

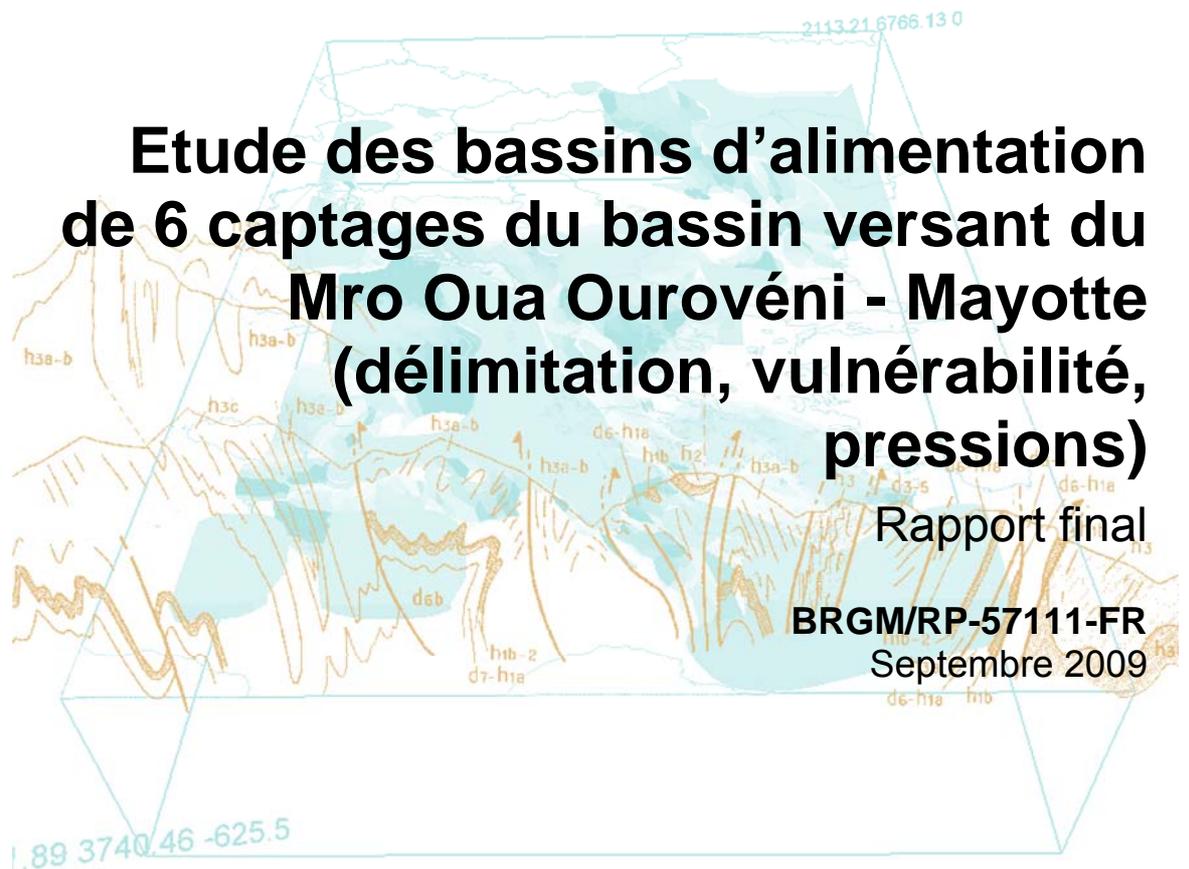


Etude des bassins d'alimentation de 6 captages du bassin versant du Mro Oua Ourovéni - Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions)

Rapport final

BRGM/RP-57111-FR

Septembre 2009



DIRECTION
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA FORET



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Écologie,
de l'Énergie,
du Développement
durable
et de la Mer



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Etude des bassins d'alimentation de 6 captages du bassin versant du Mro Oua Oouvéni - Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions)

Rapport final

BRGM/RP-57111-FR
Septembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2008 – PSP08MAY11

A. Malard

Avec la collaboration de
B. Aunay, J.F Vernoux et V. Mardhel

Vérificateur :

Nom : N. Dörtfliger

Date : 02 septembre 2009

Signature :



Approbateur :

Nom : P. Puvilland

Date : 07 septembre 2009

Signature :



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

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

Mots clés : bassin d'alimentation de captage, aire d'alimentation de captage, aquifères, forages, prise d'eau de surface, vulnérabilité, pressions, Mro Oua Orovéni, Mayotte, Comores, France

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

Malard A., avec la collaboration de Aunay B., Vernoux J.F. et Mardhel V. (2009) - Etude des bassins d'alimentation de 6 captages du bassin versant du Mro Oua Orovéni – Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions) – BRGM/RP-57111-FR, 116 p., 25 ill., 18 tab. et 4 ann.

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

Synthèse

Au vu de la vulnérabilité des ressources en eau de l'île de Mayotte et de l'intérêt pour les services de l'Etat de disposer d'outils de réglementation indispensables à l'application de la loi sur l'eau de 1992 et aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'eau, il s'est avéré urgent de définir les Bassins d'Alimentation de Captage (dits « BAC » par la suite) et de caractériser leur vulnérabilité aux pressions exercées sur la surface du bassin. L'étude de ces bassins d'alimentation doit ensuite initier les travaux vers la mise en place des périmètres de protection des captages ; démarche capitale qui s'inscrit dans une logique durable de gestion des ressources en eaux à Mayotte.

Lors du comité permanent de la MISEEN¹ du 03/03/08, il a été convenu que toutes les prises d'eau et tous les forages d'alimentation en eau potable de Mayotte devaient être protégés. Par ailleurs, le précédent comité du 08/11/07 avait proposé cinq captages comme prioritaires (inscrits en tant que captages Grenelle sur les listes ministérielles) ainsi que les autres ouvrages d'eau de type : prises d'eau en rivière ou en retenue, forages d'eau souterraine et sources captées destinés à l'alimentation et implantés sur le même bassin versant. Dans le cadre de la convention de recherche et développement partagés DAF/BRGM du 18 août 2008, il s'agit des ouvrages suivants :

- **la prise d'eau de l'Ourovéni (BDAEP 14C1 et BSS 12306X0051), la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani ainsi que le drain de M'réréni (12306X0008/HY), les forages de Combani-M'réréni (12306X0038/COMB), d'Ourovéni 1 (12306X0048/OURO01) et de Combani-Kahani (12306X0047/COMB) qui font l'objet du présent rapport ;**
- La prise d'eau de Gouloué haut (BDAEP 11C1 et BSS 12307X0143) ainsi que les forages de Gouloué 1 (12307X0045/GOUL) et de Gouloué 2 (12307X0053/GOUF4D) – cf. rapport BRGM/RP-57109-FR ;
- Les prises d'eau de Bouyouni Bas (BDAEP 2C6 et BSS 12306X0049) et de Bouyouni Haut (BDAEP 2C5 BSS 12306X0052), ainsi que le forage de Bouyouni Bouyouni (12306X0024/BOUY) – cf. rapport BRGM/RP-57108-FR ;
- La prise d'eau de Méresse (BDAEP 2C3 et BSS 12306X0050) ainsi que le forage de Bouyouni Méresse (12306X0046/BOUY) – cf. rapport BRGM/RP-57110-FR ;
- Et la prise d'eau en mer pour l'usine de dessalement de Petite Terre (BSS 12308X0087) - cf. rapport BRGM/RP-57112-FR.

Six bassins d'alimentation de captage ont été délimités, le plus grand correspondant à la prise d'eau de surface d'Ourovéni qui couvre près de 80 % de la surface du bassin versant et qui intègre les 5 autres bassins d'alimentation. Concernant les BAC

¹ Mission Inter Service de l'Eau et de l'ENvironnement

souterrains, 4 BAC ont été définis, un pour un forage et un pour le drain de M'réreni. Ainsi :

- Le BAC du forage d'Orovéni 1 intègre une grande partie du bassin versant du Mro Oua Orovéni dont il reçoit une part des infiltrations.
- Le BAC du forage de Combani M'réreni intègre le BAC du drain de M'réreni (ou Combadrain) dont il reçoit très probablement une partie de son alimentation par réinfiltration des eaux (notamment en hautes eaux lorsque les prélèvements ne représentent qu'une partie de la ressource).
- Le BAC de Combani Kahani s'est révélé plus délicat à tracer car ses géométries ne sont pas communes aux géométries de surface. Ainsi le BAC initialement tracé et qui correspondait aux limites du petit bassin versant qui remontait au sommet du Mlima Combani ne suffit pas pour expliquer les alimentations. Une surface plus grande a donc été considérée sur la base des principes théoriques d'alimentation.

La délimitation du BAC de la prise d'eau de la retenue collinaire intègre toute la surface de la retenue et le bassin versant en amont.

Concernant la vulnérabilité des BAC, il s'avère qu'elle est beaucoup plus élevée pour les BAC de surface que pour les BAC souterrains. Le BAC le plus vulnérable est celui de la prise d'eau d'Orovéni, d'autant que le captage est intégrateur de toutes les activités du bassin versant en amont...

Les pressions exercées sur le bassin versant les plus fortes se concentrent essentiellement autour des villages de Combani et Miréreni¹ (lavage en rivière, non assainissement, lessives, décharges sauvages dans le cours d'eau, etc.) et menacent les BAC de la prise d'eau de surface d'Orovéni (considérée comme une ressource stratégique non remplaçable) et du forage d'Orovéni 1 (d'importance stratégique moindre).

Ces observations montrent que le risque de dégradation ou de pollution de la ressource est très faible au niveau des forages de Combani M'réreni, Combani Kahani, du drain de M'réreni et de la prise d'eau de la retenue collinaire, mais qu'il est relativement important au niveau de la prise d'eau de surface d'Orovéni et du forage d'Orovéni 1.

Les recommandations de l'étude portent tout d'abord sur la réalisation d'un bilan hydrologique à l'échelle du bassin versant, travail qui comprend l'inventaire de tous les prélèvements agricoles, AEP et domestiques du bassin. Ces travaux sont essentiels à l'estimation de la ressource et donc à sa protection. De plus, des travaux particuliers pourraient être menés dans le domaine de :

¹ Miréreni est l'orthographe récente du village (cf. IGN 1/25 000). En revanche les ouvrages et la station de traitement sont orthographiés M'réreni...

- l'analyse des chroniques de turbidité des eaux du drain de M'réréni où une évolution est visiblement en train de s'opérer et pourrait mettre en avant l'impact des pratiques agricoles ou de déforestation ;
- l'étude des mécanismes hydrogéologiques du forage de Combani Kahani afin de mieux définir ses aires et processus d'alimentation.

Ces résultats montrent qu'il est nécessaire de surveiller attentivement la ressource en eau des BAC et de poursuivre rapidement le programme d'étude qui doit aboutir à l'instauration des périmètres de protection et aux plans d'action adaptées à la protection de la ressource.

Sommaire

1. Introduction	15
2. Présentation du bassin versant	19
2.1. TOPOGRAPHIE	19
2.2. PLUVIOMETRIE	20
2.3. OUVRAGES D'EAU	21
2.4. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT ET IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES	22
2.5. MORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DU COURS D'EAU	25
2.6. MORPHOPEDOLOGIE	28
3. Délimitation des Bassins d'alimentation de captage	33
3.1. LA PRISE D'EAU DE SURFACE D'OUROVENI – BDAEP 14C1 ET BSS 12306X0051	33
3.1.1. Présentation	33
3.1.2. Qualité des eaux	35
3.1.3. Délimitation du BAC	36
3.2. LA PRISE D'EAU DE LA RETENUE COLLINAIRE DE COMBANI	38
3.2.1. Présentation	38
3.2.2. Qualité des eaux	38
3.2.3. Délimitation du BAC	39
3.3. LE DRAIN DE M'RERENI OU COMBADRAIN	41
3.3.1. Présentation	41
3.3.2. Qualité des eaux	43
3.3.3. Délimitation du BAC	43
3.4. LE FORAGE D'OUROVÉNI 1 – BSS 12306X0048/OURO01	45
3.4.1. Présentation	45
3.4.2. Qualité des eaux	48
3.4.3. Délimitation du BAC	48
3.5. LE FORAGE DE COMBANI KAHANI – BSS 12306X0047/COMB	50

3.5.1. Présentation	50
3.5.2. Qualité des eaux	52
3.5.3. Délimitation du BAC	53
3.6. LE FORAGE DE COMBANI M'RÉRÉNI – BSS 12306X0038/COMB	57
3.6.1. Présentation	57
3.6.2. Qualité des eaux	59
3.6.3. Délimitation du BAC	60
3.7. CARTE DU DECOUPAGE DES BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGE DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI	61
4. Caractérisation de la vulnérabilité.....	63
4.1. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES CAPTAGES SOUTERRAINS : APPLICATION DE LA METHODE IDPR.....	63
4.2. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES PRISES D'EAU DE SURFACE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR.....	65
4.3. CALCUL DES TEMPS DE TRANSFERT DU MRO OUA OUROVENI EN AMONT DE LA PRISE D'EAU	68
4.3.1. En condition de hautes eaux : application de la formule de Manning Strickler	69
4.3.2. En condition d'étiage : mesure des débits - vitesses in-situ.....	69
5. Caractérisation des pressions.....	73
5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXISTANTES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI.....	73
5.1.1. Urbanisation et aménagement.....	73
5.1.2. Activités rurales et agricoles	73
5.1.3. Sites industriels, sites et pratiques à risques	74
5.1.4. Risques naturels	75
5.2. CARTE DES PRESSIONS DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI	77
6. Evaluation du risque de pollution des bassins d'alimentation de captages du bassin versant du Mro Oua Oourovéni	79
6.1. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DES BAC DE SURFACE	79
6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BAC SOUTERRAIN.....	81

7. Recommandations	83
8. Conclusions	85
9. Références bibliographiques	89

Liste des illustrations

Illustration 1. Découpage du bassin versant de surface du Mro Oua Orovéni et localisation des ouvrages d'eau.....	20
Illustration 2. Géologie du bassin du Mro Oua Orovéni (extrait de la carte au 1/50 000, Stieljes 1988)	25
Illustration 3. Profil en long du Mro Oua Orovéni, de l'affluent Mro Oua Goméni (en rouge) et de l'affluent supérieur (sans nom) et positionnement relatif des ouvrages d'eau du bassin. Noter la proximité d'altitude des forages et du cours d'eau ou de ses affluents.....	26
Illustration 4. Chronique des débits de la rivière Orovéni enregistrés au niveau du captage entre 1995 et 2003 (données DAF). A noter : quelques lacunes de mesures en février, mars, avril 1996 et mai 2001. En l'absence de toute archive méthodologique sur les modalités de mesure des débits (établissement de la courbe de tarage et validité de celle-ci), il convient de garder une certaine réserve sur la pertinence des données anté 2003.	27
Illustration 5. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Orovéni au 1/50 000 (Latrille et al – 1981).....	31
Illustration 6. Somme de la production d'eau du captage de l'Orovéni de mai 2007 à août 2008	34
Illustration 7. Prise d'eau de surface d'Orovéni (cliché du 4 février 2009)	35
Illustration 8. Prolifération de la peste végétale (espèce <i>Salvinia molesta</i>) couvrant toute la superficie de la retenue (source : Collectivité Départementale de Mayotte)	39
Illustration 9. Régime de production hebdomadaire du drain de M'réréni de 2006 à août 2008.	42
Illustration 10. Production d'eau du forage Orovéni 1 de mai 2006 à mars 2008.....	46
Illustration 11. Forage d'Orovéni 1 (photographie du 4 février 2009)	46
Illustration 12. Chronique piézométrique du forage d'Orovéni 1 en m NGM entre septembre 2003 et février 2006 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR).....	48
Illustration 13. Le forage de Combani Kahani (photographie du 4 février 2009).....	51
Illustration 14. Chronique piézométrique du forage de Combani Kahani en m NGM entre juin 2003 et août 2007 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR)	52
Illustration 15. Profil topographique du bassin versant du forage de Combani Kahani.....	54
Illustration 16. Les BAC (a) et (b) du forage de Combani Kahani.....	55
Illustration 17. Forage de Combani M'réréni (photographie du 4 février 2009).....	58

Illustration 18. Chronique piézométrique du forage de Combani M'réréni en m NGM entre février 2003 et décembre 2005 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR).....	59
Illustration 19. Découpage des bassins d'alimentation des captages du bassin versant du Mro Oua Orovéni. En orange, les captages de surface du Mro Oua Orovéni et de la retenue collinaire et leurs bassins d'alimentation respectifs. En bleu foncé, vert, bleu clair et violet les captages souterrains d'Orovéni 1, de Combani M'réréni, de Combani Kahani, du drain de Miréréni (ou Combadrain) et leurs bassins d'alimentation respectifs.	61
Illustration 20. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages souterrains – bassin du Mro Oua Orovéni. Les codes couleur sont les suivants : bleu foncé pour le drain de M'réréni ou Combadrain, rose pour le forage de Combani M'réréni, bleu clair pour le forage de Combani Kahani et enfin violet pour le forage d'Orovéni 1.	64
Illustration 21. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Orovéni. En rose sont figurés les limites des bassins d'alimentation de captage, en haut de la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani, en bas de la prise d'eau de surface de l'Orovéni. (qui comprend aussi le bassin d'alimentation de la prise d'eau de la retenue collinaire).....	66
Illustration 22. Découpage du cours d'eau et de l'affluent du Goméni en amont du captage de l'Orovéni et localisation des jaugeages du 14/05/2009	68
Illustration 23. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Orovéni	77
Illustration 24. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression des BAC de surface de la prise d'eau de la retenue collinaire (triangle en bleu clair) et de la prise d'eau d'Orovéni (triangle en rose). En bleu très clair et gris figurent respectivement les temps d'atteinte au captage d'Orovéni bas de 2h en basses eaux et hautes eaux – bassin versant du Mro Oua Orovéni.....	80
Illustration 25. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression des BAC souterrains des forages de Combani Miréréni (en rose), Combani Kahani (en bleu clair), Orovéni 1 (en bleu) et du drain de M'réréni (en violet) – bassin versant du Mro Oua Orovéni.	81

Liste des tableaux

Tableau 1. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Combani M7 entre 1996 et 2008	21
Tableau 2. Informations relatives au captage de surface d'Orovéni	33
Tableau 3. Informations relatives à la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani.....	38
Tableau 4. Informations relatives au drain de M'réréni ou Combadrain	41
Tableau 5. Evolution des régimes de production d'eau du drain de M'réréni entre 2006 et 2008	43
Tableau 6. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du drain de M'réréni ou Combadrain	44
Tableau 7. Informations relatives au forage d'Orovéni 1.....	45

Tableau 8. Rabatements enregistrés au forage d'Orovéni 1.....	47
Tableau 9. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage d'Orovéni 1.....	49
Tableau 10. Informations relatives au forage de Combani Kahani.....	50
Tableau 11. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage de Combani Kahani.....	54
Tableau 12. Informations relatives au forage de Combani M'réréni.....	57
Tableau 13. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage de Combani M'réréni.....	60
Tableau 14. Caractéristiques des zones de découpage du Mro Oua Orovéni et de son affluent le Mro Oua Goméni, en amont du captage pour détermination des vitesses de transfert.....	69
Tableau 15. Localisation des points de mesure et résultats des débits du Mro Oua Orovéni et de l'affluent Mro Oua Goméni du 14 mai 2009.....	70
Tableau 16. Vitesses de transfert du cours d'eau et de son affluent Goméni et temps d'atteinte au captage d'Orovéni. Les débits de BE ont été mesurés le 14/05/2009.....	71
Tableau 17. Population des villages de Combani et Miréréni (chiffres INSEE 2007).....	73
Tableau 18. Sites industrielles et activités de service de la Collectivité départementale de Mayotte (source BRGM/RP-52906-FR). Les coordonnées sont données dans le système Combani 50.....	75

Liste des annexes

Annexe 1 Coupes techniques des forages d'Orovéni 1 (12306X0048/OURO01), de Combani Kahani (12306X0047/COMB) et de Combani M'réréni (12306X0038/COMB).....	93
Annexe 2 Analyses physico-chimiques des captages du bassin versant du Mro Oua Orovéni.....	99
Annexe 3 Jaugeages au sel du 14 mai 2009.....	103
Annexe 4 Détails des calculs d'application de la formule de Manning Strickler au Mro Oua Orovéni.....	111

1. Introduction

A l'heure actuelle, l'île de Mayotte est pourvue de 37 ouvrages d'eau en fonctionnement (20 forages ou drains d'eaux souterraines, 16 captages en rivière et une usine de dessalement) qui assurent l'alimentation de près de 187 000 habitants (chiffre INSEE 2007). Paradoxalement, malgré le développement des pressions, quasiment aucun de ces ouvrages ne fait l'objet de périmètres de protection comme prévu au titre de la loi sur l'eau de 1992¹.

Ainsi, considérant l'essor démographique et la pression des aménagements dont l'île est l'objet, il s'avère urgent de mettre en place les pratiques réglementaires de protection des ressources en eau.

Le BRGM, pour le compte de la DAF s'est engagé à mener en 2008/2009 les études relatives à la délimitation et à la caractérisation des Bassins d'Alimentation de Captages sur le bassin versant du Mro Oua Orovéni qui compte 6 ouvrages d'eau dont 5 en fonctionnement et 1 en instance de l'être au cours du second semestre 2009 :

- La prise d'eau du Mro Oua Orovéni (code BDAEP 14C1 et BSS 12306X0051) qui représente le captage le plus important du bassin versant ;
- La prise d'eau de la retenue collinaire de Combani dont les prélèvements sont transférés dans le bassin versant du Mro Oua Bouyouni ;
- Le forage de Combani-M'réréni (12306X0038/COMB) réalisé en 2002 et en instance de fonctionnement ;
- Le forage d'Orovéni 1 (12306X0048/OURO01) réalisé en 2004 et mis en exploitation en 2007 ;
- Le forage de Combani-Kahani (12306X0047/COMB) réalisé en 2003 et mis en fonctionnement très récemment (avril 2009) ;
- Le drain de M'réréni (12306X0008/HY) ou Combadrain mis en exploitation au début des années 80 ;

La nécessité des études à l'échelle des bassins d'alimentation de captages à Mayotte se justifie par l'insuffisance et/ou l'absence de nombreuses données, informations et connaissances géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques nécessaires à la définition pertinente des périmètres de protection de captages.

¹ A nuancer, à l'heure actuelle, il existe un périmètre de protection concernant la retenue collinaire de Combani (Arrêté préfectoral n°03 DAF/98). Par ailleurs, une étude préalable à la définition du périmètre de protection des forages de Kwalé – 12307X0022 et 12307X0100, cf. rapport BRGM/RP-53593-FR – existe, mais aucune suite n'a été donnée en termes d'instauration des périmètres de protection.

En ce qui concerne la définition de la méthodologie d'étude, le BRGM a travaillé sur l'élaboration d'une méthodologie nationale relative aux eaux souterraines (rapports BRGM/RP-55332-FR, RP-55874-FR et RP-55875-FR) qui peut être adaptée aux milieux poreux, aux aquifères karstiques ainsi qu'aux aquifères fissurés de socle et/ou - dans une certaine mesure – volcaniques. En complément, l'Office Fédéral Suisse de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP) a produit un guide à l'usage de la délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré (de type massif alpin) par l'élaboration d'une méthodologie plus spécifique appelée DISCO.

Après réflexion, les méthodologies BRGM et OFEFP ne peuvent être appliquées en l'état de manière pertinente sur l'île de Mayotte en raison des différences de contexte géologique, climatologique, d'occupation des sols, de la diversité des ouvrages d'eau (eau de surface et souterraine) et surtout de connaissances en général. En effet, ces méthodologies nécessitent dans leur application une certaine connaissance du milieu et un certain volume de données qu'il est – à l'heure actuelle – impossible de rassembler à Mayotte. Ces différences contextuelles et le déficit de connaissances et de données nécessitent un travail d'adaptation et l'élaboration de nouveaux protocoles d'étude. Par conséquent, en préambule aux études de caractérisation des bassins d'alimentation de captages de Mayotte, la rédaction d'un rapport méthodologique en août 2009 (BRGM/RP-57299-FR) adapté au contexte a été rédigé et a permis de fixer les modalités de ces études, de sélectionner les outils adéquats de caractérisation des vulnérabilités et surtout de proposer un cadre méthodologique commun applicable à l'ensemble des études BAC à Mayotte réalisées en 2009¹.

Très concrètement, l'étude des bassins d'alimentation de captage des eaux souterraines et de surface à Mayotte comporte trois volets, qui sont les axes usuellement présents dans les méthodologies et qui seront développés dans l'étude du bassin versant du Mro Oua Orovéni :

- **la délimitation de la surface d'alimentation** : il s'agit du tracé des limites de la surface participant à l'alimentation du captage. Pour chaque captage, le bassin considéré est la surface sur laquelle toute molécule d'eau issue des précipitations atteindra - à plus ou moins brève échéance – ce dernier. La délimitation des bassins d'alimentation de captage nécessite de connaître à la fois les comportements hydrologiques des eaux de surface et hydrogéologiques des eaux souterraines.
- **la détermination de la vulnérabilité intrinsèque** : au sein du bassin délimité, il s'agit de déterminer les secteurs les plus contributifs à l'alimentation du captage de surface ou souterrain et donc susceptibles de représenter un vecteur de pollution prépondérant en cas de pollution exercée sur la surface du BAC. L'estimation de la vulnérabilité des captages de surface et souterrains est basée sur le rapport infiltration / ruissellement déterminé par calcul de l'IDPR adapté à Mayotte – c'est-à-dire en contexte volcanique insulaire sous climat tropical. En ce qui concerne les eaux de surface, la vulnérabilité se verra complétée par l'étude des temps et

¹ Une exception toutefois ; l'étude du bassin d'alimentation de l'usine de dessalement de Pamandzi (Petite terre, rapport BRGM/RP-57112-FR) ne répond pas à l'application de la méthodologie développée en raison de l'originalité du milieu exploité – à savoir le milieu marin ouvert.

modalités de transfert des eaux (et par extension d'éventuels polluants en amont des captages) par jaugeages en basses eaux et application des formules de Manning Strickler en hautes eaux.

- **le recensement et l'évaluation des pressions exercées sur la surface du bassin d'alimentation** : l'inventaire des types de pression réalisé à l'échelle de l'île permet de hiérarchiser ces dernières en fonction de leur incidence sur la ressource utilisée à des fins d'eau potable. Sur la surface de chaque BAC, seront identifiées les pollutions potentielles (en nature et volume) auxquelles le captage est exposé.

L'essentiel de la démonstration repose sur la description physique, géologique, hydrologique et hydrogéologique des BAC, ainsi que sur l'utilisation de l'outil IDPR pour la caractérisation de la vulnérabilité. Au final, le croisement des informations de vulnérabilité et de pressions hiérarchisées permet d'appréhender – dans les limites de la surface du bassin d'alimentation - le risque réel encouru par le captage en termes de dégradation de la qualité des eaux par pollution diffuse et/ou chronique. Sur la base de ces informations, des recommandations et vigilances particulières seront à observer sur les zones les plus exposées, c'est-à-dire où les secteurs les plus vulnérables coïncident avec les pressions les plus fortes. Ces résultats permettront d'estimer le degré de protection de la ressource captée et surtout d'envisager la nature, le volume et les conditions du travail à mettre en œuvre avec la poursuite des études hydrogéologiques préalables à l'instauration des périmètres de protection de captages (envisagées pour 2010/2011).

2. Présentation du bassin versant

2.1. TOPOGRAPHIE

Le bassin versant du Mro Oua Orovéni est le plus étendu de Mayotte. De direction NNE-SSO, il s'étend entre les crêtes du massif du Mtsapéré (572 m NGM¹), le Mlima Combani qui en constitue son point haut (477 m NGM), le Mlima Chiconi et la baie de Tsingoni en aval. La superficie du bassin est de 24 km², le périmètre de 24,8 km pour une longueur de 10 km sur 3,3 km de large (cf. Illustration 1). L'indice de compacité de Gravelius² du bassin est de 1,42 correspondant à un bassin relativement allongé (cf. rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR).

