





# Valorisation des données piézométriques des réseaux sous maîtrise d'ouvrage DEAL et BRGM de Mayotte

Rapport final

**BRGM/RP-60955-FR**  
septembre 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2012

**N. OLLIVAUD**

**Vérificateur :**

Nom : Arnaud Wuilleumier

Date : 01/10/2012

Signature :



**Approbateur :**

Nom : Pascal Puvilland

Date : 08/10/2012

Signature :



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

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

**Mots clés** : Hydrogéologie, piézométrie, eau souterraine, réseau, statistiques, Mayotte

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

Ollivaud N., (2012) – Valorisation des données piézométriques des réseaux sous maîtrise d'ouvrage DEAL et BRGM de Mayotte, rapport BRGM/RP-60955-FR, 150 p., 86 fig., 2 ann.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Cette étude, financée à 80% par la DEAL de Mayotte et 20% par le BRGM, est destinée à valoriser les données piézométriques acquises par le BRGM et la DEAL durant les années de suivi (1992-2011). En effet, à fin 2011 aucun document ne recense ni ne synthétise les principales caractéristiques et informations statistiques associées aux chroniques piézométriques disponibles à Mayotte.

Le présent rapport rassemble et synthétise les caractéristiques de chaque piézomètre (27 piézomètres au total) puis présente pour chaque ouvrage les données piézométriques disponibles, les résultats statistiques issus du traitement de ces données et les éventuelles tendances d'évolution observées sur les signaux piézométriques.

L'analyse réalisée à partir des données disponibles comprend pour chaque piézomètre les calculs des grandeurs suivantes :

- le niveau piézométrique moyen et médian interannuel ;
- le niveau piézométrique moyen et médian par année ;
- l'amplitude annuelle et interannuelle ;
- vitesse moyenne, minimale et maximale de recharge ;
- vitesse moyenne de vidange ;
- les niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide (lorsque les données disponibles le permettent).

La description des tendances d'évolution a permis de rendre compte du comportement de certains piézomètres et à travers eux des nappes dont ils suivent les fluctuations :

- les piézomètres Combani 1 (12306X009), Combani 2 (12306X0010) et Tsingoni (12306X0013) semblent être influencés par la présence de la retenue collinaire de Combani. Leurs niveaux piézométriques ont été rehaussés depuis la mise en service de la retenue en 1998. Les piézomètres Kwalé 2, Dembéni 1 voire Tsararano 1 semblent suivre le même comportement que ceux cités précédemment mais de manière moins distincte. De plus, leur éloignement par rapport à la retenue collinaire de Combani laisse apparaître des doutes quant à une potentielle influence de la retenue collinaire sur le niveau piézométrique mesuré dans ces ouvrages ;
- les piézomètres Kawéni 1 8" (12307X0011) et Kawéni 1 10" (12307X0019) enregistrent des tendances à la baisse très probablement liées à l'exploitation de l'aquifère de Kawéni pour l'alimentation en eau potable ;
- les piézomètres Mtsangamouji 8" (12306X0011), Béja 2 (123060015) et Ourovéni 2 (12306X0012) semblent également être influencés par la mise en exploitation de forages AEP dans leur secteur ;

- le piézomètre Dembéni haut (12313X0034) affiche une baisse régulière du niveau piézométrique moyen annuel depuis 2006 de l'ordre de 10 cm/an ;
- les piézomètres Bandréle Dagoni (12313X003), Mréréni 8" (12312X0033), Mréréni 1 (12312X0034), Poroani 10" (12312X0050) enregistrent un signal piézométrique relativement stable.

Concernant les piézomètres Kani-Kéli 2 (12316X0037/PZ2), Dzoumougné 2 (12302X0026/PZ1), Dispensaire de Mramadoudou (12316X0038/PZ3), Digo (12306X0053/PZ5) et Gymnase Dzaoudzi (12308X0086/PZ4) les données disponibles ne permettent pas, à juin 2012, de déterminer des tendances d'évolution. Le maintien de la poursuite du suivi s'avère donc nécessaire.

