



Etude des bassins d'alimentation des 2 captages du bassin versant du Mro Oua Méresse - Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions)

Rapport final

BRGM/RP-57110-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



Etude des bassins d'alimentation des 2 captages du bassin versant du Mro Oua Méresse - Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions)

Rapport final

BRGM/RP-57110-FR
Septembre 2009

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

A. MALARD
Avec la collaboration de
B. AUNAY, J.F VERNOUX et V. MARDHEL

Vérificateur :

Nom : B. Vittecoq

Date : 04/09/2009

Signature :

Approbateur :

Nom : P. Puvilland

Date : 15/09/2009

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 Méresse, 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 des 2 captages du bassin versant du Mro Oua Méresse – Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions) – BRGM/RP-57110-FR, 80 p., 18 ill., 6 tab., 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, les pressions exercées et le risque pour les ressources en eau 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 de gestion durable 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 également 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 ; les ouvrages suivants ont été retenus :

- 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 Mréréni (12306X0008/HY), les forages de Combani-Mréréni (12306X0038/COMB), d'Ourovéni 1 (12306X0048/OURO01) et de Combani-Kahani (12306X0047/COMB) – cf. rapport BRGM/RP-57111-FR ;
- 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) qui font l'objet du présent rapport ;**
- Et la prise d'eau en mer pour l'usine de dessalement de Petite Terre (BSS 12308X0087) - cf. rapport BRGM/RP-57112-FR.

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

Les résultats de l'étude appliquée au bassin versant du Mro Ou Méresse montre que ce dernier est le plus petit bassin versant mis en exploitation à Mayotte (2 km² environ) et que les bassins d'alimentation de captage de la prise d'eau et du forage de Bouyouni Méresse occupent respectivement 98 et 88 % de la surface totale du bassin versant.

En ce qui concerne la vulnérabilité de la ressource, les calculs de l'IDPR montrent que la ressource en eau de surface est très vulnérable car la capacité des sols est visiblement très peu infiltrante. Ainsi la vulnérabilité des eaux souterraines est quant à elle moindre, celles-ci étant relativement bien protégée.

L'examen des pressions montre que ces dernières sont relativement absentes du bassin. A l'exception d'un radier (= pression forte) et de quelques parcelles de cultures maraichères - situées sur les versants rive gauche du cours d'eau ainsi qu'en aval, à proximité immédiate de la prise d'eau - il y'a peu de pressions significatives dans l'enceinte des bassins d'alimentation de captages.

Néanmoins, la vulnérabilité élevée des eaux de surface et la présence de parcelles agricoles mêlées à des habitations sommaires à proximité immédiate de la prise d'eau suggère que le risque de pollution - ou du moins de dégradation des eaux - est présent et à considérer. Concernant les eaux souterraines, la distribution des « rares » pressions en amont et l'estimation d'une faible vulnérabilité vis-à-vis des eaux souterraines montrent que la ressource peut être considérée comme à risque très faible.

L'inventaire des risques naturels montre que les ouvrages sont hors des zones à risque de type mouvement de terrain. En revanche, le risque d'inondation - et plus particulièrement de dégradation de l'ouvrage par les matériaux charriés - est important au niveau de la prise d'eau de surface.

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 sens administratif, d'instruire les dossiers de Déclaration d'Utilité Publique² et de mettre en application les plans d'action de protection des ressources.

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.

² 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.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Présentation du bassin versant	15
2.1. TOPOGRAPHIE	15
2.2. PLUVIOMETRIE	16
2.3. OUVRAGES D'EAU.....	17
2.4. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT ET IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES	18
2.5. MORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DU COURS D'EAU	22
2.6. MORPHOPEDOLOGIE.....	25
3. Délimitation des Bassins d'alimentation de captage	29
3.1. LA PRISE D'EAU DE SURFACE BDAEP 2C3 ET BSS 12306X0050	29
3.1.1. Présentation	29
3.1.2. Qualité des eaux.....	31
3.1.3. Délimitation du bassin d'alimentation de captage	32
3.2. LE FORAGE DE BOUYOUNI MERESSE – BSS 12306X0046/BOUY	33
3.2.1. Présentation	33
3.2.2. Qualité des eaux.....	36
3.2.3. Délimitation du bassin d'alimentation de captage	37
3.3. CARTOGRAPHIE DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE.....	38
4. Vulnérabilités	39
4.1. EVALUATION DU DEGRE DE VULNERABILITE DU FORAGE DE BOUYOUNI MERESSE	39
4.2. EVALUATION DU DEGRE DE VULNERABILITE DE LA PRISE D'EAU DE BOUYOUNI MERESSE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR ET CALCUL DU TEMPS DE TRANSFERT DU MRO OUA MERESSE EN AMONT DES CAPTAGES.	41
4.2.1. Résultats de l'application de la méthode IDPR & indice de rugosité	41

4.2.2. Calcul des temps de transfert du Mro Oua Méresse en amont de la prise d'eau	42
5. Evaluation et représentation des pressions	45
5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXERCEES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE.....	45
5.1.1. Urbanisation et aménagement	45
5.1.2. Activités rurales et agricoles	45
5.1.3. Sites industriels, sites et pratiques à risques	46
5.1.4. Risques naturels	46
5.2. CARTOGRAPHIE DES PRESSIONS	47
6. Evaluation du risque de pollution des bassins d'alimentation de captages du bassin versant du Mro Oua Méresse	49
6.1. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BAC DE SURFACE	49
6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BAC SOUTERRAIN	51
6.3. CONCLUSION SUR LES RISQUES DE POLLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE	53
6.3.1. BAC de surface	53
6.3.2. BAC souterrain	53
7. Recommandations	55
8. Conclusion	57
9. Références bibliographiques	59

Liste des illustrations

Illustration 1. Découpage du bassin versant topographique du Mro Oua Méresse et localisation du captage de surface de Méresse, du forage de Bouyouni Méresse et du pluviomètre de Bandrazia Nord	16
Illustration 2. Géologie du bassin versant du Mro Oua Méresse (Stieljes – 1988).....	18
Illustration 3. Carte lithologique interprétative du secteur de Bouyouni / Mitsoni (BRGM/RP-51498-FR).....	21
Illustration 4. Profil en long du Mro Oua Méresse ; du cours principal remontant au Mlima Digo et de l’affluent principal en rive gauche.	22
Illustration 5. Chronique des débits du Mro Oua Méresse enregistrée au niveau du seuil A4 entre 1995 et 2008 (données DAF). Il existe des lacunes d’enregistrement importantes entre février 96 et juin 97 ainsi qu’entre décembre 02 et août 03.....	24
Illustration 6. Détail des débits d’étiage du Mro Oua Méresse.	24
Illustration 7. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Bouyouni 1/50 000 (Latrille et al – 1981)	26
Illustration 8. Régime de production hebdomadaire des captages de Dzoumognè, Longoni, Mouhogoni et Bouyouni Méresse de 2006 à aujourd’hui. On remarquera que la tendance moyenne des prélèvements, bien qu’irrégulière, est en hausse depuis 2006.	30
Illustration 9. Prise d’eau du Mro Oua Méresse (photographie du 2 février 2009)	31
Illustration 10. Forage de Bouyouni Méresse (photographie du 2 février 2009).....	34
Illustration 11. Chronique piézométrique du forage de Bouyouni Méresse en m NGM entre janvier 2003 et juin 2006 (données DAF)	35
Illustration 12. Découpage des bassins d’alimentation du captage de surface de Méresse et du forage de Bouyouni Méresse.	38
Illustration 13. Carte de vulnérabilité du bassin d’alimentation du forage de Méresse.....	39
Illustration 14. Carte de vulnérabilité du captage de surface de Méresse.....	41
Illustration 15. Découpage du Mro Oua Méresse en amont de la prise d’eau et localisation des jaugeages. Les caractéristiques de chaque zone sont compilées dans le Tableau 4.	42
Illustration 16. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Méresse.....	47
Illustration 17. Carte de croisement des informations de vulnérabilité vis-à-vis du BAC de la prise d’eau de surface du bassin versant du Mro Oua Méresse. En surimposition sont figurés les temps d’atteinte au captage - inférieurs à 1 h en hautes eaux (en gris) et basses eaux (en rose).....	49
Illustration 18. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression du BAC souterrain du forage de Méresse (indiqué ici en bleu).....	51

Liste des tableaux

Tableau 1. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Bandrazia Nord M6 entre 1996 et 2008.....	17
Tableau 2. Informations relatives à la prise d'eau de Méresse.....	29
Tableau 3. Informations relatives au forage de Méresse.....	33
Tableau 4. Caractéristiques des zones de découpage du Mro Oua Méresse en amont du captage pour détermination des vitesses de transfert.....	43
Tableau 5. Points de mesure des débits du 2 juin 2009.....	44
Tableau 6. Vitesses de transfert du cours d'eau par zone et temps d'atteinte maximum au captage de Méresse.....	44

Liste des annexes

Annexe 1 Coupe technique du forage de Bouyouni Méresse (12306X0046/BOUY).....	61
Annexe 2 Analyses physico-chimiques des captages du bassin versant du Mro Oua Méresse.....	65
Annexe 3 Jaugeage au sel du 02 juin 2009.....	69
Annexe 4 Détails des calculs d'application de la formule de Manning Strickler au Mro Oua Méresse.....	75

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 Méresse qui compte 2 ouvrages d'eau en fonctionnement en 2009.

- La prise d'eau du Mro Oua Méresse (code BDAEP 2C3 et BSS 12306X0050) construite en 1997 et en fonctionnement ;
- Le forage de Bouyouni Méresse (BSS 12306X0046/BOUY) construit en 2003 et exploité depuis fin 2008.

Sur chaque bassin versant, 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.

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 apporté sa contribution à 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.

¹ A 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.

Les méthodologies BRGM et OFEFP ne peuvent être appliquées en l'état de manière pertinente sur le sol mahorais en raison des différences de contexte géologique, climatologique, historique, 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 un certain volume de connaissance du milieu et 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, en août 2009, d'un rapport méthodologique (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 Méresse :

- **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 précipitée 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 ratio infiltration / ruissellement déterminé par calcul de l'IDPR adapté à Mayotte - c.à.d. 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 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.

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.

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.à.d. 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 suivant qui portera sur la poursuite des études hydrogéologiques préalables à l'instauration des périmètres de protection de captages (envisagées pour 2010/2011).

2. Présentation du bassin versant

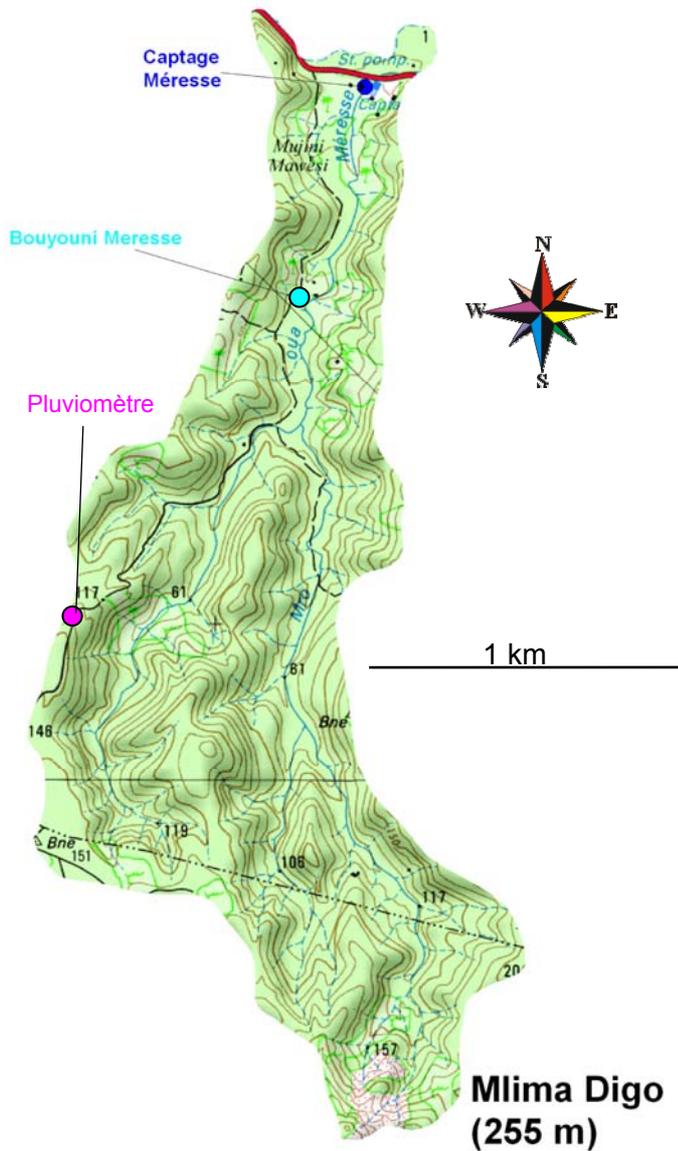
2.1. TOPOGRAPHIE

A l'échelle de Mayotte, le bassin versant du Mro Oua Méresse ne compte pas parmi les 10 plus grands bassins versant de l'île. Accolé au bassin versant du Mro Oua Bouyouni, le bassin s'étend des contreforts du Mlima Digo en direction du nord et se jette dans le lagon à quelques centaines de mètres à peine de l'embouchure du Mro Oua Bouyouni, après avoir traversé une mince bande de mangrove (Illustration 1).

Au sens de la Police de l'eau, le Mro Oua Méresse est considéré comme un affluent du Mro Oua Bouyouni et par conséquent son bassin versant serait un sous-bassin versant du Mro Oua Bouyouni (BRGM/RP-53495-FR). Dans l'étude suivante, le bassin versant du Mro Oua Méresse sera considéré comme une entité hydrologique propre et le rattachement au bassin versant du Mro Oua Bouyouni ne sera pas évoqué.

La surface du bassin est de 2,7 km² pour un périmètre de 10 km. Tout en longueur, le bassin du Mro Oua Méresse mesure 3,5 km sur 0,9 en moyenne. L'indice de compacité de Gravelius¹ du bassin est de 1,6 (cf. rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR). L'amont du bassin versant atteint l'altitude de 250 m NGM (le point le plus haut se situe sur le massif du Mlima Digo) qui est une altitude modeste au regard des bassins versant principaux de Mayotte (Ourovéni 477 m NGM, Maré 496 m NGM, Coconi 581 m NGM, etc...)

¹ L'indice de compacité de Gravelius est le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface



La distance entre l'extrême amont du cours d'eau et l'embouchure est de 4,4 km. Le réseau de drainage comporte 35 canaux et sa longueur est évaluée à 13,1 km

Compte tenu des dimensions réduites du bassin de la Méresse, l'activité humaine y est peu présente. Il n'y a aucun village à signaler dans le bassin ni aucune activité industrielle.

Illustration 1. Découpage du bassin versant topographique du Mro Oua Méresse et localisation du captage de surface de Méresse, du forage de Bouyouni Méresse et du pluviomètre de Bandrazia Nord



2.2. PLUVIOMETRIE

Les précipitations s'abattant sur le bassin du Mro Oua Méresse sont enregistrées par la DAF à la station météorologique de Bandrazia Nord (code DAF M6) situé dans la partie sud ouest du bassin. Les coordonnées du pluviomètre sont les suivantes :

$X_{RGM04} = 513\,786\text{ m}$, $Y_{RGM04} = 8\,590\,788\text{ m}$ et $Z = 128\text{ m NGM}$

La chronique des précipitations est enregistrée depuis 1996 (cf. Tableau 1). Les précipitations journalières entre 2003 et 2006 sont présentées en Illustration 11. Entre 1996 et 2008, les précipitations moyennes sur le bassin sont de 1511 mm sur l'année avec une variabilité de 990 à 2250 mm pour les années respectivement les plus sèches et les plus pluvieuses et avec plus de 500 mm les mois les plus pluvieux (janvier 2004 et janvier 2008).

