La *productivité* des populations de palétuviers est caractérisée par la mise en place et le suivi régulier (pas de temps de 15 jours) de capteurs de litière (collecte, identification, séchage, pesée des feuilles, fleurs, fruits, débris ligneux, ...). C'est au terme d'au moins deux années de suivi – notamment par la comparaison de l'évolution des parcelles témoins et impactées - que les éventuels impacts des rejets d'eaux usées pourront être quantifiés.

b- la faune de mangrove : les populations de crabes et leur activité de bioturbation

Parmi la faune inféodée à la mangrove, les crabes sont les *marqueurs* fonctionnels essentiels, intervenant à la fois dans la dynamique des peuplements de palétuviers (forte prédation des propagules), l'enfouissement des litières (les débris végétaux tombés au sol sont immédiatement transportés dans les terriers), la bioturbation du substrat. Ce dernier processus aboutit à la mise en place d'un réseau dense de terriers de différents diamètres, permettant l'aération du substrat et déterminant un niveau de micro et macroporosité important au sein d'un sédiment argilo-limoneux intrinsèquement imperméable. Le degré d'infiltration des eaux dans le sédiment dépend donc étroitement de l'activité des crabes. L'augmentation des surfaces d'échange eau-sédiment/air-sédiment favorise également les processus de nitrification/dénitrification et la capacité de *bioremédiation* de l'écosystème mangrove.

L'analyse de la structure des terriers, et la quantification des surfaces d'échange, a été réalisée par une technique originale : de la résine polyester est injectée dans des terriers représentatifs des deux faciès de mangrove étudiés. Après extraction de la résine solidifiée (24 heures), le moulage obtenu est analysé en laboratoire (longueur et diamètre des réseaux, profondeur moyenne, nombre et distribution des galeries, connectivité, ..).

L'identification systématique et la caractérisation des populations de crabes sont également réalisées : détermination spécifique, modes de nutrition, répartition, occupation des terriers, comportement.

c- Eau et sédiment

-*Dynamique hydrique générale*

La compréhension de la dynamique des marées (hauteur d'eau et durée d'immersion dans les parcelles d'étude), des écoulements d'eau douce, des variations de hauteur de nappe (saisonniers, quotidiennes), couplée à la connaissance des variations de salinité est fondamentale d'une part pour l'analyse de l'état hydrique du site, d'autre part pour la régulation des rejets d'eaux usées apportés dans le système. Un réseau de 15 piézomètres a été mis en place sur le site, relevés hebdomadairement (hauteur d'eau, salinité). Deux d'entre eux sont équipés de sondes *Diver*, permettant l'enregistrement en continu de ces mêmes paramètres ainsi que de la température. Couplées aux données prévisionnelles de marées fournies par le logiciel de prévision Calmar (données SHOM), au géoréférencement des piézomètres et des parcelles (en x, y et z) et à un modèle numérique de terrain, l'ensemble de ces paramètres permet de caractériser, modéliser et prédire la dynamique hydrique.

-Nitrification-Dénitrification.

Ces processus sont suivis dans un premier temps - en attendant le rejet des effluents non encore opérationnel - par des expérimentations ponctuelles d'apports d'eau, eau douce ou salée, chargée en ammonium ou en nitrates. Ces apports, de volume et composition connus, sont déversés au niveau de terriers de crabes, dans les deux faciès de mangrove. La dynamique des composés azotés (nitrates, nitrites, ammonium) ainsi que la conductivité y sont suivies *in situ* en continu (sonde multiparamètre). Des prélèvements réguliers y sont aussi réalisés pour analyses en laboratoire. Parmi les différentes méthodes utilisées, celle du *blocage par l'acétylène* permet de quantifier la dénitrification par dosage du N₂O issu de la réduction des nitrates. Les premiers résultats obtenus mettent en évidence qu'en *fonctionnement normal*, la capacité dénitrificatrice du milieu est faible. Par contre, la mangrove paraît *potentiellement* capable de dénitrifier lorsqu'elle dispose de composés azotés et carbonés en conditions non limitantes. Cette situation sera effective avec l'apport des eaux usées domestiques riches en composés organiques. Nous avons démontré également que la dénitrification potentielle est particulièrement active dans le sédiment entre 0 et 30 cm, dans la tranche de bioturbation et porosité maximum du substrat.