Une approche exploratoire visant à évaluer la faisabilité d'une modélisation de l'évolution des niveaux piézométriques a révélé qu'une première approche était envisageable à travers l'utilisation du logiciel TEMPO développé par le BRGM. En effet, les chroniques piézométriques, les données pluviométriques et d'évapotranspiration potentielle disponibles sur Mayotte permettraient de proposer une première modélisation de certains hydrosystèmes.

## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>13</b>
1.1. CONTEXTE GENERAL .....	13
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	16
<b>2. Approche hydrogéologique de Mayotte</b> .....	<b>17</b>
2.1. ELEMENTS DE GEOLOGIE.....	17
2.2. CLIMAT ET PLUVIOMETRIE .....	18
2.3. IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES.....	20
<b>3. Historique des réseaux de suivi piézométrique de Mayotte</b> .....	<b>21</b>
3.1. UN SUIVI PIEZOMETRIQUE ASSURE PAR LA DEAL (EX DAF), 1992-2007, PUIS 2007-2012 .....	21
3.2. CREATION D'UN RESEAU SOUS MAITRISE D'OUVRAGE DU BRGM, JANVIER 2007 .....	22
3.3. CREATION DU META-RESEAU DE SURVEILLANCE QUANTITATIF DES MASSES D'EAUX SOUTERRAINES DCE, JANVIER 2009.....	22
<b>4. Caractéristiques des forages et valorisation des données piézométriques</b> .....	<b>25</b>
4.1. PIEZOMETRES SOUS MAITRISE D'OUVRAGE DEAL .....	25
4.1.1. Combani 1 - 12306X0009.....	25
4.1.2. Kahani 2 – 12312X0031 .....	30
4.1.3. Dembéni 1 – 12313X0018.....	32
4.1.4. Hajangoua 1 – 12313X0020.....	37
4.1.5. Mtsangamouji 8" - 12306X0011 .....	42
4.1.6. Tsararano 1 – 12313X0021 .....	48
4.1.7. Bandrélé Dagoni – 12313X0033 .....	52
4.1.8. Tsingoni – 12306X0013.....	57
4.1.9. Poroani 8" - 12312X0032 .....	62
4.1.10. Mrereni 8"- 12312X0033.....	66
4.1.11. Mronabeja 1 – 12316X0031/MRO1 .....	70
4.1.12. Béja 2 – 12306X0015/BEJA2 .....	75
4.1.13. Kwalé 2 – 12307X0023/Koual2.....	80

4.1.14.	Mréréni 1 – 12312X0034/Mréré1 .....	84
4.1.15.	Kawéni 1 10" - 12307X0019.....	88
4.1.16.	Poroani 10" - 12312X0050 .....	92
4.1.17.	Dembéni haut – 12313X0034 .....	96
4.2.	PIEZOMETRES SOUS MAITRISE D'OUVRAGE BRGM .....	99
4.2.1.	Combani 2 - 12306X0010/COMB2 .....	99
4.2.2.	Kahani 1 – 12312X0030/KAHA1 .....	103
4.2.3.	Hajangoua 2 – 12313X0031 .....	107
4.2.4.	Kawéni 1 8" - 12307X0011/KAWE1 .....	111
4.2.5.	Kani Kéli 2 – 12316X0037/PZ2 .....	115
4.2.6.	Dispensaire de Mramadoudou – 12316X0038/PZ3 .....	118
4.2.7.	Dzoumougné 2 – 12302X0026/PZ1 .....	120
4.2.8.	Digo 12306X0053/PZ5.....	123
4.2.9.	Gymnase Dzaoudzi - 12308X0086/PZ4.....	126
4.2.10.	Ourovéni 2 – 12306X0012/OURO02.....	129
<b>5.</b>	<b>Faisabilité d'une modélisation de l'évolution des niveaux piézométriques...</b>	<b>135</b>
5.1.	LE LOGICIEL TEMPO.....	135
5.1.1.	Méthode de modélisation .....	136
5.1.2.	Prévision des niveaux de nappes et des débits .....	137
5.2.	DONNEES NECESSAIRES A LA MODELISATION .....	139
<b>6.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>143</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>145</b>

