



Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau souterraines, cours d'eau et côtières

Rapport final
BRGM/RP-58229-FR
mars 2011

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

MAYOTTE



Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau souterraines, cours d'eau et côtières

Rapport final

BRGM/RP-58229-FR
mars 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2010 – PSP10MAY26

T. Jaouën, A. Akbaraly, A. Winckel

Vérificateur :

Nom : L. Gourcy

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : P. Puvilland

Date :

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 9001:2008.

Mots clés : DCE, Directive Cadre sur l'Eau, qualité, masse d'eau, souterraine, superficielle, côtière, physico-chimie, réseau de surveillance, Comores, Mayotte.

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

Jaouën T., Akbaraly A. Winckel A. (2011) - Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau souterraines, cours d'eau et côtières. Rapport final. RP-58229-FR. 153 p., 47 ill.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000/60/CE) établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. L'objectif de cette directive est de retrouver le bon état chimique et écologique des eaux de surface (cours d'eau, lacs, eaux de transition, eaux côtières) et le bon état quantitatif et chimique des eaux souterraines à l'échéance 2015.

Conformément aux exigences de cette Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE), les Etats Membres doivent disposer de réseaux de surveillance des états chimique, biologique et hydromorphologique des masses d'eau souterraines, côtières et des cours d'eau.

Dans le cadre de ses missions de service public, le BRGM a donc été sollicité par la DAF, représentant l'ONEMA à Mayotte, pour définir les réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraines, des cours d'eau et des eaux côtières. En tant qu'ensemblier de ce projet, le BRGM a réalisé les tâches relevant directement de ses compétences, soit la partie concernant physico-chimique des eaux de surface et souterraines. Pour les domaines ne relevant pas de ses compétences, le BRGM s'est entouré des groupements ARVAM-PARETO pour les eaux côtières et ARDA-ASCONIT-ETHYCO pour l'hydroécologie des eaux continentales.

L'objectif de cette étude est de proposer, pour le district hydrographique de Mayotte, un réseau de surveillance de l'état écologique des masses d'eau continentales et côtières conforme à la réglementation en vigueur et adapté au contexte local. Ce réseau décrit les éléments nécessaires au suivi : sites, critères, fréquences et méthodologie de mise en œuvre. Des perspectives d'étude complémentaires seront aussi développées.

De part le manque de connaissance des milieux aquatiques, l'état écologique des masses d'eau a été évalué sur des critères qualitatifs à l'occasion de l'élaboration du SDAGE de Mayotte (ASCONIT/PARETO, 2008). L'autre difficulté rencontrée fut la faible connaissance des pressions sur les masses d'eaux, cette évaluation n'ayant pas pu être menée complètement lors de l'état des lieux du SDAGE. Dans ce contexte, où la connaissance même du fonctionnement du milieu et de l'influence des pressions sur ce dernier sont insuffisantes, il a été décidé de ne proposer que des réseaux de contrôle de surveillance (RCS) à Mayotte. Les réseaux de contrôle opérationnel (RCO) seront définis par la suite en fonction de l'évolution de l'état qualitatif des masses d'eau et d'une caractérisation précise des pressions.

Le programme de définition des réseaux de contrôle de surveillance s'est déroulé sur la période 2008-2010 sur des financements ONEMA-BRGM (convention 2008-2009) puis SEOM-BRGM en 2009-2010. Le pilotage de cette étude a été assurée par la DEAL (ex-DAF, avant janvier 2011) de Mayotte représentant l'ONEMA. Le programme comportait :

- une partie eaux souterraines :
 - o deux campagnes (hautes et basses eaux) pour l'analyse physico-chimique des eaux ;
- une partie eaux superficielles continentales :
 - o deux campagnes (hautes et basses eaux) pour l'analyse physico-chimique des eaux ;
 - o deux campagnes (hautes et basses eaux) pour l'étude des poissons, des invertébrés et des diatomées ;
- une partie eaux côtières :
 - o la synthèse bibliographique des données physico-chimiques antérieures ;
 - o deux campagnes d'acquisition des données hydrologiques et sédimentaires comprenant des mesures de physico-chimie des eaux et des micropolluants par le déploiement d'échantillonneurs passifs ;
 - o une campagne d'acquisition des données sédimentaires (chimie des sédiments et caractérisation de la macrofaune endogée).

Les conclusions des études de l'ARDA et de l'ARVAM portant, respectivement, sur l'hydroécologie des eaux continentales et côtières ont faits l'objet de rapports spécifiques :

- ARDA – ETHYCO – ASCONIT (2010) Etude de définition des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau de Mayotte – Volet eaux de surface / Poissons, Macrofaune benthique, Diatomées. Septembre 2010 ;
- ARVAM (2010) Définition des réseaux de surveillance «qualité des masses d'eau côtières» de Mayotte. Rapport final. ARVAM. A345-A364, P243. Septembre 2010.

Le réseau de contrôle de surveillance proposé par cette étude s'articule autour de trois axes complémentaires : (1) la compatibilité des suivis avec la réglementation en vigueur, (2) le développement des connaissances par le biais de ces suivis et (3) la prise en compte des spécificités locales tant environnementales (lagon, climat, faune et flore tropicale) que socio-culturelles (lessives en rivière, assainissement, décharges sauvages, ...) ou géoéconomiques (éloignement de la métropole, capacités analytiques locales).

Pour compléter le dimensionnement technique (stations, fréquences, paramètres, méthodes) de ces réseaux cette étude présente également une estimation des coûts de chaque compartiment suivi.

Enfin, le rapport propose des pistes de financement et de portage des réseaux, tenant compte des compétences et programmes connus des acteurs locaux principaux que sont la DEAL, le BRGM, le Conseil Général, l'IFREMER et le Parc Naturel Marin de

Mayotte. Ces éléments doivent servir de base à la réflexion et la coordination des actions des services.

Sommaire

1. Contexte de l'étude	13
1.1. INTRODUCTION.....	13
1.1.1. Rappels des objectifs de la DCE	13
1.1.2. Contexte général de l'étude.....	14
1.1.3. Objectifs de l'étude.....	15
1.2. DESCRIPTION DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE MAYOTTE.....	15
1.2.1. Le réseau hydrographique de Mayotte	15
1.2.2. Les plans d'eaux artificiels et naturels	16
1.2.3. Le lagon, spécificité du territoire mahorais	16
1.2.4. Les environnements de transition : la mangrove	18
1.2.5. La singularité du milieu tropical	19
1.2.6. L'influence des activités anthropiques sur la qualité des eaux naturelles de Mayotte	20
1.3. RAPPEL SUR LE DECOUPAGE DES MASSES D'EAU ET PREVISIONS DU SDAGE	24
1.3.1. Eaux souterraines	28
1.3.2. Eaux de surface de type cours d'eau et plans d'eau.....	28
1.3.3. Eaux côtières	30
1.4. RAPPEL DES SPECIFICATIONS NATIONALES POUR LE SUIVI DE L'ETAT QUALITATIF DES MASSES D'EAU	31
1.5. RETROSPECTIVE DU PROJET	34
1.5.1. Déroulement du projet.....	34
1.5.2. Rapports antérieurs.....	35
2. Masses d'eaux souterraines.....	37
2.1. INTRODUCTION.....	37
2.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX.....	37
2.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE.....	38
2.3.1. Organisation du suivi.....	38
2.3.2. Points de surveillance	38
2.3.3. Fréquence de suivi.....	46
2.3.4. Paramètres suivis.....	47

2.3.5. Méthodologie.....	51
2.3.6. Bancarisation des données	52
2.3.7. Aspect quantitatif de la ressource.....	52
2.3.8. Comparaison avec la réglementation pour les DOM.....	53
2.4. ESTIMATION DES COUTS DE SUIVI.....	53
2.4.1. Identification des postes de dépense.....	53
2.4.2. Détail des coûts du suivi de routine	54
2.4.3. Détail des coûts du suivi photographique	55
2.4.4. Synthèse des coûts sur le plan de gestion.....	55
3. Masse d'eau superficielles continentales (cours d'eau).....	57
3.1. INTRODUCTION.....	57
3.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX	57
3.2.1. Programme	57
3.2.2. Volet physico-chimie.....	58
3.2.3. Volet poissons et macrocrustacés	59
3.2.4. Volet macroinvertébrés.....	60
3.2.5. Volet diatomées.....	60
3.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX SUPERFICIELLES CONTINENTALES.....	61
3.3.1. Organisation du suivi	61
3.3.2. Points de surveillance.....	61
3.3.3. Fréquences de suivi	79
3.3.4. Paramètres à suivre	80
3.3.5. Méthodologie.....	84
3.4. ESTIMATION DES COUTS DE SUIVI.....	88
3.4.1. Coûts pour le suivi du volet physico-chimique	88
3.4.2. Coûts pour les volets biologiques	91
3.4.3. Synthèse des coûts sur le plan de gestion 2011-2015.....	91
4. Masse d'eau côtières	93
4.1. INTRODUCTION	93
4.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX	93
4.2.1. Programme	93
4.2.2. Bancarisation et cartographie	94
4.2.3. Suivi hydrologique	95

4.2.4. Résultats du suivi pilote chimie – échantillonneurs passifs.....	96
4.2.5. Résultats du suivi pilote sédiments.....	96
4.2.6. Conclusions.....	98
4.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX COTIERES	99
4.3.1. Organisation du suivi.....	99
4.3.2. Points de surveillance	100
4.3.3. Température.....	103
4.3.4. Chimie – contaminants.....	104
4.3.5. Phytoplancton et physico-chimie	108
4.3.6. Invertébrés de substrat meuble	112
4.3.7. Invertébrés de substrat dur.....	114
4.4. ESTIMATION DES COUTS DE SUIVI.....	116
4.4.1. Température.....	116
4.4.2. Chimie – contaminants.....	117
4.4.3. Phytoplancton et physico-chimie	119
4.4.4. Invertébrés de substrat meuble	119
4.4.5. Invertébrés de substrat dur.....	121
5. Synthèse de la mise en œuvre des réseaux de suivi sur le plan de gestion .	125
5.1. CHRONOGRAMME DETAILLE DE LA PERIODE 2011-2015.....	125
5.2. COMPARAISON DES RESEAUX PROPOSES AVEC LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR POUR LES DOM.....	128
5.2.1. Suivis anticipant la définition des métriques	128
5.2.2. Suivis complémentaires liés à la spécificité régionale.....	128
5.2.3. Suivis à développer	128
5.3. SYNTHESE DES COUTS ESTIMATIFS.....	129
6. Perspectives.....	132
6.1. ETUDES GLOBALES.....	132
6.2. MASSES D'EAU SOUTERRAINE	132
6.3. MASSES D'EAU SUPERFICIELLES CONTINENTALES	133
6.4. MASSES D'EAU COTIERES.....	134
6.4.1. Actions Inter-DOM.....	134
6.4.2. Autres perspectives.....	135

7. Conclusion	137
8. Bibliographie	139

Liste des illustrations

Illustration 1 : vue du récif barrière au niveau de la réserve naturelle de la Passe en S (vue vers le Sud).....	17
Illustration 2 : évolution simplifiée (à gauche) et coupes schématiques (à droite) du complexe récifo-lagonnaire de Mayotte (source : inconnues).....	18
Illustration 3 : état 2007 des masses d'eau superficielles, continentales et côtières, de Mayotte (extrait du SDAGE 2010-2015).....	26
Illustration 4 : état 2007 des masses d'eau souterraine de Mayotte (extrait du SDAGE, 2010-2015).	27
Illustration 5 : découpage des masses d'eau souterraine et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).	28
Illustration 6: découpage des masses d'eau de surface de type cours d'eau et objectif d'état (SDAGE de MAYOTTE).	29
Illustration 7 : découpage des masses d'eau de surface de type plans d'eau et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).	30
Illustration 8 : découpage des masses d'eau côtières et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).	30
Illustration 9 : localisation des sites de prélèvement d'eau souterraine.	39
Illustration 10 : liste des sites retenus par masse d'eau souterraine.	40
Illustration 11 : caractéristiques des sites de prélèvement d'eau souterraine.	40
Illustration 12 : liste des paramètres à suivre en campagne de routine (7 tableaux).....	48
Illustration 13 : liste des paramètres à suivre lors des campagnes photographiques (7 tableaux).	49
Illustration 14 : identification des postes de dépense pour le suivi des eaux souterraines.	54
Illustration 15 : détail des coûts annuels pour le suivi de routine des masses d'eaux souterraines.	55
Illustration 16 : liste des stations (optimum) pour le suivi des masses d'eau superficielles (X et Y en mètres dans le système RGM04 ; Z; P : Poisson ; I : Invertébrés ; D : Diatomées ; PC : Physico-Chimie ; s.o. : sans objet ; * : nom de la rivière en l'absence de masse d'eau définie).	63
Illustration 17 : carte de localisation des stations du réseau optimum de contrôle de surveillance des eaux superficielles (masses d'eau cours d'eau) ; P : Poisson ; I+D : Invertébrés + Diatomées ; PC : Physico-Chimie.	64

Illustration 18: liste des stations pour le suivi a minima des masses d'eau superficielles (X et Y en mètres dans le système RGM04 ; P : Poisson ; I : Invertébrés ; D : Diatomées ; PC : Physico-Chimie).....	65
Illustration 19 : carte de localisation des stations du réseau minimum de contrôle de surveillance des eaux superficielles (masses d'eau cours d'eau) ; P : Poisson ; I+D : Invertébrés + Diatomées ; PC : Physico-Chimie.....	66
Illustration 20 : caractéristiques des sites de prélèvement d'eau souterraine.	67
Illustration 21 : identification des postes de dépense pour le suivi des eaux superficielles continentales.	89
Illustration 22 : détail des coûts annuels pour le suivi des paramètres physico-chimiques.	90
Illustration 23 : détail des coûts annuels pour le suivi des micropolluants dans les cours d'eau.....	90
Illustration 24 : estimation du coût de suivi des volets biologiques "cours d'eau" par stations.	91
Illustration 25 : estimation globale annuelle du coût de suivi des volets biologiques pour les "cours d'eau".....	91
Illustration 26 : paramètres et méthodes pour le suivi hydrologique des eaux marines.....	95
Illustration 27 : paramètres et méthodes d'analyse pour les prélèvements de sédiments marins.....	97
Illustration 28 : liste des 17 stations pour le suivi des masses d'eau côtières ; coordonnées en WGS84 (degrés décimaux):.....	101
Illustration 29 : carte de localisation des stations du réseau de contrôle de surveillance des eaux côtières.	102
Illustration 30 : grille de lecture pour le suivi de la température.....	104
Illustration 31 : liste des paramètres du suivi de l'état chimique des masses d'eau côtières.	106
Illustration 32 : paramètres et méthodes pour le suivi physico-chimique des eaux côtières.	111
Illustration 33 : grille nationale pour l'évaluation de l'oxygène dissous dans les eaux côtières.	111
Illustration 34 : plan d'échantillonnage pour la faune benthique de substrat dur.....	115
Illustration 35 : estimation des coûts annuel du suivi de la température.	117
Illustration 36 : estimation du coût de suivi des contaminants par SBSE dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).....	117
Illustration 37 : estimation du coût de suivi des contaminants par POCIS et DGT dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).	118
Illustration 38 : suivi optimal de l'état chimique par la matrice biote dans les eaux côtières.	118
Illustration 39 : suivi minimal de l'état chimique par la matrice biote dans les eaux côtières.	119

Illustration 40 : estimation du coût de suivi des paramètres physico-chimique et du phytoplancton dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).....	119
Illustration 41 : suivi optimal des invertébrés de substrat meuble (1 point par masse d'eau, soit 16 points, station des eaux du large exclus). Chimie deux options (1). Liste DCE totale sur tous les points, (2). Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.	120
Illustration 42 : suivi intermédiaire des invertébrés de substrat meuble (1 point dans 2 masses lagunaires, 1 point vasière, soit 11 points. Chimie, deux options (1) liste DCE totale sur tous les points, (2).Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.	120
Illustration 43 : suivi minimal des invertébrés de substrat meuble (1 point par type de Masse d'eau, soit 7 point)., Chimie, deux options (1) liste DCE totale sur tous les points, (2). Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.	120
Illustration 44 : analyse des coûts prévisionnels de la surveillance des récifs (GCRMN et Reef Check).....	123
Illustration 45 : programmation des réseaux de contrôle de surveillance sur le plan de gestion 2011-2015.	127
Illustration 46 : tableau récapitulatif des coûts du suivi des réseaux de surveillance des eaux.	130
Illustration 47 : tableau synthétique des coûts de suivi sur le plan de gestion 2011-2015 des réseaux de contrôle de surveillance à Mayotte (coûts en € HT).	131

1. Contexte de l'étude

1.1. INTRODUCTION

Le rapport suivant est conçu comme une aide à la préparation du programme de surveillance DCE des masses d'eau du bassin hydrographique de Mayotte. Les détails de la mise en œuvre technique et des conclusions technico-scientifiques sont consignées dans les rapports de chacun des intervenants mentionnés ci-après.

Une première partie synthétise le contexte de l'étude en rappelant le cadre réglementaire, le contexte local et la rétrospective du projet.

Ensuite trois parties, consacrées chacune à un type de masse d'eau (souterraine, cours d'eau et côtière) reprennent les travaux réalisés, les réseaux de contrôle de surveillance proposés et une estimation financière de ceux-ci.

Une synthèse globale des actions à engager sur le plan de gestion et des axes d'études et de recherche à favoriser sont également développés.

1.1.1. Rappels des objectifs de la DCE

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 a pour ambition de préserver la qualité des eaux, l'atteinte du « bon état » pour l'ensemble des milieux aquatiques d'ici 2015 et la suppression des rejets de substances prioritaires dangereuses.

La DCE impose donc aux Etats Membres de surveiller le « bon état » écologique des masses d'eau (article 8). Ce « bon état » est évalué sur des critères chimiques et quantitatifs pour les masses d'eau souterraines et sur des critères biologiques, chimiques et hydromorphologiques pour les masses d'eau superficielles (continentales ou côtières).

Il appartient aux états membres de mettre en œuvre les mesures qui permettront d'atteindre les objectifs définis à l'échelon européen. Cette directive européenne demande aux états membres d'atteindre des objectifs de bon état pour les masses d'eau continentales et côtières à l'horizon 2015, date du prochain rapportage devant la commission européenne.

Pour la surveillance de l'état chimique des eaux continentales et côtières, la DCE exige la construction d'un réseau de surveillance basé sur deux niveaux de contrôle distincts:

- le réseau de contrôle de surveillance (RCS) : il s'applique à l'ensemble des masses d'eau et a pour objectif de suivre l'état général des eaux continentales et côtières.

- le réseau de contrôle opérationnel (RCO) : il s'applique aux masses d'eau pour lesquelles un risque de non atteinte du bon état en 2015 a été identifié. Il a pour objectif d'établir l'état chimique et/ou biologique et de suivre la tendance d'évolution des paramètres responsables de ce risque.

1.1.2. Contexte général de l'étude

En métropole, les réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines ont été confiés aux agences de l'eau qui doivent aujourd'hui faire évoluer leurs réseaux de bassin pour qu'ils répondent aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (circulaire du 14 décembre 2004).

En métropole, la maîtrise d'ouvrage est déléguée aux services suivant :

- quantité des eaux souterraines : DREAL ;
- qualité des eaux souterraines : Agences de l'Eau ;
- qualité et quantité des eaux littorales : DREAL ;
- qualité des eaux superficielles continentales : Agences de l'Eau pour le volet physico-chimique et DREAL pour le volet biologique.

Le Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE) fixe les champs d'action de ces différentes institutions. L'IFREMER assure un rôle central dans le pilotage de la surveillance du milieu marin.

Dans les DOM, la répartition des compétences est différente de la métropole et diffère également entre DOM. En effet, les Offices de l'Eau ont chacun dans leur DOM développé des stratégies différentes. Par exemple à La Réunion, à ce jour, l'Office de l'Eau assure le suivi DCE pour la qualité et la quantité des eaux souterraines et des eaux superficielles continentales, tandis que la DREAL suit les eaux littorales.

A Mayotte, il n'existe, pour le moment, pas d'Office de l'Eau ou d'établissement ou de groupement public équivalent pouvant prendre en charge la maîtrise d'ouvrage des réseaux de surveillance.

Dans le cadre de ses missions de service public, le BRGM a donc été sollicité par la DAF, représentant l'ONEMA à Mayotte, pour définir les réseaux de surveillance de la qualité chimique des masses d'eau souterraines, des cours d'eau et des eaux côtières. En tant qu'ensemble de ce projet, le BRGM a réalisé les tâches relevant directement de ses compétences, soit la partie concernant physico-chimique des eaux de surface et souterraines. Pour les domaines ne relevant pas de ses compétences, le BRGM s'est entouré des groupements ARVAM-PARETO pour les eaux côtières et ARDA-ASCONIT-ETHYCO pour l'hydroécologie des eaux continentales.

Le 10 décembre 2009, le premier Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte et le programme de mesures qui en découle ont été

approuvés par arrêté préfectoral¹. Ce document définit, pour une période de 6 ans, les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre. Le SDAGE constitue donc l'outil principal de la mise en œuvre de la DCE. L'objectif annoncé pour l'horizon 2015 vise le bon état écologique pour 74% des masses d'eau mahoraises.

Cet objectif chiffré d'atteinte du bon état s'inscrit dans une démarche globale de préservation des milieux et d'amélioration de l'état écologique des masses d'eau qui passera nécessairement par la mise en place de réseaux de Surveillance de celles-ci. Ces suivis permettront, à terme, de consolider la connaissance de l'environnement aquatique mahorais et de définir les actions à mettre en œuvre pour les préserver.

1.1.3. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est de proposer, pour le district hydrographique de Mayotte, un réseau de surveillance de l'état écologique des masses d'eau continentales et côtières conforme à la réglementation en vigueur et adapté au contexte local. Ce réseau décrit les éléments nécessaires au suivi : sites, critères, fréquences et méthodologie de mise en œuvre. Des perspectives d'étude complémentaires seront aussi développées.

1.2. DESCRIPTION DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE MAYOTTE

« Les descriptions suivantes sont en majorité extraites de l'état des lieux du SDAGE (ASCONIT 2006). »

1.2.1. Le réseau hydrographique de Mayotte

Le réseau hydrographique de Mayotte est composé d'une vingtaine de cours d'eau pérennes ainsi que de nombreuses ravines. Parmi les cours d'eau majeurs, il faut citer : la Mro Oua Kwalé, la Mro Oua Dembéni, la Mro Oua Orovéni, la Mro Oua Coconi, la Mro Oua Bouyouni et la Mro Maré. Les cours d'eau pouvant être considérés comme secondaires sont : la Mro Oua Gouloué, la Mro Oua Adrianabé, la Mro Oua Méresse, la Mro Oualé (ou Walé) et la Mro Oua Longoni (cf. Etat des lieux du SDAGE de décembre 2006 pour la description détaillée du réseau hydrographique et des hydrosystèmes de Mayotte).

Ces cours d'eau sont tous captés pour l'alimentation en eau potable, à l'exception toutefois du Mro Oua Dembéni, dont l'exploitation a été abandonnée pendant un certain temps mais qui risque de reprendre dans les années à venir. En ce qui concerne les prises d'eau, on les trouve :

¹ Arrêté préfectoral du 10 décembre 2009 portant approbation du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de Mayotte et arrêtant le programme pluriannuel de mesure (NOR : DEVO0929090A).

- en amont et en aval des cours d'eau majeurs ;
- au niveau que l'on peut qualifier d'intermédiaire pour les cours d'eau secondaires.

1.2.2. Les plans d'eaux artificiels et naturels

Trois masses d'eau superficielles continentales de type plan d'eau ont été délimitées à Mayotte. Il s'agit des barrages de Dzoumogné et de Combani qui ont été aménagés pour soutenir les besoins en eau potable et du lac volcanique de Petite Terre : le Dziani Dzaha.

Ces trois masses d'eau ne seront pas suivies dans le cadre des réseaux DCE, leur superficie, inférieure à 50 ha, ne l'imposant pas. Cependant, les barrages devraient faire l'objet d'un contrôle sanitaire au titre du Code de la Santé Publique.

1.2.3. Le lagon, spécificité du territoire mahorais

L'île de Mayotte est entourée d'une barrière récifale plus ou moins continue qui se développe sur 197 km et dont une partie est submergée. Cette barrière délimite un vaste lagon dont la surface est estimée à environ 1000 km². Les formations coralliennes sont très présentes et les profondeurs du lagon sont relativement importantes par endroit (de 20 à 60 m) avec des cicatrices plus profondes correspondant aux tracés des anciens chenaux holocènes (entre 70 et 80 m par endroits). Le complexe récifo-lagonnaire de Mayotte est l'un des plus grands de cette région de l'Océan Indien. Il présente notamment la particularité d'une double barrière interne dans la partie Sud-ouest du lagon. Ce phénomène est extrêmement rare puisque moins d'une dizaine de vraies doubles barrières sont connues dans le monde actuellement (Porcher *et al.*, 2002).

Le lagon s'édifie depuis 2 Ma sur les pentes externes du massif volcanique subsidant (Illustration 2). Les organismes coralliens qui ont commencé par coloniser la frange côtière, ont besoin de lumière pour vivre et croître. Ils continuent donc sans cesse leur travail de construction pour compenser l'enfoncement progressif de l'édifice. Le récif barrière correspond aux anciens contours de l'île, remodelés par des mouvements de terrain sous-marins et le creusement de canyon par les rivières lors des périodes glaciaires (minima du niveau marin) dont la passe en S est le plus bel exemple (Illustration 1). Depuis 100 000 ans environ, un nouveau récif frangeant ceinturant Mayotte est en cours d'édification.



Illustration 1 : vue du récif barrière au niveau de la réserve naturelle de la Passe en S (vue vers le Sud).

Le lagon remplit des fonctions d'usage primordiales, en particulier la pêche (deuxième activité de l'île), les déplacements et le tourisme. On constate depuis plusieurs années que le lagon est soumis à de très fortes pressions tant naturelles qu'anthropiques : impact négatif des pratiques agricoles et des aménagements induisant une forte sédimentation dans le lagon, intensification de la pêche, pollution des eaux, etc. Par ailleurs, le taux d'accroissement naturel moyen de la population, de +5,7 % par an, est parmi les plus élevés au monde. Cette explosion démographique conduit à accroître considérablement les pressions qui s'exercent sur le milieu naturel, avec une utilisation toujours plus intense de l'espace côtier et lagonnaire.

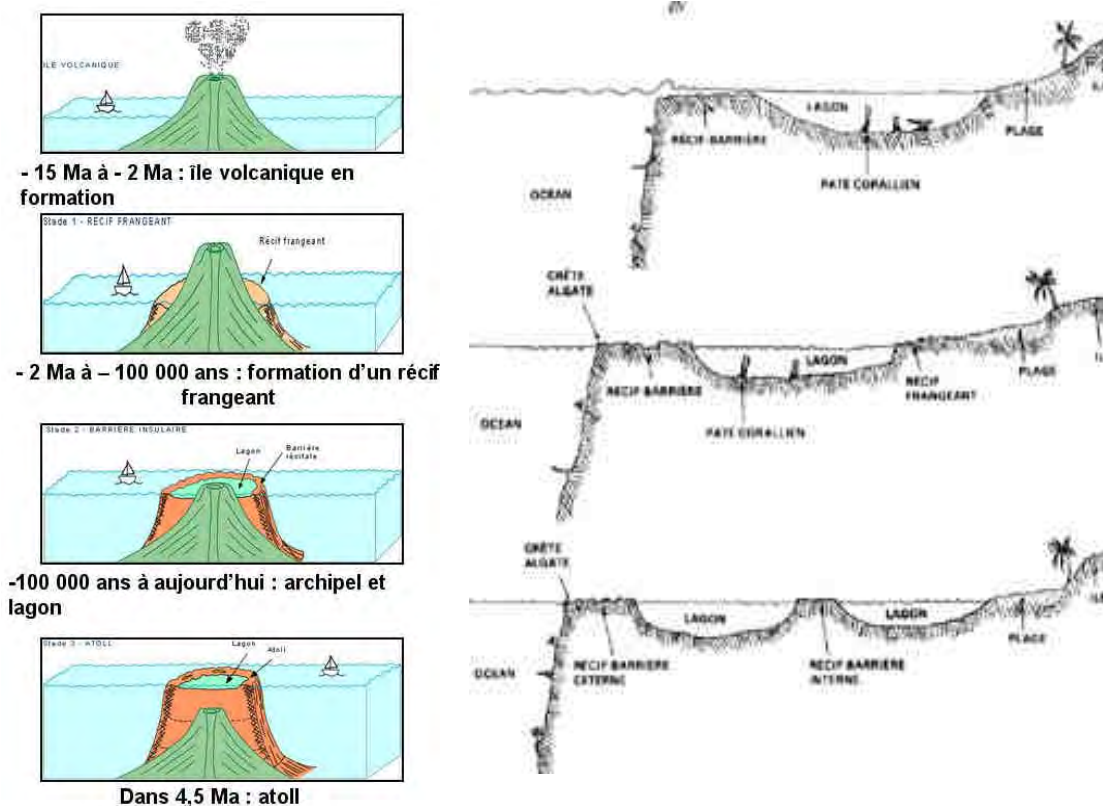


Illustration 2 : évolution simplifiée (à gauche) et coupes schématiques (à droite) du complexe récifo-lagonnaire de Mayotte (source : inconnue).

1.2.4. Les environnements de transition : la mangrove

La mangrove est l'environnement de transition omniprésent en milieu tropical et subtropical entre les cours d'eau majeurs et les eaux littorales. La présence de mangrove au débouché de nombreux cours d'eau a pour conséquence directe (i) une rétention partielle des sédiments charriés par les cours d'eau en saison humide protégeant ainsi le lagon d'un envasement prononcé, (ii) la fixation de certains polluants, notamment les polluants de nature organique et (iii) l'atténuation de l'impact des houles venant du large et donc la limitation de l'érosion littorale.

Ces environnements de transition de type mangrove, menacés par l'aménagement urbain, la déforestation et par l'accentuation des phénomènes d'érosion en amont, ne sont pas directement concernés – du moins dans un premier temps – par un suivi de surveillance au titre de la DCE. D'autres outils de gestion tels que ceux mis en place pour la protection des zones humides permettent de gérer ces écosystèmes.

Par conséquent, il ne sera pas fait mention de ces environnements ni de leur suivi dans les chapitres qui suivent.

1.2.5. La singularité du milieu tropical

Le climat de Mayotte n'est pas exactement tropical mais tropical modéré en raison de l'insularité. L'année se décompose en deux saisons, la première chaude et pluvieuse que l'on appelle l'été austral, la seconde plus fraîche et plus sèche, l'hiver austral. La saisonnalité est d'une cyclicité assez régulière (décembre à mars) et de brèves intersaisons assurent la transition. Les variations de températures moyennes annuelles sont faibles. La moyenne oscille entre 25°C et 30°C .