Le bassin versant de l'Orovéni accueille deux villages de taille relativement importante : le village de Combani au pied de la retenue collinaire et le village voisin de Miréréni. Le village de Mrowalé – en direction de Tsingoni – est partiellement recoupé par la limite de bassin versant, seules quelques habitations et l'école d'insertion se situent de ce côté du bassin. Quelques habitations du village de Kahani sont présentes au sein du bassin versant.

Les activités industrielles sont peu développées au sein du bassin versant. Les activités sont essentiellement agricoles, avec la culture de l'ylang ylang, des bananeraies, de la vanille, principalement. L'inventaire des activités est détaillé dans le § 5.1.

¹ Nivellement Général de Mayotte

² L'indice de compacité de Gravelius est le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface

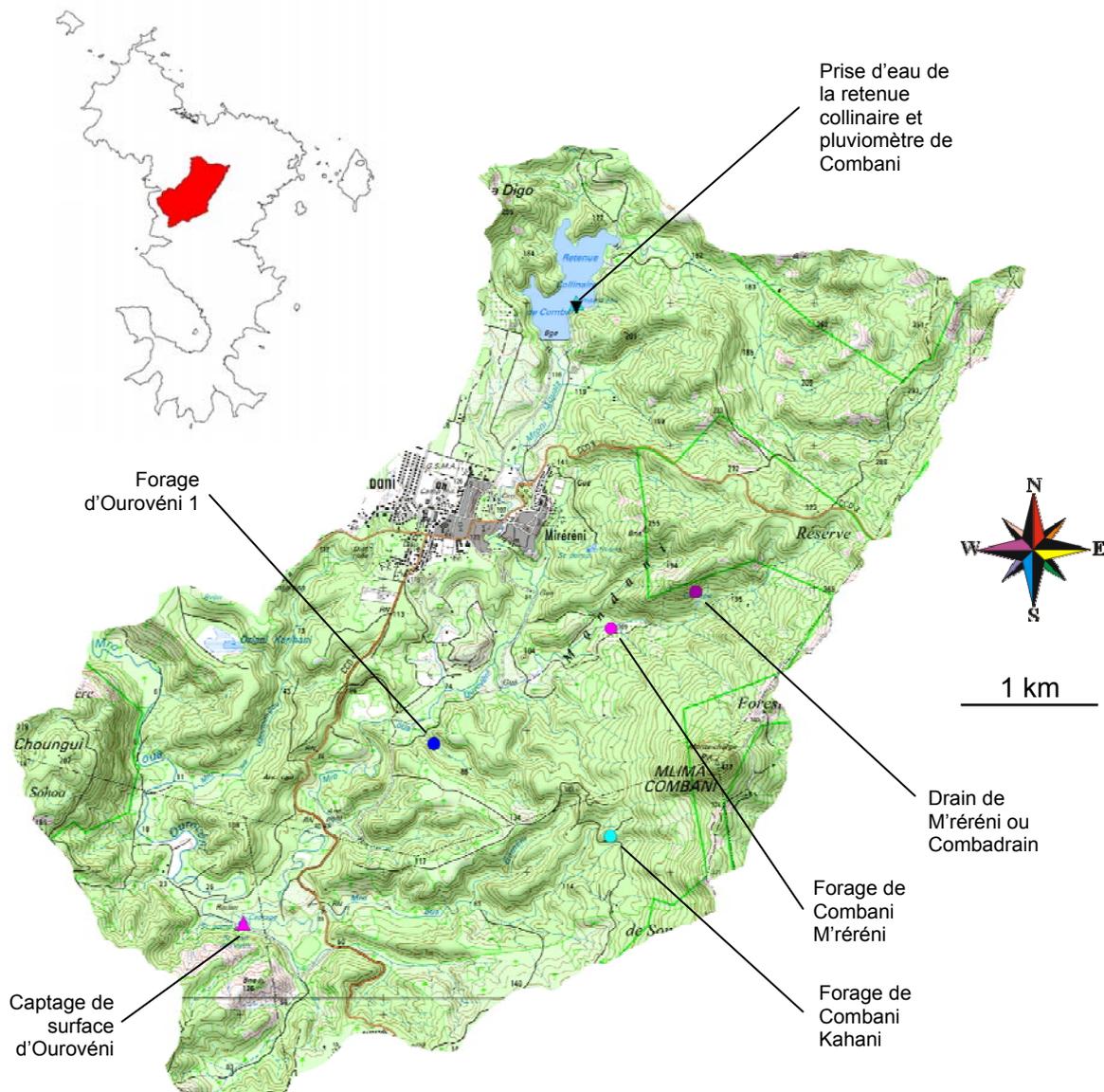


Illustration 1. Découpage du bassin versant de surface du Mro Oua Oourovéni et localisation des ouvrages d'eau.

2.2. PLUVIOMETRIE

Les précipitations interceptées par le nord du bassin versant du Mro Oua Oourovéni sont enregistrées par la DAF au niveau de la station météorologique de Combani (code M7) qui est située au bord de la retenue collinaire du même nom (Illustration 1). Les coordonnées de la station sont les suivantes :

$$X_{\text{RGM04}} = 515\,574 \text{ m} \quad Y_{\text{RGM04}} = 8\,587\,704 \text{ m} \quad \text{et} \quad Z = 140 \text{ m NGM}$$

La chronique des précipitations mensuelles est enregistrée depuis 1996 ; elle est présentée au Tableau 1. L'analyse des annuaires de données DAF entre 1996 et 2008 montre que les précipitations moyennes annuelles sur le bassin (cumuls mensuels)

sont de 1690 mm avec une certaine variabilité comprise entre 1274 mm et 2193 mm pour les années respectivement les plus sèches (1998) et les plus pluvieuses (2008) et avec plus de 550 mm mensuels pour le mois le plus pluvieux (janvier 2004).

Les précipitations enregistrées à la station de Combani sont parmi les plus abondantes enregistrées à Mayotte et celles qui montrent les variabilités les plus faibles.

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Cumul annuel (mm)	2049	1393	1274	1555	1715	1278	2089	1561	2068	1485	1831	1486	2193
Moyenne sur la période 1996-2008 (mm)	1690												

Tableau 1. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Combani M7 entre 1996 et 2008

La valeur moyenne des précipitations annuelles de 1996 à 2008 sera prise comme valeur de référence dans l'estimation de la surface d'alimentation théorique des captages. Ce choix, expliqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR est conforté dans le bassin du Mro Oua Orovéni par les arguments suivants :

- la station pluviométrique est la seule disponible sur le bassin bien qu'en position non centrée sur celui-ci;
- l'altitude moyenne du bassin est proche de l'altitude de la station (environ 100 m NGM) ;
- Les variabilités de pluviométrie d'une année sur l'autre sont modérées.

2.3. OUVRAGES D'EAU

A l'heure actuelle, le bassin du Mro Oua Orovéni comporte six ouvrages d'eau, 4 exploitant les eaux souterraines et 2 exploitant les eaux superficielles :

- Les ouvrages d'eau souterraine sont : les forages d'Orovéni 1 (BSS : 12306X0048/OURO01) de Combani Kahani (12306X0047/COMB) et de Combani M'réréni (12306X0038/COMB). Le dernier ouvrage d'eau est particulier, puisqu'il s'agit du drain de M'réréni (ou Combadrain) qui draine la source la plus importante connue à Mayotte. A l'heure actuelle, seuls les forages d'Orovéni 1 et de Combani-Kahani sont exploités, respectivement depuis 2007 et avril 2009. Le forage de Combani M'réréni - foré pendant la campagne de 2001-2003 - n'est pas encore exploité en raison de la non-disponibilité de l'électricité. L'approvisionnement en électricité est prévu pour fin 2009.

- Les ouvrages d'eau de surface sont : le captage d'Orovéni (BDAEP 14C1 et BSS 12306X0051) et la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani.

Le SIEAM est le principal exploitant des ressources en eau et a notamment la charge de comptabiliser les prélèvements.

A ces ouvrages d'eau, il faut rajouter la retenue collinaire de Combani. Créée dans les années 90, elle a pour fonction de constituer une réserve suffisante en hautes eaux qui permet de soutenir le régime d'étiage du Mro Oua Orovéni. Cette retenue permet donc de satisfaire les prélèvements de la prise d'eau située au bord de la retenue et de maintenir les prélèvements au niveau du captage d'Orovéni, particulièrement en saison sèche.

En ce qui concerne la prise d'eau de la retenue, les prélèvements de cette dernière sont envoyés à l'usine de traitement de Bouyouni (au nord) via les prises d'eau de surface de Bouyouni haut et bas (cf. rapport BRGM/RP-57108-FR) pour l'alimentation des secteurs de Bouyouni, Dzoumognè, Bandraboua et Longoni.

2.4. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT ET IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES

Le bassin versant du Mro Oua Orovéni n'a jamais fait l'objet d'investigations géologiques détaillées. Les informations géologiques existantes sont : la carte géologique au 1/50 000 (Stieljes – 1988) qui constitue le document le plus complet à l'échelle du bassin et quelques études préalables aux campagnes de forages de reconnaissance (BRGM/RP-52054-FR, BRGM/RP-52721-FR, DAF SER JUIN 2004) pendant lesquelles des profils géophysiques et des relevés géologiques de terrain ont été réalisés sur des versants localisés.

D'après les informations de la carte géologique (Stieljes - 1988), le bassin versant du Mro Oua Orovéni se compose de deux édifices volcaniques distincts séparés par le lit du Mro Orovéni.

La partie orientale du bassin versant, en rive gauche du Mro Oua Orovéni - c'est-à-dire les contreforts de la ligne de crête qui rejoint le Mont M'tsapéré et le Mlima Combani en passant par Vahibé - appartient à l'édifice volcanique du bouclier ancien méridional d'âge Mio-pliocène (8 à 4 Ma¹). Il s'agit essentiellement de basaltes de la série ankaramitique ou localement à néphéline et altérés en boules.

La partie ouest du bassin versant, en rive droite du Mro Oua Orovéni est composé des produits de l'activité volcanique plus récente (1,5 à 1,4 Ma) de l'édifice du Mlima Digo et dans une moindre mesure de celui du M'tsapéré. Il s'agit essentiellement de coulées différenciées de fond de vallée (séries des trachy-basaltes, trachy-andésites, trachyte, etc.). Les sommets du M'tsapéré et du Mlima Combani sont des intrusions

¹ Millions d'années

tardives de laves phonolithiques (type dômes) du même âge Pléistocène (1,8 à 1,4 Ma = stade maximal de différenciation magmatique).

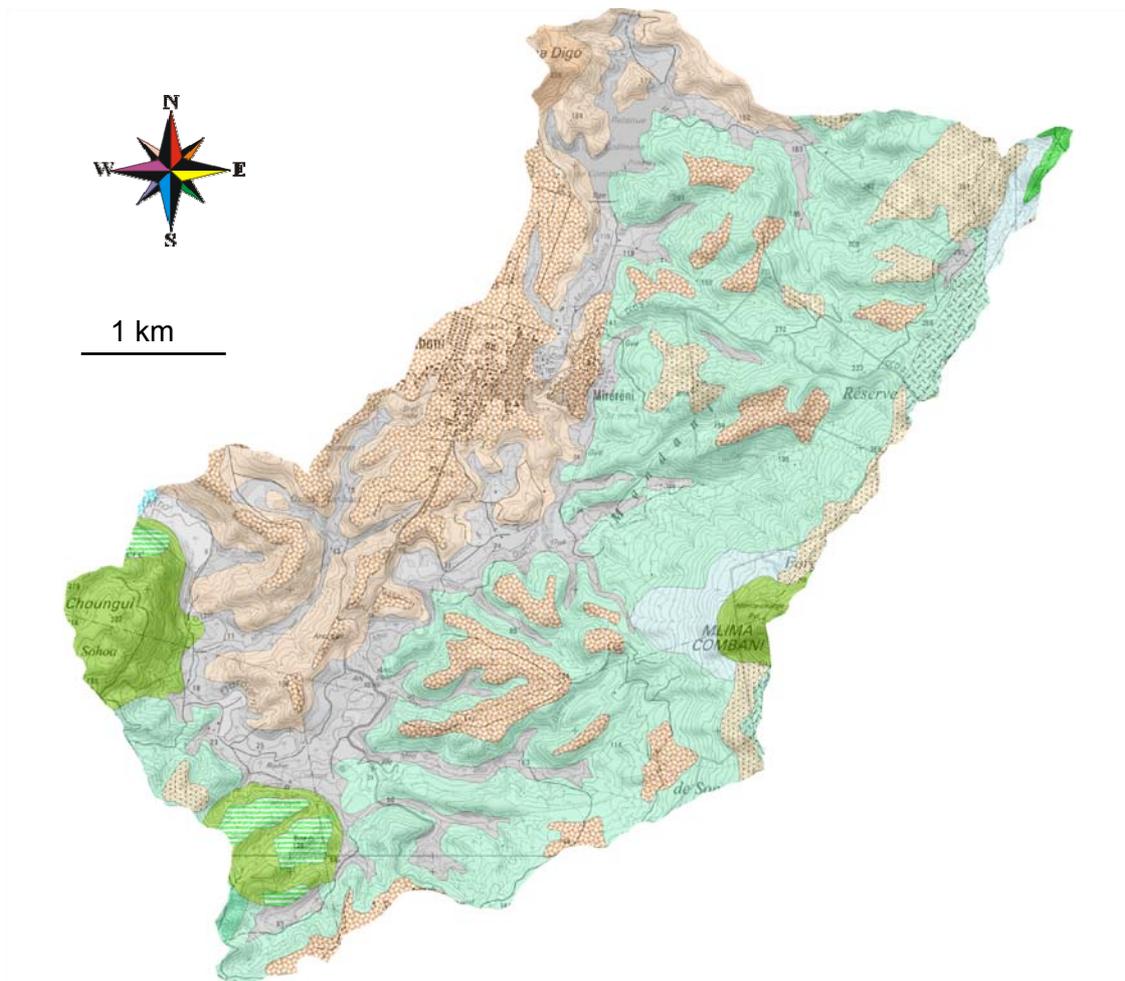
Pour l'essentiel, ces formations basaltiques sont érodées (à l'exception souvent des dômes phonolithiques) et les produits d'érosion : altérites, colluvions et kaolinites tapissent les pentes et fonds de vallée du bassin versant. Par exemple, il est à noter que le lit majeur du Mro Oua Orovéni se développe sur des formations d'accumulations (blocs, limons, argiles, souvent ferrallitiques).

Le secteur de Combani qui inclut le village du même nom ainsi que la région comprise entre le lac du Dziani Karihani et le village de Tsingoni montre une morphologie particulière de plateau (topographie subhorizontale d'altitude fixée entre 100 et 120 m NGM) qui est partagé entre le bassin versant du Mro Oua Orovéni à l'Est et celui du Mro Walé à l'Ouest. Cette formation incisée par de nombreuses ravines qui rejoignent le Mro Oua Orovéni ou le Mro Walé voit ses reliefs armés par une surface importante de dépôts volcano-détritiques conséquents à l'activité de l'édifice volcanique du Digo (cendres et pyroclastites) déposés en recouvrement. Ces dépôts sont indurés. Les coupes techniques des forages de Combani 1 (BSS 12306X0009) et Combani 2 (BSS 12306X0010) font état de cette épaisseur importante, entre 20 et 25 m (cf. rapport R35165 REU 4S 92) et également de la nature souvent altérée voire colmatée des formations.

Comme noté ci-dessus, il est très important de remarquer qu'à l'échelle de la carte géologique, le Mro Oua Orovéni se développe et progresse en suivant la limite lithologique entre les deux principaux édifices volcaniques, à l'image des observations faites sur d'autres bassins versants (cf. rapport BRGM/RP-56600-FR). Les contacts entre deux systèmes de coulées décalés dans le temps sont des zones de faiblesses dans lesquels les cours d'eau développent leur extension. Par conséquent l'orientation des cours d'eau marque souvent l'axe d'extension des paléocoulées. Ce phénomène contribue aussi à l'inversion de reliefs (les coulées qui arment les reliefs sont plus anciennes que celles des fonds de vallées mais d'orientation assez proche).

En aval le Mro Oua Orovéni contourne le mont Ochoungui (dôme phonolitique Pliocène, 2,4 à 2,5 Ma) par le Nord, car de lithologie plus compétente.

Ainsi, malgré ce support remarquable d'informations géologiques, la connaissance des faciès et des géométries à l'échelle du bassin versant reste limitée.



Géologie

- Altération fumerolienne
- Altérites ferrallitiques pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur (bad-land)
- Anneaux de pyroclastiques trachytiques (ash-ring) de Kawéni
- Anneaux de pyroclastiques trachytiques (ash-ring) de Kawéni + appareil volc et p
- Basaltes
- Basaltes + appareil volc et projection
- Basaltes ankaramitiques et basaltes à hornblende
- Basaltes ankaramitiques(βfN)
- Basaltes ankaramitiques(βfS)
- Basanites essentiellement (βN), altérés
- Basanites à olivine
- Caye de sable corallien
- Cinérites et ponces trachytiques de Pamandzi

-  Cinérites et ponces trachytiques de Pamandzi + appareil volc et projection
-  Colluvions de versants
-  Formations de rivières = alluvions et petites accumulations
-  Gordons littoraux
-  laves indifférenciées de fond vallée du M'Sapéré
-  laves indifférenciées de fond vallée du M'Sapéré + appareil volc et projection
-  Mangrove (limon sableux)
-  Phonolites
-  Phonolites alcalines : piton
-  Phonolites alcalines du sud de l'île: pitons dôme
-  Plaines alluviales ou littorales (alluvions fines)
-  Projections de cendres en couverture de plusieurs mètres d'épaisseur
-  Récif corallien
-  Sables
-  Scories basaltiques prépondérantes
-  Téphrites phonolitiques

Illustration 2. Géologie du bassin du Mro Oua Orovéni (extrait de la carte au 1/50 000, Stieljes 1988)

2.5. MORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DU COURS D'EAU

Le Mro Oua Orovéni prend sa source sur les versants sud-ouest du massif du M'tsapéré et sud-est du massif du Digo. Le cours d'eau peut se segmenter en deux tronçons, séparés par la retenue collinaire de Combani qui joue le rôle de rupture hydraulique. Par conséquent, le bassin versant peut être divisé en deux unités qui ont été validées lors de l'élaboration du SDAGE de Mayotte (ASCONIT 2006) et chaque unité est identifiée comme une masse d'eau à part entière (de code FRMR14 pour le bassin en amont de la retenue et FRMR15 pour le bassin en aval).

En termes de morphologie, sur le linéaire intégral du cours d'eau, il est possible de distinguer plusieurs tronçons distincts (comme indiqué en Illustration 3).

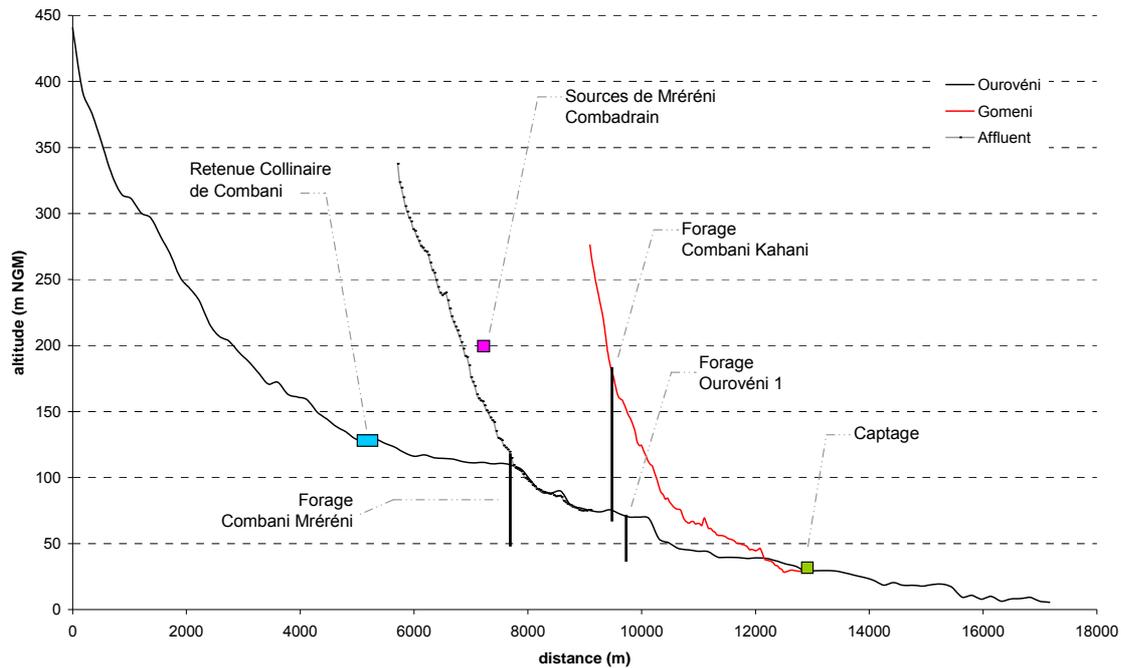


Illustration 3. Profil en long du Mro Oua Oourovéni, de l'affluent Mro Oua Goméni (en rouge) et de l'affluent supérieur (sans nom) et positionnement relatif des ouvrages d'eau du bassin. Noter la proximité d'altitude des forages et du cours d'eau ou de ses affluents

- i. Le tronçon en amont de la retenue collinaire de Combani est constitué d'un drain orienté grossièrement est-ouest, relativement encaissé dans sa partie extrême amont et comportant quelques affluents de versant aux contributions non pérennes. La pente moyenne de cette portion de l'Oourovéni est estimée entre 7 et 10 % et la largeur du lit mineur ne dépasse pas 2 m en moyenne.
- ii. Le tronçon directement en aval de la retenue collinaire jusqu'à l'altitude de 106 m NGM, le changement se marque par un élargissement du profil de la rivière, l'existence d'une plaine alluviale significative (plateau de Combani) et un adoucissement très prononcé de la pente du cours d'eau - moins d'1 %. Le cours d'eau prend une orientation nord-sud. La largeur du lit mineur reste de 2 m en moyenne.
- iii. Une succession de deux tronçons marqués une rupture de pente importante entre 106 et 50 m NGM. Le cours d'eau s'évase, grâce notamment aux contributions des affluents de Miréréni et de Combadrain (largeur du lit mineur de plus de 3 m).
- iv. Un dernier tronçon entre 50 m NGM et le captage d'Oourovéni marqué par un radoucissement de la pente du cours d'eau, la formation de larges méandres et les deux affluents principaux, le Mro Oua Goméni et le Mro Oua Haoutoungou qui se fondent dans le cours principal aux altitudes respectives de 30 et 11 m NGM. A noter que le Mro Oua Goméni participe à l'alimentation du captage. Le lit mineur est plus large (> 6 m) et plus profond.

La distance entre l'extrême amont du cours d'eau et l'embouchure est de 17,8 km. Le développement du réseau montre : une densité de drainage D_d^1 de 2,86 km/km² et une densité hydrographique F^2 de 2,1 canaux/km² environ. La densité de drainage D_d est sensiblement supérieure à la valeur moyenne calculée à l'échelle de l'île (2,44 km/km², cf. rapport BRGM/RP-57299-FR) alors que la valeur de F est la valeur courante à l'échelle de l'île. Ces indices suggèrent que le bassin a un comportement très représentatif de la moyenne de l'île et ne montre pas de capacités tranchées en termes de développement du réseau hydrographique ou en termes d'infiltration (du moins à cette échelle où ces valeurs sont uniformisées et ne rendent pas compte des disparités plus locales).

Les débits du Mro Oua Orovéni sont mesurés par la DAF depuis 1995 au niveau du captage (station G5 - Illustration 4). En 2003, le site de mesure a été déplacé 800 m en amont, sous le pont de la RN à l'altitude de 40 m NGM.

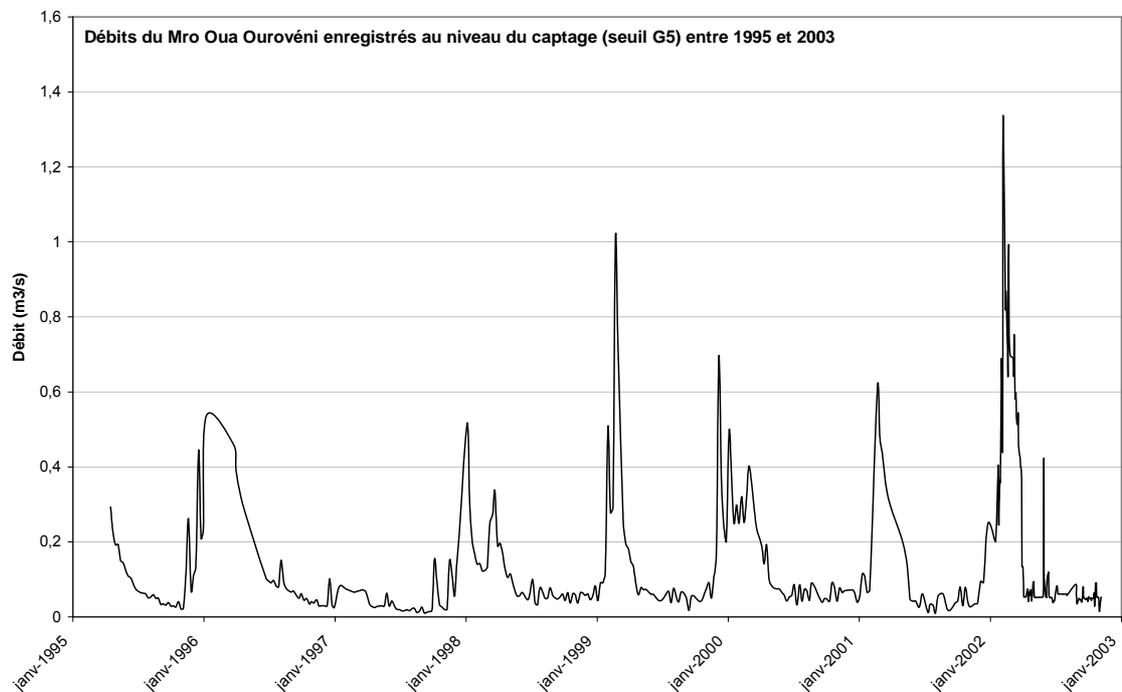


Illustration 4. Chronique des débits de la rivière Orovéni enregistrés au niveau du captage entre 1995 et 2003 (données DAF). A noter : quelques lacunes de mesures en février, mars, avril 1996 et mai 2001. En l'absence de toute archive méthodologique sur les modalités de mesure des débits (établissement de la courbe de tarage et validité de celle-ci), il convient de garder une certaine réserve sur la pertinence des données anté 2003.

¹ $D_d = \sum L_i / A$ [km/km²] avec L_i la longueur du cours d'eau et A la surface du bassin versant

² $F = \sum N_i / A$ avec N_i nombre de canaux, à savoir le nombre de cours d'eau d'ordre de Strickler=1 et A la surface du bassin versant

A la lecture du graphique, des travaux de Lapègue (Lapègue – 1999) et en comparaison avec les autres cours d'eau de Mayotte, le Mro Oua Orovéni est le cours d'eau qui témoigne du potentiel hydrologique le plus important de l'île.

A titre d'exemple, les travaux de Lapègue indiquent des débits caractéristiques d'étiage moyens de l'ordre de 67 L/s et minimum de 31 L/s. Les débits de pointe, estimés théoriquement à plus de 5 m³/s n'ont jamais pu être mesurés sur place.