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Cumul annuel (mm)	1350	1216	1324	1601	1650	1078	988	1353	2257	1790	1598	1485	1955
Moyenne (mm)	1511												

Tableau 1. Cumul annuel et moyenne des précipitations enregistrées à la station pluviométrique de Bandrazia Nord M6 entre 1996 et 2008

La valeur moyenne des précipitations de 1432 mm sera considérée comme valeur de référence pour les estimations de taille des bassins d'alimentation de captage. Ce choix, expliqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR est conforté dans le bassin du Mro Oua Méresse par les arguments suivants :

- La taille du bassin et le différentiel d'altitude entre le point le plus haut du bassin et son embouchure (moins de 250 m) sont modestes pour envisager de fortes variations pluviométriques ;
- l'altitude de la station pluviométrique 128 m NGM est l'altitude moyenne du bassin versant ;

2.3. OUVRAGES D'EAU

Bien que de petite taille, le bassin de la Méresse comporte 2 ouvrages d'exploitation d'eau : le captage de Méresse (BDAEP 2C3 et BSS 12306X0050) et le forage de Bouyouni Méresse (BSS 12306X0046/BOUY). Le captage de Méresse est l'ouvrage d'eau le plus ancien (1997) et le plus productif du bassin (20500 m³/semaine soit 120 m³/h). Le forage de Bouyouni Méresse est quant à lui exploité depuis fin 2008 à hauteur de 21 m³/h (information SOGEA)

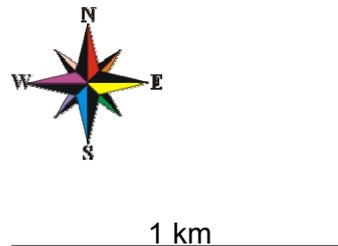
2.4. GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT ET IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES

Le bassin versant du Mro Oua Méresse est géologiquement comparable à son voisin, le bassin versant du Mro Oua Bouyouni. Le bassin a fait l'objet de peu d'investigations géologiques et hydrogéologiques si ce n'est lors de l'établissement de la carte géologique (Stieljes – 1988) et de la réalisation du forage de Bouyouni Méresse (rapports BRGM/RP-51498-FR et BRGM/RP-52481-FR).



Les informations de la carte géologique (Stieljes – 1988) indiquent que le bassin est rattaché à l'édifice volcanique récent du M'tsapéré composé de séries de laves différenciées d'âge Pléistocène (-1,8 à -1,4 Ma). Ces séries recouvrent un substratum d'âge plus ancien constitué soit par les laves de l'ancien bouclier septentrional soit celles de l'ancien bouclier méridional. La limite entre les deux édifices d'âge Mio-pliocène se situe sous le bassin de la Bouyouni bien qu'on n'en connaisse pas les véritables extensions. Néanmoins il est fort probable que les unités du substratum de la vallée de la Méresse soient davantage rattachées à l'édifice septentrional.

Illustration 2. Géologie du bassin versant du Mro Oua Méresse (Stieljes – 1988)



Géologie

-  Altération fumerolienne
-  Altérites ferralitiques 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

Les informations issues du rapport BRGM/RP-51498-FR permettent de préciser les unités lithologiques qui composent le bassin du Mro Oua Méresse. A la lecture du rapport, 4 formations volcaniques différentes se répartissent comme suit :

- Une formation de basaltes à olivine interstratifiée de cendres indurés constitue le fond de la vallée et affleure dans le lit du Mro Oua Méresse, notamment en rive droite. Ces unités présentent un faciès d'altération en boule avancé. Les intercalations de cendres entre deux épisodes de coulées sont de faible épaisseur (1 à 2 m au maximum). La réalisation de profils géophysiques le long du cours d'eau suggère l'important développement en profondeur de ces unités de basaltes interstratifiées qui comprendraient plusieurs coulées superposées et visiblement moins altérées qu'en surface ;
- Une formation de basaltes aphyriques à rares phénocristaux d'olivine mise en place sur le versant ouest du bassin. A l'affleurement, ces lithologies se présentent sous la forme de blocs sains et en partie fissurés. Il est difficile d'établir la chronologie de cette formation avec celles des basaltes à olivine en raison de l'absence de contact interprétable entre ces deux formations ;
- Une formation de basaltes riches en olivine et pyroxène qui compose le versant Est. Ces formations viennent recouvrir la formation précédente de basaltes à olivine et se distinguent par une épaisseur pluridécimétrique et un débit prismatique d'une vingtaine de centimètres de diamètre. Ces formations sont notamment visibles dans

le bassin du Mro Oua Bouyouni car elles constituent les deux cascades importantes en amont du village de Bouyouni.

- Une formation de basaltes à amphibole qui recouvre les formations précédentes versant Est en amont du point 50 m NGM. Ces formations se présentent sous la forme d'un faciès d'altération en boule et sont marquées par un important recouvrement d'altérites et de cendres

L'aval du bassin versant, c.à.d. sous l'altitude 20 m NGM, la géologie de surface est marquée par des dépôts fluviatiles et des vases de mangrove. Localement, à la faveur des méandres du Mro Oua Méresse, des formations alluviales sont observables à plusieurs reprises le long du cours d'eau.

En profondeur, les profils géophysiques font état d'une formation plus conductrice plongeant direction Nord Sud entre -20 et -80 m NGM. Il s'agirait d'une formation basaltique ancienne et probablement altérée/fissurée. Ces formations constituent le substratum actuel local.

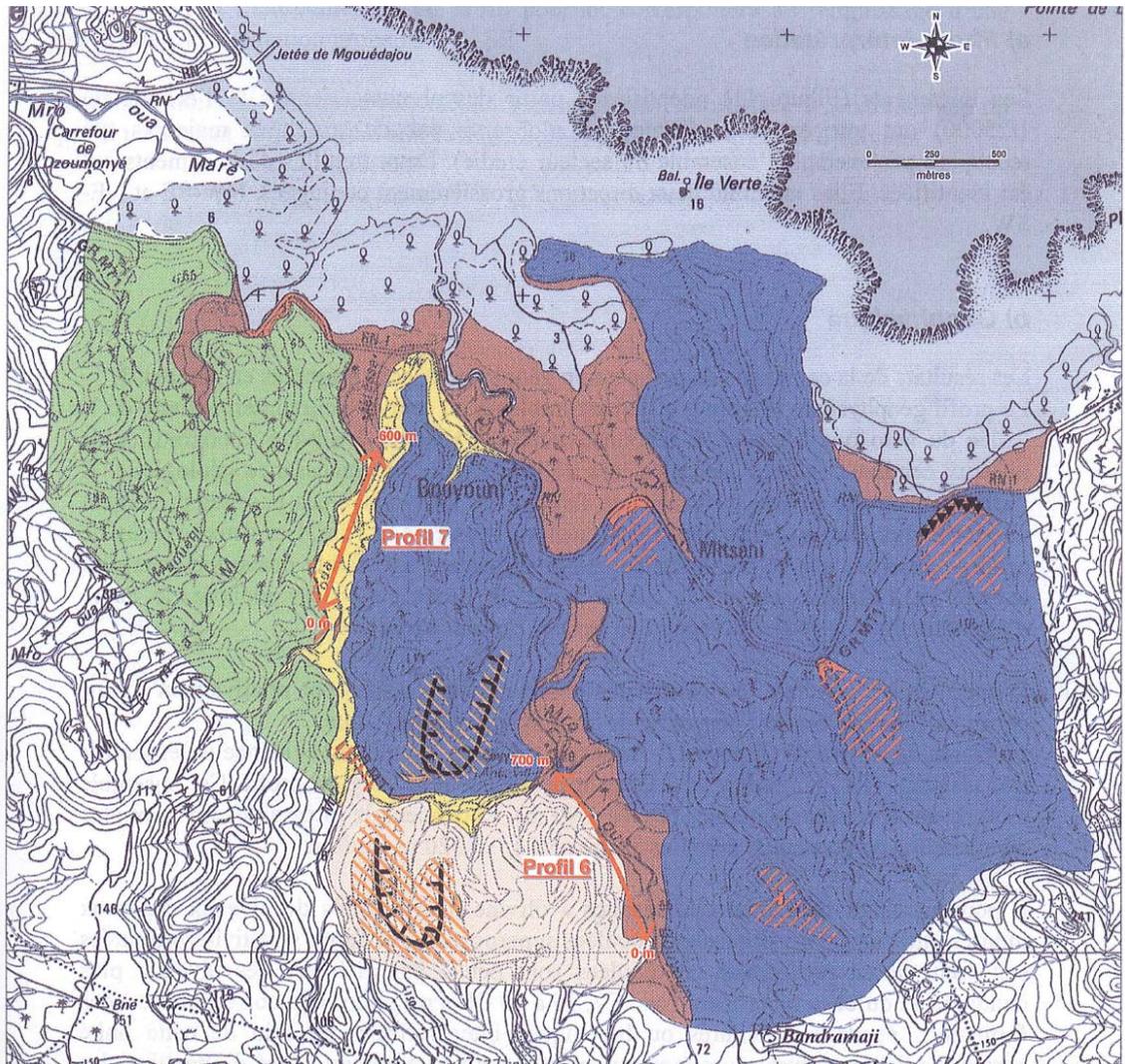


Illustration 3. Carte lithologique interprétative du secteur de Bouyouni / Mitsoni (BRGM/RP-51498-FR)

1. Formations sédimentaires récentes

■ Dépôts fluviaux et de mangrove

2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Nord

□ Unité de basalte riche en amphibole

■ Unité de basalte aphyrique à rares phénocristaux d'olivine

■ Unité de basalte riche en pyroxène et olivine

■ Unité de basalte riche en olivine (interstratifié de cendres indurées)

Dépôts pyroclastiques

■ Eléments grossiers à structure bréchique
 ■ Eléments fin à structure « cendreuse »
 Saupoudrage de surface

Dépôts scoriacés

■ Scories (bombs, lapilli)
 Saupoudrage de surface

└└└ Limite supposée du maar

2.5. MORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DU COURS D'EAU

Le Mro Oua Méresse est un petit cours d'eau peu développé comparativement aux autres bassins principaux (Ourovéni, Kwalé, Bouyouni, etc). Il ne figure pas dans la liste des 20 bassins versants principaux retenus par la police de l'eau (cf. BRGM/RP-53495-FR).

Le profil de la Méresse est comparable dans sa partie amont et aval, le cours d'eau est rectiligne, orienté sud-nord et relativement encaissé. Dans la partie amont du cours d'eau, à partir de l'altitude 35 m NGM, le bassin se divise en deux : un affluent en rive gauche et le bassin de la rivière principale qui remonte quasiment jusqu'au Mlima Digo. Le développement du réseau hydrographique du bassin montre une densité de drainage de 3,1 km/km² et une densité hydrographique F de 1,9 canaux/km² environ. La densité hydrographique D_d est bien supérieure à la moyenne de l'île (2,4 km/km²) alors que F est proche de la valeur moyenne, ce qui suggère que le bassin est assez bien développé (nombre réduit de canaux) et probablement peu propice aux infiltrations (arguments par ailleurs développés dans la thèse de Lapègue – 1999).

Le calcul de l'IDPR appliqué au bassin versant du Mro Oua Méresse (cf. § 4) permettra dans une certaine mesure, de conforter ou de nuancer ces observations.

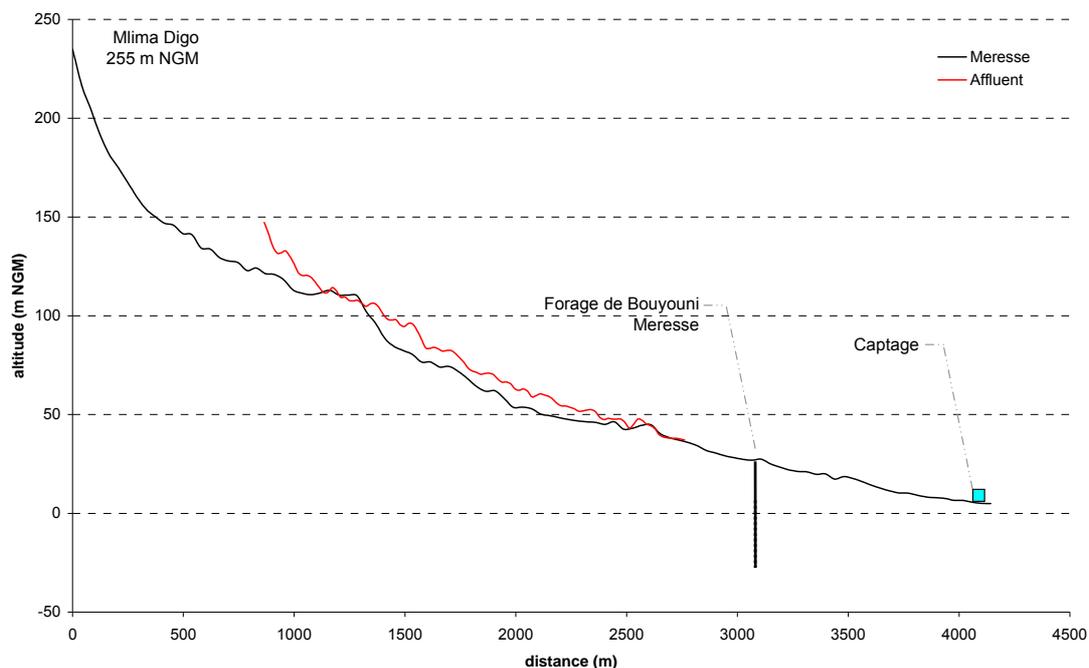


Illustration 4. Profil en long du Mro Oua Méresse ; du cours principal remontant au Mlima Digo et de l'affluent principal en rive gauche.

L'examen des profils en long du Mro Oua Méresse et de l'affluent principal (Illustration 4) indiquent qu'ils sont quasiment identiques. Dans le détail, en ce qui concerne le Mro Oua Méresse, il est possible de distinguer 3 sections singulières :

- Une section amont entre 240 et 110 m NGM à pente forte dont l'allure s'approche d'une hyperbole de pente 26 % s'amortissant à 2 % vers 110 m NGM (comparable au Mro Oua Gouloué entre 500 et 120 m NGM)
- Une section intermédiaire entre 110 et 40 m NGM marqué au départ par une rupture brutale de pente (supérieure à 15 %) puis un adoucissement suivant une hyperbole jusqu'à la pente de 2 % ;
- Une section aval à profil plus linéaire, entre 40 et 5 m NGM, c.à.d. au niveau de la confluence, marquée par une pente douce de l'ordre de 2 %.

Concrètement, ces sections marquent des changements lithologiques, qu'il est possible de rattacher :

- Pour la section amont aux formations volcaniques jeunes du Digo non cartographiées dans le détail ;
- Pour la section intermédiaire aux formations de basaltes riches en olivine et pyroxène, cartographiée versant Est du bassin à partir du point 50 m NGM ;
- Pour la section aval, aux formations basaltiques altérées recoupées à partir de la confluence principale.

En ce qui concerne les régimes hydrologiques du Mro Oua Méresse, A4¹ est le seuil enregistreur DAF sur la rivière à l'altitude de la prise d'eau, quelques dizaines de mètres seulement en amont de l'ouvrage. La chronique des débits établie par la DAF depuis 1995 est présentée en Illustration 5 et 6.

