

# Réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières de Mayotte. Programme 2009

Rapport final

BRGM/RP-57377-FR  
Décembre 2009



DIRECTION  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA FORET



Office national de l'eau  
et des milieux aquatiques





# Réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières de Mayotte. Programme 2009

Rapport final

**BRGM/RP-57377-FR**

Décembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2008-2009

**A. MALARD et A. WINCKEL**

**Vérificateur :**

Nom : Julie LIONS

Date : 01/12/2009

Signature :

**Approbateur :**

Nom : Pascal PUVILLAND

Date : 07/12/2009

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

**Mots clés** : réseau de surveillance, Directive Cadre Européenne sur l'Eau, qualité chimique, qualité écologique, Mayotte, Comores, France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Malard A. et Winckel A. (2009) - Réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières de Mayotte. Programme 2009. Rapport BRGM/RP-57377-FR, 114 pages, 6 illustrations, 16 tableaux et 5 annexes.

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Dans le cadre de la convention biennale ONEMA/BRGM 2008/2009, le Service Géologique Régional de Mayotte Océan Indien (entouré de ses partenaires ARDA et ARVAM) s'est vu confier la mission de mettre en œuvre les réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières, conformément à l'application des exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'eau 2000/60/CE (DCE article 8). Cette action s'inscrit parallèlement à la mise en place du SDAGE à Mayotte (travaux ASCONIT & SOGREAH de 2006 à 2009).

A l'heure actuelle le territoire de Mayotte n'est pas soumis au rapportage européen. Cependant, il a été convenu au niveau national d'appliquer à la lettre les exigences de la DCE sur le territoire en vue des rapportages futurs et dans un souci d'homogénéité avec les autres départements d'Outre mer.

Le programme d'étude - initialement prévu sur les 2 années 2008 et 2009 (cf. Cahier des charges- avenant 2008 convention BRGM-ONEMA - version du mardi 12 juin 2008) - sera étendu sur 3 ans en raison de difficultés financières et techniques survenues en 2009<sup>1</sup>.

En 2008, les travaux relatifs à l'état des lieux de la qualité des eaux ont été menés :

- par le BRGM sur les aspects physico-chimiques des eaux de surface et souterraines (6 masses d'eau souterraines et 14 masses d'eau de surface de type cours d'eau). ;
- par l'ARDA sur les aspects écologiques des eaux de surface de type cours d'eau (14 masses d'eau) ;
- et par l'ARVAM sur les aspects physico-chimiques et écologiques des eaux côtières (17 masses d'eaux côtières intralagonaires).

Ces travaux, appuyés par la compilation et l'étude de l'ensemble des données disponibles, ont été renforcés par la réalisation de diverses campagnes de mesures et de prélèvements - réalisées en juillet et en novembre 2008. Ils ont permis : de dresser un premier état des lieux des connaissances relatives à la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières à Mayotte et de proposer – sur la base de ces résultats – une première définition de réseau de surveillance. Les résultats des travaux 2008 sont décrits dans le rapport BRGM/RP-56774-FR.

---

<sup>1</sup> Suite à une restriction budgétaire imposée par l'ONEMA, le projet été imputé en 2009 d'une partie de ses ressources financières. Par conséquent, le contenu des études BRGM, ARDA et ARVAM a du être révisé en 2009. Les volets initialement programmés et qui n'ont pu être maintenus ont été reportés en 2010 via la convention de R&D partagés Etat (représenté par le secrétariat à l'Outre Mer) et le BRGM signée le 02 septembre 2009.

Dans le contexte de la mise en place de la DCE à Mayotte, de nombreuses incertitudes persistent dans la caractérisation et la hiérarchisation de l'impact des différentes pressions et pollutions en exercice sur les hydrosystèmes et écosystèmes de surface, souterrains et côtiers. Ainsi, pour l'ensemble des réseaux de surveillance de Mayotte, l'année 2009 est orientée vers l'acquisition de données afin de compléter les connaissances de certains compartiments, notamment les compartiments biologiques. L'acquisition et l'interprétation des données sont les étapes indispensables à la mise en place de réseaux de surveillance judicieux, en adéquation avec les exigences de la DCE.

Les travaux 2009 s'inscrivent dans la poursuite des propositions 2008 (cf. rapport BRGM/RP-56774-FR). Les réseaux de surveillance écologiques et physico-chimiques proposés en 2008 sont testés lors de campagnes de mesures et prélèvements afin de valider leur pertinence sur différents cycles hydrologiques (nombre de points, représentativité, fréquence de mesure, etc.). Parallèlement à la mise à l'épreuve de ces réseaux de surveillance, les travaux progressent dans la délicate définition des indicateurs du bon état écologique des masses d'eau de surface et côtières : participation au séminaire de Nantes sur la définition des indicateurs côtiers le 9 et 10 juin 2009.

Les résultats des travaux réalisés en 2009 - dont certains sont l'interprétation de données collectées en 2008 - ont mis en avant les éléments suivants :

- en ce qui concerne les eaux de surface, les peuplements de diatomées se répartissent différemment entre le Nord, le Sud et le Nord-est de l'île, mais il existe aussi des gradients d'abondance au sein d'un même bassin. Les études de caractérisation des micro-invertébrés ont montré que les populations étaient spécifiques (espèces et abondance) dans les cours d'eau inférieurs (considérés à Mayotte comme les plus sujets aux pollutions anthropiques). En ce qui concerne les peuplements de poissons et de macro-crustacés, leur répartition est visiblement très hétérogène au sein d'un même bassin et pour des habitats similaires. Les études de caractérisation doivent donc être poursuivies avant de définir des indicateurs biologiques pertinents, notamment les indicateurs de type poisson et macro-crustacés. La caractérisation physico chimique des eaux de surface a montré que certains cours d'eau présentaient des valeurs très faibles d'oxygène dissous (moins de 10 % pour certains d'entre eux) et des valeurs très faibles de potentiel d'oxydoréduction (synonymes d'une eau réductrice). L'interprétation des analyses physico-chimiques complètes en 2010 permettra d'expliquer et éventuellement de conforter ou de nuancer ces observations.
- en ce qui concerne les eaux souterraines, la présence d'une pollution d'origine fécale des eaux pour quatre des dix échantillons témoigne de l'absence d'infrastructures d'assainissement et du problème de l'élevage vagabond.
- en ce qui concerne les eaux côtières, l'intégralité des analyses et des interprétations seront rendues en 2010.

Ces travaux seront étendus en 2010 avec l'objectif de confirmer - fin 2010 - la pertinence des réseaux de mesure définis et le choix des indicateurs retenus pour l'évaluation du bon état écologique.

En 2011, la mise en œuvre des réseaux de surveillance devra être opérationnelle et les 1<sup>ères</sup> campagnes dites de routine seront assurées.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Rétrospective des travaux 2008</b> .....	<b>13</b>
2.1. RAPPELS (CF. DEFINITION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE QUALITE DES MASSES D'EAU DE MAYOTTE – RAPPORT BRGM/RP-56774-FR).....	13
2.2. COMPTE RENDU DES TRAVAUX 2008 (CF. DEFINITION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE QUALITE DES MASSES D'EAU DE MAYOTTE : VOLET EAUX DE SURFACE – RAPPORT ARDA 2009, ANNEXE 1).....	15
2.2.1. Résultats de la campagne d'études des diatomées d'octobre 2008 (ASCONIT 2009) .....	15
2.2.2. Résultats de la campagne d'études des macroinvertébrés benthiques d'octobre 2008 (ETHYCO 2009) .....	15
2.2.3. Résultats de la campagne d'études des poissons et macro-crustacés d'octobre 2008 (ARDA 2009) .....	16
<b>3. Le programme d'études 2009</b> .....	<b>17</b>
3.1. CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES MASSES D'EAU DE SURFACE – ARDA, AVRIL 2009.....	18
3.1.1. Echantillonnage poissons et macro-crustacés .....	18
3.1.2. Echantillonnage invertébrés benthiques.....	19
3.1.3. Echantillonnage diatomées .....	19
3.2. CAMPAGNE D'ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DES MASSES D'EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINES – BRGM, OCTOBRE 2009 20	
3.2.1. Campagne de prélèvement d'octobre 2009 .....	20
3.2.2. Détail des points de prélèvement .....	22
3.2.3. Résultats des mesures <i>in situ</i> – eaux superficielles .....	40
3.2.4. Résultats des mesures <i>in situ</i> – Eaux souterraines.....	43
3.2.5. Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les eaux souterraines.....	45
3.2.6. Analyses physico-chimiques des eaux superficielles et souterraines .....	48
3.3. SURVEILLANCE DES MASSES D'EAU COTIERES (CF. RAPPORT DE DEFINITION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE « QUALITE DES MASSES D'EAU COTIERES » DE MAYOTTE, ARVAM 2009, ANNEXE 3).....	49
3.3.1. Campagne de mesure des paramètres généraux et phytoplancton.....	49

3.3.2. Campagne de mesure des contaminants chimiques : mise en place des échantillonneurs passifs.....	52
<b>4. Perspectives 2010 .....</b>	<b>55</b>
4.1. PROGRAMME BRGM : CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE (MARS/AVRIL) ET PROJET DE PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE .....	55
4.2. PROGRAMME ARDA : ANALYSE DES DONNEES 2008-2009 ET PROPOSITION D'UN CADRE TECHNIQUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DES RESEAUX .....	56
4.3. PROGRAMME ARVAM : ANALYSE DES DONNEES 2009 ET CAMPAGNE SEDIMENTS .....	57
4.4. SYNTHESE .....	57
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>59</b>
<b>6. Glossaire .....</b>	<b>63</b>
<b>7. Références bibliographiques .....</b>	<b>65</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1. Points des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux de surface de Mayotte (qualité écologique et physico-chimique). Version provisoire de novembre 2009. ....	30
Illustration 2. Découpage des 6 masses d'eau souterraines de Mayotte (extrait de l'avant projet de SDAGE de Mayotte, version 2 de novembre 2008) .....	33
Illustration 3. Répartition des points de prélèvements du réseau de surveillance DCE des eaux souterraines de Mayotte (version provisoire de novembre 2009) .....	39
Illustration 4. Positionnement des 34 stations de mesure des paramètres généraux et phytoplancton communes aux campagnes d'échantillonnage de novembre 2008 et d'avril 2009 (extrait du rapport ARVAM 2009). ....	51
Illustration 5. Positionnement des 7 stations de mesure (en jaune) des contaminants chimiques au moyen des échantillonneurs passifs (à mettre en relation avec le Tableau 15, extrait du rapport ARVAM 2009).....	53

## Liste des tableaux

Tableau 1. Les réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface, souterraines et côtières de Mayotte en 2009.....	14
Tableau 2. Détail des études du programme 2009 relatif à la caractérisation de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières (extrait du cahier des charges 2009). ....	17
Tableau 3. Plans d'échantillonnage des poissons, macro-crustacés, invertébrés et diatomées du réseau de surveillance de Mayotte en 2009 (extrait du rapport ARDA-ASCONIT-ETHYC'O 2009). La localisation des points est donnée en Illustration 1, page 30. ....	18
Tableau 4. Planning de la campagne de prélèvement des eaux souterraines et de surface d'octobre 2009.....	21
Tableau 5. Planning de prélèvement, d'expédition et de réception des échantillons au laboratoire de l'Institut Pasteur de Lille. ....	22
Tableau 6. Points du réseau de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux de surface.....	29
Tableau 7. Stations, sites et paramètres de surveillance de la qualité des eaux de surface de type cours d'eau de Mayotte <b>P</b> : Échantillonnage de poissons et macro crustacés. <b>I</b> : Échantillonnage d'invertébrés benthiques ; <b>D</b> : Échantillonnage de diatomées; <b>PC</b> : Analyses physico-chimiques. ....	32
Tableau 8. Points du réseau de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux de surface.....	38
Tableau 9. Résultats des mesures in-situ de la campagne d'analyse des 14 points d'eau de surface d'octobre 2009.....	41

Tableau 10. Résultats des mesures d'alcalinité des 14 points d'eau de surface de la campagne d'octobre 2009. ....	42
Tableau 11. Résultats des mesures in-situ de la campagne d'analyse des 10 points d'eau souterraine d'octobre 2009. ....	43
Tableau 12. Résultats des mesures d'alcalinité des 10 points d'eau souterraine de la campagne d'octobre 2009. ....	45
Tableau 13. Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les 10 points d'eau souterraine de la campagne d'octobre 2009. Prélèvement SOGEA & BRGM (*), analyses SOGEA, détermination par méthode NPP IDEXX. ....	46
Tableau 14. Détails des paramètres généraux mesurés lors de la campagne d'avril 2009 (extrait du rapport ARVAM 2009) .....	50
Tableau 15. Stations de mesure des échantillonneurs passifs (extrait du rapport ARVAM 2009).....	52
Tableau 16. Programme d'études 2010 relatif aux réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières.....	58

## Liste des annexes

Annexe 1 Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte : volet eaux de surface (Compte-rendu de la campagne d'échantillonnage ARDA 2009.....	67
Annexe 2 Coupure de presse relative à la découverte de 3 nouvelles espèces de trichoptères à travers les travaux de définition des réseaux de surveillance DCE de Mayotte (extrait de Mayotte hebdo – n°439 du 21 août 2009).....	71
Annexe 3 Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport intermédiaire ARVAM 2009 .....	75
Annexe 4 Liste des paramètres analysés dans le cadre de la surveillance physico-chimique des eaux de surface et souterraines.....	79
Annexe 5 Comptes rendus des réunions d'avancement de projet DAF, BRGM, ARDA & ARVAM.....	89

# 1. Introduction

Suite aux travaux 2008, qui proposaient pour chacune des masses d'eau un réseau de surveillance spécifique, le programme initial des études 2009 prévoyait la confirmation de ces réseaux (protocole et modes opératoires de surveillance) en vue de lancer les premières campagnes de routine à l'horizon 2010. Malheureusement, ce programme d'étude n'a pu être financé en intégralité par l'ONEMA en raison de contraintes budgétaires et de délais administratifs (décision de mars 2009).

En raison de ces contraintes et compte tenu de leur caractère tardif, seule une partie du programme proposé par le BRGM et ses partenaires ARDA et ARVAM a été engagé en 2009 à travers les financements de l'ONEMA. Les actions non engagées sont reportées en 2010 et recomposées, en fonction du programme 2010 initialement prévu au cahier des charges.

Ces travaux seront réalisés dans l'exercice de la convention R&D partagés Etat (représenté par le Secrétariat à l'Outre Mer) et le BRGM du 02 septembre 2009.

La première partie du rapport est consacrée à la reprise des principaux résultats des travaux 2008 (rapport BRGM/RP-56774-FR) et notamment les travaux de l'ARDA concernant les résultats de la campagne de novembre.

La seconde partie du rapport se focalise sur l'exécution des campagnes de mesure et d'échantillonnage 2009 menées par :

- l'ARDA sur le volet poissons, macro-crustacés, diatomées et invertébrés benthiques des eaux de surface de type cours d'eau en avril 2009, conditions de hautes eaux (cf. rapport « Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte. Volet eaux de surface ARDA-ASCONIT-ETHYC'O, Août 2009 » en Annexe 1) ;
- l'ARVAM sur le volet physico-chimie et production primaire des eaux côtières en avril 2009 (cf. rapport d'étape 2009 de définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » en Annexe 3) ;
- le BRGM sur le volet physico-chimie des eaux de surface de type cours d'eau et des eaux souterraines en octobre 2009, conditions de basses eaux. La présentation et l'interprétation des analyses sont prévues pour 2010, conformément au cahier des charges ;

Ces campagnes de mesure et d'échantillonnage ont un objectif double ; (i) poursuivre la définition des réseaux de surveillance et des indicateurs écologiques en 2009 en testant la pertinence des points de surveillance de ces réseaux proposés en 2008 (cf. rapport BRGM/RP-56774-FR), au besoin les modifier, compléter ou supprimer et (ii) tester les protocoles et méthodologies d'échantillonnage et de mesure à Mayotte. En effet, ce dernier point n'est pas anodin dans la mesure où les moyens d'investigation à Mayotte sont limités (absence de laboratoire d'analyse d'eau, difficulté pour trouver les

moyens à la mer adéquats aux mesures, temps de transport longs et conservation de la chaîne du froid délicate et onéreuse).

Il est donc nécessaire de développer à Mayotte des procédés d'échantillonnage et de conditionnement des échantillons adaptés au contexte, efficaces et appropriés aux financements.

Le bon déroulement des campagnes 2009 et l'interprétation des données en 2010 permettront de confirmer les points des réseaux de surveillance.

Le fonctionnement en routine des réseaux est - par conséquent - reporté à 2011 afin de disposer de réseaux et d'indicateurs éprouvés pour la surveillance de la qualité des eaux.

## 2. Rétrospective des travaux 2008

### 2.1. RAPPELS (CF. DEFINITION DES RESEaux DE SURVEILLANCE QUALITE DES MASSES D'EAU DE MAYOTTE – RAPPORT BRGM/RP-56774-FR)

Dans le cadre de la convention biennale ONEMA/BRGM 2008/2009, le SGR de Mayotte s'est vu confier les tâches de réaliser l'état des lieux de la qualité des eaux de surface (de type cours d'eau), des eaux côtières et des eaux souterraines et de proposer, sur la base de cet état des lieux, un réseau de surveillance de la qualité des masses d'eau de Mayotte comme le prévoit la DCE.

Pour rappel, la DCE impose la surveillance de l'état physico-chimique et écologique des eaux de surface et côtières et de l'état chimique des eaux souterraines. 14 masses d'eau de surface de type cours d'eau (cf. Illustration 1), 17 masses d'eau côtières (cf. Illustration 4) et 6 masses d'eau souterraines (cf. Illustration 2) ont été définies lors de l'état des lieux du SDAGE (ASCONIT & SOGREAH de 2006 à 2008).

Les tâches relevant de la compétence propre du BRGM ont été réalisées par le SGR de Mayotte, à savoir : l'état des lieux physico-chimique des masses d'eau souterraine et de surface.

En sa qualité d'ensemblier de la mise en place des réseaux de surveillance, le SGR de Mayotte s'est entouré des compétences de l'ARDA pour la définition des réseaux de surveillance spécifique de la qualité écologique des masses d'eau de surface (volets poissons, macro-crustacés, invertébrés benthiques et diatomées) et de l'ARVAM pour la définition des réseaux de surveillance des eaux côtières (volets physico-chimie des eaux et analyses des sédiments).

L'état des lieux de la qualité des eaux et les propositions des réseaux surveillance ont fait l'objet d'un rapport d'avancement édité en mars 2009 (référence BRGM/RP-56774-FR) auquel sont annexés les rapports ARDA et ARVAM 2008 relatifs à l'état des lieux de la qualité des masses d'eau.

4 réseaux de surveillance comportant à chaque fois (i) un set de points de mesures, (ii) des paramètres à analyser ainsi que (iii) des fréquences de surveillance ont été proposés et leur suivi est assuré par les intervenants suivants : ARDA, ARVAM et BRGM. Ces réseaux ne sont pas définitifs mais proposés en tant que « réseaux pilotes » qui permettent le test grandeur nature.

Masse d'eau	Paramètres de surveillance	Intervenants	Points de surveillance proposés en 2008
Souterraine	Physico-chimique	BRGM	<b>10</b> stations : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 forages AEP</li> <li>- 2 sources</li> <li>- 2 piézomètres</li> <li>- 1 forage industriel</li> </ul>
Surface	Physico-chimique	BRGM	<b>14</b> stations en rivière
	Écologique	ARDA ASCONIT ETHYC'O	<b>21</b> stations en rivières : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 stations de suivi poissons + invertébrés + diatomées</li> <li>- 9 stations de suivis invertébrés + diatomées</li> <li>- 2 stations de suivis poissons uniquement</li> </ul>
Côtière	Physico-chimique et écologique	ARVAM PARETO	<b>34</b> stations physico-chimie et biomasse <b>7</b> stations micropolluants organiques

Tableau 1. Les réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface, souterraines et côtières de Mayotte en 2009.

## **2.2. COMPTE RENDU DES TRAVAUX 2008 (CF. DEFINITION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE QUALITE DES MASSES D'EAU DE MAYOTTE : VOLET EAUX DE SURFACE – RAPPORT ARDA 2009, ANNEXE 1)**

### **2.2.1. Résultats de la campagne d'études des diatomées d'octobre 2008 (ASCONIT 2009)**

19 stations ont été prospectées entre le 2 et le 9 octobre 2008.

Les principales conclusions montrent que :

- d'un point de vue méthodologique, les conditions d'échantillonnage des diatomées à Mayotte sont aisées : les cours d'eau sont accessibles, les débits faibles facilitent la progression dans le lit mineur et le type de substrat est approprié au développement des diatomées ;
- il existe des diatomées caractéristiques des cours d'eau mahorais dont la présence est quasi systématique dans les prélèvements : *Navicula af. lundii*, *N. escambia* ou encore *Gomphonema bourbonense* ;
- les peuplements de diatomées montrent des différences significatives entre les stations du Nord-ouest et de l'Est et celles du Sud. Certains taxons apparaissent seulement dans les stations du Nord-ouest et de l'Est et jamais dans les stations du Sud comme *Gomphonema af. clevei*, *Nitzschia tropica*, *Navicula quasidisjuncta*, *Amphora copulata* alors qu'inversement, d'autres se développent surtout au niveau des stations du Sud : *Seminavis striogosa*, *Nitzschia inconspicua* ;
- il existe, au sein d'un même bassin versant, des gradients dits d'abondance entre l'amont et l'aval. Ces gradients sont mis en évidence par le peuplement des espèces *Nitzschia tropica* au niveau de la rivière Kwalé ou encore *Gomphonema af. clevei* à Bouyouni.

Ainsi, les conclusions des travaux d'ASCONIT indiquent que les diatomées (espèces et peuplements) constituent un compartiment biologique pertinent vis-à-vis des exigences de la DCE en matière de surveillance de l'état écologique des cours d'eau de Mayotte.

### **2.2.2. Résultats de la campagne d'études des macroinvertébrés benthiques d'octobre 2008 (ETHYCO 2009)**

Lors de la campagne d'échantillonnage d'octobre 2008, 174 728 individus ont été échantillonnés et 93 taxons ont pu être recensés. Les insectes représentent environ 45 % des individus, les mollusques 8 %, les hydracariens 12,4 % et les vers 12,8 %. Les résultats de la campagne en saison sèche montrent que ce sont les insectes, et plus particulièrement les diptères, qui dominent les peuplements benthiques en termes de diversité et d'abondance.

La campagne de 2008 a permis de décrire trois nouvelles espèces de trichoptères – endémiques à Mayotte : *Pisulia stoltzei*, nouvelle espèce (Pisuliidae) ; *Chimarra mayottensis*, nouvelle espèce, et *Chimarra koulaeensis*, nouvelle espèce (Philopotamidae) (Johanson K. A. & Mary N. (2009), Description of three new caddisfly species from Mayotte Island, Comoros Archipelago (Insecta: Trichoptera), Zootaxa 2009). Un article publié dans la presse locale - et compilé en Annexe 2 - fait état de ces découvertes.