-Rôle des palétuviers dans la dynamique hydrique. Absorption racinaire et évapotranspiration.

Outre sa circulation et son infiltration dans les sédiments par le biais des terriers de crabes, l'eau de mangrove est utilisée par les palétuviers avec une cinétique encore largement méconnue, que ce soit en condition de fonctionnement normal ou en situation de contrainte. Pour analyser ces processus, des expérimentations sont conduites en conditions contrôlées à Toulouse (serres tropicalisées, système de simulation de marées, eau de mer reconstituée) sur des lots de jeunes palétuviers (*Ceriops*, *Rhizophora*) collectés sur le site d'étude. La consommation d'eau est suivie par lysimétrie, la quantification de l'évapotranspiration est réalisée par injection d'eau lourde (D₂O) dans les plants de mangrove puis analyses des dilutions isotopiques dans l'eau évapotranspirée. Des expériences de coloration permettent également de caractériser la circulation de l'eau à l'intérieur de la plante. Ces mêmes expérimentations ont été ensuite transposées sur le terrain, sur de jeunes arbres. Les résultats obtenus participeront à la connaissance générale de la dynamique hydrique des jeunes palétuviers ainsi qu'à la mise en évidence d'une modification éventuelle de cette dynamique chez les individus des parcelles impactées par les eaux usées.

2- Volet sociologique: changement de gestion des eaux usées, perception et usages de la mangrove

L'intégration d'une zone humide à forte valeur patrimoniale à un système d'assainissement basé sur ses fonctionnalités d'épuration constitue un mode de gestion des eaux usées

expérimental peu commun. Celui-ci peut sembler aller à l'encontre des politiques menées actuellement dans le domaine de la conservation des espaces naturels, en particulier la gestion conservatoire des mangroves par le Conservatoire des espaces littoraux et rivages lacustres (CG Mayotte, 2006).

Le projet CNRS-SIEAM se présente dans le contexte récent de l'assainissement mahorais comme une innovation socio-technique qui, pour atteindre les objectifs fixés, suppose une participation élargie des acteurs concernés. Mais comme souvent sur des problématiques environnementales et de santé publique, l'action collective ne va pas de soi, l'innovation se heurtant dans la réalité aux spécificités socio- culturelles, législatives et institutionnelles de la société mahoraise.

L'objectif de l'étude sociologique (débutée en septembre 2007) est de mieux comprendre comment les institutions impliquées dans la politique d'assainissement de Mayotte s'organisent et s'entendent pour mettre en place des systèmes d'assainissement innovants tels que celui de Malamani, en référence au développement durable (Naim-Gesbert, 2004).

Un second objectif consiste à mieux connaître le rapport des habitants concernés aux eaux usées, mais aussi leurs perceptions des espaces d'interface terre-lagon que sont les mangroves, ainsi que leur appréciation sur les changements que suppose l'arrivée du réseau d'assainissement dans les maisons mahoraises : organisation de l'espace domestique, évolution des façons d'accomplir les tâches ménagères, facturation du service public, risques et nuisances. En lien avec ce travail de recherche, une thèse de sociologie (octobre 2008) s'intéresse aux orientations et à la mise en œuvre de l'assainissement dans différents contextes sociaux de Mayotte et, en particulier, aux capacités des mahorais à « faire face » (façons de penser et d'agir) au problème de la gestion des eaux usées et aux risques induits sur la santé et l'environnement.

Le travail d'enquêtes sociologiques menées lors de deux missions en novembre 2007 et février 2008 a d'ors et déjà permis d'éclairer : d'une part (a) la difficile coordination des acteurs pour la mise en œuvre du dispositif expérimental et d'autre part (2) le rapport à l'assainissement et aux mangroves, des ménages raccordés du lotissement SIM de Malamani.

(a) L'enquête sociologique montre que la **mise en oeuvre du système expérimental** de collecte et d'assainissement des eaux usées se heurte à de nombreuses contraintes ce qui l'a retardé de près de 18 mois.

Au plan technique, le SIEAM, le CNRS mais aussi le bureau d'étude et l'entreprise de travaux publics affectés au projet ont fait face, en temps réels, à divers problèmes qui ont entravé la finalisation du chantier du décanteur-digesteur et l'arrivée des effluents sur les parcelles (raccordement collectif, acheminement des matériaux de construction sur l'île, caractéristiques des sols humides).