## Liste des illustrations

<i>Figure 1 : localisation des 27 piézomètres concernés par l'étude.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble des stations DEAL.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 3 : carte de localisation des pluviomètres gérés par la DEAL et MétéoFrance .....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 4 : Méta-réseau de surveillance quantitative des eaux souterraines de Mayotte, réseau suivi dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau .....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 5 : chronique piézométrique du forage Combani 1 - 12306X00009 .....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Combani 1 .....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 7 : illustration de la remonté du niveau piézométrique, forage Combani 1 .....</i>	<i>29</i>

<i>Figure 8 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide du piézomètre Combani 1 12306X0009 (période 2004-2012)</i> .....	30
<i>Figure 9 : chronique piézométrique de l'ouvrage Kahani 2 - 12312X0031</i> .....	32
<i>Figure 10 : chronique piézométrique du piézomètre Dembéni 1 - 12313X0018</i> .....	34
<i>Figure 11 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Dembéni 1</i> .....	36
<i>Figure 12 : évolution du niveau piézométrique moyen annuel et de l'amplitude annuelle – Dembéni 1</i> .....	36
<i>Figure 13 : chronique piézométrique du piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020</i> .....	38
<i>Figure 14 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux pour le piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020 (période 2004-2011)</i> .....	40
<i>Figure 15 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Hajangoua 1</i> .....	41
<i>Figure 16 : Niveau piézométrique moyen annuel en fonction de la pluviométrie annuelle entre 1996 et 2011</i> .....	42
<i>Figure 17 : chronique piézométrique complète du piézomètre Mtsangamouji 8" - 12306X0011</i> .....	43
<i>Figure 18 : chronique piézométrique du piézomètre Mtsangamouji 8" - 12306X0011 à partir du 17 janvier 2002</i> .....	44
<i>Figure 19 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Mtsangamouji</i> .....	46
<i>Figure 20 : Evolution du niveau piézométrique moyen annuel en fonction des volumes prélevés annuels par les forages AEP de Mtsangamouji (2006-2011)</i> .....	47
<i>Figure 21 : localisation des forages AEP en exploitation sur le secteur du piézomètre Mtsangamouji 8" – 12306X0011</i> .....	47
<i>Figure 22 : chronique piézométrique du piézomètre Tsarano 1 – 12313X0021</i> .....	49
<i>Figure 23 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Tsararano 1 - 12313X0021</i> .....	51
<i>Figure 24 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Tsararano 1</i> .....	51
<i>Figure 25 : chronique piézométrique du piézomètre Bandrélé Dagoni - 12313X0033</i> .....	53
<i>Figure 26 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Bandrélé Dagoni - 12313X0033</i> .....	55
<i>Figure 27 : niveau piézométrique moyen annuel en fonction de la pluviométrie annuelle - piézomètre Bandrélé Dagoni</i> .....	56
<i>Figure 28 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels</i> .....	56
<i>Figure 29 : chronique piézométrique du forage Tsingoni 8" - 12306X0013</i> .....	58
<i>Figure 30 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide (période de calcul 2004-2011)</i> .....	60