L'étude de la richesse spécifique de la macrofaune benthique montre que la taille du bassin versant et la présence de perturbations d'origine anthropique sont des critères de conditionnement plus importants que l'étagement altitudinal ou la position géographique (comme c'est le cas pour les diatomées). Ainsi, 4 groupes de stations peuvent être distingués :

- Les stations en cours inférieur et moyen des petits cours d'eau peu perturbés ;
- La station de Dembéni qui est un cas isolé en termes de richesse spécifique ;
- Les stations en cours supérieur et moyen des cours d'eau de taille plus importante et peu perturbés ;
- Les stations des cours inférieurs des cours d'eau subissant des perturbations anthropiques importantes.

Enfin, la période préconisée pour l'échantillonnage s'étale de mai à juillet, c'est-à-dire à la charnière entre la fin de la période de hautes eaux et le début de l'étiage. De plus, le nombre de prélèvements par station pourrait être réduit à 8 (contre 12) et suffirait à représenter 80 % de la richesse taxonomique d'une station.

### **2.2.3. Résultats de la campagne d'études des poissons et macro-crustacés d'octobre 2008 (ARDA 2009)**

Lors de la campagne d'octobre 2008, 19 espèces de poissons et 9 espèces de macro-crustacés ont été recensées sur les 12 stations échantillonnées. Parmi les poissons : 1 espèce endémique des Comores (*Cotylopus rubripinnis*, Gobiidae) et 1 espèce introduite (*Poecilia reticulata*, Poeciliidae) ont été identifiées.

En termes de richesse spécifique, les travaux de l'ARDA indiquent qu'il existe une très grande hétérogénéité entre les différentes stations échantillonnées. Cette hétérogénéité se manifeste à la fois entre deux habitats identiques de bassins versants différents, mais aussi au sein d'un même bassin versant.

### 3. Le programme d'études 2009

Le programme des études 2009, concernant la définition des réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières est synthétisé dans le tableau suivant.

Masse d'eau	Paramètres de surveillance	Intervenants	Actions 2009
Souterraine	Physico-chimique	BRGM	<p><b>1 campagne de prélèvement en basses eaux (octobre 2009).</b></p> <p>Analyse des paramètres in-situ, des éléments majeurs, éléments traces et mineurs, matière en suspensions, minéralisation, micropolluants minéraux, produits phytosanitaires (liste des 41 substances prioritaires de la DCE + paramètres propres au contexte mahorais).</p>
Surface	Physico-chimique	BRGM	<p><b>1 campagne de prélèvement en basses eaux (octobre 2009).</b></p> <p>Analyse des paramètres in-situ, des éléments majeurs, éléments traces et mineurs, matière en suspensions, minéralisation, micropolluants minéraux, produits phytosanitaires (liste des 41 substances prioritaires de la DCE + paramètres propres au contexte mahorais).</p>
	Ecologique	ARDA	<p><b>1 campagne de prélèvement en fin de saison des pluies,</b> prévue en avril 2009.</p> <p>Echantillonnage poissons + macro-crustacés + invertébrés + diatomées</p> <p>Traitement des échantillons d'invertébrés de l'année 2008</p> <p>Traitement des échantillons de diatomées de l'année 2008</p>
Côtière	Physico-chimique et écologique	ARVAM	<p><b>1 campagne de prélèvement en saison des pluies,</b> prévue en avril 2009.</p> <p>Analyse des paramètres physicochimiques et production primaire.</p> <p>Mise en place et échantillonnage des échantillonneurs passifs de micropolluants organiques.</p>

Tableau 2. Détail des études du programme 2009 relatif à la caractérisation de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières (extrait du cahier des charges 2009).

### 3.1. CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA QUALITÉ ÉCOLOGIQUE DES MASSES D'EAU DE SURFACE – ARDA, AVRIL 2009

La campagne d'échantillonnage d'avril 2009 porte sur les volets poissons, macro-crustacés, invertébrés benthiques et diatomées. 21 stations réparties sur 13 cours d'eau pérennes de Mayotte ont été prospectées. Ces stations sont définies dans le rapport ARDA 2008 et 10 stations sont communes aux trois volets d'échantillonnage (cf. Tableau 3 et Illustration 1 pour localisation, page 30).

Les échantillonnages de poissons, de macro-crustacés et d'invertébrés benthiques ont été réalisés entre le 15 et le 24 avril 2009.

Versant	Rivière	Station	1	2	3	Altit. (m)	X (Est)	Y (Sud)	Long. (m)	Larg. (m)
Est	Gouloué	Gouloué Amont		X	X	15	4611'26.1"	1247'29.3"	<i>indisp.</i>	8
	Mro oua Kwalé	Kwalé Aval	X	X	X	4.7	4511'56.26"	1248'2 4.01"	75	7.9
	Mro oua Kwalé	Kwalé Intermédiaire	X	X	X	40.8	4511'8.8 1"	1247'50.24"	80	9.2
	Mro oua Kwalé	Kwalé Amont	X	X	X	140	4509'52.06"	1248' 17.93"	105	3
	Mro oua Dembéni	Dembéni Aval	X	X	X	9	4510'24.46"	1250 '26.70"	56	8.8
	Mro oua Dembéni	Dembéni Intermédiaire		X	X	95	4509'3 1.3"	1251'42 1'	<i>indisp.</i>	5
Sud	Mroni Bé	Dapani Aval	X			9	4509'28.04"	1258'4.40"	150	3.4
	Djalimou	Djalimou Aval		X	X	8	4506'51.6"	1257'14.4"	<i>indisp.</i>	2
	M'tsangachéhi	M'tsangachéhi Aval	X	X	X	7.8	4507'51.74 "	1253'3.95"	110	7.1
Nord-Ouest	Mro oua Coconi	Coconi Aval	X	X	X	31	4507'43.07"	1250' 5.28"	122	5.7
	Mro oua Coconi	Coconi Intermédiaire		X	X	10	4508'01.4"	1249'56.4"	<i>indisp.</i>	4
	Mroni Mouala (Combani)	Mroni Mouala Intermédiaire		X	X	11	4508'51.4"	1246'17.1"	<i>indisp.</i>	6
	Mro oua Oourovéni	Oourovéni Aval	X	X	X	5.5	4506'55.08"	1 248'8.60"	130	7.6
	Mro oua Oourovéni	Oourovéni Intermédiaire	X	X	X	83.5	45 08'20"	1247'48"	98	3.6
	Chirini	Chirini Aval		X	X	25	4506'16.4"	1246'39.7"	<i>indisp.</i>	4
	Batirini	Batirini Intermédiaire		X	X	9	4506'42.2"	12 45'36.4"	<i>indisp.</i>	2
	Mro oua Bouyouni	Bouyouni Aval	X	X	X	9	4508'27.92"	12°44'23.35"	75	4.7
	Mro oua Bouyouni	Bouyouni Intermédiaire	X	X	X	37	4508 '29.94"	1244'43.4"	93	6.7
	Mro oua Bouyouni	Bouyouni Amont	X	X	X	104	4508'46.46"	1245'39.2"	60	2.4
	Longoni	Longoni Aval		X	X	34	4509'53.6"	1244'17.4"	<i>indisp.</i>	4

1 : Poissons & macro crustacés

2 : Invertébrés

3 : Diatomées

*Indisp.* : Donnée indisponible

Système géodésique

Projection

UTM 40 SUD

WGS84

Tableau 3. Plans d'échantillonnage des poissons, macro-crustacés, invertébrés et diatomées du réseau de surveillance de Mayotte en 2009 (extrait du rapport ARDA-ASCONIT-ETHYC'O 2009). La localisation des points est donnée en Illustration 1, page 30.

#### 3.1.1. Échantillonnage poissons et macro-crustacés

En ce qui concerne le volet poissons et macro-crustacés, 12 stations ont été échantillonnées. 18 taxons de poissons et 8 espèces de macro-crustacés ont pu être

recensés. Un premier examen de la répartition des espèces montre que, malgré une richesse faunistique équivalente à la campagne de 2008, il existe une très grande hétérogénéité entre les stations étudiées. Cette hétérogénéité se manifeste d'un bassin versant à un autre mais aussi au sein d'un même bassin versant, le long du profil longitudinal. Cette observation rejoint celle d'octobre 2008.

### **3.1.2. Echantillonnage invertébrés benthiques**

En ce qui concerne les invertébrés benthiques, 20 stations ont été échantillonnées. Sur chaque station, 12 prélèvements de faune benthique ont été réalisés en fonction de l'habitabilité décroissante du benthos. 4 prélèvements concernent les habitats marginaux représentatifs, 4 prélèvements concernent les habitats dominants avec priorité au substrat et 4 prélèvements complémentaires concernent les habitats dominants au prorata de leur superficie. L'ensemble des échantillons collectés est étudié au siège d'ETHYC'O (Moorea, Polynésie Française).

### **3.1.3. Echantillonnage diatomées**

Les échantillonnages de diatomées ont été réalisés entre le 17 et le 21 avril 2009. Les prélèvements s'effectuent sur substrats stables, durs et inertes, non déplacés par le courant et non exondés. Les diatomées sont prélevées par grattage de la surface supérieure des substrats.

19 sites ont été prélevés, communs et sur le même modèle que la campagne 2008.

Le compte rendu d'exécution des campagnes d'échantillonnage 2009 est compilé en Annexe 1.

### **3.2. CAMPAGNE D'ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DES MASSES D'EAU DE SURFACE ET SOUTERRAINES – BRGM, OCTOBRE 2009**

#### **3.2.1. Campagne de prélèvement d'octobre 2009**

La campagne d'échantillonnage des eaux de surface et des eaux souterraines a été conduite par le BRGM entre le 25 et le 29 octobre 2009, en période de basses eaux.

La campagne comprend l'échantillonnage de 24 points d'eau : 14 points d'eau de surface (prélèvements en rivière) et 10 points d'eau souterraine (2 prélèvements de source, 5 en forage AEP, 2 piézomètres et 1 forage industriel). En ce qui concerne la répartition des points de prélèvement par rapport à la définition des masses d'eau, il est important de préciser que :

- les 14 échantillons d'eau de surface ne correspondent pas au prélèvement des 14 masses d'eau. Certaines masses d'eau ont été prélevées en 2 endroits, d'autres pas ;
- sur les 10 échantillons d'eau souterraine, toutes les masses d'eau ont été prélevées et certaines à deux reprises.

Lors du prélèvement, chaque point d'eau fait l'objet :

- d'une série de mesures des paramètres *in situ* : température, pH, conductivité, Eh et oxygène dissous (en % et en mg/L). Les résultats des mesures sont compilés dans les Tableau 9 et Tableau 11 ;
- d'un prélèvement d'eau brute à hauteur de 9 flacons (soit plus de 7 litres par échantillon, recommandation du laboratoire) pour analyse des paramètres majeurs, métaux, phytosanitaires, etc. (se reporter à la liste des paramètres analysés en Annexe 4). Les paramètres analysés sont sensiblement différents selon si il s'agit d'eau souterraine ou d'eau de surface ;
- d'un prélèvement d'eau brute de 50 mL filtrée à 45 µm pour mesure de l'alcalinité. La mesure est réalisée par titration dans les locaux du BRGM de Mayotte au retour des prélèvements ;
- dans le cas des eaux souterraines, d'un prélèvement (2 fois 100 mL) pour analyse des paramètres bactériologiques. Ce prélèvement est réalisé par un agent de la SOGEA sur une partie des points d'eau souterraines de type forage AEP et par les agents du BRGM sur les points restants (piézomètres et sources). Par paramètres bactériologiques sont entendus : les coliformes totaux, les *Escherichia colis* et les entérocoques. Les résultats des analyses sont présentés dans le § 3.2.5.

Les échantillons prélevés sont conditionnés en glacières et réfrigérés par l'adjonction d'icepacks. Le renouvellement fréquent des icepacks assure une température basse indispensable à la conservation des échantillons.

Les échantillons prélevés le jour même sont expédiés le lendemain en direction du laboratoire de l'Institut Pasteur de Lille par le premier avion, sous une température dirigée de 4°C au départ des locaux du BRGM et durant toute la durée du transport. Compte tenu de l'aléa des transports et des douanes estimés entre 3 et 4 jours, l'accent a été apporté au conditionnement des échantillons et au maintien d'une température constante des glacières (souci de conservation optimale des paramètres).

Le planning des prélèvements entre le dimanche 25 et le jeudi 29 octobre est détaillé dans le tableau suivant.

Dimanche 25 octobre	Lundi 26 octobre
Mro Oua Kwalé Aval - MAY00010 Mro Oua Kwalé Amont - MAY00011 Kwalé 1 forage - 12307X0022/KOUAL1 Mro Oua Coconi - MAY00004 Mro Oua Orovéni - MAY00013 Mrowalé - MAY00024 Combadrain source - 12306X0008/HY	Mro Oua Dagoni - MAY00026 Mroni Bé - MAY00006 Mro Oua Djalimou - MAY00021 M'ronabéja forage - 12316X0032/MRONAB
Mardi 27 octobre	Mercredi 28 octobre
Tsararano piézo - 12313X0021/TSARA1 Mro Oua Dembéni Amont - MAY00008 Mro Oua Dembéni Aval - MAY00007 Labomaré source - 12313X0007/HY	Mro Oua Bouyouni Aval - MAY00002 Bouyouni Méresse forage - 12306X0046/BOUY Mro Maré Aval - MAY00022 Mro Oua Andrianabè Aval - MAY00023 Mtsangamouji 1 forage - 12306X0017/MTSAN1
Jeudi 29 octobre	
carrière IBS forage - 12307X0115/IBS Gymnase piézo - 12308X0086/PZ4 Kawéni 3 10" forage - 12307X0021/Kaoué3 Mro Oua Majimbini - MAY09999 (en remplacement du Mro Oua kaouénilajoli MAY00025 à sec en période de basses eaux)	
	<b>Correspondance des couleurs</b> Rivière (14 pts) Forage AEP (5 pts) Forage industriel (1 pt) Piézomètre (2 pts) Source (2 pts)

Tableau 4. Planning de la campagne de prélèvement des eaux souterraines et de surface d'octobre 2009

Dans les faits, les flacons sont parvenus au laboratoire selon le planning suivant, à une température comprise entre 10 et 13°C.

Echantillons prélevés le	Dimanche 25 octobre	Lundi 26 octobre	Mardi 27 octobre	Mercredi 28 octobre	Jeudi 29 octobre
expédiés le	Lundi 26 octobre	Mardi 27 octobre	Mercredi 28 octobre	Jeudi 29 octobre	Vendredi 30 octobre
réceptionnés au laboratoire le	Jeudi 29 octobre	Jeudi 29 octobre	Vendredi 30 octobre	Lundi 2 novembre	Mardi 3 novembre

Tableau 5. *Planning de prélèvement, d'expédition et de réception des échantillons au laboratoire de l'Institut Pasteur de Lille.*

En moyenne, les délais d'acheminement sont de 3 à 4 jours. Les échantillons arrivent donc en moyenne 4 à 5 jours après prélèvement. Il est important de noter que ces délais sont supérieurs à ceux exigés par la DCE qui estime que la conservation d'échantillon d'eau brute ne doit pas dépasser 48 h.

### 3.2.2. Détail des points de prélèvement

Les points de prélèvement des réseaux de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux souterraines et de surface consignés dans le rapport de définition des réseaux 2008 (rapport BRGM/RP-56774-FR) ont été précisés ou modifiés durant la campagne d'octobre.

Ces précisions ou modifications apportées essentiellement aux points du réseau de surveillance des eaux de surface ont été nécessaires, en raison :

- des accès à certains points qui se sont révélés difficiles ou impraticables (cas des points MAY00013 et MAY00024) ;
- des régimes hydrologiques trop faibles qui ne permettaient pas le prélèvement (cas du point MAY00025 remplacé par le point MAY09999) ;
- des conditions de prélèvement qui n'étaient pas respectées (cas des points MAY00011 et MAY00026).

Dans tous les cas, les prélèvements ont été réalisés dans des eaux courantes pour les eaux de surface de type cours d'eau et après une purge d'un volume suffisant pour les eaux souterraines (entre 1,5 et 3 fois le volume d'eau contenu dans la colonne) ;

#### 1) Cas des eaux de surface

L'actualisation des points du réseau de surveillance des eaux de surface est présentée ci-dessous. Les entêtes de chaque point correspondent aux champs suivants.

Identifiant Point d'eau	Désignation	Coord X <sub>RGM04</sub>	Coord Y <sub>RGM04</sub>
-------------------------	-------------	--------------------------	--------------------------

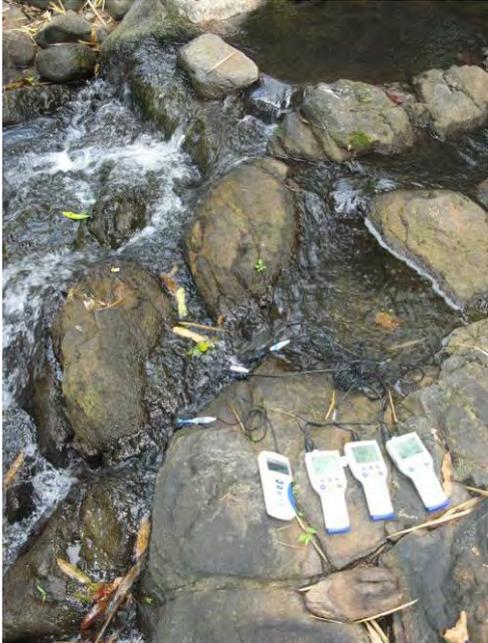
MAY00002 - Site 2	Mro Oua Bouyouni Intermédiaire	515 520	8 590 757
 <p data-bbox="397 1151 451 1164">Brgm©</p>		<p data-bbox="983 801 1398 864"><b>Recommandations :</b> prélever à la sortie du tuyau sous le radier</p>	

MAY00004 - Site 2	Mro Oua Coconi Aval	514 050	8 581 118
 <p data-bbox="301 1818 355 1832">Brgm©</p>		<p data-bbox="983 1541 1406 1630"><b>Recommandations :</b> prélever à la sortie du bassin, entre les blocs, en aval de la cascade d'Apendzo.</p>	

MAY00006 – Site 2	Mroni Bè Aval	517 281	8 566 179
<p><b>Recommandations</b> : prélever entre les blocs, dans le lit du cours d'eau. Le jour du prélèvement, le débit est très faible. Des phénomènes d'irisation de l'eau et des algues couvrant le substratum suggèrent une pollution des eaux d'origine organique.</p>			

MAY00007 – Site 2	Mro Oua Dembéni Aval	518 794	8 580 408
		<p><b>Recommandations</b> : prélever au milieu du cours d'eau, 80 m en amont du radier</p>	

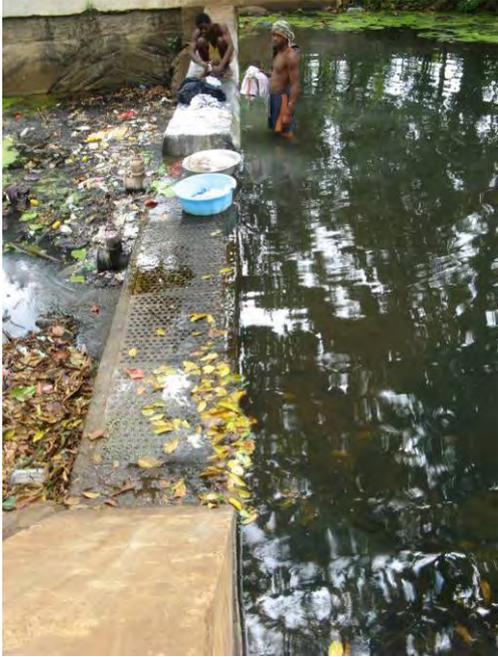
MAY00008 – Site 2	Mro Oua Dembéni Intermédiaire	517 502	8 579 402
		<p><b>Recommandations</b> : prélever dans le cours d'eau, en rive gauche, sous le tuyau d'alimentation de l'alambic, au pied du gros rocher.</p>	

MAY00010 – Site 2	Mro Oua Kwalé Intermédiaire	520 623	8 585 220
 <p data-bbox="397 1075 450 1090">Brgm©</p>		<p data-bbox="981 640 1445 730"><b>Recommandations</b> : prélever à hauteur de la petite cascade marquant la rupture de la coulée de basalte.</p> <p data-bbox="981 763 1437 884">Point déplacé par rapport à la proposition 2008 pour être rapproché du point remarquable que constitue la coulée de basalte.</p>	

MAY00011 – Site 2	Mro Oua Kwalé Amont	518 413	8 584 628
 <p data-bbox="397 1881 450 1897">Brgm©</p>		<p data-bbox="981 1458 1401 1547"><b>Recommandations</b> : prélever à hauteur du captage. Si possible en rive droite.</p> <p data-bbox="981 1581 1430 1671">Point déplacé par rapport à la proposition 2008 pour être rapproché du captage haut, plus accessible.</p>	

MAY00013 – Site 2	Mro Oua Oourovéni Aval retenue	513 252	8 583 381
		<p><b>Recommandations</b> : prélever au niveau du seuil, en bas de l'échelle.</p> <p>Point déplacé par rapport à la proposition 2008 car le point initial s'avère inaccessible.</p>	

MAY00021 - Site	Mro Oua Djalimou Aval	512 348	8 567 942
<p><b>Recommandations</b> : prélever environ 50 m en amont du pont, à l'endroit où le cours d'eau se resserre et se marque par une succession de petites cascades. La portion du cours d'eau situé en contrebas du pont est un site de lessive important.</p>			

MAY00022 – Site 1	Mro Maré Aval retenue	512 153	8 593 628
 <p data-bbox="397 1122 448 1135">Brgm©</p>		<p data-bbox="983 757 1422 846"><b>Recommandations :</b> prélever les eaux de débordement au niveau des grilles du captage</p>	

MAY00023 – Site 1	Mro Oua Andrianabé Aval	509 538	8 590 099
 <p data-bbox="301 1787 352 1800">Brgm©</p>		<p data-bbox="983 1435 1430 1552"><b>Recommandations :</b> prélever au niveau de la retenue (qui se présente comme un petit muret), dans la veine d'eau principale.</p> <p data-bbox="983 1585 1442 1675">La retenue se situe au pied du gabion, une cinquantaine de mètres en amont du forage de M'tsangamouji 2</p>	

MAY00024 – Site 1	Mrowalé captage	512 001	8 586 673
 <p data-bbox="150 952 204 965">Brgm©</p>		<p data-bbox="831 611 1257 701"><b>Recommandations</b> : prélever au niveau du captage, sur le seuil, 1 m en aval de la prise d'eau.</p> <p data-bbox="831 734 1241 824">Point déplacé par rapport à la proposition 2008 car le point initial s'avère inaccessible.</p>	

