

## CONCORDANCE DES OBJECTIFS DU PROJET EN FONCTION DE LA DÉFINITION DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DONNÉE AU CHAPITRE 1

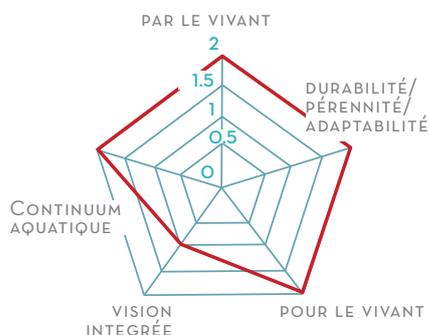


FIGURE 90



SITUATION GÉOGRAPHIQUE :

LIEU: MAYOTTE  
COMMUNE : CHIRONGUI,  
VILLAGE DE MALAMANI

FICHE

4

## Mangroves et bioremédiation à Mayotte

### 1. BREF RAPPEL DU CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT À MAYOTTE

À Mayotte, la compétence sur l'assainissement est exercée depuis 1998 par le Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte (SIEAM) en lieu et place des communes de l'Archipel. Cependant, Mayotte connaît des difficultés pour le traitement de ses eaux usées, en particulier les eaux usées domestiques en raison de l'explosion démographique (plus forte densité de France avec 570 hab/km<sup>2</sup>) et des problèmes économiques, techniques, fonciers et environnementaux qui en découlent. De nombreux villages restent à assainir car les systèmes de traitement sont aujourd'hui déficients : manque de stations d'épuration, dysfonctionnement des stations existantes, problèmes de raccordement des habitations au réseau, etc. De plus, les méthodes conventionnelles de traitement des eaux usées sont particulièrement coûteuses et difficiles à mettre en oeuvre dans un contexte tropical insulaire, éloigné de la métropole. La sensibilité particulière des milieux récepteurs à Mayotte (lagons, sous-sols, rivières, mangroves) est également une des difficultés majeures rencontrée pour la réalisation des systèmes d'assainissement. La réalisation d'un schéma directeur d'assainissement sur l'île est donc problématique.

Aujourd'hui, une grande partie des eaux usées de Mayotte s'écoule librement dans l'immense lagon qui l'entoure, environnement riche en biodiversité et fragile, sans réel traitement préalable. La première démarche de protection de l'île et de son lagon consiste donc à traiter les eaux usées de manière efficace, afin de préserver durablement la qualité de l'écosystème dans sa globalité. Parallèlement à l'amélioration des stations d'épuration classiques (STEP), le SIEAM étudie depuis plusieurs années la mise en place de techniques de traitement des eaux usées domestiques alternatives, considérées comme plus adaptées au contexte mahorais : lagunage, filtre planté, biodisque. C'est dans ce cadre qu'en collaboration avec le laboratoire ECOLAB (CNRS et Université de Toulouse), un projet pilote d'assainissement basé sur les capacités épuratrices de la mangrove a été mis en place fin 2006.