Au plan institutionnel, la mise en œuvre du système de bioremédiation a pâti à la fois du manque de concertation entre les acteurs et du flou dans les compétences et le rôle de chacun des partenaires. Depuis 1998, le SIEAM exerce sa compétence en matière d'assainissement, compétence dévolue par les 17 communes de Mayotte. Jusque-là, les travaux d'assainissement, avec réseau de collecte, essentiellement réalisés dans le cadre de promotion de lotissements (SIM, société immobilière de Mayotte) ou de réhabilitation d'habitat insalubre (par les communes) ont été prescrits sous maîtrise d'œuvre de la Direction de l'Équipement, sans concertation avec le futur maître d'ouvrage SIEAM (Finet 2006).

En 2008, la complexité persiste dans la gestion globale de l'assainissement sur l'île entre les compétences légales du Syndicat, ses capacités institutionnelles effectives et une légitimité encore à affirmer auprès des acteurs de l'assainissement « sortant » (communes et Direction

de l'équipement). Les difficultés du SIEAM sont notamment liées à la responsabilité d'exploitation des ouvrages qu'il n'a pas lui-même réalisés (souvent en panne, non entretenus, mal conçus) mais qui lui revient de fait (transfert de compétences) ; à l'absence d'un état des lieux précis des points noirs de l'assainissement sur l'île et de carte des risques sanitaires ; et à l'obligation d'équilibrer ses comptes. En effet, le dispositif de facturation récent (2005) considéré comme « calamiteux » (Finet, 2006) entraîne des difficultés de trésorerie importante : la facturation de l'assainissement est découplée de celle de l'adduction d'eau potable, tout en se référant aux mêmes index de consommation d'eau. Le projet actuel d'une facturation de l'assainissement indexée à la facture d'eau potable, fixe le prix du m³ assaini à 1.10 euros, pour tous les abonnés connectés/connectables à l'assainissement collectif, quel que soit le système épuratoire (et son état). La stratégie (qui n'a pas fait l'objet d'une communication auprès de la population) consiste à mutualiser les coûts d'exploitation et de fonctionnement des différents équipements de l'île.

De manière plus générale, la situation de vulnérabilité sociale croissante de la population (souvent liée à l'immigration clandestine depuis les Comores), l'habitat mal maîtrisé, la géomorphologie de l'île, le statut foncier incertain des terrains participent d'une situation globale extrêmement complexe.

(b) Concernant l'étude de **l'acceptabilité sociale du dispositif expérimental** par les habitants du lotissement concerné, l'enquête sociologique montre, en première analyse, la diversité des modes d'habiter dans le lotissement et la disparité des situations sociales et des niveaux de vie des habitants, situation qui pourra plus tard expliquer la variabilité du volume d'effluents qui arrivera sur les parcelles expérimentales. Ce volume reste donc à ce jour relativement incertain, si l'on tient compte de la forte mobilité sociale dans l'occupation des logements raccordés.

Les logements sont en effet rarement habités par leurs propriétaires mais souvent prêtés voire loués à des proches ou à des connaissances, échangés entre les membres d'une même famille ou partagés par plusieurs familles. Le taux d'occupation varie donc, et ce au grès des moments clés de la vie des ménages : mariage, divorce, séparation, naissance d'un enfant.

Le lotissement est, en outre, socialement très contrasté : depuis les familles très pauvres (certaines sans papiers) vivant dans des conditions de précarité importantes jusqu'aux familles ayant transformé leur case en maisons de 5 à 6 pièces. Ce fait implique une capacité contributive très hétérogène des ménages pour s'acquitter du prix de l'assainissement. En l'absence d'aide sociale connue ou volontairement non sollicitée par les familles, se développent des stratégies de contribution basées sur la solidarité intra-villageoise ou familiale. Les liens de parenté ou de voisinage sont en effet mobilisés (souvent en dépit de la distance géographique) pour compenser les difficultés économiques qu'elles soient ponctuelles ou récurrentes.