Le débit spécifique du bassin mesuré en 1995 (Lapègue – 1999) affiche une valeur de 1,1 L/s/km², soit une valeur assez faible, au regard des valeurs moyennes enregistrées (pour information, à Mayotte, la moyenne des débits spécifiques est de 2 L/s/km² pour les cours d'eau permanents). En l'absence de tout prélèvement, cette valeur - peu élevée - témoigne soit d'une faible restitution des eaux souterraines dans les eaux de surface soit de phénomènes importants d'évapotranspiration. Or les prélèvements sont importants sur le bassin ; outre les prélèvements pour l'usage AEP et agricoles ou domestiques (relativement importants), la présence de la retenue collinaire contribue aussi à la diminution du débit spécifique du bassin. D'autres hypothèses consistent à envisager (i) que les capacités aquifères du bassin sont très limitées et par conséquent, les phénomènes d'infiltration / exfiltration par unité de surface ne sont pas suffisants pour soutenir les débits d'étiage de la rivière, ou (ii) que les prélèvements d'eau souterraine sont trop importants pour être négligés (notamment les prélèvements au drain de Miréréni, effectifs depuis 1986-1987 à hauteur de 30 à 40 m³/h) soit (iii) les exfiltrations se produisent en aval de la prise d'eau ou - cas extrême - dans le bassin versant voisin.

Comparativement à l'emprise du bassin versant de surface, la part des eaux souterraines restituées au BAC de surface est donc négligeable. Compte tenu des valeurs de D_d et de F , usuelles voire supérieures à ce qu'il est possible de rencontrer sur l'île, il est très probable que les prélèvements AEP et agricoles, mais aussi souterrains au niveau du drain de Miréréni (de l'ordre de 30 à 40 m³/h) soient les raisons principales de ce déficit. Des études hydrologiques complémentaires portant sur le recensement des prélèvements agricoles et domestiques ainsi que sur l'actualisation du bilan hydrologique du bassin permettraient de préciser les raisons et volumes de ce déficit.

2.6. MORPHOPÉDOLOGIE

Les formations pédologiques rencontrées dans le bassin versant du Mro Oua Orovéni ont été décrites par le CIRAD (Latrille 1981) et sont représentées en Illustration 5. Sur le modèle des formations géologiques assez hétérogènes à l'échelle du bassin versant, les formations pédologiques témoignent de cette même hétérogénéité (à opposer par exemple à la relative uniformité des formations pédologiques tapissant le bassin versant du Mro Oua Gouloué, cf. rapport BRGM/RP-57109-FR). Quatre formations majeures se détachent par leur occupation :

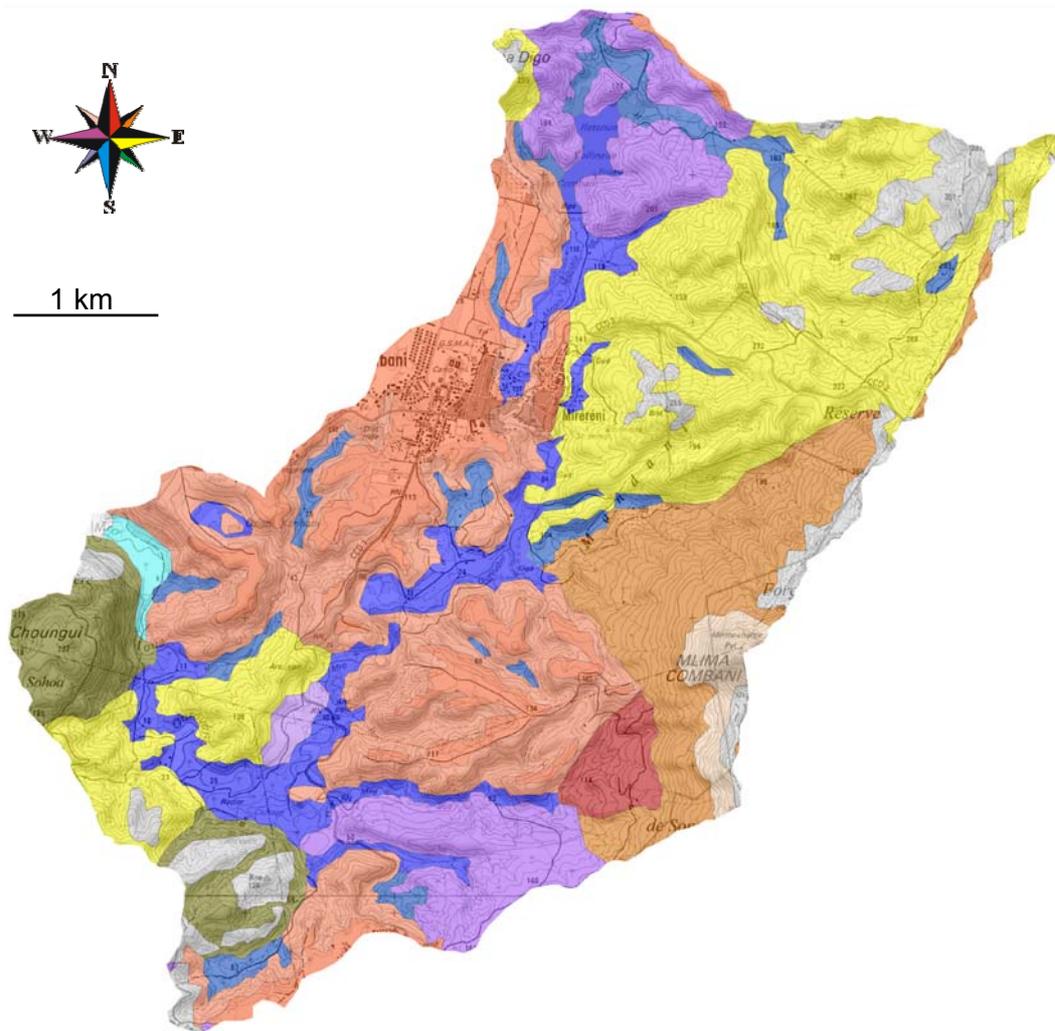
- **en jaune** ; les altérites ferrallitiques remaniées de pentes moyennes à fortes. Ces formations apparaissent surtout dans le quart Nord Est du bassin, au dessus de

150 m NGM et correspondent aux résultats de l'altération des reliefs du M'tsapéré. Il s'agit de sols bruns, jeunes et peu développés en profondeur (faciès 18).

- **en orange** ; il s'agit des horizons de cendres couvrant les plateaux et planèzes (essentiellement localisé autour du village de Combani). Ces formations sont altérées et souvent peu remaniées (faciès 14, 15a et 15b).
- **en violet** ; les formations superficielles les plus fréquentes sont des formations altéritiques ferrallitiques remaniées qui tapissent les planèzes et versant à pentes moins prononcées. Ces formations sont souvent plus développées en épaisseur que les sols bruns et sont - de la même manière - attribuées au volcanisme récent du M'tsapéré et du Mlima Digo (faciès 17).
- **en marron**, à proximité du Mlima Combani apparaissent les formations altéritiques du volcanisme ancien. Il s'agit d'altérites de versants, décapées et identifiées comme sols bruns peu évolués (faciès 19 et 20).

Localement sont recensées quelques plus petites unités pédologiques, à savoir :

- Les fonds de vallée, au départ de la retenue collinaire de Combani, en descendant sur les villages de Combani M'réréni et les vallées d'altitudes intermédiaires (vers 70 m NGM et vers 25 m NGM) ainsi que quelques affluents rive droite ou rive gauche montrent un remplissage alluvial et colluvial indifférencié. Ces formations évoluent vers des formations plus alluviales en base de bassin (prédominance de limons et d'argiles sur les blocs, faciès 6).
- Les formations de type padzas en gris qui couvrent les crêtes délimitant le bassin versant, le long de la ligne du Mlima Combani au M'stapéré : formations pédologiques de type sols ferrallitiques en place. Il s'agit essentiellement de modelés de type padza, qui montrent une épaisseur de développement relativement élevée. Quelques taches apparaissent aussi au sud du bassin, au sommet des reliefs photnolitiques (le mont Ochoungui par exemple, type de relief identifié comme des roches en place, en vert sur l'illustration, faciès 12a et 12b).



LEGENDE

- 1/ Mangrove/ 645 ha
- 10a / Cônes volcaniques phase récente/70 ha
- 10b/Cônes volcaniques phase recente/80 ha
- 10c/Cônes volcaniques phase recente/140 ha
- 10d/Cônes volcaniques phase recente/410 ha
- 11/Cônes volcaniques phase moyenne/70 ha
- 12a/Reliefs résiduels du volcanisme intrusif ancien/50 ha
- 12b/Reliefs résiduels du volcanisme intrusif ancien/290 ha
- 13/Volcanisme moyen Bad-Lands = PADZA/1980 ha
- 14/Volcanisme moyen PLANEZESversants/2055 ha
- 15a/Volcanisme moyen PLANEZES plateaux/1140 ha
- 15b/Volcanisme moyen PLANEZES plateaux/200 ha
- 16a/Volcanisme moyen Croupes: Système de Mtsangamouji/505 ha
- 16b/Volcanisme moyen Croupes :Système de Koungou-Kangani/830 ha

- 17/Volcanisme moyen Croupes :Système de Dzoumogne-Longoni/4010 ha
- 18/Volcanisme moyen Crêtes.Pentes<60%/4510 ha,Pentes>60%/390 ha
- 19a/Volcanisme ancien:versants a coulées boueuses décapées/2225 ha
- 19b/Volcanisme ancien:versants a coulées boueuses décapées/130 ha
- 2/Plaines littorales transition avec la mangrove/170 ha
- 20a/Volcanisme ancien:versants à coulées boueuses très décapées/10755 ha-125 ha
- 20b/Volcanisme ancien versants à coulées boueuses très décapéesP>60%/125 ha
- 21a/Volcanisme ancien versants à coulées boueuses peu décapées/925 ha
- 21b/Volcanisme ancien versants à coulées boueuses peu décapées/340 ha
- 22/Volcanisme ancien Crêtes Pentes<60%/1410 ha Pentes>60%/1400 ha
- 3/Plaines littorales Plaines/1060 ha
- 4a/Plaines Intérieures/300 ha.4b non cartographié
- 5/Glaciais d'épandage/180 ha
- 6/Fonds de vallées indifférenciées/1145 ha
- 7a/Nappes de matériel pyro-clastique à tuf de ponces /220 ha
- 7b/Nappes de matériel pyro-clastique à tuf de ponces/30 ha
- 8a/Nappes de matériel pyro-clastique à tuf de lapili/220 ha
- 8b/Nappes de matériel pyro-clastique à tuf de lapili/45 ha

Illustration 5. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Orovéni au 1/50 000 (Latrille et al – 1981)

Ainsi, à l'Est du bassin versant, c.à.d. en rive gauche du Mro Oua Orovéni se trouvent les formations pédologiques les moins développées en profondeur, remaniées voire décapées (faciès 18, 19 et 20). Au contraire, au sud et à l'ouest du bassin versant, les formations pédologiques sont plus développées en profondeur et moins remaniées.

3. Délimitation des Bassins d'alimentation de captage

3.1. LA PRISE D'EAU DE SURFACE D'OUROVENI – BDAEP 14C1 ET BSS 12306X0051

3.1.1. Présentation

La prise d'eau de surface d'Ourovéni est de loin l'ouvrage d'eau le plus productif du bassin versant voire de l'île : il assure environ 80 % des prélèvements opérés sur le bassin et 32 % des prélèvements opérés sur l'île depuis sa mise en service en 1992.

Nom	Ourovéni
Code Commune	98505
Commune	CHICONI
Section	AC
Titre	T4190
Parcelle	23
Propriétaire	Collectivité départementale de Mayotte
Coord X_{RGM04}	513 252 m
Coord Y_{RGM04}	8 583 375 m
Coord Z_{NGM}	25 m
Code BDAEP	14C1
Chronique prélèvement	Débitmètres entrée de station. Enregistrement depuis mai 2007 Noter le défaut de débitmétrie au 1 ^{er} trimestre 2008
Date de création	1992
Mode exploitation	pompage
Remarque	Etat de l'ouvrage correct

Tableau 2. Informations relatives au captage de surface d'Ourovéni

L'illustration 6 retrace la chronique de production hebdomadaire du captage d'Oouvéni entre mai 2007 et août 2008. Les prélèvements moyens réalisés sur le cours d'eau se situent entre 40 000 et 48 000 m³/semaine avec un pic de prélèvement enregistré à 55 000 m³ la semaine du 23 décembre 2007. On remarquera qu'à la suite d'une lacune d'enregistrement au premier trimestre 2008 (panne du débitmètre), le régime d'exploitation du captage a été revu à la baisse (moyenne de 44 000 m³/semaine).

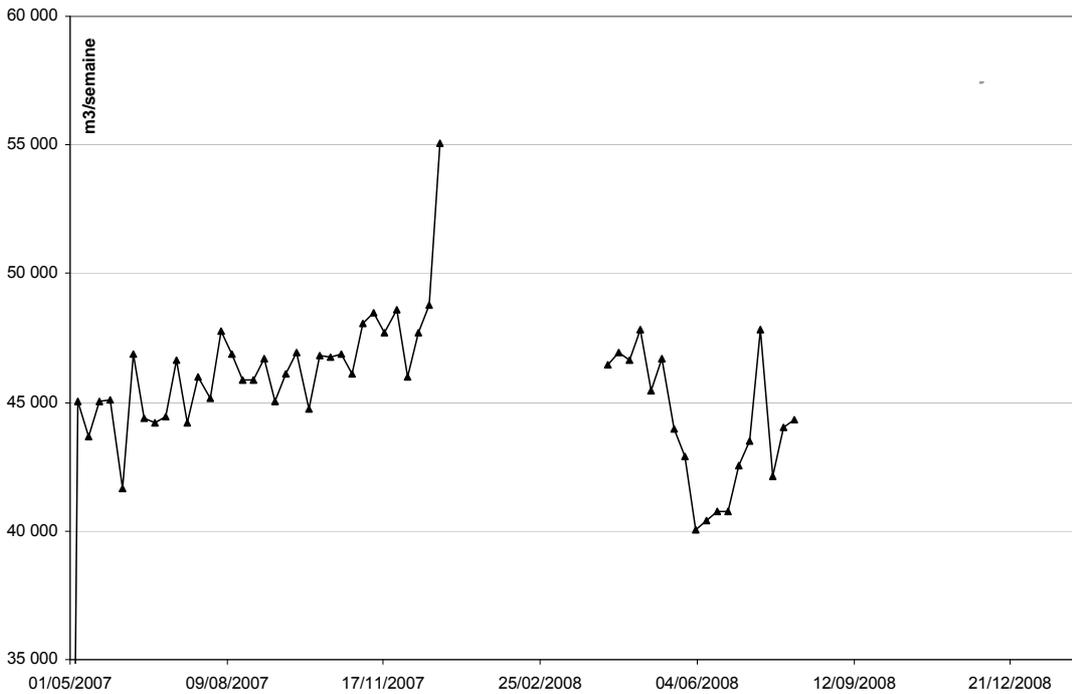


Illustration 6. Somme de la production d'eau du captage de l'Oouvéni de mai 2007 à août 2008

La prise d'eau en rivière est composée d'un seuil en béton qui barre l'ensemble du lit du cours d'eau. Une grille placée au milieu du seuil permet l'infiltration des eaux, qui par gravité vont rejoindre la station de potabilisation d'Oouvéni à quelques mètres du seuil avant d'être injectées dans le réseau de distribution. La pratique des prélèvements en rivière provoquent souvent de sévères étiages sur la partie aval de la majorité des rivières captées.



Brgm©

*Illustration 7. Prise d'eau de surface d'Ourovéni
(cliché du 4 février 2009)*

3.1.2. Qualité des eaux

La qualité des eaux du captage de surface d'Ourovéni a fait l'objet de trois analyses entre 2000 et 2007 (présentées en Annexe 3). Dans l'ensemble, ces analyses s'accordent sur les points suivants :

- Une turbidité des eaux très élevée en saison des pluies (autour de 200 NFU¹ avec quelques pics supérieurs à 1000 NFU) et de 3 à 7 NFU en saison sèche, soit une turbidité moyenne assez élevée quelques soient les saisons ;
- des teneurs très fortes en fer et manganèse. Le fer affiche par 2 fois des concentrations de 0,8 à 1,96 mg/L, et la troisième fois, il se retrouve absent de l'analyse. Le manganèse n'a été mesuré qu'une seule fois autour de 400 µg/L, ce qui, en théorie, traduit soit une participation des nappes à l'alimentation du cours d'eau (la mise en solution du fer et du manganèse étant favorisée au sein des aquifères, mais rarement à de telles concentrations) soit une pollution d'origine métallique (ce qui peut s'expliquer par les nombreuses décharges sauvages composés d'ordures ménagères, électroménagères et de carcasses automobiles, etc.). Ces observations et la variabilité des concentrations de fer sont des arguments qui penchent davantage pour une origine de type pollution métallique chronique ;
- Il est important de noter que la concentration des couples Ca^{2+}/Mg^{2+} est plus importante en saison sèche qu'en saison humide (analyses du 13/02/2003 et du 16/07/2007) et cette différence est souvent révélatrice d'une participation des eaux souterraines dans les écoulements, notamment en saison sèche. La cinétique de mise en solution des composés Ca^{2+} et Mg^{2+} est relativement lente et s'opère plus fréquemment dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface ;
- Une concentration importante des paramètres bactériologiques à chaque fois qu'ils ont été analysés. Coliformes, streptocoques, entérocoques, spores et germes aérobies ont des teneurs très élevées qui montrent une pollution du cours d'eau en

¹ FNU (Formazine Néphélométric Unit), ou NFU utilisé dans le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001

toute saison et nécessitent impérativement le traitement des eaux avant toute consommation ;

- Qu'aucune substance toxique de nature phytosanitaire n'a été analysée dans les eaux du Mro Oua Oourovéni. Il est important de noter que la récente campagne de la DAF réalisée en novembre 2008 (DAF – 2009) et relative à l'analyse des produits phytosanitaires dans les eaux de rivière n'a pas mis en évidence de tels produits dans le Mro Oua Oourovéni alors échantillonné à 2 endroits (1 échantillon au niveau du captage de surface, le second sous le pont au village de Miréreni).

En conclusion sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux du Mro Oua Oourovéni, trois traits importants sont à souligner.

- i. la mise en évidence vraisemblablement de pollutions chroniques d'origine métalliques (hausse du fer et du manganèse) ;
- ii. une hausse du couple $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ en saison sèche qui est souvent révélatrice du soutien des rivières par les nappes en saison sèche ;
- iii. des turbidités anormalement élevées que ce soit en saison des pluies ou en saison sèche. Ces turbidités élevées sont les causes les plus fréquentes d'arrêt du captage, essentiellement en saison des pluies pour plusieurs raisons : le captage est souvent bouché par les matériaux turbides, l'usure des membranes est décuplée lors du traitement des eaux turbides et il s'avère que les volumes d'eau nécessaires à la dilution (d'origine souterraine ou de réservoir) ne sont pas suffisants pour réduire la turbidité sous une valeur seuil acceptable ;
- iv. une pollution bactériologique diffuse très au-delà des normes de potabilité et qu'il convient de traiter et l'absence de pollution phytosanitaire rémanente.

3.1.3. Délimitation du BAC

Le bassin d'alimentation du captage de la prise d'eau de surface de l'Oourovéni est défini comme la portion du bassin versant du cours d'eau en amont du captage. En l'absence d'alimentation de la part de bassins versants souterrains connus, le bassin d'alimentation du captage est obligatoirement inscrit dans le périmètre du bassin versant topographique du cours d'eau ; il en épouse les contours, comme rappelé dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, le style géologique de Mayotte ne favorisant pas l'intersection d'une structure aquifère avec plusieurs bassins versants topographiques. Par conséquent, le BAC de la prise d'eau de surface de l'Oourovéni épousera en grande partie les limites du bassin versant du Mro Oua Oourovéni (cf. Illustration 19).

La limite du BAC débute au niveau du captage et remonte en direction du Sud le versant attenant à la station de traitement, se prolonge le long de la ligne de crête jusqu'à rejoindre la limite du bassin versant du Mro Oua Oourovéni à l'altitude de 145 m NGM. De ce point, la limite du BAC épouse la limite du bassin versant en direction du Sud, traverse le village de Kahani, remonte le Mlima Combani, contourne la retenue

collinaire par le Nord, coupe le Mlima Digo et redescend en direction du village de Combani.

L'altitude de 135 m NGM, la limite du BAC se sépare de celle du bassin versant du Mro Oua Orovéni. La limite contourne le camp militaire du G.S.M.A. par l'Est, traverse la mosquée principale et le dispensaire. La limite du BAC sort de Combani en longeant la CCD1 en direction du Sud jusqu'au point coté 96 m NGM, puis elle suit la ligne de crête, passe par l'ancienne, jusqu'au point coté 109 m NGM. De ce point la limite redescend par le crêt en direction du captage.

Concrètement, le BAC correspond dans la partie Est aux limites du bassin versant de la rivière et comprend les sous bassins versants du Mro Oua Goméni, de l'Orovéni amont et au Nord de la retenue collinaire. En revanche, l'affluent nommé Mro Oua Haoutoungou ne participe pas à l'alimentation du captage, son bassin versant est exclu du BAC.

Le BAC, ainsi tracé, a une superficie de 18,8 km² pour un périmètre de 22,7 km, ce qui représente exactement les 3/4 de la surface du bassin versant du Mro Oua Orovéni au niveau de son embouchure dans la mangrove de Tsingoni.

Comme soulevé au § 2.5, la part des eaux souterraines dans le soutien des débits du Mro Oua Orovéni est sensiblement inférieure à la part communément rencontrée sur l'île, et ce - très probablement - en raison des prélèvements réalisés au niveau de la source de Miréréni (Combadrain). Cette source représente un volume conséquent d'eau souterraine initialement restituée aux eaux de surface mais aujourd'hui exploitée et injectée dans le réseau d'alimentation. Par conséquent, le bassin du Mro Oua Orovéni souffre aujourd'hui d'un déficit de soutien par la restitution des eaux souterraines, ce qui n'est pas sans conséquence sur la quantité et la qualité des eaux captées en aval ainsi que sur la qualité écologique du bassin.

3.2. LA PRISE D'EAU DE LA RETENUE COLLINAIRE DE COMBANI

3.2.1. Présentation

Suite à la construction de la retenue collinaire de Combani en 1998, une prise d'eau a été installée et mise en service en 1998. Cette prise d'eau alimente directement l'usine de traitement de Bouyouni ; l'usine de traitement est située à l'extérieur du bassin versant du Mro Oua Oourovéni. Les informations relatives à cette prise d'eau sont compilées dans le tableau suivant.

Nom	Prise d'eau de la retenue de Combani
Code Commune	98517
Commune	TSINGONI
Section	AN
Titre	T80
Parcelle	99
Coord X_{RGM04}	515 573 m
Coord Y_{RGM04}	8 587 735 m
Coord Z_{NGM}	135 m
Chronique prélèvement	Les débits ne sont pas enregistrés séparément
Date de création	1998
Mode exploitation	pompage
Remarque	Etat de l'ouvrage correct

Tableau 3. Informations relatives à la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani

3.2.2. Qualité des eaux

La qualité des eaux de la retenue collinaire ne fait pas l'objet d'un suivi particulier au niveau des paramètres physico-chimiques des eaux. Une surveillance vis-à-vis de l'état écologique est néanmoins assurée : prévention quant à la prolifération des moustiques et des pestes végétales. L'exemple de la prolifération de la salvinia

Molesta en 2005 montre que la retenue est relativement vulnérable à une modification de son état écologique.

Des mesures récentes (campagnes IRD/BRGM) ont mis en évidence le développement d'un milieu anoxique à partir de 2 m de profondeur par manque de brassage des eaux. Le risque d'envasement des fonds de la retenue n'est pas à écarter, compte tenu du transport solide issu de l'amont qui peut s'avérer important en cas de pluies intenses.



Illustration 8. Prolifération de la peste végétale (espèce Salvinia Molesta) couvrant toute la superficie de la retenue (source : Collectivité Départementale de Mayotte)

Le rapport BRGM/RP-55934-FR réalisé en décembre 2007 et relatif à la qualité biologique des eaux de la retenue a montré que cette dernière était exempte de produits phytosanitaires issus de l'agriculture et des pratiques de désinsectisation.

Il est important de retenir que si la qualité ne semble pas menacée aujourd'hui sur le plan physico-chimique, l'état écologique de la masse d'eau est cependant très fragile et peut – à terme – nuire à la qualité de l'eau.

3.2.3. Délimitation du BAC

Au même titre qu'un captage en rivière, la délimitation du BAC de la prise d'eau de la retenue collinaire correspond aux limites du bassin hydrographique en amont du barrage de la retenue. La retenue tout entière est partie intégrante du BAC. Même si la prise d'eau n'est pas exactement à l'exutoire de la retenue, les phénomènes de flux et reflux de la masse d'eau ne sont pas à écarter.

Les limites du BAC (cf. Illustration 19) sont :

- En partant du barrage de la retenue vers l'Est, la limite se poursuit jusqu'au sommet du relief attenant (point coté 201 m NGM).
- Du point coté, la limite suit la ligne de crête, en passant par les points cotés 283 m et 323 m NGM jusqu'à croiser la route CCD 3 à l'altitude de 335 m NGM.

- La limite se poursuit ensuite vers le NNE en suivant la ligne de crête jusqu'au sommet non coté à 450 m NGM, en passant par les points cotés 362 m et 444 m NGM.
- La limite se dirige ensuite vers l'Ouest, en suivant la ligne de crête et passant par les points 420, 397, 327, 261 m NGM, croise le réservoir et remonte jusqu'au sommet du Mlima Digo
- Du sommet, la limite redescend en direction du barrage en longeant la ligne de crête.

Le BAC, ainsi tracé, a une superficie de 4,7 km² pour un périmètre de 12,1 km, ce qui représente environ 20 % de la surface du bassin versant du Mro Oua Orovéni au niveau de son embouchure dans la mangrove de Tsingoni.

3.3. LE DRAIN DE M'RERENI OU COMBADRAIN

3.3.1. Présentation

Le drain de M'réréni est situé sur le versant Sud des monts de Mandani, au creux d'un thalweg peu marqué à l'altitude de 180 m NGM environ.

D'après le peu d'informations à disposition, il s'agirait d'une source permanente captée dans les années 1980 pour l'alimentation en eau potable du village de Combani. Le point d'émergence est alors décaissé sur plusieurs mètres et la pose d'un voire de plusieurs drain(s) permet de collecter et canaliser les venues d'eau en direction d'un réservoir de transit. De ce réservoir, une conduite d'une quinzaine de centimètres de diamètre et longue de plus d'un kilomètre achemine l'eau vers l'usine de traitement de Miréréni. L'ensemble des informations permettant l'identification de l'ouvrage est donné au Tableau 4.

Nom	Drain de M'réréni ou Combadrain
Code BSS	12306X0008/HY
Code Commune	98517
Commune	TSINGONI
Section	AV
Titre	1587
Parcelle	107
Coord X_{RGM04}	516 400 m
Coord Y_{RGM04}	8 585 652 m
Coord Z_{NGM}	180 m
Chronique prélèvement	Depuis 2006
Date de création	Fin des années 70, début des années 80
Mode exploitation	Gravitaire
Remarque	Peu d'informations sur les débuts d'exploitation de la ressource

Tableau 4. Informations relatives au drain de M'réréni ou Combadrain

L'exploitation de la source est opérée de manière gravitaire. Les débits d'exploitation sont conséquents et placent les drains de M'réréni parmi les ressources souterraines les plus importantes de l'île (11 % des prélèvements du bassin versant et 4 % des prélèvements de l'île).

Les prélèvements au drain de Miréréni sont comptabilisés à l'entrée de l'usine de traitement de M'réréni depuis 2006.

A la lecture de l'illustration 9, le drain de M'réréni est exploité de façon très régulière depuis 2006 à hauteur de 6 000 m³/semaine soit 35 m³/h en moyenne sur 24 h.

Il est intéressant de noter que l'exploitation du drain étant gravitaire, les régimes témoignent de variations naturelles des quantités de la ressource (variations hautes eaux / basses eaux). Ainsi, sur la période 2006-2008, les régimes de production sont plus élevés entre mars et août (entre 6000 et 6500 m³/semaine) et régressent entre septembre et février (entre 5000 et 6000 m³/semaine seulement).