¹ La codification des stations de jaugeage sera révisée lors de la mise en place de la BD CARTHAGE à Mayotte

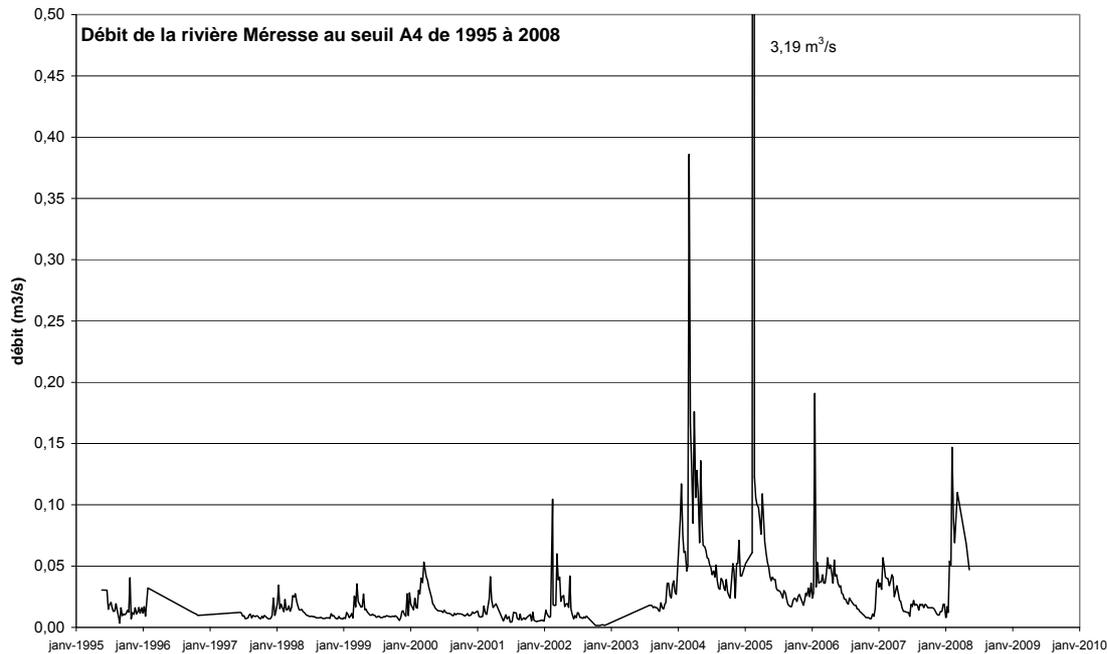


Illustration 5. Chronique des débits du Mro Oua Méresse enregistrée au niveau du seuil A4 entre 1995 et 2008 (données DAF). Il existe des lacunes d'enregistrement importantes entre février 96 et juin 97 ainsi qu'entre décembre 02 et août 03.

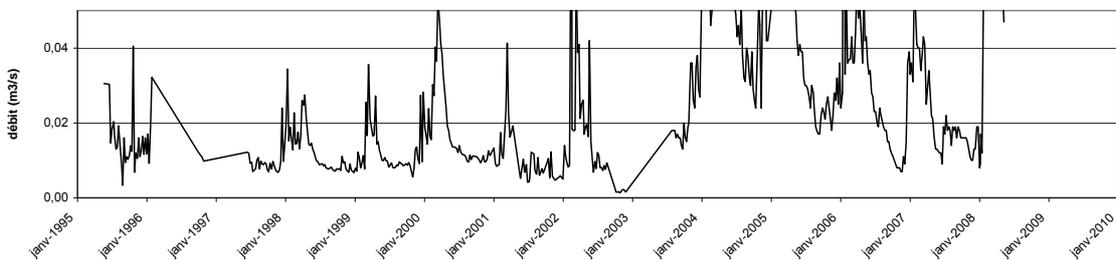


Illustration 6. Détail des débits d'étiage du Mro Oua Méresse.

Les variations saisonnières de débit du Mro Oua Méresse sont très fortes et au sein d'une même saison le débit enregistré est très irrégulier.

- En étiage (de juin à novembre), le débit moyen de la rivière est compris entre 10 et 30 L/s (11 L/s cf. rapport BRGM/RP-51498-FR, et entre 11,7 L/s minimum et 15,1 L/s moyen, cf. Lapègue - 1999) ;
- En saison des pluies (de novembre à juin), le débit, plus irrégulier, est de l'ordre de 100 L/s - valeur qu'il est difficile de confirmer car en période de hautes eaux les débits ne peuvent être mesurés pour des motifs de sécurité ainsi que pour des raisons techniques (débordement du seuil de mesure, usage impossible du micro-moulinet, etc.). Des valeurs beaucoup plus fortes de débits ont néanmoins été enregistrées (3,19 m³/s en février 2005), signe évident que de forts débits sont possibles.

Etant donné la taille réduite du bassin versant et la faible distance entre les points hauts et l'exutoire, les temps de concentration des eaux sont très courts.

Les travaux de Lapègue (Lapègue – 1999) sur l'étude des débits spécifiques du bassin versant du Mro Oua Méresse en amont du seuil de jaugeage A4 (altitude 20 m NGM environ) montrent que les débits caractéristiques de tarissement sont de 15 L/s (moyen) et 3 L/s (minimum) lors des saisons sèches de 1993 et 1995 pour un bassin versant de 2,6 km² de surface en amont du seuil. Par conséquent le débit spécifique annuel calculé à hauteur du seuil est de l'ordre de 1,3 L/s/km², ce qui témoigne d'une restitution plutôt faible des eaux souterraines dans les eaux de surface (pour information, à Mayotte, la moyenne des débits spécifiques est de 2 L/s/km² pour les cours d'eau permanent). La part des eaux souterraines restituées au BAC de surface est modeste comparativement à l'emprise du bassin versant de surface. Bien au contraire, il est probable que cette partie du bassin versant favorise plutôt les infiltrations que les exfiltrations. Cette observation a son importance dans la caractérisation des bassins d'alimentation de captage.

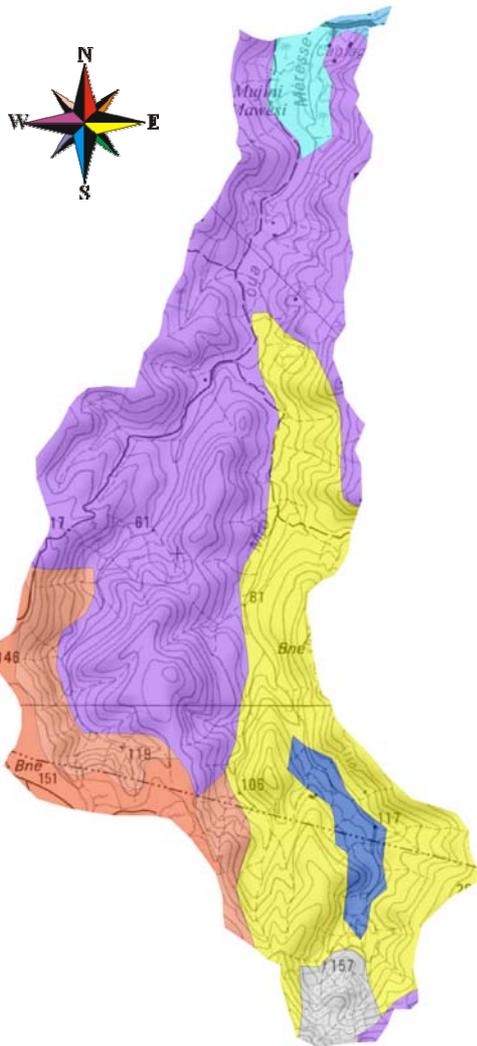
2.6. MORPHOPEDOLOGIE

Les travaux d'identification des formations pédologiques (carte morphopédologique de Latrille et al - CIRAD – 1981, cf. Illustration 7) ont permis de relever 3 formations superficielles principales et 3 formations secondaires.

Le tiers supérieur du bassin versant, essentiellement présent sur les versants en rive droite du Mro Oua Méresse est recouvert par des formations altéritiques ferralitiques remaniées en surface (couleur jaune). Ces formations sont classées sous le style pédologique des sols bruns, jeunes et peu développés, attribués à la dégradation des structures volcaniques récentes du M'tsapéré et du Mlima Digo au Sud-est.

La moitié du bassin versant (secteur intermédiaire et aval) est composé de formations superficielles altéritiques ferralitiques remaniées qui tapissent les planèzes et versants à pentes moins prononcées (couleur parme), notamment en rive droite du Mro Oua Méresse. Ces formations sont souvent plus développées en épaisseur que les sols bruns et sont aussi attribuées au volcanisme récent du M'tsapéré et du Mlima Digo.

La partie supérieure Sud Ouest du bassin versant (de couleur rouge) correspond à des formations superficielles de type altérites ferralitiques faiblement remaniées couvrant des morphologies de type planèzes à faible pente. Les processus d'accumulation sont plus faibles qu'en ce qui concerne les sols bruns.



A l'extrémité Sud du bassin versant, des formations pédologiques sont de type sols ferrallitiques en place. Il s'agit essentiellement de modelé de type padza, qui montrent une épaisseur de développement relativement élevée. Ces formations sont synonymes d'absence de sol à cet endroit au sens pédologique du terme.

Les fonds de vallée, en amont de la confluence avec l'affluent principal font état d'un remplissage alluvial et colluvial indifférencié qu'on ne retrouve pas en aval de la confluence.

Enfin, la zone aval sous 10 m NGM montre un remplissage de type alluvial (sols ferrallitiques fins).

Illustration 7. Formations pédologiques superficielles du bassin versant du Mro Oua Bouyouni 1/50 000 (Latrille et al – 1981)

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 PLANEZES versants/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/150 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-clastiques 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

De même qu'observé sur le bassin versant du Mro Oua Bouyouni (rapport BRGM/RP-57108-FR), le mimétisme entre la distribution des formations géologiques et pédologiques est très marqué. Comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, en milieu volcanique les faciès pédologiques sont très fortement conditionnés en nature et en distribution par les formations géologiques sur lesquelles ils reposent.

La forte proportion de sols ferrallitiques remaniés (prés de la moitié du bassin versant) d'épaisseur développée et peu perméable accredit les observations selon lesquelles le bassin versant est peu favorable aux infiltrations (arguments avancés dans la thèse de Lapège, 1999 et confirmé par la forte densité de réseau de drainage).

Les résultats du calcul de l'IDPR appliqué à la vulnérabilité du BAC souterrain viendront conforter ou nuancer dans une certaine mesure ces observations (cf. § 4.1).

3. Délimitation des Bassins d'alimentation de captage

3.1. LA PRISE D'EAU DE SURFACE BDAEP 2C3 ET BSS 12306X0050

3.1.1. Présentation

Le captage de Méresse est situé à l'extrême aval du cours d'eau, 250 m avant la confluence avec le Mro Oua Bouyouni (cf. Illustration 1).

Nom	Prise d'eau de Méresse
Code Commune	98502
Commune	BANDRABOUA
Section	BH
Titre	T1690
Parcelle	6
Propriétaire	Collectivité Départementale de mayotte
Coord X_{RGM04}	514 714 m
Coord Y_{RGM04}	8 592 495 m
Coord Z_{NGM}	7 m
Code BDAEP	2C3
Code BSS	12306X0050
Chronique prélèvement	La somme des captages de Longoni, Mouhogoni, Dzoumogné et Méresse est comptabilisée depuis 2006 à la station de traitement de Bouyouni.
Date de création	1997
Mode exploitation	pompage
Remarque	Etat de l'ouvrage correct

Tableau 2. Informations relatives à la prise d'eau de Méresse

L'illustration 8 montre les prélèvements comptabilisés à l'usine de traitement de Bouyouni. Il s'agit de la somme des captages de Dzoumognè, Longoni, Mouhogoni et Bouyouni Méresse. La mesure est effective depuis 2006 mais il n'est pas possible de connaître la somme des prélèvements captage par captage. Par conséquent, les prélèvements réalisés au captage de Bouyouni Méresse ne sont pas comptabilisés.

Le rythme d'exploitation des 4 ouvrages (le captage de Bouyouni Méresse est l'un des plus important en termes de prélèvement) est compris entre 10 000 et 25 000 m³/semaine, et en légère augmentation depuis mi-2007 (le régime d'exploitation moyen passe de 13 600 à plus de 17 500 m³/semaine). On notera que le régime d'exploitation n'est pas très régulier. Avril et mai 2006, l'exploitation chute pour des raisons techniques. Occasionnellement, on remarque aussi des pics de prélèvement supérieurs à 25 000 m³/semaine depuis mi-2007.

La prise d'eau en rivière de Méresse 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 de Bouyouni avant d'être injectées dans le réseau de distribution.

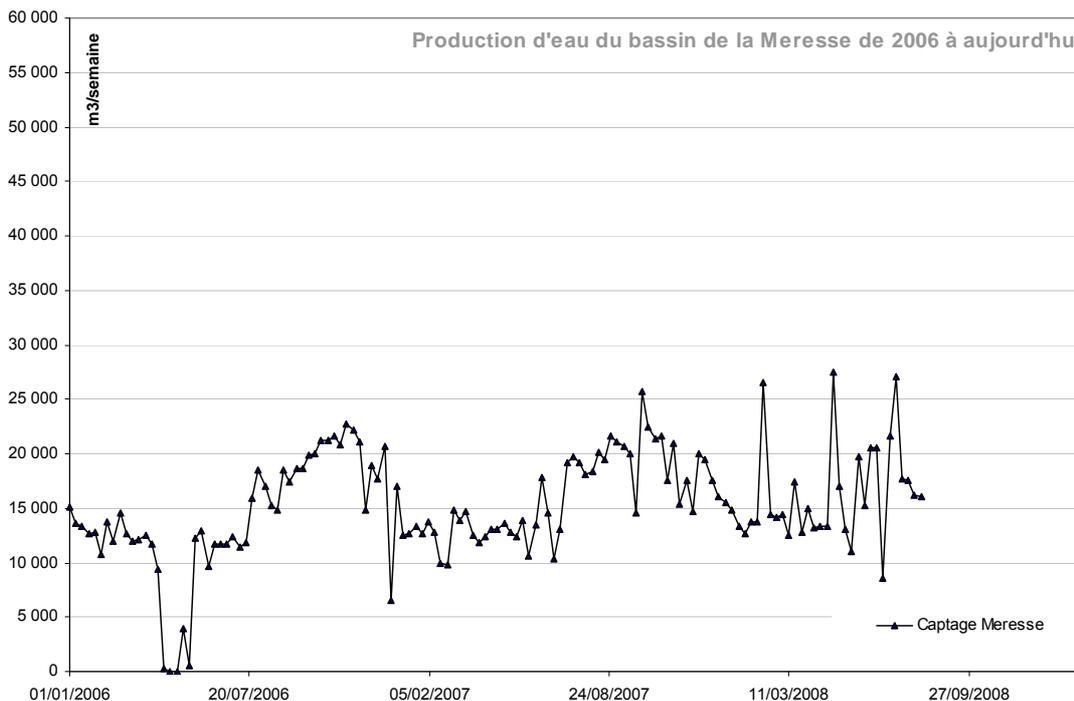


Illustration 8. Régime de production hebdomadaire des captages de Dzoumognè, Longoni, Mouhogoni et Bouyouni Méresse de 2006 à aujourd'hui. On remarquera que la tendance moyenne des prélèvements, bien qu'irrégulière, est en hausse depuis 2006.



brgm©

Illustration 9. Prise d'eau du Mro Oua Méresse (photographie du 2 février 2009)

3.1.2. Qualité des eaux

A la date de réalisation de l'étude, les eaux du Mro Oua Méresse ont fait l'objet de 5 analyses au niveau du captage : une première en 1994, deux en mars et mai 2005, une en juillet 2007 et la dernière en juillet 2008. L'examen de ces analyses (présentées en Annexe 2) montre :

- Une turbidité des eaux très élevée (supérieure à 4 NFU¹ quelque soit la saison) qui se démarque des autres cours d'eau et dont la cause ne peut être identifiée sur la base de ces seules informations.
- des teneurs fortes en fer et manganèse quelques soient les saisons. Le fer affiche des concentrations entre 100 et 456 µg/L, le manganèse entre 14 et 78 µg/L, ce qui, dans les faits, traduit 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). Ces valeurs pour certaines supérieures aux concentrations admissibles pour l'eau potable (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) sont moindres en plein cœur de la saison des pluies (cf. analyse du 01/03/05), ce qui indique que les phénomènes de dilution sont beaucoup plus importants.
- Des concentrations du couple Ca/Mg plus importantes en saison sèche qu'en saison des pluies. La mise en solution des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ est une réaction à cinétique lente qui se déroule préférentiellement dans les aquifères pendant le transfert des eaux au contact des roches encaissantes. Cette différence de concentration entre la saison des pluies et la saison sèche traduit comme précédemment une participation plus importante (en termes de proportion toujours) des eaux des nappes à l'alimentation du Mro Oua Méresse.