### OBJECTIFS DU PROJET

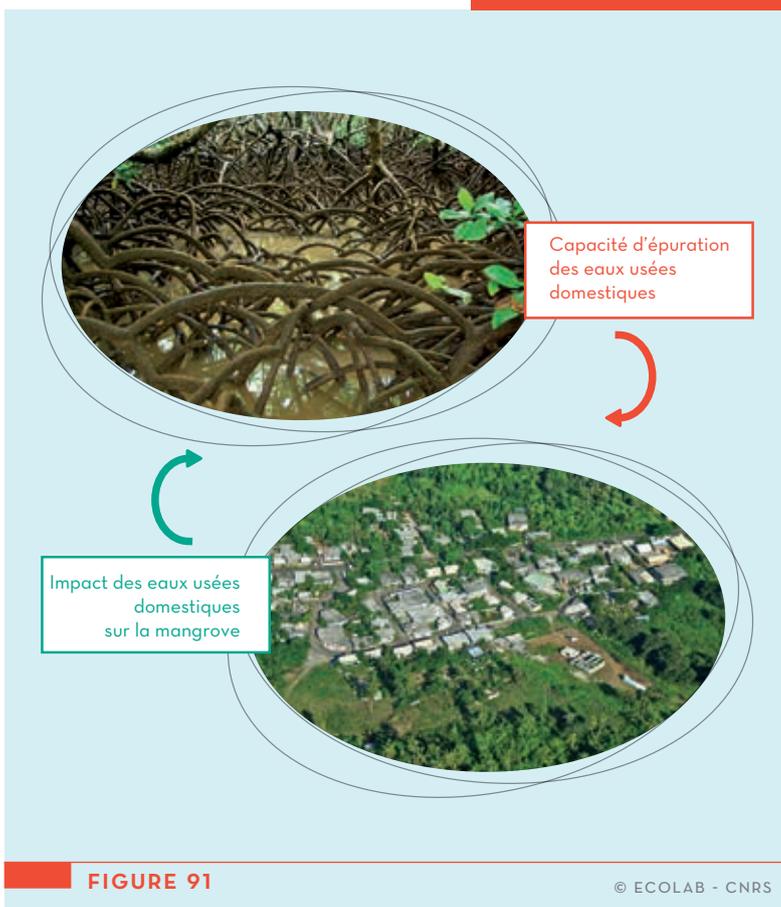


FIGURE 91

© ECOLAB - CNRS

Ce projet avait un double but :

- évaluer les capacités épuratrices de la mangrove de Mayotte vis-à-vis d'eaux usées domestiques prétraitées;
- étudier l'impact de ces eaux usées sur l'écosystème mangrove dans son ensemble.

### 2. PRÉSENTATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le site de Malamani a été choisi conjointement par le SIEAM et le CNRS pour le déroulement de l'expérimentation, pour les raisons suivantes :

- un lotissement était en cours de mise en place au début du projet dans le cadre d'un plan RHI (Réorption de l'Habitat Insalubre);
- aucun dispositif d'assainissement classique n'était prévu dans ce cadre;
- une mangrove, l'une des plus grandes et plus structurées de Mayotte, se développe directement en aval du village;
- la taille prévue du lotissement permettait d'envisager une unité de traitement de taille raisonnable, compatible avec une expérimentation-pilote (400 équivalents-habitants);
- par ailleurs, seules des eaux usées domestiques issues du lotissement sont considérées, aucune pollution d'ordre industrielle ou agricole n'étant présente dans le secteur.

Dans un premier temps, un état initial du milieu a été réalisé (2006 - 2008) sous la forme d'une étude structurale et fonctionnelle de la mangrove prenant en compte les quatre compartiments indissociables de cet écosystème : végétation, sédiment, eau, faune (crabes). Sur le site, 4 parcelles de 675 m<sup>2</sup> chacune ont été délimitées pour l'expérimentation : 2 parcelles recevant les eaux usées dans 2 faciès distincts de la mangrove, respectivement dominées par les palétuviers *Ceriops tagal* (partie amont de la mangrove) et *Rhizophora mucronata* (partie centrale), et 2 parcelles témoins équivalentes. Une cinquième parcelle a été mise en place dans un deuxième temps, destinée à recevoir les excédents d'eaux importants en saisons des pluies, du fait de l'imparfaite étanchéité des réseaux.

## REPRÉSENTATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE MALAMANI



FIGURE 92

Le traitement des eaux usées se réalise en 2 étapes :

- le traitement primaire, en décanteur-digesteur ;
- le traitement secondaire, en mangrove.

1. L'unité de traitement primaire

En aval du lotissement de Malamani, un poste de relevage assure le pompage des eaux brutes provenant du réseau de collecte vers l'unité de traitement.