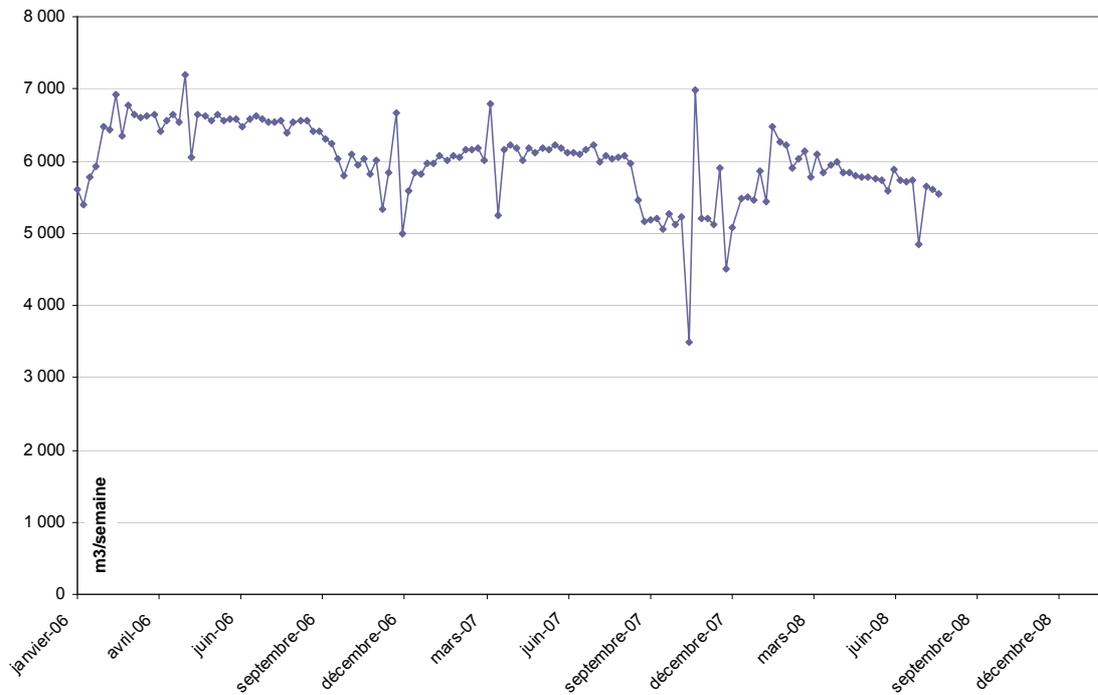


Illustration 9. Régime de production hebdomadaire du drain de M'réréni de 2006 à août 2008.

De plus, la comparaison des 3 dernières années d'exploitation montrent une baisse significative de quantité de la ressource. Les quantités exploitées en hautes eaux (ex : été 2006, été 2007, été 2008) ainsi qu'en basses eaux (ex : hiver 2006 et hiver 2007) diminuent d'une année sur l'autre à l'exception de l'hiver 2008 (cf. Tableau 5).

Production (m ³ /semaine)	2006	2007	2008	<i>Tableau 5. Evolution des régimes de production d'eau du drain de M'réréni entre 2006 et 2008</i>
Eté (mars / août)	6576	6120	5766	
Hiver (septembre / février)	6015	5453	5570	

Cette évolution à la baisse est importante à noter, car elle n'est vraisemblablement pas conséquente à un déficit de pluviométrie sur la même période. Bien au contraire, la pluviométrie sur la période 2006-2008 est excédentaire de 150 mm environ par rapport à la moyenne. Cette évolution s'expliquerait plutôt par les pratiques en vigueur sur le massif (déforestation, pratiques agricoles, etc.) jugées alarmantes par les services de l'Etat et qui seraient susceptibles de modifier les mécanismes de recharge des eaux souterraines (augmentation du ruissellement, diminution des infiltrations, etc.).

3.3.2. Qualité des eaux

Les eaux de la source de Combadrain ont été analysées à 24 reprises entre 1983 et 2008, de façon assez aléatoire jusque 2002 et quasiment de façon mensuelle depuis 2009. Les données sont compilées en Annexe 3. L'examen des analyses ne laisse pas entrevoir de dégradation notable de la qualité des eaux. Au contraire, les valeurs de conductivité sont relativement faibles (moins de 150 µS/cm en moyenne) et la variabilité d'un mois sur l'autre des teneurs comme celles du Fer (entre 0 et 0,2 mg/L), du manganèse (entre 0 et 3,2 mg/L) et des nitrates (entre 0 et 1 mg/L) par exemple est bien supérieure à l'évolution moyenne des paramètres que l'on peut observer ces dernières années.

Toutefois, la présence d'entérocoques et de streptocoques suggère une pollution des eaux d'origine organique. Il est délicat d'émettre des hypothèses sur les raisons et l'évolution de cette pollution organique tant les données sont peu nombreuses.

Aucun composé organique anthropique (phytosanitaire, HAP, COV, etc..) n'a été mesuré dans les eaux de la source de Combadrain.

En revanche, il s'avère que la turbidité des eaux - inférieure à 1 NFU en saison sèche - est susceptible de grimper jusqu'à 40 NFU en saison des pluies (informations SOGEA). Il s'avère que cette augmentation évolue d'année en année. Néanmoins, en l'absence de chronique exploitable et calibrée (la turbidité est mesurée en continue par une sonde calibrée depuis juin 2009) il est délicat d'en extraire davantage d'informations. Cela étant, compte tenu des pratiques agricoles en vigueur sur le massif (culture sur brulis et déforestation), il est probable que la turbidité des eaux en soit modifiée.

3.3.3. Délimitation du BAC

En l'absence de cours d'eau significatif et/ou de points de pertes localisés, la délimitation du BAC de la source de Combadrain considère l'ensemble des superficies

contigües plus hautes topographiquement que la source, tout en considérant un léger pendage de contrôle des écoulements en direction de l'exutoire.

Ainsi, la limite du BAC traverse le cours d'eau en direction du SE et remonte le crêt du versant pour rejoindre le point coté 361 m NGM qui marque la limite entre le bassin versant du Mro Oua Orovéni et celui du Mro Oua Kwalé. La limite se prolonge direction NNE en suivant la ligne de crête, traverse la route nationale aux environs du point coté 335 m NGM et poursuit son tracé jusqu'au relief coté 344 m NGM. A compter de ce point, le tracé court direction SSE en traversant les versants exposés Nord entre l'altitude 344 m NGM et 250 m NGM (au surplomb du village de Miréréni). La limite du BAC revient ensuite en direction du captage en épousant les versants, entre l'altitude 250 m NGM et 190 m NGM – altitude de l'exutoire de la source.

Les caractéristiques du BAC ainsi tracé sont présentées dans le tableau suivant :

Précipitations	infiltration	Prélèvement	Part exploitable	Surface théorique	Surface réelle
1690 mm	14 %	40 m ³ /h	90 %	1,65 km ²	1,6 km ²

Tableau 6. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du drain de M'éréni ou Combadrain

A la lecture du tableau ci-dessus, la surface théorique calculée - en fixant les paramètres de précipitations et d'infiltration indiqués au sein du rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR - est très proche de la surface tracée (moins de 1 % d'écart).

Compte tenu de la topographie du bassin, de l'absence de cours d'eau significatif et de grands versants, il est probable que l'ensemble de la surface du BAC participe à l'infiltration. La surface ainsi pourra non seulement être le BAC mais aussi – dans une moindre mesure la PNAC. Le périmètre associé au BAC du drain de M'éréni ou Combadrain est de 7,2 km.

3.4. LE FORAGE D'OUROVÉNI 1 – BSS 12306X0048/OURO01

3.4.1. Présentation

Le forage d'Ourovéni 1 est un forage d'exploitation implanté par la DAF SER¹ et réalisé par le SIEAM en juin 2004. Foré à 87 m de profondeur (cf. coupe technique en Annexe 1 et emplacement sur l'illustration 1). Le forage d'Ourovéni 1, mis en service récemment (début 2007) a été exploité pendant 10 mois au rythme de 2 000 à 3 000 m³/semaine soit 20 m³/h en moyenne (cf. Illustration 10, cela représente 2 % des ressources exploitées sur le bassin de l'Ourovéni, bilan des productions hebdomadaires SOGEA).

Nom	Forage d'Ourovéni 1
Code BSS	12306X0048/OURO01
Code Commune	98517
Commune	TSINGONI
Section	AV
Titre	T5912
Parcelle	133
Coord X_{RGM04}	514 581 m
Coord Y_{RGM04}	8 584 641 m
Coord Z_{NGM}	180 m
Chronique prélèvement	Depuis 2006
Date de création	2004
Date exploitation	2007

Tableau 7. Informations relatives au forage d'Ourovéni 1

A l'heure actuelle, le forage rencontre quelques difficultés en raison de la disponibilité de la ressource et son régime d'exploitation a été réduit à moins de 10 m³/h.

¹ Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte – Service des Environnements Ruraux

l'exploitation est alors plus aléatoire (courant 2009 le régime d'exploitation oscille entre 200 et 1600 m³/h en fonction des semaines).

Les venues d'eau identifiées dans ce forage se répartissent principalement entre 13 et 24 m de profondeur au sein d'une formation basaltique fracturée à pyroxènes et olivines. Le cumul des venues d'eau est compris entre 20 et 25 m³/h.

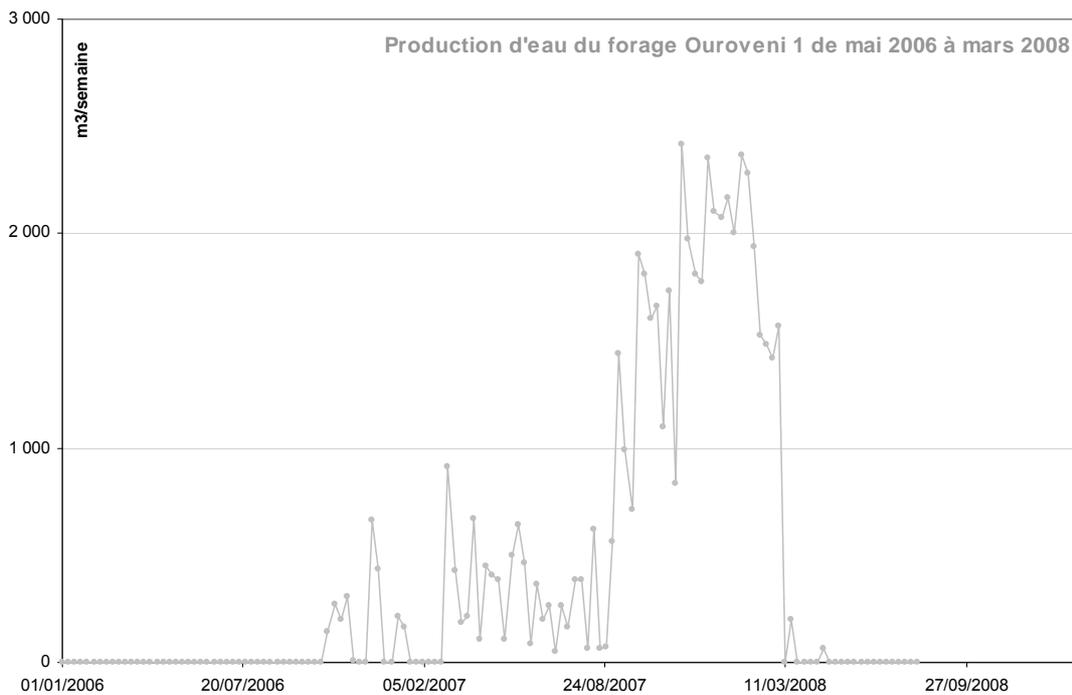


Illustration 10. Production d'eau du forage Orovéni 1 de mai 2006 à mars 2008

L'ouvrage a été remblayé jusqu'à la profondeur de 34 m. Les horizons captés se situent entre 6 et 24 m de profondeur. Ils correspondent à une seule et même coulée de basalte qui se serait mise en place sur un substratum volcanique composé de basaltes et pyroclastites fortement altérés recoupé à partir de 51 m de profondeur.



Illustration 11. Forage d'Orovéni 1 (photographie du 4 février 2009)

Brgm©

L'aquifère est captif sous 6 m d'argile imperméable, et le niveau statique mesuré lors des travaux se situe à 72 m NGM, c.à.d. à une altitude équivalente de celle de la surface libre du Mro Oua Orovéni aux environs (cf. Illustration 15). De ce constat - et en l'absence de suivi piézométrique prolongé - une alimentation de l'aquifère par le cours d'eau peut être envisagée mais non confirmée.

Ce forage a fait l'objet d'un pompage d'essai en vue de caractériser ses capacités de production (cf. rapport DAF SER Juin 2004). Pour un niveau statique mesuré à 3 m de profondeur, les essais de pompages ont mis en évidence les rabattements suivants.

Débit	Rabattement
26 à 23 m ³ /h	18,6 m
20 à 21 m ³ /h	12,5 m

Tableau 8. Rabatements enregistrés au forage d'Orovéni 1.

Le rabattement admissible a été fixé à 12,5 m et le débit d'exploitation à 20 m³/h, valeurs à ne pas dépasser, particulièrement en période d'étiage afin de limiter les rabattements et le risque de dénoyer la pompe.

En matière de fonctionnement hydrogéologique, la chronique piézométrique de l'ouvrage d'Orovéni 1 (cf. Illustration 12) apporte les éléments suivants (extraits du rapport BRGM/RP-56438-FR) :

- L'altitude et l'amplitude des variations piézométriques est faible, à l'image de celles observables sur le piézomètre d'Orovéni 2 (12306X0012/OURO02, cf. rapport BRGM/RP-56768-FR et BRGM/RP-56772-FR). Les horizons aquifères recoupés sont susceptibles d'appartenir davantage aux formations volcaniques du bouclier ancien septentrional qui marquent le substratum local, plutôt qu'aux formations volcaniques récentes du complexe Mlima Digo ou Mlima M'tsapéré.
- Les modalités de recharge et de vidange de l'aquifère traduisent des circulations relativement rapides, notamment en saison des pluies où les pics de pluies se confondent assez bien avec les hauteurs maximales enregistrées de la nappe - le cas est différent pour le forage de Combani Kahani par exemple. En revanche, en saison sèche, il apparaît que la vidange est plus lente, traduisant ainsi des mécanismes de ralentissement hydraulique en aval du forage. Les mécanismes de recharge de l'aquifère sont manifestement plus rapides que les mécanismes de vidange.

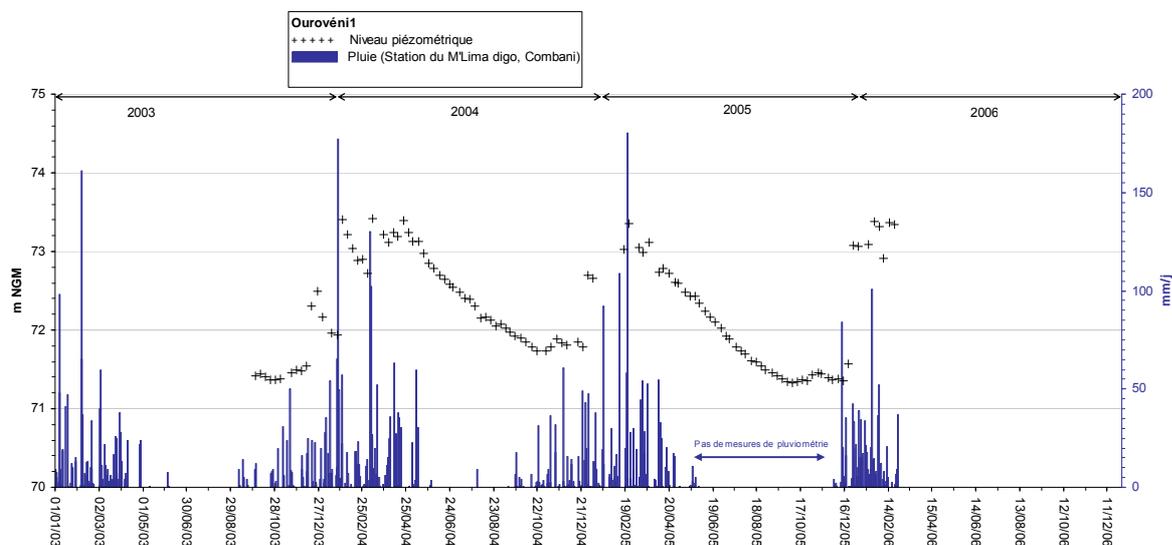


Illustration 12. Chronique piézométrique du forage d'Oouvéni 1 en m NGM entre septembre 2003 et février 2006 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR)

3.4.2. Qualité des eaux

En ce qui concerne la qualité des eaux, 3 analyses seulement ont été réalisées sur le forage depuis sa création (2 en septembre 2003 et une en septembre 2004, voir Annexe 3). Les résultats de ces analyses ne laissent pas entrevoir de dégradation globale de la qualité des eaux, si ce n'est une teneur importante en manganèse (supérieure à 100 µg/L, soit deux fois plus que la concentration maximale admissible, cf. Annexe 1, §I-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles). Dans l'hypothèse où ces teneurs sont permanentes (et non provoquées par la contamination de la colonne de forage par exemple), l'exploitation du forage d'Oouvéni devra s'accompagner de mesure de réduction des teneurs en manganèse.

Aucun composé organique anthropique (phytosanitaire, HAP, COV, etc.) n'a été mesuré dans les eaux du forage d'Oouvéni 1.

3.4.3. Délimitation du BAC

Le positionnement du forage d'Oouvéni 1 à proximité du Mro Oua Oouvéni, l'équivalence des charges hydrauliques et la relative rapidité des modes de recharge de l'aquifère sont des indices qui impliquent vraisemblablement d'importants échanges nappes/rivières comme fréquemment rencontré à Mayotte. Le Mro Oua Oouvéni participe à la recharge de l'aquifère en période de hautes eaux et en basses eaux, l'inverse se produit. L'aquifère, aux modalités d'écoulement plus lentes que les eaux de surface, participe en partie à son alimentation. Par conséquent, le BAC du forage d'Oouvéni devrait comprendre le bassin versant du Mro Oua Oouvéni en amont du

point coté 51 m NGM, altitude qui correspond à la base des niveaux aquifères (cf. Illustration 19).

Compte tenu de la pente accentuée du cours d'eau entre 68 et 50 m NGM, il est probable que la vidange de l'aquifère capté au forage d'Orovéni 1 s'opère dans le lit du cours d'eau vers l'altitude 50 m NGM, c.à.d. à la base de la rupture de pente. Ainsi, ce décrochement dans le profil de la rivière peut être lu comme étant l'affleurement de la coulée basaltique aquifère rencontrée au sein du forage. Cette coulée étant l'exutoire de la nappe, la limite du bassin d'alimentation de captage commencera au sommet de la coulée, c.à.d. à compter de 68 m NGM (il est vérifié que les infiltrations s'opèrent rarement le long de profils aussi raides). A partir de ce point, les limite remontent ensuite : direction N en suivant la ligne de crête remontant du point coté 71 m NGM jusqu'à la route départementale CCD1 où elle rattrape la limite du bassin d'alimentation de la prise d'eau d'Orovéni (cf. § 3.1.2), direction S en remontant la ligne de crête du relief Sud attenant au forage. Cette dernière se poursuit le long la ligne de crête du relief passant par les points cotés 134 et 183 m NGM jusqu'au sommet du Mlima Combani. A compter de ce point, la limite du BAC épouse la limite du bassin versant du Mro Oua Orovéni (cf. § 2.1). La superficie du BAC est de 12,66 km² pour un périmètre de 16,44 km.

Les caractéristiques du BAC ainsi tracé sont :

Précipitations	infiltration	Prélèvement	Part exploitable	Surface théorique	Surface réelle
1690 mm	14 %	20 m ³ /h	25 %	2,9 km ²	12,7 km ²

Tableau 9. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage d'Orovéni 1

A la lecture du tableau ci-dessus, la surface réelle du BAC est plus de 4 fois plus importante que la surface d'alimentation théorique. Cette différence s'explique par l'intégration du bassin versant topographique du Mro Oua Orovéni, bien que celui ne participe pas en intégralité mais en partie seulement (dans des proportions qui nous sont inconnues) à l'alimentation de la nappe captée.

3.5. LE FORAGE DE COMBANI KAHANI – BSS 12306X0047/COMB

3.5.1. Présentation

Le forage de Combani-Kahani fait partie de la 3^{ème} campagne de recherche et d'exploitation des eaux souterraines de Mayotte (cf. rapport BRGM/RP-52054-FR). Il s'agit d'un forage de reconnaissance de 120 m de profondeur réalisé en août 2003 (cf. coupe technique en Annexe et localisation sur l'illustration 1). Le forage a été mis en exploitation en 2009 (semaine 15) au rythme de 300 à 500 m³/semaine (bilan des productions hebdomadaires SOGEA).

Nom	Forage de Combani Kahani
Code BSS	12306X0047/COMB
Code Commune	98514
Commune	OUANGANI
Section	AB
Titre	T1593
Parcelle	47
Coord X_{cmb50}	515 839 m
Coord Y_{cmb50}	8 584 027 m
Coord Z_{NGM}	170 m
Chronique prélèvement	Hebdomadaire depuis avril 2009
Date de création	2003
Date exploitation	Avril 2009 (semaine 15)

Tableau 10. Informations relatives au forage de Combani Kahani

Les formations géologiques recoupées par le forage sont de 0 à 40 m de profondeur des coulées de basaltes altérées, de 40 à 51 m, une succession d'alluvions argileuses, et de 51 à 120 m, une coulée de basalte à olivine et pyroxène. Les horizons reconnus comme aquifères se situent dans la coulée de basalte à 65 m de profondeur (**h1**), entre 81 et 92 m de profondeur dans le niveau fissuré de la coulée de lave (**h2**), et entre 101 et 120 m dans la coulée de basalte à pyroxène et olivine (**h3**).

La venue d'eau principale est attribuée à l'horizon **h2**, au sein de la partie fissurée de la coulée de basalte à pyroxène. Le niveau piézométrique à la réception des travaux (140 m NGM) indique que l'aquifère est semi-captif à captif, bien que l'altitude du niveau d'eau soit la même que celle de la surface libre de la rivière à proximité sans qu'aucune influence hydraulique ne soit directement visible. Comme précédemment, sur la base de cette observation, il est possible d'avancer des mécanismes d'alimentation du cours d'eau vers la nappe en période de hautes eaux.



Brgm©

Illustration 13. Le forage de Combani Kahani (photographie du 4 février 2009)

Les pompages d'essai (cf. Rapport BRGM/RP-52721-FR) ont permis de montrer que le rabattement admissible qui permettait de ne pas dénoyer la pompe est de 51,25 m. Le débit d'exploitation maximal retenu ne doit par conséquent pas dépasser 13 m³/h. La fourchette des débits d'exploitation a été fixée entre 8 et 13 m³/h, 24h/24h pendant la 1^{ère} année.

Les valeurs de transmissivité de l'aquifère déduites de l'essai de nappe se situent dans une fourchette de 4.10^{-5} à $5,6.10^{-5}$ m²/s. Ces valeurs sont en accord avec la majorité des systèmes aquifères volcaniques de l'île.

Les niveaux piézométriques du forage de Combani Kahani ont été enregistrés sur pratiquement 4 cycles hydrogéologiques entre juin 2003 et août 2007 et ont déjà fait l'objet d'une description détaillée dans le rapport BRGM/RP-56438-FR, dont les principales observations sont reprises ici (cf. Illustration 14). Il faut garder à l'esprit que l'analyse des variations piézométriques est le résultat du mélange des 3 horizons aquifères recoupés. Par conséquent, les variations ne peuvent être attribuées à une seule nappe, mais à un ensemble complexe d'horizons. Néanmoins, il est possible de renseigner les points suivants :

- l'altitude des niveaux piézométriques est relativement élevée (plus de 153 m NGM) ; il est un des plus élevées de l'ensemble des aquifères de l'île. L'amplitude des variations sont importantes pour le contexte hydrogéologique de l'île, avec plus de 2 m d'amplitude au cours d'un cycle hydrologique. Par conséquent – et tout en considérant que les aquifères sont majoritairement captifs - une partie de l'alimentation prend place directement au niveau des versants du Mima Combani.

- les modalités de recharge et de vidange peuvent être discutées comme suit. En ce qui concerne la recharge annuelle de l'aquifère, il y a un décalage certain entre les maximum de l'aquifère et le maximum pluviométrique de plusieurs mois (entre 2 et 3 mois). Mais, bien que les pics de la saison des pluies ne se confondent pas avec les niveaux piézométriques maximums, il est intéressant de noter que les fortes précipitations engendrent des remontées brutales du niveau piézométrique. Ces observations semblent traduire - au minimum - deux modes d'alimentation du complexe aquifère, un mode rapide, calé sur le signal des pluies, mais qui n'est pas le mode majoritaire d'alimentation et un mode d'alimentation manifestement retardé qui compose l'essentiel de la recharge de l'aquifère. Par conséquent, les mécanismes d'alimentation de ce captage étant pluriels, deux niveaux de BAC pourront être proposés.
- la tendance évolutive des niveaux du complexe aquifère enregistrée sur les 4 cycles hydrogéologiques (notamment 2004, 2005 et 2006 pour les cycles complets) montre une dépendance très prononcée à la pluviométrie annuelle, dépendance marquée par de grandes différences d'amplitude interannuelles. En effet, 2005 et 2006 sont des années moins arrosées que 2004 (cf. § 2.2) et par conséquent les recharges sont moindres et les tarissements plus prononcés. Bien que les options d'alimentation du complexe aquifère soient plurielles, elles ne semblent pas tamponnées pour autant par la capacité réservoir de l'aquifère.

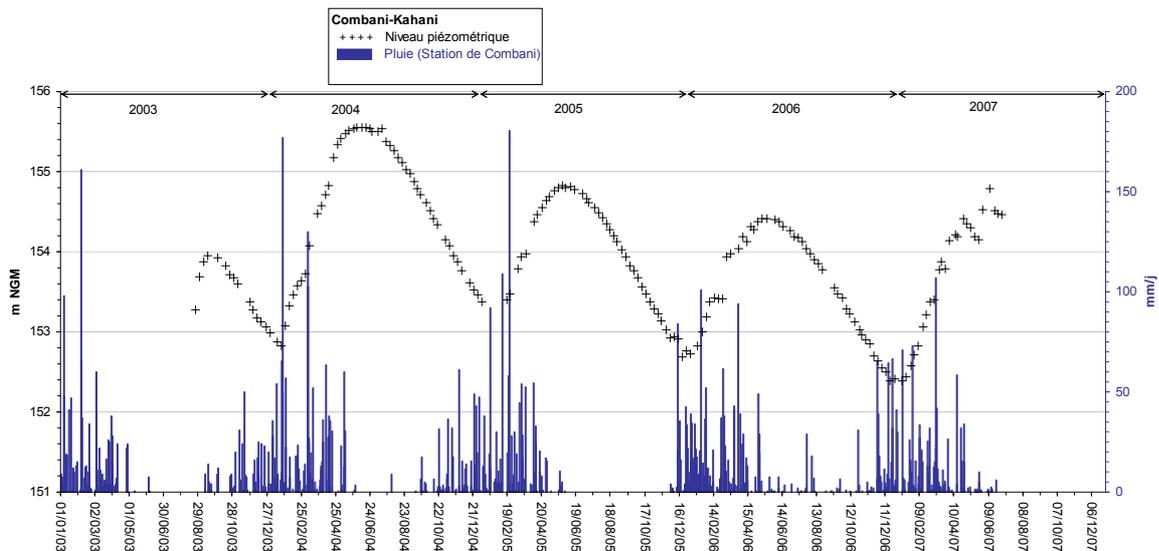


Illustration 14. Chronique piézométrique du forage de Combani Kahani en m NGM entre juin 2003 et août 2007 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR)

3.5.2. Qualité des eaux

La qualité des eaux du forage n'a fait l'objet que d'une analyse depuis sa création, le 15 août 2003. Les résultats de l'analyse font apparaître une teneur en manganèse de 0,10 mg/L alors que la concentration maximale admissible est fixée à 0,05 mg/L (idem au forage d'Orouvéni 1, cf. Annexe 1, §1-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre

2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles). Cette forte concentration est fréquente dans les aquifères volcaniques captifs mahorais et s'explique par le caractère sensiblement réducteur du milieu qui favorise la solubilisation du manganèse. L'eau nécessite alors un traitement ou une dilution avant d'être utilisée pour la consommation humaine. Les paramètres bactériologiques n'ont malheureusement pas été étudiés.