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

- 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 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 Méresse, à l'instar des eaux du Mro Oua Bouyouni. Ceci ne prouve pas obligatoirement leur absence.

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

- i. la mise en évidence de la participation plus importante des nappes dans l'alimentation du cours d'eau en saison sèche du fait de la teneur plus élevée en Fer, Manganèse et $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ des eaux.
- ii. une turbidité très élevée dont les causes ne sont pas identifiées.
- iii. une pollution bactériologique diffuse très au-delà des normes de potabilité ;

3.1.3. Délimitation du bassin d'alimentation de captage

Le bassin d'alimentation du captage de surface de Méresse correspond à la portion du bassin versant du cours d'eau en amont du captage. Le bassin d'alimentation du captage est obligatoirement inscrit dans le périmètre du bassin versant du cours d'eau principal et en épouse scrupuleusement les contours lorsque le captage est situé à l'embouchure du cours d'eau, ce qui est le cas ici. Cette délimitation est présentée en Illustration 12.

Les limites du BAC de surface se confondent donc avec la délimitation du bassin versant à partir du captage. Au niveau du captage ; en rive gauche, la limite du BAC rejoint la ligne de crête la plus immédiate ; en rive droite, la limite du BAC rejoint la ligne de crête située dans la boucle du virage de la RN.

Ainsi délimité, le BAC de surface de Méresse atteint la surface de 2,6 km² soit 98 % de la superficie totale du bassin versant du Mro Oua Méresse.

3.2. LE FORAGE DE BOUYOUNI MERESSE – BSS 12306X0046/BOUY

3.2.1. Présentation

Le forage de reconnaissance de la Bouyouni Méresse a été réalisé dans le cadre de la campagne 2001-2003 de recherche et d'exploitation des eaux souterraines de Mayotte (voir rapport BRGM/RP-52481-FR). L'ouvrage, foré entre le 28 avril 2003 et le 2 juin 2003, est considéré comme productif et a été mis en exploitation fin 2008 au régime de 21 m³/h soit environ 2000 m³/semaine.

Nom	Forage de Bouyouni Méresse
Code Commune	98502
Commune	BANDRABOUA
Section	BM
Titre	T1690
Parcelle	3
Propriétaire	Collectivité Départementale de Mayotte
Coord X_{RGM04}	514 713 m
Coord Y_{RGM04}	8 592 489 m
Coord Z_{NGM}	25 m
Code BSS	12306X0046/BOUY
Chronique piézométrique	Disponible entre juin 2003 et juin 2006
Date de création	2003
Remarque	Exploité depuis fin 2008

Tableau 3. Informations relatives au forage de Méresse

La localisation du forage est donnée dans l'illustration 1, la coupe technique est présentée en Annexe 1.

Géologiquement, l'ouvrage recoupe du sommet vers la base ; de 0 à 10 m des dépôts pyroclastiques, de 10 à 19 m des alluvions à la base desquels une bande sableuse de 50 cm vient s'intercaler ; de 19 à 25 m des pyroclastites ; de 25 à 46 m une coulée

fissurée de basalte à pyroxènes ; de 46 à 51 m des silts argilisés imperméables et de 51 à 82 m une formation alluvionnaire de sables polygéniques fins d'épaisseur décamétrique identifié ici comme le substratum.



Illustration 10. Forage de Bouyouni Méresse (photographie du 2 février 2009)

brgm©

Hydrogéologiquement, les niveaux perméables identifiés à l'avancement sont : la base de la partie altérée des laves vers 30 m de profondeur, la zone de fracture des basaltes à 34 m et deux autres venues d'eau ont été identifiées à 40 et 43 m de profondeur au sein des niveaux fissurés. Le niveau piézométrique du forage à la réception des travaux se positionne à la profondeur de 1,25 m. Ce qui correspond à l'altitude de 25 m NGM environ. Il est important de noter que la charge hydraulique au sein de l'ouvrage est plus élevée que la surface libre du cours d'eau de la ravine au droit de l'ouvrage, ce qui laisse supposer que les échanges de pression entre les eaux souterraines et les eaux de surface ne sont pas forcément réalisés à proximité immédiate de l'ouvrage. L'aquifère est donc semi-captif à captif.

Le forage de Bouyouni Méresse a fait l'objet de pompages d'essai à la suite de sa foration. Les résultats des tests n'ont montré aucune limite étanche ou alimentée, ce qui laisse supposer que la nappe possède une extension assez « grande » comparée aux aquifères moyens rencontrés sur l'île ; la valeur de la transmissivité de l'aquifère avoisine $6.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, valeur moyenne des transmissivités qu'il est possible d'enregistrer dans les aquifères captifs de nature volcanique.

Sur la base de ces critères, le rabattement maximal autorisé pendant l'exploitation projetée de l'ouvrage a été fixé à 21,5 m (pour un niveau piézométrique d'étiage estimé à 22 m NGM) afin de ne pas dénoyer la première venue d'eau et les crépines situées à 29 m de profondeur. Le débit d'exploitation recommandé est de 12 à 20 m^3/h 24h/24.

Le forage de Bouyouni Méresse fait l'objet d'un suivi du niveau piézométrique par la DAF depuis sa date de création (cf. Illustration 11) et trois cycles hydrogéologiques ont pu être enregistrés (de juin 2003 à juin 2006) avant sa mise en exploitation.

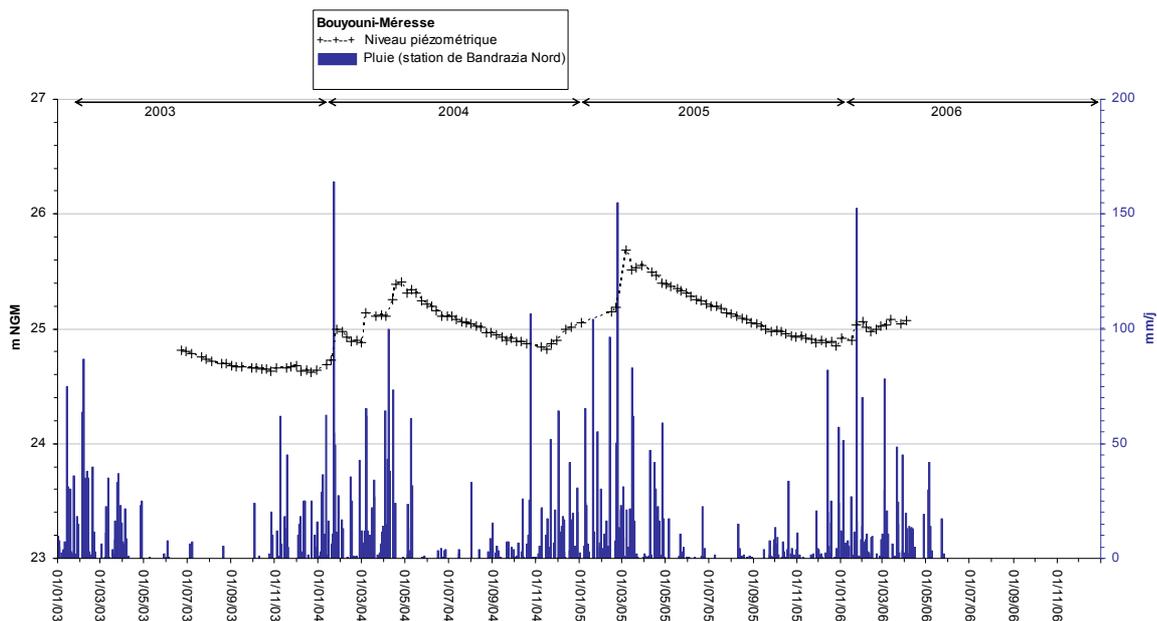


Illustration 11. Chronique piézométrique du forage de Bouyouni Méresse en m NGM entre janvier 2003 et juin 2006 (données DAF)

L'analyse de la chronique piézométrique du forage de Bouyouni Méresse a fait l'objet d'un chapitre du rapport BRGM/RP-56438-FR. Les conclusions du chapitre mettaient en évidence les traits hydrogéologiques suivants :

- Les variations annuelles des niveaux sont faibles, elles sont inférieures à 1 m entre la période de hautes eaux et la période de basses eaux, ce qui au regard de la majorité des forages suivis sur l'île représente une amplitude faible. Il faut cependant adopter une attitude réservée quant aux informations de la chronique, le suivi n'étant assuré que sur deux années hydrologiques ;
- des périodes de **tarissement** peu caractéristiques (tendance exponentielle très peu marquée) qui débutent généralement en mars-avril et se terminent en décembre. La vitesse de tarissement est faible de l'ordre de 0.5 cm/j. Les niveaux piézométriques minimums mesurés entre 2003 et 2006 semblent avoir légèrement augmenté, ce qui laisse croire que le tarissement est interrompu ces deux années par une reprise plus brutale (ou plus importante ?) de la recharge. L'inflexion caractérisant le passage entre tarissement et recharge étant brutalement rompue.
- la **recharge** de l'aquifère est retardée par rapport au centre de masse des pluies et s'effectue en deux périodes : une recharge lente entre les mois de décembre et janvier puis une recharge plus rapide de février à avril. La recharge de cette nappe est interrompue par de petits épisodes de tarissements (février 2004 et 2005) ce qui montre une certaine réactivité aux irrégularités des pluies. Les niveaux piézométriques maximums mesurés entre 2003 et 2006 semblent avoir légèrement augmenté et ce pour les mêmes raisons que le tarissement.

Sur ces deux années, le fonctionnement hydrogéologique de la nappe de Bouyouni Méresse indique une certaine inertie par rapport au signal des pluies, ce qui, hydrogéologiquement, se traduit par (i) un transfert peu rapide des eaux dans la nappe (ii) une zone d'alimentation très en amont du forage et/ou (iii) la présence d'un aquifère de volume important capable d'amortir le signal des pluies entrant.

3.2.2. Qualité des eaux

La qualité des eaux du forage de Bouyouni Méresse a fait l'objet de quatre analyses présentées en Annexe 2, la première à la suite des travaux de foration, pendant les essais de pompage du 23 mai 2003, deux autres en octobre et novembre 2004, dernière le 1^{er} mars 2005. Les résultats des analyses ont mis en évidence les singularités suivantes :

- Une forte concentration en matière en suspension (3 mg/L bien supérieur à la norme, qui en recommande l'absence). Ces observations sont souvent reliées à des ouvrages mal (ou pas assez) développés ou aux massifs de graviers non adaptés. A terme, l'exploitation du forage devrait participer à la diminution de cette concentration ;
- Une forte teneur en fer et manganèse : 0,02 mg/L de fer en moyenne et 0,15 mg/L de manganèse lors de la 1^{ère} analyse. Cette valeur est très supérieure à la norme de potabilité fixée à 0,05 mg/L. L'analyse réalisée en 2005 fait état d'une concentration de manganèse de 0,078 mg/L, une valeur certes plus faible mais encore au dessus des normes acceptables. Ces concentrations naturelles en fer et manganèse élevées sont fréquentes dans les aquifères captifs de type volcanique et rendent compte de conditions relativement réductrices au sein de l'aquifère qui favorisent leur mise en solution.

L'examen des paramètres bactériologiques ont montré la présence d'entérocoques lors de la première analyse, probablement consécutive aux travaux de forage. Les analyses ultérieures ont montré la présence d'une flore hétérotrophe nombreuse mais aucun coliforme n'a été détecté.

En conclusion, sur le fonctionnement hydrogéologique de l'unité aquifère exploitée par le forage de Bouyouni Méresse, il est possible d'avancer les arguments suivants :

- i. L'aquifère montre une certaine inertie en termes de fonctionnement (entendre « circulation ») hydrogéologique comme en témoigne l'allure des courbes piézométriques : faible amplitude inter-saisonnière, nombreux décrochements en période de recharge. Néanmoins la taille de l'aquifère semble suffisante pour ne pas montrer de limites lors des essais de pompage ;
- ii. L'alimentation de l'aquifère n'est pas opérée au droit de la zone de captage mais plus loin en amont comme le souligne (i) la différence de charge entre le niveau piézométrique et la surface libre du Mro Oua Méresse, (ii) la recharge retardée par rapport au centre de masse des pluies, (iii) la présence de fer et manganèse en concentration significative et (iv) l'existence (à confirmer) d'une pollution de nature bactériologique.

3.2.3. Délimitation du bassin d'alimentation de captage

Comme signalé ci-dessus, l'alimentation principale du captage s'opère en amont du bassin versant. Considérant les principes méthodologiques énoncés dans le rapport BRGM/RP-57299-FR, il est possible de délimiter l'aire suivante correspond au bassin d'alimentation du forage de Bouyouni Méresse.

La limite aval du BAC démarre dans le lit du Mro Oua Méresse, à l'altitude de 20 m NGM et remonte le versant, direction NO en suivant le crêt jusqu'à atteindre la crête de limite du bassin versant du Mro Oua Méresse à l'altitude de 70 m NGM. Ensuite, la limite suit celle du bassin versant en direction du sud, passe par le point haut du bassin à l'altitude de 250 m NGM et remonte vers le Nord, toujours en suivant la crête, limite de bassin versant entre le bassin du Mro Oua Méresse et celui du Mro Oua Bouyouni. Cette limite traverse la piste qui raccorde les deux bassins, traverse ensuite les points cotés 127 et 111 m NGM, puis, toujours sur la crête, à l'altitude de 85 m NGM, la limite redescend en direction du Mro Ou Méresse (altitude de 20 m NGM) en suivant le crêt.

La surface ainsi délimitée représente 2,37 km², pour un périmètre de 7,85 km, soit environ 88 % de la surface totale du bassin versant du Mro Oua Méresse. Le BAC ainsi délimité est représenté en Illustration 12.

3.3. CARTOGRAPHIE DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE

L'illustration ci-dessous présente la délimitation des bassins d'alimentation de captage du bassin versant du Mro Oua Méresse. Il est intéressant de noter que le BAC de surface occupe pratiquement toute la surface du bassin versant et que les deux BAC sont superposés en amont du forage de Méresse. Ainsi, la quasi intégralité du bassin versant du Mro Oua Méresse doit être considérée dans la caractérisation de la vulnérabilité et des pressions vis-à-vis des eaux de surface et souterraines.