Le cumul des précipitations annuelles est de l'ordre de 1 500 mm, avec une variabilité de 800 mm pour les années sèches à 2 300 mm pour les années très arrosées. Les précipitations sont plus marquées en été, entre décembre et mars (moyenne de 300 mm/mois) et diminuent en hiver (moins de 20 mm entre juin et août). Ces précipitations sont plus localisées au nord de l'île où les reliefs sont plus importants. Des épisodes de pluies intenses peuvent se produire de façon chronique lors de tempêtes tropicales ou de dépressions et influencer considérablement le cumul annuel des précipitations.

Cette saisonnalité entraîne un fonctionnement hydrologique bimodal à l'échelle de l'île et des masses d'eau. L'essentiel des recharges se réalise durant la saison d'été.

Les cours d'eau permanents ont des débits d'étiage de quelques dizaines de l/s en hiver à plusieurs m³/s en été. Il en est de même pour de nombreux cours d'eau temporaires dont les débits peuvent gonfler considérablement mais brièvement à la suite d'épisodes pluvieux.

Les aquifères dont les battements annuels sont de l'ordre de 2 m en moyenne et témoignent d'une période de recharge entre décembre et avril et d'une période de vidange consécutive plus lente et par conséquent plus longue. La vidange hivernale des nappes assure le débit d'étiage des cours d'eau permanents.

Le fonctionnement hydrologique du bassin hydrographique de Mayotte est étroitement dépendant de la régularité des saisonnalités et des précipitations. Tout déficit de précipitations en saison des pluies se traduira en saison sèche par une réduction des volumes de vidange et donc un déficit d'eau disponible que ce soit pour le milieu naturel ou les usages divers (industriels, agricoles, AEP).

a) Des volumes d'eau insuffisants

La particularité du climat tropical marin de Mayotte avec le rabattement du régime hydrologique à l'entrée dans la saison sèche a pour conséquence de renforcer les problèmes de qualité des eaux naturelles.

Les volumes d'eau en circulation ne sont pas suffisants pour procéder à la dilution et à l'élimination des polluants, notamment des polluants de type organique. Ainsi, apparaissent dans les cours d'eau ou les nappes des phénomènes de concentrations très importantes pour certains paramètres (exemple des hausses de conductivité en saison sèche de l'aquifère de Kawéni ; Malard A., Vaudour K. et Winckel A. (2008), BRGM/RP-56773-FR).

Il n'est pas rare de voir aussi une grande quantité de macrodéchets ménagers dans le lit des cours d'eau temporaires, déchets qui s'accumulent en saison sèche et ne seront mis en circulation que lors des premières pluies.

Par ailleurs, la faible circulation des eaux entraîne rapidement des phénomènes d'eau stagnante qui, même en l'absence de polluant, peuvent conduire à une contamination des eaux (organique et bactériologique) favorisée par les températures et l'humidité ambiante.

b) Les problèmes liés aux intrusions marines

Concernant les nappes d'eau, les intrusions de polluants en provenance de la surface sont relativement régulées.

- En saison sèche, les phénomènes d'exfiltration des nappes qui alimentent les cours d'eau sont majoritaires et les infiltrations sont limitées (absence de pluie et charge hydraulique insuffisante) ;
- En saison des pluies, la recharge est maximale et les volumes d'eau en circulation sont tels que la concentration en polluants est très faible ou que les polluants sont emportés par le ruissellement. Ces derniers sont dirigés en direction du lagon.

En revanche, les problèmes d'intrusion du biseau salé marin peuvent s'imposer et nuire à la bonne qualité des eaux souterraines. Même s'il ne s'agit pas d'une pollution anthropique directe par injection d'un polluant, la contamination des eaux de nappe par l'eau de mer pose des soucis de consommation.

Bien qu'aucune intrusion saline imputable aux prélèvements anthropiques n'est avérée sur l'île, ce risque demeure présent si l'équilibre du biseau salé est déstabilisé par la surexploitation des eaux souterraines.

Ces problèmes deviennent d'autant plus conséquents lorsque les prélèvements sont surdimensionnés et induisent des vidanges prononcées de l'aquifère, dénoyant ainsi des niveaux auparavant saturés et augmentant aussi les phénomènes de surconcentration.

1.2.6. L'influence des activités anthropiques sur la qualité des eaux naturelles de Mayotte

Le développement économique de l'île ainsi que la densification de la population se sont accélérés ces dernières années, non sans conséquence sur la ressource en eau.

La consommation de la ressource en eau a bondi d'un facteur 3 entre 1997 et 2005 et devrait continuer à croître dans les mêmes proportions dans les années qui viennent. Les prélèvements en rivière se sont intensifiés et les aquifères de plus en plus sollicités depuis 1999 représentent une part de plus en plus importante dans la consommation. 9 nouveaux forages AEP ont été mis en service entre 2009 et 2010, 2 autres forages le seront en 2011 et une campagne de prospection prévoyant la réalisation de 9 forages supplémentaires est programmée sur la période 2011-2012.

Les perspectives du SDAGE soulignent que face à la demande croissante, les capacités de production actuelles seront rapidement insuffisantes.

Par ailleurs, la sollicitation croissante des ressources en eau n'a pas été accompagnée des mesures de gestion nécessaires. Depuis 2008, un rattrapage est opéré par les services de l'état (DAF², ARS³ (ex-DASS⁴) et DE⁵) et par le SIEAM⁶, exploitant des ressources en eau. La mise en place des bassins d'alimentation de captage (BAC) en 2008-2009 sera suivie en 2011 par le lancement des études nécessaires à la délimitation des périmètres de protection.

La ressource en eau à Mayotte étant quantitativement limitée aux dimensions géographiques de l'île, il est nécessaire de surveiller cette ressource, d'en préserver et d'en conserver voire d'en optimiser la qualité et la quantité.

a) Une pression démographique et une distribution hétérogène importante

L'essor démographique que connaît Mayotte figure parmi les plus élevés au monde en termes de proportion : taux de progression de +5,7% par an, soit une multiplication par 7 de la population dans les 45 dernières années. Mayotte compte 186 452 habitants au recensement de 2007 (chiffres INSEE) soit une densité moyenne de 500 hab./km².

Dans le détail, la population est inégalement répartie à l'échelle de l'île. Elle se concentre sur la côte et en particulier autour des centres urbains, artisanaux et commerciaux que sont Mamoudzou, Kawéni, Koungou, Kangani, Trévani, autour de Sada et aussi sur Petite Terre où la densité dépasse les 1 000 hab./km². Cette répartition, outre les problèmes fonciers qu'elle entraîne, en pose de nombreux autres en matière d'alimentation en eau et de préservation des sols.

Les problématiques d'aménagement urbain (pas toujours ordonné), des rejets et de la déforestation ne sont pas sans conséquences directes sur les eaux du lagon, entraînant une accélération des processus d'envasement du lagon, une modification de la turbidité des eaux et de ses caractéristiques physico-chimiques.

b) Une pollution définie

- **Une activité industrielle faible et une agriculture traditionnelle**

Mayotte compte peu d'industries et l'essentiel des activités industrielles de l'île sont localisées dans la partie Nord-est de l'île en bord de côte (secteur de Mamoudzou, Kawéni, Longoni). L'inventaire réalisé en 2004 par le BRGM (Frissant N. De La Torre

² Direction de l'Agriculture et de la Forêt

³ Agence Régionale de Santé

⁴ Direction des Affaires Sanitaires et Sociales

⁵ Direction de l'Equipement

⁶ Syndicat Intercommunal des Eaux et de l'Assainissement de Mayotte

Y. et Mourin R. (2004), BRGM/RP-52906-FR) montre la présence de 3 groupes d'activités industrielles susceptibles de nuire à la qualité des sols et des nappes :

- Les décharges, dépôts, production, stockage des activités de l'industrie chimiques, pétrochimique, etc. Dépôts d'hydrocarbures et stations services. Activités du textile et du bois.
- Les centrales thermiques, industries mécaniques ou sidérurgiques
- Les autres activités industrielles.

En ce qui concerne l'agriculture, les monocultures de bananes, maniocs et les pratiques culturales sur brûlis sont fréquentes, ce qui n'est pas sans impact sur l'accélération de l'érosion des sols et le transport terrigène dans les cours d'eau. Le maintien d'une couverture végétale par la mise en place de polyculture et l'usage de bandes enherbées autour des parcelles cultivées sont pour le moment absents. La politique agricole actuelle s'oriente vers le développement d'une culture vivrière plus adaptée au mode économique de l'île.

Les pollutions les plus visibles sur l'île sont les déchets ménagers. Equipements électroménagers, ustensiles, emballages, canettes et équipements automobiles finissent souvent au fond des ravines et agrémentent les lits et berges des cours d'eau dans leur partie aval.

• **Les phytosanitaires et produits chimiques**

L'importation et l'utilisation des produits chimiques (intrants agricoles, produits ménagers, produits chimiques industriels) demeurent pour l'instant assez faible compte tenu des pratiques locales. Néanmoins, l'utilisation de ces produits n'en demeure pas moins croissante. Le caractère le plus pénalisant pour Mayotte demeure le manque de contrôle sur leur importation sur le territoire. En effet, une partie non négligeable des produits entrant ne transitent pas par une filière d'importation déclarée en douane. Aucun contrôle n'est donc établi sur ce type de marchandise pouvant provenir aussi bien de l'Océan Indien (Madagascar, Comores, Afrique de l'Est) que de l'Asie du Sud ou du Sud-Est. Certains de ces produits ne respectent pas les normes européennes et françaises.

Les listes des produits phytosanitaires en circulation à Mayotte élaborée par la DAF permettent d'envisager la nature des paramètres à analyser et leur importance relative (DAF, 2008).

Le faible développement agricole de l'île a pour conséquence une limitation des pollutions de type phytosanitaire. Contrairement à la métropole, les pollutions par les nitrates, pesticides, produits chimiques de synthèse ou hydrocarbures sont relativement limitées ou anecdotiques. L'agriculture n'est donc pas génératrice de polluant en grande quantité à Mayotte, les engrais restent chers pour une population aux moyens souvent modestes.

A noter cependant :

- la pollution de la rivière Bouyouni par un organochloré (lindane) le 20 novembre 1992 (0,8 µg/l mesuré au niveau du captage de Bouyouni Bas) ;
- la pollution à l'« uruva » du captage de Kwalé le 16 décembre 1992 (plante toxique et utilisée pour la pêche).

En revanche, une attention doit être apportée à l'analyse des phytosanitaires dans les eaux. L'utilisation des produits comme le **téméphos**, le **fénitrothion** et la **deltaméthrine** (DASS 2007) dans la démoustication des domiciles, murs extérieurs et végétation environnante ainsi que la pulvérisation d'autres produits organophosphorés dans les puisards, latrines et eaux stagnantes ont eu pour conséquence la présence en traces dans les eaux d'alimentation :

- de pesticides identifiés en avril 2006 par la DAF dans un captage d'eau ;
- de fénitrothion identifié dans 3 captages en janvier 2007, Orovéni, Méresse et Bouyouni bas.
- la pollution à l'éthyl chlorpyrophos (0,35 µg/L) et téméphos de la rivière Gouloué en 2006 (DASS 2007)
- de fénitrothion dans la rivière Coconi, de l'ordre de 0,09 µg/L (DASS 2007)

Dans le cadre d'une étude portant sur les pesticides dans les barrages de Mayotte (Amalric L. (2007), BRGM/RP-55934-FR), une mission a été réalisée en mars 2007 pour prélever, et analyser les eaux des barrages de Combani et Dzoumogné ainsi que leurs affluents. Les eaux des sites naturels de Karihani et Dziani ont également été analysées afin de disposer de « témoins naturels ». Une recherche des phytosanitaires susceptibles d'être utilisés pour les cultures et pour la lutte anti-moustiques a été réalisée. Aucun des cinq phytosanitaires sélectionnés (diuron, fénitrothion, téméphos, paraquat et deltaméthrine) dans le cadre du projet n'a été détecté dans les réservoirs de Combani et Dzoumogné, dans leurs affluents ou encore dans l'ancienne carrière de Doujani dans la phase dissoute. Cinquante-six composés supplémentaires ont été recherchés par chromatographie en phase gazeuse et par chromatographie en phase liquide, mais aucun n'a été détecté au-dessus de 17 ng/L. Cela étaye le fait que les bassins versants faiblement anthropisés de ces sites sont considérés comme peu soumis à la pression agricole sur leurs bassins versants.

En ce qui concerne les analyses multirésiduelles des produits phytosanitaires des lacs de Karihani et Dziani, les résultats ont montré :

- des concentrations importantes de paraquat dans le lac naturel de Karihani (2,8 µg/L), de butoxyde de pipéronyl (0,63 µg/L) et de Chlorpyriphos éthyle (3,84 µg/L, éradication des moustiques et des rats) le 21 mars 2007 (Amalric L. (2007), BRGM/RP-55934-FR).
- la présence de chlorpyriphos éthyle (0,35 µg/L) le 2 avril 2007 dans le lac du cratère de Dziani.

- **Les lessives**

Traditionnellement, la lessive est pratiquée directement dans les cours d'eau. Les lessives génèrent une importante pollution, par la présence de molécules plus ou moins instables, toxiques et rémanentes tels que les détergents, les phosphates et les chélatants (type EDTA et/ou tensio-actifs). Par ailleurs les molécules alcalines des lessives ont pour conséquence d'élever considérablement le pH des eaux. Il s'agit d'une pollution diffuse, régulière et dont les incidences écologiques à Mayotte commencent à apparaître : eutrophisation des cours d'eau, réduction de la biodiversité et impact visuel fort. Ce problème n'est pas cantonné à quelques cours d'eau mais à tous sans exception sur le territoire dès lors qu'ils présentent un débit significatif de quelques litres par seconde, et ce quel que soit la période de l'année.

A cela s'ajoute la pollution générée par l'eau de Javel utilisée pour le blanchiment du linge.

La campagne d'analyse des produits phytosanitaires dans les rivières, orchestrée par la DAF en novembre 2008, a permis de déceler des traces d'AMPA (= acide aminométhyl phosphonique ; produit de dégradation du glyphosate) dont l'origine pourrait être également associée à la dégradation des lessives dispersées dans les rivières (remarque : la présence d'AMPA est effectivement évoquée dans certains produits utilisés pour la lessive, JACQUES LE SEIGNEUR Vincent et al. (2002)).

- **Un risque sanitaire essentiellement biologique**

Les principales pollutions recensées, particulièrement dans les cours d'eau, semblent être dues à la présence d'organismes potentiellement pathogènes (bactéries, virus ou parasites) par l'intermédiaire des matières fécales. Les principaux microorganismes incriminés sont les *Escherichia Coli*, *Proteus sp* et *Shigella sp*.

La présence de ces microorganismes en grand nombre s'explique par le trop faible développement ou l'absence des infrastructures d'assainissement ainsi que par le climat de type chaud et humide qui favorise leur prolifération.

Les problèmes d'assainissement sont d'actualité à Mayotte. Le dimensionnement des infrastructures d'assainissement des grandes villes est vite dépassé et les systèmes d'épuration individuels ou collectifs lorsqu'ils existent sont souvent dans un état de dégradation marqués. L'inventaire des systèmes d'assainissement collectifs et semi-collectifs (DAF 2008) montre que la majorité de ces systèmes ont un fonctionnement compris entre moyen et mauvais et que nombreuses sont les stations qui présentent un dysfonctionnement grave.

1.3. RAPPEL SUR LE DECOUPAGE DES MASSES D'EAU ET PREVISIONS DU SDAGE

La réalisation du SDAGE du bassin hydrographique de Mayotte prévoit le découpage du bassin en masses d'eau de surface, de type cours d'eau, plans d'eau ou côtières et souterraine. Ce découpage réalisé par le bureau d'études ASCONIT a été proposé le 10 octobre 2007 et le découpage final a été approuvé lors de la consolidation de l'état des lieux du SDAGE en novembre 2008.

La distinction d'une masse d'eau de surface ou souterraine dépend de son fonctionnement hydrologique propre, son volume significatif, ainsi que des contraintes et pressions dont elle fait l'objet.

La caractérisation des masses d'eau ainsi que l'état des lieux de ses propriétés écologiques et physico-chimiques sont les premières démarches prévues par la DCE dans la mise en œuvre d'une politique de surveillance de l'état des eaux.

Les conclusions de l'état des lieux du SDAGE indiquent que l'état écologique et physico-chimique des eaux de surface, cours d'eau ou côtières à proximité des zones urbaines se dégrade rapidement en raison des pressions anthropiques (Illustration 3). Les probabilités d'atteinte du bon état écologique pour 2015 sont optimistes mais nécessiteront la mise en application de mesures concrètes pour le ralentissement de cette dégradation.

En revanche les eaux souterraines sont moins menacées de dégradation car encore sous exploitées à l'échelle de l'île et relativement protégées vis-à-vis des pollutions (Illustration 4). Encore que cette tendance soit à nuancer en ce qui concerne l'aquifère de Kawéni dont les niveaux moyens baissent d'année en année et dont les eaux montrent épisodiquement des traces de pollution (Malard A., Vaudour K., Winckel A. (2008), BRGM/RP-56773-FR).

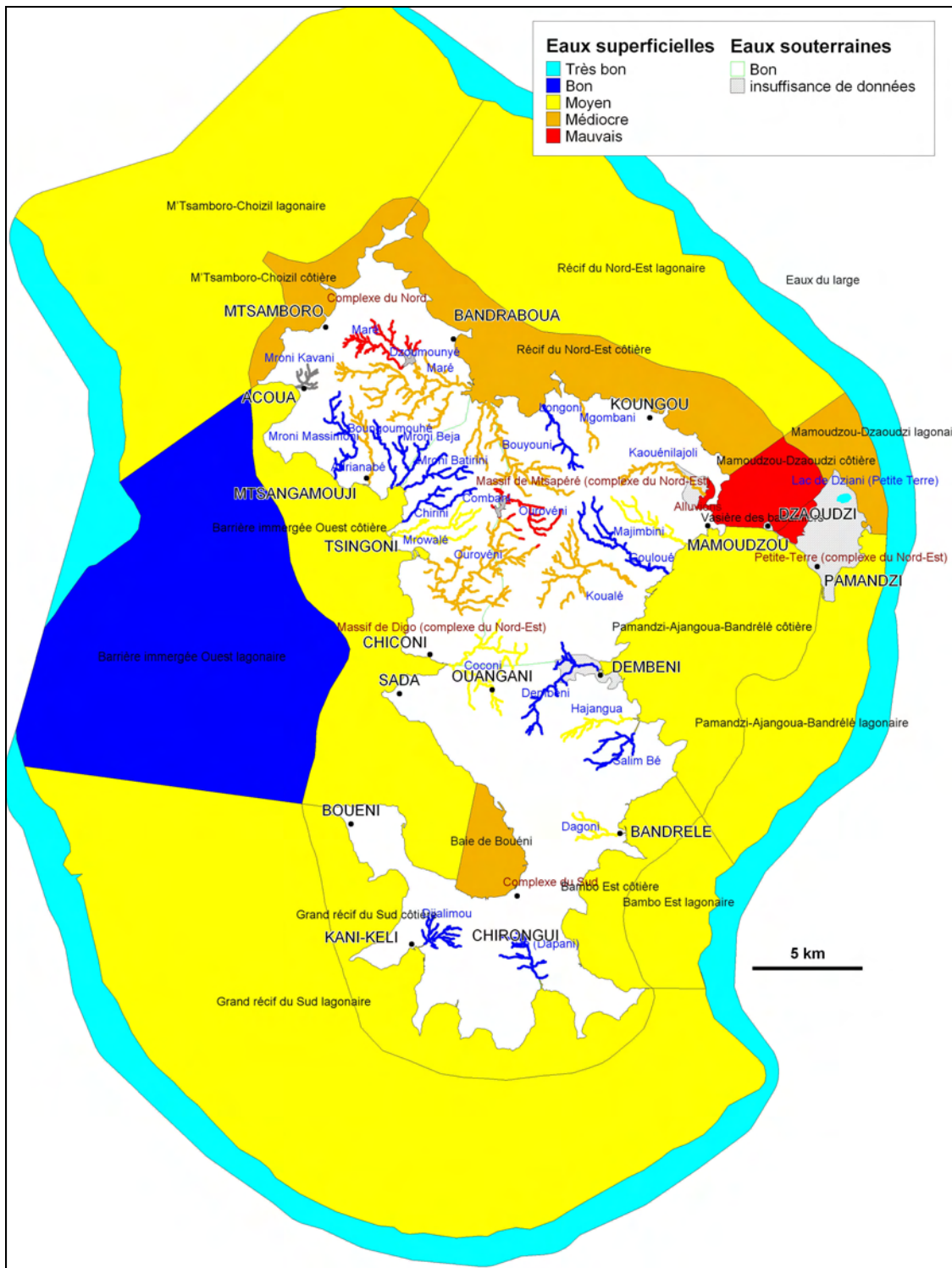


Illustration 3 : état 2007 des masses d'eau superficielles, continentales et côtières, de Mayotte (extrait du SDAGE 2010-2015).

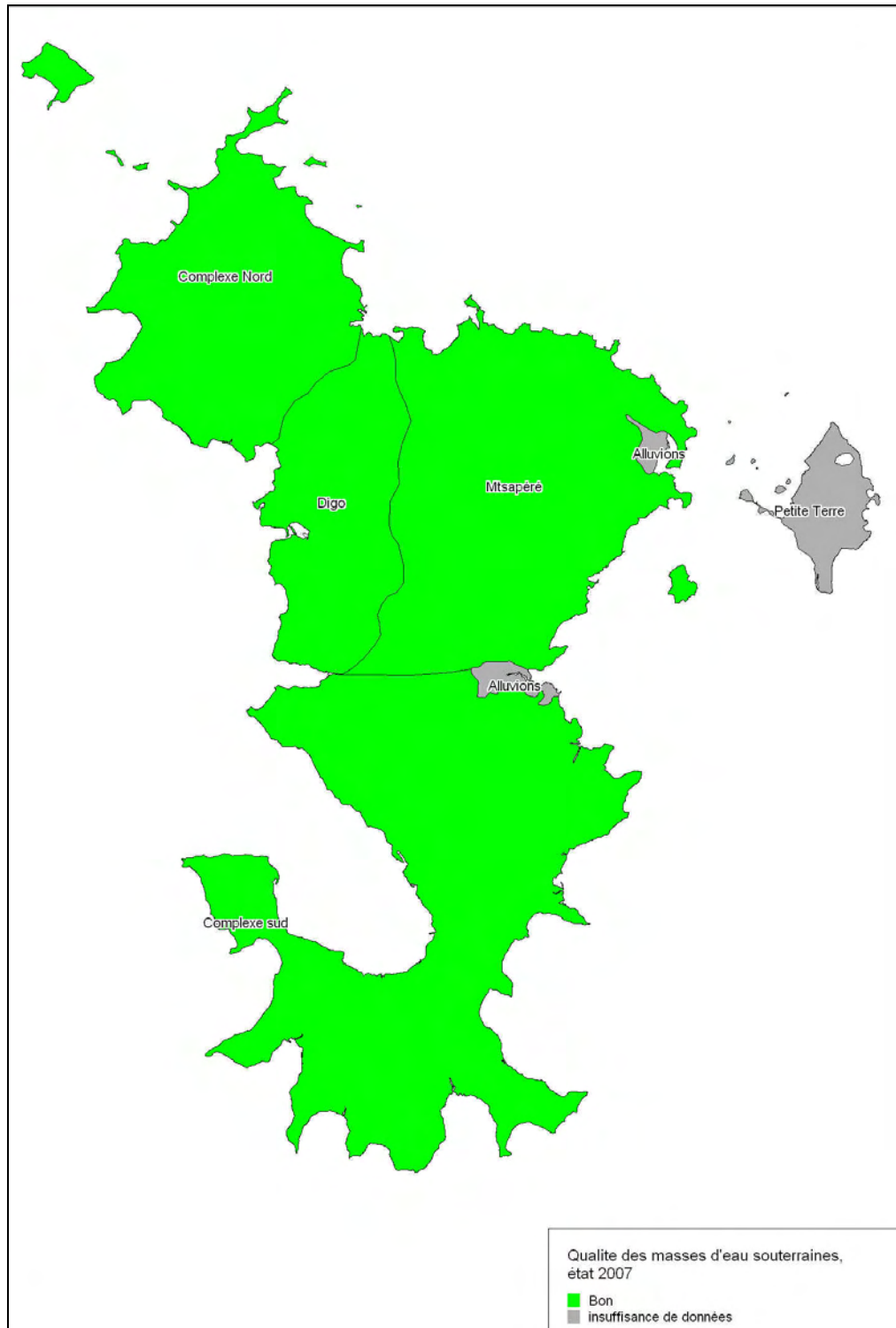


Illustration 4 : état 2007 des masses d'eau souterraine de Mayotte (extrait du SDAGE, 2010-2015).

1.3.1. Eaux souterraines

La Directive Cadre Européenne sur l'eau établit qu'une masse d'eau souterraine est définie comme : « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères ». 4 masses d'eau et 3 sous-masses d'eau ont été définies sur l'île sur la base de critères géologiques (Illustration 5). Le découpage des masses d'eau suit celui des unités volcaniques (comme préconisé par la DCE en environnement volcanique) et permet en premier lieu de distinguer des unités hydrogéologiques fonctionnelles.

Nom de la masse d'eau	Code	Type de masse d'eau	Objectifs d'état proposés			Échéance définie
			Global	Chimique	Quantitatif	
Complexe du Nord	FR_MO_01 (9601)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Complexe du Nord-Est	FR_MO_02 (9602)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Massif de Mtsapéré	FR_MO_02A (9602a)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Petite-Terre	FR_MO_02B (9602b)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Massif de Digo	FR_MO_02C (9602c)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Complexe du Sud	FR_MO_03 (9603)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015
Alluvions	FR_MO_04 (9604)	Eau souterraine	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015

Illustration 5 : découpage des masses d'eau souterraine et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).

3 masses d'eau et 3 sous-masses d'eau sont attribuées à des aquifères de formations volcaniques, la dernière masse d'eau étant le regroupement de toutes les formations alluviales. Les masses d'eau des alluvions et la sous-masse d'eau de Petite Terre - initialement considérées comme doutant de ne pas atteindre le bon état écologique en 2015 en raison des pressions anthropiques sur les surfaces d'alimentation ont été révisées lors de la consolidation de l'état des lieux du SDAGE et classées en Non RNABE. Ces masses d'eau sont suivies sur le plan quantitatif dans le cadre de la DCE en 2009⁷.

Le contrôle de surveillance s'applique à l'ensemble des masses d'eau. En l'absence de RNABE, il n'est pas prévu de contrôle opérationnel sur les eaux souterraines de Mayotte.

1.3.2. Eaux de surface de type cours d'eau et plans d'eau

Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières.

⁷ Le réseau de surveillance de la quantité des eaux souterraines – définition des points, fréquences de mesures, etc. – a fait l'objet d'un rapport en décembre 2008 (cf. BRGM /RP-56772-FR).

a) Les cours d'eau

26 masses d'eau de type cours d'eau ont été identifiées sur Grande Terre (SDAGE de MAYOTTE – Consolidation de l'état des lieux – juillet 2008) et la majorité de ces cours d'eau est regroupée dans la moitié nord de l'île. Il n'existe pas de réseau hydrographique permanent sur Petite Terre donc aucune masse d'eau de type cours d'eau n'y a été définie.

Nom de la masse d'eau	Code	Type de masse d'eau	Statut	Objectifs d'état visés			Échéance définie	Paramètres faisant l'objet d'une adaptation	Motivations des choix
				Global	Chimique	Écologique			
Cours d'eau :									
Versant Nord Ouest au vent									
Rivière Maré en amont du barrage de Dzoumonyé	FRMR01	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Continuité biologique	Délai demandé pour l'acquisition des connaissances nécessaires
Rivière Maré en aval du barrage de Dzoumonyé	FRMR02	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Bouyouni	FRMR03	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2021	BE 2015	2021	Insuffisance de données chimiques (résidu traitement chikungunia ?)	Délai demandé pour acquisitions de connaissances
Rivière Longoni	FRMR04	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Mgbombani	FRMR05	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Biologie	Délai demandé pour acquisitions de connaissances
Rivière Mroni Kavani	FRMR06	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Mroni Massimoni	FRMR07	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Adrianabé	FRMR08	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2015	Hydromorphologie (dépôts sédimentaires)	Temps de réponse du milieu
Rivière Boungoumouhé	FRMR09	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Mroni Beja	FRMR10	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Mroni Batirini	FRMR11	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Chirini	FRMR12	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Mrowalé	FRMR13	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Oourovéni en amont du barrage de Combani	FRMR14	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Continuité biologique	Délai pour acquisitions des connaissances nécessaires
Rivière Oourovéni en aval du barrage de Combani	FRMR15	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Coconi	FRMR16	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Versant Est sous le vent									
Rivière Kaouénilajoli	FRMR17	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Majimbini	FRMR18	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Gouloué	FRMR19	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Koualé	FRMR20	Cours d'eau	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Physico-chimie et hydromorphologie (affluent ensablé)	Délai demandé pour acquisition de connaissances (physico-chimie) et temps de réponse du milieu (hydromorphologie)
Rivière Dombéni	FRMR21	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Hajangua	FRMR22	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Salm Bé	FRMR23	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Versant Sud									
Rivière Dagoni	FRMR24	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Bé (Dapani)	FRMR25	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		
Rivière Djialimou	FRMR26	Cours d'eau	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015		

Illustration 6: découpage des masses d'eau de surface de type cours d'eau et objectif d'état (SDAGE de MAYOTTE).

L'illustration 6 indique que sur les 26 masses d'eau de surface identifiées, 5 masses d'eau cours d'eau du versant Nord Ouest et 1 masse d'eau cours d'eau du versant Est (en violet) ne pourront pas atteindre les objectifs écologiques prévus pour 2015 et qu'elles font l'objet d'un report de délai en 2021. Les 3 masses d'eau cours d'eau du Sud de l'île, de plus petites dimensions voire temporaires, connaissent des pressions anthropiques modérées, le Risque de Non Atteinte du Bon Etat écologique est faible et par conséquent l'objectif de bon état en 2015 est affiché.

b) Plans d'eau

Les plans d'eau naturels de Mayotte ne répondent pas aux critères de définition des masses d'eau de type plan d'eau prévues par la DCE principalement en raison de la faiblesse de leur volume d'eau (lac Dziani-Karihani et Dziani-Dzaha). Toutefois, Mayotte n'étant pas exempte de plans d'eau, le lac Dziani Dzaha est retenu au titre de sa spécificité écologique.