MAY00025 – Site 1	Mro Oua Kaouénilajoli Intermédiaire		
 <p data-bbox="245 1816 300 1830">Brgm©</p>		<p data-bbox="831 1361 1289 1485"><b>Remarques</b> : non prélevé car le cours d'eau est à sec en cette période. Il a été décidé de remplacer ce point de prélèvement par le point MAY09999</p> <p data-bbox="831 1518 1289 1641">Ci-contre photographie de la cascade délimitant les basaltes B3 des basaltes sous jacents. La cascade est à sec.</p>	

MAY00026 – Site 1	Mro Oua Dagoni Aval	520 452	8 572 794
<p><b>Recommandations</b> : prélever entre les blocs, dans le lit du cours d'eau.</p> <p>Point sensiblement déplacé par rapport à la proposition 2008 car le point initial s'avère peu accessible et très dégradé.</p>			

MAY09999 (nouveau point 2009)	Mro Oua Majimbini Aval	523 501	8 586 381
		<p><b>Recommandations</b> : prélever en contrebas de la route, entre les blocs au milieu du cours d'eau.</p> <p>Ce point appartient à la masse d'eau FRMR18 et remplace le point représentatif de la masse d'eau FRMR17 asséchée en basses eaux.</p>	

Tableau 6. Points du réseau de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux de surface

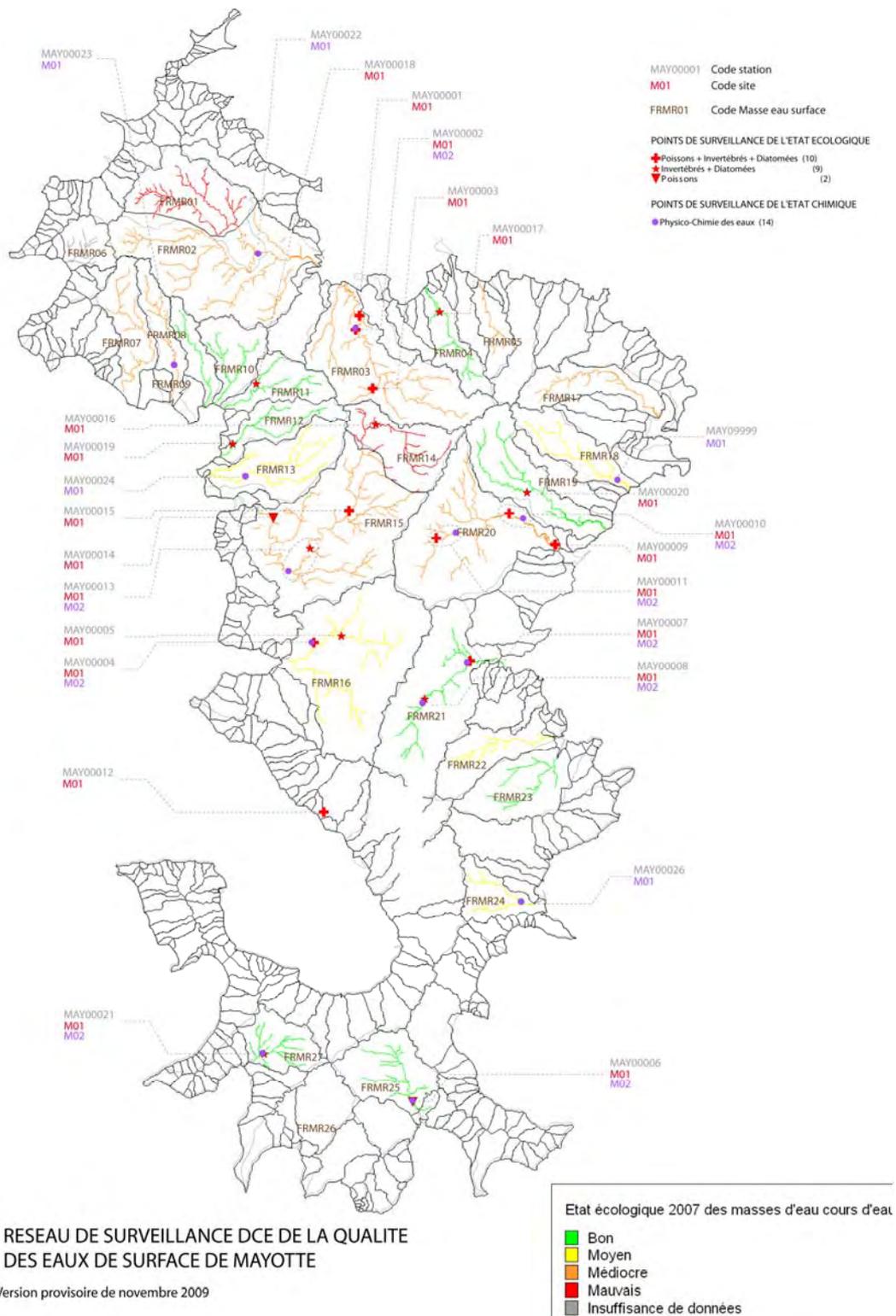


Illustration 1. Points des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux de surface de Mayotte (qualité écologique et physico-chimique). Version provisoire de novembre 2009.

Station	Code station	Site	Code site	Bassin versant	Rivière	Localisation	Masse d'eau	Suivi
Station 1	MAY00001	Site 1	M01	Bouyouni	Mro Oua Bouyouni	aval	FRMR03	P+I+D
Station 2	MAY00002	Site 1	M01	Bouyouni	Mro Oua Bouyouni	intermédiaire	FRMR03	P+I+D
	MAY00002	Site 2	M02	Bouyouni	Mro Oua Bouyouni	intermédiaire	FRMR03	PC
Station 3	MAY00003	Site 1	M01	Bouyouni	Mro Oua Bouyouni	amont	FRMR03	P+I+D
Station 4	MAY00004	Site 1	M01	Coconi	Mro Oua Coconi	aval	FRMR16	P+I+D
	MAY00004	Site 2	M02	Coconi	Mro Oua Coconi	aval	FRMR16	PC
Station 5	MAY00005	Site 1	M01	Coconi	Mro Oua Hachiké	intermédiaire	FRMR16	I+D
Station 6	MAY00006	Site 1	M01	Dapani	Mroni Bé	aval	FRMR25	P
	MAY00006	Site 2	M02	Dapani	Mroni Bé	aval	FRMR25	PC
Station 7	MAY00007	Site 1	M01	Dembéni	Mro Oua Dembéni	aval	FRMR21	P+I+D
	MAY00007	Site 2	M02	Dembéni	Mro Oua Dembéni	aval	FRMR21	PC
Station 8	MAY00008	Site 1	M01	Dembéni	Mro Oua Dembéni	intermédiaire	FRMR21	I+D
	MAY00008	Site 2	M02	Dembéni	Mro Oua Dembéni	intermédiaire	FRMR21	PC
Station 9	MAY00009	Site 1	M01	Kwalé	Mro Oua Kwalé	aval	FRMR20	P+I+D
Station 10	MAY00010	Site 1	M01	Kwalé	Mro Oua Kwalé	intermédiaire	FRMR20	P+I+D
	MAY00010	Site 2	M02	Kwalé	Mro Oua Kwalé	intermédiaire	FRMR20	PC
Station 11	MAY00011	Site 1	M01	Kwalé	Mro Oua Kwalé	amont	FRMR20	P+I+D
	MAY00011	Site 2	M02	Kwalé	Mro Oua Kwalé	amont	FRMR20	PC
Station 12	MAY00012	Site 1	M01	M'tsangachéhi	Mro Oua M'tsangachéhi	aval	-	P+I+D
Station 13	MAY00013	Site 1	M01	Ourovéni aval retenue	Mro Oua Ourovéni	aval	FRMR15	I+D
	MAY00013	Site 2	M02	Ourovéni aval retenue	Mro Oua Ourovéni	aval	FRMR15	PC
Station 14	MAY00014	Site 1	M01	Ourovéni aval retenue	Mro Oua Ourovéni	aval	FRMR15	P
Station 15	MAY00015	Site 1	M01	Ourovéni aval retenue	Mro Oua Ourovéni	intermédiaire	FRMR15	P+I+D
Station 16	MAY00016	Site 1	M01	Ourovéni amont retenue	Mroni Mouala	intermédiaire	FRMR14	I+D
Station 17	MAY00017	Site 1	M01	Longoni	Mro Oua Longoni	aval	FRMR04	I+D
Station 18	MAY00018	Site 1	M01	Batirini	Mro Oua Batirini	intermédiaire	FRMR11	I+D

Station 19	MAY00019	Site 1	M01	Chririni	Mro Oua Chririni	aval	FRMR12	I+D
Station 20	MAY00020	Site 1	M01	Gouloué	Mro Oua Gouloué	amont	FRMR19	I+D
Station 21	MAY00021	Site 1	M01	Djalimou	Mro Oua Djalimou	aval	FRMR26	I+D
	MAY00021	Site 2	M02	Djalimou	Mro Oua Djalimou	aval	FRMR26	PC
Station 22	MAY00022	Site 1	M01	Mare aval retenue	Mro Mare	captage	FRMR02	PC
Station 23	MAY00023	Site 1	M01	Andrianabé	Andrianabe	captage	FRMR08	PC
Station 24	MAY00024	Site 1	M01	Walé	Mro Wale	captage	FRMR13	PC
Station 25	MAY00025	Site 1	M01	Kaouenilajoli	Mro Oua Kaouenilajol	intermédiaire	FRMR17	PC
Station 26	MAY00026	Site 1	M01	Dagoni	Mro Dagoni	aval	FRMR24	PC
Station 25 bis	MAY09999	Site 1	M01	Majimbini	Mro Oua Majimbini	Aval	FRMR18	PC

*Tableau 7. Stations, sites et paramètres de surveillance de la qualité des eaux de surface de type cours d'eau de Mayotte* **P** : Échantillonnage de poissons et macro crustacés. **I** : Échantillonnage d'invertébrés benthiques ; **D** : Échantillonnage de diatomées; **PC** : Analyses physico-chimiques.

## 2) Cas des eaux souterraines,

Les points de mesure du réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines n'ont pas été modifiés par rapport à la proposition de 2008 (cf. rapport BRGM/RP-56774-FR). Ces points ont été définis sur la base du découpage des masses d'eau souterraine, découpage réalisé dans le cadre de la mise en place du SDAGE à Mayotte.

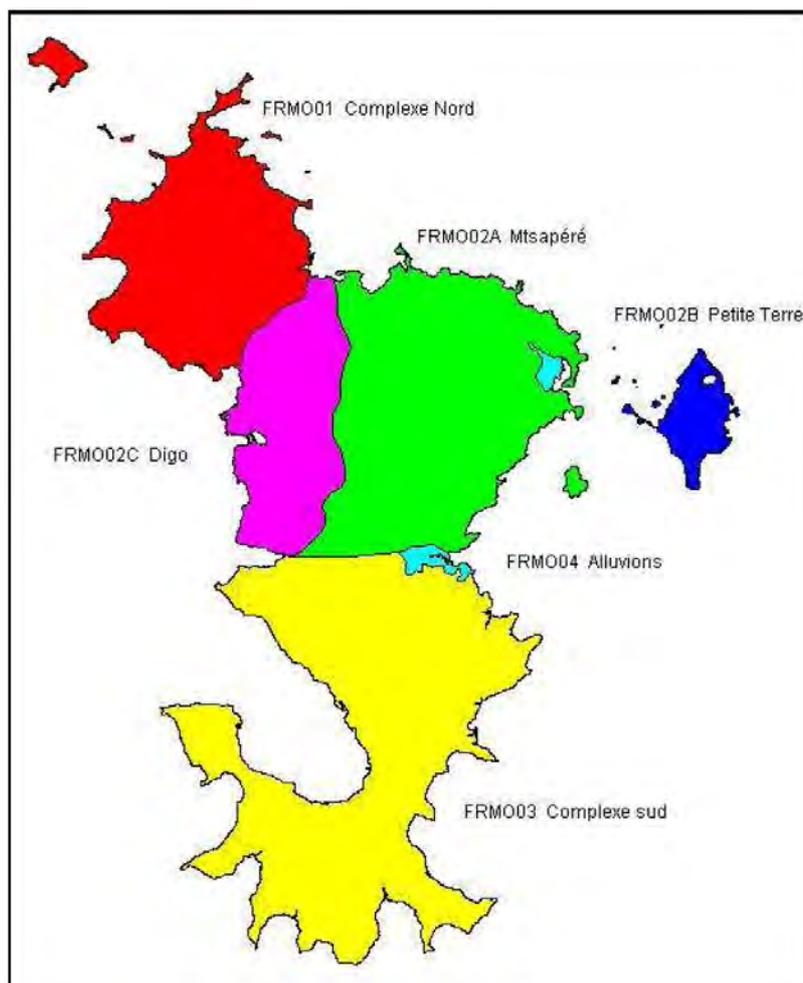


Illustration 2. Découpage des 6 masses d'eau souterraines de Mayotte (extrait de l'avant projet de SDAGE de Mayotte, version 2 de novembre 2008)

Les points sont présentés en suivant et les entêtes de chacun correspondent aux champs suivants.

Identifiant Point d'eau	Désignation	Coord X <sub>RG04</sub>	Coord Y <sub>RG04</sub>
-------------------------	-------------	-------------------------	-------------------------

12307X0022/KOUAL1	Forage de Kwalé 1	520 199	8 585 197
		<p><b>Recommandations :</b> prélever à hauteur du robinet. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant et prévenir la SOGEA des dates et horaires de passage.</p>	

12306X0017/MTSAN1	Forage de M'tsangamouji 1	509 588	8 590 236
		<p><b>Recommandations :</b> prélever à hauteur du robinet. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant et prévenir la SOGEA des dates et horaires de passage.</p>	

12307X0021/Kaoué3	Forage de Kawéni 3 10''	523 830	8 589 227
 <p data-bbox="397 1122 448 1135">Brgm©</p>		<p data-bbox="991 725 1422 875"><b>Recommandations :</b> prélever à hauteur du robinet. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant et prévenir la SOGEA des dates et horaires de passage.</p>	

12316X0032/MRONAB	Forage de M'ronabéja 2	513 699	8 565 366
 <p data-bbox="301 1787 352 1800">Brgm©</p>		<p data-bbox="991 1476 1449 1626"><b>Recommandations :</b> prélever à hauteur du robinet. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant et prévenir la SOGEA des dates et horaires de passage.</p>	

12306X0046/BOUY	Forage de Méresse	514 496	8 591 805
 <p data-bbox="151 952 207 974">Brgm©</p>		<p data-bbox="837 638 1292 795"><b>Recommandations :</b> prélever à hauteur du robinet. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant et prévenir la SOGEA des dates et horaires de passage.</p>	

12307X0115/IBS	Forage IBS	520 720	8 592 072
 <p data-bbox="247 1780 303 1803">Brgm©</p>		<p data-bbox="837 1422 1292 1512"><b>Recommandations :</b> prévenir les exploitants de la carrière IBS des dates et horaires de passage.</p>	

12313X0021/TSARA1	Piézomètre de Tsararano	518 762	8 580 531
 <p data-bbox="300 947 355 963">Brgm©</p>		<p data-bbox="991 472 1449 680"><b>Recommandations</b> : mettre en place un dispositif de pompage pour prélever. S'assurer de l'extraction d'un volume d'eau suffisant de la colonne de forage - jusqu'à stabilisation des mesures avant prélèvement.</p> <p data-bbox="991 719 1449 808">La stabilisation des mesures <i>in situ</i> (conductivité, pH, etc.) est un moyen sûr de vérifier la qualité de la purge.</p> <p data-bbox="991 846 1449 956">Lors des prélèvements du 26/10/2009 le volume purgé s'élève à 1,5 fois le volume de la colonne au dessus de la pompe. .</p>	

12308X0086/PZ4	Piézomètre du gymnase	530 365	8 586 514
 <p data-bbox="395 1787 451 1803">Brgm©</p>		<p data-bbox="991 1225 1449 1433"><b>Recommandations</b> : mettre en place un dispositif de pompage pour prélever. S'assurer de l'extraction d'un volume d'eau suffisant de la colonne de forage - jusqu'à stabilisation des mesures avant prélèvement.</p> <p data-bbox="991 1471 1449 1561">La stabilisation des mesures <i>in situ</i> (conductivité, pH, etc.) est un moyen sûr de vérifier la qualité de la purge.</p> <p data-bbox="991 1599 1449 1711">Lors des prélèvements du 29/10/2009 le volume purgé s'élève à 2 fois le volume de la colonne d'eau au dessus de la pompe.</p>	

12306X0008/HY	Source de Combadrain	516 401	8 585 658
		<p><b>Recommandations</b> : prélever dans la buse amont (reconnaisable par la trappe verte) en sortie du drain de plus faible débit.</p>	

12313X0007/HY	Source de Labomaré	521 354	8 579 131
		<p><b>Remarques</b> : prélever en sortie de tuyau. Dans la mesure du possible, effectuer mesures et prélèvements en conditions de marées basses afin de s'affranchir au maximum des contaminations de la source par invasion marine. Le jour du prélèvement, prélèvements et mesure sont réalisés à 15h et la marée est à son point le plus bas à 17h38 (coefficient 1,6)</p>	

Tableau 8. Points du réseau de surveillance de la qualité physico-chimique des eaux de surface

La répartition géographique des points de prélèvement d'eau souterraine est illustrée ci-après.

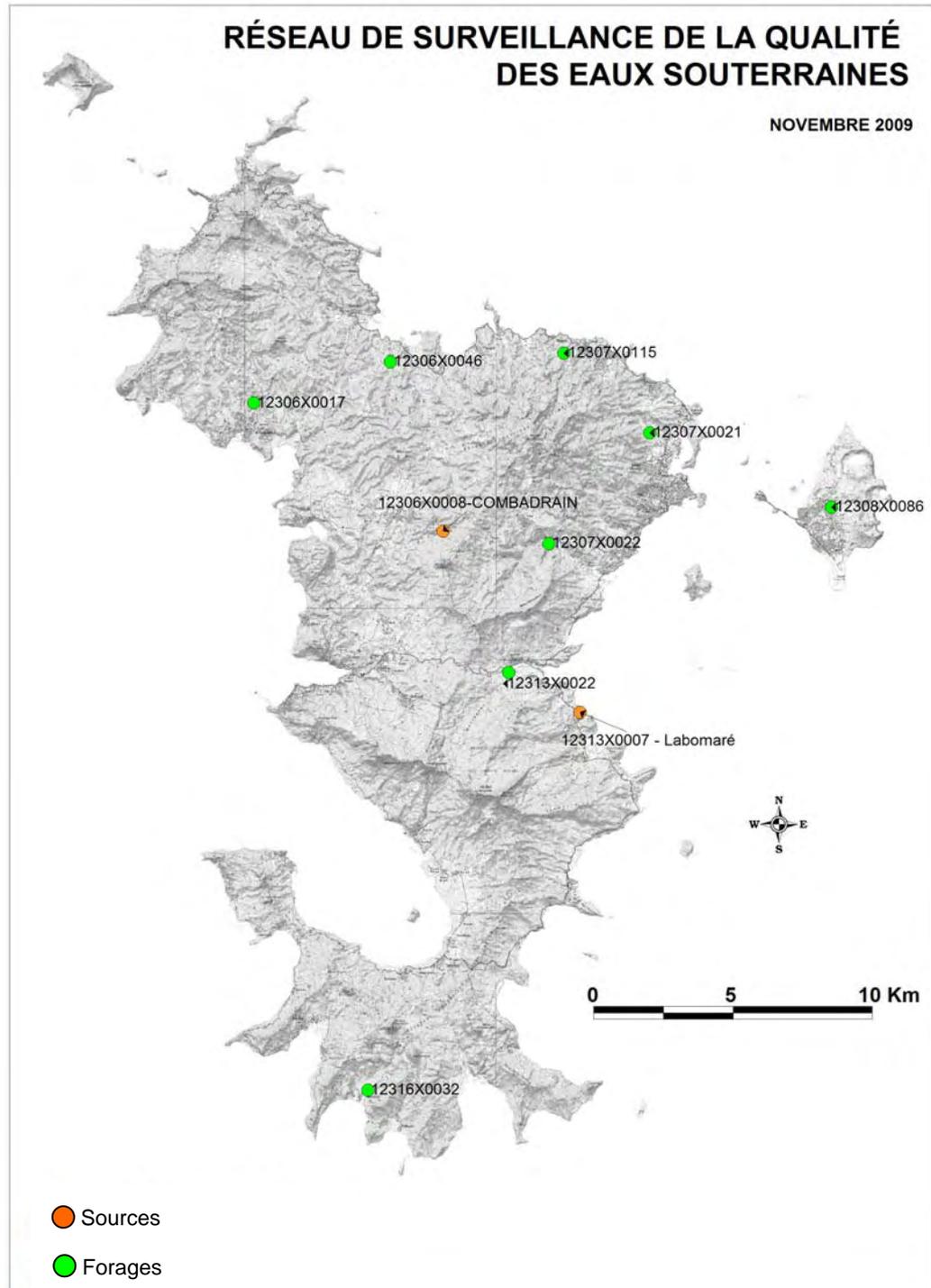


Illustration 3. Répartition des points de prélèvements du réseau de surveillance DCE des eaux souterraines de Mayotte (version provisoire de novembre 2009)

### 3.2.3. Résultats des mesures *in situ* – eaux superficielles

Les mesures *in situ* : température, pH, conductivité, potentiel redox et oxygène dissous ont été réalisées parallèlement aux prélèvements au moyen de sondes Mettler-Toledo® correctement et fréquemment calibrées. Les résultats de ces mesures pour les eaux de surface et les eaux souterraines sont donnés ci-dessous.