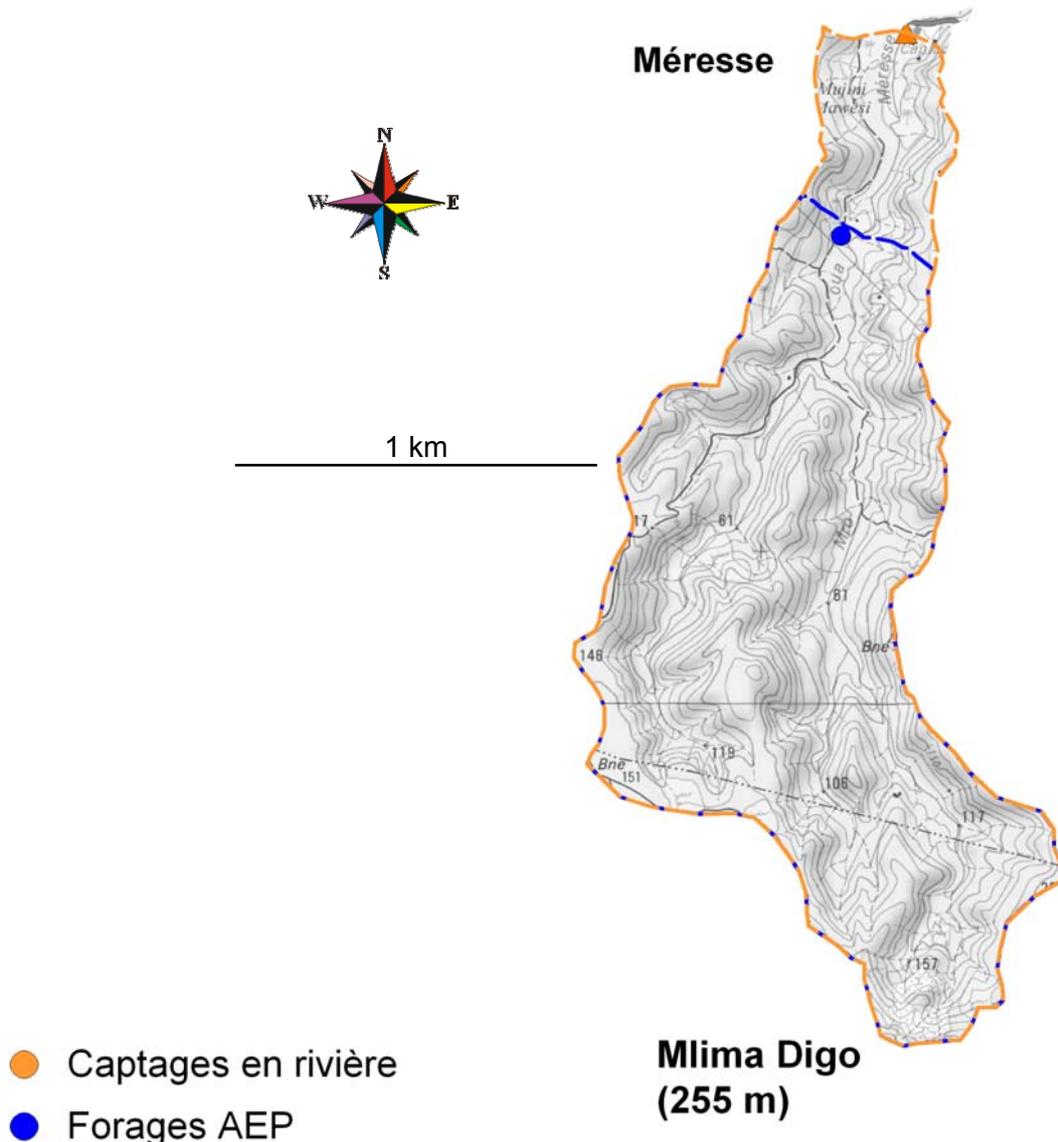


Illustration 12. Découpage des bassins d'alimentation du captage de surface de Méresse et du forage de Bouyouni Méresse.

4. Vulnérabilités

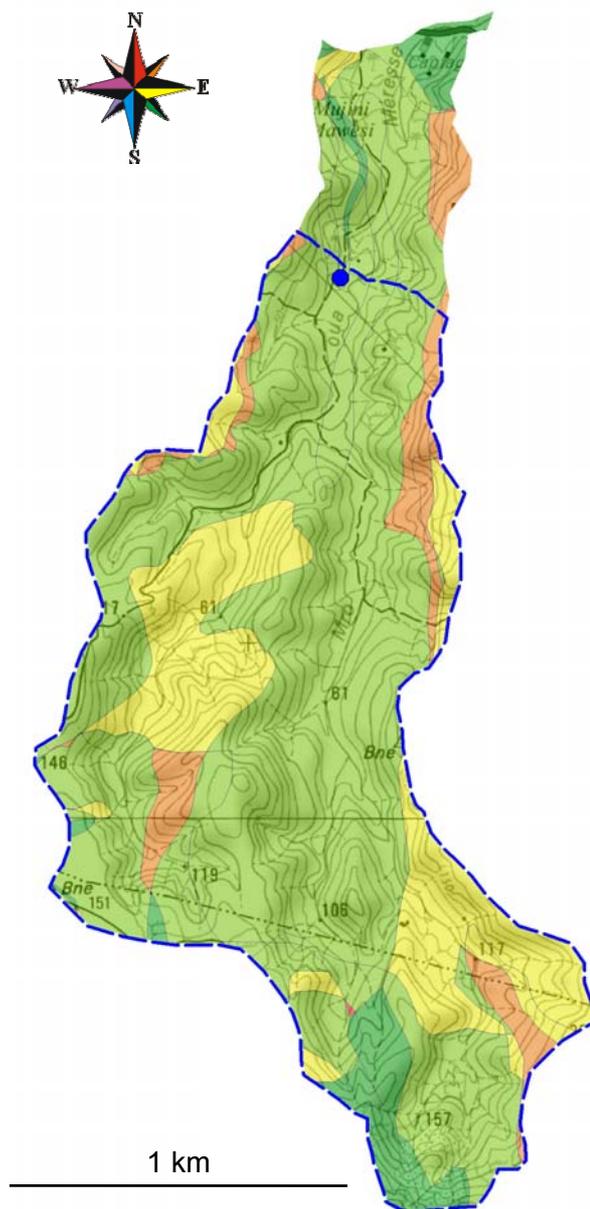
4.1. EVALUATION DU DEGRE DE VULNERABILITE DU FORAGE DE BOUYOUNI MERESSE

La démarche retenue à Mayotte de caractérisation de la vulnérabilité des BAC est présentée dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR : il s'agit du couplage des méthodes de calculs IDPR & indice de rugosité. Les résultats du calcul appliqués au BAC souterrain du forage de Bouyouni Méresse sont présentés dans l'illustration ci-contre.

Illustration 13. Carte de vulnérabilité du bassin d'alimentation du forage de Méresse.

IDPR Combiné - Eaux souterraines

- 200 - 2 000: moins vulnérable
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50: plus vulnérable



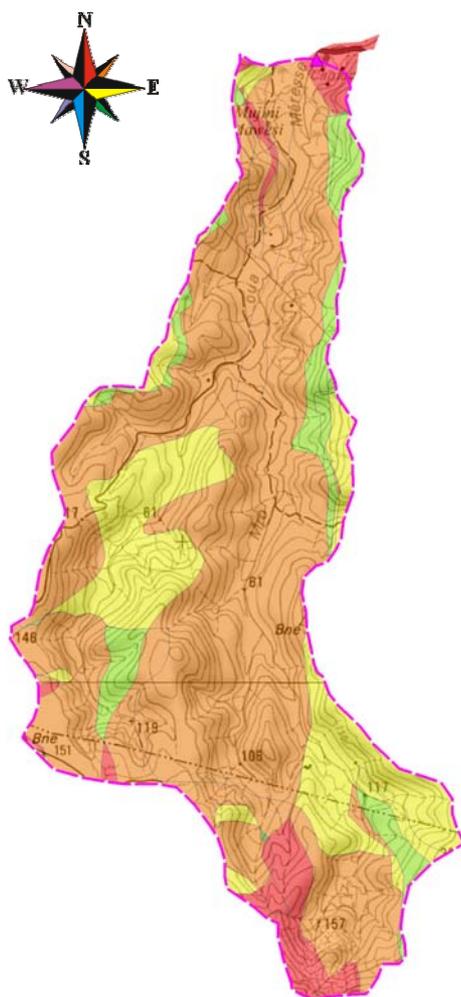
A la lecture de la carte, il apparaît que les $\frac{3}{4}$ du bassin d'alimentation du forage de Méresse affichent des classes de faibles vulnérabilités vis-à-vis des eaux souterraines.

Seuls quelques versants situés en bordure Est du bassin montrent des tendances sensiblement plus fortes à l'infiltration (cf. § suivants).

Ces observations sont concordantes avec les informations apportées dans les paragraphes précédents (§ 2.5 relatif au réseau de drainage et § 3.2 relatif aux mécanismes d'alimentation de l'aquifère, zones de recharge repoussées en amont) qui avançaient la faible disposition du bassin versant à l'infiltration. Ainsi, au regard de ces informations, il est possible d'avancer que le degré de vulnérabilité des ressources en eau souterraine et – par voie d'extension du forage de Méresse – est très faible.

4.2. EVALUATION DU DEGRE DE VULNERABILITE DE LA PRISE D'EAU DE BOUYOUNI MERESSE : APPLICATION DE LA METHODE IDPR ET CALCUL DU TEMPS DE TRANSFERT DU MRO OUA MERESSE EN AMONT DES CAPTAGES.

4.2.1. Résultats de l'application de la méthode IDPR & indice de rugosité



Comme indiqué dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR, les résultats du calcul de l'IDPR sur le bassin versant du Mro Oua Méresse dans l'objectif de caractériser la vulnérabilité du forage de Méresse peuvent être étendus à la caractérisation de la vulnérabilité du captage de surface en mettant en exergue les secteurs à ruissellement dominant contre les secteurs à infiltration préférentielle.

Ainsi, par inversion des résultats de la méthode IDPR, la carte de vulnérabilité du BAC de surface est proposée ci-contre.

Illustration 14. Carte de vulnérabilité du captage de surface de Méresse

L'examen des résultats du calcul de l'IDPR & indice de rugosité appliqués à la vulnérabilité du bassin d'alimentation de surface montre que l'essentiel du bassin affiche des valeurs de vulnérabilité assez élevées. Symétriquement opposés au cas des eaux souterraines, le fond de vallée du Mro Oua Méresse et les versants Ouest et Sud font partie des zones les plus vulnérables du bassin.

Comme indiqué dans les paragraphes précédents, ces observations concordent avec les informations selon lesquelles la disposition à l'infiltration du bassin est très faible et le ruissellement majeur. Ainsi le degré de vulnérabilité du captage de surface figure parmi les plus élevés que l'on peut rencontrer sur l'ensemble des bassins versants mahorais.

4.2.2. Calcul des temps de transfert du Mro Oua Méresse en amont de la prise d'eau

Le cours principal du Mro Oua Méresse en amont du captage est découpé en 3 zones selon l'étagement du cours d'eau. De plus, l'affluent principal en rive gauche (qui recoupe le cours principal vers 37 m NGM) est découpé en 2 zones. Les caractéristiques de chaque zone sont données dans le Tableau 4 et l'illustration 15 rend compte du découpage. A noter, la largeur du lit zone/zone est estimée sur toute la longueur comme progressive de 1 à 3 m en moyenne et a été vérifiée sur le terrain en certains points seulement (reconnaitances du 04/02/2009 et du 02/06/2009). Les reconnaissances ont montré qu'en basses eaux, l'activité hydrologique majeure en amont de la confluence à 37 m NGM concernait essentiellement le cours principal. L'activité de l'affluent pouvant être considérée comme négligeable.

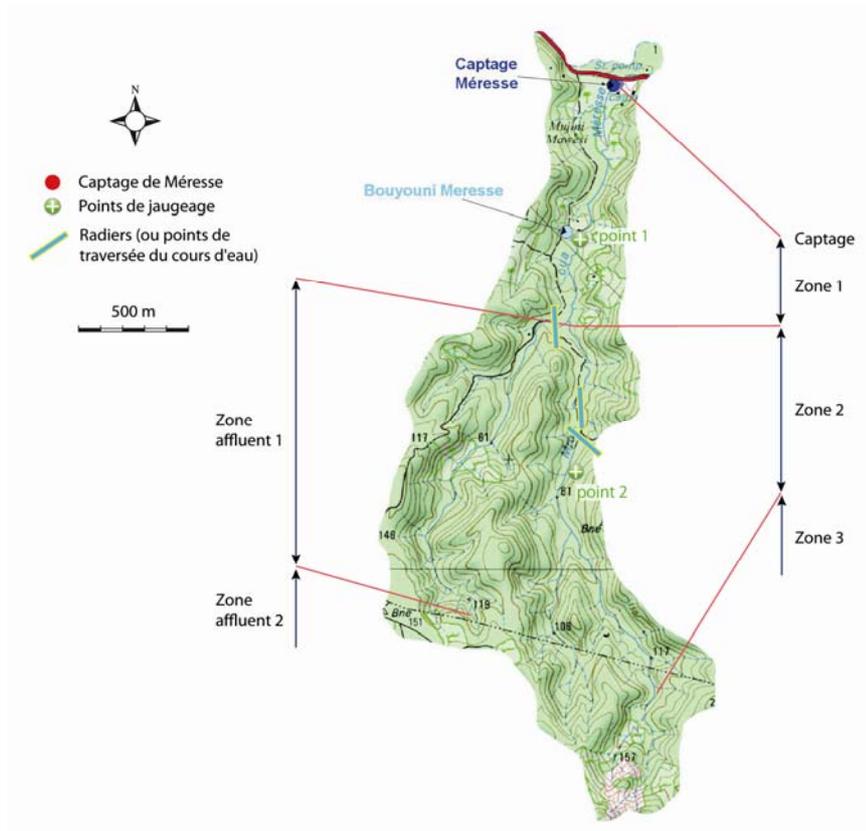


Illustration 15.
Découpage du Mro Oua Méresse en amont de la prise d'eau et localisation des jaugeages. Les caractéristiques de chaque zone sont compilées dans le Tableau 4.

	Longueur cumulée / captage (m)	Altitude de base (m NGM)	Largeur du lit (m)
Zone 1	1414	5	1
Zone 2	3020	37	2
Zone 3	4143	118	3
Zone affluent 1	3172	37	1
Zone affluent 2	3338	119	2

Tableau 4. Caractéristiques des zones de découpage du Mro Oua Méresse en amont du captage pour détermination des vitesses de transfert.

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 Méresse 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 4 et les résultats sont présentés en Tableau 6, encadrés par des coefficients de Manning Strickler de 25 à 40 m^{1/3}/s. La valeur de la tranche d'eau en hautes eaux est prise égale à 1 m (valeurs variables sur le terrain en différents points, entre 0,6 et 1,5 m par l'observation fréquente de laisses de crue au dessus de la surface libre du cours d'eau).

2) **En condition d'étiage : mesure des débits - vitesses in-situ.**

Des mesures de débit ont été réalisées le 02/06/2009 dans le lit du Mro Oua Méresse en amont de la prise d'eau, en 2 points précis et considérés comme représentatifs du profil moyen du cours d'eau dans la zone. A l'exception d'un très faible épisode pluvieux survenu dans la journée et sans grande conséquence sur le régime hydrologique moyen, les conditions météorologiques sèches depuis plusieurs semaines permettent de considérer que ce même régime hydrologique est à l'étiage (BE). La localisation des points de jaugeages et les résultats des mesures sont donnés dans les Tableau 5 et Tableau 6.

	Zone	Coord X _{RGM04}	Coord Y _{RGM04}	Débit (L/s)	Vitesse de pointe (m/h)
Point 1	Zone 1	514 493	8 591 785	19 (+/- 2)	393
Point 2	Zone 2	514 517	8 590 932	8 (+/- 1)	216

Tableau 5. Points de mesure des débits du 2 juin 2009.

		Coefficient de Manning Strickler (m ^{1/3} /s)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone affluent 1	Zone affluent 2
Vitesses de transfert (m/h)	HE	25	807	1204	1109	1722	1667
		40	504	1927	693	1076	1042
	BE		393	216	/	/	/
Temps max d'atteinte du captage (h)	HE	25	1,8	2,6	3,6	2,8	2,9
		40	2,8	4,1	5,8	4,4	4,6
	BE		3,6	10	/	/	/

Tableau 6. Vitesses de transfert du cours d'eau par zone et temps d'atteinte maximum au captage de Méresse.

Les résultats du Tableau 6 montrent que dans l'ensemble – et comparativement aux autres bassins versants – les temps de transfert du Mro Oua Méresse sont très courts, que ce soit en hautes eaux ou en basses eaux. Ces vitesses sont la conséquence d'une surface très restreinte et d'un profil à pente assez élevée en amont de la prise d'eau. De fait, les temps de réaction en cas de pollution ponctuelle d'un tronçon du cours d'eau sont très brefs.

Par conséquent - comme indiqué dans le rapport BRGM/RP-57299-FR – la limite de précaution, au-delà de laquelle il est jugé pouvoir intervenir et prendre les mesures adéquates (fermeture du captage et substitution de la ressource) est fixée à un temps d'atteinte au captage d'une heure en basses et hautes eaux pour les BAC de surface inférieure à 6 km². La cartographie de cette limite est présentée en Illustration 17.