Les barrages de Combani et de Dzoumognè ont été définies comme MEFM (Masse d'Eau Fortement Modifiée). A ce titre elles feront l'objet d'un suivi particulier qui n'est pas décrit dans le présent rapport.

Nom de la masse d'eau	Code	Type de masse d'eau	Statut	Objectifs d'état visés					Paramètres faisant l'objet d'une adaptation	Motivations des choix
				Global	Chimique	Ecologique	Échéance définie			
Lac de Dziani (Petite Terre)	FRML01	Plan d'eau	MEN	TBE 2015	TBE 2015	TBE 2015	2015			
Retenue de Combani	FRML02	Plan d'eau	MEFM	BP 2015	BP 2015	BP 2015	2015	Bon potentiel visé pour les MEFM		
Retenue de Dzoumounyé	FRML03	Plan d'eau	MEFM	BP 2015	BP 2015	BP 2015	2015	Bon potentiel visé pour les MEFM		

Illustration 7 : découpage des masses d'eau de surface de type plans d'eau et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).

1.3.3. Eaux côtières

17 masses d'eau de surface de type côtière ont été définies sur la base des caractéristiques géomorphologiques conditionnant la faune benthique ainsi que sur des critères hydrologiques (renouvellement des masses d'eau par échanges, exposition à la houle, etc.).

Nom de la masse d'eau	Code	Type de masse d'eau	Statut	Objectifs d'état visés					Paramètres faisant l'objet d'une adaptation	Motivations des choix
				Global	Chimique	Ecologique	Échéance définie			
Zones littorales Ouest										
Grand récif du Sud côtière	FRMC01	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Grand récif du Sud lagunaire	FRMC02	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Baie de Bouéni	FRMC03	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Physio-chimie et Ecologie (fond de baie)	Temps de réponse du milieu	
Barrière immergée Ouest côtière	FRMC04	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Barrière immergée Ouest lagunaire	FRMC05	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
M'Tsambaro-Choizil côtière	FRMC06	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Biologie (envasement : détérioration du récif frangeant)	Temps de réponse du milieu	
M'Tsambaro-Choizil lagunaire	FRMC07	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Zones littorales Est										
Récif du Nord-Est côtière	FRMC08	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Biologie (envasement : détérioration du récif frangeant) et Physio-chimie	Temps de réponse du milieu	
Récif du Nord-Est lagunaire	FRMC09	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Mamoudzou-Dzaoudzi côtière	FRMC10	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Chimie et écologie (envasement)	Temps de réponse du milieu	
Mamoudzou-Dzaoudzi lagunaire	FRMC11	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Biologie (recifs détériorés)	Temps de réponse du milieu	
Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé côtière	FRMC12	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2015	BE 2021	2021	Ecologie (envasement et récifs)	Temps de réponse du milieu	
Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé lagunaire	FRMC13	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Bambo Est côtière	FRMC14	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Bambo Est lagunaire	FRMC15	Eau côtière	MEN	BE 2015	BE 2015	BE 2015	2015			
Zones Vasière et Large										
Vasière des badamiers	FRMC16	Eau côtière	MEN	BE 2021	BE 2021	BE 2021	2021	Chimie et écologie	temps de réponse du milieu	
Eaux du large	FRMC17	Eau côtière	MEN	TBE 2015	TBE 2015	TBE 2015	2015			

Illustration 8 : découpage des masses d'eau côtières et objectifs d'état (SDAGE de MAYOTTE).

Sur les 17 masses d'eau définies, 7 sont susceptibles de ne pas atteindre les objectifs de qualité en 2015 et font donc l'objet d'un report en 2021. Il apparaît que les masses d'eau de type côtière ont une probabilité faible d'atteindre les objectifs de qualité prévus par la DCE.

1.4. RAPPEL DES SPECIFICATIONS NATIONALES POUR LE SUIVI DE L'ETAT QUALITATIF DES MASSES D'EAU

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 a pour ambition de préserver la qualité des eaux, l'atteinte du « bon état » pour l'ensemble des milieux aquatiques d'ici 2015 et la suppression des rejets de substances prioritaires dangereuses. Pour cela, l'Etat Français a intégré dans la législation nationale les modalités de mise en œuvre du monitoring des masses d'eaux. La législation s'appuie sur des arrêtés spécifiques de mise en œuvre des réseaux de Contrôle (de Surveillance, Opérationnels ou d'Enquêtes). Le Ministère de l'Environnement, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) a publié également des circulaires et des guides à l'attention des services déconcentrés.

Les principaux textes sont les suivants :

Intitulé	Descriptif
Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.	La directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 (DCE) établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (destinée à remplacer un certain nombre de directive, dont la directive 76/464/CEE en 2013) fixe plusieurs objectifs : atteindre un bon état des eaux en 2015, réduire progressivement les rejets, émissions ou pertes pour les substances prioritaires ; et supprimer les rejets d'ici à 2021 des substances prioritaires dangereuses.
Arrêté du 16 mai 2005 portant délimitation des bassins ou groupements de bassins en vue de l'élaboration et de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux	Les bassins ou groupements de bassins correspondant au cadre de l'élaboration ou de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux ont été dénommés par cet arrêté. Il fixe les limite du Bassin et le Comité de Bassin de Mayotte a été désignée comme l'entité compétente pour assumer cette tâche. Le premier SDAGE de Mayotte a été adopté le 10 décembre 2009.

<p>Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en oeuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement</p>	<p>Il est destiné à analyser les caractéristiques des différents bassins, les incidences des activités sur l'état des eaux et les aspects économiques des utilisations de l'eau.</p>
<p>Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement</p>	<p>Il fixe également la liste des polluants à prendre en compte et les normes de qualité environnementale correspondantes. Par ailleurs, il précise les modalités de représentation cartographique de l'état écologique, du potentiel écologique et de l'état chimique des eaux. Cet arrêté intervient après la publication de l'arrêté du 12 janvier 2010 définissant les méthodes et les critères à mettre en oeuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du Code de l'environnement.</p> <p>Le texte rappelle que l'état chimique d'une masse d'eau de surface est bon lorsque les concentrations en polluants ne dépassent pas les normes de qualité environnementale.</p>
<p>Arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement</p>	<p>L'article R.212-22 prescrit l'établissement par le préfet coordonnateur de bassin, après avis du comité de bassin, d'un programme de surveillance de l'état des eaux qui définit l'objet et les types des contrôles, leur localisation et leur fréquence ainsi que les moyens à mettre en oeuvre à cet effet. Ce programme comprend des contrôles particuliers sur les masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs mentionnés au IV de l'article L. 212-1, c'est-à-dire les objectifs de qualité et de quantité des eaux que fixent les SDAGE. Pour chacun des huit programmes que comprend le programme de surveillance, l'arrêté détaille ainsi les finalités, les paramètres et les méthodes de contrôle ainsi que leur fréquence.</p>

Les textes les plus importants sont les deux derniers arrêtés du tableau ci-dessus qui fixent:

- les règles à suivre pour les programmes de surveillance de l'état des eaux de surface (cours d'eau et eaux littorales) et souterraines ;
- les paramètres, fréquences, méthodes d'échantillonnage de traitement et d'analyses des échantillons pour les eaux de surface et souterraines ;

- les définitions normatives pour la classification de l'état et du potentiel écologique des eaux de surface ;
- les règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux de surface ;
- les modalités d'évaluation de l'état des éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux douces de surface (Indicateurs, valeurs seuils, modalité de calcul de l'état des éléments de qualité de l'état écologique des cours d'eau et des eaux littorales) ;
- les modalités d'établissement des Normes de Qualité Environnementale des polluants spécifiques de l'état écologique. Elles sont établies par le ministère en charge de l'écologie, sur proposition de l'ONEMA. Ces normes sont en constante réévaluation.

Pour les départements d'outremer, l'arrêté du 25 janvier établissant le programme de surveillance de l'état des eaux ne précise pas quels sont les éléments pertinents de la qualité de l'état écologique.

Il est également rappelé dans cet arrêté que les analyses doivent être effectuées par des laboratoires agréés pour les paramètres analysés conformément aux dispositions prévues par l'article L. 212-2-2 du code de l'environnement. Cependant, les méthodes d'analyse ne peuvent pas toutes être adaptées aux spécificités des milieux des départements ultramarins et peuvent, le cas échéant, être adaptées.

De plus, l'annexe 3 paragraphe 1.1.4 et l'annexe 6 paragraphe 1.1.5 de l'arrêté du 25 janvier relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, indiquent :

- pour les cours d'eau, les indices biologiques métropolitains pour les invertébrés, les diatomées et les poissons ne s'appliquent pas aux départements d'Outre-mer ;
- Pour les eaux littorales, les indices biologiques métropolitains pour le phytoplancton, les invertébrés benthiques, les macro-algues et les angiospermes ne s'appliquent pas aux départements d'outre-mer.

En effet, les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des indices et des valeurs seuils fiables pour les éléments de qualité biologiques dans les départements d'outre-mer. Des indicateurs spécifiques adaptés à l'écologie de ces milieux sont en cours de développement grâce aux programmes de recherche des années à suivre. Dans cette attente, le préfet coordonnateur de bassin évaluera l'état écologique des masses d'eau de surface, au regard des définitions normatives de cet arrêté, en s'appuyant sur les connaissances actuelles, des indicateurs provisoires et le dire d'expert.

Cet arrêté fait également un point rapide sur les exemptions locales en ce qui concerne la physico-chimie générale. Certains éléments de qualité ou paramètres, ou certaines valeurs seuils, s'avèrent non pertinent localement sur certains sites ou certaines masses d'eau, car la valeur de ces éléments ou paramètres sont naturellement influencés localement sans cause anthropique significative. Dans ce cas, on ne considère pas ces éléments ou paramètres pour évaluer l'état de cette masse ou ces masses d'eau. Il faudra donc bien sur argumenter en montrant la cause naturelle et l'absence d'influence anthropique significative sur cet élément ou paramètre. Si ce sont les raisons naturelles qui influencent la non atteinte des seuils pour ces éléments ou paramètres de physico-chimie soutenant la biologie, ces éléments ou paramètres ne seront pas pris en compte pour évaluer l'état de cette ou de ces masses d'eau.

Cet arrêté ne parle pas d'exemptions pour les substances de l'état chimique et les polluants spécifiques de l'état écologique.

1.5. RETROSPECTIVE DU PROJET

1.5.1. Déroulement du projet

Dans le cadre de la convention biennale ONEMA/BRGM 2008-2009, l'antenne de Mayotte du Service Géologique de l'Océan Indien (BRGM) s'est vue confier la définition des réseaux de surveillance de la qualité des cours d'eau, des eaux souterraines et des eaux littorales de Mayotte conformément à l'application de la DCE.

Dans ce projet, les tâches relevant des compétences du BRGM ont été réalisées par l'antenne de Mayotte, à savoir l'état des lieux physico-chimique des eaux souterraines et de surface. Le BRGM s'est également entouré de partenaires compétents dans les domaines des eaux littorales et des cours d'eau :

- Le groupement ARVAM-PARETO sur les volets physico-chimie, production primaire, sédiments benthiques et biote de substrat meuble des eaux littorales mais aussi sur la mise en œuvre de ces campagnes en mer (réalisées en collaboration avec ECOMAR, LAGONIA et APNEE) ;
- L'ARDA sur le volet poissons, macro-crustacés, diatomées et invertébrés benthiques des eaux de surface de type « cours d'eau » (réalisées en collaboration avec ASCONIT et ETHYCO).

Le programme d'étude, initialement prévu sur les années 2008 et 2009, a été étendu sur 3 ans en raison de difficultés financières et techniques survenues en 2009. En effet, suite à une restriction budgétaire imposée par l'ONEMA, le projet a été imputé d'une partie de ses ressources financières. Par conséquent, une partie des travaux prévus pour 2009 a été reporté en 2010.

Les travaux de 2010 ont été réalisés sur la convention de Recherche & Développement partagée Etat⁸ – BRGM du 2 septembre 2009.

1.5.2. Rapports antérieurs

Ce projet a déjà fait l'objet de plusieurs rapports réalisés sur la convention nationale ONEMA/BRGM 2008-2009 et sur la convention de recherche et développement BRGM/SEOM 2010.

Trois rapports d'avancement du projet ont été produits par le BRGM :

- 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. 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.
- JAOUEN T., WINCKEL A. (2010) – Définition du réseau de contrôle de surveillance DCE de la qualité des cours d'eau, des eaux souterraines et littorales de Mayotte. Programme 2010. Rapport d'avancement BRGM/RP-58228-FR, 162 pages, 50 illustrations et 9 annexes.

Un rapport final spécifique aux eaux souterraines est en cours de validation :

- Jaouën T., Winckel A (2010) - Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau souterraines, cours d'eau et littorales. Partie masses d'eau souterraines. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-59036-FR.

Deux rapports intermédiaires et un rapport final ont été produits par l'ARDA :

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 2008. Novembre 2008.

ARDA – ETHYCO – ASCONIT (2009) Etude de définition des réseaux de surveillance

ARDA – ETHYCO – ASCONIT (2010) Etude de définition des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau de Mayotte – Volet eaux de surface / Poissons, Macrofaune benthique, Diatomées. Septembre 2010.

⁸ Représenté à Mayotte par le Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer.

Deux rapports intermédiaires et un rapport final ont été produits par le groupement ARVAM-PARETO

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

ARVAM (2009). Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport d'étape 2009. ARVAM. A364. juin 2009.

ARVAM (2010) Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport final. ARVAM. A345-A364, P243. Septembre 2010.

2. Masses d'eaux souterraines

2.1. INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de proposer, pour le district hydrographique de Mayotte, un réseau de surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine conforme à la réglementation en vigueur et adapté au contexte local.

Aucune masse d'eau souterraine n'étant classée en RNABE, seul un réseau de contrôle de surveillance (RCS) a été défini. Il s'applique à l'ensemble des masses d'eau et a pour objectif de suivre l'état général des eaux souterraines.

Trois rapports faisant état de ce travail ont déjà été produits :

- un état des lieux de la connaissance de l'état chimique des eaux souterraines basé sur les campagnes antérieures et toutes les données bibliographiques disponibles (Malard A., Winckel A., 2008, BRGM/RP-56774-FR);
- la réalisation de deux campagnes de prélèvement des eaux souterraines ayant fait l'objet d'une recherche élargie de polluants (Malard A., Winckel A., 2009, BRGM/RP-57377-FR et Jaouën T., Winckel A., 2010, BRGM/RP-58228-FR) ;
- le dimensionnement des réseaux de surveillance décrivant les sites, paramètres, fréquences et coûts (Jaouën T., Winckel A., 2010 BRGM/RP-59036-FR).

Le présent rapport n'a pour but que de décrire les réseaux de suivi dans le cadre de leur mise en œuvre technique. Les rapports cités ci-dessus détaillent les travaux qui ont permis d'aboutir aux réseaux proposés.

2.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX

Cette étude s'est déclinée en plusieurs phases successives.

En 2008-2009, un état des lieux de la qualité des eaux souterraines a été réalisé à partir des données existantes. A partir de cet inventaire des données et des sites potentiels, un réseau préliminaire de surveillance a été proposé (Malard A., Winckel A. (2009), BRGM/RP-56774-FR). Ce premier travail a permis d'identifier les sites et les substances à suivre durant cette étude.

Ce réseau préliminaire, composé de 5 forages AEP, 2 piézomètres, 2 sources et 1 forage industriel, soit 10 ouvrages, a été suivi lors de deux campagnes qui se sont tenues en basses eaux (octobre 2009) et en hautes eaux (mars 2010).

Ces campagnes n'ont pas révélé la présence de micropolluants. Néanmoins, les teneurs en phosphate et la microbiologie montrent que les aquifères restent

vulnérables vis-à-vis des eaux d'infiltration et ces paramètres anormaux sont certainement le fruit de l'assainissement, défaillant à Mayotte.

A partir des résultats de ces deux campagnes de prélèvement, de l'état des lieux de 2008-2009 et sur la base de la réglementation, un réseau de surveillance est proposé pour répondre aux exigences européennes en la matière de suivi de l'état des masses d'eau (Jaouën T. et Winckel A. (2010) BRGM/RP-59036-FR).

2.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE

2.3.1. Organisation du suivi

Le réseau de surveillance des eaux souterraines prévoit deux types de campagne :

- un suivi de routine effectué en période de hautes et de basses eaux chaque année du plan de gestion dans le but de suivre la physico-chimie générale et une liste restreinte de polluants ;
- et, une campagne dite « photographique » réalisée en période de basses eaux durant la première année du plan de gestion et ajoutant au suivi de routine une liste étendue de micropolluants.

Ces campagnes concernent systématiquement la totalité des stations.

2.3.2. Points de surveillance

Le réseau de surveillance des eaux souterraines est composé de 6 stations (ou sites de prélèvements) sur les 10 sites du réseau préliminaire. Deux sites ont été retenus pour les masses d'eau alluviales et du complexe Nord-Est compte tenu de leur hétérogénéité et de leur taille. Peu de sites offrent une fiabilité des prélèvements à Mayotte : renouvellement des eaux et représentativité par rapport à la masse d'eau. Pour ces raisons, les forages AEP ont été favorisés.

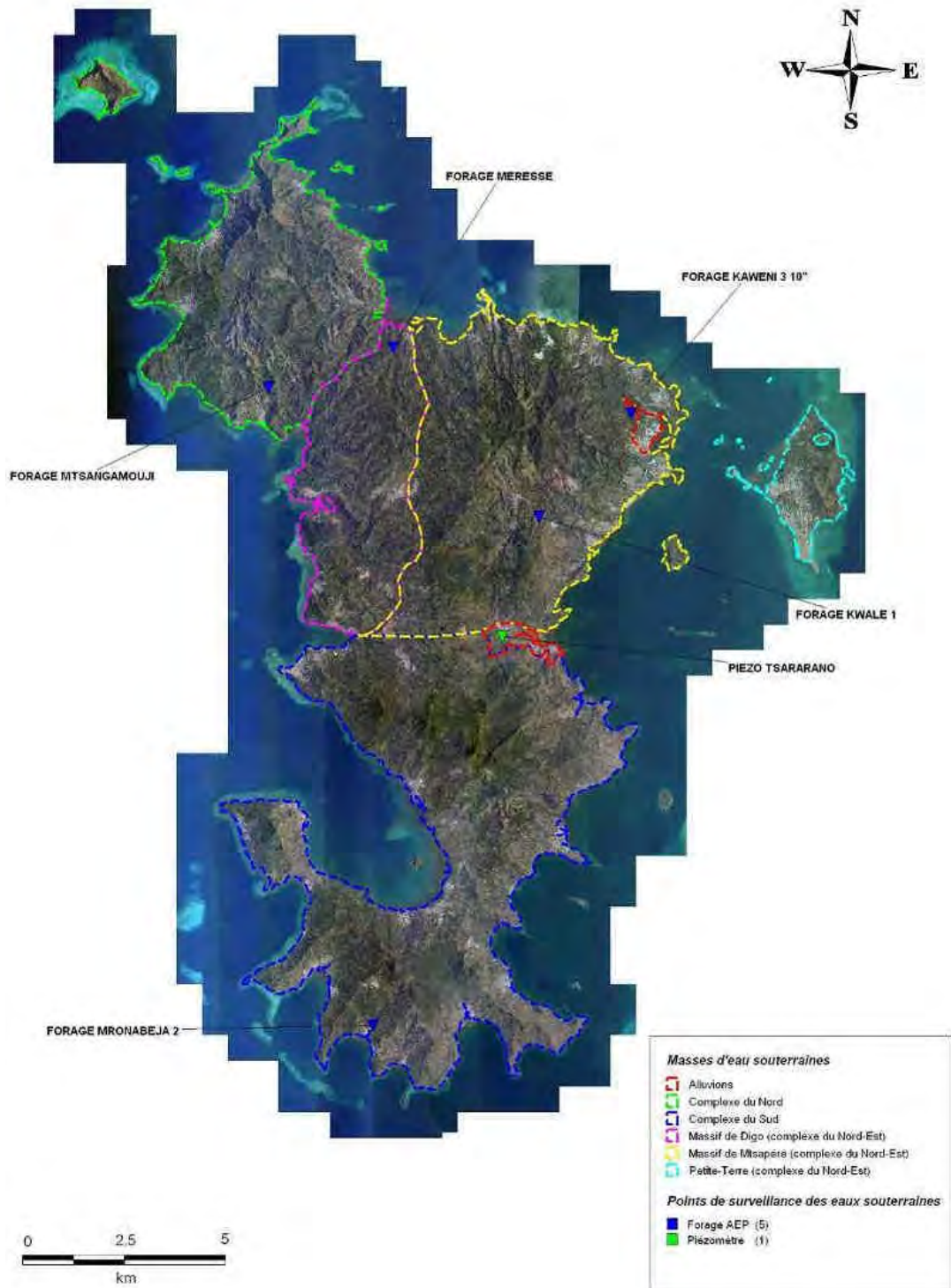


Illustration 9 : localisation des sites de prélèvement d'eau souterraine.

Masse d'eau souterraine		Sous-masse d'eau souterraine		Site retenu - stations
Code	Nom	Code	Nom	
FR_MO_01 (9601)	Complexe du Nord	s.o.	s.o.	Forage AEP de Mstangamouji - F1 12306X0017
FR_MO_02 (9602)	Complexe du Nord-Est	FR_MO_02A (9602a)	Massif de Mtsapéré	Forage AEP de Kwalé 1 12307X0022
		FR_MO_02B (9602b)	Petite Terre	Aucun
		FR_MO_02C (9602c)	Massif de Digo	Forage AEP de Bouyouni-Méresse 12306X0046
FR_MO_02 (9603)	Complexe du Sud	s.o.	s.o.	Forage AEP de Mronabeja 2 12316X0032
FR_MO_02 (9604)	Alluvions	s.o.	s.o.	Piézomètre (DAF) de Tsararano 1 12313X0021 Forage AEP de Kawéni F3 12307X0021


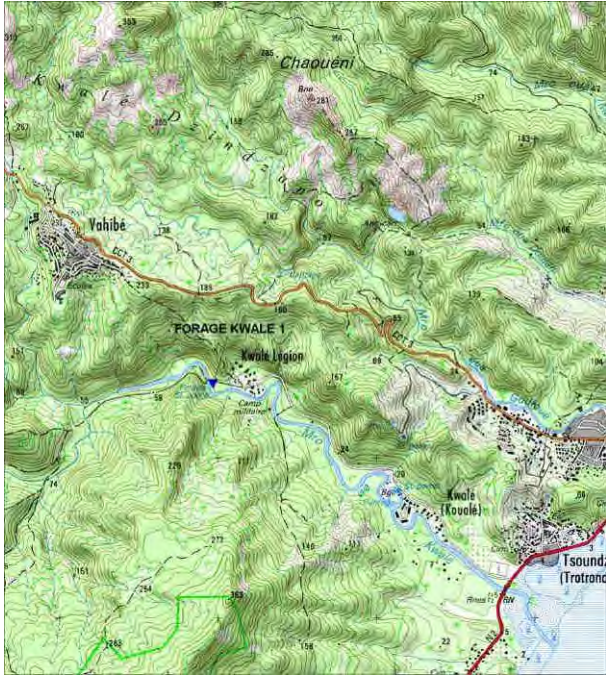
Illustration 10 : liste des sites retenus par masse d'eau souterraine.

Chaque site est présenté ci-dessous et les informations données correspondent aux champs suivants.



Illustration 11 : caractéristiques des sites de prélèvement d'eau souterraine.


Numéro BSS	Dénomination	Masse d'eau	X en RGM04 (m)	Y en RGM04 (m)
Photographie du site		Localisation sur le Scan25© (IGN)		
Recommandations				



12306X0017	Mstangamouji - F1	Complexe du Nord	509 588	8 590 236
				
<p>S'accorder avec la SOGEA pour les dates et horaires de passage. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant. Prélever à hauteur du robinet avec les préconisations d'usage.</p>				

12307X0022	Kwalé 1	Massif du Mtsapéré	520 199	8 585 197
				
<p>S'accorder avec la SOGEA pour les dates et horaires de passage. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant. Prélever à hauteur du robinet avec les préconisations d'usage.</p>				

1306X0046	Méresse	Massif de Digo	514 496	8 591 805
				
<p>S'accorder avec la SOGEA pour les dates et horaires de passage. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant. Prélever à hauteur du robinet avec les préconisations d'usage.</p>				

12316X0032	Mronabeja 2	Complexe du Sud	513 699	8 565 366
				
<p>S'accorder avec la SOGEA pour les dates et horaires de passage. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant. Prélever à hauteur du robinet avec les préconisations d'usage.</p>				

12313X0021	Tsararano 1	Nappes alluviales	518 760	8 580 532
				
<p>S'accorder avec la DEAL pour les dates et horaires de passage. L'ouverture du capot nécessite l'utilisation d'une clé de grande taille.</p> <p>Mettre en place un dispositif de pompage prévu pour le prélèvement d'eau à des fins d'analyse. Renouveler 2 à 3 fois le volume de la colonne de forage. S'assurer de la stabilisation des paramètres physico-chimiques avant le prélèvement.</p>				

12307X0021	Kawéni F3	Nappes alluviales	523 830	8 589 227
				
<p>S'accorder avec la SOGEA pour les dates et horaires de passage. S'assurer que le forage fonctionne depuis un temps suffisant. Prélever à hauteur du robinet avec les préconisations d'usage.</p>				

2.3.3. Fréquence de suivi

Campagne de routine

Deux campagnes de routine devront être réalisées par année de suivi, pour chaque année du plan de gestion. Ces campagnes devront se tenir au mois de mars ou d'avril pour les campagnes de hautes eaux et en septembre ou en octobre pour les campagnes de basses eaux.

Campagne photographique

Une campagne de type photographique devra être réalisée la première année du plan de gestion. Cette campagne se substituera à une campagne de routine en basses eaux.

La campagne réalisée en octobre 2009 dans le cadre de la définition des réseaux remplit toutes les conditions nécessaires et suffisantes d'une campagne de type photographique. Ainsi, une seconde campagne ne s'avère pas strictement nécessaire sur le plan de gestion des eaux 2010-2015.

2.3.4. Paramètres suivis

Adaptation de la liste des paramètres à suivre

Ni l'état des lieux physico-chimique des eaux, ni les deux campagnes de prélèvements effectuées dans le cadre de ce projet n'ont pu mettre en avant une pollution chronique des eaux souterraines. Néanmoins, certaines substances, très employées ou retrouvées dans les eaux superficielles complètent la liste des paramètres à suivre lors des campagnes photographiques:

- l'endosulfan a été retrouvé dans les eaux lagunaires ;
- la deltaméthrine a été très employée par la DASS dans les opérations sanitaires de démoustication ;
- les para-nonylphénols ont été rencontrés dans des concentrations proches des CMA dans les eaux superficielles.

D'autres adaptations ont été apportées à la liste des substances suivies. Ainsi, les **substances organoazotées** du groupe des triazines ne sont pas à suivre en routine. Il sera recommandé néanmoins de les quantifier lors des suivis de type photographique afin de détecter leur éventuelle émergence au niveau régional. De même, les herbicides appartenant au groupe des **urées substituées** qui sont accessibles au grand public et utilisées pour l'entretien des voiries et dans la culture de la banane et de l'ananas, ne nécessitent pas un suivi annuel. Un suivi de type photographique semble pour le moment suffisant pour surveiller l'émergence de telles substances.

Eventuellement, si de nouveaux éléments viennent à démontrer la contamination des masses d'eau souterraine ou leur vulnérabilité vis-à-vis d'une substance, il conviendra d'adapter le suivi de routine.

Un suivi de la microbiologie (Coliformes totaux, Escherichia Coli et entérocoques) est préconisé afin d'identifier tout signe de pollution importante des eaux souterraines par les eaux superficielles. Suivi sur le long terme, ce paramètre peut révéler une augmentation de la vulnérabilité des eaux souterraines souvent liée à l'aménagement ou à l'occupation des sols au droit de la ressource en eau.

Liste des paramètres à suivre pour une campagne de routine

La limite de quantification des substances chimiques doit être égale ou inférieure au tiers de la Norme de Qualité Environnementale (NQE) définie dans les textes réglementaires en vigueur.

Illustration 12 : liste des paramètres à suivre en campagne de routine (7 tableaux).

- Physico-chimie in situ

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Température	1301	<i>in situ</i>	#
Conductivité	1303	<i>in situ</i>	#
pH	1302	<i>in situ</i>	#
Potentiel d'oxydo-réduction	1330	<i>in situ</i>	#
Oxygène dissous	1311	<i>in situ</i>	#

- Eléments majeurs

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Hydrogénocarbonate (HCO_3^-)	1327	Laboratoire	5 mg/l
Carbonates (CO_3^{2-})	1328	Laboratoire	5 mg/l
Chlorures (Cl^-)	1337	Laboratoire	1 mg/l
Sulfates (SO_4^{2-})	1338	Laboratoire	0,5 mg/l
Calcium (Ca^{2+})	1374	Laboratoire	0,5 mg/l
Magnésium (Mg^{2+})	1372	Laboratoire	0,5 mg/l
Sodium (Na^+)	1375	Laboratoire	0,5 mg/l
Potassium (K^+)	1367	Laboratoire	0,5 mg/l

- Matières organiques oxydables

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Oxydabilité au KMnO_4 en milieu acide	1315	Laboratoire	0,5 mg/l
Carbone organique dissous (COD)	1318	Laboratoire	0,5 mg/l

- **Matières en suspension**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Turbidité	1295	Laboratoire	0,1 NTU ou NFU
Fer total	1393	Laboratoire	10 µg/l
Manganèse total	1394	Laboratoire	10 µg/l

- **Minéralisation et salinité**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Dureté totale	1345	Laboratoire	0,5°F
Silicates (SiO ₂)	1348	Laboratoire	0,5 mg/l

- **Composés azotés**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Nitrates (NO ₃ ⁻)	1340	Laboratoire	1 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1339	Laboratoire	0,1 mg/l

Liste des paramètres à suivre pour une campagne photographique

Une campagne de type « photographique » comporte l'ensemble des paramètres listés ci-dessus pour une campagne de routine auxquels s'ajoutent les paramètres listés ci-dessous.

Illustration 13 : liste des paramètres à suivre lors des campagnes photographiques (7 tableaux).