Identifiant Point d'eau	Désignation	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm) à 25°C	pH	Potentiel redox NHE (mV)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)
MAY00010	Mro Oua Kwalé Aval	25/10/2009 08:17	25,4	289	7,79	+365	91	7,5
MAY00011	Mro Oua Kwalé Amont	25/10/2009 09:45	24,6	205	7,6	+349	86,2	7,1
MAY00004	Mro Oua Coconi	25/10/2009 11:30	25,5	187	7,19	+313	20,2	1,64
MAY00013	Mro Oua Oourovéni	25/10/2009 12:30	27,2	142	7,16	+337	69	5,2
MAY00024	Mrowalé	25/10/2009 13:30	25,5	131	7,09	+367	67,1	5,34
MAY00026	Mro Oua Dagoni	26/10/2009 12:30	27,4	318	7,1	+303	75	5,9
MAY00006	Mroni Bè	26/10/2009 09:45	25,6	450	7,44	+102	5,9	0,5
MAY00021	Mro Oua Djalimou	26/10/2009 10:45	25,1	410	7,51	+215	76,7	6,32
MAY00008	Mro Oua Dembéni Amont	27/10/2009 13:00	25,2	325	7,65	+345	69	5,57
MAY00007	Mro Oua Dembéni Aval	27/10/2009 12:00	27,1	365	7,85	+336	86,3	6,8
MAY00022	Mro Maré aval	28/10/2009 10:30	25,5	192	6,81	+323	14,5	1,17
MAY00023	Mro Oua Andrianabé Aval	28/10/2009 09:00	24,6	232	8,01	+347	89,3	7,42
MAY00002	Mro Oua Bouyouni Aval	28/10/2009 11:00	24,8	183	7,31	+342	82,5	6,83

Identifiant Point d'eau	Désignation	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm) à 25°C	pH	Potentiel redox NHE (mV)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)
MAY00025	Mro Oua Kaouénilajoli	Non prélevé						
MAY09999	Mro Oua Majimbini	29/10/2009 19:00	26,3	519	6,86	+243	20	1,6

Tableau 9. Résultats des mesures in-situ de la campagne d'analyse des 14 points d'eau de surface d'octobre 2009.

### 1) Température des eaux superficielles

La température des eaux superficielles mesurée sur les 14 points ayant fait l'objet d'un prélèvement en octobre 2009 varie peu entre 24,6 et 27,4°C avec une moyenne de 25,7°C (Tableau ci-dessus).

### 2) Conductivité des eaux superficielles

La conductivité électrique de l'eau représente sa capacité à conduire le courant électrique. Elle est directement proportionnelle à la quantité d'ions dissous dans l'eau et traduit donc la minéralisation de l'eau. Plus la conductivité est élevée et plus la minéralisation des eaux est importante.

La conductivité des eaux superficielles de Mayotte varie entre 131 µS.cm<sup>-1</sup> et 519 µS.cm<sup>-1</sup>, avec une valeur moyenne de 282 µS.cm<sup>-1</sup> (Tableau 9). Ces valeurs montrent que les eaux sont peu minéralisées, comme cela est souvent le cas dans les eaux superficielles, d'autant plus en milieu volcanique sur des bassins versant de petite extension en raison du caractère limité des interactions eaux-roches.

### 3) pH des eaux superficielles

Le pH des eaux superficielles de Mayotte varie entre 6,8 (pH acide) et 8,0 (pH basique) avec une moyenne proche de la neutralité avec 7,4 (Tableau 9).

### 4) Potentiel redox des eaux superficielles

Le potentiel redox Eh mesuré sur le terrain est corrigé par rapport à l'électrode hydrogène de référence.

La correction est la suivante :

$$Eh_{NHE}(mV) = Eh_{mesuré} + 224,6(mV) - 0,71418 \times T(^{\circ}C) + \Delta E$$

Ou  $\Delta E$  est un facteur correctif fonction de l'âge de l'électrode.

Les valeurs de potentiel redox observées dans les eaux superficielles de Mayotte varient entre 102 et 367 mV, avec une moyenne de 306 mV. Cette valeur moyenne est caractéristique des eaux à caractère oxydant (Tableau 9).

### 5) Oxygène dissous des eaux superficielles

Les teneurs en oxygène dissous des eaux superficielles s'échelonnent entre 5,9 % et 91 %, avec une valeur moyenne de 60,9 % (Tableau 9). Ces résultats montrent une très grande disparité entre les différents points échantillonnés.

### 6) Alcalinité des eaux superficielles

La mesure de l'alcalinité est réalisée dans les locaux du BRGM en fin de journée. Les résultats sont donnés dans le Tableau ci-dessous.

Identifiant du point d'eau	Désignation	Date	pH (laboratoire)	Alcalinité (meq/l)	Alcalinité (mg/l de HCO <sub>3</sub> )
MAY00010	Mro Oua Kwalé Aval	25/10/2009	7.77	2.5	152.5
MAY00011	Mro Oua Kwalé Amont	25/10/2009	7.64	1.68	102.48
MAY00004	Mro Oua Coconi	25/10/2009	7.52	1.41	86.01
MAY00013	Mro Oua Orovéni	25/10/2009	7.16	0.97	59.17
MAY00024	Mrowalé	25/10/2009	6.97	1.07	65.27
MAY00026	Mro Oua Dagoni	26/10/2009	7.25	2.24	136.64
MAY00006	Mroni Bè	26/10/2009	7.55	5.7	347.7
MAY00021	Mro Oua Djalimou	26/10/2009	8.01	3.45	210.45
MAY00008	Mro Oua Dembéni Amont	27/10/2009	7.61	2.78	169.58
MAY00007	Mro Oua Dembéni Aval	27/10/2009	7.78	3.31	201.91
MAY00022	Mro Maré aval	28/10/2009	6.77	1.41	86.01
MAY00023	Mro Oua Andrianabé Aval	28/10/2009	7.85	1.95	118.95
MAY00002	Mro Oua Bouyouni Aval	28/10/2009	7.34	1.41	86.01
MAY09999	Mro Oua Majimbini	29/10/2009	7.11	4.02	245.22

Tableau 10. Résultats des mesures d'alcalinité des 14 points d'eau de surface de la campagne d'octobre 2009.

L'alcalinité des eaux superficielles varie entre 1,1 et 5,7 meq/L. En l'absence des analyses complètes, l'interprétation des valeurs d'alcalinité est délicate (cf. programme 2010).

### 3.2.4. Résultats des mesures *in situ* – Eaux souterraines

Identifiant Point d'eau	Désignation	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm) à 25°C	pH	Potentiel redox NHE (mV)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)
12306X0008/HY	Source de Combadrain	25/10/2009 14:30	25,6	150	6,95	+361	86,1	6,6
12313X0007/HY	Source de Labomaré	27/10/2009 15:00	28,1	454	6,82	+314	62,6	4,75
12307X0022/KOUAL1	Forage de Kwalé 1	25/10/2009 08:40	27,1	339	7,41	+347	70,9	5,6
12316X0032/MRONAB	Forage de M'ronabéja 2	26/10/2009 11:15	27,7	608	6,89	+285	54,5	4,3
12307X0021/Kaoué3	Forage de Kawéni 3 10''	30/10/2009 07:00	28,9	472	7,26	+304	73	5,65
12306X0046/BOUY	Forage de Bouyouni Méresse	28/10/2009 11:30	28,1	237	7,64	+346	63,8	5,82
12306X0017/MTSAN1	Forage de M'tsangamouji 1	28/10/2009 08:30	28,4	264	8,82	+264	25	1,96
12307X0115/IBS	Forage IBS	29/10/2009	27,7	204	6,45	+351	84,1	6,62
12313X0021/TSARA1	Piézomètre de Tsararano	27/10/2009 10:00	28,3	201	6,33	+335	26,9	2,09
12308X0086/PZ4	Piézomètre du Gymnase	29/10/2009 10:00	28,8	2190	8,16	+351	2,7	0,2

Tableau 11. Résultats des mesures *in-situ* de la campagne d'analyse des 10 points d'eau souterraine d'octobre 2009.

#### 1) Température des eaux souterraines

Les températures des eaux souterraines observées dans les 10 points ayant fait l'objet d'un prélèvement en octobre 2009 varient peu entre 25,6 et 28,9°C avec une moyenne de 27,9°C (Tableau 11). Ces températures correspondent à celles classiquement rencontrées dans les eaux souterraines de Mayotte (cf. rapport BRGM/RP-56774-FR) et ne subissent pratiquement pas de variations annuelles. La faible variabilité de ce paramètre en fonction par exemple de l'altitude ou la position géographique ne permet

pas d'établir de relation entre la température de l'eau et par exemple la masse d'eau ou encore le type d'ouvrage.

## **2) Conductivité des eaux souterraines**

La conductivité électrique de l'eau est dépendante du temps de transit et des roches en contact avec l'eau. Une intrusion d'eau de mer ou un contact avec des formations plus ou moins solubles peuvent influencer ce paramètre.

Dans le cadre de la campagne de prélèvement effectuée en octobre 2009, la conductivité des eaux souterraines varie entre  $150 \mu\text{S.cm}^{-1}$  et  $608 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , à une exception près. La conductivité moyenne est de  $325 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (Tableau 11). Ces valeurs montrent que les eaux sont peu minéralisées, comme cela est souvent le cas en milieu volcanique en raison du caractère limité des interactions eaux-roches et des temps de transit globalement faibles en contexte insulaire. Seul le piézomètre du gymnase se distingue des autres points par une conductivité plus élevée qui atteint  $2190 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . Ce nouveau forage, réalisé en février-mars 2009, se situe au centre de Petite terre. Les mesures réalisées au moment de la foration (BRGM/RP-56783-FR) ainsi que celles de la campagne de prélèvement d'octobre 2009, laissent supposer l'existence d'une intrusion d'eaux marines. La nappe de Petite terre est saumâtre.

Hormis ce point, le forage de M'ronabéja 2 (le forage le plus méridional de Mayotte) présente également une conductivité plus élevée que les autres points (ce qui avait déjà été mis en évidence lors de la synthèse des données existantes ; BRGM/RP-56774-FR). Les études du bassin d'alimentation de captage du forage de M'ronabéja (rapport BRGM/RP-57623-FR) ont mis en évidence des valeurs de conductivité comparables dans le cours d'eau principal, le Mroni Antanana. A première vue, la conductivité élevée des eaux souterraines n'est pas conséquente à l'intrusion d'eau marine mais liée aux eaux superficielles continentales. L'analyse des paramètres majeurs permettra de déterminer quel(s) constituant(s) est (sont) responsables de ce signal élevé.

## **3) pH des eaux souterraines**

Le pH des eaux souterraines de Mayotte varie entre 6,3 (pH acide) et 8,8, (pH basique) avec une moyenne proche de la neutralité avec 7,3 (Tableau 11).

Deux forages présentent des pH supérieurs à 8 : il s'agit du piézomètre du gymnase (pH de 8,2) et forage de AEP de M'tsangamouji (12306X0017/MTSAN1 ; pH de 8,8). Ce forage avait déjà été identifié précédemment comme étant de pH élevé (BRGM/RP-56774-FR).

## **4) Potentiel redox des eaux souterraines**

Le potentiel redox des eaux souterraines de Mayotte varie entre 264 et 361 mV, avec une moyenne de 326 mV, ce qui illustre le caractère oxydant des eaux (Tableau 11).

### 5) Oxygène dissous des eaux souterraines

Les teneurs en oxygène dissous des eaux souterraines varient entre 2,7 % et 86,1 %, avec une valeur moyenne de 55,0 % (Tableau 11). Ces résultats montrent une très grande disparité entre les différents points échantillonnés.

### 6) Alcalinité des eaux souterraines

Identifiant du point d'eau	Désignation	Date	pH (laboratoire)	Alcalinité (meq/l)	Alcalinité (mg/l de HCO <sub>3</sub> )
12306X0008/HY	Source de Combadrain	25/10/2009	6.78	1.24	75.64
12313X0007/HY	Source de Labomaré	27/10/2009	6.90	3.48	212.28
12307X0022/KOUAL1	Forage de Kwalé 1	25/10/2009	7.61	2.95	179.95
12316X0032/MRONAB	Forage de M'ronabéja 2	26/10/2009	6.96	6.65	405.65
12307X0021/KAOUÉ3	Forage de Kawéni 3 10"	30/10/2009	7.28	4.02	245.22
12306X0046/BOUY	Forage de Bouyouni Méresse	28/10/2009	7.37	1.81	110.41
12306X0017/MTSAN1	Forage de M'tsangamouji 1	28/10/2009	8.77	1.88	114.68
12307X0115/IBS	Forage IBS	29/10/2009	6.54	2.46	150.06
12313X0021/TSARA1	Piézomètre de Tsararano	27/10/2009	6.48	1.67	101.87
12308X0086/PZ4	Piézomètre Gymnase	29/10/2009	8.22	15.55	948.55

Tableau 12. Résultats des mesures d'alcalinité des 10 points d'eau souterraine de la campagne d'octobre 2009

L'alcalinité des eaux souterraines varie entre 1,24 et 6,65 meq/L, à l'exception du piézomètre du gymnase (15,6 meq/L ; Tableau 12). Ces résultats sont cohérents avec les valeurs de conductivité observées : les points présentant les plus fortes conductivités sont ceux présentant les fortes alcalinités. L'interprétation des valeurs d'alcalinité sera réalisée en 2010, comme convenu au cahier des charges ONEMA/BRGM 2009 (cf. programme 2010).

#### 3.2.5. Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les eaux souterraines

D'une manière générale, la présence de bactéries dans les eaux souterraines est un signe de pollution, le plus souvent d'origine anthropique, et donc le reflet d'une certaine vulnérabilité de l'aquifère, au moins localement. Néanmoins, une analyse bactériologique est l'image de la qualité microbiologique des eaux au moment du prélèvement et n'a donc pas valeur dans le temps. Elle doit être étudiée en parallèle

des résultats d'analyses chimiques. De plus, pour être correctement interprétée, elle doit être accompagnée d'une enquête sanitaire. Seule cette dernière pourra permettre de conclure sur l'origine précise de la pollution rencontrée, en particulier s'il s'avère qu'il s'agit d'une pollution d'origine fécale afin de déterminer si celle-ci est d'origine humaine et/ou animale).

La numération des germes est réalisée au laboratoire de la SOGEA à Kahani par méthode des NPP (Nombre le Plus Probable). Lesensemencements sont réalisés le jour même des prélèvements et les germes sont dénombrés 24 h après. Les résultats sont donnés dans le Tableau ci-dessous.

Lieux	Dates	en col/100 ml		
		Coliformes totaux	E.COLI	Entérocoques
Forage Kwalé 1	20-oct-09	<1	<1	<1
Forage Kawéni 3 10''	20-oct-09	<1	<1	<1
Source Combadrain	20-oct-09	<1	<1	<1
Forage Meresse	20-oct-09	<1	<1	<1
Forage Mtsangamouji 1 Amont	20-oct-09	<1	<1	<1
Forage Mronabéja	21-oct-09	6.4	<1	2
Piézomètre Tsararano*	27-oct-09	10.6	<2	15
Source Labomaré*	27-oct-09	10	<1	<1
Piézomètre Gymnase*	29-oct-09	1	<1	17.8
Forage Carrière IBS	29-oct-09	3.1	<1	1

Tableau 13. Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les 10 points d'eau souterraine de la campagne d'octobre 2009. Prélèvement SOGEA & BRGM (\*), analyses SOGEA, détermination par méthode NPP IDEXX.

Les résultats des analyses bactériologiques réalisées dans les eaux souterraines de Mayotte en octobre 2009 montrent :

- la présence de coliformes totaux dans la moitié des échantillons
- la présence d'entérocoques pour 4 des 5 points présentant des coliformes totaux
- l'absence de bactéries de type *Escherichia coli* dans l'ensemble des échantillons.

Les coliformes totaux sont des indicateurs de pollution d'origine organique dans les eaux (eaux de surface, souterraines, sources d'approvisionnement ou canalisations d'eau potable). Une eau souterraine bien protégée ne doit pas contenir de coliformes totaux.

Les résultats des analyses réalisées en octobre 2009 mettent donc en évidence qu'à proximité de certains points d'émergence, l'aquifère est vulnérable aux pollutions. Pour les sites ne présentant aucune pollution d'origine bactériologique, il n'est néanmoins pas possible de conclure à la parfaite protection des eaux souterraines car l'absence de bactéries dans les eaux peut également être expliquée par l'absence de pollution localement.

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli*, qui représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés, est un indicateur de pollution d'origine fécale humaine ou animale. Son intérêt est que sa survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que sa densité est généralement équivalente au degré de pollution produite par les matières fécales.

Dans le cadre des analyses réalisées à Mayotte en 2009, cette bactérie est totalement absente des eaux souterraines analysées. Au niveau des échantillons présentant des coliformes totaux, l'absence d'*Escherichia coli* dans les eaux pourrait laisser supposer :

- soit que les coliformes totaux retrouvés ne sont pas des coliformes thermotolérants,
- soit qu'il s'agit de coliformes thermotolérants mais autres qu'*Escherichia coli* (10 à 20 % des cas).

Les entérocoques sont des bactéries de la famille des streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield. Le rôle des entérocoques à titre d'indicateur de contamination fécale dans les aquifères (nappes d'eau souterraine) a été récemment reconnu par l'OMS. En effet, des études menées aux États-Unis ont démontré leur utilité pour mettre en évidence une contamination fécale de l'eau souterraine. Cet intérêt à l'égard des entérocoques s'expliquerait par le fait que, comparativement aux coliformes (incluant *Escherichia coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau.

Dans ce contexte, les résultats de la campagne 2009 semblent donc illustrer la présence d'une pollution d'origine fécale des eaux pour quatre des échantillons, pollution qui néanmoins n'est pas mise en évidence par la présence d'*E. coli*. Ces résultats sont à relier avec l'absence d'assainissement et de structures sanitaires généralisées, mais aussi avec les activités d'élevage (troupeaux vagabonds) que l'on rencontre sur tous les bassins de Mayotte.

En ce qui concerne le piézomètre de Tsararano, un puits non identifié auparavant est situé à une quinzaine de mètres du piézomètre. Ce puits (ou fosse) sert – entre autres – au stockage de déchets verts ou compostage, mais il constitue un vecteur de vulnérabilité vis-à-vis des eaux souterraines et explique vraisemblablement la concentration élevée en germes.

### **3.2.6. Analyses physico-chimiques des eaux superficielles et souterraines**

L'analyse des 24 prélèvements (14 points eau de rivière et 10 points eau souterraine) est réalisée par l'Institut Pasteur de Lille au mois de novembre/décembre 2009. Les résultats et interprétations de ces analyses seront présentés dans le rapport final de 2010.

### **3.3. SURVEILLANCE DES MASSES D'EAU COTIERES (CF. RAPPORT DE DEFINITION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE « QUALITE DES MASSES D'EAU COTIERES » DE MAYOTTE, ARVAM 2009, ANNEXE 3)**

En complément de la campagne 2008 (cf. rapport ARVAM A 345 - décembre 2008), une seconde campagne d'échantillonnage a été réalisée entre le 6 et le 16 avril 2009. Cette campagne était axée principalement sur :

- la mesure des paramètres physico-chimiques (protocole de la campagne 2008) ;
- la mesure contaminants chimiques dans l'eau de mer (méthode des échantillonneurs passifs).

Les objectifs des travaux 2009 de l'ARVAM sont triples :

- caractériser les masses d'eau côtières de Mayotte par une première évaluation des niveaux de concentration de composés chimiques sur lesquels il n'y a encore aucune information ;
- réaliser une première évaluation de la qualité des eaux au regard des normes de qualité environnementale (NQE) provisoires disponibles pour les contaminants des annexes 9 et 10 de la circulaire DCE 2008/105/CE du 16 décembre 2008 ;
- évaluer à grande échelle l'opérationnalité des systèmes de mesure en termes de réduction des coûts et rapidité d'obtention des résultats, mais aussi en termes de facilité de mise en œuvre par du personnel non spécialisé.

#### **3.3.1. Campagne de mesure des paramètres généraux et phytoplancton**

La campagne d'avril 2009 comprend la mesure des paramètres généraux (détail dans le Tableau 14) et du phytoplancton sur 34 stations, soit 2 stations par masse d'eau côtière. Ces stations sont identiques à celles échantillonnées dans le cadre de la campagne de novembre 2008 (cf. rapport ARVAM 2008).

Les 34 stations ont été échantillonnées le 7, 8, 9 et 14 avril 2009, à hauteur de 8 stations par jour en moyenne.

L'indicateur phytoplancton est suivi au travers de la biomasse, déterminée par la teneur en chlorophylle a.

La matière en suspension (MES) est déterminée après filtration sous vide lors du prélèvement.

Les résultats préliminaires des mesures *in situ* (température, conductivité, salinité, oxygène dissous) et des mesures de MES et de turbidité sont compilées dans le rapport ARVAM 2009.

Paramètre	Prestataire	Méthodes	Unité	Seuil de détection	Précision
Température	ARVAM	Sonde <i>in situ</i> YSI 600 QS	°C	-	0,05%.
Salinité	ARVAM	Sonde <i>in situ</i> YSI 600 QS	psu	0,02 psu	0,01 psu
Oxygène dissous	ARVAM	Sonde <i>in situ</i> YSI 600 QS	ml.l <sup>-1</sup>	< 0,02 ml.l <sup>-1</sup>	5 %
Turbidité	ARVAM	NF EN 27027	FSU	0,01 FSU	5%
Matière en Suspension	ARVAM	NF EN 872, modifié Aminot et Kérouel, 2004	mg.l-1	0,2 mg.l-1	5%
Azote ammoniacal	ARVAM	NF T 90-15 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l <sup>-1</sup>	0,05 µmol.l <sup>-1</sup>	5%
Phosphate	ARVAM	NF EN 1189 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l <sup>-1</sup>	0,02 µmol.l <sup>-1</sup>	0,05 µmol.l <sup>-1</sup>
Silicate	ROUEN	ISO 16264 modifiée RNO- CNEXO	µmol.l <sup>-1</sup>	0,14 µmol.l <sup>-1</sup>	5%
Nitrates	ROUEN	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	µmol.l <sup>-1</sup>	0,08 µmol.l <sup>-1</sup>	5%
Nitrites	ROUEN	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	µmol.l <sup>-1</sup>	0,04 µmol.l <sup>-1</sup>	11%
Chlorophylle a	ARVAM	Fluorimétrie (Aminot Kerouel 2004)	mg/m <sup>3</sup>		

Tableau 14. Détails des paramètres généraux mesurés lors de la campagne d'avril 2009 (extrait du rapport ARVAM 2009)

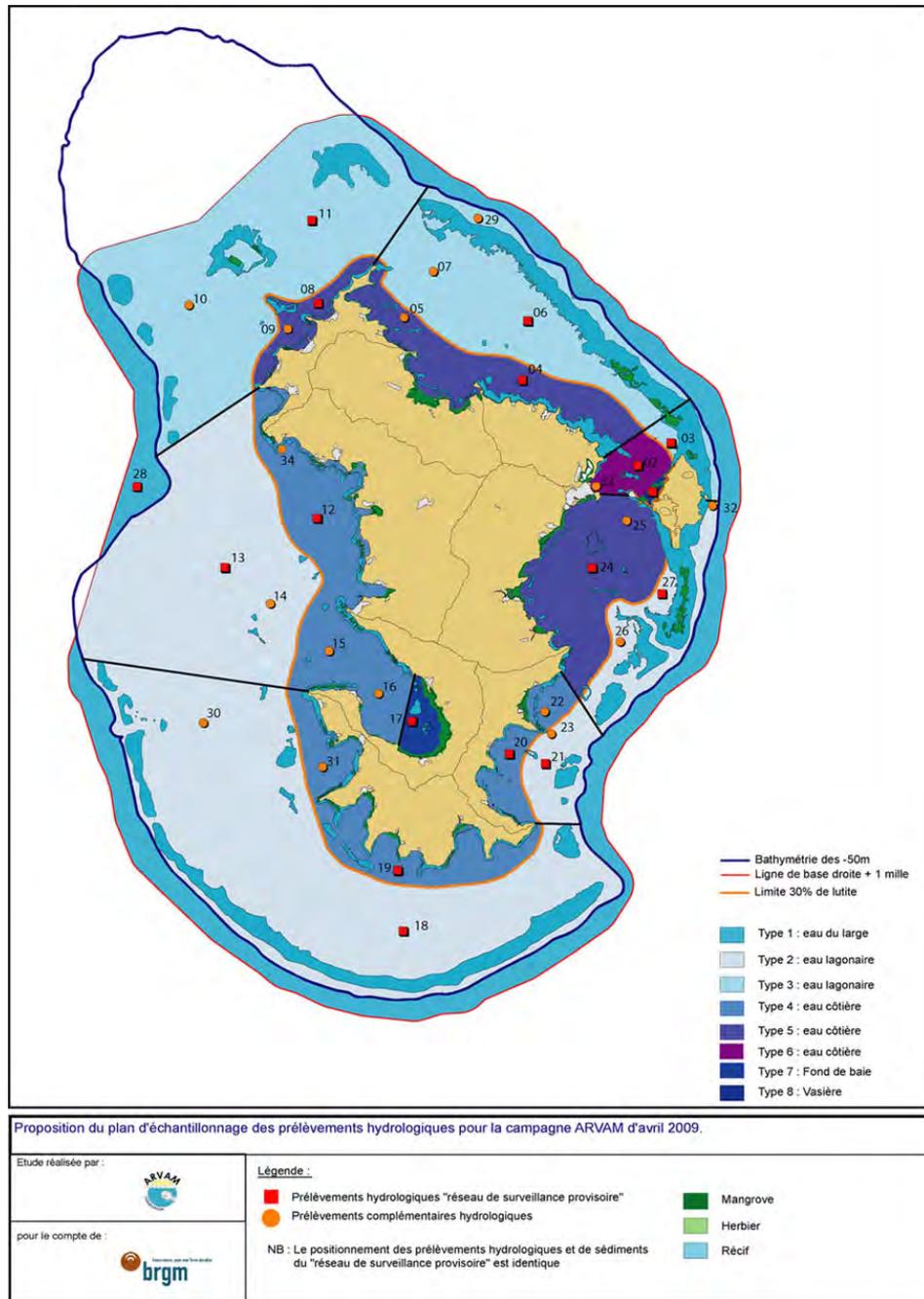


Illustration 4. Positionnement des 34 stations de mesure des paramètres généraux et phytoplancton communes aux campagnes d'échantillonnage de novembre 2008 et d'avril 2009 (extrait du rapport ARVAM 2009).