5. Evaluation et représentation des pressions

5.1. INVENTAIRE DES PRESSIONS EXERCEES SUR LE BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE

D'une manière générale, l'accessibilité délicate du bassin versant – piste moyennement carrossable et difficilement empruntable en saison des pluies – est vraisemblablement un gage de sa protection. Le bassin versant du Mro Oua Méresse reste sauvage, l'urbanisation et les activités n'y étant pas ou peu développées comparativement aux autres bassins versants exploités pour l'eau potable de Mayotte.

5.1.1. Urbanisation et aménagement

Il n'existe pas de village sur le bassin versant du Mro Oua Méresse. Les reconnaissances de terrain du 04/02/2009 et 02/06/2009 ont permis de recenser quelques habitations clandestines et sommaires le long du cours d'eau et notamment en partie aval à proximité de la prise d'eau.

Le seul aménagement du bassin demeure la route nationale qui le traverse à l'extrémité Nord, en aval des captages.

Ainsi, les pressions de type urbanisation et aménagement peuvent être considérées comme nulles comparativement aux autres bassins versants de Mayotte.

5.1.2. Activités rurales et agricoles

A la lecture de la carte d'occupation des sols (DAF, actualisation 2002), il apparaît que le bassin est essentiellement couvert de forêts dégradées, associations de parcelles et de lambeaux de forêts. Localement, quelques versants sont réservés à la culture de l'Ylang ylang et les reconnaissances de terrain ont permis de relever de nombreuses monocultures de bananiers dans les fonds de vallées, à proximité du cours d'eau. Quelques cultures vivrières intensives occupent les versants intermédiaires séparant le Mro Oua Méresse de son affluent principal.

Il existe quelques élevages de bovins mais ils sont peu nombreux et dispersés sur l'ensemble du bassin versant.

Concrètement, les pressions engendrées par les activités rurales et agricoles sont très faibles. En accord avec les principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR, les polycultures vivrières intensives seront considérées comme pressions moyennes, le reste de la couverture représentant une pression faible ou modérée.

5.1.3. Sites industriels, sites et pratiques à risques

A la lecture de l'inventaire des sites industriels et activités potentiellement polluantes répertoriés en 2004 (cf. rapport BRGM/RP-52906-FR), il apparaît que le bassin de la Méresse n'accueille aucune industrie ni activités potentiellement polluantes dont les effets pourraient être significatifs. Les reconnaissances réalisées n'ont pas révélé la présence de nouvelles activités depuis l'inventaire de 2004.

Parmi les pratiques à risques, le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR compte les pratiques de lessive, de lavage de véhicules et de pêche au poison (*uruva*¹) comme pressions fortes sur la ressource. En l'absence d'urbanisation et d'accès aisé au cours d'eau, ces pressions sont peu nombreuses. Toutefois, la présence d'un radier au niveau de la confluence entre le Mro Oua Méresse et son affluent principal favorise les pratiques à risque, notamment les lessives (la sortie de reconnaissance du 02/06/2009 a mis en évidence qu'il s'agissait du seul passage permettant de couper la rivière et d'accéder à l'autre rive du bassin versant. Ainsi, ce passage très fréquenté et souvent le théâtre de lessive sera assimilé à une pression forte.

5.1.4. Risques naturels

Au regard des informations figurant sur l'atlas des risques réalisé par le BRGM relatif à la commune de Bandraboua (rapport BRGM/RP-53116-FR), l'exposition aux aléas naturels des bassins d'alimentation de captage de la prise d'eau de surface et du forage de Bouyouni Méresse synthétisée ci-dessous.

En ce qui concerne les mouvements de terrain, il apparaît que le captage de surface et le forage sont exposés respectivement à un aléa nul et un aléa moyen de type glissement de terrain.

En ce qui concerne les inondations, le forage de Bouyouni Méresse est en dehors des zones d'aléa. La prise d'eau de surface – en revanche – est exposée à un aléa fort d'inondation en raison de sa position dans le lit mineur.

Ainsi, si le risque de destruction des ouvrages par mouvement de terrain est faible, le risque de dégradation de la prise d'eau lors d'inondations peut s'avérer important. La récurrence de débâcles et de charriage de matériaux - essentiellement des végétaux mais aussi des blocs - peut avoir un effet conséquent sur la prise d'eau et son fonctionnement, sans compter l'obstruction fréquente des grilles par la charge solide transportée lors des crues.

Ces risques sont connus et acceptés.

¹ Empoisonnement par la plante *Tephrosia uruva*.

5.2. CARTOGRAPHIE DES PRESSIONS

Les informations et observations précédentes ont permis de dresser la carte suivante des pressions, pondérées par les arguments décrits dans le rapport méthodologique BRGM/RP-57299-FR.



Illustration 16. Carte des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Méresse

Echelle des pressions

- Fortes
- Moyennes
- Modérées

A la lecture de cette carte, il apparaît que l'éventail des pressions exercées sur le bassin versant du Mro Oua Méresse est très faible comparativement à d'autres bassins versants (exemple du bassin versant du Mro Oua Orovéni, rapport BRGM/RP-57111-FR).

L'absence d'urbanisation et les faibles activités agricoles et rurales maintiennent un niveau de pression très faible. Seul le radier est identifié comme une pression forte car concentre dans un sens les activités les plus « polluantes » du bassin versant, encore que l'activité du radier soit modérée en comparaison avec d'autres rades sur d'autres bassins versants.

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

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

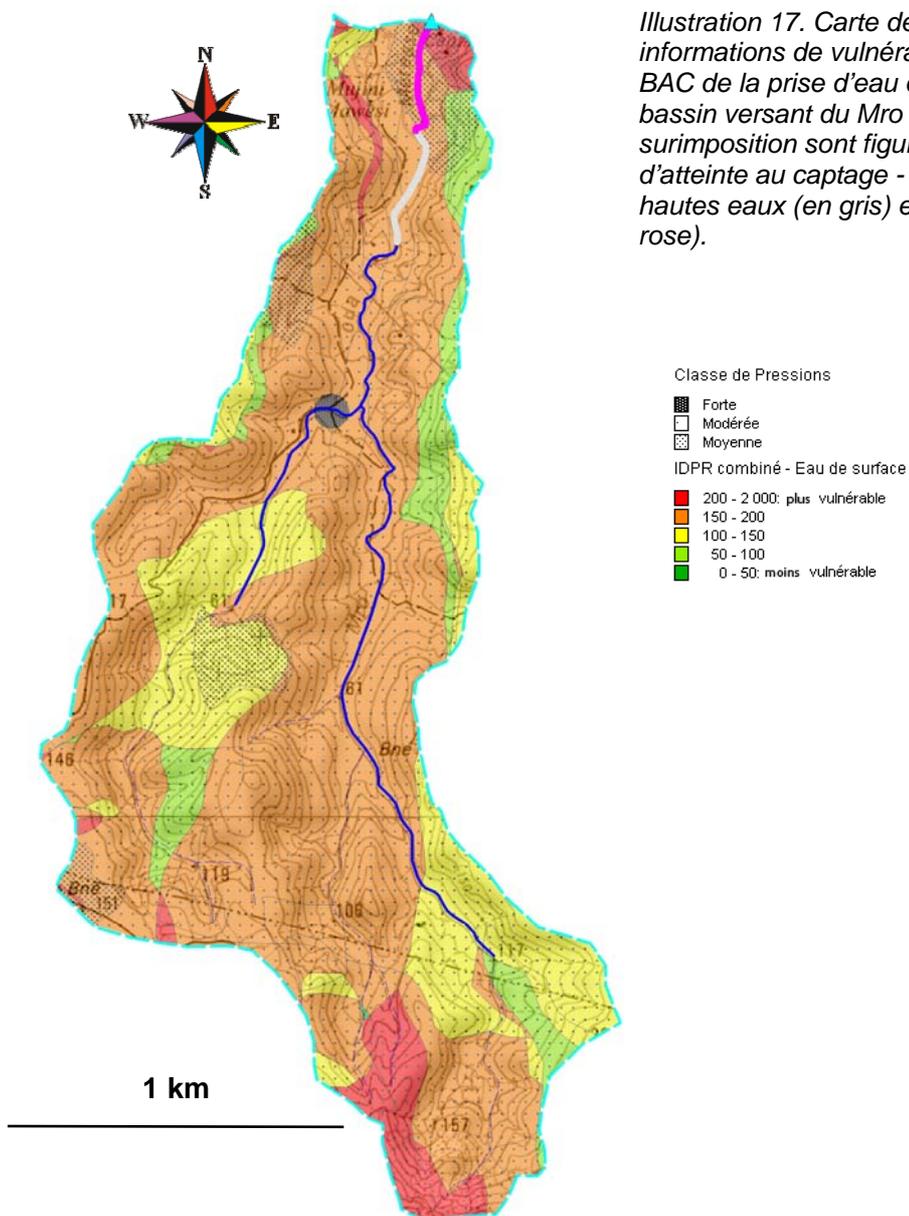


Illustration 17. Carte de croisement des informations de vulnérabilité vis-à-vis du BAC de la prise d'eau de surface du bassin versant du Mro Oua Méresse. En surimposition sont figurés les temps d'atteinte au captage - inférieurs à 1 h en hautes eaux (en gris) et basses eaux (en rose).

La mise en commun des informations de vulnérabilité et de pressions du bassin d'alimentation de surface montrent :

- Que la majeure partie du bassin d'alimentation est de vulnérabilité forte et que l'essentiel des pressions se trouve sur les versants rive gauche du cours principal, sauf au niveau de la prise où elles se répartissent de part et d'autre du cours d'eau. Par conséquent, les versants en rive gauche et les zones de proximité de la prise d'eau sont considérées comme les plus « à risque » du bassin (et particulièrement les zones très proches de la prise d'eau où la vulnérabilité est maximale) ;
- Que la proximité directe du captage - dans la zone des temps d'atteinte inférieurs à 1 heure – est soumise à une pression évaluée comme moyenne (il s'agit essentiellement d'habitats sommaires et de petites parcelles de culture). Ces pressions et leur localisation dans cette limite de temps d'atteinte au captage représentent le risque de pollution le plus important du bassin ;
- Le radier identifié comme la pression la plus forte du bassin, en raison de l'accès au cours d'eau qui facilite les lessives et autres lavages, est relativement éloigné du captage – bien au-delà de la limite de temps d'atteinte fixée à une heure en hautes eaux – et reste modérément fréquenté. En revanche, le risque d'une pollution accidentelle au niveau du radier n'est pas à écarter

Le secteur à proximité de la prise d'eau (sur un rayon de 100 à 200 m autour) est le secteur qu'il est important de surveiller car il représente le risque le plus élevé pour la ressource.

6.2. CARTE DE CROISEMENT VULNERABILITE / PRESSION DU BAC SOUTERRAIN

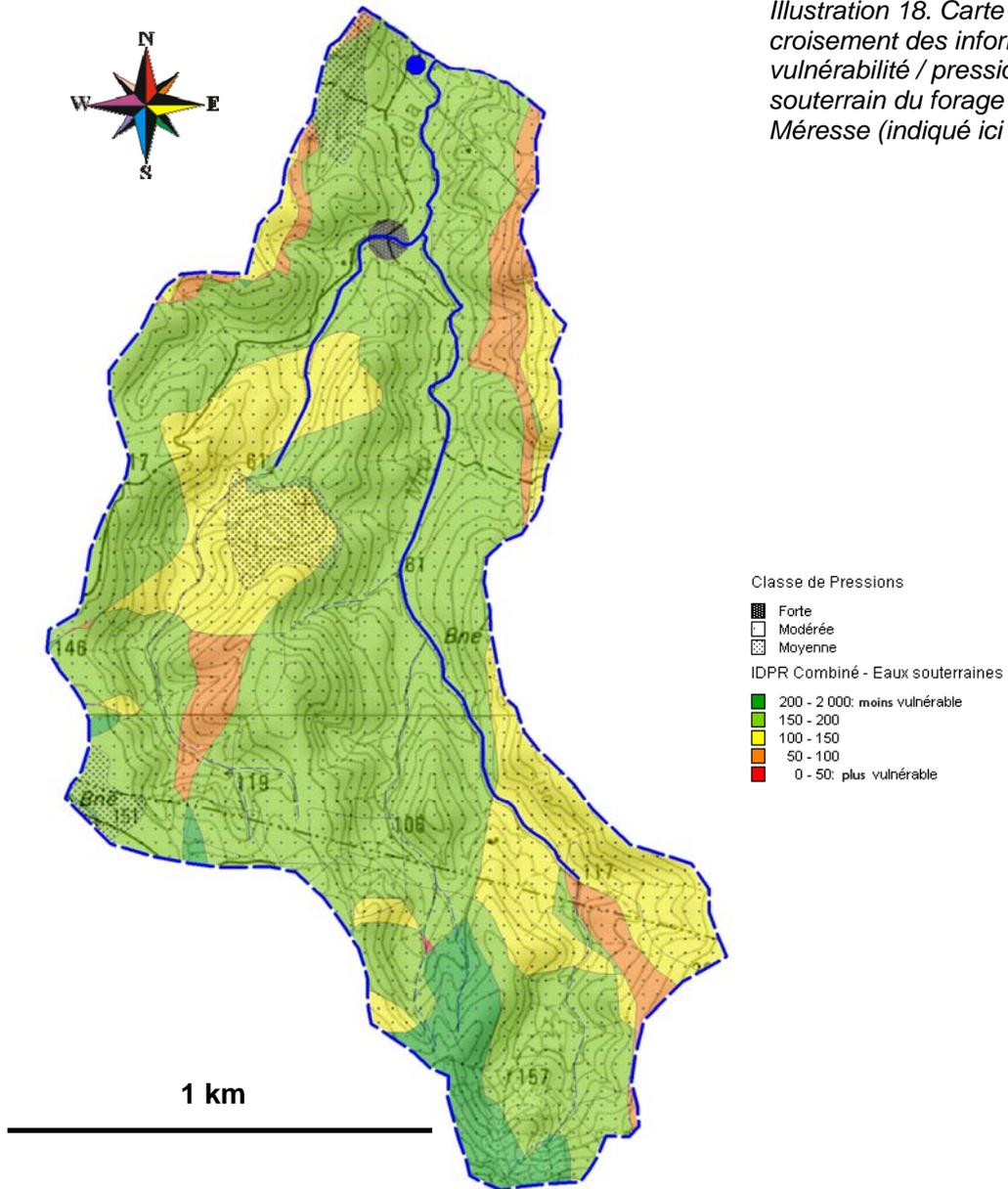


Illustration 18. Carte de croisement des informations vulnérabilité / pression du BAC souterrain du forage de Méresse (indiqué ici en bleu).

Comme indiqué dans le §. 4.1, le degré de vulnérabilité du bassin vis-à-vis des eaux souterraines est très faible, à l'exception des versants et crêtes des bordures Est et Ouest. Comme signalé précédemment, les pressions moyennes (agriculture maraîchère) se répartissent plutôt sur les versants rive gauche. Il est important de

signaler que – contrairement à la prise d'eau de surface – la zone de proximité de forage n'est pas soumise à une pression significative.

Par conséquent, la synthèse de ces informations montre que – contrairement aux eaux de surface - le risque de dégradation (pollution) des eaux souterraines à destination du captage est très faible.

Par ailleurs, comme indiqué au §. 3.2, les zones de recharge de l'aquifère sont manifestement repoussées en amont du bassin. Ce résultat conforte la faible vulnérabilité des eaux souterraines dans les parties médianes du bassin d'alimentation, c.à.d. celles soumises à l'essentiel des pressions. Ces observations sont à nuancer car la présence de paramètres bactériologiques dans le forage témoigne visiblement d'une contamination, donc d'un risque existant qui n'est pas mis en évidence ici.