- **Micropolluants minéraux**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Antimoine (Sb)	1376	Laboratoire	5 µg/l
Arsenic (As)	1369	Laboratoire	5 µg/l
Bore (B)	1362	Laboratoire	10 µg/l
Cadmium (Cd)	1388	Laboratoire	1 µg/l

Chrome total (Cr tot)	1389	Laboratoire	1 µg/l
Cuivre (Cu)	1392	Laboratoire	1 µg/l
Cyanures (CN)	1390	Laboratoire	10 µg/l
Mercure (Hg)	1387	Laboratoire	0,1 µg/l
Nickel (Ni)	1386	Laboratoire	0,1 µg/l
Plomb (Pb)	1382	Laboratoire	0,1 µg/l
Sélénium (Se)	1385	Laboratoire	1 à 5 µg/l
Zinc (Zn)	1383	Laboratoire	1 µg/l

- **Organochlorés**

Paramètres	Code Sandre	Lieu d'analyse	Seuil de quantification
Lindane	1203	Laboratoire	0,03 µg/L
Métolachlore	1221	Laboratoire	0,03 µg/L
Endosulfan	1743	Laboratoire	0,03 µg/l
(alpha-endosulfan)	1178		
Métazachlore	1670	Laboratoire	0,03 µg/L

- **Composés organo-halogénés volatils (COV)**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Tétrachloroéthylène	1272	Laboratoire	1 µg/l
Trichloréthylène	1286	Laboratoire	1 µg/l
Chloroforme	1135	Laboratoire	1 µg/l
Tétrachlorure de carbone	1276	Laboratoire	1 µg/l
1,1,1 trichloroéthane	1284	Laboratoire	1 µg/l

- **Organoazotés (Triazines)**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Atrazine	1107	Laboratoire	0,03 µg/l

Simazine	1263	Laboratoire	0,03 µg/l
Déséthyl atrazine	1108	Laboratoire	0,03 µg/l
Déséthyl simazine	1109	Laboratoire	0,03 µg/l
Terbutylazine	1268	Laboratoire	0,03 µg/l

- **Urées substituées**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Diuron	1177	Laboratoire	0,03 µg/l
Isoproturon	1208	Laboratoire	0,03 µg/l
Chlortoluron	1136	Laboratoire	0,03 µg/l

- **Alkylphénol**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Para nonylphénol	5474	Laboratoire	0,01 µg/l

- **Pyréthroïdes**

Paramètres	Code Sandre	Lieu d'analyse	Seuil de quantification
Deltaméthrine	1149	Laboratoire	0,01 µg/L

2.3.5. Méthodologie

Les prélèvements devront respecter la norme d'échantillonnage FD X 31-615.

Le conditionnement des échantillons (filtration, acidification, etc.) sera effectué en accord avec le laboratoire qui réalisera les analyses.

Les méthodes analytiques dépendent du laboratoire. Les méthodes normées sont à préférer même si l'emploi d'une méthode interne au laboratoire n'est pas nécessairement à proscrire. Les méthodes analytiques devront être adaptées au cas par cas en fonction des coûts, du transport, du conditionnement de l'échantillon, etc. Elles devront cependant respecter les seuils de quantifications préconisés et/ou les concentrations maximales admissibles (CMA) définies par la DCE.

2.3.6. Bancarisation des données

Les données acquises par les réseaux de surveillance des eaux souterraines doivent être chargées dans la banque ADES, banque nationale du Système d'Information sur l'Eau (SIE) pour le thème eaux souterraines. Une transmission des résultats analytiques par le laboratoire au format EDILABO facilitera donc la bancarisation.

Pour Mayotte, il s'agit du réseau :

- **Code SANDRE** : 1100000003
- **Mnémonique** : FRMSOS
- **Nom** : Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Mayotte

Pour tout ce qui concerne l'évolution des champs à bancariser ainsi que certaines règles sur la qualité des données, on se reportera aux documents élaborés par ADES et le SANDRE.

2.3.7. Aspect quantitatif de la ressource

Outre le bon état chimique, l'aspect quantitatif des ressources est l'un des critères à prendre en compte pour établir le « bon état » des masses d'eau souterraine. La DCE stipule que le « bon état » d'une masse d'eau souterraine est atteint lorsque son état quantitatif et son état chimique sont au moins « bons ». Les eaux souterraines peuvent contribuer en partie aux débits des rivières à l'étiage et permettre ainsi de soutenir un débit minimum nécessaire aux écosystèmes aquatiques continentaux. Ce critère est particulièrement important à Mayotte puisque la quasi-totalité du ruissellement observé du mois de mars au mois de novembre est alimenté par les aquifères superficielles.

Le méta-réseau de contrôle de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de Mayotte FRMSOP, de code Sandre 1100000002, compte 11 ouvrages répartis sur deux réseaux :

- l'un sous la maîtrise d'ouvrage de la DAF de Mayotte, capitalisant 3 ouvrages (RDESOUPMAYDAF - code Sandre 1100000003) ;
- l'autre sous la maîtrise d'ouvrage du BRGM et regroupant les 8 autres ouvrages (RDESOUPMAYBRGM – code Sandre 1100000001).

Les données relatives à ces réseaux sont disponibles en ligne à l'adresse : <http://www.ades.eaufrance.fr/>. La définition de ces réseaux a fait l'objet d'un rapport spécifique : Malard A. (2008), BRGM/RP-56772-FR. La gestion de ces réseaux a fait l'objet de rapports annuels : Malard A., Jaouën T. (2009) BRGM/RP-57459-FR et Malard A. (2008), MALARD A. (2008), BRGM/RP-56768-FR.

2.3.8. Comparaison avec la réglementation pour les DOM

Il convient de noter que cette proposition de réseau de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraines s'écarte du canevas réglementaire national. Ces adaptations, rappelées ci-dessous, pourraient être reconsidérées en cas d'informations importantes relevées par de nouvelles mesures, telles que la surveillance sanitaire des forages AEP ou des constats de mortalité/pollution.

- Une campagne photographique ayant été conduite en 2009, **il ne sera pas mené de nouvelle campagne photographique** sur la période du plan de gestion 2010-2015.
- Suivi de routine: **retrait du groupe des triazines et des urées substituées et ajout du suivi de la microbiologie.**
- Suivi photographique : **ajout de paramètres à suivre (endosulfan, deltaméthrine, les para-nonylphénols).**

2.4. ESTIMATION DES COÛTS DE SUIVI

2.4.1. Identification des postes de dépense

Les postes de dépense identifiés pour le suivi du réseau de surveillance des eaux souterraines sont les suivants :

Gestion du projet	Déroulement du projet conformément aux objectifs et aux délais (assurance qualité) Préparation des campagnes (devis, organisation des campagnes, etc.) Coordination des différents intervenants et de la sous-traitance le cas échéant Participation aux réunions
Prélèvement	Mise en œuvre technique des prélèvements Conditionnement et envoi des échantillons
Transport	Acheminement des échantillons de Mayotte jusqu'au laboratoire d'analyse
Analyse	Analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés et transmission des résultats au format EDILABO
Bancarisation	Bancarisation des résultats d'analyse dans la banque de données ADES

Rédaction du rapport annuel	Rédaction d'un rapport annuel comprenant : <ul style="list-style-type: none">- <i>le compte rendu des campagnes de prélèvement</i>- <i>l'analyse succincte des résultats</i>- <i>des recommandations pour la suite du suivi du réseau</i>
------------------------------------	---

Illustration 14 : identification des postes de dépense pour le suivi des eaux souterraines.

L'estimation des coûts de suivi de ces réseaux sont basés sur le programme proposé ci-dessus. Les coûts affichés sont basés sur une maîtrise d'œuvre assurée par le BRGM et conformément aux tarifs usuels pour ce type de suivi. Le transport et l'analyse des échantillons d'eau seront sous-traités et ils sont par conséquent soumis à l'évolution des tarifications. Par exemple, le coût du fret aérien peut évoluer en fonction de la demande, du prix des carburants ou tout autre ajustement imposé par les transitaires.

L'évaluation financière ci-dessous est donc indicative et elle n'engage en aucun cas le BRGM.

2.4.2. Détail des coûts du suivi de routine

L'illustration 15 récapitule l'estimation des coûts pour une année de suivi de routine en se basant sur une maîtrise d'œuvre confiée au BRGM. Le coût annuel d'un suivi de routine s'approche de 12 800 € HT.

Postes	Type	Nombre	Prix unitaire (€ HT)	Sous-total (€ HT)
Gestion du projet	Ingénieur VCAT	2	531	1 062
	Directeur	0,5	1 043	521,5
Prélèvement	Ingénieur VCAT	2	531	1 062
	Consommable (véhicule, groupe électrogène, carburant)		165	330
Transport	Sous-traitance	2	2 270	4 540
Analyse	Sous-traitance	2	1 625	3 250
Bancarisation	Ingénieur VCAT	1	531	531
Rédaction du rapport annuel	Ingénieur VCAT	2	531	1 062
	Ingénieur sénior	0,5	860	430
TOTAL				12 788,5

Illustration 15 : détail des coûts annuels pour le suivi de routine des masses d'eaux souterraines.

2.4.3. Détail des coûts du suivi photographique

Un suivi de type photographique n'engendre un surcoût qu'en termes d'analyse. Soit, pour un année de suivi comprenant une campagne de type photographique en basses eaux, le poste analyse sera :

- poste analytique de type routine (1 campagne) : 1 625 € HT
- poste analytique de type photographique (1 campagne) : 3 500 € HT

Soit $3\,500 - 1\,625 = 1\,875$ € HT de surcoût

Une année comprenant un suivi photographique peut donc être estimée à environ 14 600 € HT.

2.4.4. Synthèse des coûts sur le plan de gestion

Sur le plan de gestion 2010-2015, deux hypothèses peuvent être envisagées en termes de coût :

- 1) Si la campagne réalisée dans le cadre de la définition des réseaux est considérée comme une campagne de type photographique, réalisée au début

du plan de gestion condition de basses eaux, seules cinq années de suivi de routine sont à programmer :

$$5 \times 12\,800 = 64\,000 \text{ € HT}$$

- 2) Si une nouvelle campagne de type photographique doit être réalisée en période dès la première année (2011) en condition de basses eaux :

$$1 \times 14\,600 + 4 \times 12\,800 = 65\,800 \text{ € HT}$$

3. Masse d'eau superficielles continentales (cours d'eau)

3.1. INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de proposer, pour le district hydrographique de Mayotte, un réseau de surveillance de l'état chimique et de l'état écologique des masses d'eau superficielles continentales de type « cours d'eau » conforme à la réglementation en vigueur et adapté au contexte local.

Plusieurs rapports faisant état de ce travail ont déjà été produits :

- un état des lieux de la connaissance de l'état chimique des eaux superficielles basé sur les campagnes antérieures et toutes les données bibliographiques disponibles (Malard A., Winckel A., 2008, BRGM/RP-56774-FR);
- un état des lieux de la connaissance de l'état écologique des eaux superficielles (ARDA – ETHYCO – ASCONIT (2008)) ;
- un compte rendu de la campagne d'échantillonnage 2009 réalisée par le groupement ARDA-ASCONIT-ETHYC'O (ARDA – ASCONIT – ETHYC'O, 2009) ;
- la réalisation de deux campagnes de prélèvement des eaux superficielles ayant fait l'objet d'une recherche élargie de polluants (Malard A., Winckel A., 2009, BRGM/RP-57377-FR et Jaouën T., Winckel A., 2010, BRGM/RP-58228-FR) ;
- l'étude de définition des réseaux de surveillance qualité (ARDA – ASCONIT – ETHYC'O, 2010).

Le présent rapport n'a pour but que de décrire les réseaux de suivi dans le cadre de leur mise en œuvre technique. Les rapports cités ci-dessus détaillent les travaux qui ont permis d'aboutir aux réseaux proposés.

3.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX

3.2.1. Programme

Tout d'abord, le positionnement des stations d'inventaire écologique a été effectué lors des missions de terrain de 2008. Sur les cours d'eau sélectionnés, les stations ont été choisies de façon à assurer la représentativité du tronçon du cours d'eau étudié, notamment en ce qui concerne la proportion des différents faciès d'écoulement. De même, les stations du suivi physico-chimie (cf. Malard A., Winckel A. (2008), BRGM/RP-56774-FR) ont été sélectionnées par rapport à leur représentativité de la

masse d'eau voire de groupes de masses d'eau au fonctionnement hydrologique semblable.

Entre 2008 et 2010, des campagnes de terrain ont permis qu'acquérir des données complémentaires sur ces stations et de déterminer les méthodes les plus adaptées pour la mise en œuvre des réseaux.

L'année 2010 a été réservée à l'analyse des résultats ainsi qu'à la définition du réseau de surveillance définitif.

Pour rappel, ce programme d'étude ne comportait pas :

- de volet hydromorphologique dont la méthodologie était encore en phase d'élaboration ;
- de volet chimie sur les sédiments dont la mise en œuvre engendre des coûts très importants à Mayotte ; l'absence de laboratoire imposant l'expédition des échantillons à la Réunion voire en Métropole ;
- de volet biologie des macrophytes dont l'état des connaissances actuelles, très réduites, ne permet pas le développement à court terme d'un indicateur de la qualité écologique des eaux.

3.2.2. Volet physico-chimie

Cette étude s'est déclinée en plusieurs phases successives.

En 2008-2009, un état des lieux de la qualité des eaux souterraines a été réalisé à partir des données existantes. A partir de cet inventaire des données et des sites potentiels, un réseau préliminaire de surveillance a été proposé (Malard A., Winckel A., 2009, BRGM/RP-56774-FR).

Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées sur les 14 sites du réseau préliminaire de surveillance. La première en octobre 2009 en période de basses eaux et la seconde en mars 2010 en période de hautes eaux. Ces campagnes ont porté sur des mesures in situ, les éléments majeurs dissous, les matières organiques oxydables, les composés azotés et phosphorés, les éléments indésirables, les éléments toxiques et une série de 77 composés ou molécules (hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés organo halogénés volatils, tributylétain, composés benzéniques, pentachlorophénol, autres composés organiques, pesticides organo-chlorés, pesticides organo-phosphorés, herbicides azotés, urées carbamates, pesticides divers, deltaméthrine). Ces campagnes ont révélé des faciès chimiques relativement homogènes se partageant entre un pôle plus alcalin et moins calcique pour les rivières méridionales que pour les rivières de la partie Nord. Globalement, les eaux superficielles montrent des concentrations en fer total, en aluminium et en phosphate élevées ainsi que des teneurs en oxygène dissous faibles. Les concentrations en baryum, en argent et en nickel se sont révélées ponctuellement élevées mais elles sont néanmoins restées inférieures aux valeurs seuils (NQE ou AEP).

Parmi les nombreuses substances polluantes, seuls quatre micropolluants organiques ont été décelés dans ces eaux : le DEHP, le glyphosate, le chlorpyrifos-éthyl et le paronylphénol. Ce dernier a été décelé à des teneurs supérieures aux NQE-MA à 9 reprises, tant en basses qu'en hautes eaux.

Il convient de souligner que seule l'évolution sur le long terme de l'état chimique des masses d'eau peut dégager les tendances à l'échelle des masses d'eau, qu'il s'agisse d'une dégradation ou d'une amélioration.

Toutefois, étant donné la liste restreinte de produits chimiques utilisés à Mayotte et de pressions exercées par les activités et usagers, il est opportun de s'interroger sur la pertinence des paramètres à suivre dans la surveillance physico-chimique.

3.2.3. Volet poissons et macrocrustacés

La première campagne, dédiée au repérage des stations et à la première phase d'inventaire, s'est déroulée au mois de juillet 2008. Une campagne de terrain s'est tenue en avril 2009 en fin de saison des pluies.

Sur l'ensemble des 12 stations échantillonnées, 21 espèces de poissons et 9 espèces de macrocrustacés ont été inventoriés sur Mayotte. Cet inventaire a permis d'établir la richesse spécifique de chaque station comme le nombre total d'espèces recensées sur chaque station. La richesse spécifique de chaque station par rapport à la richesse spécifique totale (à l'échelle de l'île) montre un enrichissement des stations en nombre d'espèce de l'amont vers l'aval. Une très grande hétérogénéité des espèces est aussi observée d'une station à l'autre et d'un bassin versant à l'autre. Toutefois la structure du peuplement de référence n'est pas connue.

En se basant sur les deux campagnes réalisées, la variabilité interannuelle et inter-saison a été estimée. Cette analyse montre déjà que la richesse spécifique théorique et les densités relevées sur une station varient peu d'une année à l'autre : la variabilité inter-saison est plus importante que la variabilité interannuelle.

Cette étude a donc permis de montrer que le plan d'échantillonnage n'était pas redondant et que le mois de juillet s'avère plus propice aux inventaires que la saison des pluies. Elle ouvre des pistes d'études complémentaires pour définir les stations de référence, pour expliquer les flux migratoires, pour apprécier la qualité de la continuité écologique et des habitats etc.

3.2.4. Volet macroinvertébrés

La première campagne, dédiée au repérage des stations et à la première phase d'inventaire, s'est déroulée au mois de d'octobre 2008. Une seconde campagne a été menée en avril 2009. Ces campagnes ont complété les données acquises en 2006⁹.

Une analyse en composante principale a été réalisée pour étudier les communautés benthiques. Les résultats montrent que les peuplements benthiques de certaines stations, en particulier de l'hydroécocorégion Sud, peuvent être fortement limités à l'étiage (densité, richesse taxonomique), en raison de conditions extrêmes du régime hydrologique (réduction du débit, faible vitesse de courant, nombreuses zones lenticules). Ce phénomène se retrouve également sur la Coconi au niveau de la zone intermédiaire, très envasée (accumulation de matière organique végétale), et sur la Kwalé en zone aval (effluents domestiques en quantité importante).

En revanche, la majorité des stations échantillonnées dans l'hydroécocorégion Nord et Est constituent des zones à diversité spécifique élevée (40 à 50 taxa), en particulier dans les parties amont et intermédiaire des rivières, dès lors qu'elles sont peu soumises à l'influence anthropique. Entre ces 2 groupes, se trouvent les sites avec un peuplement benthique ubiquiste et moyennement diversifié, correspondant au cours inférieur des rivières sous influence anthropique modérée (lessives, cultures vivrières).

Ces analyses mettent en évidence l'importance du régime hydrologique sur les conditions mésologiques des stations (quantité de matière organique d'origine végétale plus ou moins importante, influence plus ou moins forte des activités anthropiques).

La faune apparaît donc relativement riche et présente des groupes considérés polluo-sensibles. Sur le plan de la diversité taxonomique et de la diversité fonctionnelle, les conditions sont réunies pour mettre en place une méthode indicielle. Il convient toutefois d'augmenter significativement le nombre de données disponibles et de coupler les mesures avec les données physico-chimiques de la station.

Les perspectives complémentaires de cette étude sont une amélioration des connaissances en terme d'espèces à protéger, de cycle de vie et de zones de vie nécessaires à la biodiversité (réservoirs).

3.2.5. Volet diatomées

La première campagne, dédiée au repérage des stations et à la première phase d'inventaire, s'est déroulée au mois d'octobre 2008. Une seconde campagne a été menée en avril 2009.

⁹ ARDA – MNHN / Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte (2007) Inventaire des espèces de poissons et d'invertébrés des eaux douces de Mayotte. Rapport final d'étude.

En première approche, il apparaît que les caractéristiques des peuplements diatomiques varient dans l'espace et suivant la saison (saison sèche – saison des pluies). De forts contrastes existent entre l'hydroécotone Sud et celles du Nord-Ouest et du Nord-Est.

La richesse taxonomique calculée pour chaque station en étiage et en saison des pluies montre une très grande variabilité. Les indices de diversité moyens et minimaux observés au cours des deux campagnes sont, quant à eux, similaires.

L'indice diatomique et l'indice de polluo-sensibilité calculés pour les stations inventoriées montrent des qualités bonnes à moyennes dans l'ensemble, une seule station (Kwalé aval) présentant un mauvais état en octobre 2008. Cependant, les résultats montrent que le pourcentage de diatomées non répertoriées dans ces classifications induit un biais important puisque parfois plus de la moitié, voire plus, du peuplement n'est pas considéré. De plus, les résultats ne semblent pas toujours traduire les conditions du milieu (ex. : oxygénation). Ceci peut s'expliquer par le fait que les diatomées connues en Europe ne témoignent sans doute pas des mêmes conditions écologiques dans le contexte tropical.

3.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX SUPERFICIELLES CONTINENTALES

3.3.1. Organisation du suivi

Le réseau de surveillance des masses d'eau superficielles proposé comporte un suivi :

- de l'état physico-chimique ;
- des populations de poissons et des macrocrustacés ;
- des populations de macroinvertébrés ;
- des populations de diatomées.

Chacun de ces indicateurs de l'état des masses d'eau est à suivre chaque année du plan de gestion.

3.3.2. Points de surveillance

Réseau de suivi optimum

Pour le suivi de l'état écologique, la majeure partie des sites suivis durant cette étude sont conservés. Le réseau proposé (Illustration 16) assure à la fois un suivi homogène sur l'ensemble du bassin de Mayotte et l'acquisition de connaissances complémentaires par le suivi de sites variés et répartis longitudinalement. Néanmoins, vu le coût important de ce réseau, une adaptation *a minima* peut être envisagée.

Par rapport aux réseaux de définition, deux stations « poissons » complémentaires sont proposées sur la Mro Oua Djalimou aval (FRMR27) et sur la Mro Oua Gouloué aval (FRMR19) pour apporter un complément de connaissance sur l'hydroécocorégion Sud et Nord-Est. La station complémentaire en position aval sur la Mro Oua Gouloué apportera un complément intéressant sur la variabilité longitudinale de cette rivière.

A l'inverse, seules les stations aval des cours d'eau sont conservées pour le suivi « physico-chimique » considérant que ces stations intègrent l'ensemble des bassins versants compte tenu de la faible longueur des rivières et des vitesses de transfert rapide. Le plan d'échantillonnage du suivi « physico-chimique » a été réadapté pour se rapprocher au plus proche des stations du suivi « diatomées » ; le croisement de ces deux suivis présente un intérêt particulier, la physico-chimie influençant directement les peuplements et les formes de diatomées.

- 14 stations pour le suivi « poissons et macrocrustacés » ;
- 20 stations pour le suivi « macroinvertébré » et « diatomées » ;
- 10 stations pour le suivi « physico-chimique ».

Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau de Mayotte.

Code Station	Code Masse d'eau de surface	Nom Masse d'eau de surface	Station	X	Y	Type de suivi		
						P (14)	I+D (20)	PC (10)
MAY00001	FRMR03	Bouyouni	aval	515 316	8 591 632	X	X	X
MAY00002	FRMR03	Bouyouni	Intermédiaire	515 376	8 591 016	X	X	
MAY00003	FRMR03	Bouyouni	amont	515 873	8 589 302	X	X	
MAY00004	FRMR16	Coconi	aval	513 958	8 581 130	X	X	X
MAY00005	FRMR16	Coconi	Intermédiaire	514 511	8 581 402		X	
MAY00006	FRMR25	Dapani	aval	517 113	8 566 410	X		
MAY00007	FRMR21	Dembéni	aval	518 822	8 580 469	X	X	X
MAY00008	FRMR21	Dembéni	amont	517 219	8 578 154		X	
MAY00009	FRMR20	Kwalé	aval	521 592	8 584 236	X	X	X
MAY00010	FRMR20	Kwalé	Intermédiaire	520 163	8 585 274	X	X	
MAY00011	FRMR20	Kwalé	amont	517 848	8 584 425	X	X	
MAY00012	s.o.	M'tsangachéhi*	aval	514 217	8 575 641	X	X	
MAY00015	FRMR15	Ourovéni	Intermédiaire	515 073	8 585 346	X	X	
MAY00013	FRMR15	Ourovéni	Aval	513 870	8 584 096		X	X
MAY00014	FRMR15	Ourovéni	Aval	512 513	8 584 714	X		
MAY00016	FRMR14	Combani	Intermédiaire	516 088	8 588 138		X	
MAY00017	FRMR04	Longoni	aval	517 899	8 591 813		X	X
MAY00018	FRMR11	Batirini	Intermédiaire	512 127	8 589 390		X	X
MAY00019	FRMR12	Chririni	aval	511 348	8 587 446		X	X
MAY00020	FRMR19	Gouloué	amont	520 684	8 585 917		X	
MAY00024	FRMR19	Gouloué	aval	522 210	8 585 007	X	X	X
MAY00021	FRMR27	Djalimou	aval	512 401	8 567 948	X	X	X

Illustration 16 : liste des stations (optimum) pour le suivi des masses d'eau superficielles (X et Y en mètres dans le système RGM04 ; Z ; P : Poisson ; I : Invertébrés ; D : Diatomées ; PC : Physico-Chimie ; s.o. : sans objet ; * : nom de la rivière en l'absence de masse d'eau définie).

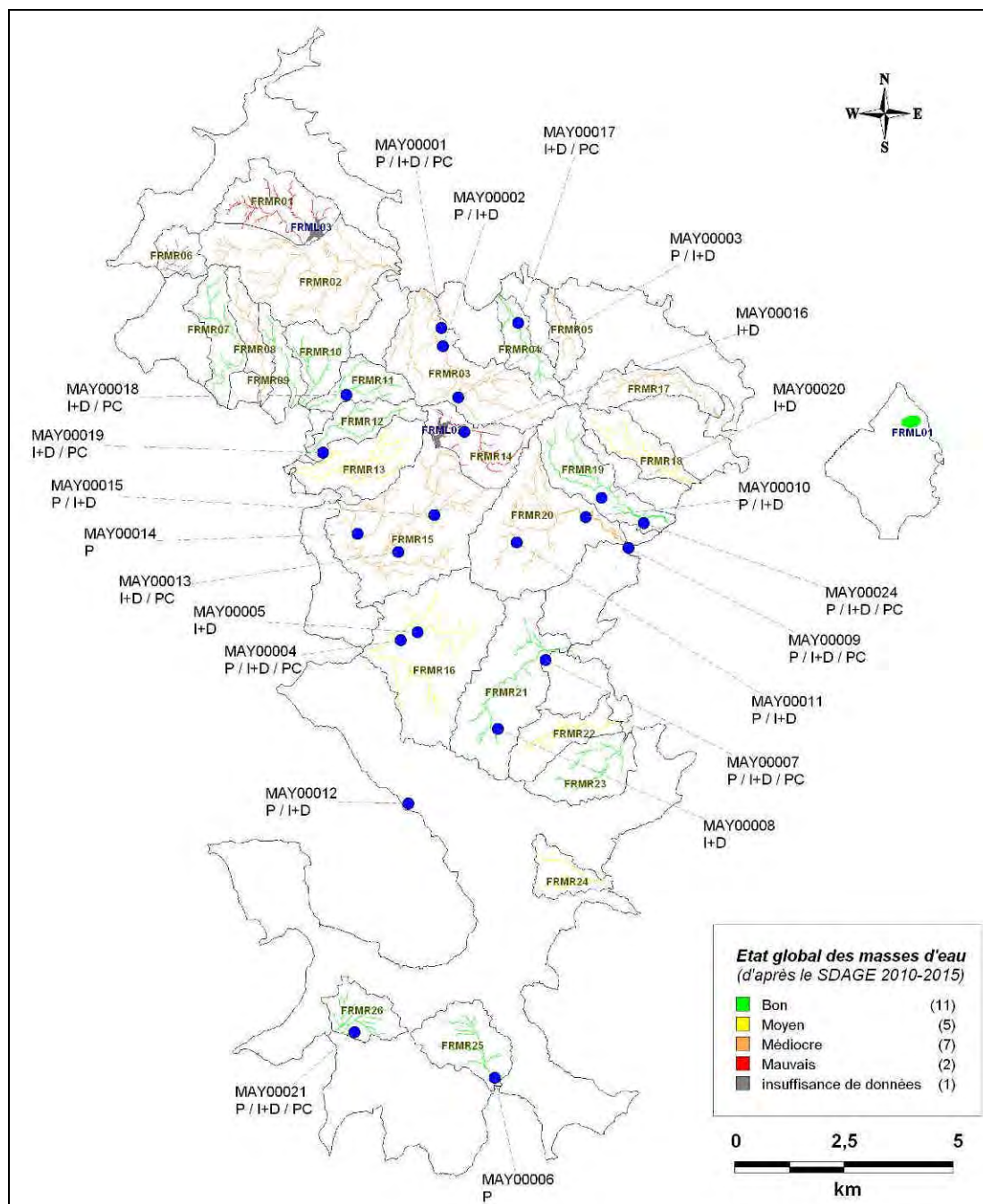


Illustration 17 : carte de localisation des stations du réseau optimum de contrôle de surveillance des eaux superficielles (masses d'eau cours d'eau) ; P : Poisson ; I+D : Invertébrés + Diatomées ; PC : Physico-Chimie.

Réseau de suivi minimum

Pour tenir compte des coûts élevés de ces suivis, un réseau dit « *a minima* » peut être proposé. Ce dernier insiste sur la mutualisation des sites pour acquérir une connaissance approfondie sur certaines masses d'eau et ainsi être en mesure d'extrapoler ces résultats aux bassins versant similaires.

Ce suivi comporte :

- 14 stations pour le suivi « poissons et macrocrustacés » ;
- 15 stations pour le suivi « macroinvertébré » et « diatomées » ;
- 10 stations pour le suivi « physico-chimique ».

L'illustration 19 présente ce réseau avec la location des stations du réseau de contrôle et de surveillance des eaux superficielles (masses d'eau cours d'eau) avec les paramètres poissons et/ou Invertébrés et diatomées et/ou physico-chimie.