### 3.3.2. Campagne de mesure des contaminants chimiques : mise en place des échantillonneurs passifs

7 échantillonneurs passifs ont été installés sur 7 stations de types d'eau différents (cf. détails en Tableau 15 et positionnement en Illustration 5).

Sur chaque station, 3 types d'échantillonneurs complémentaires ont été installés :

- un échantillonneur de type DGT (Diffusive Gradient in Thin film) qui permet la mesure de la concentration de 8 métaux en phase dissoute ;
- un échantillonneur de type SBSE (Stir Bar Sorptive Extraction) qui permet la mesure de 54 contaminants organiques hydrophobes semi-volatils par adsorption sur la surface du barreau (« Bar ») : HAP, PCB et la plupart des pesticides organochlorés ;
- un échantillonneur de type POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) qui permet la mesure des molécules hydrophiles dans l'eau (herbicides, stéroïdes, produits pharmaceutiques et vétérinaires). Les POCIS fournissent des données qualitatives sur 7 molécules et quantitatives sur 38 molécules.

Station	Site	Latitude	Longitude	Type d'eau, type d'apport
1	Bouéni	- 12,90764	45,12628	Fond de baie, village en amont de mangrove
2	Moutsangamougi	- 12,76973	45,08203	Eau côtière, récif frangeant face au village
3	Longoni	- 12,71931	45,16332	Eau côtière, port de commerce
4	Grand Récif Nord Est	- 12,69376	45,22892	Eau lagonaire, champ moyen Nord-Est
5	Dzaoudzi	- 12,78015	45,26159	Eau côtière, port militaire et de plaisance, vasière des badamiers
6	STEP Mamoudzou	-12,79188	45,22852	Eau côtière, STEP
7	Décharge Mamoudzou	-12,75153	45,24528	Eau côtière, récif frangeant en face de la décharge

Tableau 15. Stations de mesure des échantillonneurs passifs (extrait du rapport ARVAM 2009)

Au total, l'utilisation des échantillonneurs passifs permet la mesure de 96 contaminants dont 24 appartiennent à la liste des 41 substances prioritaires indiquées par la DCE.

A l'exception des SBSE dont la mesure est instantanée, les DGT nécessitent une immersion de 48 à 72 h et les POCIS une immersion de l'ordre de 3 semaines environ. La récupération des derniers POCIS a été opérée le mercredi 6 mai 2009.

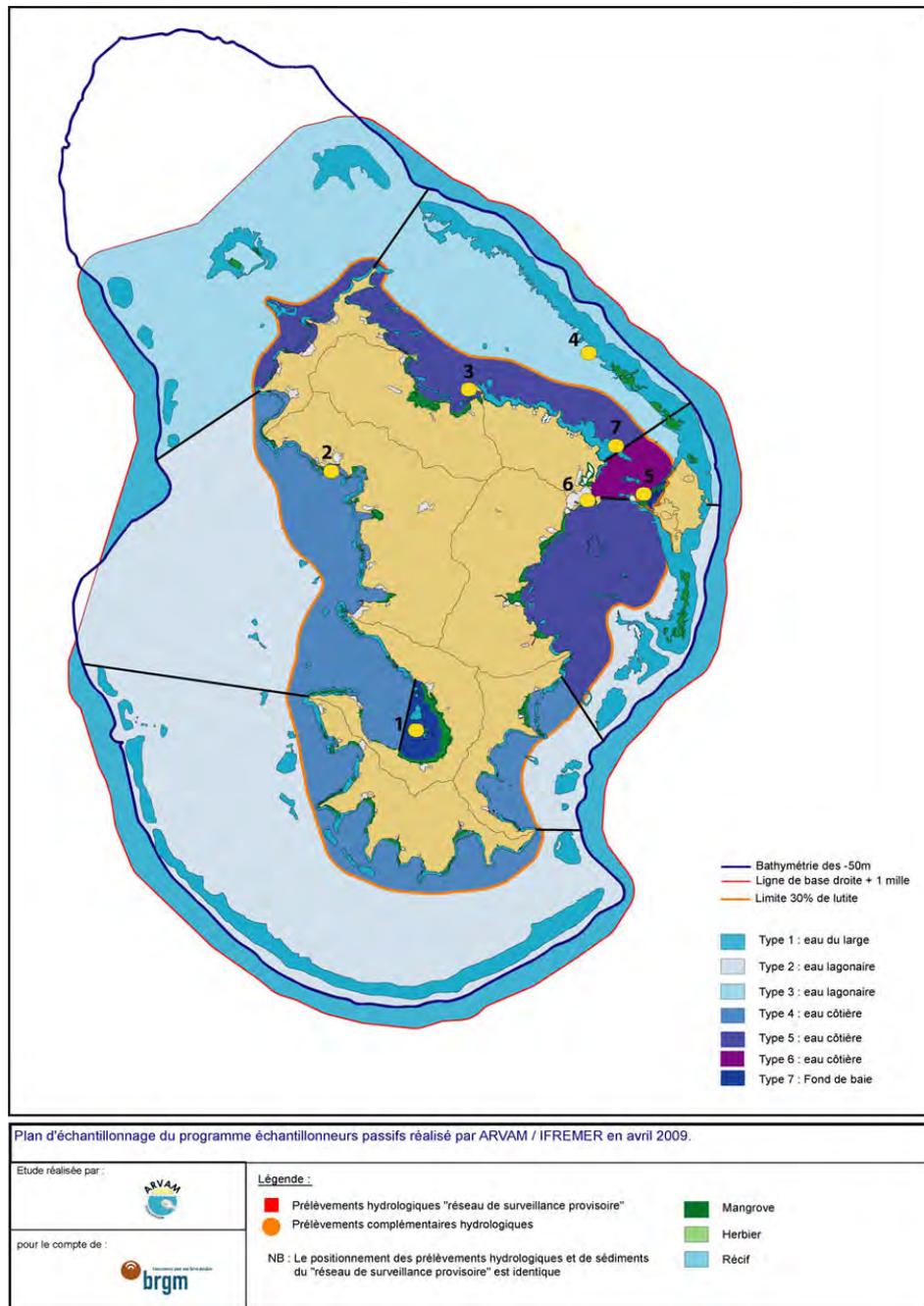


Illustration 5. Positionnement des 7 stations de mesure (en jaune) des contaminants chimiques au moyen des échantillonneurs passifs (à mettre en relation avec le Tableau 15, extrait du rapport ARVAM 2009).



## 4. Perspectives 2010

Le programme des études 2010 a été révisé suite aux contraintes budgétaires et délais administratifs imposés par l'ONEMA (décision de mars 2009). Le programme initialement prévu a du être recomposé et les études 2010 seront menées à travers la convention de R&D partagés Etat (représenté par le Secrétariat à l'Outre Mer) et BRGM du 02 septembre 2009.

### 4.1. PROGRAMME BRGM : CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE (MARS/AVRIL) ET PROJET DE PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE

Sur le modèle de la campagne d'octobre 2009, le BRGM de Mayotte prévoit de réaliser une campagne d'analyses physico-chimiques en condition hydrologique de hautes eaux, c'est-à-dire entre les mois de mars et avril 2010<sup>1</sup>. Les travaux précédents de caractérisation des eaux de surface et souterraines de Mayotte (rapport BRGM/RP-56774-FR) avaient pointé des différences physico-chimiques significatives entre les périodes hydrologiques de hautes eaux et de basses eaux (notamment sur les concentrations en Ca/Mg, Fe/Mn, les paramètres bactériologiques et la turbidité).

Comme 2009, la campagne 2010 porte sur 24 points d'eau : les 14 points en rivière et les 10 points d'eau souterraines du Tableau 4. Les listes des paramètres analysés en 2010 pourront être adaptées en fonction des résultats des analyses 2009.

Les travaux 2010 présenteront l'ensemble des résultats des échantillonnages menés lors des campagnes 2009 et 2010. L'interprétation des données sera réalisée en 2010 et permettra :

- de préciser la qualité physico-chimique des eaux de surface et souterraines par rapport aux résultats de l'état des lieux (= confronter les résultats par rapport à l'état des lieux de 2008, rapport BRGM/RP-56774-FR) et mettre en évidence – si elle existe - une dégradation de la qualité des masses d'eau et d'en estimer le degré ;
- de comparer les données basses eaux et hautes eaux sur un seul et même site et répondant au même protocole de prélèvement et d'analyse ;

L'ensemble des données qualité sera bancarisé dans les banques de données respectives (la banque ADES pour les eaux souterraines et NAIADES pour les eaux de surface).

---

<sup>1</sup> Une réflexion est menée sur la faisabilité de réaliser sur place les extractions et filtrations des échantillons d'eau brute. Ces opérations permettraient (i) de limiter les poids et volumes d'échantillon à envoyer en métropole et (ii) de rallonger les temps de conservation des échantillons. Ce procédé nécessite néanmoins un équipement minimum en termes de matériel d'analyse et la formation d'un agent.

Sur la base de ces travaux, des résultats et conformément aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau, un projet de réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface sera proposé. La proposition de réseau opérationnel pour 2011 comprendra :

- un nombre de points de surveillance adapté à la densité, à la répartition et au RNABE des masses d'eau de surface et souterraines de Mayotte ;
- les paramètres à analyser ;
- la période et fréquence d'échantillonnage des points de surveillance. Ces aspects seront adaptés aux spécificités du régime hydroclimatique de Mayotte ;
- les modalités d'échantillonnage et d'analyses adaptées au contexte (délais de transport et conservation des échantillons, etc.) ;

#### **4.2. PROGRAMME ARDA : ANALYSE DES DONNEES 2008-2009 ET PROPOSITION D'UN CADRE TECHNIQUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DES RESEAUX**

Les travaux 2010 présenteront l'ensemble des résultats des échantillonnages menés sur les différents volets : poissons et macro-crustacés, invertébrés benthiques et diatomées sur la base des résultats 2008 et 2009.

Les résultats seront présentés et interprétés par station, par masse d'eau et par hydro écorégion, ce qui est une plus-value intéressante pour la compréhension des hydrosystèmes mahorais.

Sur la base de ces travaux, une proposition technique sera établie pour la mise en place du réseau de surveillance des masses d'eau de surface. Cette proposition comprendra :

- le choix du positionnement des stations, notamment par rapport aux caractéristiques des peuplements (populations piscicoles diadromes<sup>1</sup> par exemple) ;
- les périodes d'échantillonnage (en lien avec les recommandations de la DCE et le contexte hydrologique de Mayotte) ;
- les méthodes d'échantillonnage (technique employée, effort d'échantillonnage, niveau de détermination, ...) ;
- les outils d'interprétation (identification de taxons indicateurs, définitions de premières valeurs de référence).

Par ailleurs, les données acquises dans le cadre de ces campagnes permettront d'établir des premières valeurs de référence pour quelques descripteurs de la qualité des peuplements (notions d'indicateurs biologiques), comme :

---

<sup>1</sup> Désigne une espèce de poisson migratrice qui effectue une partie de son cycle vital en fleuve-rivière et le reste en mer

- la richesse des peuplements ;
- la densité des principales populations.

Ces valeurs seront établies par type de rivière (types de masses d'eau) et par zone (cours aval, intermédiaire et amont, notion à définir).

#### **4.3. PROGRAMME ARVAM : ANALYSE DES DONNEES 2009 ET CAMPAGNE SEDIMENTS**

En ce qui concerne les travaux relatifs à la définition des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau côtière, le programme des études ARVAM pour 2010 porte sur :

- l'analyse des échantillons collectés lors de la campagne de prélèvement 2009 et l'interprétation des résultats, notamment des échantillonneurs passifs. En fonction des résultats, il pourra être pertinent de poursuivre et de développer l'utilisation des échantillonneurs passifs dans le cadre des réseaux de surveillance à Mayotte ;
- le traitement des données en vue de leur bancarisation dans la base de données nationales QUADRIDGE2.

Sur la base de ces travaux, l'ARVAM proposera un projet de réseau de contrôle de surveillance opérationnel pour 2011, ainsi que des études de R&D pour l'amélioration de la connaissance dans des compartiments orphelins.

Un programme complémentaire a été engagé en 2010 avec PARETO-EC - en adéquation avec les exigences de la DCE - ce programme porte sur l'acquisition de données relatives à la qualité des sédiments du lagon de Mayotte. Les mesures seront réalisées au niveau de 14 stations et comprennent les paramètres suivants :

- les micropolluants chimiques, à raison d'un échantillon par station ;
- la faune endogée. A Mayotte, la macrofaune endogée (de taille supérieure à 2 mm) sera étudiée dans le substrat meuble (vases). L'indicateur de faune endogée est un indice normé fonction du substrat, de la biodiversité. Il rend compte de l'état général du milieu et peut permettre - grâce à certains organismes sensibles - d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropogénique. Les mesures de faune endogée seront réalisées en triplicat, soit un total de 42 échantillons ;

#### **4.4. SYNTHÈSE**

Le programme des études 2010 peut être résumé dans le Tableau suivant. Certaines tâches étant traitées en 2009, le programme est à cheval sur les deux années

Masse d'eau	Paramètres de surveillance	Intervenants	Programme 2009/2010
Souterraine	Physico-chimique	BRGM	<p><b>Une campagne de prélèvement en hautes eaux (mars 2010).</b></p> <p>→ Analyse des paramètres <i>in-situ</i>, mesure de l'alcalinité, des éléments majeurs, éléments traces et mineurs, matière en suspensions, minéralisation, micropolluants minéraux, produits phytosanitaires (liste des 33 substances prioritaires de la DCE + paramètres propres au contexte mahorais) et les paramètres bactériologiques (entérocoques et coliformes)</p> <p><b>Synthèse et interprétation des analyses 2009 et 2010 et proposition d'un réseau de surveillance opérationnel pour 2011</b></p>
Surface	Physico-chimique	BRGM	<p><b>Une campagne de prélèvement en hautes eaux (mars 2010).</b></p> <p>→ Analyse des paramètres <i>in-situ</i>, mesure de l'alcalinité, des éléments majeurs, éléments traces et mineurs, matière en suspensions, minéralisation, micropolluants minéraux, produits phytosanitaires (liste des 41 substances prioritaires de la DCE + paramètres propres au contexte mahorais).</p> <p><b>Synthèse et interprétation des analyses 2009 et 2010 et proposition d'un réseau de surveillance opérationnel pour 2011</b></p>
	Ecologique	ARDA ASCONIT ETHYC'O	<p><b>Traitement des échantillons de l'année 2009.</b></p> <p><b>Synthèse des travaux 2008/2009 et proposition d'un cadre technique pour la mise en œuvre des réseaux de surveillance de la qualité écologique des eaux de surface.</b></p>
Côtière	Physico-chimique et écologique	ARVAM  PARETO  ARVAM	<p><b>Analyse et traitement des échantillons de l'année 2009.</b></p> <p><b>Une campagne de prélèvement (second semestre 2010)</b></p> <p>→ Analyse dans les sédiments (micropolluants et indicateur faune endogée) sur 14 stations</p> <p><b>Synthèse des travaux 2008/2009 et proposition de cahier des charges pour le réseau de surveillance des eaux côtières.</b></p>

Tableau 16. Programme d'études 2010 relatif aux réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières

## 5. Conclusion

L'application de la Directive Cadre sur l'Eau à Mayotte est opérée en 2008, 2009 et 2010 par le BRGM en partenariat avec l'ARDA et l'ARVAM.

L'année 2008 est consacrée à l'état des lieux de la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières et à la proposition d'un réseau de surveillance

En 2009, les réseaux proposés sont échantillonnés. L'année est mise à profit pour tester les différents réseaux et la faisabilité des campagnes d'échantillonnage conformément aux prescriptions de la Directive Cadre. Les protocoles d'échantillonnage sont définis et les moyens de prélèvement sont testés (moyens à la mer, mode de conservation des échantillons, créneaux d'expédition, etc.).

En 2010, l'ensemble des données collectées est compilée et analysée et les propositions de réseaux de surveillance sont confirmées sur la base de la pertinence des données et de la faisabilité des prélèvements.

Les prélèvements de routine sont prévus à l'horizon 2011.

En ce qui concerne les résultats spécifiques de l'année 2009, ils se découpent selon les prestataires suivant.

- I. L'ARDA a traité et présenté dans son rapport de définition l'ensemble des données de la campagne 2008. Une campagne d'échantillonnage en avril 2009 a permis de compiler des informations relatives aux volets poissons et macro-crustacés, invertébrés benthiques et diatomées en condition de hautes eaux, sur le même mode opératoire qu'en 2008. 21 sites ont ainsi été échantillonnés en 2009.
- II. Le BRGM a réalisé une campagne de prélèvements d'eau brute (eau de surface et eau souterraine) pour analyse en octobre 2009 – en condition de basses eaux. Les échantillons prélevés sur 24 stations (10 stations eau souterraine et 14 stations eau de surface) ont été envoyés pour analyse à l'Institut Pasteur de Lille. En parallèle, la mesure des paramètres *in situ* sur les 24 stations et la mesure des paramètres bactériologiques sur les 10 stations d'eau souterraine ont été réalisées. En raison de la faiblesse des débits hydrologiques, le point d'eau MAY00025 n'a pu être prélevé (Mro Oua Kaouénilajoli). Il a été remplacé par le point temporairement désigné MAY009999 (Mro Oua Majimbini) dont la codification doit être validée en 2010. Les résultats des analyses seront interprétés en 2010 dans l'optique de vérifier les caractéristiques hydrochimiques des eaux de surface et souterraines et d'en discuter le bon état conformément aux prescriptions de la DCE.

- III. L'ARVAM a procédé à une campagne d'échantillonnage en avril 2009. La campagne portait sur la mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau, les phytoplanctons et la concentration des contaminants chimiques. A cette occasion, l'ARVAM a pu tester l'efficacité des échantillonneurs passifs dont le développement pourrait s'avérer utile dans la surveillance des contaminants en trace dans l'eau. Ces échantillonneurs permettent la caractérisation de près de 100 molécules dans les eaux côtières dont 24 font partie de la liste des 41 substances prioritaires imposées par la DCE.

Après concertation avec les partenaires, il ressort que la mise en œuvre des campagnes d'échantillonnage à Mayotte est délicate, en raison des aléas météorologiques, des moyens d'échantillonnage (exemple des moyens à la mer pour le transport de la benne à sédiments) et de l'absence de laboratoire agréé sur place. Ces conditions confirment la nécessité d'adaptation des moyens d'échantillonnages et expliquent les coûts de campagne – rapportés aux points – relativement élevés.

En 2010, les programmes d'études sont les suivants :

- I. Pour l'ARDA, le traitement des données 2008/2009 permettra (i) de définir quelques indicateurs de référence et (ii) de proposer un cadre technique pour la mise en œuvre des réseaux de surveillance des eaux de surface ;
- II. Pour le BRGM, il est prévu de (i) réaliser une campagne de prélèvement en condition de hautes eaux (mars ou avril) sur les 24 points des réseaux de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines, sur le même mode opératoire qu'en 2009 et (ii) de traiter conjointement les données 2009 et 2010 dans le but de confirmer les points des réseaux de surveillance, les fréquences, périodes et modes opératoires des campagnes. A ce titre, le point d'eau MAY00025 sera remplacé par le point d'eau MAY009999 comme en 2009. Les données relatives à la qualité des eaux de surface et souterraines seront déposées dans les banques de données respectives (ADES, et NAIADES<sup>1</sup>) ;
- III. Pour l'ARVAM, il est prévu de traiter les données recueillies en 2009 (paramètres généraux des eaux, phytoplancton et échantillonneurs passifs) et leur bancarisation dans la base de données nationales QUADRIDGE. Un programme d'étude complémentaire engagé avec PARETO prévoit de réaliser une campagne de mesure dans les sédiments des paramètres suivants : les micropolluants chimiques (14 stations) et la faune endogée (42 échantillons). Sur la base de ces travaux, fin 2010, l'ARVAM proposera un réseau de surveillance opérationnel pour 2011.

En 2011, il est prévu que les réseaux de surveillance des eaux de surface, souterraines et côtières soient opérationnels (points, nature de la surveillance, période, fréquence, mode opératoire).