6.3. CONCLUSION SUR LES RISQUES DE POLLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU DU BASSIN VERSANT DU MRO OUA MERESSE

6.3.1. BAC de surface

La vulnérabilité du captage de surface du Mro Oua Méresse est relativement élevée. Non seulement le captage est très bas en altitude - c'est-à-dire à l'embouchure du bassin versant - et donc intégrateur de toutes les activités présentes en amont mais le degré de vulnérabilité intrinsèque du bassin d'alimentation (équivalent à l'importance des ruissellements par rapport aux infiltrations) est fort. Et il est important de retenir que la surface du bassin d'alimentation est très faible (moins de 2 km²) ce qui favorise les temps de concentration très courts.

En revanche, il y'a peu de pressions au sein du bassin d'alimentation de captage si ce n'est quelques parcelles agricoles. Il n'y a la moindre urbanisation ni la moindre activité industrielle. En revanche, à proximité de la prise d'eau et sur un rayon de 200 m autour, sont signalés des habitations et parcelles agricoles. Ces pressions – considérées comme de degré moyen - se concentrent autour de la ressource captée, dans la limite des temps d'atteinte inférieur à une heure en hautes et basses eaux et représentent à l'heure actuelle le risque de pollution le plus élevé vis-à-vis du captage. Le radier représente aussi un risque vis-à-vis de la ressource.

Ainsi, même si le degré de vulnérabilité de la ressource est fort sur l'ensemble du bassin, le risque de pollution est faible sur plus de 90 % du bassin et moyen à proximité immédiate du captage.

6.3.2. BAC souterrain

En ce qui concerne le forage de Bouyouni Méresse, le degré de vulnérabilité des eaux souterraines est très faible sur le bassin (cf. pour comparaison à l'échelle de l'île le rapport BRGM/RP-57299-FR). Par ailleurs les zones d'alimentation étant repoussées en amont du bassin, le degré de vulnérabilité en est encore réduit.

Peu de pressions sont recensées en amont à part quelques parcelles de cultures maraîchères et aucune pression n'est à signaler à proximité directe du forage, à l'exception du radier. L'occupation du bassin est très faible et les activités relativement absentes.

Par conséquent, la ressource en eau souterraine du bassin d'alimentation peut être considérée comme peu exposée à un risque de dégradation (=pollution) à l'heure actuelle. Malgré le degré de protection relativement élevé de la ressource, le forage témoigne visiblement d'une contamination bactériologique, donc d'un risque existant qui n'est pas mis en évidence ici. Il est donc nécessaire dans un premier temps de confirmer cette contamination (qualitativement et quantitativement), et dans

l'hypothèse où elle serait confirmée, de chercher – dans un deuxième temps – les sources et les mécanismes de cette pollution.

7. Recommandations

Les résultats de l'étude et particulièrement le croisement des informations ont mis en évidence la fragilité de la ressource en eau de surface, car vulnérable mais aussi soumise à des pressions significatives à proximité immédiate du captage. Compte tenu du caractère intrinsèque de la vulnérabilité du bassin, il est nécessaire de réduire au maximum les pressions exercées en amont et surtout à proximité du captage.

Les recommandations portent sur des aspects globaux qui s'appliquent à tous les bassins d'alimentation de Mayotte et des points particuliers au bassin du Mro Oua Méresse, ces derniers points sont peu nombreux compte tenu des faibles activités présentes sur le bassin :

- 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 qualité régulières et complètes 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 biologiques et des passes à poissons au niveau des captages en rivière devraient contribuer à la restauration de la qualité écologique du cours d'eau.
- des études hydrogéologiques complémentaires relatives au fonctionnement des eaux souterraines dans le bassin versant du Mro Oua Méresse.
 - Les informations géologiques et hydrogéologiques étant peu nombreuses, des études de type tests de perméabilité couplés avec traçages permettraient de rattacher des valeurs physiques d'infiltrabilité aux indices IDPR & rugosité, et ce en fonction des formations lithologiques et/ou pédologiques concernées. Les traçages permettraient d'apprécier les vitesses de transfert des eaux souterraines vers le forage de Bouyouni Méresse, données essentielles pour la compréhension du système aquifère et la bonne détermination des périmètres de protection. Des traçages en rivières permettraient de vérifier les vitesses de transfert de polluant d'une section donnée au captage ;
 - Par ailleurs, l'étude approfondie de la contamination bactériologique du forage de Bouyouni Méresse permettrait de confirmer les caractéristiques quantitatives et qualitatives de cette pollution et d'envisager les sources et mécanismes de transfert de cette pollution vers la ressource captée ;
- il est nécessaire de procéder rapidement à la délimitation d'un périmètre de protection immédiat au niveau du captage de surface.

- un inventaire précis et un zonage plus fin des activités agricoles doit être réalisé afin d'évaluer quantitativement et qualitativement le volume et la nature des pressions existantes.
- plus largement - et ce constat sera applicable à l'ensemble des bassins versants de Mayotte lors de l'instauration des périmètres de protection – il sera nécessaire de mettre en place des plans d'actions spécifiques portant sur des fondamentaux comme : l'information et la sensibilisation de la population riveraine à la protection de la ressource, le développement de mesures agroenvironnementales, l'alternative à la lessive en rivière, les moyens de surveillance de la ressource et des pratiques, etc.

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. Conclusion

Dans le cadre de la convention de recherche et développement partagés DAF/BRGM du 18 août 2008, les délimitations des bassins d'alimentation des 2 captages du bassin versant du Mro Oua Méresse, à savoir le forage de Bouyouni Méresse (BSS 12306X0046/BOUY) et la prise d'eau de surface (BDAEP 2C3 et BSS 12306X0050) ont été établies sur la base des principes méthodologiques du rapport BRGM/RP-57299-FR.

Le bassin d'alimentation de la prise d'eau englobe l'intégralité du bassin versant de surface en amont de la prise (ce qui correspond à près de 98 % de la surface totale du bassin versant du Mro Oua Méresse). Le BAC du forage de Bouyouni Méresse correspond à la surface du bassin versant en amont topographique du forage soit près de 88 % de la surface du bassin versant.

Les résultats des calculs IDPR & indice de rugosité montrent que le bassin versant du Mro Oua Méresse possède un réseau de drainage excédentaire compte tenu de la petite taille du bassin, ce qui témoigne d'une capacité de ruissellement plus élevée que les autres bassins versant (c'est l'inverse du bassin versant du Mro Oua Gouloué, cf. rapport BRGM/RP-57109-FR). Par conséquent, la vulnérabilité de la prise d'eau de surface est quasiment la plus élevée de l'île et la vulnérabilité des eaux souterraines est – quant à elle – très faible.

La détermination des temps de propagation d'un polluant en amont de la prise d'eau montre que la limite du temps d'atteinte au captage – fixée à une heure en basses et hautes eaux dans le cas des petits bassins d'alimentation – est positionnée environ 500 m en amont de la prise d'eau en cas de hautes eaux.

En ce qui concerne l'inventaire et la caractérisation des pressions s'exerçant sur le bassin versant du Mro Oua Méresse, celui-ci montre que les pressions sont peu développées en raison de l'absence d'urbanisation et d'activités industrielles. Les pressions majeures demeurent le radier et quelques parcelles agricoles situées sur les versants rive gauche du cours d'eau ainsi qu'une aire agricole et d'habitats sommaires à proximité immédiate de la prise d'eau de surface.

Par conséquent, le risque de pollution du captage de surface existe et peut être considéré comme relativement important du fait de la conjugaison d'une vulnérabilité forte et de la présence de pressions à proximité immédiate de la prise d'eau, dans la limite des temps d'atteinte d'une heure. En revanche, le risque de pollution des eaux souterraines peut être considéré comme faible en l'absence de pressions en amont et surtout compte tenu d'un indice IDPR fort (= faible vulnérabilité). Néanmoins, les analyses physico-chimiques ont fait état à plusieurs reprises d'une contamination bactériologique (flore hétérotrophe, entérocoques) qu'il conviendra de confirmer. Si cette contamination s'avère significative, il conviendra d'en identifier la source et de mettre en évidence les mécanismes de transfert dans la nappe.

L'inventaire des aléas naturels susceptibles de nuire aux installations montrent que la prise d'eau et le forage sont en dehors des zones à risques de type mouvement de terrain. En revanche, la prise d'eau très exposée aux risques de type inondation accompagnée de débâcles dont les dégradations sur l'ouvrage peuvent être importantes et provoquer sa fermeture un certain laps de temps (sans compter que les obstructions des prises d'eau par les boues et matériaux type feuilles et autres déchets verts sont fréquentes et nuisent continuellement à son fonctionnement). Ces risques sont connus et acceptés.

Les risques concernant le bassin d'alimentation de captage des eaux de surface sont suffisamment élevés pour ne pas garantir la sécurité de la ressource vis-à-vis des pressions extérieures existantes, que ce soit les activités agricoles situées à proximité immédiate de la prise d'eau ou les risques de dégradation de l'ouvrage lors d'inondation.

Les recommandations portent à la fois (i) sur la surveillance de la ressource, c.à.d. le renforcement du suivi de la qualité des eaux (notamment des substances phytosanitaires comme l'AMPA) et de la quantité des prélèvements (mesure des prélèvements), (ii) sur la nécessité d'instrumentation des prélèvements et d'études complémentaires, notamment sur le comportement hydrogéologique des eaux souterraines dont les mécanismes sont encore incertains dans le bassin, (iii) sur la mise en place rapidement d'un périmètre de protection immédiat autour de la prise d'eau de surface, (iv) sur la nécessité de recenser plus précisément la nature et les volumes des pressions exercées à proximité immédiate de la prise d'eau et (iii) sur la mise en place de plans d'actions portant sur la sensibilisation des riverains à propos de la protection de la ressource en eau, le développement de mesures agroenvironnementales et de mesures alternatives à la lessive en rivière. Ces recommandations doivent être observées sur l'ensemble des BAC de Mayotte.

La suite de cette étude conduit logiquement à la réalisation d'études hydrogéologiques complémentaires captage par captage en vue de l'instauration des périmètres de protection, à savoir un programme envisagé sur les années 2010/2011.

9. Références bibliographiques

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.

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

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., Dewandel B., Lachassagne P. et Malard A. (2008) – Protection et optimisation de la ressource en eau souterraine à Mayotte. Année 4 – BRGM/RP-56438-FR, 105 p.

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.

Jourdain T., Lachassagne P., Lebon D., Miehe J.M., Mouron R. (2002) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte, campagne 2001-2002 – Synthèse des résultats des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et radon – Propositions d'implantation des sondages de reconnaissance – Rap. BRGM/RP-51498-FR – 2002 MAY 01, 115 p., 33 fig., 6 tab., 4 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 Aunay B., Vernoux J.F. et Mardhel V. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des 3 captages du bassin versant du Mro Oua Bouyouni – Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions) – BRGM/RP-57108-FR, 94 p., 19 ill., 9 tab., 4 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.

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 Oourovéni – Mayotte (délimitation, vulnérabilité, pressions) – BRGM/RP-57111-FR, 114 p., 25 ill., 18 tab. et 4 ann.

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

Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines de Mayotte (Campagne 2001-2003) – Forage de Bouyouni Méresse (1230-6X-0046). Rapport BRGM/RP-52481-FR – 2003 MAYOTTE 07

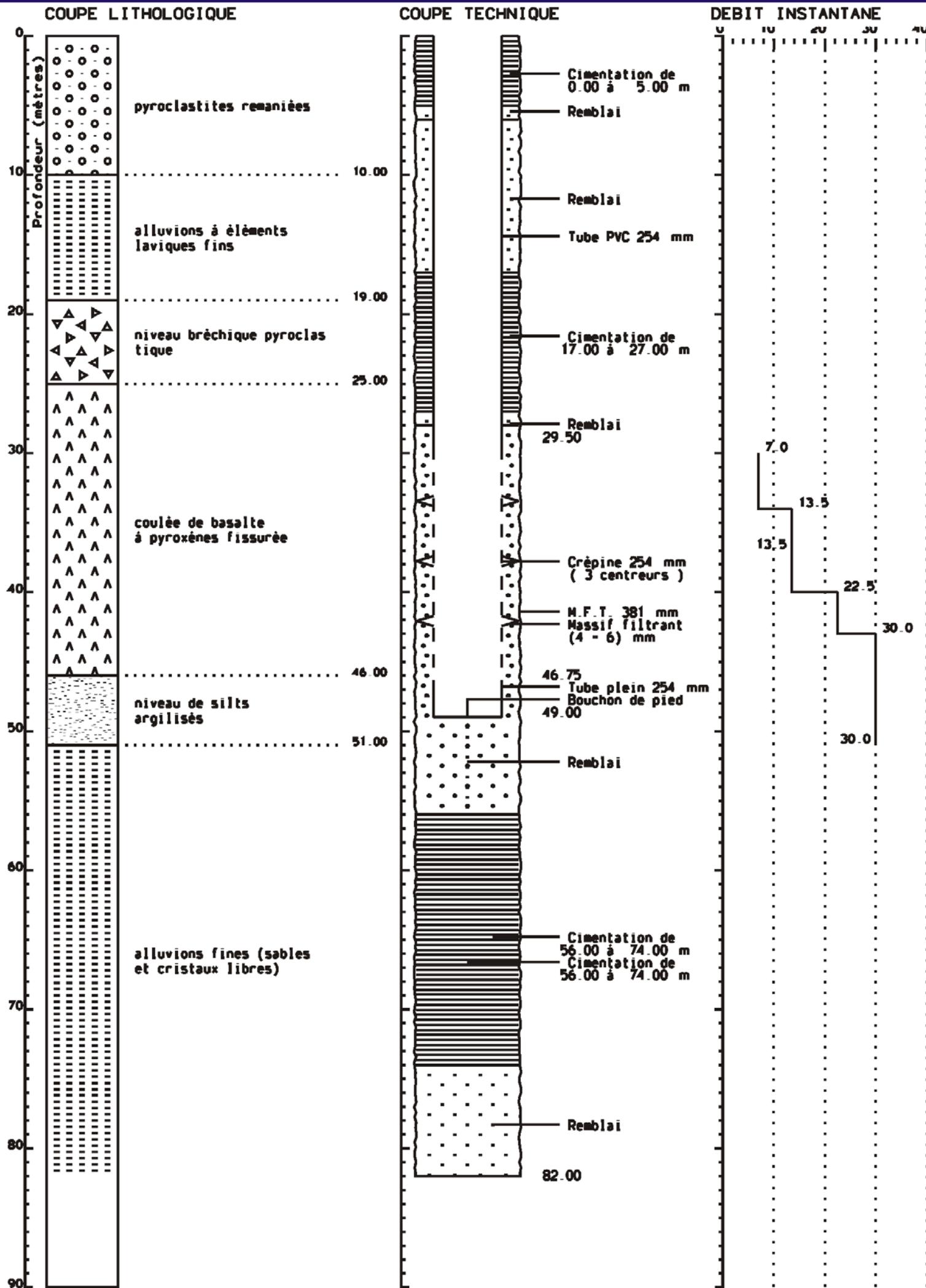
Stieljes L, Cantagrel J.M, Nougier J., Vatin-Perignon N., Watelet P. (1988) – Carte géologique de Mayotte (Archipel des Comores). Echelle : 1/50 000, Collectivité Départementale de Mayotte. Editions du BRGM.

Vernoux J.F., Wuilleumier 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

Vernoux J.F., Wuilleumier A., Dörfliger 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

Annexe 1

Coupe technique du forage de Bouyouni Méresse (BSS 12306X0046/BOUY)



Annexe 2

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

Annexe 3

Jaugeage au sel du 02 juin 2009

Le 2 juin 2009, sous conditions météorologiques stables – si ce n'est une ondée de quelques minutes en fin de matinée et en début d'après midi mais de très faible intensité – deux jaugeages sont réalisés sur le Mro Oua Méresse, le premier dans la partie aval, le second dans la partie amont.