Code Station	Code Masse d'eau de surface	Nom Masse d'eau de surface	Station	X	Y	Type de suivi		
						P (14)	I+D (15)	PC (8)
MAY00001	FRMR03	Bouyouni	aval	515 316	8 591 632	X	X	X
MAY00002	FRMR03	Bouyouni	Inter.	515 376	8 591 016	X	X	
MAY00003	FRMR03	Bouyouni	amont	515 873	8 589 302	X	X	
MAY00004	FRMR16	Coconi	aval	513 958	8 581 130	X	X	X
MAY00006	FRMR25	Dapani	aval	517 113	8 566 410	X		
MAY00007	FRMR21	Dembéni	aval	518 822	8 580 469	X	X	X
MAY00008	FRMR21	Dembéni	amont	517 219	8 578 154		X	
MAY00009	FRMR20	Kwalé	aval	521 592	8 584 236	X	X	X
MAY00010	FRMR20	Kwalé	Inter.	520 163	8 585 274	X	X	
MAY00011	FRMR20	Kwalé	amont	517 848	8 584 425	X	X	
MAY00015	FRMR15	Ourovéni	Inter.	515 073	8 585 346	X		
MAY00013	FRMR15	Ourovéni	aval.	513 870	8 584 096		X	X
MAY00014	FRMR15	Ourovéni	aval	512 513	8 584 714	X		
MAY00016	FRMR14	Combani	Inter.	516 088	8 588 138		X	
MAY00018	FRMR11	Batirini	Inter.	512 127	8 589 390		X	X
MAY00020	FRMR19	Gouloué	amont	520 684	8 585 917	X	X	
MAY00024	FRMR19	Gouloué	aval	522 210	8 585 007	X	X	X
MAY00021	FRMR27	Djalimou	aval	512 401	8 567 948	X	X	X

Illustration 18: liste des stations pour le suivi a minima des masses d'eau superficielles (X et Y en mètres dans le système RGM04 ; P : Poisson ; I : Invertébrés ; D : Diatomées ; PC : Physico-Chimie)

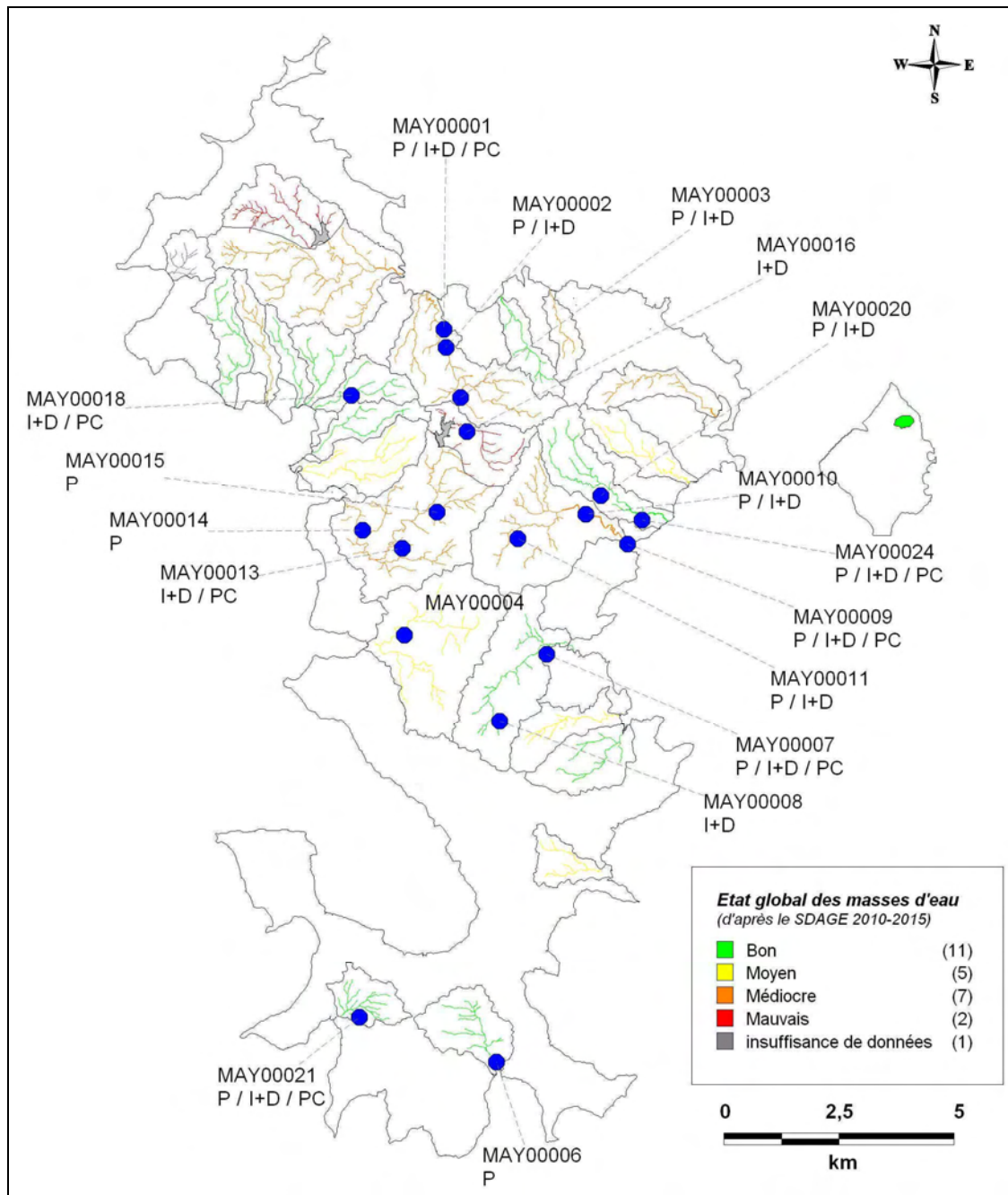




Illustration 19 : carte de localisation des stations du réseau minimum de contrôle de surveillance des eaux superficielles (masses d'eau cours d'eau) ; P : Poisson ; I+D : Invertébrés + Diatomées ; PC : Physico-Chimie.



Caractéristiques détaillées des sites



Sont consignées dans le rapport final ARDA, 2010 les fiches descriptives de chaque station relative au type de suivi. Seule les informations générales son répertoriées ci-dessous.

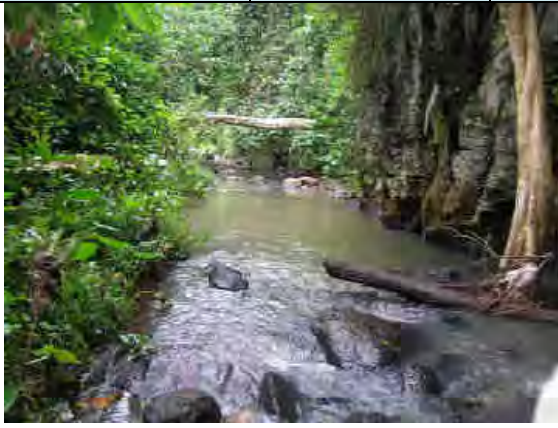

Illustration 20 : caractéristiques des sites de prélèvement d'eau souterraine.



Code station	Dénomination			Masse d'eau	X en RGM04 (m)	Y en RGM04 (m)
Photographie du site				Localisation sur le Scan25© (IGN)		
Type de suivi	P	I + D	PC	Commentaires		

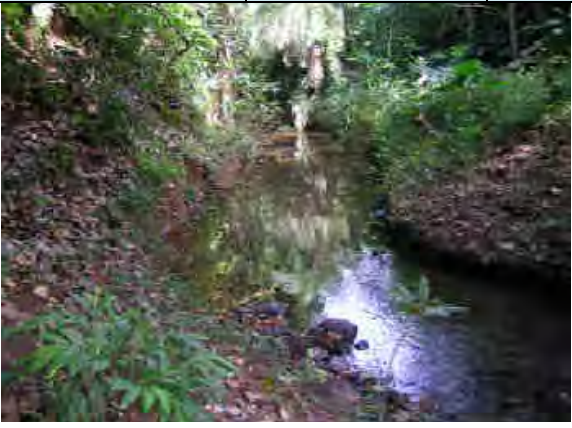
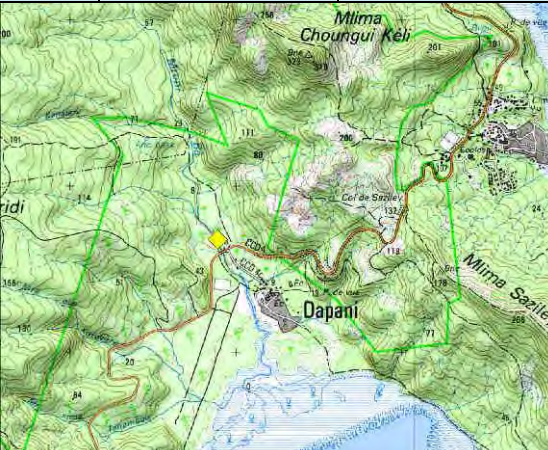
MAY00001	Bouyouni aval			FRMR03	515 315	8 591 632
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum		
	X	X	X			



MAY00002	Bouyouni intermédiaire	FRMR03	515 376	8 591 016
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum


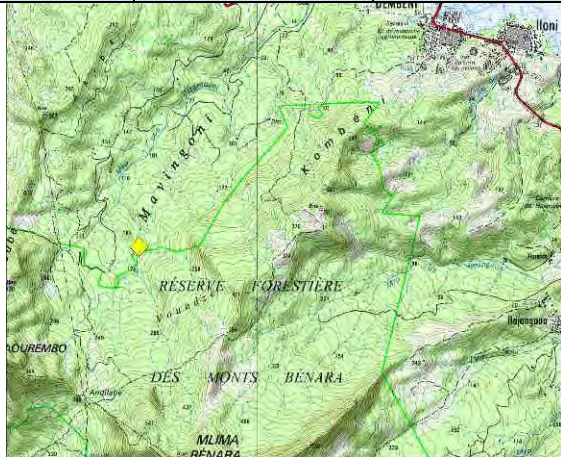
MAY00003	Bouyouni amont	FRMR03	515 873	8 589 302
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00004	Coconi aval	FRMR16	513 958	8 581 130
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC X	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00005	Coconi intermédiaire	FRMR16	514 511	8 581 402
				
Type de suivi	P	I + D X	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum


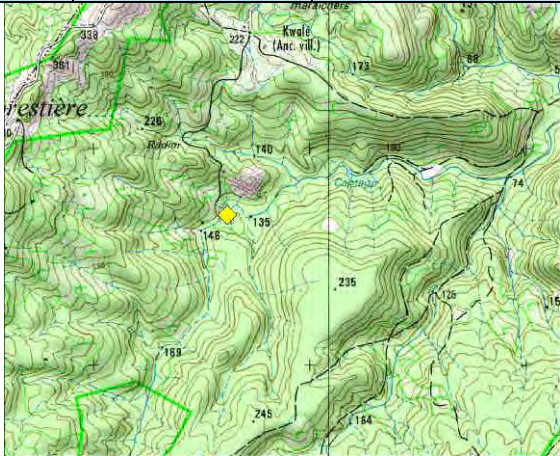
MAY00006	Dapani aval (Mroni bé)	FRMR25	517 113	8 566 410
				
Type de suivi	P X	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum


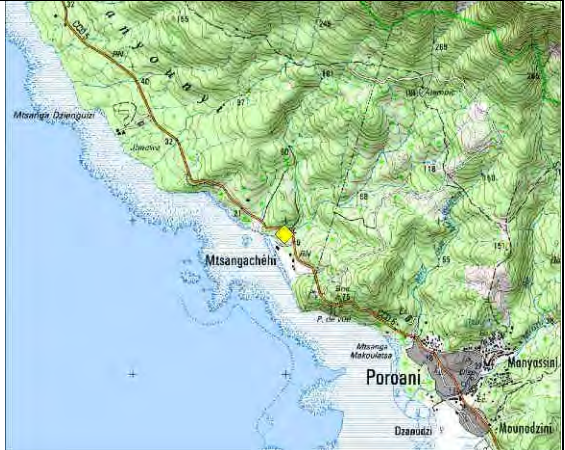
MAY00007	Dembéni aval	FRMR21	518 822	8 580 469
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC X	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00008		Dembéni amont		FRMR21	517 219	8 578 154
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum		
		X				



MAY00009		Kwalé aval		FRMR20	521 592	8 584 236
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum		
	X	X	X			

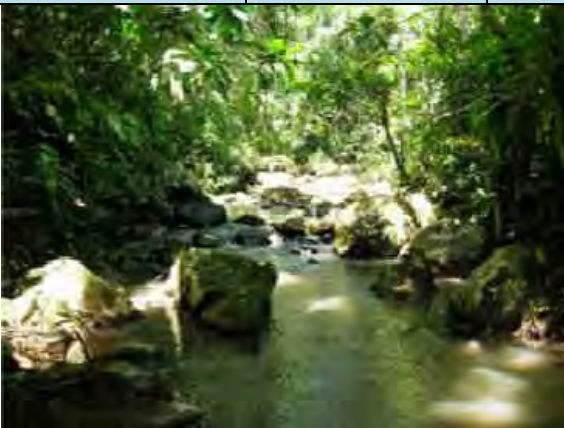
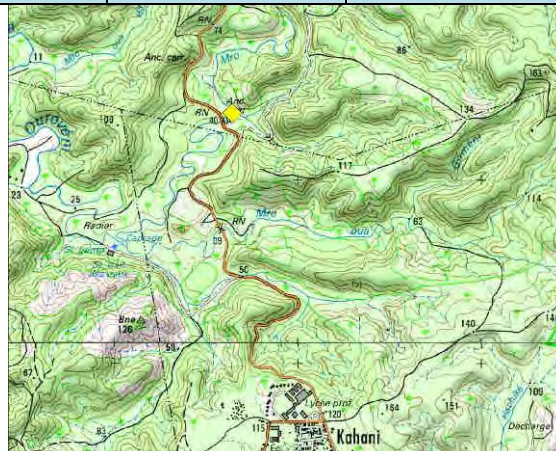
MAY00010	Kwalé intermédiaire	FRMR20	520 163	8 585 274
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00011	Kwalé amont	FRMR20	517 848	8 584 425
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00012	Mtsangachéhi	s.o.	514 217	8 575 641
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum



MAY00015	Ourovéni intermédiaire	FRMR15	515 073	8 585 346
				
Type de suivi	P X	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00014	Ourovéni aval	FRMR15	512 513	8 584 714
				
Type de suivi	P X	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum


MAY00013	Ourovéni aval	FRMR15	513 870	8 584 096
				
Type de suivi	P	I + D X	PC X	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum



MAY00016		Comboni intermédiaire		FRMR14	516 088	8 588 138
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum		
		X				



MAY00017		Longoni aval		FRMR04	517 899	8 591 813
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum		
		X	X			

MAY00018		Batirini intermédiaire		FRMR04	512 127	8 589 390
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum		
		X	X			

MAY00019		Chirini aval		FRMR12	511 348	8 587 446
						
Type de suivi	P	I + D	PC	Site complémentaire en cas de réseau optimum		
		X	X			

MAY00024	Gouloué aval	FRMR19	A définir	A définir
<i>Sans objet</i>				
Type de suivi	P X	I + D X	PC X	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum

MAY00020	Gouloué amont	FRMR19	520 684	8 585 917
				
Type de suivi	P	I + D X	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum

MAY00021	Djalimou aval	FRMR27	512 401	8 567 948
				
Type de suivi	P	I + D	PC	Site appartenant aux réseaux de suivi optimum et minimum
	X	X	X	

3.3.3. Fréquences de suivi

Volet physico-chimie

Les paramètres indicateurs de la qualité physico-chimique (groupe 1, 2, 2bis et 3 de l'arrêté du 25 janvier 2010) sont à suivre chaque année du plan de gestion à raison de :

- 6 fois par an pour les groupes 1 et 2 ;
- 2 fois par an pour le groupe 3.

Les substances de l'état chimique et les polluants spécifiques de l'état écologique sont à suivre deux fois sur le plan de gestion à la fréquence de :

- 1 fois par mois pour les substances de l'état chimique ;
- 1 fois par trimestre pour les polluants spécifiques de l'état écologique.

Pour plus de précisions sur ces substances, se référer au 3.3.4

Il est d'ores et déjà à signaler que le coût d'une campagne de mesure mensuelle des substances de l'état chimique et de mesure trimestrielle des polluants spécifiques est particulièrement élevé à Mayotte. Cela suppose en effet, plus qu'ailleurs, un coût très élevé d'expédition par fret aérien spécial et des moyens de prélèvement et logistique à mobiliser.

Comme précisé plus loin dans le rapport, cette campagne est à mener deux fois d'ici 2015 et n'est pas prévue en 2011. Les techniques d'échantillonneurs passifs pourraient, grâce à leur volume réduit et à condition d'être opérationnelle d'ici là, diminuer fortement les coûts de campagne.

Volet poissons et macrocrustacés

La fréquence d'une campagne par an, réalisée en période de basses eaux entre les mois de juillet et d'août est retenue.

Volet macroinvertébrés

La fréquence d'une campagne par an, réalisée en période de basses eaux entre les mois de septembre et d'octobre est retenue.

Volet diatomées

La fréquence d'une campagne par an, réalisée en période de basses eaux (septembre-octobre) est retenue.

Cependant, deux campagnes par année, en basses et en hautes eaux, pourraient apporter des éléments importants sur la variabilité annuelle des populations.

3.3.4. Paramètres à suivre

Ces paramètres sont uniquement définis dans le cadre du suivi de l'état chimique.

La deltaméthrine ayant été très employée par la DASS dans les opérations sanitaires de démoustication, cette molécule est à ajouter à la liste des substances à suivre.

A l'inverse, une réflexion est à mener pour cibler la liste des substances de l'état chimique et les substances de l'état écologique.

Paramètres indicateurs de la qualité physico-chimique

La limite de quantification des substances chimiques doit être égale ou inférieure au tiers de la Norme de Qualité Environnementale (NQE) définie dans les textes réglementaires en vigueur.

- **Groupe 1**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Température	1301	<i>in situ</i>	#
Conductivité	1303	<i>in situ</i>	#
pH	1302	<i>in situ</i>	#
Potentiel d'oxydo-réduction	1330	<i>in situ</i>	#
Oxygène dissous	1311	<i>in situ</i>	#

- **Groupe 2**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
DBO5	1313	Laboratoire	0,5 mg/L
DCO	1314	Laboratoire	0,5 mg/L
Azote Kejl Dahl	1319	Laboratoire	0,1 mg/l

Phosphore total	1350	Laboratoire	0,1 mg/l
Matière en suspension totale	1305	Laboratoire	
Turbidité	1295	Laboratoire	0,1 NTU ou NFU
Chlorophylle a	1439	Laboratoire	0,1 µg/l
Phéopigments	1436	Laboratoire	0,1 µg/l

- **Groupe 2bis**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Nitrates (NO₃⁻)	1340	Laboratoire	1 mg/l
Ammonium (NH₄⁺)	1335	Laboratoire	0,1 mg/l
Nitrite (NO₂⁻)	1339	Laboratoire	0,1 mg/l
Phosphate (PO₄²⁻)	1349	Laboratoire	0,1 mg/l
Carbone organique dissous (COD)	1318	Laboratoire	0,5 mg/l
Silice dissoute	1348	Laboratoire	0,5 mg/L

- **Groupe 3**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Hydrogène carbonate (HCO₃⁻)	1327	Laboratoire	5 mg/l
Carbonates (CO₃²⁻)	1328	Laboratoire	5 mg/l
Chlorures (Cl⁻)	1337	Laboratoire	1 mg/l
Sulfates (SO₄²⁻)	1338	Laboratoire	0,5 mg/l
Calcium (Ca²⁺)	1374	Laboratoire	0,5 mg/l
Magnésium (Mg²⁺)	1372	Laboratoire	0,5 mg/l
Sodium (Na⁺)	1375	Laboratoire	0,5 mg/l
Potassium (K⁺)	1367	Laboratoire	0,5 mg/l
Dureté TH	1345	Laboratoire	0,5f

Dureté TAC	1347	Laboratoire	0,5f
------------	------	-------------	------

• **Substances de l'état chimique**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Alachlore	1101	Laboratoire	0,1 µg/l
Anthracène	1458	Laboratoire	0,03 µg/l
Atrazine	1107	Laboratoire	0,2 µg/l
Benzène	1114	Laboratoire	3 µg/l
Didiphényléthers bromés		Laboratoire	
(Tri BDE 28)	2920		0,0002 µg/l
(Tétra BDE 47)	2919		0,0002 µg/l
(Penta BDE 99)	2916		0,0002 µg/l
(Penta BDE 100)	2915		0,0002 µg/l
(Hexa BDE 153)	2912		0,0002 µg/l
(Hexa BDE 154)	2911		0,0002 µg/l
Cadmium et ses composés	1388	Laboratoire	0,2 µg/l
C10-13-chloroalcanes	1955	Laboratoire	0,1 µg/l
Chlorfenvinphos	1464	Laboratoire	0,03 µg/l
Chlorpyrifos	1083	Laboratoire	0,01 µg/l
Deltaméthrine	1149	Laboratoire	0,1 µg/l
1,2-Dichloroéthane	1161	Laboratoire	3 µg/l
Dichlorométhane	1168	Laboratoire	6 µg/l
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	1461	Laboratoire	4 µg/l
Diuron	1177	Laboratoire	0,05 µg/l
Endosulfan	1743	Laboratoire	0,001 µg/l
(alpha-endosulfan)	1178		
Fluoranthène	1191	Laboratoire	0,03 µg/l
Hexachlorobenzène	1199	Laboratoire	0,003 µg/l
Hexachlorobutadiène	1652	Laboratoire	0,03 µg/l
Hexachlorocyclohexane	5537	Laboratoire	0,005 µg/l

(gamma-isomère, Lindane)	1203		
Isoproturon	1208	Laboratoire	0,1 µg/l
Plomb et ses composés	1382	Laboratoire	2,5 µg/l
Mercure et ses composés	1387	Laboratoire	0,0015 µg/l
Naphthalène	1517	Laboratoire	0,8 µg/l
Nickel et ses composés	1386	Laboratoire	6 µg/l
Nonylphénols	1957	Laboratoire	0,1 µg/l
(4-(para)-nonylphénol)	5474		
Octylphénols	1920	Laboratoire	0,03 µg/l
(para-tert-octylphénol)	1959		
Pentachlorobenzène	1888	Laboratoire	0,002 µg/l
Pentachlorophénol	1235	Laboratoire	0,1 µg/l
Hydrocarbures aromatiques polycycliques		Laboratoire	
(Benzo(a)pyrène)	1128		0,015 µg/l
(Benzo(b)fluoranthène)	1116		0,01 µg/l
(Benzo(g,h,i)perylène)	1118		0,0006 µg/l
(Benzo(k)fluoranthène)	1117		0,01 µg/l
(Indeno(1,2,3-cd)pyrène)	1204		0,0006 µg/l
Simazine	1263	Laboratoire	0,3 µg/l
Composés du tributylétain (Tributylétin-cation)	1820	Laboratoire	0,00006 µg/l
	2879		
Trichlorobenzène	1774	Laboratoire	0,1 µg/l
(1,2,4-Trichlorobenzène)	1283		
Trichlorométhane (chloroforme)	1135	Laboratoire	0,8 µg/l
Trifluraline	1289	Laboratoire	0,01 µg/l
Aldrine	1103	Laboratoire	0,003 µg/l
Tétrachlorure de carbone	1276	Laboratoire	4 µg/l
DDT total	3268	Laboratoire	0,005 µg/l
Dieldrine	1173	Laboratoire	0,003 µg/l
Endrine	1181	Laboratoire	0,003 µg/l

Tétrachloroéthylène	1272	Laboratoire	3 µg/l
Trichloroéthylène	1286	Laboratoire	3 µg/l
Isodrine	1207	Laboratoire	0,003 µg/l

- **Substances de l'état écologique**

Paramètres	Code Sandre	Analyse	Seuil de quantification
Arsenic dissous et ses composés	1369	Laboratoire	
Chrome dissous et ses composés	1389	Laboratoire	
Cuivre dissous et ses composés	1392	Laboratoire	
Zinc dissous et ses composés	1383	Laboratoire	
Chlortoluron	1136	Laboratoire	
Oxadiazon	1667	Laboratoire	
Linuron	1209	Laboratoire	
2,4 D	1141	Laboratoire	
2,4 MCPA	1212	Laboratoire	

3.3.5. Méthodologie

Volet physico-chimie

Les prélèvements devront respecter au plus proche la norme d'échantillonnage NF EN ISO 5667-3. Une équipe de deux personnes suffit à la mise en œuvre d'une campagne.

Le conditionnement des échantillons (filtration, acidification, etc.) sera effectué en accord avec le laboratoire qui réalisera les analyses.

Les méthodes analytiques dépendent du laboratoire. Les méthodes normées sont à préférer même si l'emploi d'une méthode interne au laboratoire n'est pas nécessairement à proscrire. Les méthodes analytiques devront être adaptées au cas par cas en fonction des coûts, du transport, du conditionnement de l'échantillon, etc. Elles devront cependant respecter les seuils de quantifications préconisés.

La technique des échantillonneurs passifs n'a pas encore été adaptée pour les stations des cours d'eau de Mayotte. Elle pourrait apporter un gain très appréciable pour la

facilité de mise en œuvre et la réduction des coûts de transport. Ces développements sont menés au niveau national par le CEMAGREF.

Volet poissons et macrocrustacés

• Méthodologie d'échantillonnage

La méthode de pêche et de description des échantillons devra être conforme à la méthodologie préconisée dans les études :

- ARDA - Ricou J.F., Bosc P., Cadene R. (1999) Mise en place d'un réseau piscicole à la Réunion : Adaptation méthodologique d'un protocole d'échantillonnage de l'ichtyofaune. Rapport final d'étude, ARDA – CSP – ENSAT – DIREN - Région Réunion, 100 p (hors annexes) ;
- ARDA – Olivier J.M., Valade P., Bosc P. (2004) Etude de faisabilité d'un outil d'expertise de la qualité des peuplements piscicoles et de la fonctionnalité des milieux aquatiques associés. Rapport final d'étude ARDA – LEHF – DIREN, 55 p. (hors annexes).

Cette méthode a été développée à la Réunion par l'ARDA, en collaboration avec la Diren, dans l'optique de réaliser des suivis poissons et macrocrustacés. C'est actuellement la méthode utilisée dans le cadre des réseaux DCE.

• Détermination et description

- Identification des espèces & biométrie

Les poissons capturés dans chaque ambiance sont identifiés, mesurés, pesés et remis à l'eau à la fin de la prospection de l'ensemble de la station. Les identifications ont été menées à l'espèce et, lorsque cela s'avérait impossible, au genre.

- Description des ambiances

Les ambiances prospectées sont décrites de façon précise, suivant les descripteurs mis en place dans le cadre du Réseau Piscicole de la Réunion :

- Dimensions (longueur & largeur),
- Type de faciès,
- Description de la granulométrie du substrat en pourcentage de recouvrement,
- Position par rapport à la berge,
- Qualité des berges,
- Ombrage,
- Qualité des caches (granulométrie, sous-berge, herbier, ...).

• Saisie et traitement des données

Les données des campagnes d'échantillonnage devront être saisies et traitées sous TEMPOI®. Cette base de données développée par l'ARDA permet des exports vers la base de données de l'Office de l'Eau de la Réunion dont l'architecture est en voie d'harmonisation avec les besoins du SANDRE.

Les principaux descripteurs des peuplements seront calculés pour intégrer le rapport annuel de suivi du réseau :

- liste et nombre d'espèces observées,
- structure du peuplement,
- structure des populations,
- densité des peuplements et des populations,
- biomasse des peuplements et des populations.

Volet macroinvertébrés benthiques

• Méthodologie d'échantillonnage

Les macroinvertébrés benthiques devront être échantillonnés conformément aux protocoles recommandés par :

- La circulaire DCE 2007/22 du 11 avril 2007 relative au protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en œuvre du programme de surveillance sur cours d'eau (Réf. : DE / MAGE / BEMA 07 / n°4) ;
- L'Indice Biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC), voir Mary N. (1999).

Une fiche de terrain devra être remplie par station prélevée sur le modèle du protocole élaboré par le Cémagref¹⁰.

• Détermination et description

L'identification des spécimens sera effectuée au niveau taxonomique le plus précis possible (ordre, famille, genre ou espèce) grâce aux guides existants (cf. ARDA-ASCANIT-ETHYC'O (2010)) et à l'aide de taxonomistes.

• Saisie et traitement des données

Pour chaque station, les données faunistiques et mésologiques recueillies devront être saisies et traitées sous le logiciel Excel conformément au formulaire de saisie des relevés « invertébrés RCS petits cours d'eau » du Cémagref, version du novembre 2010 ou plus récente (disponible sur <https://hydrobio-dce.cemagref.fr/Telecharger/invertebres/>) et ils devront rendre compte, par station, de :

- la liste taxonomique déterminée ;
- le nombre d'individus dénombrés par taxon (densité) ;
- la richesse spécifique ;
- l'abondance relative des différents taxons prélevés.

¹⁰ Formulaire de saisie des relevés « invertébrés RCS petits cours d'eau » du Cémagref de novembre 2010 ou plus récente (<https://hydrobio-dce.cemagref.fr/Telecharger/invertebres/>).

Volet diatomées

• **Méthode d'échantillonnage**

Le protocole recommandé (équipement, échantillonnage, mode opératoire, détermination de l'IBD et rapport d'essai) est celui de la **norme NF T90-354 (2007-12-01)** « Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) ». Le prestataire pourra également s'aider des prescriptions décrites dans les normes suivantes :

- **NF EN 13946 (2003-07-01)** : Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le pré-traitement des diatomées benthiques de rivières.

• **Montage des lames**

Le montage des lames devra être conforme à la norme et aux recommandations faites dans le guide méthodologique :

- **NF EN 13946 (2003-07-01)** : Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le pré-traitement des diatomées benthiques de rivières.

Au minimum, deux lames par prélèvement seront constituées.

Une attention particulière pourra être apportée à :

- la stabilité des fixations (les lames devront pouvoir être conservées plusieurs années, sans se détériorer dans les conditions tropicales).
- la lisibilité (les lames devront permettre un examen complet par une tierce personne étrangère au prélèvement et au montage ; cela signifie que les diatomées ne devront être ni trop dispersées, ni se chevaucher : elles seront étalées au mieux sur le plan horizontal pour que l'ensemble de la surface valvaire soit correctement observable). Un minimum d'individus par lame est à respecter, conforme à la version en vigueur de la norme IBD, à la date des analyses.
- l'archivage (le référencement des deux lames devra permettre une identification du prélèvement) ; chaque lame portera donc au minimum les informations suivantes :
 - o Code de la station
 - o le nom du cours d'eau
 - o le nom de la commune
 - o la date du prélèvement
 - o les coordonnées GPS du prélèvement

• **Détermination et description**

Le niveau de détermination des organismes récoltés sera conforme, *a minima*, à celui préconisé par les normes :

- **NF EN 14407 (2004-10-01)** : Qualité de l'eau - Guide pour l'identification et le dénombrement des échantillons de diatomées benthiques de rivières, et leur interprétation

L'identification des espèces sera réalisée à partir des flores européennes classiques (*Kryptogamen Flora*) et d'ouvrages récents dont celui sur les diatomées de

Madagascar (*Metzeltin & al, 2002*). Une détermination plus poussée est exigée car la microflore diatomique rencontrée est encore peu connue à Mayotte.

Ainsi, chaque lame sera balayée une première fois afin de photographier et de répertorier tous les taxons rencontrés. Après analyse des photographies, le comptage sera réalisé à partir des planches photographiques. Ce protocole sera suivi pour chaque station, pour être sûr de ne pas amalgamer des taxons proches.