---

<sup>1</sup> NAIADES : banque sur les eaux de surface en cours de construction à l'ONEMA dont le maître d'ouvrage est l'INERIS

**Remerciements** : Merci à la DAF, à la SOGEA, aux agents de la carrière IBS et à Soilihi Kamerizaman de l'association de la cascade d'Hapandzo pour leur participation active dans la réalisation des campagnes de prélèvement physico-chimique des eaux de surface et souterraines.



## 6. Glossaire

**ARDA** : Association pour la Recherche et le Développement de l'Aquaculture.

**ARVAM** : Agence pour la recherche et la valorisation marine.

**DCE** : Directive Cadre Européenne

**NQE** : Normes de Qualité Environnementales

**RNABE** : Risque de Non Atteinte du Bon Etat

**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SGR** : Service Géologique Régional

**TA & TAC** : Titre Alcalimétrique et le Titre Alcalimétrique Complet.



## 7. Références bibliographiques

ARDA – ETHYCO – ASCONIT (2008). Définition des réseaux de surveillance de la qualité écologique des masses d'eau de surface de Mayotte : Rapport de synthèse de la campagne d'échantillonnage de 2008. Novembre 2008.

ARVAM (2008). Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport intermédiaire ARVAM A 345. Décembre 2008.

ASCONIT (2006). Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte. Etat des lieux et définition des problèmes principaux. 3 tomes, synthèse + atlas cartographique.

ASCONIT-SOGREAH (2008). Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte. Consolidation de l'état des lieux.

ASCONIT-SOGREAH (2008). Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte. Avant projet de SDAGE.

ASCONIT-SOGREAH (2008). Avant projet de SDAGE de Mayotte, version 2 de novembre 2008. D.A. 8. Eléments spécifiques aux eaux souterraines.

ARDA-ASCONIT-ETHYC'O, (2009). Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte. Volet eaux de surface. ARDA-ASCONIT-ETHYC'O, Août 2009

CAMBERT H., J. TURQUET, J.L. GONZALEZ, A JAMON, J.GUYOMARCH, N. TAPIE, H. BUDZINSKI, H., B. ANDRAL (2009). Définition des réseaux de surveillance «qualité des masses d'eau côtières» de Mayotte. Rapport d'étape 2009. ARVAM. Dossier A364.

DIRECTIVE 2008/105/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE.

JOHANSON K. A. & MARY N. (2009), Description of three new caddisfly species from Mayotte Island, Comoros Archipelago (Insecta: Trichoptera), Zootaxa 2089

Malard A., Winckel A. (2008). Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte – BRGM/RP-56774-FR, 218 p., 48 Ill., 9 ann.

Malard A. (2009). Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte - Campagne 2008/2009 – piézomètre 12308X0086/PZ4 (Gymnase de Dzaoudzi-Labattoir). BRGM/RP-56783-FR, 58 p., 7 ill., 2 tab., 5 ann.

Malard A. avec la collaboration de Brugeron A., Mougin B., et Wuilleumier A. (2009) -  
Etude du bassin d'alimentation du forage de M'ronabéja 2 (12316X0032/MRONAB) -  
bassin versant du Mroni Antanana – Mayotte – BRGM/RP-57623-FR. 76 p., 20 ill., 10  
tab., 2 ann.

## **Annexe 1**

# **Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte : volet eaux de surface (Compte-rendu de la campagne d'échantillonnage ARDA 2009)**





## Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte : Volet eaux de surface



*Compte-rendu de la campagne d'échantillonnage 2009*

Macrofaune des cours d'eau - Marine RICHARSON, Henri GRONDIN  
Pierre VALADE - Centre des Eaux Douces - ARDA

Invertébrés benthiques - Nathalie MARY  
ETude des HYdrosystèmes CONTinentaux tropicaux ETHYC'O

Diatomées des cours d'eau – Florence PERES  
Asconit Consultants

Action coordonnée sur place par:



**Août 2009**



Centre des Eaux Douces – Pôle Études et Recherches

Association Loi 1901

Siège Social : Z.I. Les Sables – BP 16 – 97427 ETANG SALE (LA REUNION)  
tél. : 0262 26 50 82 – fax : 0262 26 50 01 – E-mail : arda.reunion@wanadoo.fr  
Code APE : 7211 Z – SIRET 383 532 637 00014 – SIREN 383 532 63



## **Annexe 2**

### **Coupure de presse relative à la découverte de 3 nouvelles espèces de trichoptères à travers les travaux de définition des réseaux de surveillance DCE de Mayotte (extrait de Mayotte hebdo – n°439 du 21 août 2009)**



Découverte  
scientifiqueTrois nouvelles espèces  
d'insectes endémiques à Mayotte

Trois nouvelles espèces de trichoptères endémiques de Mayotte, jusqu'alors inconnues, viennent d'être découvertes par le Dr Nathalie Mary-Sasal. L'étude de l'hydrobiologiste s'est inscrite dans le cadre de la définition des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau de Mayotte, dans le contexte de la mise en application de la Directive cadre sur l'eau (DCE) de l'Union européenne du 23 octobre 2000. Ces insectes, répertoriés pour la première fois, serviront de bio-indicateurs de l'état des rivières pour la mise en place du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage).

Cinq nouvelles espèces de trichoptères, un insecte vivant dans les rivières sous sa forme larvaire, viennent d'être répertoriées par le Dr Nathalie Mary-Sasal. Parmi elles, trois espèces endémiques de Mayotte jusqu'alors totalement inconnues. Les deux autres avaient déjà été répertoriées dans l'archipel des Comores. "La nervation des ailes aux Comores est différente de celles des trichoptères d'ailleurs", précise Arnauld Malard, hydrogéologue au BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) de Mayotte, qui était chargé de coordonner les différents scientifiques venus de la Réunion, de Toulouse et de Polynésie, lors des deux missions d'échantillonnage qui ont eu lieu sur l'île en juillet et en octobre 2008, puis en avril 2009. L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments de réflexion sur la mise en place du Réseau de contrôle de surveillance (RCS) des eaux courantes de Mayotte. Une sélection des sites susceptibles d'appartenir au futur RCS, représentatifs de l'ensemble du réseau hydrographique et permettant de donner une image de l'état général de la qualité des eaux de Mayotte, sera proposée à l'issue de ces travaux scientifiques.

Le comité technique du Sdage a en effet besoin de ces données car il reste à définir ce qu'est le "bon état" physico-chimique des eaux, pour atteindre les objectifs fixés par la DCE : 100% des eaux en bon état d'ici 2021 (voir MH n°424). "Dans l'état des lieux des eaux de surface, il y a la qualité écologique et les indicateurs végétaux et animaux permettent de la définir", explique Arnauld Malard. Alors qu'en Métropole ces données existent depuis des dizaines d'années, tout reste encore à faire à Mayotte.

19 espèces de poissons  
et 9 espèces  
de macro-crustacés  
recensées

Ces études scientifiques ont permis de recenser quatre grands groupes d'animaux présents dans les rivières de Mayotte : les poissons, les macro-crustacés, les diatomées (algues) et les invertébrés macro-benthiques, dont font partie les trichoptères. Les poissons ont été prélevés à l'aide de cannes électriques, les crustacés et les invertébrés benthiques grâce à des pièges et les diatomées en grattant les pierres. Contrairement aux poissons et aux crustacés qui sont ensuite relâchés dans leur milieu naturel, les invertébrés benthiques, qui doivent être triés



Une larve de Pisulia sp. dans son étui.

et examinés au microscope, ont été échantillonnés dans du formol. En tout, 3.441 poissons et macro-crustacés ont été recensés sur 21 sites de comptage de Grande Terre lors de la mission de juillet 2008, ce qui a permis de découvrir que les rivières de Mayotte sont peuplées de 19 espèces de poissons et 9 espèces de macro-crustacés. Les résultats généraux pour les diatomées et les invertébrés n'ont pas encore été publiés. Cette découverte va permettre d'adapter les textes de la DCE aux conditions tropicales, pour que le service des eaux de la DAF puisse proposer un premier suivi des espèces recensées à partir de 2015. "Les larves présentes dans l'eau sont un indicateur de la qualité de l'eau : si on constate ensuite qu'il y a moins d'individus et moins d'espèces, c'est que la pollution a changé les conditions physico-chimiques de la rivière", indique Arnauld Malard qui ajoute toutefois que "nous n'avons pas encore assez de recul pour savoir si

ces espèces de trichoptères sont rivales d'une situation dégradée ou si elles étaient là avant la pollution. Ici, il n'y a encore aucun suivi, on ne sait pas si les populations ont augmenté ou diminué, ce qui nous empêche de dire si l'eau est de bonne qualité ou pas". Le nombre d'individus n'est en effet pas un indicateur suffisant. Par exemple, les scientifiques ont constaté qu'il y avait beaucoup plus d'anguilles à l'aval des rivières polluées par les lessives et les lavages de voiture, alors qu'à l'amont, elles étaient beaucoup moins nombreuses mais côtoyaient cinq autres espèces de poissons. Avec ces nouvelles espèces recensées, non seulement Mayotte rayonne au niveau de la communauté scientifique internationale, mais elle se prépare aussi à la mise en place d'une base de données qui permettra un développement durable respectueux de la faune et de la flore présentes dans ses rivières, son lagon et sa nappe phréatique. Julien Perrot

Les trichoptères, des insectes d'eau douce  
qui construisent des étuis

L'ordre des Trichoptera (les trichoptères) regroupe des insectes, apparentés de près aux lépidoptères (mites et papillons), mais adaptés pour la vie en eau douce dans leur stade larvaire. Bien que les trichoptères adultes ressemblent essentiellement à des mites, le nom scientifique (du grec trichos signifiant "poil", et pteron signifiant "aile") témoigne de leurs ailes caractéristiques, qui possèdent habituellement des poils plutôt que les écailles typiques des ailes d'une mite.

Bien qu'à l'état larvaire, les trichoptères ressemblent essentiellement à une chenille, leur nom commun "cadulis" est probablement dérivé d'une allusion à leur habitude géné-

rale à construire un filet ou des étuis. L'aspect le plus étudié et fascinant de la biologie des trichoptères a toujours impliqué les formes et le comportement par rapport à ces étuis intrigants ou retraits dans lesquels la plupart de ces larves vivent.

Dans les classifications anciennes, les trichoptères sont un ordre d'insectes, sous-classe des ptérygotes, section des néoptères, division des holométaboles, super-ordre des mécoptéroïdes. C'est dans cet ordre que l'on rencontre les casés, les porte-bois, les sedges et les phryganes, noms vernaculaires ou anciens donnés aux trichoptères par les pêcheurs, notamment à la mouche.

Avec Wikipedia

Entretien avec  
Nathalie Mary-Sasal,  
hydrobiologiste"Les trichoptères sont des bio-indicateurs  
de la qualité des milieux aquatiques"

Le Dr Nathalie Mary-Sasal, hydrobiologiste basée à Papaeta, en Polynésie française, fait partie de la mission scientifique qui s'est rendue à Mayotte en octobre 2008. C'est cette chercheuse qui a publié le 4 mai 2009 dans la revue anglo-saxonne "Zootaxa" l'article concernant les trois nouvelles espèces de trichoptères découvertes à Mayotte. Entretien exclusif.

**Mayotte Hebdo :** Quelles sont les espèces que vous avez étudiées au cours de votre mission ?  
**Nathalie Mary-Sasal :** Ma partie concerne le volet des macro-invertébrés benthiques. Ce sont par définition les organismes qui vivent au contact du substrat sur le fond des cours d'eau et dont la taille en fin de développement larvaire est supérieure au millimètre. Cette faune comprend deux grands groupes d'organismes : des animaux dont le développement est strictement

aquatique tels les vers, les mollusques et les crustacés, comme les crevettes, et des animaux dont le développement larvaire se déroule en milieu aquatique et la phase adulte en milieu aérien. Ce groupe concerne la majorité des insectes aquatiques dont les trichoptères.

**MH :** Quelle taille font les trichoptères ?

**NM :** Leur taille est variable : entre 0,5 et 2 cm pour les plus grands. Par exemple, Hydroptila mesure 0,5 cm,

Hydropsychidae 1 cm et Pisulia sp. 1,5 cm environ.

**MH :** De quoi se nourrissent-ils ?

**NM :** Les trichoptères ont un régime alimentaire également variable selon la famille ou même le genre. Ils peuvent se nourrir de morceaux de feuilles, comme c'est le cas je pense des Pisuliidae. On les appelle alors des déchetteurs. Ils peuvent également être racleurs de substrat (Hydroptila) ou filtreurs de ce qui est contenu dans l'eau (Hydropsychidae). Dans ce cas, ils vivent dans les zones très courantes.

**MH :** Quelle est leur place dans la chaîne alimentaire ? Leur fonction dans l'écosystème des rivières de Mayotte ?

**NM :** Les trichoptères font partie

de la macrofaune benthique et constituent donc un maillon de la chaîne alimentaire. Les poissons se nourrissent des invertébrés benthiques. Ce qui est intéressant à signaler, c'est que ce groupe est souvent utilisé pour caractériser la qualité de l'eau ou plutôt des milieux aquatiques : ce sont des bio-indicateurs.

**MH :** Pourquoi les larves de trichoptères construisent-elles un étui ?

**NM :** Une partie des larves de trichoptères construisent un étui pour se protéger car leur abdomen est mou comme celui d'une chenille et donc relativement fragile. Les matériaux utilisés sont d'origine minérale ou végétale et servent pour l'identification des genres.



Hydroptila à son état larvaire.



## **Annexe 3**

# **Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport intermédiaire ARVAM 2009**



Maître d'ouvrage



Maître d'œuvre



## Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte

-----  
**Rapport intermédiaire 2009**



Partenaires :



- Juin 2009 -



## **Annexe 4**

### **Liste des paramètres analysés dans le cadre de la surveillance physico-chimique des eaux de surface et souterraines**

Liste 1. Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance des eaux de surface

Liste 2. Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines



**Liste 1. Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance des eaux de surface**

Analyse	Méthode	Seuil
<b>Analyses d'Eau de rivière</b>		
DBO5*	NF EN 1899-1	1 mg/l
DCO*	NF T 90-101	5 mg/l
Azote Kjeldahl*	NF EN 25663	0.5 mg/l N
Ammonium*	NF EN ISO 11732	0.05 mg/l NH4
Nitrites*	NF EN ISO 13395	0.05 mg/l NO2
Nitrates*	NF EN ISO 13395	0.5 mg/l NO3
Orthophosphates PO4*	NF EN ISO 15681-2	0.1 mg/l PO4
Phosphore total en P*	NF EN ISO 15681-2	0.05 mg/l P
Matières en suspension totales*	NF EN 872	1 mg/l
COT apres filtration 0.45um*	NF EN 1484	0.2 mg/l C
Turbidite*	NF EN ISO 7027	0.05 NFU
Silice SiO2*	NF EN ISO 16264	0.5 mg/l
Calcium*	NF EN ISO 11885	0.5 mg/l
Sodium*	NF T 90-019 (CFA)	1 mg/l
Magnesium*	NF EN ISO 11885	0.1 mg/l
Potassium*	NF T 90-019 (CFA)	0.5 mg/l
Chlorures*	NF EN ISO 15682	2 mg/l
Sulfates*	ISO 22743	2 mg/l
Hydrogenocarbonates*	NF EN ISO 9963-1 (CFA)	2 mg/l
TAC*	NF EN ISO 9963-1 (CFA)	0.2 degres f
Carbonates*	NF EN ISO 9963-1	2 mg/l
Durete totale*	NF T 90-003 (CFA)	0.5 degres f
Fluorures*	NF T 90-004	0.05 mg/l
Antimoine*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Arsenic*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Baryum*	NF EN ISO 11885	10 ug/l
Chrome total*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Cuivre*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Cyanures libres (flux continu)*	NF EN ISO 14403	10 ug/l
Selenium*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Zinc*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Nickel*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Plomb*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Mercure total*	NF EN ISO 17852	0.1 ug/l
Cadmium*	NF EN ISO 17294-2	0.5 ug/l
Aluminium*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Argent*	NF EN ISO 17294-2	1 ug/l
Bore*	NF T 90-041	10 ug/l
Beryllium*	NF EN ISO 11885	1 ug/l
Cobalt*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l

Analyse	Méthode	Seuil
Lithium	NF EN ISO 11885	20 µg/l
Strontium*	NF EN ISO 11885	0.05 mg/l
Fer total*	Colorimétrie/CFA	0.02 mg/l
Manganese*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Atrazine*	LC-MS-MS	0.02 µg/l
Simazine*	LC-MS-MS	0.02 µg/l
Diméthoate*	LC-MS-MS	0.05 µg/l
Diazinon*	LC-MS-MS	0.05 µg/l
Diuron*	LC-MS-MS	0.02 µg/l
Isoproturon*	LC-MS-MS	0.02 µg/l
Carbaryl	LC-MS-MS	0.1 µg/l
Alachlore*	LC-MS-MS	0.05 µg/l
SPE / LC-MS-MS MODE POS	-	
Chlorpyrifos ethyl*	NF EN ISO 10695	0.05 µg/l
Chlorpyrifos methyl.*	NF EN ISO 10695	0.05 µg/l
Dichlorvos*	NF EN ISO 10695	0.2 µg/l
Fenitrothion*	NF EN ISO 10695	0.05 µg/l
Endosulfan sulfate	NF EN ISO 10695	0.005 µg/l
Chlorfenvinphos*	NF EN ISO 10695	0.05 µg/l
Isodrine	NF EN ISO 10695	0.05 µg/l
Trifluraline*	NF EN ISO 10695	0.2 µg/l
Pentabromodiphényléther	GC-MS	0.1 µg/l
Octabromodiphényléther	GC-MS	0.1 µg/l
Decabromodiphényléther	GC-MS	0.1 µg/l
Di(2-éthylhexyl)phtalate	NF EN ISO 10695	50 µg/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / GC-MS	-	
Deltaméthrine	NF EN ISO 6468	0.05 µg/l
Captane	NF EN ISO 6468	0.002 µg/l
Alpha-hexachlorocyclohexane*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Beta-hexachlorocyclohexane*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Delta-hexachlorocyclohexane*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Gamma-hexachlorocyclohexane*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Endosulfan-alpha*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Endosulfan-beta*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Aldrine*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Dieldrine*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
Endrine*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
OP' DDT*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l
PP' DDT*	NF EN ISO 6468	0.02 µg/l

Analyse	Méthode	Seuil
OP'DDE*	NF EN ISO 6468	0.02 ug/l
PP'DDE*	NF EN ISO 6468	0.02 ug/l
OP'DDD*	NF EN ISO 6468	0.02 ug/l
PP'DDD*	NF EN ISO 6468	0.02 ug/l
Hexachlorobenzene*	NF EN ISO 6468	0.02 ug/l
Pentachlorobenzene	NF EN ISO 6468	0.005 ug/l
Chloroalcanes C10-C13	Selon NF EN ISO 6468	10 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / GC-ECD	-	
Procymidone	LC-MS-MS	0.1 ug/l
Benomyl	LC-MS-MS	0.5 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / LC-MS-MS	-	
2,4-D*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
SPE / LC-MS-MS MODE NEG	-	
Paraquat	LC-DAD-MS	0.5 ug/l
Pentachlorophenol	LC-DAD-MS	0.1 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQ / LC-DAD-MS	-	
Anthracene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Fluoranthene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(a)pyrene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(b)fluoranthene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(ghi)perylene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(k)fluoranthene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Indeno (1,2,3-cd) pyrene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Pyrene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(a)anthracene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Chrysene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Naphtalene*	NF EN ISO 17993	0.1 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQ / LC-DAD-FLUO	-	
Tetrachlorethylene*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
Trichlorethylene*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
Bromoforme*	NF EN ISO 10301	5 ug/l
Chloroforme*	NF EN ISO 10301	1 ug/l
Tetrachlorure de carbone*	NF EN ISO 10301	0.1 ug/l
1,2 dichloroethane*	NF EN ISO 10301	20 ug/l
Dichloromethane*	NF EN ISO 10301	10 ug/l
1,1,1 trichloroethane*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
HEAD SPACE / GC-ECD	-	

Analyse	Méthode	Seuil
Benzene*	NF ISO 11 423-1	1 ug/l
1,2,3-trichlorobenzene*	NF ISO 11 423-1	1 ug/l
1,2,4-trichlorobenzene*	NF ISO 11 423-1	1 ug/l
1,3,5-trichlorobenzene*	NF ISO 11 423-1	1 ug/l
Hexachlorobutadiene	NF EN ISO 10301	0.1 ug/l
HEAD SPACE / GC-MS	-	
Para-Nonylphenols (isomeres)*	LC-MS-MS	0.2 ug/l
4-n-nonylphenol*	LC-MS-MS	0.2 ug/l
Octylphenol*	LC-MS-MS	0.2 ug/l
4-ter-octylphenol*	LC-MS-MS	0.2 ug/l
EXT SOLIDE-LIQ / LC-MS-MS	-	
Tributyletain (TBT en Sn)*	GC-PFPD	0.02 ug/l
Aminomethyl phosphonic acid*	LC-MS-MS	0.1 ug/l
Glyphosate*	LC-MS-MS	0.1 ug/l
DERIV. FMOC / LC-MS-MS	-	

**Liste 2. Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance des eaux souterraines**

Analyse	Méthode	Seuil
Ammonium*	NF EN ISO 11732	0.05 mg/l NH4
Nitrites*	NF EN ISO 13395	0.05 mg/l NO2
Nitrates*	NF EN ISO 13395	0.5 mg/l NO3
COT apres filtration 0.45um*	NF EN 1484	0.2 mg/l C
Turbidite*	NF EN ISO 7027	0.05 NFU
Silice SiO2*	NF EN ISO 16264	0.5 mg/l
Calcium*	NF EN ISO 11885	0.5 mg/l
Sodium*	NF T 90-019 (CFA)	1 mg/l
Magnesium*	NF EN ISO 11885	0.1 mg/l
Potassium*	NF T 90-019 (CFA)	0.5 mg/l
Chlorures*	NF EN ISO 15682	2 mg/l
Sulfates*	ISO 22743	2 mg/l
Hydrogenocarbonates*	NF EN ISO 9963-1 (CFA)	2 mg/l
TAC*	NF EN ISO 9963-1 (CFA)	0.2 degres f
Carbonates*	NF EN ISO 9963-1	2 mg/l
Durete totale*	NF T 90-003 (CFA)	0.5 degres f
Oxydabilite au KMnO4 a chaud*	NF EN ISO 8467	0.1 mg/l O2
Fluorures*	NF T 90-004	0.05 mg/l
Antimoine*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Arsenic*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l