Ces données ne permettent pas de caractériser une évolution de la qualité de l'eau du forage. En revanche, aucun composé organique anthropique (phytosanitaire, HAP, COV, etc.) n'a été mesuré dans les eaux du forage de Combani Kahani.

3.5.3. Délimitation du BAC

Compte tenu (i) de la profondeur de l'ouvrage, (ii) du nombre d'horizons aquifères captés (iii), de la profondeur élevée de l'horizon aquifère **h3** (jusqu'à 120 m de profondeur, soit 50 m NGM pour le mur de la nappe) et (iv) des observations de la chronique des niveaux piézométriques, il est évident que les modalités d'alimentation des horizons supérieurs et inférieurs divergent. Deux délimitations seront donc proposées, correspondant chacune aux deux modes d'alimentation : (a.) rapide et concernant probablement le premier horizon aquifère et (b.) ralenti et concernant davantage l'horizon profond. Il est d'ores et déjà utile de signaler que les éléments et/ou indices nécessaires à la délimitation du BAC (b.) sont largement insuffisants.

De même qu'en ce qui concerne le forage d'Orovéni 1, le positionnement à proximité du cours d'eau et l'équivalence des charges hydrauliques impliquent de considérer le bassin versant topographique du cours d'eau dans le BAC du forage de Combani Kahani – du moins, pour l'alimentation de l'horizon aquifère supérieur (**h1**).

Le profil topographique du cours d'eau à proximité du forage accuse une rupture de pente à l'altitude de 140 m NGM comme indiqué en illustration suivante, ce qui correspond très probablement au point de vidange des horizons aquifères supérieurs captés au niveau du forage.

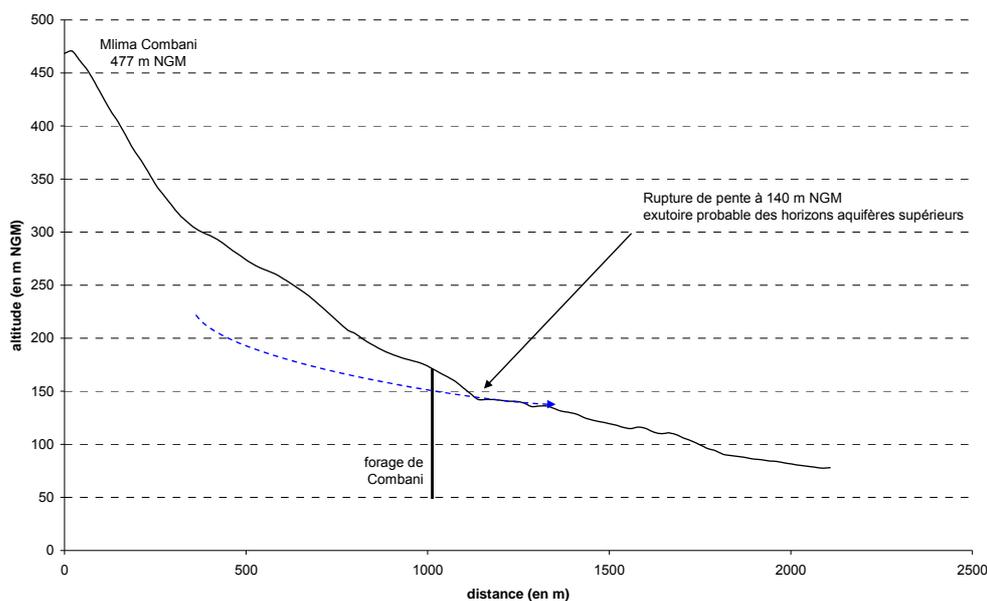


Illustration 15. Profil topographique du bassin versant du forage de Combani Kahani.

En ce qui concerne l'horizon supérieur **h1**, le BAC (a) suivra dans un premier temps les limites du bassin versant topographique de surface des deux cours d'eau bordant le forage, et ce à compter de l'altitude de 140 m NGM. La limite du BAC (a) commence dans le versant, 40 m sous le forage à l'altitude de 150 m NGM, se poursuit au Nord en courbe de niveau, traverse le thalweg et remonte le versant directement au Nord du forage. La limite suit ensuite la ligne de crête en direction du Mlima Combani, puis du sommet, elle se poursuit ensuite le long de la ligne de crête qui marque la limite entre les bassins versants du Mro Oua Oouvéni et du Mro Oua Kwalé, en direction du Sud jusqu'au point coté 371 m NGM. La limite redescend ensuite le versant en suivant le crêt jusqu'à la courbe de niveau de 150 m NGM. En ce qui concerne les horizons inférieurs (**h2** et **h3**), les limites du BAC (b) sont repoussées en aval ainsi qu'au-delà des limites amont actuelles.

Le calcul de la surface théorique d'alimentation (Tableau 11) indique que la surface « nécessaire » à l'alimentation du forage (tous horizons confondus) est d'une superficie au moins égale à trois fois la surface du BAC (a) actuellement tracé. Comme indiqué au sein du rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, la surface théorique d'alimentation est une surface « minimale » que le BAC doit égaler voire dépasser.

Précipitations	infiltration	Prélèvement	Part exploitable	Surface théorique	Surface réelle des BAC
1690 mm	14 %	13 m ³ /h	25 %	1,9 km ²	(a) = 0,6 km ² et (b) = 1,9 km ²

Tableau 11. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage de Combani Kahani

L'étendue du BAC (a) est donc largement sous-estimée, en raison de la sous-estimation de la participation des horizons inférieurs. Toutefois, les données hydrogéologiques relatives à ces horizons (responsable tout de même de la majorité du potentiel de l'ouvrage) ne permettent pas de définir son aire d'alimentation sur la base des indices de surface et des données géologiques à disposition.

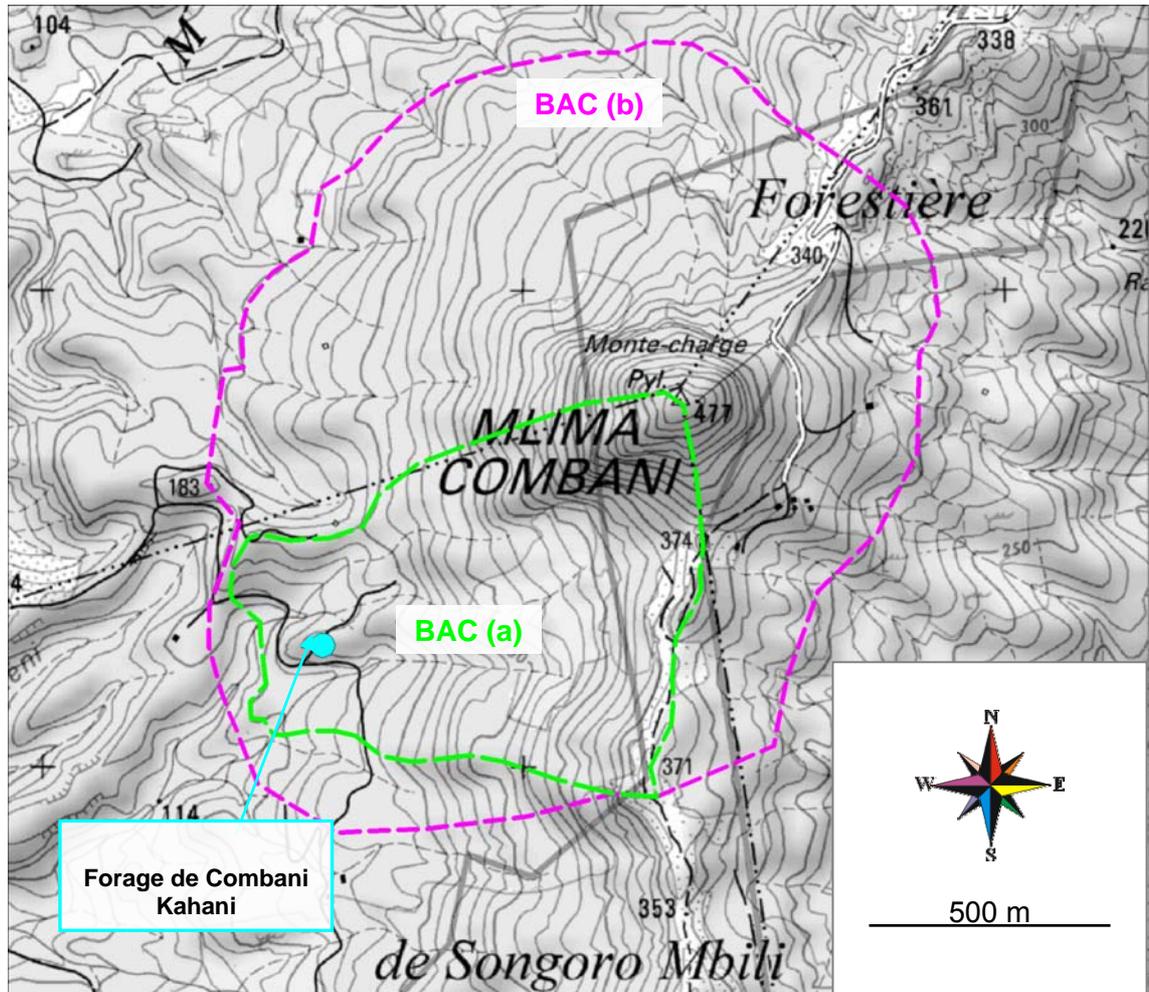


Illustration 16. Les BAC (a) et (b) du forage de Combani Kahani.

Le BAC (b) plus étendu et défini sur la base de la surface d'alimentation théorique et comprenant le BAC (a) représentatif de l'horizon supérieur est tracé (Illustration 16). Ce BAC est centré sur le relief du Mlima Combani, considéré comme secteur contributif principal. La limite du BAC début dans le versant, 50 m sous le forage soit à l'altitude de 140 m NGM. Cette limite se propage au Nord en remontant le versant jusqu'au point coté 183 m NGM puis ceinture le versant Nord du Mlima Combani aux environs de l'altitude 150 m NGM et remonte vers l'Est pour croiser la piste forestière à l'altitude de 340 m NGM. La limite traverse ensuite direction SSO le versant du Mlima Combani situé dans le bassin versant du Mro Oua Kwalé à l'altitude de 300 m NGM environ et rattrape le bassin versant du Mro Oua Oouvéni en passant par le point coté

371 m NGM. La limite redescend ensuite le crêt pour rejoindre la courbe de niveau 140 m NGM située en aval direct du forage. La superficie du BAC est de 1,9 km² pour un périmètre de 5,2 km. Ce qui représente 8 % de la surface du bassin versant du Mro Oua Orovéni.

La délimitation du Bac (b) sera celle retenue pour le bassin d'alimentation du forage de Combani Kahani (et représentée en Illustration 19)

3.6. LE FORAGE DE COMBANI M'RÉRÉNI – BSS 12306X0038/COMB

3.6.1. Présentation

Initialement, le forage de Combani-M'réréni est un forage de reconnaissance réalisé dans le cadre de 3^{ème} campagne de recherche et d'exploitation des ressources en eau souterraine de Mayotte. Les travaux se sont déroulés sur la période du 25/10/02 au 10/12/02 (cf. rapport BRGM/RP-52054-FR). Le forage atteint la profondeur finale de 89 m. A l'heure actuelle le forage n'est toujours pas mis en exploitation par la SOGEA

Nom	Forage de Combani M'réréni
Code BSS	12306X0038/COMB
Code Commune	98517
Commune	TSINGONI
Section	AV
Titre	T1760
Parcelle	120
Coord X_{cmb50}	515 829 m
Coord Y_{cmb50}	8 585 437 m
Coord Z_{NGM}	106 m
Chronique prélèvement	Non existante
Date de création	2002
Date exploitation	Non encore exploité

Tableau 12. Informations relatives au forage de Combani M'réréni

Géologiquement, le forage recoupe sous 32 m de formations volcaniques altérées, une succession de coulées de laves mélanocrates altérées à saines. Des intercalations de formations pyroclastiques sont fréquemment rencontrées. A la base de l'ouvrage, la géologie recoupée est une formation alluvionnaire. La coupe technique du forage est donnée en Annexe 1.

Les niveaux perméables sont identifiés au toit ou à la base de chacune des coulées saines, à 25, 27, 33 et 69 m de profondeur. Le niveau piézométrique à la réception des travaux est observé à 3 m de profondeur soit environ 106 m NGM. La nappe est donc semi-captive à captive, bien que le niveau piézométrique soit à l'altitude de la surface libre du cours d'eau qui passe au droit du forage (il s'agit d'un affluent important du Mro Oua Oourovéni). Aucune connexion hydraulique directe n'a pu être mise en évidence entre le cours d'eau et la nappe, mais celle-ci est très fortement soupçonnée d'exister.



Brgm©

*Illustration 17. Forage de Combani M'réréni
(photographie du 4 février 2009)*

Les pompages d'essai de la nappe ont permis de montrer que le rabattement admissible de la nappe était de 28 m en considérant un niveau piézométrique d'étiage de 104 m NGM. Les limites étanches qui compartimentent l'aquifère ont été partiellement mises en évidence pendant l'essai de nappe. L'ensemble de ces paramètres pris en compte, le débit d'exploitation préconisé s'inscrit dans une gamme de 6 à 10 m³/h.

La transmissivité de l'aquifère avoisine la valeur de 1.10^{-4} m²/s, valeur commune dans ce type d'aquifère volcanique captif.

Les niveaux piézométriques du forage de Combani M'réréni ont été relevés par la DAF entre février 2003 et décembre 2005. Comme signalé dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, l'analyse des comportements hydrogéologiques du forage permet de dégager un certain nombre d'indices utiles à la délimitation du bassin d'alimentation. La chronique piézométrique a déjà fait l'objet d'une description dans le rapport BRGM/RP-56438-FR dont les principaux éléments sont repris ici :

- l'altitude des niveaux piézométriques située entre 107 et 108 m NGM est relativement stable et comparable aux niveaux piézométriques enregistrés dans les aquifères du plateau de Combani (piézomètres de Combani 1 12306X0009/COMB1 et Combani 2 12306X0010/COMB2) plutôt représentatifs des formations volcaniques récentes du Mlima Digo et M'tsapéré. Les amplitudes de variations interannuelles sont de l'ordre du mètre et sont stables sur les 3 cycles hydrogéologiques observés.
- les modalités de recharge et de vidange témoignent d'un aquifère aux circulations relativement rapides. Les pics de pluviométrie se confondent ou précèdent de peu les niveaux maximum enregistrés, et la transition entre saison des pluies et saison

sèche se traduit dans les premières semaines par une chute brutale des niveaux aquifères.

- par ailleurs, les incisions visibles sur les courbes piézométriques en hautes eaux (notamment en 2004) sont révélatrices d'une dépendance très prononcée aux variations pluviométriques.

Le mode d'alimentation de l'aquifère montre donc des infiltrations qui s'opèrent et/ou circulent rapidement et probablement peu de capacité permettant de tamponner et/ou de lisser les éventuels écarts de pluviométrie à brève échéance. Ces observations montrent que les options de stockage de l'aquifère sont faibles mais que ce dernier montre une transmissivité relativement élevée.

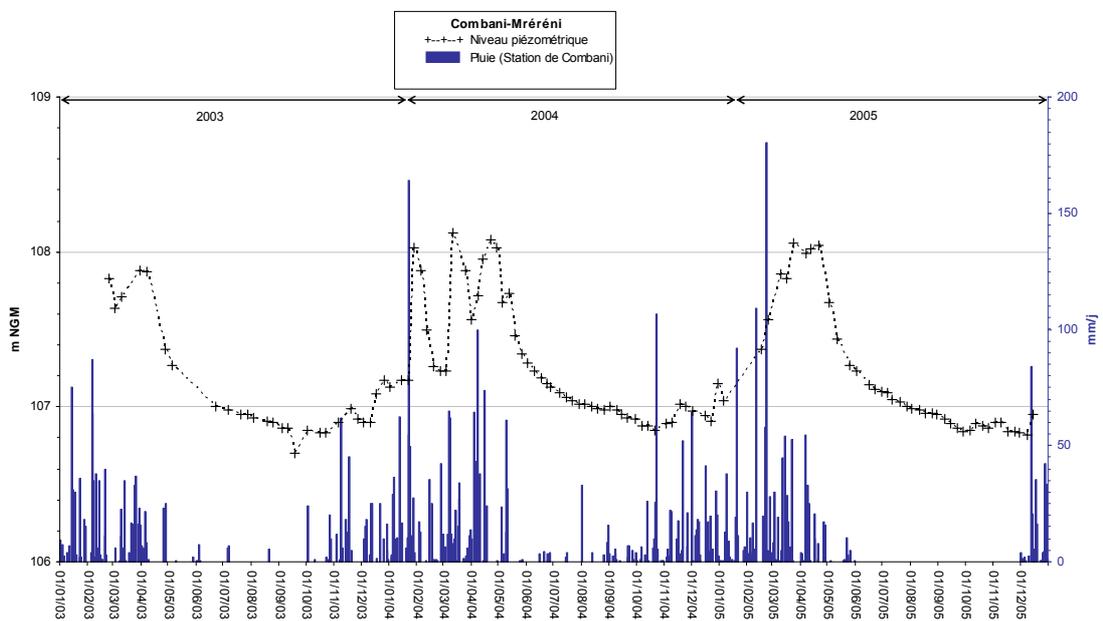


Illustration 18. Chronique piézométrique du forage de Combani M'réréni en m NGM entre février 2003 et décembre 2005 (données DAF, extrait du rapport BRGM/RP-56438-FR)

3.6.2. Qualité des eaux

En ce qui concerne la qualité des eaux, les eaux du forage de Combani M'réréni ont été prélevées à quatre reprises (données en Annexe 3), la première fois lors des pompages d'essai du 20 novembre 2002, puis en juin 2003, mars 2004 et juillet 2007. Les analyses ont montré – entre autres - des teneurs en manganèse entre 1,2 et 3 mg/L, valeurs bien supérieures à la concentration maximale admissible des eaux potables fixée à 0,05 mg/L (Annexe 1, §1-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles). Comme pour le forage de Combani-Kahani, cette forte concentration est fréquente naturellement dans les aquifères volcaniques captifs dont l'oxygénation des eaux est réduite.

Le paramètre bactériologique dépasse les normes de consommation, notamment la flore hétérotrophe, signe d'une pollution d'origine organique.

En revanche, aucun composé organique anthropique (phytosanitaire, HAP, COV, etc..) n'a été mesuré dans les eaux du forage de Combani M'réreni.

Ces analyses - bien que peu nombreuses – mettent en évidence le caractère sensiblement réducteur de la nappe, ce qui suggère des temps de circulation des eaux souterraines plutôt long mais qui n'excluent pas des alimentations plus rapides dans les eaux desquelles il est possible de mesurer une pollution bactériologique.

3.6.3. Délimitation du BAC

De même qu'en ce qui concerne les forages d'Orovéni 1 et de Combani Kahani, le positionnement du forage de Combani M'réreni à proximité d'un cours d'eau et l'équivalence des charges hydrauliques impliquent de considérer le bassin versant topographique du cours d'eau dans le BAC du forage. La limite aval du BAC sera prise à compter de 100 m NGM, altitude considérée comme équivalente au niveau piézométrique des plus basses eaux du forage.

La présence de la source de Combadrain dans le bassin versant du cours d'eau de surface implique l'intégration du BAC de la source dans le BAC du forage de Combani Miréreni, car la source participe à l'alimentation du cours d'eau qui lui-même participe à l'alimentation du forage. Les limites du BAC se poursuivent en direction NE, en remontant le crêt jusqu'à atteindre les limites du BAC de Combadrain qu'elles englobent jusqu'au point coté 361 m NGM. Les limites du BAC du forage de Combani Miréreni se prolongent jusqu'au sommet du Mlima Combani et redescendent direction NO en suivant le crêt jusqu'à la courbe de niveau de 100 m NGM. Le BAC a une superficie de 2,4 km² pour un périmètre de 8,6 km (cf. Illustration 19).

Les caractéristiques du BAC ainsi tracé sont :

Précipitations	infiltration	Prélèvement	Part exploitable	Surface théorique	Surface réelle
1690 mm	14 %	10 m ³ /h	25 %	1,4 km ²	2,4 km ²

Tableau 13. Paramètres de calcul de la surface théorique d'alimentation du forage de Combani M'réreni

A la lecture du tableau ci-dessus, la surface du BAC retenue est plus importante que la surface théoriquement calculée, en raison notamment de la considération du BAC de Combadrain. Si l'on retranche la surface du BAC de Combadrain, à savoir 1,6 km², la surface du BAC du forage de Combani Miréreni chute à 0,81 km², soit une valeur plus faible que la valeur théorique calculée.

A l'évidence, la participation du BAC de Combadrain dans l'alimentation du forage de Combani Miréréni est significative et il convient donc de garder inscrit le BAC de Combadrain dans le BAC du forage de Combani M'réreni.

3.7. CARTE DU DECOUPAGE DES BASSINS D'ALIMENTATION DE CAPTAGE DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI

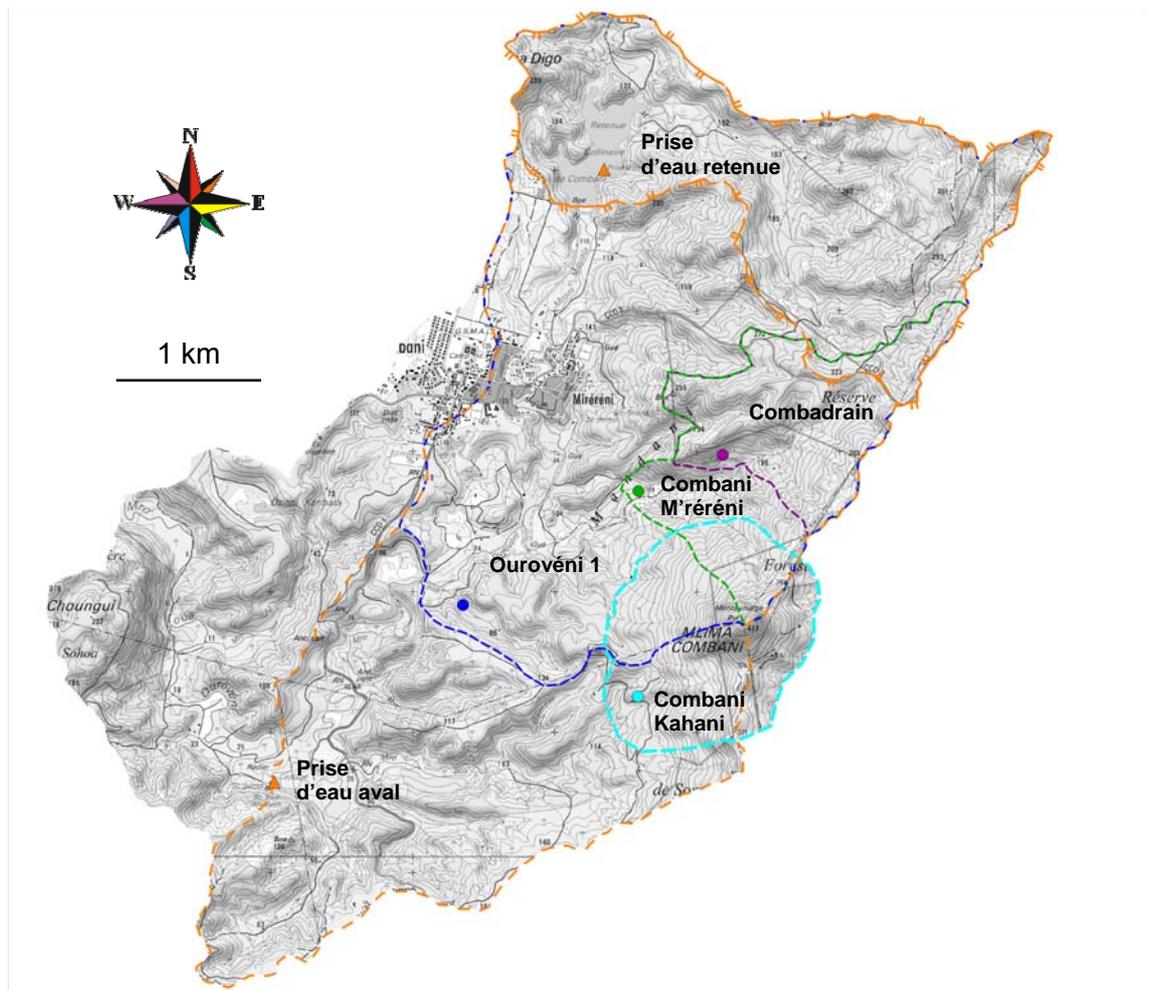


Illustration 19. Découpage des bassins d'alimentation des captages du bassin versant du Mro Oua Oourovéni. En orange, les captages de surface du Mro Oua Oourovéni et de la retenue collinaire et leurs bassins d'alimentation respectifs. En bleu foncé, vert, bleu clair et violet les captages souterrains d'Oourovéni 1, de Combani M'réreni, de Combani Kahani, du drain de Miréréni (ou Combadrain) et leurs bassins d'alimentation respectifs.

Les résultats de la délimitation des BAC font apparaître les observations suivantes :

- Tous les BAC souterrains sont inscrits dans le BAC de surface de la prise d'eau d'Oourovéni à l'exception du BAC du forage de Combani Kahani dont la partie ouest est située à l'extérieur du bassin versant de surface du Mro Oua Oourovéni. En ce

qui concerne le BAC de Combadrain, la partie nord de l'aire d'alimentation est commune au BAC de la prise d'eau de surface de la retenue collinaire.

- le BAC du forage de Combani Kahani recoupe dans sa partie ouest et nord les BAC des forages de Combani M'réréni et d'Orovéni 1. Au vu des connaissances géologiques et hydrogéologiques du secteur, il est difficile de préciser les limites strictes des BAC dans ce secteur qui correspondent aux lignes réelles de partage des eaux.
- le BAC du forage de Combani M'réréni intègre le BAC du drain de M'réréni ou Combadrain. Ces deux BAC sont intégralement inscrits dans le BAC du forage d'Orovéni.

En conclusion, il est important de noter que les différents BAC du bassin versant du Mro Oua Orovéni - que ce soient des BAC de surface ou souterrains - sont très souvent chevauchants voire inscrits les uns dans les autres. Par conséquent, toute atteinte à la qualité des eaux d'un BAC pourra éventuellement se répercuter sur le BAC dans lequel il s'inscrit ou dans lequel il recoupe.

4. Caractérisation de la vulnérabilité

4.1. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES CAPTAGES SOUTERRAINS : APPLICATION DE LA METHODE IDPR.

La démarche retenue à Mayotte relative à la caractérisation de la vulnérabilité des BAC est présentée dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR : il s'agit de la méthode IDPR¹ & indice de rugosité. Les résultats du calcul appliqués au BAC souterrains du bassin du Mro Oua Orovéni sont présentés dans l'illustration 20.

La distribution de la vulnérabilité vis-à-vis des bassins d'alimentation des captages souterrains à l'échelle du bassin versant du Mro Oua Orovéni est relativement homogène en comparaison avec les autres bassins versants de l'île (cf. rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR) et surtout compte tenu de l'extrême diversité des formations géologiques et pédologiques qui composent le bassin. Sur l'ensemble du bassin versant, il n'apparaît pas de zones d'infiltration préférentielle comme peut en présenter le bassin versant du Mro Oua Gouloué par exemple (cf. rapport BRGM/RP-57109-FR).