Enfin, les entretiens réalisés auprès des ménages montrent que l'acceptation sociale du dispositif d'assainissement est directement liée à l'amélioration du confort de vie, plutôt qu'à des considérations sanitaires ou environnementales. Le « risque sanitaire » lié au manque d'hygiène ou d'assainissement n'est pas perçu comme un danger (pas vraiment de lien pollution de l'eau- risques sanitaires). Globalement la population du lotissement perçoit de manière positive l'arrivée du réseau d'assainissement : il apporte un gain en matière de confort, de propreté et il facilite donc également le travail domestique des femmes.

L'acceptation par la population du dispositif expérimental s'explique par ailleurs par des représentations sociales négatives de la mangrove et un rapport distancié à cet écosystème - *contrairement à ce qui était envisagé au départ*. Ce milieu, rarement fréquenté par les habitants du lotissement, jugé inintéressant et dangereux, pâtit d'un manque d'intérêt. S'il est

certes assimilé à un terrain de jeu pour les enfants où à un lieu de pêche d'autrefois, il n'en reste pas moins délaissé aujourd'hui, loin d'être considéré comme un espace devant être valorisé et protégé.

Enfin, le dispositif de biorémediation qui constitue une réelle innovation technique, est encore à un stade expérimental. Des zones d'incertitudes persistent autour de sa mise en œuvre à Malamani, incertitudes qui constituent autant de points de conflits potentiels ou de zones de pouvoir pouvant être stratégiquement appropriées par les acteurs pour servir d'autres fins, ou retarder la finalisation et le fonctionnement des installations, ainsi que le projet de recherche :

- l'incertitude scientifique liée à la capacité épuratrice de la mangrove vis à vis des eaux usées compte tenu de leur composition (présence de NH₄) ;
- les incertitudes liées au manque d'information de la population mais aussi à sa mobilité dans l'occupation des logements du lotissement expérimental ;
- les incertitudes économiques liées à la facturation du service et ses modalités (équilibre des comptes pour le Syndicat Intercommunal, coût final pour l'utilisateur, capacité contributive des ménages concernés).

Compte tenu de ces incertitudes, l'acceptabilité du projet par les habitants mais aussi les partenaires du projet, est aussi fonction de ses caractéristiques intrinsèques, qui ne sont pas sans rappeler la classification de Rogers sur la diffusion de l'innovation (Rogers, 1995) :

-son avantage relatif : le dispositif améliore la situation antérieure parce qu'il réduit les nuisances (odeurs, boue), le confort des habitations (propreté) et le travail domestique des femmes leur libérant du temps pour d'autres tâches ;

-sa compatibilité avec les pratiques sociales antérieures : certains habitants utilisaient déjà les aménagements sanitaires en dur existant dans leur case, même non raccordés (salles de bain et bacs de lavage). La précédente expérience avortée de lavoirs communaux a montré la nécessaire prise en compte des pratiques sociales de lavage. Traditionnellement pratiqué à l'extérieur, dans la cours de l'habitat ou dans la rivière, le lavage du linge et de la vaisselle excluait les eaux ménagères du réseau de collecte et de la filière de traitement. La construction de bacs de lavage en dur dans la plupart des cours de maisons a permis de pallier cette situation et ses effets induits.

-sa faible complexité d'utilisation : le raccordement et les branchements des installations existantes ont été faits par le SIEAM.

-sa testabilité : ayant le statut d'expérimentation et placé sous la caution scientifique du CNRS, le dispositif peut être testé, voire modifié avant d'être adopté définitivement ;

-l'observabilité immédiate de ses avantages : les nuisances olfactives et visuelles ont été réglées ; l'avantage est perçu à la fois sur le plan collectif et individuel.

Malgré l'appropriation sociale globale du dispositif expérimental, il convient cependant de noter qu'il reste certains « résistants au changement » qui ont choisi de ne pas utiliser les installations d'assainissement raccordées : soit pour des raisons d'économie d'eau (et donc de réduction de la facture), soit pour éviter les conflits intra-familiaux (liés par exemple liés à l'endommagement potentiel des installations appartenant à la belle-famille).

Conclusion

La prise de conscience et l'usage social des services rendus par les zones humides, ici les fonctions épuratoires des mangroves en milieu tropical, ne vont pas de soi (Becerra, 2003).