<i>Figure 31 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, .....</i>	61
<i>Figure 32 : chronique piézométrique du piézomètre Poroani 8" - 12312X0032 .....</i>	63
<i>Figure 33 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide .....</i>	65
<i>Figure 34 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Poroani 8".....</i>	66
<i>Figure 35 : chronique piézométrique du piézomètre M'réréni 8" - 12312X0033.....</i>	67
<i>Figure 36 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide, piézomètre M'réréni 8".....</i>	69
<i>Figure 37 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Mrereni 8".....</i>	70
<i>Figure 38 : résultats des interprétations des essais de pompage réalisés sur le forage 12316X0032 voisin du piézomètre Mronabéja 1 .....</i>	71
<i>Figure 39 : chronique piézométrique du piézomètre M'ronabéja 1 - 12316X0031 .....</i>	72
<i>Figure 40 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide, M'ronabéja 1 – 12316X0031.....</i>	74
<i>Figure 41 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Mronabéja 1 .....</i>	75
<i>Figure 42 : chronique piézométrique du piézomètre Béja 2 - 12306X0015.....</i>	77
<i>Figure 43 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Béja 2 – 12306X0015 .....</i>	79
<i>Figure 44 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Béja 2 .....</i>	80
<i>Figure 45 : chronique piézométrique du forage Kwalé 2 - 12307X0023.....</i>	82
<i>Figure 46 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et sec et humide .....</i>	83
<i>Figure 47 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Kwalé 2 .....</i>	84
<i>Figure 48 : chronique piézométrique du piézomètre Mréréni 1 - 12312X0034/Mréré1 .....</i>	86
<i>Figure 49 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Mréréni 1 – 12312X0034 .....</i>	87
<i>Figure 50 : paramètres d'ajustement pour l'interprétation de l'essai de nappe réalisé sur le piézomètre Kawéni 1 10".....</i>	89
<i>Figure 51 : chronique piézométrique du piézomètre Kawéni 1 10" - 12307X0019.....</i>	89
<i>Figure 52 : chronique piézométrique validée, piézomètre Kawéni 1 10" - 12307X0019.....</i>	90
<i>Figure 53 : évolution des niveaux piézométriques de référence, piézomètre Kawéni 1 10" - 12307X0019.....</i>	91
<i>Figure 54 : localisation des forages AEP et des piézomètres captant l'aquifère de Kawéni.....</i>	92
<i>Figure 55 : chronique piézométrique du piézomètre Poroani 10" - 12312X0050 .....</i>	94
<i>Figure 56 : courbes des niveaux statistiques décennaux et quinquennaux,.....</i>	95

<i>Figure 57 : chronique piézométrique du piézomètre Dombéni haut – 12313X0034</i> .....	97
<i>Figure 58 : évolution des niveaux piézométriques de référence, piézomètre Dombéni haut – 12313X0034</i> .....	99
<i>Figure 59 : chronique piézométrique du forage Combani 2 - 12306X0010</i> .....	101
<i>Figure 60 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Combani 2</i> .....	103
<i>Figure 61 : chronique piézométrique du piézomètre Kahani 1 - 12312X0030</i> .....	104
<i>Figure 62 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide</i> .....	106
<i>Figure 63 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, Kahani 1 - 12312X0030</i> .....	107
<i>Figure 64 : chronique piézométrique du piézomètre Hajangoua 2 - 12313X0031</i> .....	108
<i>Figure 65 : chronique piézométrique du piézomètre Kawéni 1 8"</i> .....	112
<i>Figure 66 : Amplitude de la recharge en fonction de la pluviométrie, piézomètre Kawéni 1 8"</i> .....	113
<i>Figure 67 : Evolution des niveaux piézométriques caractéristiques, piézomètre Kawéni 1 8"</i> .....	115
<i>Figure 68 : chronique piézométrique du piézomètre Kani Kéli 2 - 12316X0037</i> .....	116
<i>Figure 69 : chronique piézométrique du piézomètre Dispensaire de Mramadoudou - 12316X0038</i> .....	119
<i>Figure 70 : chronique piézométrique du piézomètre Dzoumougné 2 - 12302X0026/PZ1</i> .....	122
<i>Figure 71 : chronique piézométrique du piézomètre Digo - 12306X0053</i> .....	125
<i>Figure 72 : chronique piézométrique du piézomètre Gymnase - 12308X0086/PZ4</i> .....	127
<i>Figure 73 : identification des signaux tidaux sur la série de mesures, piézomètre Gymnase - 12308X0086/PZ4</i> .....	128
<i>Figure 74 : log de conductivité effectué dans le piézomètre Ourovéni 2</i> .....	130
<i>Figure 75 : paramètres d'ajustement pour l'interprétation de l'essai de nappe réalisé sur le piézomètre Ourovéni 2</i> .....	130
<i>Figure 76: chronique piézométrique du forage d'Ourovéni 2 – 12306X0012</i> .....	131
<i>Figure 77 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Ourovéni 2</i> .....	133
<i>Figure 78 : localisation des ouvrages AEP à proximité du piézomètre Ourovéni 2, en vert les forages d'exploitation d'eau souterraine, en rouge les captages d'eau superficiels</i> .....	134
<i>Figure 79 : Exemple d'hydrosystème modélisable par TEMPO</i> .....	135
<i>Figure 80 : Les modèles construits avec TEMPO sont du type « boîte noire »</i> .....	136
<i>Figure 81 : Calculs de débits à partir de scénarios climatiques</i> .....	137
<i>Figure 82 : Calculs de niveaux à partir de scénarios climatiques</i> .....	138
<i>Figure 83 : Courbe de fréquence cumulée</i> .....	138
<i>Figure 84 : Exemple de prévision fournie par TEMPO</i> .....	139