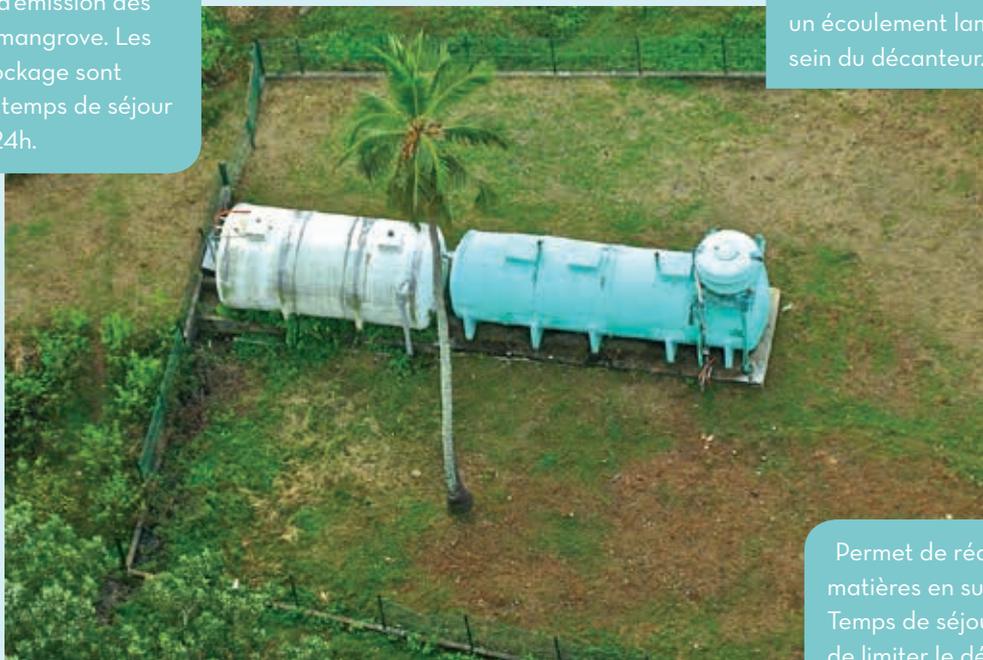
La cuve de réception régule le flux des eaux entrant dans le décanteur, par écoulement laminaire (cuve bleue sur la photo). Les sédiments en suspension se déposent sur un système de lames et s'écoulent vers le décanteur-digesteur sous forme de boues liquides, puis sont traités par digestion anaérobie. Les boues primaires produites sont vidangées par camion hydrocureur et réinjectées en tête de la station d'épuration de la ville de Mamoudzou.

Les effluents décantés sont stockés dans un bassin tampon (cuve blanche), avant le transfert vers la mangrove par un système de canalisation.

## UNITÉ DE TRAITEMENT PRIMAIRE

## BASSIN TAMPON

Régule le débit d'émission des effluents vers la mangrove. Les conditions de stockage sont anaérobies et le temps de séjour maximal est de 24h.



## CUVE DE RÉCEPTION

Cuve fermée servant à réduire la vitesse du flux entrant et favorisant un écoulement laminaire de l'eau au sein du décanteur.

## DÉCANTEUR

Permet de réduire de 50% les matières en suspension (MES). Temps de séjour < à 3h afin de limiter le développement bactérien.

FIGURE 93

## 2. Traitement secondaire

Les eaux usées prétraitées sont conduites en mangrove une fois par 24 heures, soit toutes les 2 marées basses afin d'éviter une saturation trop rapide du milieu. Elles sont rejetées dans les parcelles au moyen de tuyaux perforés, par aspersion lente, afin de favoriser l'infiltration dans le sédiment. La dynamique des rejets est programmée sur une année en fonction du régime des marées (systèmes de débitmètres, pompes, vannes, tableaux de contrôle). Chaque parcelle reçoit 10 m<sup>3</sup> d'eaux usées par 24 heures, l'excédent étant rejeté dans la 5<sup>ème</sup> parcelle.

### PARCELLE IMPACTÉE À *RHIZOPHORA*, MARÉE HAUTE

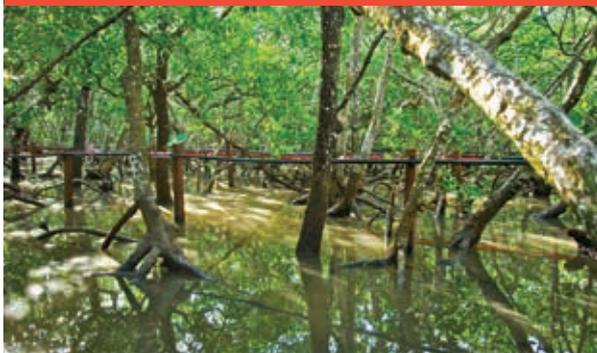


FIGURE 94

Les eaux usées sont conduites en mangrove par un réseau aérien de tuyaux (au-dessus du niveau des marées les plus hautes), percés de trous tous les 2 mètres dans les parcelles d'étude. Les eaux usées y sont rejetées à marée basse, à raison de 10 m<sup>3</sup> par 24 heures. Surface d'une parcelle : 675 m<sup>2</sup>.

## SUIVIS ET RÉSULTATS

Les différents compartiments de l'écosystème mangrove ont été suivis dans cette expérimentation, dans le cadre d'une thèse intitulée : évaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site de Malamani, Mayotte. (M. Herteman 2010, ECOLAB Toulouse). La dimension sociologique des changements d'usage par la population a également été étudiée dans le cadre d'un projet spécifique associé (GET Toulouse).