Il est cependant possible de distinguer 2 secteurs de comportement différents par rapport à la vulnérabilité des bassins d'alimentation souterrains :

- un premier secteur qui rassemble les versants du Mlima Combani, du Mt M'tsapéré, du Mlima Ochoungui, du bassin supérieur du Mroni Rouaka et des plateaux de Combani et M'réréni et qui se distingue par un comportement contrasté vis-à-vis de la vulnérabilité des eaux souterraines. En effet, sur ce secteur la disposition aux infiltrations égale la disposition au ruissellement. Ces terrains couvrent les BAC de Combadrain et des forages de Combani M'réréni et Combani Kahani. Ces BAC témoignent de la même exposition vis-à-vis des infiltrations. Comme rappelé dans les paragraphes précédents, ces deux forages sont suspectés de mécanismes d'alimentation par les cours d'eau voisin, ce qui n'exclut donc pas des mécanismes d'infiltration plus localisés et non mis en évidence par l'IDPR (comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR). La mise en relation de ces résultats avec les informations géologiques et pédologiques indique que ces secteurs sont majoritairement les secteurs appartenant à l'édifice volcanique du bouclier ancien méridional recouvert par des sols peu développés et remaniés. Dans l'ensemble ces formations (ou du moins le couplage entre la formation géologique et le recouvrement pédologique) seront considérés comme moyennement vulnérables vis-à-vis des eaux souterraines ;
- un second secteur qui comprend les versants du Mlima Digo, les environs de la retenue collinaire et le fond de vallées ou serpente le Mro Oua Orovéni et qui se

¹ Indice de Persistance et de Développement des Réseaux

distingue par des terrains plus favorables au ruissellement voire très ruisselants. Le BAC du forage d'Oourovéni 1 est manifestement concerné par ces terrains peu infiltrants et qui semblent assurer une protection relative vis-à-vis des infiltrations opérées dans le lit du Mro Ou Oourovéni. Néanmoins, comme rappelé précédemment et compte tenu des comportements hydrogéologiques de l'ouvrage, bien que ces secteurs se caractérisent par le développement de formations pédologiques compactes et épaisses de type glacis de fond de vallée à infiltration limitée donc peu vulnérables, il ne faut pas omettre la possibilité d'infiltrations plus localisées qui participent à l'alimentation de l'ouvrage et par conséquent à sa vulnérabilité.

En partie sud du bassin apparaît un relief de petite taille qui peut être assimilé à un secteur vulnérable vis-à-vis des eaux souterraines. Néanmoins, ce secteur étant à l'extérieur et en aval des bassins d'alimentation de captage, il ne sera pas considéré.

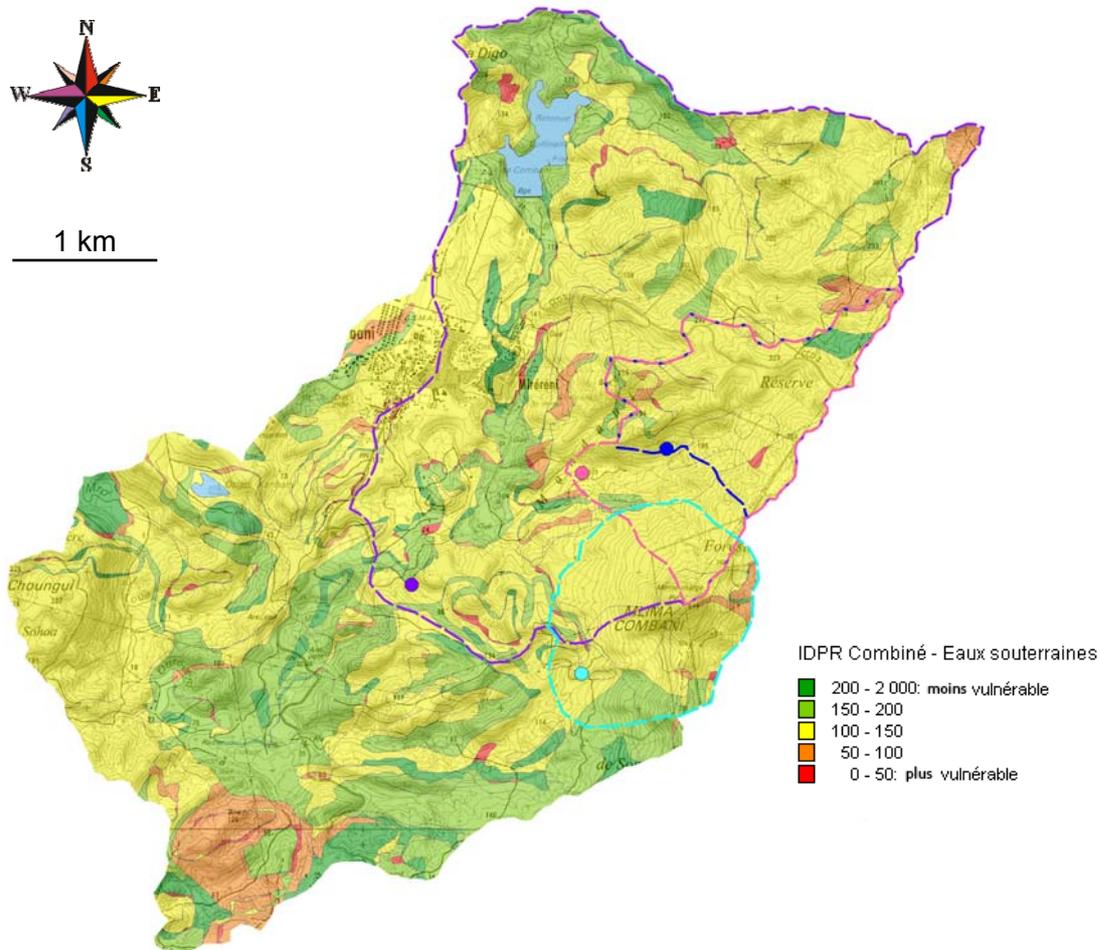


Illustration 20. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages souterrains – bassin du Mro Oua Oourovéni. Les codes couleur sont les suivants : bleu foncé pour le drain de M'réréni ou Combradrain, rose pour le forage de Combani M'réréni, bleu clair pour le forage de Combani Kahani et enfin violet pour le forage d'Oourovéni 1.

4.2. EVALUATION DE LA VULNERABILITE DES PRISES D'EAU DE SURFACE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR

En ce qui concerne la vulnérabilité du captage de surface de l'Orovéni, cette dernière est déterminée à partir de la limite aval de la retenue de Combani. En effet, la retenue de Combani est considérée comme un tampon efficace en cas de migration d'un polluant en raison des phénomènes de dilution et de rétention qu'elle génère. Pour cette raison, la prise d'eau de la retenue de Combani ne fera pas l'objet d'une étude de vulnérabilité car impossible à réaliser - à l'heure actuelle - sur la base de la méthode IDPR et de temps de transfert, comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR,

Les résultats du calcul de l'IDPR sur le bassin versant du Mro Oua Orovéni dans l'objectif de caractériser la vulnérabilité des bassins d'alimentation souterrains peuvent être étendus à la caractérisation de la vulnérabilité des captages de surface en mettant en exergue les secteurs à ruissellement dominant en opposition aux secteurs à infiltration préférentielle. Ainsi, par inversion stricte des classes de résultats de la méthode IDPR, la carte de vulnérabilité des BAC de surface est proposée en Illustration 21.

Comme observé précédemment dans les cas des bassins d'alimentation de captages souterrains, le comportement du bassin versant de l'Orovéni vis-à-vis de la vulnérabilité des captages de surface est relativement homogène. Sur plus de 80 % du bassin versant, la vulnérabilité est moyenne (ce sont les mêmes secteurs que dans les cas des bassins souterrains, cf. Illustration 20) à très forte. Seuls quelques secteurs dispersés et de tailles restreintes affichent des valeurs de vulnérabilité plus faible.

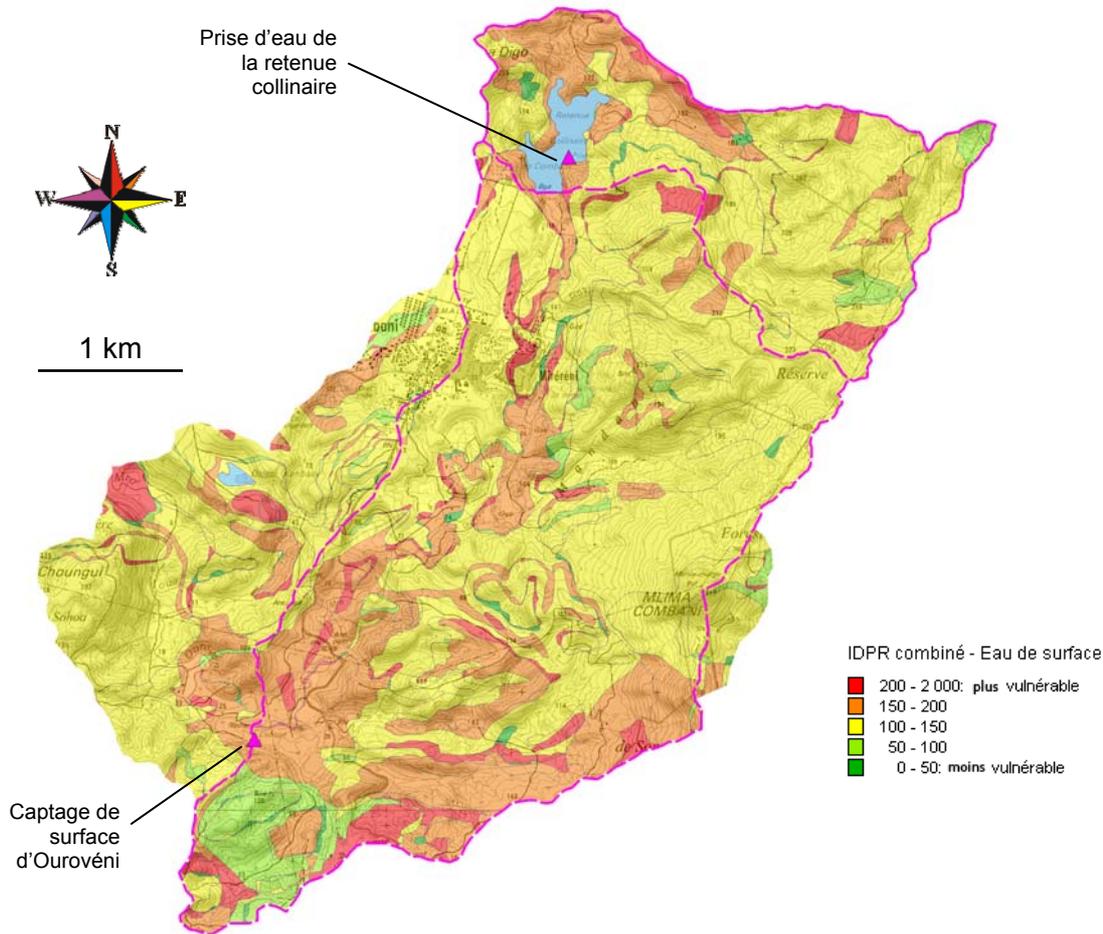


Illustration 21. Carte de vulnérabilité des bassins d'alimentation des captages de surface du bassin versant du Mro Oua Orouvéni. En rose sont figurés les limites des bassins d'alimentation de captage, en haut de la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani, en bas de la prise d'eau de surface de l'Orouvéni.(qui comprend aussi le bassin d'alimentation de la prise d'eau de la retenue collinaire)

A l'évidence, il semble que les secteurs les plus vulnérables se situent dans les fonds de vallée, entre les versants du Mlima Digo et le captage d'Orouvéni, ainsi que dans tout le bassin du Mro Oua Goméni, affluent principal du Mro Oua Orouvéni à proximité du captage. L'analogie avec les formations géologiques et pédologiques composant le bassin versant montre que les secteurs les plus vulnérables des fonds de vallées sont constitués de dépôts épais et relativement imperméables de colluvions et alluvions. Les formations superficielles autour de la retenue collinaire et au niveau de l'affluent du Mro Oua Goméni qui sont des formations pédologiques d'altérites ferrallitiques remaniées et développées en épaisseur sont responsables de la forte vulnérabilité de ces secteurs. Ainsi :

- pour le captage de la retenue collinaire, les abords de la retenue ainsi que tous les versants nord sont très propices au ruissellement et augmentent par conséquent le degré de vulnérabilité de la prise d'eau. Ne pas oublier néanmoins que cette

vulnérabilité est modérée par l'effet de dilution et de retard induit par le volume de la retenue ;

- pour le captage d'Orovéni, les fonds de vallées identifiés comme des secteurs très propices au ruissellement et directement en proximité amont du captage augmentent très nettement le degré de vulnérabilité. La même remarque peut être faite au niveau de l'affluent du Mro Oua Goméni. Il s'avère en réalité que la partie aval du BAC (qui correspond en réalité aux zones les plus planes du bassin et donc plus propices à la sédimentation des argiles et/ou au colmatage partiel des berges sont les secteurs les plus vulnérables vis-à-vis des prises d'eau de surface).

4.3. CALCUL DES TEMPS DE TRANSFERT DU MRO OUA OUROVENI EN AMONT DE LA PRISE D'EAU

Le Mro Oua Oourovéni en amont du captage est découpé en 4 zones selon l'étagement du cours d'eau et dont la limite amont de la 4^{ème} zone correspond au barrage de la retenue de Combani. Compte tenu de l'importance relative des alimentations apportées par le Mro Oua Goméni (affluent principal de l'Oourovéni) le linéaire de ce denier a été découpé en 2 zones supplémentaires. Les caractéristiques de chaque zone sont données dans le Tableau 14 et le découpage figure sur l'illustration 22.

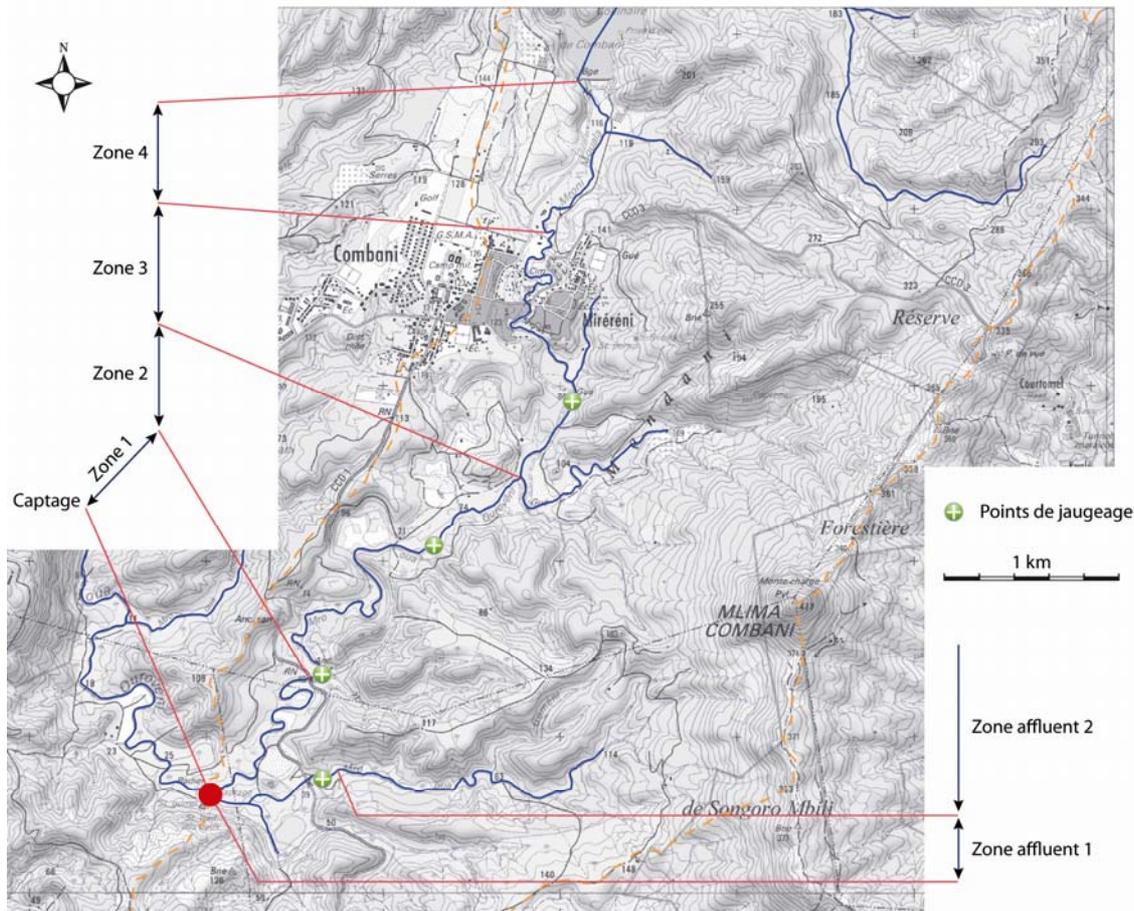


Illustration 22. Découpage du cours d'eau et de l'affluent du Goméni en amont du captage de l'Oourovéni et localisation des jaugeages du 14/05/2009

A noter, la largeur du lit, zone par zone, est estimée sur toute la longueur comme progressive de 2 à 7 m en moyenne pour le cours principal (à partir de la retenue) et de 1 à 3 m pour l'affluent du Mro Oua Goméni et elle a été vérifiée sur le terrain en certains points seulement. Les zones 1, 2 et 3 sont caractérisées par un écoulement de type régime permanent et sont situées en contrebas du village de Combani ; elles

concentrent la majeure partie des rejets issues d'activités anthropiques dans le cours d'eau (lessive, urbanisation, voies de circulation, gués, culture sur les berges, etc.). La zone 4 traverse les parcelles agricoles situées en amont du village.

	Longueur cumulée / captage (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
Zone 1	2232	29	7
Zone 2	4570	41	5
Zone 3	6560	75	3
Zone 4	7771	110	2
Zone affluent 1	685	38	2
Zone affluent 2	3799	53	1

Tableau 14. Caractéristiques des zones de découpage du Mro Oua Orovéni et de son affluent le Mro Oua Goméni, en amont du captage pour détermination des vitesses de transfert.

4.3.1. En condition de hautes eaux : application de la formule de Manning Strickler.

L'application de la formule de Manning Strickler au cas du Mro Oua Orovéni et de l'affluent Mro Oua Goméni se limite aux conditions de hautes eaux (HE) pour des questions de domaine de validité de l'équation (cf. rapport BRGM/RP-57299-FR). Le détail des calculs est donné en Annexe 5 et les résultats sont présentés au Tableau 16 encadrés par des coefficients de Manning Strickler de 25 à 40 m^{1/3}/s. La tranche d'eau en hautes eaux est considérée comme égale à 1,5 m pour le cours principal et 0,8 m pour l'affluent Mro Oua Goméni (valeurs confirmées sur le terrain par l'observation de laisses de crue).

4.3.2. En condition d'étiage : mesure des débits - vitesses in-situ.

Des mesures de débit ont été réalisées le 14/05/2009 dans le lit du Mro Oua Orovéni en amont de la prise d'eau, en 4 points précis et considérés comme représentatifs du profil moyen du cours d'eau. Les conditions météorologiques sèches depuis plusieurs semaines permettent de considérer que le régime hydrologique du cours d'eau est à l'étiage (BE). La localisation des points de jaugeages (jaugeages par dilution chimique) et les résultats des mesures sont donnés en Tableau 16 et Illustration 22.

	Zone	Coord X _{RGM04}	Coord Y _{RGM04}	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Point 1	Zone affluent 1	513 831	8 583 499	14 (+/- 1)	270
Point 2	Zone 1 & 2	513 874	8 584 094	143 (+/- 14)	750
Point 3	Zone 2	514 576	8 584 813	92 (+/- 9)	1200
Point 4	Zone 3	515 286	8 585 672	68 (+/- 7)	860

Tableau 15. Localisation des points de mesure et résultats des débits du Mro Oua Orovéni et de l'affluent Mro Oua Goméni du 14 mai 2009

L'emplacement du point 1 a été déterminé sur la base de sa proximité avec le pont de la RN. La configuration du cours d'eau en aval du pont est une succession de profonds très allongés qui sont des sections délicates à jauger par la méthode chimique.

L'emplacement du point 2 a été déterminé sur les mêmes critères que le point 1, à savoir la proximité du pont de la RN. Etant donné la difficulté de réaliser des jaugeages chimiques en aval du pont en raison de la présence de profonds assez allongés et de quantité d'eau importante, le point 2 se voit étendu aux zones 1 et 2.

L'emplacement du point 3 en zone 2 a été déterminé sur des critères d'accessibilité à la rivière.

L'emplacement du point 4 en zone 3 se justifie par la présence d'un radier carrossable directement en amont. Par ailleurs c'est un point médian de la zone 3 - qui plus est - est intégrateur de la contribution de l'affluent de Miréréni.

		Coefficient de Manning Strickler (m ^{1/3} /s)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone affluent 1	Zone affluent 2
Vitesses de transfert (m/h)	HE	25	562	689	1005	272	539	530
		40	351	430	628	170	337	331
	BE		747	1207	860	/	/	267
	Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	4	7,4	9,3	13,8	0,9
40			6,4	11,8	14,9	22,1	1,5	9,2
BE			9	15	20	/	4,5	/
Débit (L/s)	BE		143	92	68	/	14	/

Tableau 16. Vitesses de transfert du cours d'eau et de son affluent Goméni et temps d'atteinte au captage d'Orovéni. Les débits de BE ont été mesurés le 14/05/2009

A la lecture du tableau, les vitesses de transfert calculées en HE et mesurées en BE montrent des écarts maximum d'un facteur 2. En ce qui concerne les zones 1 à 3, les temps d'atteinte au captage sont compris entre 5 et 9 h en hautes et basses eaux (zone 1) et entre 11 et 20 h en hautes et basses eaux (zone 3). Le différentiel de vitesse entre les deux régimes hydrologiques est moins marqué que dans le cas du Mro Oua Gouloué (cf. rapport BRGM/RP-57109-FR). Par ailleurs, l'utilisation d'un coefficient de Manning Strickler de 40 m^{1/3}/s en HE donne des valeurs de vitesses souvent égales voire inférieures aux valeurs mesurées en BE (soient des temps d'atteinte plus longs en HE qu'en BE, ce qui semble peu probable). Ainsi, pour l'Orovéni et son affluent seront préférés les résultats du calcul de Manning Strickler établis sur la base d'un coefficient de 25 m^{1/3}/s. Les délais de réactions sont par conséquent d'une vingtaine d'heures minimum en BE pour un déversement de polluant en zone 3.

En ce qui concerne l'affluent du Mro Oua Goméni, son activité est plus significative que pressentie en basses eaux par rapport au cours d'eau principal (débit = 38 L/s contre

plus de 140 L/s pour le cours d'eau principal). Le Mro Oua Goméni participe à plus de 20 % de l'alimentation de la prise d'eau.

5. Caractérisation des pressions

5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXISTANTES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI

5.1.1. Urbanisation et aménagement

Les villages de Combani et Miréréni appartiennent à la commune de Tsingoni. Le recensement INSEE de 2007 fait état d'une population de plus de 6 000 habitants répartis sur ces deux villages (cf. Tableau 17), population à laquelle il faut rajouter une partie des habitants de Mrowalé et de Kahani à cheval sur le bassin versant. Quelques habitats dispersés sur le bassin sont à noter, principalement des habitations clandestines dans le lit de la vallée de l'Ourovéni ainsi que quelques exploitations agricoles sur les flancs du Mlima Combani.

Villages	2002	2007
Combani	3 559	4 219
Miréréni	1 722	2 135

Tableau 17. Population des villages de Combani et Miréréni (chiffres INSEE 2007)

Comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, les zones urbaines de Combani et de Miréréni seront cartographiées en pressions moyennes, en raison de l'insuffisance de systèmes d'assainissement et des pratiques de rejets des déchets ménagers autour des habitations. En outre, les systèmes d'assainissement présents mais non fonctionnels sont considérés comme pressions fortes, du fait de la concentration des rejets.

5.1.2. Activités rurales et agricoles

Le bassin versant de l'Ourovéni se prête à l'exercice des activités rurales et agricoles. Il est considéré comme le secteur le plus agricole de Mayotte. D'après les informations figurées sur la carte d'occupation des sols (DAF, actualisation 2002), la majorité de la surface du bassin est composée de forêts dégradées, associées à des parcelles de culture et de lambeaux de forêt. Les hauteurs du bassin, c'est à dire les zones amont de la retenue collinaire ainsi que les hauteurs du mont Combani (au dessus de 200 m NGM) sont couvertes par de la forêt dense (réserves forestières de Majimbini et de Songoro Mbili). A ces réserves il convient de rajouter la réserve du Choungui Sohoa en aval du bassin versant dont les versants sont – eux aussi - couverts de forêts denses.

Les environs de Combani et notamment le plateau qui s'étend en direction de Tsingoni, les contrebas de la retenue collinaire ainsi que quelques versants du Milma Combani

sont réservés à la monoculture d'Ylang (plantations Guerlain). Plus en aval, les fonds de vallées de l'Ouvéni sont utilisés pour la polyculture vivrière intensive¹.

Sur la base des principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR, les zones de polyculture intensive seront qualifiées de pressions moyennes tandis que les zones de monoculture d'Ylang ylang, de forêt dégradée et de réserve forestière seront assimilées à des zones de pression faible.

5.1.3. Sites industriels, sites et pratiques à risques

Hors secteur agricole, il existe peu de sites industriels et d'activités de service dans le bassin versant du Mro Oua Oouvéni. Les principales activités sont compilées dans le tableau suivant.

fiche	Id	Commune	Adresse	localisation	Nom Entreprise	Type industrie	Code NAF	Groupe SEI	Actif	Propriétaire	remarques et commentaires	visible sur 25 000	Occupation	Coord X	Coord Y	Altitude (m NGM)	Place dans le BV
86	0	Tsingoni	Combani	Camp Militaire	GSMA	Dépôt de liquides inflammables	Z3	1	oui	GSMA	Centre de formation intégré à l'armée avec stockage d'hydrocarbure et ateliers de mécanique, menuiserie	Oui	à vérifier	514400	8586751,9	125	sur le plateau de Combani, à moins de 400 m en rive droite du Mro Oua Oouvéni, à 50 m du piézomètre de Combani 1
87	0	Tsingoni	Combani	piste derrière le golf de Combani	Particuliers	Elevage	A01.2	3	oui	Particuliers	Zone dans laquelle des élevages de zébus, caprins, lapins, etc existent	Non	à vérifier	514400	8587301,9	130	en bordure du BV, mais suffisamment proche pour être intégré au BV hydrogéologique de la nappe suspendu de Combani

¹ Il est caractéristique à Mayotte d'alterner les cultures sur parcelle selon les saisons, si bien que l'identification précise des cultures n'est pas toujours d'actualité.

80	5154	Tsingoni	Combani	à la sortie sud du village de Combani, en bordure droite de la route au point le plus haut	ETPC	Décharge de déchets industriels banals	O90.0f	1	oui	Colas	Dépôt de préfabriqués	oui	à vérifier	514057	8585961	115	sur le plateau de Combani, sur un point topographiquement haut à l'écart des ravines. La 1ère ravine temporaire à l'est est à moins de 150 m mais ne rejoint pas directement le Mro Oua Oourovéni. La seconde ravine à l'ouest est à plus de 300 m, temporaire, elle ne rejoint pas directement l'Oourovéni
----	------	----------	---------	--------------------------------------------------------------------------------------------	------	----------------------------------------	--------	---	-----	-------	-----------------------	-----	------------	--------	---------	-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 18. Sites industrielles et activités de service de la Collectivité départementale de Mayotte (source BRGM/RP-52906-FR). Les coordonnées sont données dans le système Combani 50.

Au regard du tableau, la nature et le volume des pressions de type industriel est faible. Néanmoins, les sites répertoriés ci-dessus stockent soit des hydrocarbures ou des produits à risques ou concentrent du bétail à des fins d'élevage. Comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, seules les pressions de groupe SEI 1 sont considérées comme des pressions fortes. Les autres groupes SEI, à savoir 1 et 2, sont considérés comme correspondant à des zones de pression moyenne.