Les taxons problématiques seront numérotés de la sorte :

- « Genre » sp1, sp2,..., sp n, lorsque le taxon a pu être identifié au genre
- « Indéterminé 1, 2,..., n, lorsque le taxon n'a pas pu être identifié de façon certaine, soit parce que les critères nécessaires n'étaient pas visibles en microscopie optique, soit parce que le genre nous était inconnu (non présent dans les flores).

Dans tous les inventaires, ces taxons non identifiés seront tracés avec le même numéro, ce qui permettra de mettre à jour les inventaires précédents en fonction des avancées floristiques et systématiques, par une modification automatique du nom dans OMNIDIA. Toutes ces espèces seront photographiées dans chaque station où elles seront présentes, afin de disposer de suffisamment de diatomées pour intégrer le polymorphisme parfois très important pour un même taxon.

Les comptages seront conformes à la version de la norme AFNOR en vigueur.

Pour chaque station, les résultats à remettre comprendront impérativement l'ensemble des pièces indiquées dans la norme NF T90.354 ainsi que les illustrations photographiques des stations d'étude.

L'analyse des résultats des indices autres que l'IBD, notamment l'abondance relative des taxons, indice de diversité, IPS, classes de Van Dam pourront être proposés comme aide à l'interprétation.

3.4. ESTIMATION DES COUTS DE SUIVI

3.4.1. Coûts pour le suivi du volet physico-chimique

Identification des postes de dépense

Les postes de dépense identifiés pour le suivi du réseau de surveillance des eaux superficielles continentales sont les suivants :

Gestion du projet	Déroulement du projet conformément aux objectifs et aux délais (assurance qualité) Préparation des campagnes (devis, organisation des campagnes, etc.) Coordination des différents intervenants et de la sous-traitance le cas échéant Participation aux réunions
-------------------	--

Prélèvement	Mise en œuvre technique des prélèvements Conditionnement et envoi des échantillons
Transport	Acheminement des échantillons de Mayotte jusqu'au laboratoire d'analyse
Analyse	Analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés et transmission des résultats au format EDILABO
Rédaction du rapport annuel	Rédaction d'un rapport annuel comprenant : - <i>le compte rendu des campagnes de prélèvement</i> - <i>l'analyse succincte des résultats</i> - <i>des recommandations pour la suite du suivi du réseau</i>

Illustration 21 : identification des postes de dépense pour le suivi des eaux superficielles continentales.

L'estimation des coûts de suivi de ces réseaux sont basés sur le programme proposé (Illustration 21). Les coûts affichés sont basés sur une maîtrise d'œuvre assurée par le BRGM et conformément aux tarifs usuels pour ce type de suivi. Le transport et l'analyse des échantillons d'eau seront sous-traités et ils sont par conséquent soumis à l'évolution des tarifications. Par exemple, le coût du fret aérien peut évoluer en fonction de la demande, du prix des carburants ou de tout autre ajustement imposé par les transitaires.

L'évaluation financière ci-dessous est donc indicative et elle n'engage en aucun cas le BRGM.

Détail des coûts du suivi des paramètres physico-chimiques

L'illustration 22 récapitule l'estimation des coûts pour une année de suivi des paramètres physico-chimiques généraux en se basant sur une maîtrise d'œuvre confiée au BRGM. Le coût annuel d'un suivi de routine s'approche de 47 100 € HT.

Postes	Type	Nombre	Prix unitaire (€ HT)	Sous-total (€ HT)
Gestion du projet	Ingénieur VCAT	7	531	3 717
Prélèvement	Ingénieur VCAT	6	531	3 186

	Consommable (véhicule, électrogène, carburant)			700
Transport	Sous-traitance			18 000
Analyse	Sous-traitance			20 000
Rédaction du rapport annuel	Ingénieur VCAT	2	531	1 062
	Ingénieur sénior	0,5	860	430
TOTAL				47 095

Illustration 22 : détail des coûts annuels pour le suivi des paramètres physico-chimiques.

Détail des coûts du suivi des substances de l'état chimique et des polluants spécifiques de l'état écologique

Ce type de suivi s'ajoute et complète le suivi annuel de la physico-chimie générale des cours d'eau. Il engendre donc un surcoût en termes d'échantillonnage, de transport et d'analyse.

Postes	Type	Nombre	Prix unitaire (€ HT)	Sous-total (€ HT)
Prélèvement	Ingénieur VCAT	6	531	3 186
	Consommable (véhicule, électrogène, carburant)			700
Transport	Sous-traitance			48 000
Analyse	Sous-traitance			103 680
TOTAL				155 566

Illustration 23 : détail des coûts annuels pour le suivi des micropolluants dans les cours d'eau.

Les coûts de transport et d'analyse présentés ci-dessus, très élevés, sont basés sur des devis obtenus ponctuellement auprès d'un panel de prestataires potentiels et des coûts de campagnes réalisées durant l'étude de définition.

3.4.2. Coûts pour les volets biologiques

L'illustration 24 détaille les coûts unitaires moyens par station pour un suivi annuel (1 campagne par année) :

	Coût unitaire par station
Poissons	2 800 €
Diatomées	1 200 €
Macro-invertébrés benthiques	1 800 €

Illustration 24 : estimation du coût de suivi des volets biologiques "cours d'eau" par stations.

Ce coût pour le suivi des réseaux à Mayotte revient, pour le réseau « a minima » retenu à :

	Coût campagne
Poissons (14 stations)	39 200 €
Diatomées (15 stations)	18 000 €
Macro-invertébrés benthiques (15 stations)	27 000 €
Total	84 200 €

Illustration 25 : estimation globale annuelle du coût de suivi des volets biologiques pour les "cours d'eau".

Cette estimation tient compte de toutes les préconisations de prélèvement, de détermination, de description des échantillons et de bancarisation des données précisées dans le présent rapport.

3.4.3. Synthèse des coûts sur le plan de gestion 2011-2015

Si l'intégralité de ces campagnes sont engagées sur le plan de gestion 2011-2015, le total s'élèvera à environ 967 600 € sur 5 années soit :

- pour le suivi biologique : 84 200 €/an sur 5 ans soit 421 000 € ;
- pour le suivi physico-chimique : 47 095 €/an sur 5 ans soit 235 475 € ;
- pour le suivi des micropolluants : 155 566€/an sur 2 ans soit 311 132 €

4. Masse d'eau côtières

4.1. INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de proposer, pour le district hydrographique de Mayotte, un réseau de surveillance de l'état chimique et de l'état écologique des masses d'eau côtière conforme à la réglementation en vigueur et adapté au contexte local.

Plusieurs rapports faisant état de ce travail ont déjà été produits :

- le rapport ARVAM, 2008, A345, rappelle sur quelles bases s'appuie le positionnement des stations, les références bibliographiques majeures et il détaille le déroulement de la campagne de terrain de novembre 2008 ;
- le rapport ARVAM, 2009, A364 qui fait état de l'avancement du projet et rend compte des campagnes en mer réalisées ;
- le rapport ARVAM, 2010, P287 fait état de la campagne en mer pour les volets macrofaune benthique et sédiments ;
- enfin, le rapport ARVAM, 2010, A364, conclut les travaux menés sur ces trois années en proposant un réseau de surveillance conforme au cadrage DCE.

Le présent rapport n'a pour but que de décrire les réseaux de suivi dans le cadre de leur mise en œuvre technique. Les rapports cités ci-dessus détaillent les travaux qui ont permis d'aboutir aux réseaux proposés.

4.2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX

4.2.1. Programme

Cette définition d'un réseau de contrôle de surveillance (RCS) au titre de la DCE a été menée sur une durée de 3 ans (2008-2010) :

- la première année a été consacrée à la consolidation de l'état des lieux et a permis l'acquisition d'un premier jeu de donnée complémentaire,
- la deuxième et troisième année d'étude ont permis de définir les premières bases du réseau de contrôle de surveillance. En parallèle, des acquisitions de données complémentaires (absentes à Mayotte) et en adéquation avec les exigences de la DCE ont été entreprises.

La mission de l'ARVAM a été double : d'une part organiser la définition du réseau entre les différents intervenants de compétences variées (biologie, chimie et hydromorphologie) et, d'autre part, tester la mise en œuvre des collectes d'une partie des éléments qualités réseaux intégrant les paramètres physico-chimiques, chimiques,

sédimentaires et biologiques (compétences que l'ARVAM met en œuvre depuis 2002 pour les réseaux de surveillance à La Réunion pour le compte de la DIREN).

La définition des réseaux s'est appuyée sur la consolidation de l'état des lieux réalisée pour le SDAGE (ASCONIT/PARETO, 2008). Dans un premier temps de nombreuses données indispensables pour la bonne réalisation de l'exercice ont été bancarisées en particulier les éléments qualités retenus au titre de la DCE physicochimie (septembre 1997, Thomassin et al.), sédimentologie (études d'impact et études ponctuels), etc. Ainsi bancarisées, les données participent à l'analyse pour la définition des réseaux et leurs évolutions futures.

Cette première définition des programmes de contrôle pourra être modifiée durant la période couverte par le plan de gestion du district hydrographique, notamment pour permettre une réduction de la fréquence des contrôles lorsqu'une incidence se révèle non significative ou que la pression en cause est éliminée.

Le choix des points DCE s'est appuyé de façon prioritaire sur les réseaux locaux existants sous réserve que les points en question répondent aux exigences de la DCE.

En parallèle et par anticipation à la mise en place des réseaux, plusieurs campagnes de prélèvement en lagon ont permis l'acquisition de données actualisées pour les compartiments eau et sédiments. Le volet contamination chimique a été abordé avec des outils en voie de développement, les échantillonneurs passifs. La finalité de ces outils est de pouvoir fournir une évaluation de la contamination des masses d'eau fiable, rapide et à moindre coût. Ils fournissent directement des concentrations de contaminants sous forme "dissoute" opérationnellement définies, ce qui est l'une des demandes fixées par la DCE, et peuvent être utilisés pour les eaux souterraines et les eaux de surface (continentales et marines). Cette technique a été testée en 2008-2009 à la Réunion et à Mayotte en collaboration avec Ifremer Toulon, le Cedre et le LPTC de l'Université de Bordeaux.

Les macroinvertébrés benthiques associés aux sédiments peuvent constituer un excellent indicateur de l'état général du milieu et peuvent permettre d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropogénique qui s'exercent sur ces masses d'eau. L'évaluation de cet indicateur est en cours et fera l'objet d'un rapport spécifique en collaboration avec l'Université de la Réunion et le laboratoire ARAGO de Perpignan.

4.2.2. Bancarisation et cartographie

Les données relatives à l'état des lieux ainsi que celles récoltées depuis 2008 dans le cadre des études pilote ont été bancarisées et cartographiées sur SIG. Seules les études intéressantes vis à vis de la DCE et disponibles ont été référencées et prises en compte dans cet exercice (cf. ARVAM, 2010, A365, Tome 2).

4.2.3. Suivi hydrologique

Deux campagnes de suivi des paramètres hydrologiques ont été menées en octobre 2008 et en avril 2009 sous l'égide de l'ARVAM avec le partenariat des bureaux d'études mahorais Lagonia et APNEE. Les paramètres mesurés sont les suivants :

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 ⁻¹	< 0,02 ml.l ⁻¹	5 %
Turbidité	ARVAM	NF EN 27027	FSU	0,01 FSU	5%
Azote ammoniacal	ARVAM	NF T 90-15 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l ⁻¹	0,02 µmol.l ⁻¹	5%
Phosphate	ARVAM	NF EN 1189 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l ⁻¹	0,02 µmol.l ⁻¹	0,05 µmol.l ⁻¹
Silicate	Lab Rouen	ISO 16264 modifiée RNO-CNEXO	µmol.l ⁻¹	0,14 µmol.l ⁻¹	5%
Nitrates	Lab Rouen	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	µmol.l ⁻¹	0,08 µmol.l ⁻¹	5%
Nitrites	Lab Rouen	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	µmol.l ⁻¹	0,04 µmol.l ⁻¹	11%
Chlorophylle a	ARVAM	Fluorimétrie (Aminot Kerouel 2004)	mg/m ³		

Illustration 26 : paramètres et méthodes pour le suivi hydrologique des eaux marines.

Afin de mettre en avant d'éventuelles particularités de certaines masses d'eau ou type de masse d'eau une Analyse en Composante Principale (ACP) en fonction des paramètres mesurés a été réalisée pour :

- les données hydrologiques de fin de saison sèche (novembre 2009) ;
- les données hydrologiques de fin de saison humide (avril 2010).

A partir des résultats obtenus au travers de l'ACP, il a été réalisé un test permettant de caractériser les différences significatives entre les saisons (par type de masse d'eau).

Cette analyse montre :

- des valeurs en MES supérieures en saison humides pour l'ensemble des types de masse d'eau ;
- des valeurs en turbidité, chlorophylle et ammonium et silice supérieures en saison humides pour certains types de masses d'eau

- des valeurs en nitrite supérieures en saison sèche pour l'ensemble des types de masse d'eau.

4.2.4. Résultats du suivi pilote chimie – échantillonneurs passifs

Dans l'environnement marin, la majorité des contaminants (métalliques ou organiques) sont présents à l'état de traces. Le suivi de leur devenir et leur surveillance implique l'utilisation de techniques d'échantillonnage "ultra-propres" et d'analyse complexes qui vont donner une image ponctuelle de la contamination du milieu.

L'utilisation d'échantillonneurs passifs permet, pour certains composés, de les extraire et de les concentrer in situ réduisant ainsi une partie des difficultés, et du coût, liées à l'analyse des contaminants à l'état de traces (conditionnement du matériel nécessaire, échantillonnage, filtration et traitement de l'échantillon avant analyse, contaminations possibles lors de ces différentes opérations).

Les concentrations mesurées grâce à ces dispositifs sont représentatives de la concentration dans l'eau du contaminant sous forme "dissoute", concentration plus ou moins intégrée dans le temps en fonction du temps de séjour des échantillonneurs.

Trois types d'échantillonneurs passifs SBSE, POCIS et DGT ont été disposés sur 7 stations en avril 2010. L'analyse des éléments captés par cette méthode montre que :

- les teneurs en métaux mesurées sont inférieures aux NQE-MA ;
- de fortes concentrations en BisPhénol-A (BPA) ont été détectées en baie de Boueni ;
- certains composés hydrocarbures dépassent les NQE sur toutes les stations ;
- les concentrations en endosulfan sont supérieures aux NQE sur toutes les stations en particulier face à la STEP de Mamoudzou ;
- la somme des isomères de l'hexachlorocyclohexane (lindane, alpha et beta BHC) est supérieure au NQE-MA (10 ng/l) dans la baie de Boueni.

4.2.5. Résultats du suivi pilote sédiments

Campagne pour le suivi des paramètres généraux

Une campagne de prélèvement de sédiments réalisée à la benne Van Veen a été menée en octobre 2008 conformément aux préconisations du RNO-Sed « recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – Volume 1 », IFREMER, nov. 2005. Une seconde campagne complémentaire de prélèvement de sédiment pour l'analyse chimique et de la faune endogée a été réalisée en mai 2010. Les paramètres et méthodes d'analyse sont les suivants :

Paramètres	Prestataire	Méthodes	Unité	Seuils de quantification
Granulométrie	Lab Rouen	Laser NF ISO 13320-1	%<	-
Azote Kjeldahl	Lab Rouen	NF ISO 11261	%m/m	0,05 %m/m
Phosphore Total	Lab Rouen	NF EN ISO 6878 mod	mg/kg	100 mg/kg
Matières sèches	Lab Rouen	NF ISO 11465	%m/m	0,01 %m/m
Carbonates	Lab Rouen	NF ISO 10693 mod	%CO ₃	0,10 %CO ₃
Carbone organique	Lab Rouen	NF ISO 14235	% m/m	0,10 %m/m

Illustration 27 : paramètres et méthodes d'analyse pour les prélèvements de sédiments marins.

Afin de mettre en avant d'éventuelles particularités de certaines masses d'eau ou type de masse d'eau une Analyse en Composante Principale en fonction des paramètres mesurés a été réalisée pour les données de sédiment. Cette analyse a semblé pertinente pour discriminer les sédiments de la baie de Bouéni mais il s'est, en revanche, avéré impossible de discriminer les autres types de masse d'eau (côtières et lagunaires).

Compte tenu de l'importance du paramètre des apports terrigènes dans le contexte du lagon de Mayotte, le pourcentage de particules fines (<63µm) a été pris en considération lors de la délimitation des masses d'eau côtières. Ainsi dans le schéma actuel, sur un même secteur les masses d'eau côtières et lagunaires sont séparées par la limite des 30% de particules fines.

L'analyse des données granulométriques recueillies lors de la campagne 2008 met en évidence de légères modifications dans la distribution des particules fines dans le lagon de Mayotte. Sur la base de ces premiers résultats :

- le positionnement de la limite des 30% de fines est confirmé pour 66% des stations et seules 5 stations présentent un accroissement de la part de fines ;
- les stations lagunaires situées face à la Baie de Boueni et au Nord de la Passe en S sont les secteurs les plus touchés et les limites entre les masses FMRC04- FMRC05 et FRMC12-FRMC13 seraient à reconsidérer.

Les résultats sont consignés dans le rapport prévu pour juin 2011.

4.2.6. Conclusions

Mise en œuvre technique

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée à Mayotte dans la mise en œuvre du programme d'étude élaboré en 2008. Cependant, la réalisation de campagne de prélèvements et de mesures en milieu tropical insulaire doit tenir compte du contexte local, qu'il s'agisse :

- des conditions de mer (houle, marée, courant,...) qui influent sur le milieu à investiguer comme sur la difficulté de la mesure ou du prélèvement ;
- de la bathymétrie des sites (lagune, lagon, récifs, haute mer) qui impose l'utilisation de moyens à la mer adéquats ;
- des conséquences du climat (température, luminosité, humidité) sur les échantillons imposant la mise en place de techniques adaptées pour les conserver.

Intérêt des échantillonneurs passifs

Cette étude pilote à Mayotte a donc clairement permis de mettre en évidence que l'échantillonnage passif peut permettre d'améliorer la qualité et le coût de la surveillance chimique des masses d'eau, notamment pour les sites hors métropole.

L'acquisition des mêmes données par des techniques "classiques" (ce qui n'est pas toujours possible, voir par exemple les composés détectés grâce à la technique POCIS) nécessite des opérations d'échantillonnage plus complexes et un traitement lourd de l'échantillon pour concentrer et purifier les composés. Cela implique une consommation importante de matériel (réactifs, filtres, consommable...) et de temps d'un personnel spécialisé. En diminuant de façon importante le temps lié aux étapes de terrain et de traitement des échantillons, l'échantillonnage passif permet de réduire les budgets nécessaires pour les analyses, tout en améliorant les limites de détection des substances recherchées.

De plus, ces techniques sont mises en place rapidement et utilisées par du personnel local préalablement formé. Les opérations de terrain et de conditionnement pour envoi sur la Réunion pouvant être maîtrisées localement, l'usage des échantillonneurs passifs semble donc à recommander dans le cadre d'opérations de type réseau de surveillance ou réseau opérationnel.

Il convient néanmoins de rappeler que :

- la technique SBSE suppose un prélèvement à un instant t et permet d'analyser des composés organiques ayant un $\log K_{ow}$ compris entre 4 et 8 (hydrophobes) ;

- la technique POCIS permet un échantillonnage sur une période de 3 semaines et permet d'analyser des composés organiques ayant un $\log K_{ow}$ compris entre 1 et 4 (hydrophiles) ;
- la technique DGT permet un échantillonnage sur une période de 2 jours et permet d'analyser des métaux.

Un guide d'utilisation des techniques d'échantillonnage passif (DGT, POCIS et SBSE) est en cours de finalisation par l'IFREMER.

Ce guide traite du matériel nécessaire, de la mise en place (stockage avant exposition puis préparation des lignes de mouillage, préparation de la sortie en mer jusqu'à la mise en œuvre des différents outils sur le point de prélèvement), de la récupération des différents outils et de leur conditionnement vers les laboratoires d'analyse.

Il est à noter qu'une étude pilote similaire a été menée à la Réunion en 2008. Le groupe "DCE Chimie Réunion" a mené en mars 2010 une première réflexion sur la définition des réseaux DCE à La Réunion. Au vu des données obtenues dans le cadre des premières campagnes échantillonneurs passifs à la Réunion, les techniques DGT, SBSE et POCIS sont proposées, conjointement au biote, comme outils de base pour les réseaux de suivi pérennes (contrôle de surveillance et contrôle opérationnel).

4.3. PROPOSITION D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX COTIERES

4.3.1. Organisation du suivi

La présente proposition pour la mise en oeuvre des réseaux DCE s'inscrit dans la continuité de ses travaux en tenant compte des obligations réglementaires qu'impose la Directive.

Fort de l'expérience actuelle, les principes de base qui ont permis de définir la première proposition du contrôle de surveillance ont été les suivants :

- définir le contrôle de surveillance en co-construction technique sur les réseaux actuels en les faisant évoluer si besoin,
- s'appuyer sur le concept « des champs proches, moyens et lointain » pour définir la stratégie spatiale,
- acquérir rapidement les données et des informations pour respecter le calendrier et pour capitaliser de la connaissance avant la fin du plan de gestion (2015),
- admettre que la première année comporte des manques (molécules, macroalgues, phanérogames, bancarisation, ...) mais engager simultanément les travaux ad'hoc pour les combler et préparer l'évolution du réseau.

Conformément à la circulaire MEDAD DCE 2007/20, plusieurs indicateurs de qualité sont retenus. D'autres, spécifiques de milieu tropical, sont à considérer, comme le benthos de substrat dur que sont les coraux en particulier.

- **Des descripteurs chimiques:**

- les substances prioritaires (métaux, contaminants organiques hydrophobes et hydrophiles) retenues dans les annexes IX et X de la DCE ;
- les paramètres généraux de la colonne d'eau, tels que la température, la turbidité, la salinité, l'oxygène dissous et les nutriments.

- **Des descripteurs biologiques :**

- le phytoplancton,
- la macrofaune benthique de substrat meuble,
- la macrofaune benthique de substrat dur.

Des paramètres d'appui (tels que l'hydrologie, la granulométrie ou la teneur en matière organique dans les sédiments, ...) seront analysés en parallèle. L'hydrologie intervient de manière transversale dans l'aide à l'interprétation de résultats de plusieurs indicateurs de qualité et fait donc l'objet d'un chapitre à part entière.

La température, fait l'objet d'un suivi particulier. Son impact sur les biocénoses coralliennes peut être dramatique (crises de blanchissement) dont Mayotte n'est pas épargné.

4.3.2. Points de surveillance

Il est proposé de retenir pour ce réseau de contrôle de surveillance un set de 17 stations soit 1 station par masse d'eau.

N°	Longitude Est	Latitude Sud	Profondeur de sonde (m)
1	45,2686	-12,7811	2
2	45,2598	-12,7661	19
3	45,2787	-12,7526	10
4	45,1924	-12,7172	36
6	45,1949	-12,6828	23
9	45,0567	-12,6892	50
10	44,9995	-12,6761	49
12	45,0754	-12,799	49
13	45,0227	-12,8284	51
17	45,132	-12,9163	17
18	45,1291	-13,0383	28
19	45,1253	-13,0031	31
20	45,1885	-12,9345	31
21	45,2094	-12,9399	24
24	45,2344	-12,8258	34
26	45,2514	-12,8685	26
28	44,9712	-12,7821	>100

Illustration 28 : liste des 17 stations pour le suivi des masses d'eau côtières ; coordonnées en WGS84 (degrés décimaux).:

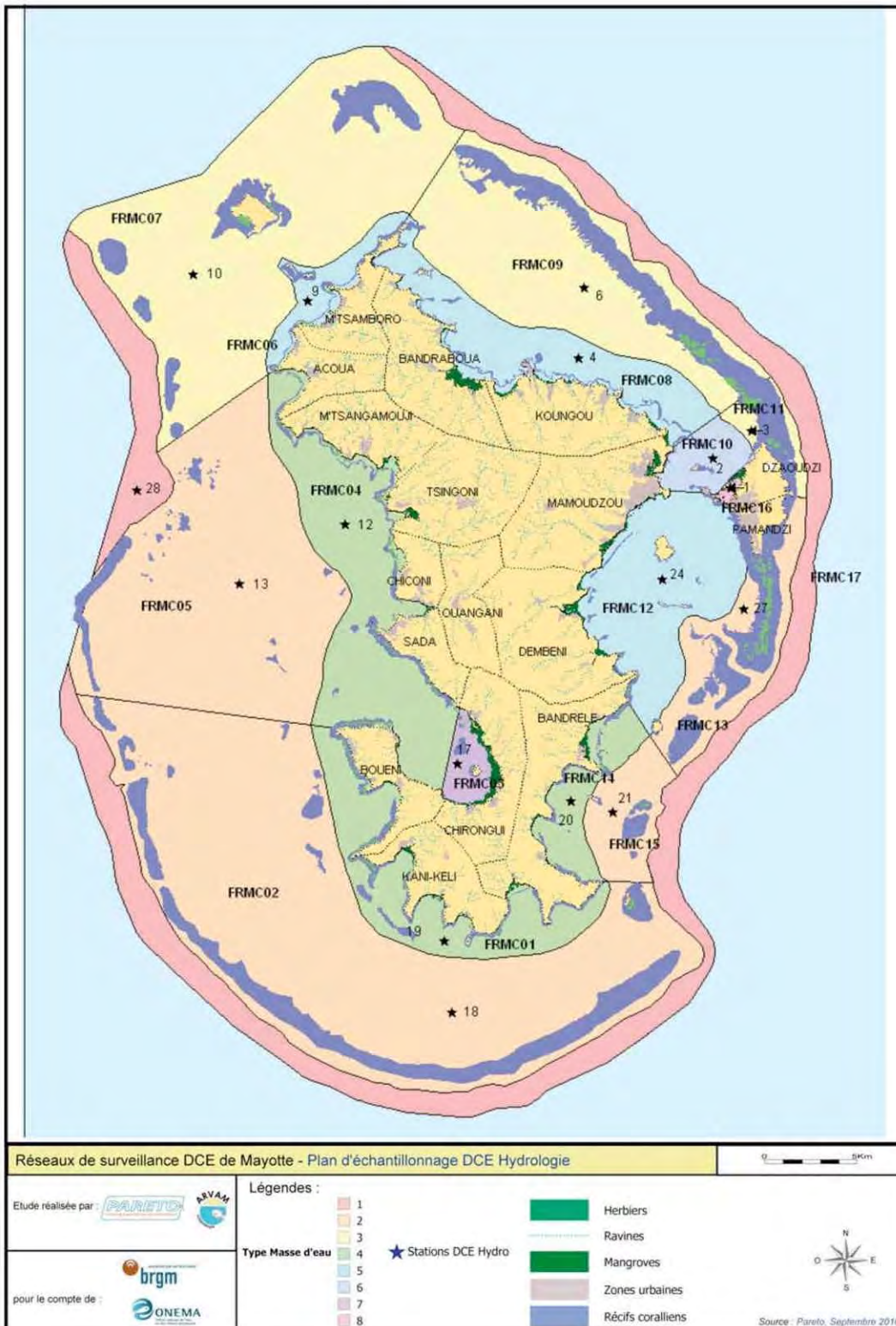


Illustration 29 : carte de localisation des stations du réseau de contrôle de surveillance des eaux côtières.

4.3.3. Température

Généralités

Le suivi de la température (en sub surface) est obligatoire. L'indicateur développé en métropole repose sur la définition d'une « enveloppe » sinusoïdale annuelle de température correspondant à 3 fois l'intervalle interquartile.

La masse d'eau est considérée comme étant en mauvais état si 5% des valeurs obtenues sur le plan de gestion sortent de cette enveloppe de référence (cet indicateur ne comprend donc que 2 classes de qualité : bon ou mauvais).

Fréquences et périodes

Les mesures seront effectuées de manière continue sur toute l'année, sans interruption sur l'ensemble de la période de gestion.

Méthodologie de mise en œuvre

Des sondes de mesure automatique sont classiquement utilisées pour ce paramètre.

Deux sondes sont posées par station, et relevées deux fois par an. D'autres récupérations peuvent être entreprises si le besoin en données est justifié (crise de blanchissement, ...).

Un minimum de deux stations est préconisé pour de l'acquisition standard. Une en zone côtière (pente externe du récif frangeant), une en zone lagunaire (pente externe du récif barrière).

Il est fortement recommandé d'ajouter une troisième sonde sur un récif interne (récif de La Surprise) où une série de données de température existe déjà.

Dans le cadre du réseau de suivi de la température existant (DAF), trois sondes sont déjà posées (récif frangeant, interne et barrière) et pourraient alors être les stations de mesures dans le cadre du suivi DCE.

De plus, bien que cela soit en dehors des limites spatiales de la DCE (limite de 1 mille après les lignes de bases droites), il serait pertinent de placer une sonde soit sur un Dispositif de Concentration de Poissons (DCP, situé à plusieurs milles au large des lignes de bases droites), soit sur un banc corallien éloigné (comme le récif de la Zélée) afin de disposer d'un bruit de fond et de mieux cerner les anomalies locales de température.

Méthode pour l'analyse

La méthode dite "de l'anomalie hebdomadaire de température" ou "Degree Heating Week"(DHW) apparaît aujourd'hui comme la plus pertinente (Nicet et Turquet, 2004). Se reporter au rapport ARVAM (2010) A364 pour la présentation de la méthode.

Métrique et grilles

La métrique potentielle pour la température serait le DHW (calculé à partir de la température critique : 29,1°C à Mayotte en l'état actuel du traitement des données). Concernant cet indicateur il est important de se rapprocher de l'ONERC₁₂ (Observatoire National sur les Effets du Changement climatique) qui a en charge la collecte des différents indicateurs liés au changement climatique.

- **Seuil de blanchissement**

Selon l'analyse statistique de la NOAA, un blanchissement massif de corail apparaît pour une valeur seuil de DHW de l'ordre de 4 à 10.

- **Grille de lecture actuelle**

DHW < 4 :	pas de signes de blanchissement.
4 < DHW < 8 :	blanchissement significatif.
DHW > 8 :	blanchissement massif, suivis des mortalités coralliennes

Illustration 30 : grille de lecture pour le suivi de la température.

Bancarisation

A développer suite à la mise en place de l'action (en collaboration avec l'ONERC).

4.3.4. Chimie – contaminants

Généralités

Le contrôle de surveillance doit intégrer des descripteurs chimiques comme les substances prioritaires (métaux, contaminants organiques hydrophobes et hydrophiles) retenues dans les annexes IX et X de la DCE. L'état chimique, ne peut prendre que deux valeurs, bon ou mauvais, et est évalué par rapport à des valeurs seuils (les NQE : Normes de Qualité Environnementales), fixées pour chaque substances prioritaires retenues.