Analyse	Méthode	Seuil
Bore*	NF T 90-041	10 ug/l
Chrome total*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Cuivre*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Cyanures libres (flux continu)*	NF EN ISO 14403	10 ug/l
Selenium*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Zinc*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Nickel*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Plomb*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Mercuré total*	NF EN ISO 17852	0.1 ug/l
Cadmium*	NF EN ISO 17294-2	1 ug/l
Aluminium*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Argent*	NF EN ISO 17294-2	1 ug/l
Baryum*	NF EN ISO 11885	10 ug/l
Beryllium*	NF EN ISO 11885	1 ug/l
Cobalt*	NF EN ISO 17294-2	5 ug/l
Lithium	NF EN ISO 11885	20 ug/l
Strontium*	NF EN ISO 11885	0.05 mg/l
Fer total*	Colorimétrie/CFA	0.02 mg/l
Manganese*	NF EN ISO 11885	0.005 mg/l
Desisopropyl atrazine*	LC-MS-MS	0.01 ug/l
Atrazine*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Simazine*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Desethylatrazine*	LC-MS-MS	0.01 ug/l
Terbutylazine*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Diméthoate*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
Diazinon*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
Diuron*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Isoproturon*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Chlortoluron*	LC-MS-MS	0.02 ug/l
Metolachlore*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
Metazachlor*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
Carbaryl	LC-MS-MS	0.05 ug/l
SPE / LC-MS-MS MODE POS	-	
Dichlorvos*	NF EN ISO 10695	0.05 ug/l
Fenitrothion*	NF EN ISO 10695	0.05 ug/l
Chlorpyriphos ethyl*	NF EN ISO 10695	0.05 ug/l
Chlorpyriphos methyl.*	NF EN ISO 10695	0.05 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / GC-MS	-	
Deltaméthrine	NF EN ISO 6468	0.05 ug/l

Analyse	Méthode	Seuil
Captane	NF EN ISO 6468	0.002 ug/l
Gamma-hexachlorocyclohexane*	NF EN ISO 6468	0.005 ug/l
Endosulfan-alpha*	NF EN ISO 6468	0.005 ug/l
Endosulfan-beta*	NF EN ISO 6468	0.005 ug/l
Endosulfan sulfate	NF EN ISO 6468	0.05 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / GC-ECD	-	
Procymidone	LC-MS-MS	0.1 ug/l
Benomyl	LC-MS-MS	0.1 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQUIDE / LC-MS-MS	-	
2,4-D*	LC-MS-MS	0.05 ug/l
SPE / LC-MS-MS MODE NEG	-	
Paraquat	LC-DAD-MS	0.5 ug/l
EXT SOLIDE-LIQ / LC-DAD-MS	-	
Fluoranthene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Pyrene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Benzo(a)anthracene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
Chrysene*	NF EN ISO 17993	0.005 ug/l
EXT LIQUIDE-LIQ / LC-DAD-FLUO	-	
Tetrachlorethylene*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
Trichlorethylene*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
Bromoforme*	NF EN ISO 10301	5 ug/l
Chloroforme*	NF EN ISO 10301	1 ug/l
Tetrachlorure de carbone*	NF EN ISO 10301	0.1 ug/l
1,1,1 trichloroethane*	NF EN ISO 10301	0.5 ug/l
HEAD SPACE / GC-ECD	-	
Aminomethyl phosphonic acid*	LC-MS-MS	0.1 ug/l
Glyphosate*	LC-MS-MS	0.1 ug/l



## **Annexe 5**

### **Comptes rendus des réunions d'avancement de projet DAF, BRGM, ARDA & ARVAM**

- Compte rendu de la réunion DAF/BRGM du 12 février 2009
- Compte rendu de la réunion ARVAM/DAF/BRGM du 9 avril 2009
- Compte rendu de la réunion ARVAM/ARDA/DAF/BRGM du 15 avril 2009
  - Compte rendu de la réunion ARDA/DAF/BRGM du 22 avril 2009
  - Compte rendu de la réunion DAF/BRGM du 25 août 2009



Réf. : AM/09-038

Mayotte, le 12 février 2009

<b>COMPTE RENDU DE RÉUNION</b>	
Projet : Réseau DCE qualité des eaux côtières	Numéro :
Objet : <b>Réunion d'avancement de projet DAF / BRGM</b>	
Date : 12 février 2009	Lieu : <b>DAF/Mamoudzou</b>
Participants : DAF : Gilles CREUZOT, Anil AKBARALY, Charles CLUZET BRGM : Arnauld MALARD	
Diffusion : DAF, BRGM	

<b>RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS</b>
<p><b>1. Objet de la réunion</b></p> <p>Dans le cadre de la mise en place des réseaux de surveillance DCE de la qualité physico-chimique des eaux souterraine et de surface à Mayotte, le BRGM propose un programme de surveillance pour 2009 comprenant : 2 réseaux (ESU et ESOUT), la fréquence de suivi et les paramètres analysés.</p>
<p><b>2. Etat des lieux de la qualité physico-chimique des eaux ESU et ESOUT</b></p> <p>Le BRGM fait part de ses résultats concernant la qualité physico-chimique des eaux. Sur les 400 analyses recensées et traitées, il s'avère que la qualité globale des eaux souterraines et/ou de surface ne montrent pas d'indices particuliers de pollution.</p> <p>Gilles CREUZOT fait remarquer que l'ONEMA a fixé le 16 février comme échéance pour le rapportage sur la qualité des eaux de Mayotte. La DAF formulera une réponse sur la base des informations déjà transmises en 2008 et indiquera les références du rapport BRGM en cours.</p> <p>Le BRGM s'engage à remettre le rapport 2008 dès les propositions de réseaux / fréquence d'analyse et paramètres acceptées et la rédaction achevée.</p>

### **3. la question des réseaux de surveillance ESU et ESOUT**

La proposition des réseaux a été retenue par la DAF en ce qui concerne les ESU. Le nombre de points de surveillance et leur positionnement a été jugé approprié. Seul le point de surveillance placé en section aval de L'Ourovéni a été mis en doute en raison de la construction de la future retenue collinaire qui se situerait en aval et - par conséquent - pourrait nuire à la pérennité du point. L'information a été vérifiée et à ce jour il n'est pas à craindre pour l'intégrité du réseau.

La station MAY00012 M01 n'est pas rattachée à une masse d'eau définie par la DCE. La pertinence de cette station est néanmoins vérifiée compte tenu de l'absence d'informations sur le secteur et dans le secteur environnant.

En ce qui concerne les ESOUT, la majorité des points ont été validés. Anil AKBARALY propose de remplacer le point de surveillance de Kawéni F2 (12307X0014) par Kawéni 3 10'' (12307X0021), le forage F2 étant jugé de piètre construction pouvant nuire à sa pérennité et surtout à la qualité de eaux. Cette proposition est appuyée par Gilles CREUZOT

Concernant le forage de la carrière IBS, Gilles CREUZOT signale qu'en cas de refus d'accès pour prélèvement de la part du propriétaire, la DRIRE ou la Police de l'Eau pourra intervenir et autoriser l'accès. Il est mentionné aussi quelques réserves quant au degré d'exposition de ce forage vis-à-vis des aléas du chantier.

### **4. la question des paramètres**

Concernant les paramètres à analyser, la DAF propose de respecter les préconisations de la DCE concernant la liste des 41 substances prioritaires et de surimposer à cette liste les molécules spécifiques en circulation à Mayotte. La liste des paramètres généraux à analyser n'étant pas encore complètement définie, la discussion ne portera pas plus loin.

L'analyse sur sédiment n'a pas été retenue comme pertinente.

Concernant les paramètres bactériologiques, Gilles CREUZOT juge inutile de réaliser les analyses sur les ESU mais concède une certaine utilité à la mesure de ces paramètres en ESOUT, davantage sur le plan de la vulnérabilité de la ressource que sur la qualité intrinsèque des eaux.

Concernant les paramètres type phéopigments, chlorophylle a et silice dissoute, Anil AKBARALY propose le concours d'ARDA/PARETO Réunion qui sont visiblement équipé d'un appareil de mesure de ces paramètres mais n'ont pas l'accréditation.

## 5. La question de la fréquence d'analyse

La DAF acquiesce la proposition de fréquence des campagnes pour 2009, à savoir 1 en mars, la seconde en octobre.

## 6. la question du transport

La DAF, en les personnes de Gilles CREUZOT et Anil AKBARALY jugent risqué l'envoi des échantillons par Chronopost, que ce soit en termes de délai de transport mais aussi de conservation de la chaîne du froid. Ils demandent au BRGM de trouver une alternative moins risquée, raisonnable au regard du coût des échantillons.

Gilles CREUZOT insiste sur le fait que l'accréditation COFRAC est nécessaire sur l'ensemble des paramètres demandés par la DCE (cela n'inclue pas les paramètres bactériologiques).

Les coûts d'analyse sont jugés élevés. La DAF demande au BRGM d'intercéder auprès du laboratoire MMA pour bénéficier d'une remise généreuse. Gilles CREUZOT se pose la question de la légitimité du laboratoire MMA vis-à-vis des montants du projet et de l'alternative d'un appel d'offre.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Remise du rapport de l'état des lieux de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte en vue de la mise en place des réseaux de surveillance DCE	BRGM	rapidement	
Proposer une alternative quant aux moyens de transport et surtout de conservation de la chaîne du froid jusqu'au laboratoire	BRGM	1 <sup>ère</sup> semaine de mars	

<b>COMPTE RENDU DE RÉUNION</b>	
Projet : Réseau DCE qualité des eaux côtières	Numéro :
Objet : <b>Réunion d'avancement de projet ARVAM / DAF / BRGM</b>	
Date : 09 avril 2009	Lieu : <b>DAF/Mamoudzou</b>
Participants : ARVAM : Jean TURQUET IFREMER : Jean Louis GONZALEZ DAF : Gilles CREUZOT & Anil AKBARALY BRGM : Pascal PUVILLAND & Arnauld MALARD	
Diffusion : ARVAM, DAF, BRGM	

<b>RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS</b>
Rédaction Arnauld MALARD
<p><b>1. Objet de la réunion</b></p> <p>Dans le cadre de la mise en place des réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux côtières de Mayotte, l'ARVAM présente les premiers résultats de la campagne d'échantillonnage 2008 et les modalités d'échantillonnage pour la campagne de 2009.</p>
<p><b>2. Campagne d'échantillonnage des eaux côtières 2008 – 1ers résultats</b></p> <p>L'analyse des paramètres physico-chimiques montrent que la qualité des eaux côtières est relativement satisfaisante. Il sera retenu :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des concentrations en nitrites et nitrates inférieures aux valeurs seuils</li> <li>- des teneurs en phosphates stables</li> <li>- des teneurs en ammonium très inférieures aux valeurs de références.</li> </ul> <p>L'analyse des sédiments - notamment la granulométrie qui sert à définir la frontière des lutites et par conséquent aide à la précision du découpage des masses d'eau côtières – n'a pas encore été interprétée.</p>
<p><b>3. Campagne 2009. Echantillonneurs passifs</b></p> <p>7 échantillonneurs passifs seront plongés dans le lagon à 7 endroits stratégiques à une dizaine de mètres de profondeur environ. L'ARVAM propose la distribution suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En face du port de Dzaoudzi ou de Mamoudzou</li> <li>- En face de la station de traitement du Baobab</li> <li>- En face du port de Longoni</li> <li>- En face de la décharge de Mamoudzou/Majicavo</li> <li>- En fond de baie de Bouéni (point de référence pour état « naturel » avant mise en fonctionnement de station de traitement expérimentale de Malamani)</li> <li>- Au niveau du récif frangeant en face du village de M'tsangamouji (point de référence pour état « naturel » aussi)</li> <li>- Sur le platier au large de Trévani (point de référence du « bruit de fond » océanique)</li> </ul>

La disposition de ces stations assure le recouvrement et la surveillance de l'ensemble des typologies des masses d'eau à l'exception de la vasière des Badamiers (masse d'eau en RNABE).

Cette disposition est acceptée par la DAF et le BRGM, car elle représente le meilleur compromis entre la réponse aux préconisations de la DCE et la compilation judicieuse de la donnée et de la connaissance scientifique dans les endroits qui en feraient défaut.

Les échantillonneurs passifs sont de deux types :

- Les DGT qui permettent l'analyse des micropolluants métalliques ;
- Les POCIS qui permettent l'analyse des micropolluants organiques hydrophiles, ainsi que certaines substances pharmaceutiques et les SBSE qui permettent l'analyse des contaminants organiques hydrophobes (tels que les HAP, PCB, et les pesticides organochlorés)

Les DGT sont immergés 2 jours et récupérés ensuite pour analyse, les POCIS - quant à eux - sont immergés 3 semaines. Les échantillons sont ensuite envoyés à la Réunion et redirigés en métropole pour analyse.

Les échantillonneurs passifs permettent des économies significatives en termes de mise en place, récupération et envoi des échantillons comparativement à une campagne classique de prélèvement ponctuel. Le second avantage est la notion d'intégration des concentrations sur une durée plus ou moins longue et donc une représentativité plus sensible de la masse d'eau.

#### **4. La question des paramètres**

Cependant, il est à noter que le dispositif retenu (DGT + POCIS + SBSE) ne permet pas l'analyse complète des 41 substances prioritaires imposées par la DCE.

Le comité de pilotage remarque que la liste étant susceptible de modifications pour application aux DOM en milieu tropical, il n'est pas nécessaire de répondre intégralement à l'analyse des 41 substances pour les premières années.

Il sera de toute façon nécessaire d'adapter la stratégie d'analyse en fonction des résultats.

La liste des paramètres analysés par le dispositif est annexée au présent compte rendu.

#### **5. la question des transports**

L'ARVAM demande si un « passeur » serait susceptible de rapatrier les échantillons de type POCIS à la Réunion la première semaine de mai.

#### **6. Programme ARVAM – 2010**

Comme convenu, le programme des actions non réalisées en 2009 par défaut de subventionnement adéquat sera reporté en 2010. Le BRGM signale que le contrat passé à l'ARVAM (et idem à l'ARDA) pour 2010 est de type marché à commande avec :

- 1 commande de prestations 2009 déjà passée
- 1 commande de prestations 2010 qui sera passée fin 2009 dès confirmation de la participation de l'ONEMA à hauteur de 80% du financement.

## 7. Séminaire IFREMER – ONEMA de Nantes

Pour ce que les participants en savent, un séminaire est organisé à Nantes par l'IFREMER et l'ONEMA les 9 et 10 juin 2009, ayant pour thème les réseaux DCE littoraux dans les DOM/COM.

Concernant Mayotte, il est prévu la participation de G. Creuzot, Anil AKBARALY, Jean Turquet, Jean Louis GONZALEZ et P. Puvilland. Il conviendra de préparer une « feuille de route réseau littoral DCE Mayotte » à l'avance.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Remettre à la DAF le tableau des répartitions financières ONEMA du programme de surveillance des eaux de Mayotte (sur 2008, 2009 et 2010)	BRGM	rapidement	
Trouver si possible un « passeur » pour le rapatriement des échantillons POCIS à direction de la Réunion pour la 1 <sup>ère</sup> semaine de mars.	ARVAM/ DAF/BRGM	1 <sup>ère</sup> semaine de mai	
Préparer la feuille de route réseau DCE Mayotte pour le séminaire du 9 et 10 juin à Nantes.	ARVAM/IFRE MAER/DAF/B RGM	Avant le 15 mai	

**A368- Echantillonneurs  
Passifs Mayotte**

Familles	Molécules	SBSE	POCIS qualitatif	POCIS quantitatif	DGT
HAP	Naphtalène	X	X		
HAP	Benzothiophène	X	X		
HAP	Biphényle	X	X		
HAP	Acénaphthylène	X	X		
HAP	Acénaphthène	X	X		
HAP	Fluorène	X	X		
HAP	Dibenzothiophène	X	X		
HAP	Phénanthrène	X	X		
HAP	Anthracène	X	X		
HAP	Fluoranthène	X	X		
HAP	Pyrène	X	X		
HAP	Benzo(b-k)fluoranthène	X	X		
HAP	Benzo(e)pyrène	X	X		
HAP	Benzo(a)pyrène	X	X		
HAP	Pérylène	X	X		
HAP	Indeno(1,2,3-cd)pyrène	X	X		
HAP	Benzo(g,h,i)peryène	X	X		
PCB	PCB 7	X			
PCB	PCB 28	X			
PCB	PCB 35	X			
PCB	PCB 52	X			
PCB	PCB 101	X			
PCB	PCB 105	X			
PCB	PCB 118	X			
PCB	PCB 135	X			
PCB	PCB 138	X			
PCB	PCB 153	X			
PCB	PCB 156	X			
PCB	PCB 180	X			
Pesticides	AMPA (métab glyphosate)		X		
Pesticides	Alachlore	X	X		
Pesticides	Aldrine	X			
Pesticides	Alpha-BHC	X			
Pesticides	Atrazine	X		X	
Pesticides	Atrazine desethyl			X	
Pesticides	Atrazine hydroxy			X	
Pesticides	beta-gamma-BHC	X			
Pesticides	DCP MU (métabolite diuron)			X	
Pesticides	Delta-BHC	X			
Pesticides	DDD op'	X			
Pesticides	DDD pp'	X			
Pesticides	DDE op'	X			

Pesticides	DDE pp'	X			
Pesticides	DDT op'	X			
Pesticides	DDT pp'	X			
Pesticides	4,4'-DDT	X			
Pesticides	Diazinon	X		X	
Pesticides	Dieldrine	X			
Pesticides	Diuron			X	
Pesticides	Endosulfan alpha	X		X	
Pesticides	Endosulfan Alpha	X		X	
Pesticides	Endosulfan Beta	X		X	
Pesticides	Endosulfan sulfate	X		X	
Pesticides	Endrine	X			
Pesticides	Fipronil disulfenil			X	
Pesticides	Fipronil sulfide			X	
Pesticides	Fluroxypyr			X	
Pesticides	Gamma HCH (Lindane)	X			
Pesticides	Glyphosate		X		
Pesticides	Hexazinone	**		X	
Pesticides	Isodrine	X			
Pesticides	Metazachlore	***			
Pesticides	Metolachlore	X			
Pesticides	Paraquat		X		
	Phenol		+		
Pesticides	2,4,D		X		
Alkylphenols	4-Nonylphénol			X	
Alkylphenols	4-ter-Octylphénol			X	
Alkylphenols	Acide Nonylphénoxy acétique			X	
Alkylphenols	Bisphénol A			X	
Alkylphenols	4-Nonylphénol monoéthoxylé,			X	
Alkylphenols	4-Nonylphénol diéthoxylé			X	
Substances pharmaceutiques	Cafféïne,			X	
Substances pharmaceutiques	Carbamazepine,			X	
Substances pharmaceutiques	Diazepam,			X	
Substances pharmaceutiques	Amitriptyline,			X	
Substances pharmaceutiques	Imipramine,			X	
Substances pharmaceutiques	Doxepine,			X	
Substances pharmaceutiques	Nordiazepam,			X	
Substances pharmaceutiques	Aspirine,			X	
Substances pharmaceutiques	Ibuprofene,			X	
Substances pharmaceutiques	Paracetamol,			X	
Substances pharmaceutiques	Gemfibrozil,			X	

Substances pharmaceutiques	Terbutaline,			X	
Substances pharmaceutiques	Salbutamol,			X	
Substances pharmaceutiques	Naproxen,			X	
Substances pharmaceutiques	Clenbuterol,			X	
Substances pharmaceutiques	Ketoprofene, Diclofenac			X	
Substances pharmaceutiques	Diclofenac			X	
Contaminants métalliques	Cadmium				X
Contaminants métalliques	Nickel				X
Contaminants métalliques	Plomb				X
Contaminants métalliques	Chrome				X
Contaminants métalliques	Argent				X
Contaminants métalliques	Cuivre				X
Contaminants métalliques	Cobalt				X
Contaminants métalliques	Zinc				X

**
***

log Kow = 2,15 (rendement d'extraction plus faible)

log Kow = 2,37 (rendement d'extraction plus faible)



pas spécifié dans le document

Réf. : AM/09-084

Mayotte, le 16 avril 2009

<b>COMPTE RENDU DE RÉUNION</b>	
Projet : Réunion d'avancement de la mise en place des réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface et côtières de Mayotte	Numéro :
Objet : <b>Réunion d'avancement de projet ARVAM / ARDA / DAF / BRGM</b>	
Date : 15 avril 2009	Lieu : <b>DAF/Mamoudzou</b>
Participants : ARVAM : Jean TURQUET ARDA : Pierre VALADE ETHYCO : Nathalie MARY DAF : Gilles CREUZOT, Smaïl KHEROUFI & Anil AKBARALY BRGM : Pascal PUVILLAND & Arnaud MALARD	
Diffusion : ARVAM, ARDA, DAF, BRGM	

<b>RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS</b>
Rédaction Arnaud MALARD
<p><b>1. Objets de la réunion</b></p> <p>La réunion avait pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le débriefing de la campagne d'échantillonnage de l'ARVAM du 6 au 16 mai 2009 (cf. compte rendu n°09-084 de la réunion du 9 avril 2009).</li> <li>- La présentation de la campagne d'échantillonnage de l'ARDA du 13 au 24 avril 2009 relative à la qualité écologique des eaux de surface.</li> </ul>
<p><b>2. Campagne d'échantillonnage des eaux côtières</b></p> <p>Les 7 échantillonneurs passifs ont été disposés aux points convenus lors de la précédente réunion. Les DGT ont été relevés sous 2 jours et les POCIS restent - quant à eux - encore immergés jusqu'à la 1<sup>ère</sup> semaine de mai.</p> <p>34 points ont été échantillonnés en vue de caractériser les paramètres physico-chimiques majeurs. Il est important de noter que des mesures ont été réalisées à des profondeurs variables permettant d'apprécier - s'il y'a lieu - les gradients de température et de salinité. Les échantillonnages ont été réalisés au jusant dans le souci d'intégrer au maximum la composante hydrodynamique des apports continentaux lors de la vidange du lagon.</p> <p>Dans le cas (pessimiste) où les échantillonneurs passifs ne donneraient pas les résultats escomptés, Jean TURQUET indique qu'il lui sera probablement possible de réaliser 3 échantillons supplémentaires d'eaux côtières en octobre 2009 à la faveur d'un projet de recherche portant sur l'influence de la station d'épuration expérimentale de Malamani sur la qualité des eaux du lagon. Ce qui permettrait d'analyser et de confirmer ou d'infirmer notamment la présence de paramètres tels que le diuron ou TBT dans le lagon.</p> <p>Jean TURQUET rajoute que les résultats de l'état des lieux de la qualité des eaux côtières</p>

des DOM Guyane, Réunion et Mayotte en juin 2009 permettront d'envisager les contenus et modalités des campagnes de surveillance des DOM de 2010 à 2014.

Par ailleurs, Jean TURQUET confirme le partenariat passé avec l'IFREMER. Il s'agit d'un point important du dossier dans le sens où il s'agit probablement de la première action de l'IFREMER à Mayotte.