Sous les termes « pratiques à risque » sont essentiellement regroupées les activités de type : lessive en rivière, lavage de véhicule en rivière et pêche aux produits chimiques (poison, javel, etc.). Le fait qu'un tronçon du Mro Oua Oourovéni – appelé encore Mroni Mouala – traverse le village de Combani mais aussi celui de Miréréni entre 100 et 120 m NGM favorise ces pratiques (reconnaissance de terrain). Par ailleurs, le développement d'habitations clandestines en contrebas du village de Combani jusqu'au gué (point coté 84 m NGM) nous amène à considérer une continuité de ces pratiques tout le long du cours d'eau entre 120 et 84 m NGM. Par conséquent, les linéaires du cours d'eau traversant les villages de Combani et de Miréréni ainsi que les gués permettant l'accès au cours d'eau seront identifiés comme des zones à pression forte.

5.1.4. Risques naturels

D'après l'atlas des aléas naturels des communes de Tsingoni, Chiconi et Ouangani (respectivement les rapports BRGM/RP-53116-FR et BRGM/RP-52662-FR), les aléas les plus importants à prendre en compte dans le cadre de la protection des captages sont les aléas de type mouvement de terrain (glissement et chutes de blocs) et les aléas inondation. L'exposition des ouvrages est la suivante :

- en ce qui concerne la prise d'eau de surface de l'Oourovéni, l'exposition de l'ouvrage aux aléas de type mouvement de terrain est négligeable. En revanche le risque d'inondation est fort car le seuil occupe toute la largeur du cours d'eau. Ce risque

peut éventuellement entraîner des dommages partiels au niveau de l'ouvrage (débâcles, obstruction de l'ouvrage par transport solide, affouillement du seuil, etc.) ;

- la prise d'eau de la retenue collinaire ne montre pas d'exposition à un aléa particulier. Le risque de dégradation de l'ouvrage par mouvement de terrain et/ou lors d'inondation est considéré comme négligeable ;
- le forage d'Orovéni 1 est situé en zone d'aléa moyen concernant les glissements de terrain et peut aussi être inquiété par les chutes de blocs en provenance des versants. L'exposition à l'aléa inondation est limitée.
- idem pour le forage de Combani M'réreni qui est situé en zone d'aléa moyen concernant les glissements de terrain mais peut aussi être inquiété par les chutes de blocs en provenance des versants. L'exposition à l'aléa inondation est limitée.
- en ce qui concerne le forage de Combani Kahani, il est situé en zone d'aléa fort de type chute de blocs dominant en provenance des versants du Mlima Combani. Cet ouvrage est donc particulièrement exposé à une risque de dégradation qu'il est essentiel de prendre en considération.

5.2. CARTE DES PRESSIONS DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA OUROVENI

La superposition des différentes pressions (urbaines, agricoles et industrielles) - sur la base des principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR – nous amène à l'établissement de la carte suivante.

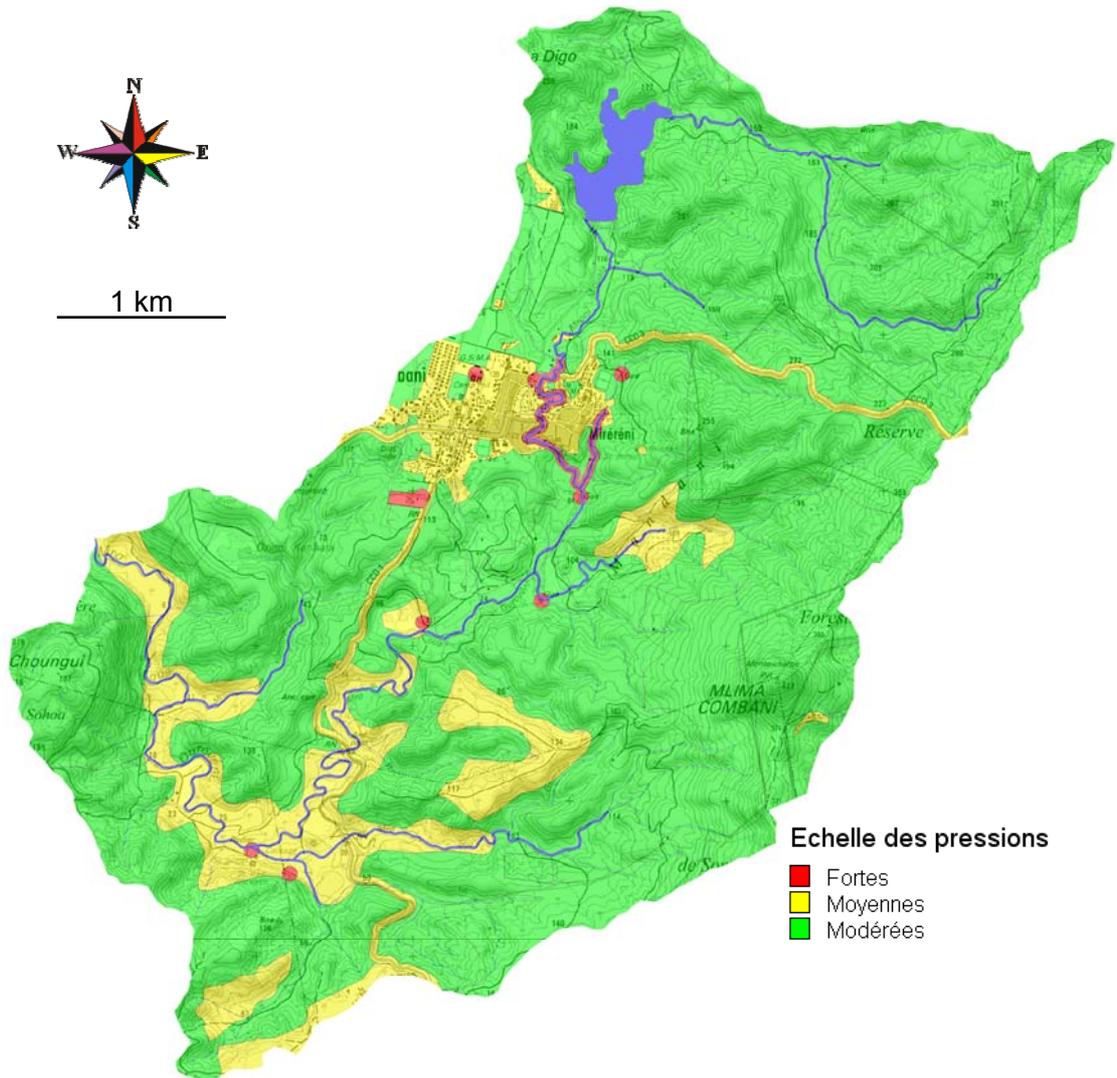


Illustration 23. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Oourovéni

Il est intéressant de noter qu'à l'échelle du bassin versant, les volumes et les degrés de pression restent peu élevés (en comparaison avec certains autres bassins versants de Mayotte, cf. rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR). L'essentiel des pressions se répartit autour des villages de Combani et Miréreni ainsi que dans les fonds de

vallée et au niveau des gués. Le nord du bassin (en amont des villages, c.à.d. la retenue collinaire et la réserve forestière de Majimbini) est exempt de pressions. Cette carte est en accord avec les observations de terrain qui relataient davantage d'activités et de pressions autour des cours d'eau et dans les villages que sur les versants.

6. Evaluation du risque de pollution des bassins d'alimentation de captages du bassin versant du Mro Oua Orovéni

6.1. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DES BAC DE SURFACE

Outre les informations relatives à la caractérisation de la vulnérabilité du BAC et des pressions associées, les limites de temps d'atteinte inférieures à 1 heure en hautes et basses eaux sont figurées sur l'illustration ci-dessous, suivant les principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR. La surimposition de ces informations permettra d'apprécier plus précisément le degré d'exposition du captage considéré et surtout – dans les études à venir – de décider des mesures de protection à mettre en place vis-à-vis de la prise d'eau conjointement à l'instauration des périmètres de protection.

En ce qui concerne le BAC de la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani, bien que certains secteurs - notamment les alentours de la retenue – soient considérés comme vulnérables, l'absence de pressions à l'intérieur du BAC implique que le risque de pollution de la prise est faible. D'autant qu'il faut rajouter l'effet de la retenue sur la dilution et le retard d'une quelconque pollution accidentelle qui se produirait aux abords de la retenue. Dans ce cas de figure – et avec les données à disposition - il n'est pas possible de tracer les temps d'atteinte au captage.

Concernant la prise d'eau de l'Orovéni, étant donnée la taille du bassin d'alimentation, et la position très en aval du captage, ce dernier est intégrateur de toutes les pollutions potentielles déversées sur le bassin donc *de facto* très vulnérable. A cette observation s'ajoute le fait que la vulnérabilité du captage est importante dans la partie aval du bassin, c'est-à-dire en aval des villages de Combani et Miréréni et au niveau des activités agricoles du bassin. De ce fait, il s'avère que l'essentiel des pressions les plus fortes se concentrent au niveau des villages et dans les zones aval. A ces pressions fortes se rajoutent les zones de pression moyenne (issues de l'activité agricole) davantage dispersées sur le bassin d'alimentation mais souvent concentrée dans le fond des vallées, là où la vulnérabilité est la plus forte. Par conséquent, il est évident que le risque de dégradation de la qualité des eaux de la prise d'eau d'Orovéni par pollution est très fort. Le calcul du temps d'atteinte (limite fixée à 2 heures en basses et en hautes eaux) montre que la limite H2 remonte simplement de 200 à 300 m en amont du captage en basses eaux et de 500 à 600 m environ en hautes eaux dans le cours de l'Orovéni. En ce qui concerne le Mro Oua Goméni (l'affluent principal) la limite de temps d'atteinte en basses eaux est de 200 m et en hautes eaux de plus d'1 km.

En hautes eaux, que ce soit le cours principal ou l’affluent du Mro Oua Goméni, la limite H2 croise les ponts respectifs de la route nationale. Ainsi, même si le délai de réaction de 2 heures est suffisant pour procéder à la fermeture du captage par la SOGEA (à condition que cette dernière en soit avertie), le risque de pollution du captage est présent et plus fort dans le cours principale du Mro Oua Orouvéni mais il n’est pas à négliger en provenance de l’affluent du Mro Oua Goméni.

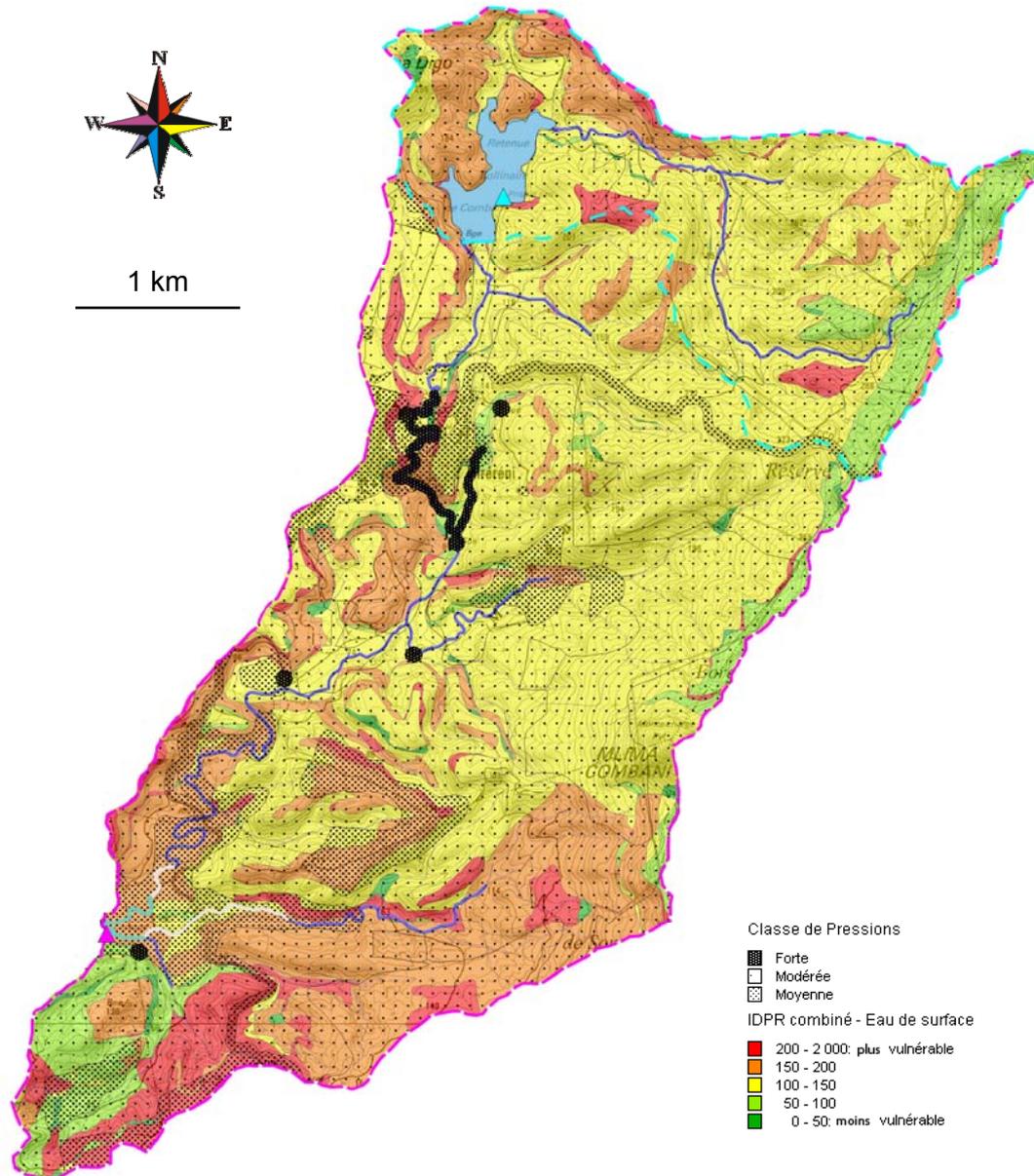


Illustration 24. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression des BAC de surface de la prise d'eau de la retenue collinaire (triangle en bleu clair) et de la prise d'eau d'Orouvéni (triangle en rose). En bleu très clair et gris figurent respectivement les temps d'atteinte au captage d'Orouvéni bas de 2h en basses eaux et hautes eaux – bassin versant du Mro Oua Orouvéni.

6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BAC SOUTERRAIN

En croisant les informations des cartes de vulnérabilité des eaux souterraines (§ 4.1) et de pressions (§ 5.2), il est possible d'établir la carte de croisement suivante.

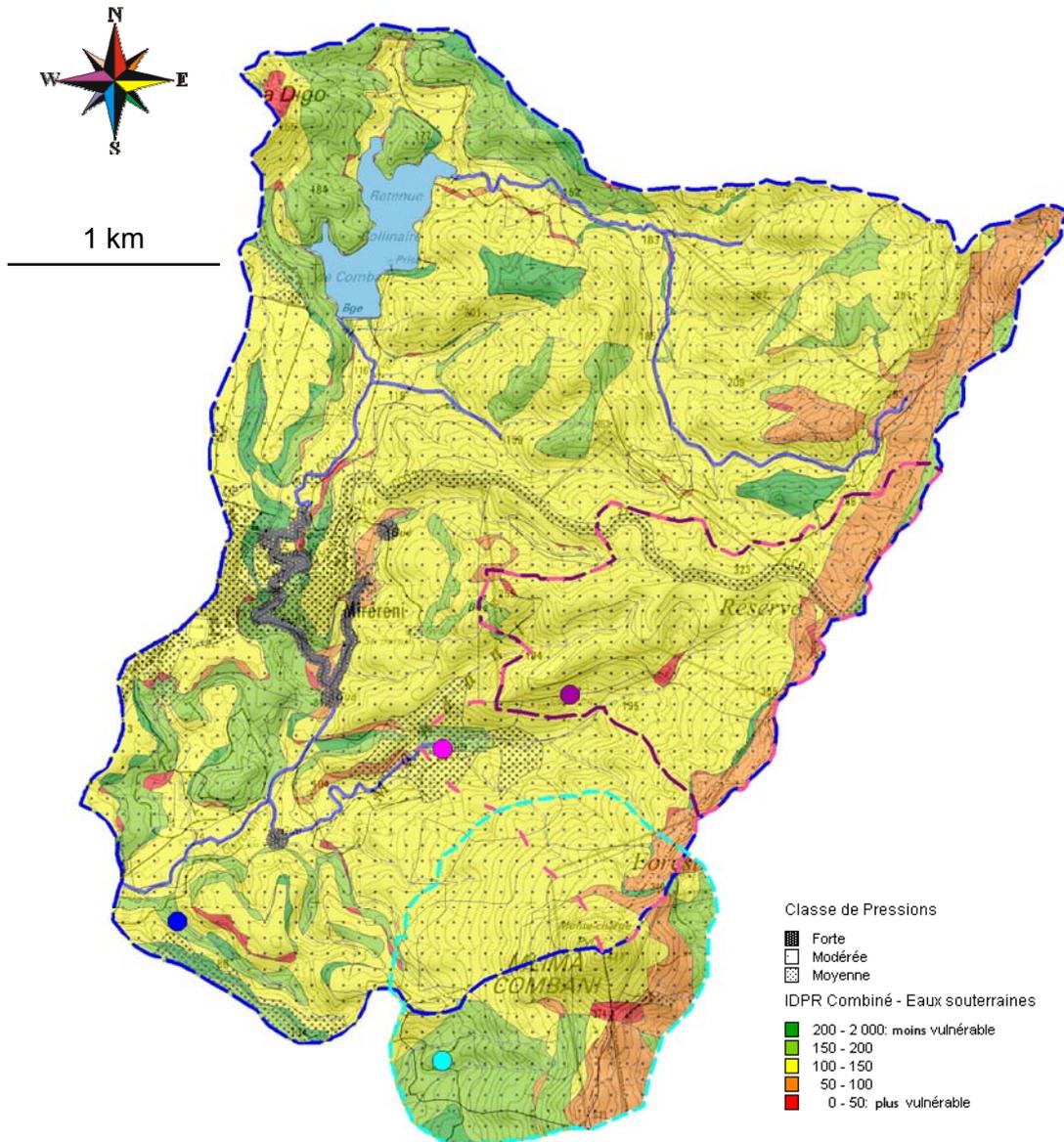


Illustration 25. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression des BAC souterrains des forages de Combani Miréréni (en rose), Combani Kahani (en bleu clair), Oourovéni 1(en bleu) et du drain de M'réréni (en violet) – bassin versant du Mro Oua Oourovéni.

De même que le BAC de la prise d'eau de surface d'Orovéni, le BAC du forage d'Orovéni 1 est très étendu et par conséquent, il est intégrateur de toutes les pollutions potentielles qui sont déversées sur le bassin versant amont. Il est important de noter que les pressions les plus fortes que sont les villages de Combani et de Miréréni et les sections aval du cours d'eau s'exercent uniquement sur le BAC souterrain du captage d'Orovéni. Ainsi, même si la vulnérabilité du BAC est plutôt faible à moyenne, les pressions exercées sont fortes et le risque de pollution de l'ouvrage est par conséquent assez important.

Concernant les BAC des forages de Combani Miréréni et de Combadrain, la vulnérabilité des BAC est plutôt moyenne voire sensiblement forte dans les zones hautes et - en l'absence de pressions significatives à l'exception de la route reliant Vahibé et Combani mais qui s'avère être une pression moyenne - le risque de pollution des captages est très faible. En revanche, les pratiques agricoles (cultures sur brûlis) et activités de déforestation ont très probablement un impact sur les volumes disponibles et la turbidité des eaux captées à Combadrain.

Le BAC du forage de Combani Kahani qui recoupe en partie le BAC des forages de Combani M'éréni et Orovéni 1 témoigne d'une vulnérabilité relativement faible, particulièrement dans les environs immédiats du forage et de l'absence de pressions significatives. Il est possible de conclure que la ressource captée au niveau du forage de Combani Kahani ne court qu'un très faible risque de pollution.

Il ressort donc de cette analyse que, parmi tous les BAC étudiées sur le bassin versant, l'ouvrage qui court un risque de pollution significatif est le forage d'Orovéni 1. Cependant, il est important de rappeler ici que cet ouvrage est le moins productif du bassin (en termes de potentiel), ce qui ne le classe pas comme ressource stratégique.

7. Recommandations

Les résultats de l'étude ont mis en évidence la nécessité d'un programme d'action à mettre en place dans le souci de la restauration et de la préservation de la ressource en eau souterraine et de surface d'une partie des 6 BAC du bassin versant du Mro Oua Orovéni.

Compte tenu (i) de la vulnérabilité intrinsèque du BAC de la prise d'eau de surface d'Orovéni et dans une moindre mesure du BAC du forage d'Orovéni 1 et compte tenu (ii) des pressions qui s'exercent en amont, particulièrement au niveau des villages de Combani et Miréréni, il sera nécessaire de mener des plans d'actions spécifiques à la préservation et à la restauration des ressources captées.

Compte tenu de leur exposition, la prise d'eau d'Orovéni bas et le forage d'Orovéni 1 sont les ressources particulières à surveiller. Les autres BAC ne sont – à l'heure actuelle - pas soumis à de pressions significatives.

D'une manière générale et commune à tous les bassins versants de Mayotte, les recommandations sont les suivantes :

- il est absolument nécessaire de renforcer le suivi de la qualité des eaux, notamment les substances phytosanitaires (AMPA) révélatrices des dégradations environnementales. A l'heure actuelle, l'absence de données régulières et exhaustives concernant la qualité est un réel handicap dans la caractérisation de la qualité des eaux, la mise en évidence de pollution chroniques ou diffuses (ces données seront indispensables dans les réflexions futures relatives à la protection de ces ressources, notamment à travers la mise en place des plans d'action qui accompagneront les futurs périmètres de protection).
- ces mesures devront s'accompagner de la mise en place de systèmes de mesure efficace des prélèvements en tête de captage (mesure en cours par la SOGEA). Par ailleurs, toujours dans le souci de la restauration de la ressource, la mise en place des débits minimum biologiques¹ et des passes à poissons au niveau des captages en rivière devraient contribuer à la restauration de la qualité écologique du cours d'eau (objectif visé par le SDAGE).

Au niveau du bassin versant du Mro Oua Orovéni et afin de mieux comprendre les mécanismes de la ressource, il est recommandé de procéder aux études complémentaires suivantes :

¹ La notion de débit réservé est apparue dans la loi « pêche » du 29 juin 1984. Celle-ci spécifie qu'à l'aval de tout prélèvement ou dérivation, un débit minimum garantissant la reproduction et la vie du poisson, doit être laissé. Ce débit ne peut être inférieur au dixième du débit moyen interannuel (module) pour les ouvrages nouveaux et quarantième du module pour les ouvrages antérieurs. A Mayotte, les études relatives au Débits Minimums Biologiques ont été délivrées à la DAF au second semestre 2009.

- des études hydrologiques portant sur le recensement des prélèvements agricoles et domestiques ainsi que sur l'actualisation du bilan hydrologique du bassin versant permettraient de préciser les raisons et volumes du déficit de drainage.
- l'analyse des chroniques de turbidité des eaux du drain de M'réreni ou Combadrain dans le but de vérifier l'évolution du signal et éventuellement de discriminer le paramètre qui en est la cause ;
- l'étude approfondie des alimentations et des mécanismes du forage de Combani Kahani afin de délimiter au mieux l'extension du bassin d'alimentation.

En ce qui concerne les pressions, il est urgent de réglementer et surveiller les pratiques (assainissement, agriculture, lessives) au niveau des villages de Combani et de Miréréni et en aval.

La finalité de cette étude est de proposer un support de travail et d'informations à l'échelle du bassin versant et des BAC afin de procéder dans des délais raisonnables aux études hydrogéologiques complémentaires - captage par captage – qui initieront l'instauration des périmètres de protection. Ces travaux devraient aboutir à des recommandations plus complètes et plus spécifiques.

8. Conclusions

Dans le cadre de la convention de recherche et développement partagés DAF/BRGM du 18 août 2008, les délimitations des bassins d'alimentation des captages du bassin versant du Mro Oua Orovéni, à savoir : la prise d'eau du Mro Oua Orovéni, la prise d'eau de la retenue collinaire de Combani, le forage de Combani-M'réréni, le forage d'Orovéni 1, le forage de Combani-Kahani et le drain de M'réréni ou Combadrain ont été établies sur la base des principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR.

Le bassin d'alimentation de captage de la prise d'eau d'Orovéni intègre les 3/4 du bassin versant du Mro Oua Orovéni et comprend par conséquent les villages de Combani, Miréréni et Mrowalé. Le bassin d'alimentation de captage de la prise d'eau de la retenue collinaire couvre toute la surface de la retenue ainsi que le bassin versant en amont. Le bassin d'alimentation du drain de M'réréni correspond à la surface du massif situé en amont de la source. Concernant les forages ; le bassin d'alimentation du forage d'Orovéni 1 couvre une grande partie du bassin versant du Mro Oua Orovéni en raison des infiltrations qui s'opèrent dans le lit du cours d'eau, le bassin d'alimentation du forage de Combani M'réréni intègre le BAC du drain de M'réréni en raison des infiltrations qui s'opèrent en aval du drain et le bassin d'alimentation du forage de Combani Kahani - initialement considéré comme étant le bassin versant de la ravine passant à proximité du forage - s'avère finalement plus étendu. Le BAC du forage de Combani Kahani correspond au massif du Mlima Combani, topographiquement plus haut que les premiers horizons aquifères recoupés. Dans tous les cas, à l'exception du forage d'Orovéni 1 (en raison de l'intégration du bassin versant du Mro Oua Orovéni en entier), le calcul de la surface théorique d'alimentation est très proche des dimensions du BAC tracé sur la base des informations topographiques, géologiques et hydrogéologiques.

La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines est relativement homogène - plutôt moyenne à faible sur l'ensemble du bassin versant – du moins, comparativement à d'autres bassins versants de Mayotte (ex du Mro Oua Gouloué) et surtout au regard de l'hétérogénéité des faciès géologiques et pédologiques qui composent le bassin. Il s'avère que dans l'ensemble, les eaux souterraines sont relativement bien protégées.

En revanche la vulnérabilité des eaux de surface - qui peut se traduire comme l'affinité du bassin au ruissellement – est assez élevée et notamment en ce qui concerne le captage d'Orovéni. En raison de la taille du BAC et de la position très aval du captage, ce dernier est non seulement intégrateur de toutes les pollutions déversées sur le bassin d'alimentation mais de plus, les pollutions seront plus susceptibles de se concentrer au niveau des cours d'eau que de s'infiltrer. En ce qui concerne la prise d'eau de la retenue collinaire, la vulnérabilité du bassin est jugée moyenne à forte, mais c'est sans compter sur la présence de la retenue qui a un potentiel de dilution très fort et la capacité de retarder une éventuelle pollution (effet tampon). La prise d'eau de la retenue peut donc être considérée comme très faiblement vulnérable.

L'inventaire des pressions a mis en évidence que les pressions les plus fortes se concentraient au niveau des villages de Combani et de Miréréni, mais aussi en aval, directement dans le cours d'eau. A ces pressions fortes, peuvent être rajoutées les pressions moindres correspondant aux activités agricoles et au réseau routier, qui sont plus dispersées sur le bassin versant. Néanmoins, il s'avère que les BAC de la prise d'eau de la retenue, du drain de M'réreni (ou Combadrain) et des forages de Combani M'réreni et Combani Kahani sont quasiment exempts de pressions. Ainsi, considérant leur vulnérabilité moyenne à faible, ces captages ne courent à l'heure actuelle qu'un très faible risque de dégradation de leur ressource.