Les principales conclusions de l'opération à Mayotte montrent que la méthode des **échantillonneurs passifs** :

- permet de **suivre une grande majorité des substances retenues**, y compris les substances hydrophobes,
- améliore la **qualité** des données produites (abaissement des seuils de détection pour nombre de molécules),
- simplifie la **mise en œuvre et donc abaisse les coûts** de la surveillance.

L'arrêté du 25 janvier 2010 relatif à l'établissement du programme de surveillance définit pour des analyses classiques d'eau brute la nécessité d'une campagne par plan de gestion à raison d'un suivi mensuel des substances de l'état chimique et trimestriel des polluants spécifiques de l'état écologique. Pour Mayotte, il est proposé de recourir aux échantillonneurs passifs pour les raisons décrites ci-dessus et, dans le même temps, de modifier les fréquences (voir ci-dessous, § Fréquences et période).

Paramètres et matrices

Pour les 41 substances les stratégies de surveillance peuvent être adaptées en fonction du Kow de la substance considérée (coefficient de partage octanol/eau). La classification présentée ci-dessous spécifie la matrice de surveillance en fonction de la valeur du Kow (Marchand et James, 2006) :

- substances organiques hydrophiles (Log Kow < 3) → matrice eau ;
- substances organiques intermédiaires (Log Kow : 3 – 5) → matrices eau, sédiment, biote ;
- substances organiques hydrophobes (Log Kow > 5) → matrices sédiment, biote.

Cependant avec le développement très récent des techniques d'échantillonnage passif, des substances avec un Log de Kow > 5 peuvent être mesurées dans l'eau. Ces techniques en développement ne permettent pas de figer une liste à ce jour. Les listes des annexes X et XI ainsi que les substances complémentaires, sont présentées dans l'illustration 31, avec leur log de Kow.

Annexe X Annexe IX	SUBSTANCE	Log Kow
1	Alachlore	2,8
2	Anthracène	4,4
3	Atrazine	2,8
4	Benzène	2,1
5	Pentabromodiphényléther PBDE	6,8
6	Cadmium	-
7	C10-13 Chloroalcanes	4.4 - 6.7
8	Chlorfenvinphos	4,1
9	Chlorpyrifos / Ethylchlorpyrifos	4,7
10	1,2 Dichloroéthane	1,4
11	Dichlorométhane	1,2
12	Di(2éthylhexyl)phtalate DEHP	7,5
13	Diuron	2,7
14	Endosulfan	4,7 (α)
15	Fluoranthène	5,3
16	Hexachlorobenzène	5,5
17	Hexachlorobutadiène	4, 8
18	Hexachlorocyclohexane α β γ δ	3,7
19	Isoproturon	2,5
20	Plomb	-
21	Mercure et MeHg	-
22	Naphtalène	3,7
23	Nickel	-
24	Nonylphénol (4-nonylphénol)	4,5
25	Octylphénol (4-(1,1',3,3'-tétraméthylbutyl)-phénol)	3-5
26	Pentachlorobenzène	5,2
27	Pentachlorophénol	5
28	Hydrocarbures aromatiques	-
28	Benzo(a)Pyrène	6
28	Benzo(b)Fluoranthène	6,1
28	Benzo(g,h,i)Pérylène	7,1
28	Benzo(k)Fluoranthène	6,8
28	Indéno(1,2,3cd)Pyrène	6,6
29	Simazine	2,2
30	Tributylétain-cation	3,5
31	Trichlorobenzène	4
32	Trichlorométhane(chloroforme)	2
33	Trifuraline	5,3
6 bis	Tétrachlorure de carbone	5,4
9 bis	Aldrine	5,2
9 bis	Dieldrine	6,5
9 bis	Endrine	5,2
9 bis	Isodrine	6,91
9 ter	Total DDT, Para para DDT	5,5 – 6,1
29 bis	Tétrachloroéthylène	2,7
29 ter	Trichloroéthylène	2,4

Illustration 31 : liste des paramètres du suivi de l'état chimique des masses d'eau côtières.

Trois stratégies sont proposées pour le réseau de contrôle de surveillance. Elles sont fonctions de la matrice de surveillance et des molécules à suivre :

1. La mesure dans l'**eau**, est privilégiée au travers de l'utilisation des échantillonneurs passifs. Les substances à suivre dépendent essentiellement des capacités actuelles des laboratoires d'analyses.

2. Les **sédiments** sont suivis dans le cadre du paramètre biologiques « invertébrés de substrat meuble ». Les substances à mesurer suivent les préconisations européennes (25% des sites pour la totalité des substances). Cependant en l'absence de données historique et de stratégie bien défini pour les DOM dans le choix des molécules, il peut être préconisé de réaliser au moins une fois l'ensemble des molécules sur toutes les masses d'eau.

3. Le **biote** avec les huitres médiolittorales (*Saccostrea cucullata*), pour toutes les eaux côtières de Mayotte. Comme pour les sédiments, les substances à mesurer suivent les préconisations européennes (25% des sites pour la totalité des substances). Cependant, en l'absence de données historique et de stratégie bien défini pour les DOM dans le choix des molécules, il peut être préconisé de réaliser au moins une fois l'ensemble des molécules sur tous les points de mesure. Une étude de R&D spécifique sur la définition d'un biomonitorage actif devrait être réalisé pour étendre la stratégie d'échantillonnage aux masses d'eau orphelines.

Fréquences et périodes

Pour la mesure dans l'eau :

- pour les SBSE, technique à réaliser en même temps que le RHLM (réseau Hydrologique du Littoral Mahorais), soit 2 fois par an, 2 campagnes par plan de gestion.
- pour DGT et POCIS, 1 fois par an, 2 fois par plan de gestion, sur toute les masses d'eau. La saison des pluies est à privilégier.

Pour les sédiments, un suivi en parallèle de l'élément qualité « Invertébré de substrat meuble », soit deux fois par plan de gestion. Cette fréquence est similaire à celle de la métropole.

Pour le biote, suivi une fois par an sur un plan de gestion.

Méthodologie de mise en œuvre

Pour l'eau, trois types d'échantillonneurs passifs seront utilisés.

Pour la chimie dans les sédiments et le biote, tous les prélèvements et les conditionnements des échantillons seront effectués conformément aux

recommandations techniques préconisées par Munsch *et al.*, (2004). Une attention particulière doit être portée sur le transport des échantillons du lieu de prélèvement au laboratoire. La lyophilisation est un procédé qui stabilise nombre de paramètres et permet ce transfert à la température ambiante et à l'abri de la lumière.

Méthodes pour l'analyse

Les méthodes d'analyses devront être celles d'usage par les laboratoires accrédités pour ces paramètres, dans les matrices correspondantes. Certaines méthodes sont spécifiques du milieu marin.

Les concentrations maximales admissibles sont celles préconisées par la DCE.

Bancarisation

La bancarisation devra être réalisée dans QUADRIGE2.

4.3.5. Phytoplancton et physico-chimie

Généralités

Dans la Directive Cadre pour l'Eau (DCE), les éléments de qualité pour la classification de l'état écologique comprennent, dans le groupe des paramètres biologiques à évaluer dans les eaux côtières : la composition, l'abondance et la biomasse du phytoplancton.

Les paramètres hydrologiques de base, soit la température, la salinité, la turbidité et l'oxygène dissous, sont à considérer comme des aides à l'interprétation des données biologiques. A ce jour, ils ne font donc pas l'objet d'indicateurs, à l'exception de l'oxygène dissous. Les apports en nutriments sont considérés comme une pression sur le milieu, il est donc utile d'en effectuer une surveillance. Leurs mesures seront pertinentes dans les contrôles opérationnels.

L'indicateur nutriment est complexe à mettre à place. Le lien entre enrichissement en nutriment et eutrophisation en zone côtière est difficile à établir du fait de (i) l'existence d'un déphasage temporel, (ii) l'hydrodynamisme de la zone, (iii) la concentration en MES, (iv) la nature du sédiment, (v) la relation salinité – nutriments, (vi) la limitation de la croissance phytoplanctonique.

Au niveau national, les indicateurs phytoplancton, oxygène dissous, température sont définis ; ils sont en cours pour les nutriments. Ainsi l'indicateur oxygène est directement transposable aux DOM, par contre les indicateurs liés au phytoplancton (la température et les nutriments) seront à reconsidérer.

Les recommandations proposées pour l'échantillonnage de l'ensemble des paramètres (phytoplancton, hydrologie) sont fonction de l'absence de réseau existant, du niveau de

connaissance actuel dans ces compartiments dans chaque masse d'eau littorale, de l'absence d'équipement de mesure et de laboratoire et d'analyse spécialisé sur place. Au niveau national, ce réseau s'appelle RHL, réseau Hydrologique Littoral. Dans le cas de Mayotte il est proposé la dénomination **RHLM, Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais**.

Paramètres

Pour le phytoplancton, les indices suivis en métropole sont :

- la biomasse, par la mesure de la chlorophylle-a,
- l'abondance, dénombrements floristiques et blooms de phytoplancton toutes espèces confondues. Dans les lagunes méditerranéennes, l'abondance est suivie au travers des concentrations en nano et pico-phytoplancton,
- la composition, par la présence de blooms d'espèces nuisibles du phytoplancton.

En l'absence de réseau dédié et de données historiques (le Rephy est opérationnel depuis 1984 en métropole), certains indices sont préconisés afin d'acquérir de la donnée et ainsi statuer à moyen terme de leur pertinence.

- La biomasse sera suivie par la mesure de la chlorophylle et la phéophytine (produit de dégradation de la chlorophylle). Ces composés sont assez simples à doser.
- L'abondance sera suivie par dénombrement floristique.
- Le suivi de la composition reste à évaluer, en fonction de la connaissance sur les espèces potentiellement nuisibles.

Les paramètres hydrologiques suivants sont listés dans la DCE : température, salinité, transparence (turbidité), oxygène dissous, Nutriments (ammonium, nitrate+nitrite, phosphate et silicate).

Fréquences et périodes

En l'absence de données de saisonnalités, deux campagnes sont préconisées, une en fin de saison sèche (octobre – novembre) et l'autre en fin de saison humide (mars-avril). En l'absence de données historiques (série temporelle longue), l'échantillonnage doit s'effectuer tous les ans, sans interruption sur la période de gestion.

Afin de statuer sur les périodes les plus favorables aux mesures, un suivi mensuel sur quelques stations serait à mettre en place.

Méthodologie de mise en œuvre

Les prélèvements d'eau sont effectués en sub-surface (0-1m).

Pour les eaux côtières et lagunaires, de préférence dans la matinée ou en milieu de journée, à marée descendante.

Pour les eaux lagunaires uniquement, les contraintes logistiques peuvent justifier de prélèvements dans l'après midi et en marée montante.

Pour éviter les risques de contamination de l'échantillon par la pellicule de surface de l'eau, par les mains de l'opérateur, l'eau sera prélevée à l'aide d'une bouteille à prélèvement.

Les différents flacons nécessaires à l'ensemble des analyses prévues seront remplis à partir de la bouteille à prélèvement. Sur le matériel et les conditions de prélèvement, on se reportera aux recommandations de AMINOT et KEROUEL (2004, 2007).

Une attention particulière doit être apportée au conditionnement et au stockage des échantillons avant transport vers le laboratoire d'analyse.

Méthode pour l'analyse

Les méthodes d'analyses doivent suivre les préconisations d'Aminot et Kerouel 2004 et 2007. Certains paramètres pourront faire l'objet de mesures in situ sous réserve d'une métrologie et d'une assurance qualité appropriées.

Dans le cas où les analyses, ou une partie de celles-ci, sont confiées à un laboratoire accrédité, les éléments qui suivent devraient être déjà intégrés aux pratiques habituelles du laboratoire. Si ce n'est pas le cas, l'attention du maître d'œuvre du programme de surveillance devra porter plus particulièrement sur les points suivants :

- existence (et respect) de protocoles écrits,
- utilisation régulière de matériaux de référence certifiés (étalons internes à défaut), cette pratique permet de s'assurer de la validité des résultats obtenus et d'intervenir rapidement en cas de dérive constatée par le laboratoire lui-même.
- participation du laboratoire à des exercices d'intercalibration spécifique pour le milieu marin, si possible nationaux pilotés par Ifremer.

Paramètre	Méthodes	Unité	Seuil de détection
Température	Sonde <i>in situ</i>	°C	0,1°C
Salinité	Sonde <i>in situ</i> ou salinomètre	PSU	0,01 PSU
Oxygène dissous	Sonde <i>in situ</i> ou méthode Winkler	mg.l ⁻¹	0,01 mg.l ⁻¹
Turbidité	NF EN 27027	FNU	0,01 FNU
Azote ammoniacal	NF T 90-15 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l ⁻¹	0,02 µmol.l ⁻¹
Phosphate	NF EN 1189 modifié Aminot et Kérouel, 2004	µmol.l ⁻¹	0,02 µmol.l ⁻¹
Silicate	ISO 16264 modifié Aminot et Kérouel, 2007	µmol.l ⁻¹	0,14 µmol.l ⁻¹
Nitrates	NF EN ISO 13395 modifié Aminot et Kérouel, 2007	µmol.l ⁻¹	0,08 µmol.l ⁻¹
Nitrites	NF EN ISO 13395 modifié Aminot et Kérouel, 2007	µmol.l ⁻¹	0,04 µmol.l ⁻¹
Chlorophylle a et Phéophytine	Fluorimétrie Aminot et Kérouel, 2004	µg l ⁻¹	0,02 µg l ⁻¹

Illustration 32 : paramètres et méthodes pour le suivi physico-chimique des eaux côtières.

Métriques

A ce jour, seule la grille nationale pour l'oxygène est transposable.

Percentile 10 oxygène dissous (mg/L)	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Masse d'eau côtières	> 5,0	3 - 5	2 - 3	1 - 2	< 1

Illustration 33 : grille nationale pour l'évaluation de l'oxygène dissous dans les eaux côtières.

Bancarisation

Le stockage de la donnée validée devra se faire dans la base de données Quadrigé2 coordonnée par Ifremer. Le référentiel Hydrologie est en cours de validation (Daniel et Gauthier, 2009)

4.3.6. Invertébrés de substrat meuble

Généralités

Les sédiments meubles sont largement représentés dans le lagon de Mayotte. L'importance des sédiments dans le lagon est communément admise, les limites entre eaux côtières et eaux lagunaires sont basées sur les fines terrigènes (30% de la fraction < 63 µm). Historiquement les travaux les plus complets sont de Gout et Thomassin (1986) et Gout, (1991) sont les plus anciens, puis Kouyoumontzakis *et al.*, 1991, Raunet en 1992 et Marty 1993.

Les sédiments sont fortement représentés en zone côtière. Les biocénoses associées sont soumises à diverses pressions anthropiques (aménagement des littoraux, eutrophisation, contamination chimique des sédiments, ...) et peuvent exprimer une sensibilité à la contamination ou à l'excès de matière organique (indicateur de la qualité).

Leur suivi s'impose du fait de leur représentativité, leur sensibilité, mais aussi par (i) l'existence de plusieurs indices, basés sur les caractéristiques des communautés (qui font déjà l'objet d'intercomparaisons dans le cadre de la DCE au niveau communautaire), (ii) des protocoles de surveillance déjà bien établis et standardisés à l'échelle internationale (Norme ISO 16 665) et au niveau national pour la DCE (Guillaumont et Gauthier, 2005).

Cependant aucune donnée historique n'existe sur Mayotte, ainsi il est difficile de présager les réactions des biocénoses aux perturbations et ainsi de définir facilement un état de référence. Il est donc préconisé de mettre en place le réseau de suivi Benthos de Substrat Meuble et de l'associer systématiquement à des mesures des caractéristiques et de la contamination des sédiments associés.

Paramètres

Pour le benthos de substrat meuble :

- dénombrement de chaque taxon par prélèvement ;
- biomasse spécifique par station.

Pour les caractéristiques physico-chimiques des sédiments associés :

- distribution granulométrique ;
- azote et phosphore total ;
- carbone organique total ;
- les contaminants de la Directive (cf. § Chimie).

Fréquences et périodes

Comme pour la Réunion, il est conseillé de réaliser les prélèvements en fin de saison chaude, période la plus favorable au développement des communautés. En l'absence de données historique sur Mayotte, il est préconisé une campagne deux fois par plan de gestion, sur toutes les masses d'eau. Soit une campagne tous les trois ans.

Suite à la campagne pilote de prélèvement de juin 2010, il est apparu que le temps nécessaire à l'étude des échantillons de macrofaune benthique sera plus important que prévu, vu la richesse spécifique observée. Les résultats, prévus pour juin 2011, permettront une première analyse de relation entre biocénoses et contamination des sédiments.

Méthodologie de mise en œuvre

Cinq prélèvements de 0,1 m² seront fait par station. Un prélèvement supplémentaire sera réalisé pour les paramètres physicochimique et chimique des sédiments. A chaque prélèvement, les point GPS doivent être notés (information particulièrement importante dans des milieux hétérogènes).

Une benne Van Veen peut être utilisée dans le lagon de Mayotte. Elle est manipulée avec une embarcation munie d'une potence et d'un treuil de levage. D'autre modèle de benne existe, mais leur utilisation à Mayotte doit être étudiée au préalable (disponibilité d'embarcation adaptée).

L'échantillonnage est correct si la benne prélève au moins 5 litre de sédiments dans les sables et au moins 10 litres dans les vases. Les 5 prélèvements doivent homogènes. Ils seront décrits et photographiés une fois à bord, puis feront l'objet d'une dilution à l'eau de mer suivie d'une élutriation/floculation, avant d'être tamisés sur une maille de 1 mm. Les refus collectés seront fixés à l'aide d'un mélange d'eau de mer et de formaldéhyde à 5 % dans un flaconnage adéquat.

Pour les paramètres physicochimiques et chimiques, tous les prélèvements et les conditionnements des échantillons de sédiment seront effectués conformément aux recommandations techniques préconisées par Munschy *et al.*, 2004. Une attention particulière doit être portée sur le transport des échantillons du lieu de prélèvement au laboratoire. La lyophilisation est un procédé qui stabilise nombre de paramètre et permet ce transfert à la température ambiante et à l'abri de la lumière.

Méthode pour l'analyse

Les variables biologiques : après une phase de pré tri et de tri de la macrofaune, les principaux organismes sont identifiés et classés. Les analyses se décomposent en plusieurs étapes :

- analyse de la répartition taxonomique (Annélides, Crustacés, Mollusques,...),

- analyse de la richesse spécifique (S),
- analyse de l'abondance relative par espèce (N).

Méthodes et grilles

Le traitement des données porte sur :

- le calcul des densités faunistiques (par espèce / par réplicas / par stations),
- le calcul des indices de la diversité (indice de Shannon-Weaver H', richesse spécifique),
- le calcul de l'indice biotique AMBI et M-AMBI.

Les données obtenues sont traitées pour définir la structure des communautés benthiques et leur évolution spatio-temporelle à l'aide d'outils statistiques d'analyse univariés (moyennes, Indices de diversité, AMBI), et multivariés (M-AMBI).

Les calculs sont effectués sur la base des données faunistiques disponibles pour la zone Océan Indien et Afrique, et sur l'expérience des intervenants, pour l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels.

Cette approche fonctionnelle s'appuie notamment sur la répartition des différentes espèces au sein de 5 groupes trophiques correspondant à des niveaux de perturbations environnementales croissantes (de I à V) (Borja *et al*, 2000).

Les calculs de l'AMBI et du M-AMBI sont effectués à l'aide du logiciel en ligne www.Aztitechnalia version 4.1 (Borja *et al*, 2009).

En fonction des résultats de l'étude de 2010, une adaptation de la grille utilisée en zone européenne pourrait être proposée pour Mayotte.

Bancarisation

Le stockage de la donnée validée pourra se faire dans la base de données Quadrigé2 coordonnée par Ifremer.

4.3.7. Invertébrés de substrat dur

Généralités

Historiquement, deux types de suivi des invertébrés de substrats durs (récifs coralliens) sont en place à Mayotte :

- **les suivis à vocation de représentativité spatiale** (basés sur de l'estimation visuelle) : suivi du récif frangeant de Grande-Terre (Durand, 1989, Thomassin,

1998, Wickel et Thomassin, 2005), suivi des récifs frangeant d'îlots (Wickel, 2005), suivi du récif barrière et des récifs internes (PARETO, 2005) ;

- **les suivis à vocation de caractérisation fine de l'évolution temporelle basés sur une quantification des peuplements via des transects fixes** (donc plus précis que de l'estimation visuelle) mais dont la représentativité spatiale est plus délicate à obtenir : suivi ORC 1998-2008, ARVAM/PARETO/ECOMAR/GIS Lag-May), Reef Check (Seguin, 2002, Wickel et Wickel et Jamon, 2003-2009).

Le lagon de Mayotte constitue un patrimoine naturel exceptionnel. Il est à la fois très impacté par les activités humaines (érosion des sols, émissions de micropolluants, etc.) mais représente un intérêt économique local non négligeable. L'extrême sensibilité et, donc, la variabilité de ces populations d'invertébrés est toujours difficile à relier à une seule et unique origine que celui-ci soit anthropique ou naturel. Néanmoins, suivies sur le long terme, ces populations se révèlent être un indicateur essentiel pour évaluer l'état général du milieu récifal. Cet état écologique ne peut pas être uniquement évalué par l'analyse physico-chimique des eaux ou le suivi de la température.

Dans le cadre des réseaux de surveillance DCE, le suivi des invertébrés de substrat dur apporterait donc un complément d'information intéressant pour évaluer la qualité écologique des masses d'eau lagonnaires.

Paramètres, méthodes et fréquences.

Pour chacun des suivis, les paramètres, les méthodes de collecte, le plan et les fréquences d'échantillonnage sont décrits dans l'illustration 34. :

Vocation du suivi	Suivi	Plan d'échantillonnage spatial	Masses d'eau et types de masses d'eau concernés	Masses d'eau et types de masses d'eau potentiellement concernées	ME et type non échantillonnés	Fréquence temporelle du suivi
Evolution temporelle fine	Suivi GCRMN (ORC)	12 sites (25 stations)	7 ME et 4 types	15 ME et 6 types	FRMC03, FRMC05, FRMC07, FRMC10, FRMC11, FRMC12, FRMC14, FRMC15 Type 6 : eau côtière de Mamoudzou et type 7 : Fond de baie de Bouéni	Annuelle ou bi-annuelle: 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008, 2010 Annuelle ou bi-annuelle: 2000, 2001, 2002, 2005, 2008, 2011
	Suivi Reef Check	4 sites (4 stations)	3 ME et 3 types	15 ME et 6 types	FRMC01, FRMC02, FRMC03, FRMC04, FRMC05, FRMC08, FRMC07, FRMC10, FRMC11, FRMC12, FRMC14, FRMC15 Type 4 : eau côtière Sud-Ouest, type 6 : eau côtière de Mamoudzou et type 7 : Fond de baie de Bouéni	Annuelle : 2002 à 2010
Représentativité spatiale et évolution temporelle	Suivi récif frangeant Grande Terre	Ensemble du récif frangeant de Grande Terre	8 ME et 4 types	8 ME et 4 types	Aucun	7-8 ans : 1989, 1997, 2004
	Suivi récif frangeant d'îlot	Ensemble des récifs frangeants d'îlot	8ME et 5 types	8ME et 5 types	Aucun	2005
	Suivi récif barrière	Ensemble du récif barrière sub affleurant	6ME et 2 types	6ME et 2 types	Aucun	2005
	Suivi récif interne	Ensemble des récifs internes	5ME et 3 types	5ME et 3 types	Aucun	2005

Illustration 34 : plan d'échantillonnage pour la faune benthique de substrat dur.

Méthodes et grilles

Les méthodes et grilles sont détaillées dans le rapport ARVAM (2010) A364.

Bancarisation

Les données GCRMN (ORC) et Reef Check devront être bancarisées sous le logiciel COREMO 3 (ou version plus récentes). La bancarisation des données type « MSA » et récifs frangeants, doit être développée et réalisée sous COREMO. Pour cette bancarisation, il est possible de se référer au manuel de COREMO 3 : www.coremo3.com.

Intégration aux réseaux de surveillance

Les suivis existants à l'heure actuelle suffiront à mettre en place un réseau de contrôle de surveillance sous couvert de modification de plan d'échantillonnage de certains suivis. Dans un premier temps, les paramètres et les métriques à suivre sont partiellement définis et pertinents, dans le cadre du suivi de la DCE. Il reste à définir des genres ou espèces sentinelles de coraux, des espèces sentinelles pour les peuplements algaux et des métriques. Concernant les grilles et les seuils, à part pour les premières approches réalisées dans le cadre des suivis des récifs frangeants et du récif barrière, il reste à définir l'ensemble de ces grilles et seuils pour chacune des métriques.

4.4. ESTIMATION DES COÛTS DE SUIVI

4.4.1. Température

A ce jour, toutes les activités de ce réseau de mesures sont réalisées en régie par la DAF.

A titre indicatif, les coûts pour la pose et la gestion des sondes sont présentés ci-dessous :

- Achat de sondes : coût unitaire : 500 euros, durée de vie 5-6 ans, (sans station référence)

Pour 2 sites, 2 sondes par sites, 2 pour rotation des mesures, 2 secours :

soit $8 \times 500 = 4\,000$ euros, investissement pour 5 ans.

Pour 3 sites : 5 000 euros

Pose, relève des sondes et récupération des données : 5 000 euros/an avec 2 ou 3 sites et deux relevés par an. Les mois de février et mai sont proposés (saison humide et chaude, période la plus critique pour le blanchissement corallien).

- Traitement des données : 3 000 euros / an

	Première année	Pour 5 ans
Investissement	5 000,00	5 000,00
Fonctionnement	8 000,00	40 000,00
Total	13 000,00	45 000,00

Illustration 35 : estimation des coûts annuel du suivi de la température.

4.4.2. Chimie – contaminants

- **Mesure dans l'eau (SBSE)**

Dans l'étude de définition, trois scénarios ont été envisagés pour le RHLM. La proposition finale retient le réseau optimal de 17 stations.

La mesure par SBSE doit se faire en même temps que ceux du RHLM (phytoplancton et paramètres généraux), afin de limiter les frais en logistique. Tous les points et les deux campagnes sont proposés. Le cout affiché ne prend en compte que le surcout engendré par la préparation et l'analyse par cette technique.

	Pour une campagne	Par an (2 campagnes)
Mise en œuvre	5 500,00	11 000,00
Analyses	8 500,00	17 000,00
Total	14 000,00	28 000,00

Illustration 36 : estimation du coût de suivi des contaminants par SBSE dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).

- **Mesure dans l'eau (POCIS + DGT)**

Les trois scénarios présentés sont basés sur (i) une campagne de stabulation *in situ*, seul le nombre de station varie (ii) l'expérience acquise lors de la campagne de 2009 dans la gestion de la logistique et des échantillons (iii) la nécessité de passer par une étape de reconditionnement à la Réunion avant transfert vers la métropole, (iv) la non prise en compte de l'eau du large, les mouillages étant difficiles à dimensionner dans cette masse d'eau.

	Pour une campagne
Mise en œuvre	32 000,00
Analyses POCIS	31 500,00
Analyses DGT	13 500,00
Total	77 000,00

Illustration 37 : estimation du coût de suivi des contaminants par POCIS et DGT dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).

- **Mesures dans les sédiments**

Les coûts pour la surveillance chimique dans les sédiments sont présentés dans la section « invertébré de substrat meuble »

- **Mesures dans le biote**

La faisabilité de ce paramètre reste à définir, aucun mode opératoire n'ayant encore été défini.

Les deux scénarios présentés sont basés sur (i) une campagne par an de collecte (ii) la non prise en compte des masses d'eau lagunaires et du large, (iii) les molécules à suivre au titre de la DCE.

Optimal : 2 points par masse d'eau lagunaire, soit 16 points (pas de station au large, ni dans les eaux lagunaires). Chimie deux options (1. Liste DCE totale sur tous les points, 2. Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste).

	Couts (chimie formule DCE totale sur tous les points)	Couts (chimie formule DCE totale 25% des points, prioritaire sur le reste)
Mise en œuvre	27 000,00	27 000,00
Analyses	55 000,00	34 000,00
Total	82 000,00	61 000,00

Illustration 38 : suivi optimal de l'état chimique par la matrice biote dans les eaux côtières.

Minimal : 1 point par masse d'eau lagunaire, soit 8 points (pas de station au large, ni dans les eaux lagunaires). Chimie deux options (1. Liste DCE totale sur tous les points,

2. Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste).

	Coûts (chimie formule DCE totale sur tous les points)	Coûts (chimie formule DCE totale 25% des points, prioritaire sur le reste)
Mise en œuvre	19 000,00	19 000,00
Analyses	27 000,00	17 000,00
Total	46 000,00	36 000,00

Illustration 39 : suivi minimal de l'état chimique par la matrice biote dans les eaux côtières.

4.4.3. Phytoplancton et physico-chimie

Les coûts proposés sont basés sur (i) absence de personnels/matériels disponibles au niveau local pour la mise en oeuvre du RCS (ii) absence de laboratoire d'analyses au niveau local, (iii) l'expérience acquise lors des deux campagnes de 2009-2010 dans la gestion de la logistique et des échantillons (iv) 7 échantillons pour l'abondance et la composition du Phytoplancton.

	Pour une campagne	Par an (2 campagnes)
Mise en œuvre	16 500,00	33 000,00
Analyses	9 500,00	19 000,00
Total	26 000,00	52 000,00

Illustration 40 : estimation du coût de suivi des paramètres physico-chimique et du phytoplancton dans les eaux côtières (1 point par Masse d'eau, soit 17 points, deux campagnes par an).

4.4.4. Invertébrés de substrat meuble

Ce suivi sera réexaminé à la lumière du rapport final de la campagne sédiment attendu pour la fin du premier semestre 2011.

Trois scénarios sont ici présentés. Ils sont basés sur (i) l'absence de personnel/matériel disponible au niveau local pour la mise en oeuvre du RCS (ii) l'absence de laboratoire d'analyse au niveau local, (iii) l'expérience acquise lors de la campagne de 2010 dans la gestion de la logistique et des échantillons.

En première approche, une estimation du suivi à 100 k€ par campagne (2 campagnes par plan de gestion). La première campagne pourra être programmée pour 2013.

	Coûts (chimie formule DCE totale sur tous les points)	Coûts (chimie formule DCE totale 25% des points, prioritaire sur le reste)
Mise en œuvre	37 000,00	37 000,00
Analyses Benthos Substrat Meuble	28 000,00	28 000,00
Analyses physico et chimie	55 000,00	34 000,00
Total	120 000,00	99 000,00

Illustration 41 : **suivi optimal** des invertébrés de substrat meuble (1 point par masse d'eau, soit 16 points, station des eaux du large exclus). Chimie deux options (1). Liste DCE totale sur tous les points, (2). Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.