### **3. Campagnes d'échantillonnage des paramètres biologiques des eaux de surface**

#### **2008 :**

Pierre VALADE fait le point sur les campagnes d'échantillonnage 2008. 2 campagnes ont été réalisées, la 1<sup>ère</sup> en juillet, la 2<sup>nde</sup> en octobre.

La campagne de juillet portant sur les poissons et macrocrustacés est transcrite dans le rapport ARDA 2008, annexé au rapport BRGM/RP-56774-FR sous forme de fiches résultats « type » intégrables par l'ONEMA.

La campagne diatomées et invertébrés d'octobre 2008 a été plus délicate en raison de l'assèchement prononcé de grand nombre de cours d'eau. 12 stations d'échantillonnage sont confondues avec les stations d'échantillonnage poissons/macrocrustacés. 7 autres stations supplémentaires ont été échantillonnées. Les résultats de l'analyse des invertébrés seront consignés dans le rapport 2009. En ce qui concerne les diatomées, l'ARDA se rapprochera d'ASCONIT pour plus d'informations.

#### **2009 :**

La campagne d'échantillonnage poissons, macrocrustacés, invertébrés, diatomées des eaux de surface est découpée comme suit :

- prélèvements invertébrés (Nathalie MARY) : 13 au 24 avril,
- prélèvements diatomées (ASCONIT) : 18 au 22 avril,
- prélèvements poissons et macrocrustacés (ARDA) : 15 au 24 avril (début des échantillonnages le 16).

Le planning détaillé des échantillonnages de la campagne d'avril 2009 est donné en annexe.

Pierre VALADE signale que les conditions météorologiques ne sont pas les plus optimales pour les échantillonnages. La turbidité, conséquence des fortes pluies, rend les échantillonnages délicats. Les 1<sup>ers</sup> résultats des campagnes poissons montrent une ressource intéressante en anguilles, visiblement peu polluosensibles.

Nathalie MARY indique que la faune invertébrée est toute aussi variée et intéressante et que la probabilité d'espèces endémiques n'est pas à écarter.

Pierre VALADE signale qu'à compter de 2010, la surveillance comportera *à priori* une campagne d'échantillonnage par an, de préférence à l'étiage.

La question étant posée, Gilles CREUZOT rappelle que toutes les espèces animales des rivières de Mayotte sont protégées par arrêté préfectoral.

#### **4. Le faire savoir des opérations ONEMA – communiquer les campagnes et les résultats relatifs à la qualité des eaux naturelles de Mayotte.**

Gilles CREUZOT fait part aux membres de la réunion de la volonté - à juste titre - du MEDDATT de disposer d'un retour d'expérience des actions engagés à Mayotte depuis 2008.

Gilles CREUZOT propose que soit rédigé un communiqué d'avancement ou équivalent relatif :

- à l'état des lieux de la qualité des eaux
- aux détails des actions engagées à Mayotte pour la définition de la qualité
- aux premiers résultats interprétés : l'ARVAM signale que les résultats des échantillons sur sédiments seront interprétés à cette date.
- en insistant sur le caractère novateur et pilote pour les DOM/COM, des techniques développées à Mayotte (échantillonneurs passifs),

Son souhait serait de rédiger et de diffuser l'information avant la prochaine réunion du Comité de bassin fixée au 16 juin 2009. Le BRGM, L'ARDA et l'ARVAM répondent favorablement à ce souhait.

#### **5. Question financière**

Pascal PUVILLAND pose la question des modalités du marché à commandes passé en 2009 avec l'ARDA et l'ARVAM. Les intéressés répondent que les modalités leur conviennent parfaitement.

Gilles CREUZOT ajoute que l'ONEMA serait susceptible - mais cette information est à prendre au conditionnel et sous réserve - de rétablir les financements 2009 comme prévu en 2008, sous réserve que des actions ne soient pas consommées dans les autres DOM. En effet, dans un souci de rétablir les promesses financières faites en 2008, les actions engagées à Mayotte sont prioritaires aux yeux de l'ONEMA.

Pierre VALADE souligne que dans l'éventualité d'une confirmation de financement supplémentaire en 2009, l'ARDA ne pourra que difficilement modifier son programme d'actions 2009 si l'information lui est communiquée après le mois de mai.

Jean TURQUET indique que dans le cas de l'ARVAM, les analyses prévues en 2009 sont réalisées et normalement facturées et réglées en 2010. Dans l'éventualité de ce financement sur 2009, l'ARVAM pourra procéder plus tôt au règlement des fournisseurs. Par ailleurs, une partie des tâches d'interprétation initialement prévues en 2010 pourront être effectuées en 2009.

#### **6. Programme des réseaux de surveillance**

Gilles CREUZOT insiste sur la nécessité de disposer d'indicateurs - ne serait ce que générique à défaut d'indicateurs spécifiques liés aux pressions - de la qualité écologique des eaux côtières et de surface pour fin 2010.

Jean TURQUET répond qu'en ce qui concerne les eaux côtières, les indicateurs retenus sont les coraux.

Pierre VALADE répond qu'en ce qui concerne la qualité écologique des eaux de surface, la définition d'indicateurs fiables est délicate et qu'en l'absence de chroniques suffisantes, cette définition ne pourra être pertinente pour l'horizon 2011.

Gilles CREUZOT suggère à l'ARVAM et à l'ARDA de proposer plusieurs programmes de surveillance pour 2011 adaptés en fonction des fourchettes budgétaires susceptibles d'être allouées. L'ARDA et l'ARVAM répondent favorablement à cette suggestion.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Remettre à l'ARDA et à l'ARVAM les diaporamas du séminaire SDAGE de novembre 2008	DAF	rapidement	
Trouver si possible un « passeur » pour le rapatriement des échantillons POCIS à direction de la Réunion pour la 1 <sup>ère</sup> semaine de mars.	ARVAM/ DAF/BRGM	1 <sup>ère</sup> semaine de mai	
Trouver les documents relatifs à l'état de référence faunistique de la qualité des eaux de Mayotte (ASCONIT)	BRGM	rapidement	

Date d'échantillonnage	Bassin versant	Nom station
<i>mercredi 15 avril 2009</i>		<i>Arrivée</i>
jeudi 16 avril 2009	Bouyouni	Bouyouni Aval
jeudi 16 avril 2009	Bouyouni	Bouyouni Intermédiaire
vendredi 17 avril 2009	Bouyouni	Bouyouni Amont
vendredi 17 avril 2009	Ourovéni	Ourovéni Aval
samedi 18 avril 2009	Coconi	Coconi Aval
<i>samedi 18 avril 2009</i>		<i>1/2 j secours</i>
<i>dimanche 19 avril 2009</i>		<i>1 j Secours</i>
lundi 20 avril 2009	Koualé	Koualé Aval
lundi 20 avril 2009	Koualé	Koualé Intermédiaire
mardi 21 avril 2009	Dembéni	Dembéni Aval
mardi 21 avril 2009	Koualé	Koualé Amont
mercredi 22 avril 2009	M'tsangachéhi	M'tsangachéhi Aval
mercredi 22 avril 2009	Mroni Bé	Dapani Aval
jeudi 23 avril 2009	Ourovéni	Ourovéni Intermédiaire
<i>jeudi 23 avril 2009</i>		<i>1/2 j secours</i>
<i>vendredi 24 avril 2009</i>		<i>Départ</i>

Annexe: Planning de la campagne d'échantillonnage ARDA d'avril 2009

<b>COMPTE RENDU DE RÉUNION</b>	
Projet : Réseau de surveillance de la qualité des eaux côtière, de surface et souterraine de Mayotte	Numéro :
Objet : <b>Réunion de fin de campagne d'échantillonnage ARDA / ASCONIT / ETHYCO d'avril 2009.</b>	
Date : 22 avril 2009	Lieu : <b>DAF/Mamoudzou</b>
Participants : ARDA : Pierre VALADE ETHYCO : Nathalie MARY DAF : Gilles CREUZOT, Anil AKBARALY BRGM : Pascal PUVILLAND & Arnaud MALARD	
Diffusion : ARDA (pour diffusion partenaires, ETHYCO & ASCONIT), DAF, BRGM	

<b>RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS</b>
Rédaction Arnaud MALARD
<p><b>1. Objets de la réunion</b></p> <p>La réunion avait pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le débriefing de la campagne d'échantillonnage ARDA, ASCONIT &amp; ETHYCO du 13 au 24 avril 2009 relative à la qualité écologique des eaux de surface (prélèvements poissons, macrocrustacés, invertébrés et diatomées</li> <li>- La poursuite du projet de définition des réseaux de surveillance des eaux douces 2009/2010.</li> </ul>
<p><b>2. Campagne d'échantillonnage du 13 au 24 avril. Compte rendu</b></p> <p>Pierre Valade relate rapidement les premières observations de la campagne. Dans l'ensemble, la campagne s'est bien déroulée, tous les cours d'eau ont été échantillonnés malgré des débits et des turbidités importantes qui ont par moment contraints à reporter les pêches électriques par manque de visibilité du substrat. Même remarque concernant la collecte des invertébrés.</p> <p>Compte tenu de la variation importante de la surface mouillée des cours d'eau – conséquence des débits plus forts – le résultat des comptages poissons / macrocrustacés sera rapporté au linéaire de rivière et non à la surface mouillée.</p> <p>Pierre Valade ajoute que la donnée – ne serait-ce que qualitative – des régimes de débit par rapport à la normale saisonnière est une information capitale pour l'interprétation des peuplements. Il ajoute que pour les campagnes futures, il est plus représentatif d'échantillonner en début de la saison d'étiage plutôt qu'en fin car la notion de continuité d'habitat est davantage respectée ; particulièrement dans les cours d'eau qui s'assèchent presque intégralement. Juillet semble une date judicieuse pour la réalisation de ces campagnes.</p> <p>Nathalie MARY indique qu'ETHYCO a fait appel à un bureau d'études local (ISIRUS) et lui a</p>

dispensé la formation nécessaire pour l'épauler et la seconder dans les prélèvements invertébrés. Cette alternative est approuvée par le comité de pilotage car elle représente une piste intéressante pour le devenir des réseaux de surveillance qui pourraient être confiés aux bureaux d'études locaux.

En ce qui concerne les premiers résultats, Pierre VALADE attire l'attention du comité de pilotage sur le fait que moins d'anguilles de plus d'un mètre ont été pêchées par rapport à juillet 2008. Seuls quelques spécimens de cette taille ont été collectés dans le Mro Oua Coconi alors qu'en juillet 2008 il en était pêché dans chaque rivière. Il en est de même pour les camarons dont le nombre de spécimens s'est vu réduit par rapport à la même campagne de référence. Il est donc important de suivre précisément le peuplement de ces espèces, d'autant que le camaron pourrait être retenu comme un indicateur de qualité physico-chimique des eaux.

La pêche est invoquée comme pouvant être une des causes de la diminution de ce nombre.

Gilles CREUZOT indique qu'il voit difficilement l'efficacité de l'arrêté préfectoral relatif à la pêche en rivière, alors que les espèces ont un cycle de vie en milieu d'estuaire ou marin où la pêche est tolérée. Cette remarque fait suite aux commentaires sur l'émission 100% Mayotte dans laquelle était abordée la pêche en rivière et particulièrement les anguilles.

En ce qui concerne les Gobidés endémiques des Comores, Pierre VALADE signale qu'on ne les dénombre que dans deux cours d'eau à Mayotte : la Kwalé et la Dembéni. Les facteurs qui conditionnent cette répartition exclusive ne sont aujourd'hui pas connus.

En ce qui concerne les guppys, Pierre VALADE indique que les comptages ne montrent pas un nombre trop important. Il rappelle que cette espèce fait partie de la liste des 100 espèces invasives de l'UICN mais qu'à Mayotte, les guppys n'occupent pas la niche écologique d'une autre espèce (notion de moindre mal). Ces poissons sont régulièrement réensemencés par la DASS (confirmation par le service). Leur présence est donc aussi régulée par la lutte antivectorielle. L'interprétation de la fluctuation de ces peuplements sera donc délicate mais peut intéresser directement les services de la LAV pour avoir du recul sur leurs travaux et les zones où l'ensemencement est réussi.

En ce qui concerne les invertébrés, leur densité est plus faible qu'à l'étiage (campagne de référence d'octobre 2008) mais que seule l'identification permettra de connaître les différences de répartition des espèces.

A noter ; la présence d'un batracien dans la rivière Kwalé, une grenouille pour être plus exact.

### **3. Reste à faire concernant les études de la qualité écologique des eaux de surface**

2009 :

L'ARDA doit fournir un rapport comprenant :

- l'exécution de la mission d'échantillonnage d'avril 2009 ;
- le traitement des échantillonnages invertébrés + diatomées de la campagne d'octobre 2008 ;

2010 :

L'ARDA doit fournir un rapport comprenant :

- le traitement des échantillons poissons + invertébrés + diatomées de la campagne 2009
- un bilan et une identification des premières espèces susceptibles d'être considérées comme indicatrices

#### **4. Financement 2009**

Gilles CREUZOT fait part aux membres de la réunion de l'existence de crédits Etat dans le cadre du contrat de projet Etat/CDM 2008-2014, mis à disposition par le secrétariat d'état à l'Outre Mer. La préfecture serait susceptible de financer les études 2009 annulées par manque de crédit ONEMA, sous réserve que les montages financiers lui soient proposés avant le 12 mai. Si les projets sont retenus, les financements pourraient être accordés courant juin 2009.

Gilles Creuzot rappelle que les engagements financiers doivent être faits en 2009, mais que le rendu et le paiement du solde peut se faire en 2010.

Pierre VALADE dit qu'il lui est possible de rétablir en partie son programme initial 2009, mais que le traitement de données repoussera la rédaction du rapport au 1<sup>er</sup> semestre 2010. Le BRGM ne voit pas d'inconvénient dans la mesure où le rapport final de définition des réseaux de surveillance ne sera pas édité avant juin 2010.

L'ARDA s'engage à remettre son offre au BRGM avant début mai.

Pour mémoire, l'ARVAM peut aussi réaliser le reste à faire en 2009. Le BRGM sollicitera l'ARVAM dans ce sens et actualisera aussi sa proposition dans les mêmes délais.

#### **5. Proposition de programme ARDA 2010 / 2011 / 2012**

L'ARDA pose aux membres du comité de pilotage la question de faisabilité d'un programme visant à la définition d'outils d'interprétation des indicateurs poissons + diatomées + invertébrés sur une trentaine de points d'échantillonnage avec rendu des travaux début 2013 :

- Le volet diatomées serait assuré par ASCONIT sous encadrement du CEMAGREF
- le volet invertébrés serait assuré par ETHYCO sous encadrement du CEMAGREF
- le volet poissons serait assuré par l'ARDA
- le volet physico-chimie des eaux douces par le BRGM.

Ce programme d'étude répond à la DCE dans le sens où le suivi des espèces est à *minima* assuré sur 3 années.

Le coût du projet serait estimé entre 500 et 700 k€ sur 3 ans. il s'agit d'une première estimation, grossière, et hors suivi des paramètres physico-chimiques.

Gilles CREUZOT fait part d'une certaine réserve, l'ONEMA ne pouvant pas a priori prendre en charge un coût supérieur à 300 k€/an pour l'ensemble des réseaux de surveillance (base 2008 et 2009). Or le chiffrage du programme eaux douces ajouté aux réseaux de surveillance des eaux côtières et des eaux souterraines dépasserait les 500 k€/an et le coût de l'ensemble des réseaux qualité DCE des DOM n'est pas connu à ce jour.

L'ARDA s'engage à remettre au BRGM et à la DAF une proposition de projet affichée comme distinct du projet de réseaux de surveillance. La DAF - avec l'appui du BRGM - s'engage à faire remonter cette proposition auprès de l'ONEMA.

#### **6. Colloque sur les réseaux de surveillance**

Le BRGM rappelle la proposition d'un colloque relatif à la présentation des résultats de définition des réseaux de surveillance. Cette action est réalisable sous réserve des financements complémentaires du contrat de projet (cf. § 4)

La date de ce colloque est fixée à mi-décembre 2009 au plus tard.

Le BRGM s'engage à réaliser le chiffrage d'une telle action. A rajouter au montage financier à déposer en préfecture pour le 12 mai.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Montage des compléments d'étude 2009 dans le cadre du contrat de projet Outre Mer 2008-2014.	ARDA / ARVAM / BRGM	début mai	
Proposition de projet de définition d'outils d'interprétation	ARDA / ETHYCO / ASCONIT / BRGM	septembre	

<b>COMPTE RENDU DE RÉUNION</b>	
Projets : Réseaux piézométrique MO BRGM 2010 et réseaux de surveillance DCE de la qualité des eaux	Numéro :
Objet : Programme du réseau piézométrique MO BRGM 2010 et proposition des modalités de la campagne de prélèvement d'eau brute (souterraine et surface) d'octobre 2009 (surveillance DCE)	
Date : 25 août 2009	Lieu : <b>DAF/Mamoudzou</b>
Participants : DAF : Gilles CREUZOT, Anil AKBARALY BRGM : Pascal PUVILLAND & Arnauld MALARD	
Diffusion : DAF, BRGM	

<b>RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS</b>
Rédaction Arnauld MALARD
<p><b>1. Objets de la réunion</b></p> <p>La réunion aborde les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La programmation des actions et le chiffrage prévisionnel relatifs au fonctionnement du réseau piézométrique MO BRGM de l'année 2010</li> <li>- Les modalités de la campagne de prélèvement d'octobre 2009 dans le cadre du programme de surveillance DCE des eaux souterraines et de surface</li> </ul>
<p><b>2. Préambule</b></p> <p>La réunion MISEEN restreinte (Etat &amp; BRGM) du 16 septembre 2009 portera sur la présentation des résultats des études BAC (5 bassins versants prioritaires). A ce sujet, le BRGM présentera les résultats relatifs à la délimitation, à la caractérisation de la vulnérabilité et des pressions.</p> <p>La DAF est invitée à relire et corriger la présentation « 090820_ppt-BAC.ppt » afin d'exposer le point de vue de la Police de l'Eau sur les résultats de l'étude.</p> <p>Le BRGM sollicitera une imputation spécifique d'un ou deux jours afin de préparer au mieux les documents et d'assurer la présentation.</p>
<p><b>3. Programmation du réseau piézométrique MO BRGM - 2010</b></p> <p>En 2010, le BRGM assurera le suivi de 8 piézomètres qui – à cet effet – sont automatisés et télétransmis. Les données sont bancarisées dans la banque ADES de données du sous sol.</p> <p>Les actions spécifiques prévues en 2010 sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la réfection de deux têtes d'ouvrages (les piézomètres de Kahani 1 8'' et de Kawéni 1 8'') nécessaire pour protéger l'ouvrage et assurer l'instrumentation des sites.</li> </ul>

- Le nivellement de tous les ouvrages du réseau MO BRGM, à savoir 8 piézomètres.
- Le renouvellement de 3 stations piézométriques par des instruments adéquats

A ce titre, le BRGM se procurera 5 stations de mesure piézométriques de type OTT (équipement des sites et renouvellement des stocks)

Le chiffrage prévisionnel du programme 2010 est annexé en fin de document.

Le programme de surveillance 2010 fera l'objet d'un rapport BRGM sur le modèle du rapport 2008 et 2009 (pour exemple le rapport BRGM/RP-56768-FR). A ce sujet, Gilles Creuzot souhaiterait qu'à l'avenir le bulletin hydrogéologique annuel soit réalisé à l'échelle du bassin de Mayotte (au sens DCE) et intègre les résultats des piézomètres des réseaux MO DAF et MO BRGM. Ce rapport sera l'occasion de valoriser, d'exploiter et d'interpréter les données à l'échelle de l'île. Ce document unique et régulier constituera un support capital pour la poursuite d'études hydrogéologiques sur l'île.

Une première année d'étude est nécessaire pour la réflexion du mode d'exploitation des données et la mise en forme (accessibilité pour les services de l'Etat et le public). Une fiche de projet ONEMA sera rédigée en partenariat avec la DAF et proposée au CRP pour validation. Cette demande sera déjà relayée par P. Puvilland sur Orléans en vue de la réunion BRGM/ONEMA su 28/08 consacrée à la programmation 2010.

#### **4. modalités de la campagne de prélèvement d'octobre 2009**

##### I. Modalités

Concernant les modalités de la campagne de prélèvement d'octobre 2009, la DAF et le BRGM se sont mis d'accord sur :

- les dates de la campagne, du 28 octobre au 4 novembre ;
- le choix du laboratoire à savoir l'Institut Pasteur de Lille pour l'analyse des paramètres physico-chimiques : les échantillons seront accrédités COFRAC sur l'analyse et une remarque particulière sera mentionnée sur les délais et température des échantillons à l'arrivée au laboratoire ;
- la nécessité d'analyser les paramètres bactériologiques ; évidente dans le cas des eaux souterraines mais sujette à caution dans le cas des eaux de surface. Les analyses seront réalisées dans le laboratoire de la SOGEA à Mayotte (question de coûts et de délais) ;
- La nécessité d'envoyer tous les jours par le premier avion, si possible, les échantillons prélevés le matin même en s'assurant au préalable que la mise en glacière d'échantillons à température ambiante (27°) ne soit pas plus pénalisante qu'un délai d'une nuit au réfrigérateur.

Toutes les options relatives à la bonne conservation des échantillons doivent être étudiées, même les plus onéreuses. Comme mentionné lors de la réunion, le respect des délais de transport et des températures sont les conditions capitales pour l'obtention de résultats d'analyse significatifs.

Le BRGM travaille à la mise d'un point d'un protocole de prélèvement et d'envoi adapté.

##### II. Questions

Compte tenu de la cloche piézométrique qui couvre le piézomètre de Tsararano 1, il est actuellement impossible de procéder à un pompage pour prélèvement. Une solution doit être

étudiée par la DAF.

En l'absence de retour de la part d'IBS concernant la possibilité de prélever le forage de la carrière (cf. courrier en annexe), 2 solutions sont à envisager à égalité :

- Soit l'appui formel de la Police de l'Eau est requis pour autorisation d'accès au forage ;
- Soit est envisagé l'alternative de prélever le nouveau forage de la carrière ETPC.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Relecture et correction de la présentation « 090820_ppt-BAC.ppt »	DAF	10 septembre	
Rédaction d'une fiche projet relative à la présentation, l'exploitation et l'interprétation des données piézométriques du bassin de Mayotte en partenariat avec la DAF	BRGM	10 septembre	
Trouver une solution pour permettre le pompage du piézomètre de Tsararano	DAF	Avant le 1 <sup>er</sup> novembre	
Obtenir l'autorisation de prélever au forage de la carrière d'IBS ou d'ETPC	DAF & BRGM		

Annexe 1. Chiffrage prévisionnel du programme 2010 de surveillance du réseau piézométrique MO BRGM

Annexe 2. Courrier officiel envoyé à l'exploitant de la carrière IBS à plusieurs reprises (09/10/2008, 16/12/2008, 08/01/2009, 23/03/2009)





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional de Mayotte”**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 363  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13