Le dispositif d'assainissement expérimental, ici présenté, a été conçu comme un système épuratoire potentiellement efficace dans l'esprit du développement durable de Mayotte : ses moyens (matériaux rustiques ; faible technicité) sont adaptés aux résultats attendus à la fois

sur le plan économique (faible cout d'investissement et d'exploitation) et sur le plan social (assainissement ; salubrité et santé publiques ; technologie exportable ailleurs en milieu tropical, dans de nombreux pays en voie de développement). Reste à connaître ses performances et ses impacts sur le plan environnemental, d'où l'idée d'impliquer dès le départ les chercheurs du CNRS.

La mise en œuvre à Mayotte de systèmes d'assainissement alternatifs tels que celui-ci reste donc au stade actuel conditionnée par une série d'inconnues écologiques et de contraintes socio-techniques dont l'étude nécessite une approche scientifique interdisciplinaire (biogéochimie, écologie et sociologie).

En parallèle du travail scientifique, l'adhésion et la participation de la population, soutenues par une volonté institutionnelle et politique peuvent apparaître, depuis la métropole, comme des modalités sine qua none de la « co-construction de l'action publique » (Duran) ; mais pour autant sont-elles des enjeux pour les acteurs à Mayotte ?

Les observations menées sur le terrain à Malamani, mais aussi dans d'autres villages de Mayotte, montrent en effet le chemin encore à faire en matière d'assainissement, d'expérimentation et de valorisation sociale de systèmes d'épuration alternatifs mais aussi en matière de gouvernance des ressources naturelles, à l'interface entre sociétés et environnement.

Références citées

Becerra S., 2003. *Protéger la nature. Politiques publiques et régulations locales en Espagne et en France*, Thèse de doctorat de sociologie, Université de Toulouse-Le Mirail, Département de sociologie de l'UFR Sciences Espaces et Sociétés, CERTOP-CNRS, en cotutelle avec l'Université Autonome de Barcelone, Toulouse, 576 p.

Finet A., 2006. *Expertise à Mayotte sur la problématique de l'assainissement*, Rapport de mission établi pour le compte du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), Paris, juin.

Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L., and Cadamuro, L., 1998. Structure, aboveground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: New data from French Guiana. *Oecologia*, 115: 39-53.

Fromard F., 2000. Les mangroves de Mayotte. Analyse écologique et propositions de restauration. LET-CNRS Toulouse, *Espaces Mayotte*, 61 p.

- Fromard F., Vega C., Proisy C., 2004 - Coastal evolution and mangrove dynamics in French Guiana over the last fifty years. A case study based on aerial and satellite remote sensing data and field surveys. *Marine Geology* 208, issues 2-4 : 265-280.
- Kelly T, 1995. Effects of long terms discharges of treated sewage on the nutrient status of adjacent mangrove communities. Thesis, Southern Cross University, Lismore.
- Lacerda L.D. 1998. Biogeochemistry of trace metals and diffuse pollution in Mangrove ecosystems. *ISME Mangrove ecosystems occasional papers* 2 : 1-65.
- Naim-Gesbert E., 2004. “Les aspects juridiques du développement durable à Mayotte”. In : Sermet L., et Coudray J., Mayotte dans la République, actes du colloque de Mamoudzou, 14-16 /09/2002. Paris, Editions Montchrestien.
- Saenger P., 2002. Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Rogers E., 1995. Diffusion of innovation, Free Press, New York, 4th edition.
- Tam N. F. Y. and Wong Y. S., 1995. Mangrove soils as sinks for wastewater-borne pollutants. *Hydrobiologia* 295 (1-3): 231 – 241.
- Tam N. F. Y. and Wong Y. S., 1997. Accumulation and distribution of heavy metals in a simulated mangrove system treated with sewage. *Hydrobiologia* 352 : 61-75.
- Tam N. F. Y., Wong Y. S. 1999. Mangrove soils in removing pollutants from municipal wastewater of different salinities *J. Env. Quality*. 28 (2) : 556 – 564.
- Wong Y. S., Tam N. F. Y, Lan C. Y., 1997. Mangrove wetlands as wastewater treatment facility: a field trial. *Hydrobiologia* 352 (1-3) : 49 – 59.
- Wong Y.S., Lan C.Y., Chen G.Z., Li S.H., Che X.R., Liu Z.P., Tam N.F.Y. 1995. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. *Hydrobiologia* 295 :1-3.