	Coûts (chimie formule DCE totale sur tous les points)	Coûts (chimie formule DCE totale 25% des points, prioritaire sur le reste)
Mise en œuvre	28 000,00	28 000,00
Analyses Benthos Substrat Meuble	20 000,00	20 000,00
Analyses physico et chimie	40 000,00	22 000,00
Total	88 000,00	70 000,00

Illustration 42 : **suivi intermédiaire** des invertébrés de substrat meuble (1 point dans 2 masses lagunaires, 1 point vasière, soit 11 points. Chimie, deux options (1) liste DCE totale sur tous les points, (2). Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.

	Coûts (chimie formule DCE totale sur tous les points)	Coûts (chimie formule DCE totale 25% des points, prioritaire sur le reste)
Mise en œuvre	24 000,00	24 000,00
Analyses Benthos Substrat Meuble	10 500,00	10 500,00
Analyses physico et chimie	22 500,00	13 500,00
Total	57 000,00	48 000,00

Illustration 43 : **suivi minimal** des invertébrés de substrat meuble (1 point par type de Masse d'eau, soit 7 point)., Chimie, deux options (1) liste DCE totale sur tous les points, (2). Liste DCE totale sur 25 % des points, liste substances prioritaire et de soutien sur le reste.

4.4.5. Invertébrés de substrat dur

Les invertébrés de substrat dur ne font pas partie des éléments de qualité suivis actuellement dans le cadre des réseaux de surveillance DCE. Néanmoins, ce paramètre biologique traduit l'état écologique des récifs coralliens, des milieux singuliers et spécifiques à Mayotte. Les résultats des suivis GCRMN et Reef Check devront donc participer à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières.

Des actions sont menées notamment à la Réunion pour développer un indicateur DCE basé sur le suivi des invertébrés de substrat dur. Des actions de recherche et développement seront menées à Mayotte.

Ci-dessous, sont présentés les coûts de suivi des réseaux patrimoniaux existants avec un nombre de stations de suivi complémentaires de sorte que ces réseaux soient « DCE compatibles » (mutualisation des réseaux).

Il convient donc de définir, avec les gestionnaires de ces réseaux, la part liée à la DCE qui serait à prendre en charge (surcoût DCE). Il est proposé de suivre le scénario optimal.

Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau de Mayotte.

Vocation du suivi	Suivi	Adaption suivi spatial	Adaptation suivi temporel	Adaption paramètres et / ou méthode	Coût prévisionnel (indicatif)
Evolution temporelle fine	Suivi GCRMN	<p><u>Scénario Optimal</u> (échantillonnage de toutes les masses d'eau) : ajout de 8 sites (18 stations)</p> <p><u>Scénario intermédiaire et minimal</u> (échantillonnage de tous les types de masses d'eau) : ajout dde 2 site (2 stations)</p>	<p><u>Scénario optimal</u> : Suivi annuel sur les 15 masses d'eaux littorales (vasière et eau du large non prise en compte)</p> <p><u>Scénario intermédiaire</u> : Suivi annuel sur les 5 types de masses d'eaux littorales (vasière et eau du large non prise en compte)</p> <p><u>Scénario minimal</u> : Suivi tous les 2 ans sur les 5 types de masses d'eaux littorales (vasière et eau du large non prises en compte)</p>	Détermination éventuelle d'espèces coralliennes sentinelles. L'ichtyofaune n'est pas prise en compte par la DCE pour les eaux côtières.	<p><u>Optimal</u> : 50 000 euros par an</p> <p><u>Intermédiaire</u> : 30 000 euros par an</p> <p><u>Minimal</u> : 30 000 euros tous les 2 ans</p>
Représentativité spatiale et évolution temporelle	Suivi récif frangeant Grande Terre	Pas de modification	Tous les 6 ans	Estimation couverture corallienne (dont part coraux acropores et non acropores) et coraux mous	30 000 euros une fois par plan de gestion, tous les 6 ans
	Suivi récif frangeant d'Ilot	Pas de modification	Tous les 6 ans	Estimation couverture corallienne (dont part coraux acropores et non acropores) et coraux mous	25 000 euros une fois par plan de gestion, tous les 6 ans
	Suivi récif barrière	Echantillonnage récif barrière immergé	Tous les 6 ans	Pas de modification	Suivi récif barrière + interne : 35 000 euros, une fois par plan de gestion, tous les 6 ans
	Suivi récif interne	Pas de modification	Tous les 6 ans	Estimation couverture corallienne (dont part coraux acropores et non acropores) et coraux mous. Méthode d'échantillonnage : Manta Tow	

Illustration 44 : analyse des coûts prévisionnels de la surveillance des récifs (GCRMN et Reef Check).

5. Synthèse de la mise en œuvre des réseaux de suivi sur le plan de gestion

5.1. CHRONOGRAMME DETAILLE DE LA PERIODE 2011-2015

L'illustration suivante établit le programme de la surveillance des masses d'eau proposé pour le district de Mayotte pour la période 2011-2015.

5.2. COMPARAISON DES RESEAUX PROPOSES AVEC LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR POUR LES DOM

5.2.1. Suivis anticipant la définition des métriques

Le manque de connaissance des hydroécosystèmes dans les DOM n'a pas encore permis de définir toutes les métriques nécessaires à l'évaluation de la qualité des milieux et seuls les paramètres physico-chimiques peuvent être pris en compte. Les textes réglementaires (arrêtés ministériels du 25 janvier 2010) n'imposent donc aucun suivi du compartiment biologique pour les départements ultramarins.

Néanmoins, et de la même manière qu'à la Réunion, la mise en place d'un réseau de surveillance sur les paramètres biologiques va permettre l'acquisition des données indispensables à la construction des métriques et aujourd'hui insuffisantes. En tout état de cause, le suivi du compartiment biologique, même en l'absence de métriques validées, apporte une estimation de l'état du milieu qui vient compléter les résultats des suivis des paramètres physico-chimiques et des micropolluants.

C'est pourquoi, les réseaux de contrôle de surveillance de Mayotte comprennent pour :

- les eaux superficielles continentales :
 - o un suivi des invertébrés et des diatomées ;
 - o un suivi piscicole ;
- les eaux superficielles côtières :
 - o un suivi de la macrofaune benthique.

5.2.2. Suivis complémentaires liés à la spécificité régionale

A l'inverse, certains suivis sont proposés pour prendre en compte les spécificités de Mayotte. Il s'agit, en particulier, de l'organisation de la surveillance de la santé des récifs coralliens par le biais :

- du suivi de la température des eaux du lagon (problème de blanchiment des coraux) ;
- des suivis de l'état de santé des récifs (GCRMN).

Ces suivis, même s'ils ne sont pas pris directement en charge par les réseaux de surveillance, devront être intégrés aux suivis DCE afin de compléter ou de préciser l'état écologique des masses d'eaux côtières.

5.2.3. Suivis à développer

Certains paramètres faisant l'objet d'une obligation de suivi dans les textes réglementaires (arrêtés ministériels du 25 janvier 2010) ne sont quant à eux pas encore suivis à Mayotte. Il s'agit plus précisément :

- de la physico-chimie sur la matrice sédiment qui nécessite pour l'instant des coûts de mise en œuvre importants car l'absence de laboratoire au niveau local ou régional impose un envoi en métropole pour des besoins analytiques ;

- des micropolluants dans la matrice biote qui ne peut être suivi en l'absence de bon organisme bioaccumulateur connu.

Avant de développer ces techniques à Mayotte, leur rentabilité (caractérisation du milieu / coût) devra être évaluée. Ce travail pourra être fait durant ce plan de gestion et intégré au suivi lors du prochain plan, si besoin est.

5.3. SYNTHÈSE DES COÛTS ESTIMATIFS

Une synthèse des coûts estimés peut-être réalisée sur la base du réseau défini dans ce présent rapport même si cette évaluation s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- (1) la maîtrise d'œuvre du projet par le BRGM et d'une sous-traitance à l'ARDA, l'ARVAM et PARETO dans leurs domaines respectifs en 2011 ;
- (2) une maîtrise d'œuvre BRGM uniquement pour les réseaux de surveillance des eaux continentales (masses d'eau souterraines et cours d'eau) et un financement extérieur, non défini pour le moment, pour les masses d'eau côtières ;
- (3) des charges fixes : frais de transport et d'analyse, frais généraux du BRGM et de ses partenaires, etc.
- (4) le respect du programme de surveillance présenté ci-dessous (Illustration 46).

Pour l'année 2011, le coût total du programme de surveillance s'élève à **348 k€ HT soit 407 k€ TTC**. Pour assurer la réalisation de l'ensemble des actions, le montage financier a été scindé en deux parties :

- sont pris en charge par la convention ONEMA-BRGM 2011 pour un montant total de **217 k€ HT (250 k€ TTC)** dont 80% de part ONEMA et 20% de dotation BRGM :
 - o le suivi physico-chimique des eaux souterraines, le suivi physico-chimique et biologique des eaux de surface et les campagnes hautes eaux du suivi des eaux côtières (paramètres physico-chimiques, phytoplancton, substances de l'état chimique et polluants de l'état écologiques) ;
- sont pris en charge par la DEAL à hauteur de **131 k€ HT (131 k€ TTC)**:
 - o le suivi de la température et les campagnes basses eaux du suivi des eaux côtières (paramètres physico-chimiques, phytoplancton, substances de l'état chimique et polluants de l'état écologiques).

Le programme de suivi sur le plan de gestion, d'un coût total estimé à **1 818 k€ HT**, a été aménagé de manière à assurer une répartition des coûts sur l'ensemble du SDAGE.

Un nombre important de facteurs pourront faire évoluer cette estimation, qu'il s'agisse du montage des projets ou des financements jusqu'à la mise en œuvre.

A partir de 2012, il est prévu que le réseau de surveillance des eaux côtières ne soit plus sous la maîtrise d'œuvre du BRGM. Dans ce cas, les montants affichés hors taxes dans le tableau récapitulatif (voir Illustration 47) devront se voir appliquer le taux de TVA adéquate (en fonction de l'assujettissement du prestataire) pour établir le coût total TTC du réseau de surveillance des eaux côtières. En revanche, l'hypothèse est faite de conserver les réseaux de surveillance des eaux souterraines et des cours d'eau sous la maîtrise d'œuvre du BRGM. Rappelons que la dotation BRGM à Mayotte n'est pas assujettie à la TVA.

Le tableau ci-dessous récapitule les coûts sur la base d'un cofinancement ONEMA-BRGM à 80% - 20% pour les masses d'eau continentales associé à un financement extérieur pour les eaux littorales :

ANNEE	MASSES D'EAU SUIVIES	COUTS TOTAL	FINANCEURS
2012	Eaux continentales	341,5 k€ HT soit 393,0 k€ TTC	ONEMA (80%) : 262,9 k€ HT soit 314,4 k€ TTC BRGM (20%) : 78,6 k€ HT soit 78,6 k€ TTC
	Eaux littorales	62,4 k€ HT	Autre Financement
	S/Total	403,9 k€ HT	
2013	Eaux continentales	166,5 k€ HT soit 161,6 k€ TTC	ONEMA (80%) : 128,2 k€ HT soit 153,3 k€ TTC BRGM (20%) : 38,3 k€ HT soit 38,3 k€ TTC
	Eaux littorales	162,4 k€ HT	Autre Financement
	S/Total	328,9 k€ HT	
2014	Eaux continentales	166,5 k€ HT soit 191,6 k€ TTC	ONEMA (80%) : 128,2 k€ HT soit 153,3 k€ TTC BRGM (20%) : 38,3 k€ HT soit 38,3 k€ TTC
	Eaux littorales	167,4 k€ HT	Autre Financement
	S/Total	333,9 k€ HT	
2015	Eaux continentales	341,5 k€ HT soit 393,0 k€ TTC	ONEMA (80%) : 262,9 k€ HT soit 314,4 k€ TTC BRGM (20%) : 78,6 k€ HT soit 78,6 k€ TTC
	Eaux littorales	62,4 k€ HT	Autre Financement
	S/Total	403,9 k€ HT	

Illustration 46 : tableau récapitulatif des coûts du suivi des réseaux de surveillance des eaux.

Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eau de Mayotte.

Suivi par type de masse d'eau			2011		2012	2013	2014	2015	
Catégories	Eléments concernées	ONEMA	DEAL	DEAL	DEAL	DEAL	DEAL	DEAL	
		BRGM		ONEMA BRGM	ONEMA BRGM	ONEMA BRGM	ONEMA BRGM	ONEMA BRGM	
Masses d'eau cours d'eau	Paramètres indicateurs de la	Poissons	86 700		86 700	86 700	86 700	86 700	
		Invertébrés + diatomées							
		Température ; oxygène dissous et saturation en oxygène ; pH ; conductivité							
	Paramètres indicateurs de la qualité physico-chimique (3)	DBO5 ; DCO ; NKJ ; P total ; MEST ; turbidité ; chlorophylle a, phéopigments	47 000		47 000	47 000	47 000	47 000	
		NH4+ ; NO3- ; NO2- ; PO43- ; COD, silice dissoute							
		Chlorures ; sulfates ; bicarbonates ; calcium ; magnésium ; sodium ; potassium ; dureté TH et TAC							
	Granulométrie ; perte au feu ; carbone organique total	Faisabilité à définir							
	Aluminium ; fer ; manganèse								
	Substances de l'état chimique (4)	cf. liste des substances de l'état chimique							
	Polluants spécifiques de l'état écologique (5)	cf. liste des polluants spécifiques de l'état écologique			155 000			155 000	
	Surveillance visant à évaluer en tendance des concentrations de substances potentiellement bioaccumulables	Substances prioritaires de l'annexe X (2), (5), (6), (12), (16), (17), (18), (20), (21), (26), (28) et (30)	Faisabilité à définir						
Masses d'eau souterraines	Campagne "photographique"	cf. liste des substances pour le suivi qualitatif des eaux souterraines, analyses de type photographique	Campagne réalisée lors de la définition des réseaux de surveillance						
	Campagne de routine	cf. liste des substances à suivre à minima pour le suivi qualitatif des eaux souterraines	12 800		12 800	12 800	12 800	12 800	
Masses d'eau littorales	Paramètres indicateurs de la qualité biologique (1)	Température en continu		13 000	8 000	8 000	8 000	8 000	
	Paramètres indicateurs de la qualité physico-chimique (3)	Température, salinité, turbidité, oxygène dissous, nutriments	27 200	27 200	54 400	54 400	54 400	54 400	
	Paramètres indicateurs de la qualité biologique (1)	Phytoplancton (biomasse et composition)							
	Substances de l'état chimique (4)	SBSE	14 000	14 000			28 000		
		PCCIS + DGT		77 000			77 000		
	Substances spécifiques de l'état	Biot	Faisabilité à définir						
		Sédiments							
	Paramètres indicateurs de la qualité biologique (1)	Benthos de substrat meuble			100 000				
	Paramètres indicateurs de la qualité biologique (1)	Benthos de substrat dur (A) ORC, (B) Récifs Barrière + interne, (C) Récifs Frangeants	Participation et intégration aux réseaux DCE à définir (voir estimation ci-dessous)						
Pilotage		Gestion de projet / Contrôle qualité / Pilotage / Frais divers par le BRGM	29 300		40 000	20 000	20 000	40 000	
		S/Total	217 000	131 200					
		Coût total annuel	348 200		403 900	328 900	333 900	403 900	
	Coût total sur le plan de gestion	1 818 800							

Autres réseaux parmi lesquels une participation DCE est envisagée

	2011	2012	2013	2014	2015
Eaux côtières					
Benthos de substrat dur (A) ORC, (B) Récifs Barrière + interne, (C) Récifs Frangeants	Aucun	135 000	50 000	50 000	50 000

Illustration 47 : tableau synthétique des coûts de suivi sur le plan de gestion 2011-2015 des réseaux de contrôle de surveillance à Mayotte (coûts en € HT).

6. Perspectives

6.1. ETUDES GLOBALES

Plusieurs études menées à l'échelle nationale vont bénéficier à Mayotte. En particulier, les actions suivantes menées au titre de la convention ONEMA-BRGM 2011 concernent directement l'application de la DCE :

- Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines dans les DOM. Appui méthodologique (action 21) ;
- Application du volet « hydromorphologique des eaux littorales » dans le cadre de la DCE dans les DOM (action 22) ;
- Apports de l'analyse coûts-efficacité pour l'identification des programmes de mesures DCE : bilan de son utilisation et propositions méthodologiques ;
- AQUAREF (action 10, 11, 12, 13, etc.) qui vise à optimiser la partie analytique dans la mise en œuvre des réseaux DCE en évaluant les techniques usuelles et alternatives pour tendre vers le rapport coût-efficacité.

D'autres études complémentaires, qui serviront à mieux appréhender les spécificités locales devront être menées. C'est le cas, en particulier, de l'établissement de liste des substances pertinentes à suivre à Mayotte. L'évolution du paysage agricole, industriel et urbain ayant été très différente de celle de la métropole, il s'agira d'établir quelles sont ou quelles ont été les substances potentiellement polluantes utilisées afin de réduire les coûts analytiques, très élevés à Mayotte.

Vu ces spécificités, l'identification des pressions est indispensable. Cette analyse des pressions sera un préalable à la réactualisation de l'état des lieux prévue en 2013, à la définition des réseaux de référence et du plan d'action à mener dans les bassins d'alimentation de captage (en particulier, ceux des captages « Grenelle »).

6.2. MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Comme il est rappelé ci-dessus, une étude inter-DOM sur les substances émergentes est en cours. Celle-ci devrait aboutir en 2012 à la réalisation d'une campagne exceptionnelle ciblée dans le but de déceler la présence possible de ces micropolluants organiques.

Quatre autres études pourront apporter des éléments à la compréhension et au fonctionnement des aquifères mahorais :

- la caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte – Secteur Nord-Ouest (convention SIEAM-ONEMA-BRGM), action 25 de la convention ONEMA-BRGM 2010 ;

- la caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte – Secteur Centre et Sud (convention SIEAM-ONEMA-BRGM), action 23 de la convention ONEMA-BRGM 2011 ;
- l'influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau salé des aquifères côtiers dans les DROM/COM (convention ONEMA-BRGM), action 20 de la convention 2011 ;
- la délimitation des périmètres de protection des captages AEP qui fera l'objet d'un appel d'offre par le SIEAM en 2011, nécessitera la réalisation d'analyses chimiques des eaux souterraines qui pourront être intégrées à l'évaluation de la qualité chimique des eaux souterraines.

6.3. MASSES D'EAU SUPERFICIELLES CONTINENTALES

Comme pour les eaux souterraines, il est prévu en 2011 ou en 2012 une campagne exceptionnelle d'analyses pilotée par le CEMAGREF. Cette campagne permettra d'identifier au niveau national et dans les DOM les substances émergentes.

Au niveau national, le CEMAGREF comme l'IFREMER développent l'utilisation des échantillonneurs passifs pour la surveillance des substances chimiques de l'état écologique et des polluants spécifique. Il serait intéressant de faire le test de cette technologie sur quelques masses d'eau superficielles continentales. Le programme devra être monté avec l'aide d'AQUAREF.

En ce qui concerne la bio-indication (invertébrés benthiques et poissons), l'expertise réalisée par l'ONEMA en juin 2010 indique qu'il serait préférable d'attendre les résultats des études lancées à l'île de la Réunion.

Les macrophytes n'ont pas été étudiés lors de la définition des réseaux alors qu'on les retrouve sur certain tronçon des masses d'eau. La réglementation indique qu'il faut suivre ce paramètre et c'est pour cela qu'une étude de pertinence du suivi de ce paramètre est nécessaire. Elle sera éventuellement suivie par le CEMAGREF en 2012.

Les Hydro-Ecorégions définies par le groupement SOAGREAH / ASCONIT lors de l'état des lieux du premier SDAGE de Mayotte, devront être validées par le CEMAGREF.

Pour le volet hydro-morphologique, il faudra voir en 2012 ou 2013 pour la faisabilité de la mise en place des outils SYRAH (expertise CEMAGREF) et CARHYCE (Expertise ONEMA). Cette action devrait être menée également dans les autres DOM.

6.4. MASSES D'EAU COTIERES

6.4.1. Actions Inter-DOM

Trois actions inter-DOM étaient en cours de rédaction et devaient être lancées à la fin 2010. Mayotte doit être intégrée à ces actions en 2011.

Action 1 : Hydromorphologie

L'action « hydromorphologie » inter-DOM sera pilotée par le BRGM national (C. Vinchon, O. Brivois, J.Thiébot). Elle se compose de deux volets :

- un volet « pressions » qui reprend la démarche du groupe de travail national pression/impact, avec : 1- l'identification des pressions présentes dans chacun des DOM ; 2-le choix des pressions sur lesquelles un travail prioritaire est à mener; 3- la mise en place de la réalisation.
- l'identification des paramètres hydro-morphologiques pertinents à définir pour le classement en bon état et la surveillance dans le contexte des DOM (Guyane, Iles).

Action 2 : Phytoplancton

Un groupe de travail « phytoplancton » (IFREMER : Catherine Belin et Luis Lampert, Station marine de Wimereux : Felipe Artigas) a été identifié en 2010 pour apporter une expertise concernant cet élément de qualité dans les DOM.

Pour 2011 : la fiche-action « phytoplancton » comprend :

- un soutien à la rédaction du cahier des charges généralisé à chaque DOM ;
- une synthèse de l'existant sur l'indice de composition phytoplancton ;
- un soutien de l'Ifremer pour les aspects « échantillonnages et analyses ».

En fonction de l'état d'avancement de cette action, le suivi de l'indicateur phytoplancton dans les eaux côtières sera réévalué.

Action 3 : Paramètres physico-chimiques

Cette action inter-DOM concerne un « soutien en métrologie pour la mise en oeuvre de la DCE dans les DOM », pilotée par Anne Daniel d'Ifremer.

Deux actions supplémentaires sont à inclure :

- la validation des éléments chimiques à suivre, car se pose souvent la pertinence de suivre certains paramètres dans un contexte tropical.
- un soutien aux DEAL pour la rédaction du cahier des charges (pour les études de terrain sous-traitées).

6.4.2. Autres perspectives

Afin d'optimiser les travaux de recherche et développement sur les coraux et les herbiers, il faudra établir des partenariats avec l'IFRECOR, l'Agence des Aires Marines Protégées et le Conseil Général. Par exemple, l'identification de la vulnérabilité des récifs coralliens (fiche action 2 du rapport final ARVAM) et le suivi des herbiers (fiche action 3 du rapport ARVAM (2010) A364) pourront être menées.

Une étude de cartographie de l'envasement du lagon (GEOLAG équivalent de CARTOMAR à la Réunion) a été proposée par le BRGM en 2010 et le financement 2011 pourrait être pris sur le contrat de projet 2008-2013.

Une étude courantologique (Courantomay) a déjà été produite en 2007. Le BRGM propose en 2011 dans un premier temps la mise à niveau du modèle actuel vers un code MARS 2DH avec de nouvelles données de calage et la nouvelle bathymétrie issue de Litto3D. Par la suite, ce modèle serait transformé en 3D en 2012 avec l'aide d'IFREMER.

7. Conclusion

La définition des réseaux de contrôle de surveillance (RCS) au titre de la DCE à Mayotte ont permis de définir des modalités du suivi de la qualité écologique des masses d'eau mahoraises en termes de stations, de paramètres, de fréquence et de méthode d'échantillonnage. Pour les paramètres biologiques, et en l'absence de métrique nationale validée, ce suivi est complété par des propositions méthodologiques permettant d'évaluer la qualité du milieu. Les paramètres physico-chimiques et de l'état chimiques peuvent, en l'absence de recommandations particulières, suivre les grilles d'évaluation de la qualité utilisées en métropole. L'ensemble de ces mesures constitue donc un programme homogène et équilibré de suivi sans qu'il soit pour autant complet puisque la faisabilité et le ratio coût-efficacité de certains types de suivi devront faire l'objet d'études supplémentaires (bioaccumulateurs pour les masses d'eau côtières et continentales, sédiments, macrophytes pour les masses d'eau continentales). Afin de définir les réseaux de référence, il sera aussi important de caractériser les pressions et leurs répercussions sur chaque paramètre suivi dans le cadre des RCS.

En effet, dans l'établissement de ces réseaux de contrôle de surveillance (RCS), le manque de connaissance des milieux naturels mahorais mais également de l'influence des pressions sur ces milieux a systématiquement limité les interprétations et les propositions techniques. Il est donc apparu qu'un nombre important d'études sont encore à mener sur le territoire mahorais. Parmi ces travaux, ceux liés à la connaissance écologique des milieux imposent la compilation de jeux de données sur le long terme pour obtenir une image statistique fiable. C'est en particulier le cas des suivis « poissons », « diatomées » et « invertébrés » des eaux superficielles continentales.

D'autres suivis, ne pouvant être intégrés aux réseaux DCE et réalisés jusqu'alors par le biais des financements annexes, devront également servir à l'évaluation de la qualité des masses d'eau. Pour les eaux souterraines et superficielles continentales, les suivis réalisés au titre du Code de la Santé Publique pourront tout à fait contribuer voire se substituer *pro parte* aux RCS. Pour les masses d'eau côtières, les suivis GCRMN et Reef Check apportent des précisions importantes sur l'état écologique des récifs coralliens, une des grandes spécificités de Mayotte.

Le programme de suivi établi à l'échelle du plan de gestion 2010-2015 assure :

- (1) la compatibilité des suivis avec la réglementation en vigueur ;
- (2) le développement des connaissances par le biais des suivis du RCS ;
- (3) la prise en compte des spécificités locales tant environnementales (lagon, climat, faune et flore tropicale) que culturelle (lessives en rivière, assainissement, décharges sauvages, ...) ou géoéconomiques (éloignement de la métropole, capacités analytiques locales).

8. Bibliographie

Textes réglementaires consultés

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.

Circulaire DCE n°2005-14 du 26/10/05 relative à la surveillance des eaux souterraines en France, en application de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 du Parlement et du

Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du Code de l'Environnement (NOR : DEVO1000661A).

Arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du Code de l'Environnement (NOR : DEVO1001031A).

Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du Code de l'Environnement (NOR : DEVO1001032A).

Documents du SDAGE

Schéma directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de Mayotte et Programme de Mesures pour la période 2010-2015.

Rapports du BRGM

AMALRIC L. (2007) – Les retenues collinaires de Mayotte : environnement et qualité biologique des eaux. Bilan pesticides. Rapport final. BRGM/RP-55934-FR. 37 p., 15 ill.

FRISSANT N., DE LA TORRE Y., MOURON R. (2004) – Inventaire des sites industriels et activités de service de la Collectivité Départementale de Mayotte. Rapport BRGM/RP-52906-FR. 21 pages, 7 figures, 6 tableaux, 5 annexes dont trois hors texte.

JAOUËN T., WINCKEL A. (2010) – Définition du réseau de contrôle de surveillance DCE de la qualité des cours d'eau, des eaux souterraines et littorales de Mayotte. Programme 2010. Rapport d'avancement BRGM/RP-58228-FR, 162 pages, 50 illustrations et 9 annexes.

JAOUËN T., WINCKEL A. (2010) – Définition du réseau de contrôle de surveillance DCE de la qualité des cours d'eau, des eaux souterraines et littorales de Mayotte. Programme 2010. Rapport d'avancement BRGM/RP-58228-FR, 162 pages, 50 illustrations et 9 annexes.

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.

MALARD A. (2008) – Définition du réseau DCE de surveillance qualitative des eaux souterraines de Mayotte - BRGM/RP-56772-FR. 92 p., 22 Ill, 5 ann.

MALARD A. (2008) - Mise en place du réseau piézométrique de Mayotte sous maîtrise d'ouvrage du BRGM. Gestion pour l'année 2008. Rapport BRGM/RP-56768-FR. 96 p., 29 ill., 4 tab et 5 ann.

MALARD A., JAOUEN T. (2009) – Réseau de surveillance piézométrique de Mayotte sous maîtrise d'ouvrage BRGM. Année 2009. BRGM/RP-57459-FR. 75 p., 21 ill., 8 tab., 4 ann.

MALARD A., VAUDOURE K., WINCKEL A. (2008) – Modalités d'exploitation et de protection de l'aquifère de Kawéni – Année 3 – BRGM/RP-56773-FR, 116 p., 33 ill., 7 ann.

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.

PARIZOT M. (2007). Définition du réseau de surveillance de l'état quantitatif et chimique des masses d'eau souterraine de la Guyane. BRGM/RP-55576-FR. 75 pages. 3 illustrations. 4 annexes.

Rapports des partenaires

ARDA – MNHN / Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte (2007) Inventaire des espèces de poissons et d'invertébrés des eaux douces de Mayotte. Rapport final d'étude.

ARDA-ASCONIT-ETHYCO (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.

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

ARDA-ASCONIT-ETHYCO (2010). Étude de définition des réseaux de surveillance qualité des masses d'eau de Mayotte. Volet eaux de surface. Rapport final. Novembre 2010.

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

ARVAM (2009). Définition des réseaux de surveillance « qualité des masses d'eau côtières » de Mayotte. Rapport d'étape 2009. ARVAM. Dossier A364.

ARVAM (2010) Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des masses d'eau côtières de l'île de Mayotte. Rapport final. Tomes 1 et 2. Dossier A364.

ARVAM (2010) Mission sédiment : macrofaune et chimie. Note de mission mai 2010. P 287.

Autres ressources bibliographiques

AKBARALY A. (2008) DAF976/SEAU. Campagne pesticides 2008. 4 annexes.

Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin de Seine-Normandie. Octobre 2008. Edition AESN. ISBN : 978-2-9523536-2-5.

JACQUES LE SEIGNEUR Vincent et al. (2002) Les pesticides dans les eaux. Bilan annuel 2002. Ifen. Septembre 2002. ISBN 2-911089-55-3.

MARY N. 1999. Caractérisation physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. Thèse de doctorat, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. 181 p.

PORCHER P., SCHRIMM M., OBERLINKELS M., MORANCY R., NICOT S., GABRIE C., CHEMINE A., QUOD J.P., BIGOT L., ESBELIN C., THOMASSIN B.A., BLASCO F., FROMARD F. (2002) - Volet 2 : Etat des lieux des milieux côtiers et récifo-lagonaires de Mayotte. Programme de protection et de mise en Valeur d'espaces Naturels d'intérêt écologique à Mayotte.

RODIER, J. avec la collaboration de BAZIN C., BROUTIN, J-C., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H., RODI, L. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. DUNOD. 8^{ème} édition. 1996.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique de l'Océan Indien - Mayotte
B.P. 363 – Z.I. Kawéni
9, centre Amatoula
97600 – Mamoudzou - France
Tél. : 02 69 61 28 13