### Rôle des crabes et bioturbation :

Les sols vaseux des mangroves ont une perméabilité très faible, voir nulle. C'est essentiellement grâce aux terriers de crabes que les eaux de surface peuvent s'infiltrer. Les suivis réalisés ont consisté à :

- caractériser la macro-porosité du sédiment par le biais de moulages en résine des terriers de crabes, dans les différents faciès de végétation afin d'obtenir la profondeur, le volume et la longueur des galeries ;
- réaliser des inventaires des crabes présents en mangrove pour caractériser leur diversité, leur densité, ainsi que la densité des terriers.

Dans les faciès impactés, on observe une modification progressive de la structure de la communauté de crabes par rapport aux faciès témoins équivalents : les effectifs de certaines espèces diminuent, alors que d'autres augmentent, la densité des terriers semble aussi diminuer, ces différentes modifications étant variables selon les faciès de mangrove. En parallèle, la litière accumulée au sol est plus importante dans le faciès impacté à *Rhizophora*. Une fermeture de la canopée par augmentation de la biomasse foliaire (voir ci-dessous), une diminution de la salinité des eaux de surface due aux apports d'eaux usées ou éventuellement l'apport de nutriments excédentaires peuvent être à l'origine de cette modification dans les communautés de crabes.

### Impacts sur la végétation (quantification du gain de croissance des palétuviers) :

Dans les parcelles impactées par les eaux usées, il a été observé :

- une augmentation significative de l'efficacité photosynthétique des palétuviers (mesures *in situ* d'échanges gazeux) ;
- une augmentation significative de la concentration en pigments chlorophylliens ;
- une augmentation des surfaces foliaires et de la croissance des rameaux ;
- une augmentation de la productivité (mesures en continu des chutes de litières depuis le début de l'expérimentation) ;
- une fermeture progressive de la canopée.

**MOULAGES EN RÉSINE DE TERRIERS DE CRABE, EXTRACTION EN COURS (A) ET APRÈS EXTRACTION (B). FACIÈS DE MANGROVE À CERIOPS DOMINANT.**



**FIGURE 95**

© ECOLAB-CNRS

L'ensemble de ces résultats révèle clairement une augmentation de croissance de la mangrove. Les parcelles impactées sont ainsi parfaitement visibles en vue aérienne, marquées par une coloration vert foncé qui se distingue de la couleur vert plus clair de la végétation témoin.

Par ailleurs, des expérimentations utilisant de l'azote marqué  $^{15}\text{N}$  ont permis de démontrer que les eaux usées, après infiltration dans le sédiment, étaient au moins en partie absorbées par la végétation et l'azote utilisé par les palétuviers. Dans la configuration actuelle du système, on évalue à 50% le taux de rétention par la végétation de l'azote excédentaire apportée par les eaux usées.

D'autre part, des analyses *in situ* et en laboratoire, ont démontré que le phosphore excédentaire est fixé dans les horizons moyens des sédiments, et ne circule pas dans la nappe.

**PHOTO AÉRIENNE DU SITE D'ÉTUDE. EN VERT FONCÉ, L'EMPLACEMENT DES PARCELLES IMPACTÉES.**



**FIGURE 96**

Les principaux résultats de cette expérience pilote, aujourd'hui toujours en cours, montrent que :

- les processus de nitrification/dénitrification sont actifs en mangrove mais variables selon les faciès de végétation ;
- le rôle des crabes, par le biais de la bioturbation qu'ils provoquent, est essentiel dans le développement de ces processus, ainsi que dans l'efficacité de l'infiltration des eaux dans le sédiment ;
- les eaux usées sont au moins en partie absorbées par la végétation de la mangrove (palétuviers) qui réagit par une croissance accrue et une augmentation de sa productivité ;
- l'apport des eaux usées engendre cependant des modifications dans l'assemblage des communautés de crabes, et induit par ailleurs un stockage du phosphore dans le sédiment.

Le suivi de la dynamique des communautés de crabes, de la productivité de la végétation, et des caractéristiques hydriques des parcelles témoins et impactées se poursuit aujourd'hui, de même que des analyses régulières des populations bactériennes pathogènes (*E. coli* notamment) dans l'ensemble du système. Se développe également l'étude du compartiment microbien et des biofilms algaux (biodiversité, biomasse, perturbations apportées par les eaux usées, implications dans le cycle de l'azote). Dans un deuxième temps sont envisagées l'étude écophysiological et écotoxicologique des populations de crabes, et une analyse plus large des communautés macrobenthiques. Enfin, une optimisation des processus de prétraitement dans et en sortie du décanteur est en cours d'étude, notamment pour agir sur la forme et la quantité des composés azotés avant leur rejet en mangrove.