A l'inverse, les BAC de la prise d'eau de surface d'Orovéni et du forage d'Orovéni 1 sont intégrateurs des pressions exercées au niveau et en aval des villages de Combani et Miréréni. Ces captages sont à l'heure actuelle les plus menacés du bassin versant ; constat d'autant plus important que la prise d'eau de surface d'Orovéni est considérée comme une ressource stratégique qui assure plus de 30 % de l'alimentation de l'île et dont il est difficile de se soustraire. Le forage d'Orovéni 1 n'est pas considéré comme une ressource stratégique, avec moins de 1000 m³/semaine, il couvre moins de 0,5 % des besoins en eau de l'île. Il est donc capital de suivre au plus près la qualité des eaux de la prise d'eau de surface de l'Orovéni et surtout de mettre en place les plans d'actions spécifiques afin de réduire au maximum l'intensité des pressions qui s'exercent en amont.

De plus, il faut mentionner qu'en plus de ces pressions, les activités agricoles et les pratiques liées à la déforestation très diffuses à l'échelle des bassins et de l'île, ont un impact très probable sur les ressources en eau, mais aussi sur la qualité de celle-ci (problème de turbidité au drain de M'réreni par exemple, etc.).

En ce qui concerne les aléas naturels, les forages de Combani M'réreni, Orovéni 1 et Combani Kahani sont relativement exposés aux glissements de terrains et chutes de blocs, particulièrement le forage de Combani Kahani. La prise d'eau d'Orovéni est exposée (comme toutes les prises d'eau) à un risque important d'inondation dont les dégradations sur l'ouvrage peuvent être importantes.

La Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF), la Direction des Affaires Sanitaires et Sociales (DASS) de Mayotte et le Syndicat Intercommunal des Eaux et Assainissement de Mayotte (SIEAM) se sont engagés dans une démarche consensuelle et souhaitent à l'avenir étendre ces études et les procédures réglementaires à l'ensemble des captages AEP de l'île ainsi qu'aux forages prochainement mis en exploitation¹. La réalisation de l'ensemble des BAC de l'île permettra de mettre en place rapidement les périmètres de protection de captages au

¹ Courant 2009, la signature de la convention SIEAM / BRGM du 24 avril 2009 prévoit le lancement des études BAC sur 5 autres bassins versant exploités par des captages d'eau de surface et/ou des captages d'eau souterraine. La signature de la convention ONEMA/DAF/BRGM 2009 du 9 juin 2009 prévoit la réalisation des études BAC sur les 4 bassins versants restant. Fin 2009, les études BAC devront être abouties sur tous les captages en service ou en instance de mise en service de Mayotte.

sens administratif, d'instruire les dossiers de Déclaration d'Utilité Publique¹ et de mettre en application les plans d'action de protection des ressources.

¹ Comme prévu par (i) la loi relative à la protection de la santé publique de 1902, article 10, qui impose pour tous captages la réalisation d'une Déclaration d'Utilité Publique qui déterminera - si nécessaire – un périmètre de protection contre la pollution de l'ouvrage, (ii) la loi sur l'eau de 1992 qui impose à tous les captages la délimitation des périmètres de protection. Cette loi, rétroactive, s'applique aussi bien aux captages en création qu'aux captages antérieurs et (iii) le Plan National Santé Environnement qui fixe comme objectif que l'ensemble des captages soient protégés en 2010.

9. Références bibliographiques

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

Annexe 1, §I-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles.

Bonnier J., Possot O., Lachassagne P. et Mouron R. (2003) en collaboration avec J-P Rançon – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte (Campagne 2001-2003) – Forage de Combani-Kahani (1230-6X-0047). Rapport BRGM/RP-52721-FR, 53 p., 16 fig., 4 ann.

Caractéristiques physiques et chimiques de cinq rivières et de leurs bassins versant sur Grande Terre, île de Mayotte – établissement d'un état des lieux vis-à-vis des facteurs de pollution. Rapport BRGM/RC-50355-FR – 2001 MAY 05,68 p., 40 fig, 20 tab., 4 annexes

DAF de Mayotte (2002) – Plan d'occupation des sols. Actualisation

DAF de Mayotte (2009) - Analyses de pesticides. Campagne de prélèvement 2008. Eau des rivières.

Eucher G., Denis L., Tourlière B. (2004) – Définition des limites géographiques des cours d'eau au sens de la police de l'eau à Mayotte – Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte – BRGM/RP-53495-FR, 70 p., 14 ill., 9 ann.

Frissant N., De la Torre Y. et 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 3 hors texte.

Guilbert M., Aunay B., Lachassagne P., Malard A., Mathieu F. (2008) – Synthèse hydrogéologique du Nord-Est de Mayotte. Caractérisation des masses d'eau souterraine des secteurs de Petite-Terre et de Tsoundzou-Koungou. Rapport BRGM/RP-56600-FR, 79 p., 29 ill. et 8 ann.

Guilbert M., Dewandel B., Lachassagne P., en collaboration avec Malard A. (2008) – Protection et optimisation de la ressource en eau souterraine à Mayotte. Année 4 – BRGM/FR-56438-FR, 105 p., 38 ill., 10 tab., 6 ann.

INSEE Infos n°32 – novembre 2007

J-C. Audru, B. Auber, J-F. Desprats, N. Frissant, O. Jossot, C. Mathon, D. Moiriat, J.L Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (CIRAD), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte,

Communes de Bandraboua et Tsingoni. Rapport BRGM/RP-53116-FR, 90 p., 65 figures ou photos, 4 tableaux, 30 cartes et 8 annexes.

J-C. Audru, J-F. Desprats, G. Eucher, O. Jossot, C. Mathon, J.L Nédellec, J.-P. Rançon, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (CIRAD), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Chiconi, Ouangani, Sada et Chirongui. Rapport BRGM/RP-52662-FR, 121p., 68 figures ou photos, 4 tableaux, 54 cartes et 8 annexes.

Lachassagne P., Maurillon N. et Mouron R. (2002) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines de Mayotte (Campagne 2001-2003) – Forage de Combani (1230-6X-0038). Compte rendu des travaux – Principaux résultats géologiques et hydrogéologiques. - Rapport BRGM/RP-52054-FR – 2002 MAYOTTE 09, 29 p., 8 fig., 5 ann.

Lapègue J. – 1999 – Aspects quantitatifs et qualitatifs de la pluviométrie dans deux enjeux majeurs de la problématique de l'eau à Mayotte. Thèse de l'Université de la Réunion.

Latrille E. (1981) – Mayotte. Carte morphopédologique et des propositions d'affectation des terres. 1/50 000.

Malard A. avec la collaboration de B. Aunay, J.F. Vernoux et V. Mardhel (2009) – Définition d'une méthodologie commune aux études des bassins d'alimentation de captages à Mayotte. Principes de délimitation des bassins et de caractérisation de la vulnérabilité des captages – BRGM/RP-57299-FR, 146 p., 34 ill., 12 tab., 5 eq, 6 ann.

Malard A. avec la collaboration de B. Aunay, J.F. Vernoux et V. Mardhel (2009) - Etude des bassins d'alimentation des 3 captages du bassin versant du Mro Oua Gouloué – Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions) – BRGM/RP-57109-FR, 94 p., 19 ill., 10 tab., 4 ann.

OFEFP – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré. Guide pratique. Version provisoire du 28 mars 2002.

Programme des forages de reconnaissance des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 1991-1992 –BRGM 35165 REU 4S 92

Recherche et exploitation des eaux souterraines à Mayotte, Forage Oourovéni 1 - rapport DAF SER JUIN 2004.

Stieljes L, Cantagrel J.M, Nougier J., Vatin-Perignon N., Watelet P. (1988) – Carte géologique de Mayotte (Archipel des Comores). Echelle : 1/50 000, Collectivité Départementale de Mayotte. Editions du BRGM.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfli N. (2007) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 pages, 14 illustrations

Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2008) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Application du guide méthodologique sur des bassins test, rapport BRGM/RP-55875-FR, 172 pages, 113 illustrations, 7 annexes.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Seguin J.J, Dörfliger N. (2007) – Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Seine-Normandie, rapport BRGM/RP-55332-FR, 128 pages, 125 illustrations, 8 annexes

Annexe 1

Coupes techniques des forages d'Ourovéni 1 (12306X0048/OURO01), de Combani Kahani (12306X0047/COMB)et de Combani M'réréni (12306X0038/COMB)

Coupe Orovéni 1

Coupe Combani Mréréni

Coupe Combani Kahani

Annexe 2

Analyses physico-chimiques des captages du bassin versant du Mro Oua Ourovéni

Début analyse

Annexe 3

Jaugeages au sel du 14 mai 2009

Trois jaugeages chimiques au sel (NaCl) ont été effectués sur le cours du Mro Oua Orovéni et un autre au niveau de l'affluent Gomeni.

Jaugeage 1 – Orovéni Goméni

Un jaugeage est réalisé sur l'affluent Gomeni, vers 13h30, au point de coordonnées UTM_{RGM04} (X= 513 831 m, Y= 8 583 499 m et Z= 69 m), sur une longueur linéaire de 19,3 m. Ici, le lit présente une largeur de 2,5m.

Compte tenu du débit modéré (estimé visuellement à 15 L/s), la masse de sel injectée est de 2 093 g.

La conductivité moyenne du cours d'eau est de 143 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valeur qui sera retenue comme signal de base dans nos calculs.

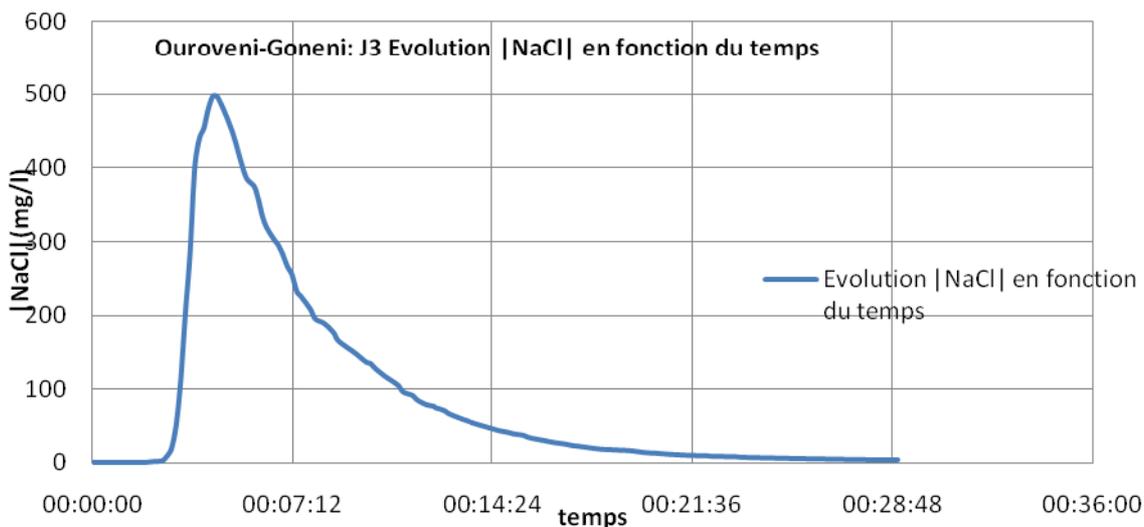
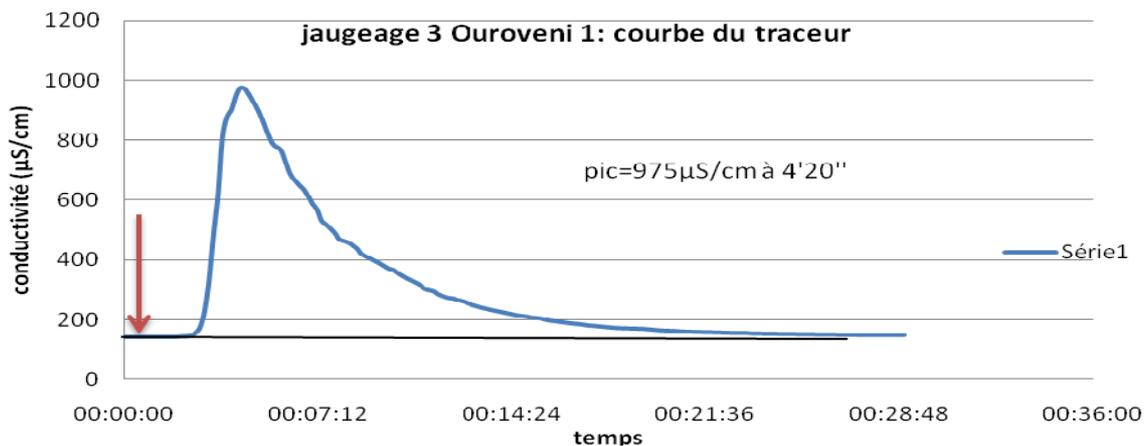


Figure 1 : Courbes de restitution du sel – Mro Oua Orovéni Goméni

masse sel injecté (g)	2 093
coefficient k de conversion ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)	1,67
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	13,5 (+/- 0,5)
Vitesse de pointe du panache (m/h)	267

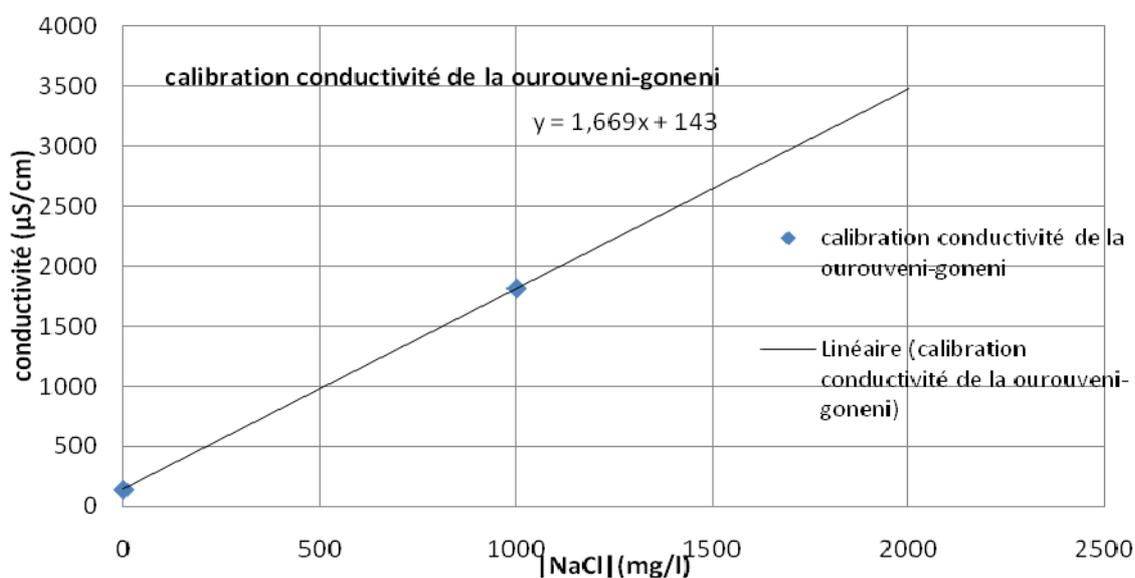


Figure 2 : Courbe de calibration Conductivité = f([NaCl]) du Mro Oua Oouvéni

Jaugeage 2 – Oouvéni bas, ancien pont

Le premier jaugeage sur Oouvéni est réalisé à 14h11, au niveau de l'ancien pont, au point de coordonnées UTM_{RG04} (X= 513 874 m, Y= 8 584 094 m, et Z= 40 m), sur une longueur linéaire de 27 m.

La largeur du lit mineur est en moyenne de 6 m et le débit estimé visuellement semble légèrement supérieur à 50 L/s. La conductivité moyenne est de 121 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (= signal de base) et la masse de sel injectée – proportionnelle au débit estimé - est de 3 972g.

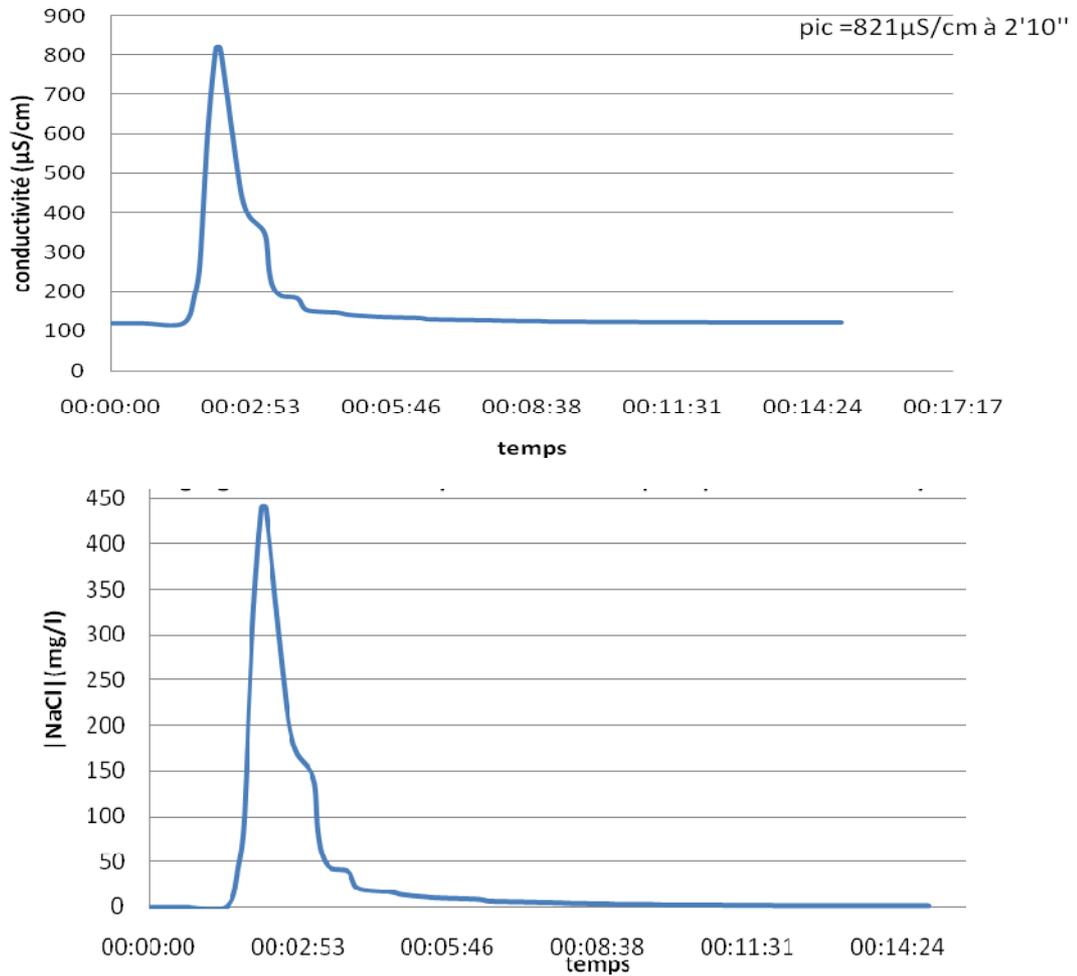


Figure 3 : Courbes de restitution du sel – Mrou Oua Oourovéni bas, ancien pont

masse sel injecté (g)	3 972
coefficient k de conversion ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{L}$)	1,67
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	143,2 (+/- 12)
Vitesse de pointe du panache (m/h)	747

Jaugeage 3 – Orovéni intermédiaire

Le deuxième jaugeage du Mro Oua Orovéni est effectué à 16h11, au point de coordonnées UTM_{RGM04} (X= 514 576 m, Y= 8 584 813 m, Z= 128 m), sur un linéaire de 57 cm. Le lit est relativement étroit (3 m) et une profondeur moyenne de 30 cm. La conductivité moyenne est de 118 µS/cm, valeur prise comme signal de base dans les calculs. Le débit est estimé à 100 L/s et la masse de sel injectée est de 5 952 g. Plusieurs embâcles à signaler le long du cours d'eau et un courant assez rapide. Les laisses de crues atteignent 80 cm, au-dessus de la surface libre.

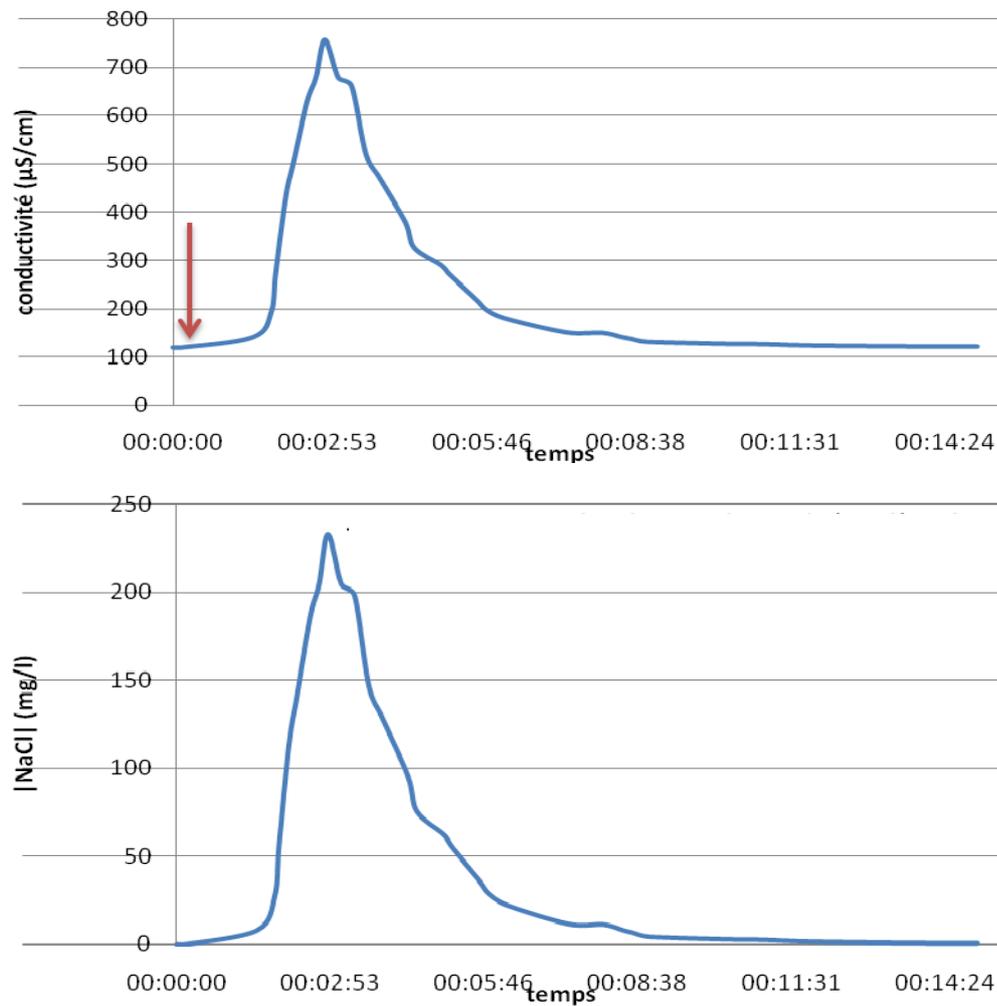
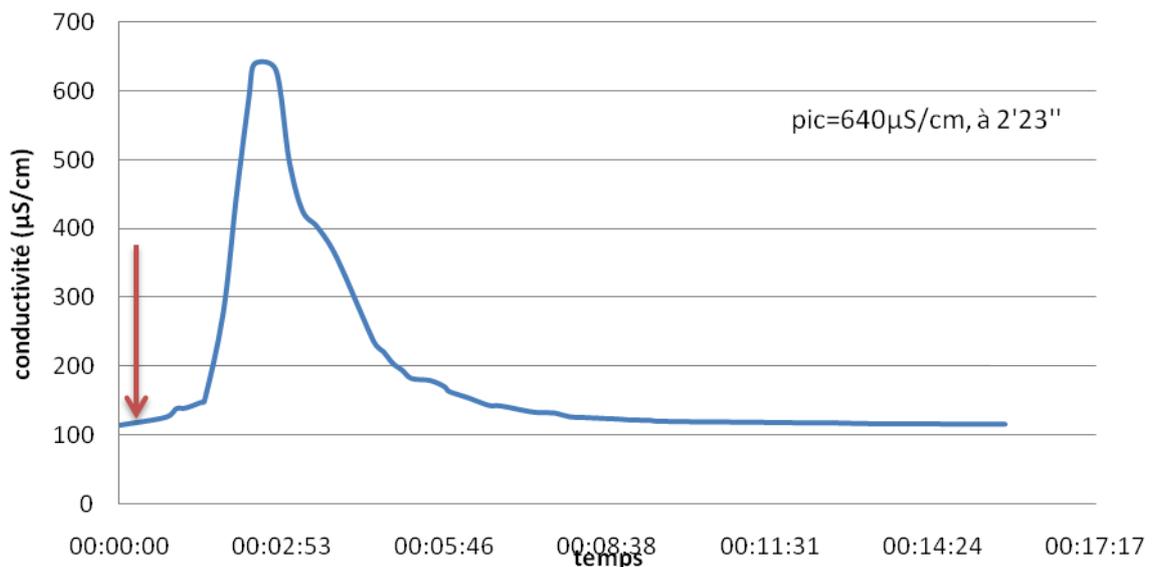


Figure 4 : Courbes de restitution du sel – Mro Oua Orovéni intermédiaire

masse sel injecté (g)	5 952
coefficient k de conversion ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)	1,67
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	92,1
Vitesse de pointe du panache (m/h)	1 207

Jaugeage 1 – Orovéni haut (gué)

Le dernier jaugeage réalisé sur le cours du Mro Oua Orovéni est exécuté à 16h48, au point de coordonnées UTM_{RGM04} (X= 515 286 m, Y= 8 585 672 m, et Z= 107 m), sur une longueur linéaire de 34,2 m. La largeur du lit est d'environ 3 à 3,5 m et le débit est estimé visuellement entre 30 et 50 L/s. La conductivité de base est de 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la masse de sel injecté est de 2 745 g. Des laisses de crue à 1 m au dessus de la surface libre sont observées.



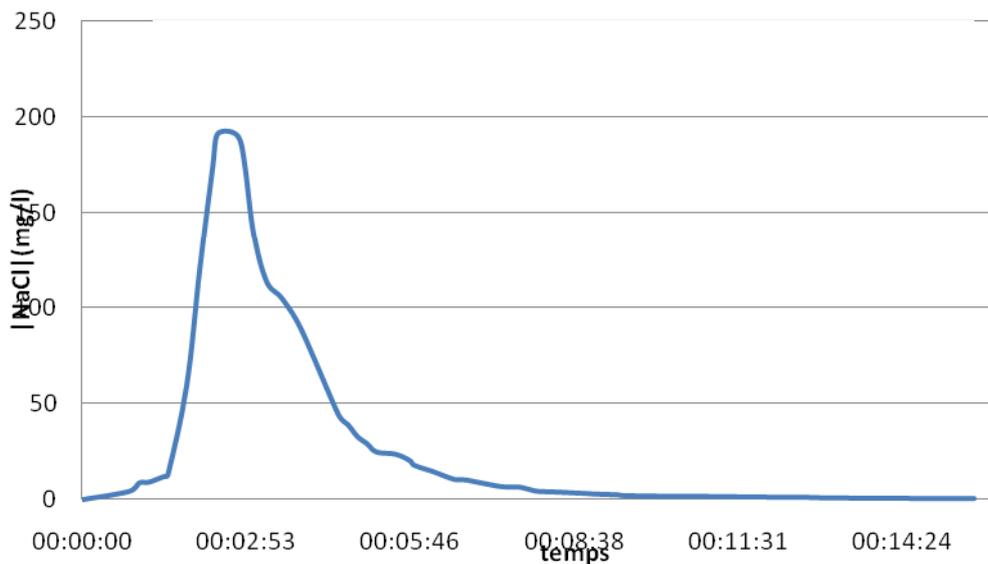


Figure 5 : Courbes de restitution du sel – Mro Oua Oouvéni haut, gué

masse sel injecté (g)	2 745
coefficient k de conversion ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)	1,67
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	68,4
Vitesse de pointe du panache (m/h)	861

Annexe 4

Détails des calculs d'application de la formule de Manning Strickler au Mro Oua Ourovéni

Mettre détail manning



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

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