Jaugeage 3 – Mro Oua Méresse aval

Un premier jaugeage du cours du Mro Oua Meresse est effectué à 15h00 au point de coordonnées UTM_{RGM04} (X= 514 493 m, Y= 8 591 785 m, Z= 28 m), sur une longueur linéaire de 38 m. On La conductivité de base est de 203 μ S/cm. Le lit mineur présente une largeur de 2m et le débit est estimé visuellement à 40 L/s. On observe une succession de rapides et de petits bassins. La vitesse d'écoulement est relativement élevée. L'épaisseur de la tranche d'eau est d'environ 20 à 30 cm. Elle peut être inférieure à 10 cm par endroit – notamment au niveau des rapides. Des laisses de crue sont observées 1,1 m au-dessus de la surface libre du cours d'eau

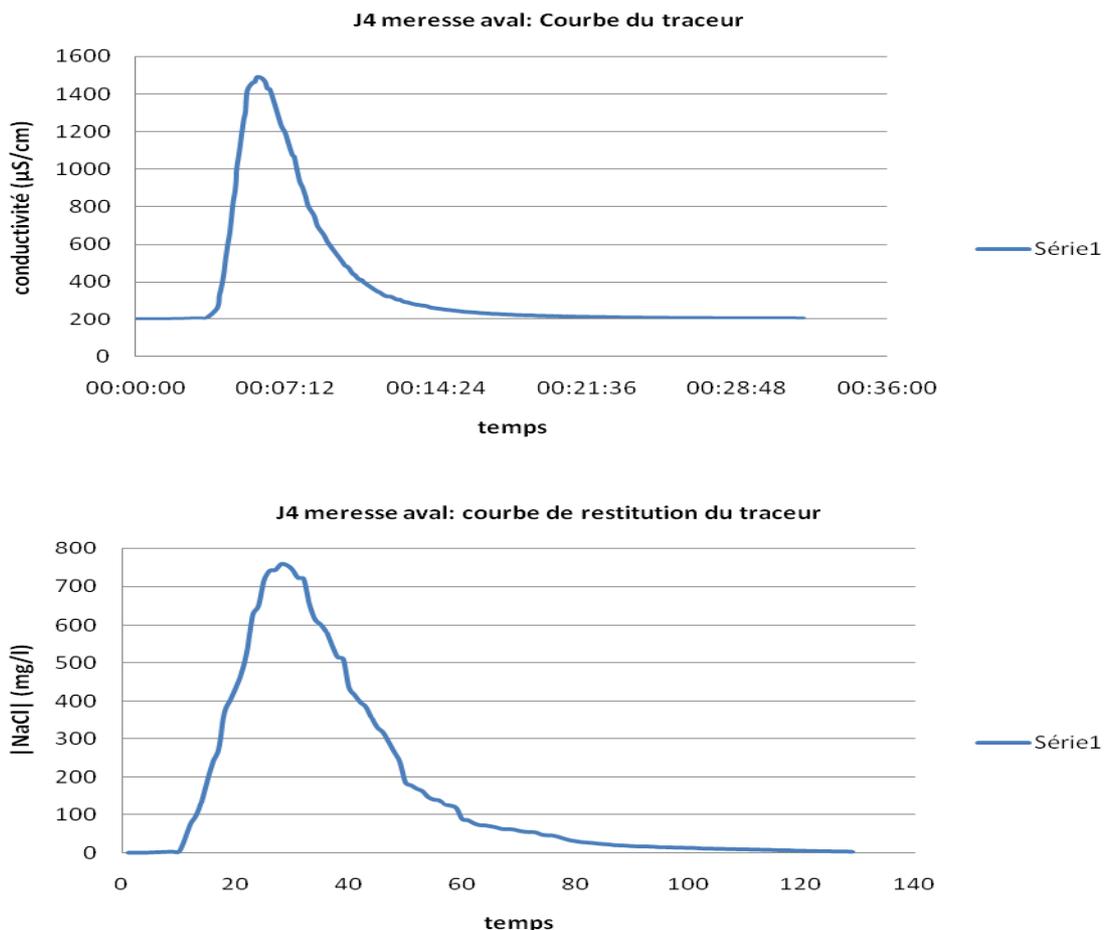


Figure 1 : courbes de restitution du sel – Mro Oua Méresse amont

masse sel injecté (g)	3785
coefficient k de conversion ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)	1,7
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	19,4
Vitesse de pointe du panache (m/h)	393

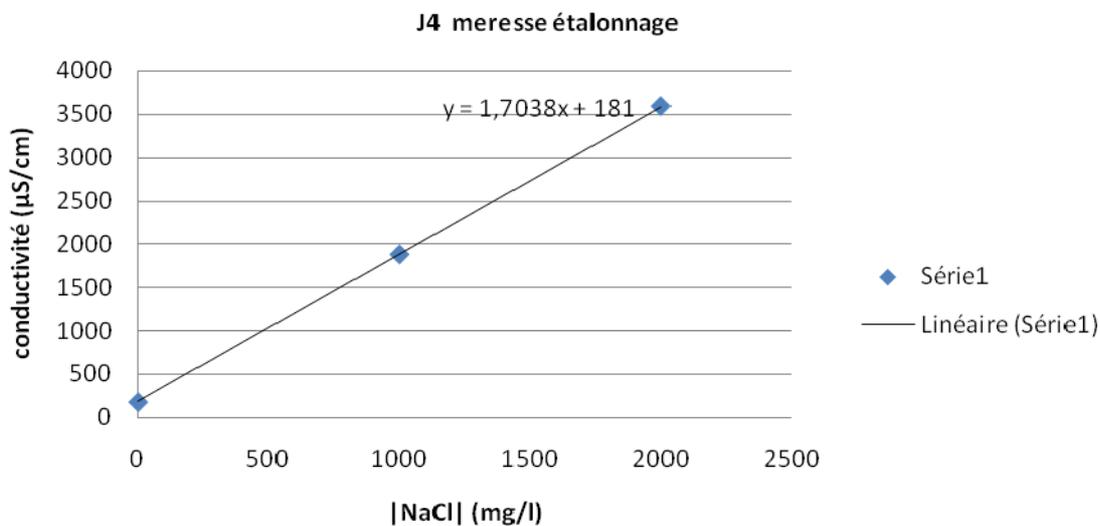


Figure 2 : Courbe de calibration Conductivité = $f([NaCl])$ du Mro Oua Méresse

Jaugeage 3 – Mro Oua Méresse amont

Un deuxième jaugeage est réalisé sur La Méresse, 1 km en amont du premier, à 16h15, au point de coordonnées UTM_{RGMO4} (X= 514 517 m, Y= 8 590 932 m et Z= 33 m) sur une longueur linéaire de 26 m. La largeur du lit mineur est d'environ 1,5 m pouvant atteindre 2 m par endroits. Les laisses de crue observées atteignent une hauteur de 70 cm au-dessus de la surface libre.

Visuellement, le débit est estimé à 20 L/s.

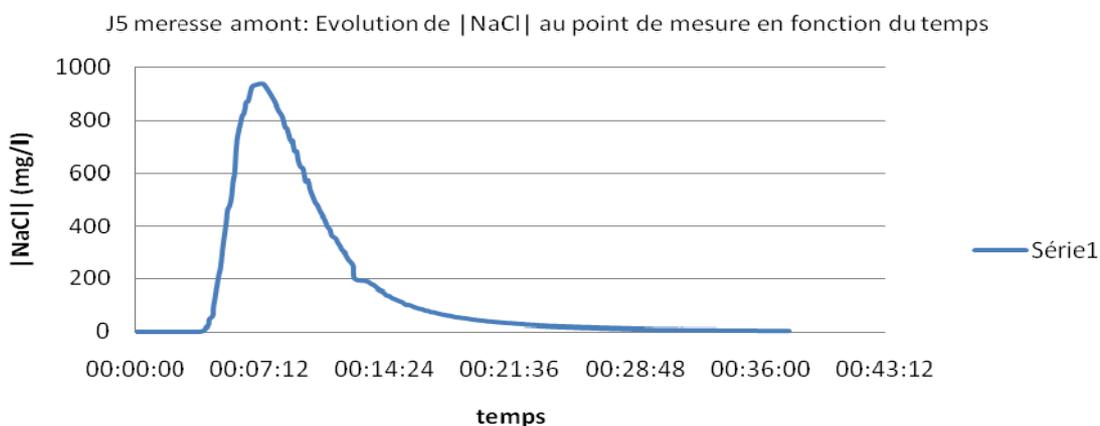
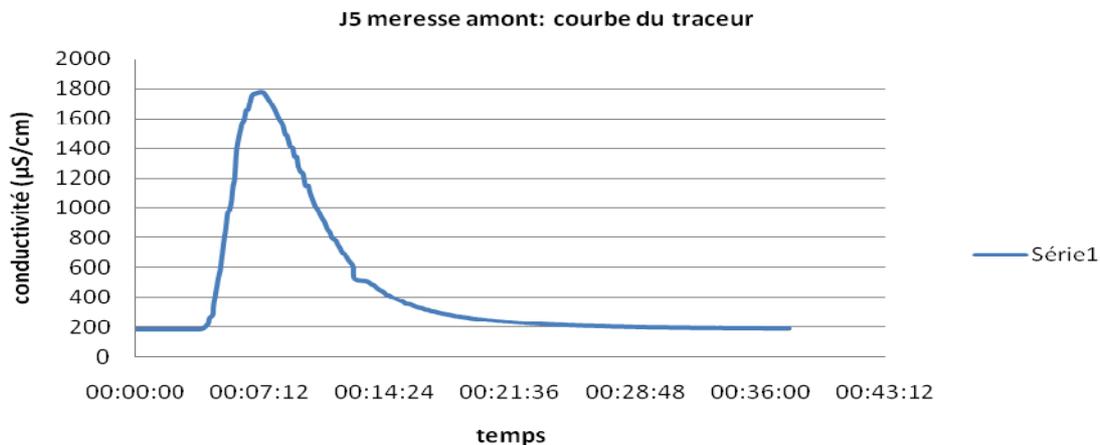


Figure 3 : Courbes de restitution du sel – Mro Oua Méresse aval

masse sel injecté (g)	2662
coefficient k de conversion ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{L}$)	1,7
% de restitution estimé	90 à 95
Débit (L/s)	7,6
Vitesse de pointe du panache (m/h)	216

Annexe 4

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

longueur section (m)	longueur cumulée depuis captage (m)	ordre de Strahler	ALTITUDE		ALTITUDE max (m NGM)	pente S (m/m)	largeur lit (m)	R (tranche 0,1 m)		V (tranche 0,1) en m/s		V (tranche 0,1) en m/h		moy V (tranche 0,1) en m/h		moy V (tranche 1) en m/h		ips max captage (h) (tranche 0,1)		ips max captage (h) (tranche 1)					
			min (m NGM)	max (m NGM)				1	2	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025
570.059	4143.2	1	137	235	0.172	1	0.100	0.167	0.667	0.020	0.032	72	115	0.318	0.509	1146	1834	43	69	693	1109	182.1	113.8	5.8	3.6
102.687	3573.1	2	124	137	0.127	1	0.167	0.167	0.667	0.015	0.023	53	84	0.234	0.375	844	1350								
449.808	3470.4	1	118	124	0.013	1	0.167	0.167	0.667	0.002	0.002	6	9	0.025	0.040	89	142								
451.926	3020.6	2	80	118	0.084	2	0.182	0.182	1.000	0.012	0.019	42	67	0.350	0.561	1261	2018	39	62	1204	1927	156.2	97.6	4.1	2.6
195.745	2568.7	3	64	80	0.082	2	0.182	0.182	1.000	0.011	0.018	41	65	0.341	0.545	1226	1962								
118.865	2372.9	3	58	73	0.126	2	0.182	0.182	1.000	0.017	0.028	63	100	0.526	0.841	1893	3029								
246.480	2254.1	3	49	67	0.073	2	0.182	0.182	1.000	0.010	0.016	36	58	0.304	0.487	1095	1753								
593.030	2007.6	3	37	52	0.025	3	0.188	0.188	1.200	0.004	0.006	13	21	0.152	0.243	546	874								
251.356	1414.6	3	28	38	0.040	3	0.188	0.188	1.200	0.006	0.009	21	34	0.239	0.382	859	1375	12	20	504	807	114.9	71.8	2.8	1.8
52.422	1163.2	1	27	28	0.019	3	0.188	0.188	1.200	0.003	0.004	10	16	0.114	0.183	412	659								
878.966	1110.8	3	8	27	0.022	3	0.188	0.188	1.200	0.003	0.005	11	18	0.130	0.208	467	747								
231.826	231.8	3	5	8	0.013	3	0.188	0.188	1.200	0.002	0.003	7	11	0.078	0.124	280	447								

longueur section (m)	longueur cumulée depuis captage (m)	ordre de Strahler	ALTITUDE		ALTITUDE max (m NGM)	pente S (m/m)	largeur lit (m)	R (tranche 0,1 m)		V (tranche 0,1) en m/s		V (tranche 0,1) en m/h		moy V (tranche 0,1) en m/h		moy V (tranche 1) en m/h		ips max captage (h) (tranche 0,1)		ips max captage (h) (tranche 1)					
			min (m NGM)	max (m NGM)				1	2	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025	0.040	0.025		
166.403	1924.9	1	119	145	0.156	1	0.100	0.167	0.667	0.018	0.029	65	104	0.289	0.463	1042	1667	65	104	1042	1667	160.9	100.5	4.6	2.9
96.973	1758.5	2	109	119	0.103	1	0.167	0.167	0.667	0.012	0.019	43	69	0.191	0.306	687	1100	40	65	1076	1722	158.3	99.0	4.4	2.8
139.045	1661.5	1	94	113	0.137	1	0.167	0.167	0.667	0.016	0.025	57	91	0.253	0.405	911	1458								
174.950	1522.5	2	103	109	0.034	1	0.167	0.167	0.667	0.004	0.006	14	23	0.064	0.102	229	366								
293.806	1347.5	2	81	101	0.068	2	0.182	0.182	1.000	0.009	0.015	34	54	0.284	0.454	1021	1634								
112.465	1053.7	2	70	85	0.133	2	0.182	0.182	1.000	0.018	0.029	66	106	0.556	0.889	2001	3201								
95.594	941.3	2	66	72	0.063	2	0.182	0.182	1.000	0.009	0.014	31	50	0.262	0.418	941	1506								
585.689	845.7	2	42	69	0.046	2	0.182	0.182	1.000	0.006	0.010	23	37	0.192	0.307	691	1106								
77.345	260.0	2	42	53	0.142	2	0.182	0.182	1.000	0.020	0.031	71	113	0.593	0.948	2133	3413								
51.672	182.6	2	39	49	0.194	2	0.182	0.182	1.000	0.027	0.043	96	154	0.806	1.290	2903	4645								
94.274	131.0	2	37	39	0.021	2	0.182	0.182	1.000	0.003	0.005	11	17	0.088	0.141	318	509								
36.693	36.7	2	37	37	0.000	2	0.182	0.182	1.000	0.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0	0								

V = (R / 23 * S / 12) / n

Colonne A --> longueur indépendante des tronçons.
Colonne B --> longueur cumulée du cours d'eau à partir du captage
Colonne D et E --> Altitude minimale et maximale du tronçon
Colonne F --> calcul de la pente du tronçon
Colonne G --> Largeur moyenne du lit mineur d'après observations
Colonne H et I --> périmètre mouillé. La tranche correspond aux régimes hydro (BE=0,1 m et HE = 1 m) et fonction de la colonne G
Colonne J,K,N et O --> V en m/s fonction de coeff de Strickler et R. Le coefficient de Manning Strickler est pris à 0,025 et 0,04
Colonne L,M,P et Q --> pareil mais en m/h
Colonne R,S,T et U --> moyenne des vitesses en m/h par classe d'altitude soit 3 classes pour le cours principal et 2 pour l'affluent
Colonne V,W,X et Y --> temps maximal d'arrivée au captage par l'eau (fonction des 2 Coeff de Strickler et des 2 tranches d'eau considérées, soit 4 combinaisons)

ZONE AFFLUENT 2

ZONE AFFLUENT 1

ZONE 2

ZONE 1

ZONE 3



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