**DIMENSION SOCIOLOGIQUE DES CHANGEMENTS D'USAGE PAR LA POPULATION**

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse intitulée : « Vulnérabilité sociale face au risque de pollution de l'eau et politique d'assainissement en contexte insulaire : la problématique mahoraise » (A. Sturma, GET Toulouse).

Un travail d'enquêtes sociologiques a ainsi été mené auprès de 33 familles de Malamani, interviewées au début du projet puis à T + 6 mois et T + 18 mois, afin de mesurer les impacts de l'accès au dispositif d'assainissement dans leur vie quotidienne et sur leurs usages et leurs représentations des mangroves.

En première analyse, l'enquête montre la diversité des modes d'habitat dans le village et la disparité des situations sociales et des niveaux de vie des habitants. Une forte mobilité sociale dans l'occupation des logements raccordés a aussi été observée. Ce contexte peut expliquer la variabilité du volume d'effluents qui arrive sur les parcelles expérimentales, et implique une capacité contributive très hétérogène des ménages pour s'acquitter du prix de l'assainissement.

L'acceptation sociale du dispositif d'assainissement semble davantage liée à l'amélioration du confort de vie, qu'à des considérations sanitaires ou environnementales. Les représentations sociales de la mangrove sont plutôt négatives : c'est un milieu rarement fréquenté par les habitants du lotissement, jugé inintéressant et dangereux, loin d'être un espace devant être valorisé et protégé.

### APPLICABILITÉ

Cette étude, débutée en 2007 et aujourd'hui toujours en cours a donc consisté d'une part à déterminer l'efficacité du traitement d'eaux usées domestiques par la mangrove, d'autre part à analyser l'impact de ces eaux usées sur l'ensemble de l'écosystème. Pour le premier point, on note un abattement important de la pollution des eaux (MES, DBO, etc.) dès la sortie du décanteur

et une absorption de 50% de l'azote excédentaire par la mangrove, le phosphore restant lui fixé au substrat. Concernant la mangrove, une modification de la structure de l'écosystème est constatée (fermeture de la canopée, croissance accrue, modifications des communautés de crabes), sans perturbation fonctionnelle majeure de ses différents compartiments. Il faut s'assurer cependant de son évolution sur un plus long terme.

Un passage à un mode opérationnel pourrait alors être envisagé sachant que, comme pour tout processus de traitement des eaux, un suivi rigoureux du système est à assurer. Une mise en place de ce mode de traitement pourrait être étendue à d'autres mangroves à Mayotte, voire dans d'autres régions tropicales côtières ou insulaires, sous réserve d'une optimisation des systèmes et processus de traitement et de rejet selon les premières conclusions du suivi de Malamani. Il n'est pas envisageable cependant d'appliquer ce type de traitement pour des volumes d'eaux usées beaucoup plus importants, ainsi qu'à des eaux usées non domestiques.

De même, les changements d'usage sociétal de l'accès à l'eau courante et de son épuration doivent être réétudiés et adaptés dans chaque nouvelle localité. Même à quelques km de Malamani, les us et coutumes peuvent changer rapidement en fonction de l'origine et de la proportion des habitants (Mahorais, Malgaches, Comoriens, Métropolitains, etc.).

### POUR EN SAVOIR PLUS

**F. Fromard**, ECOLAB CNRS Toulouse,  
[francois.fromard@univ-tlse3.fr](mailto:francois.fromard@univ-tlse3.fr)

**C. Riegel** ; SIEAM Mayotte [christophe.riegel@sieam.fr](mailto:christophe.riegel@sieam.fr)

## GOUVERNANCE

**Partenariat:** CNRS-SIEAM

**Comité de Pilotage** constitué de représentants de la DEAL, du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres, de la Préfecture de Mayotte, du Conseil général, de l'ARS, le bureau d'études ESPACE, du Parc Marin Naturel de Mayotte, des communes concernées et d'associations mahoraises de protection de l'environnement.

**Propriétaire du site :** Conservatoire du Littoral

**Coût global du projet:** 470 k€, dont part recherche 158 k€ (hors bourse ANRT)

**Financeurs :**

SIEAM, ONEMA, MEDDT

CNRS : programme Ingénierie écologique INEE-CNRS (60k€), laboratoire ECOLAB,

ANRT : co-financement d'une allocation de recherche CIFRE en partenariat avec le SIEAM.