<i>Figure 85 : données d'ETP de la station de Pamandzi acquise par le BRGM auprès de Météo-France</i> .....	140
<i>Figure 86 : données disponibles des stations pluviométriques de la DEAL (les cases blanches correspondent à des lacunes de données)</i> .....	141

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Combani 1 12306X0009</i> .....	27
<i>Tableau 2 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Dembeni 1 – 12313X0018</i> .....	35
<i>Tableau 3 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020</i> .....	39
<i>Tableau 4 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Mtsangamouji 8" - 12306X0011</i> .....	45
<i>Tableau 5 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Tsararano 1 - 12313X0021</i> .....	50
<i>Tableau 6 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Bandrélé Dagoni - 12313X0033</i> .....	54
<i>Tableau 7 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Tsingoni – 12306X0013</i> .....	60
<i>Tableau 8 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Poroani 8" - 12312X0032</i> .....	64
<i>Tableau 9 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre M'réréni 8" .....</i>	68
<i>Tableau 10 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre M'ronabéja 1 - 12316X0031</i> .....	73
<i>Tableau 11 : volume prélevé par année au niveau du forage AEP de Mronabéja - 12316X0032</i> .....	74
<i>Tableau 12 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Béja 2 - 12306X0015</i> .....	78
<i>Tableau 13 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kwalé 2 – 12307X0023/Koual2</i> .....	83
<i>Tableau 14 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Mréréni 1 - 12312X0034/Mréré1</i> .....	86
<i>Tableau 15 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kawéni 1 10" - 12307X0019</i> .....	90
<i>Tableau 16 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Poroani 10" - 12312X0050</i> .....	95
<i>Tableau 17 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Dembéni haut - 12313X0034</i> .....	98
<i>Tableau 18 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Combani 2 12306X0010/COMB2</i> .....	102

<i>Tableau 19 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kahani 1 – 12312X0030/KAHA1 .....</i>	<i>105</i>
<i>Tableau 20 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Hajangoua 2 - 12313X0031 .....</i>	<i>109</i>
<i>Tableau 21 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kawéni 1 8" .....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau 22 : Evolution des volumes prélevés dans la nappe de Kawéni pour l'AEP, données SOGEA (organisme en charge de l'exploitation des ressources).....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kani Kéli 2 - 12316X0037.....</i>	<i>117</i>
<i>Tableau 24 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre du Dispensaire de Mramadoudou - 12316X0038 .....</i>	<i>120</i>
<i>Tableau 25 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre de Dzoumougné 2.....</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 26 : niveaux d'étiage et de hautes eaux du piézomètre de Dzoumougné 2.....</i>	<i>123</i>
<i>Tableau 27 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Digo - 12306X0053.....</i>	<i>125</i>
<i>Tableau 28 : Synthèse des résultats statistiques pour le piézomètre Gymnase – 12308X0086/PZ4 .....</i>	<i>129</i>
<i>Tableau 29 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Orovéni 2 - 12306X0012.....</i>	<i>132</i>

## Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Tableau synthétique des caractéristiques des forages.....</i>	<i>147</i>
<i>Annexe 2 : Tableau synthétique des résultats statistiques.....</i>	<i>151</i>



# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE GENERAL

L'évolution économique et démographique de Mayotte engendre des besoins en eau sans cesse croissants. Au regard de cette pression constante sur les ressources en eau mais aussi au regard de leur vulnérabilité, les travaux visant à accroître notre connaissance de l'hydrogéologie locale et des potentiels d'exploitation en eau souterraine s'avèrent prioritaire pour une gestion durable de ces ressources.

Compte-tenu des enjeux associés à la connaissance, au partage et à la sauvegarde des ressources en eau souterraines dans le contexte insulaire de Mayotte, des dispositifs de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines ont été mis en place dès 1992.

Deux réseaux de surveillance des eaux souterraines sont actuellement suivis à Mayotte :

- Le réseau unitaire sous la maîtrise d'ouvrage de la DEAL/SEPR 976 (ex DAF/SEAU) référencé sous ADES RDESOUPMAYDEAL (code Sandre 1100000005) et comprenant 17 piézomètres (cf. *Figure 1*) ;
- Le réseau unitaire sous la maîtrise d'ouvrage BRGM référencé sous ADES RDESOUPMAYBRGM (code Sandre 1100000001) et comprenant 10 ouvrages dont 8 toujours suivis à l'heure actuelle et 2 hors d'usage (cf. *Figure 1*).

Au démarrage du projet, les mesures piézométriques du réseau de la DEAL n'étaient pas bancarisées dans la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr>). Les données étaient stockées dans une base locale SIES. Le projet a donc été l'occasion d'intégrer ces données dans ADES.

Il existe également un méta-réseau de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines référencé FRMSOP (code Sandre 1100000002). Ce réseau utilisé pour la qualification du bon état quantitatif en eaux souterraines dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau est composé des piézomètres sous maîtrise d'œuvre BRGM ainsi que de 3 piézomètres sous maîtrise d'œuvre DEAL.

Ces réseaux sont appelés à se développer et à se structurer pour répondre à des échéances à très long terme, telles que les évolutions environnementales liées au changement climatique. C'est pourquoi les réseaux doivent impérativement faire l'objet d'une gestion et d'un suivi rigoureux.

Les rôles et les responsabilités des différents acteurs s'appuient sur le schéma national des données sur l'eau (décret n° 2009-1543 du 11 décembre 2009 relatif au référentiel technique prévu par l'article R. 213-12-2 du code de l'environnement et arrêté du 26 juillet 2010 approuvant le schéma national des données sur l'eau). Selon les termes de ce schéma, la gouvernance du système d'information sur l'eau est organisée au niveau

national sous l'autorité de la direction de l'eau et de la biodiversité. Cette autorité du MEDDE s'appuie sur l'ONEMA qui assure la coordination technique nationale, et sur la délégation de bassin et l'agence ou l'office de l'eau qui assurent conjointement la coordination au niveau du bassin. A Mayotte, c'est la DEAL qui assure aussi bien le rôle d'Office de l'Eau que de Délégation de Bassin



Figure 1 : localisation des 27 piézomètres concernés par l'étude. En jaune, les piézomètres sous maîtrise d'ouvrage BRGM et en rouge les piézomètres sous maîtrise d'ouvrage DEAL

## 1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude, financée à 80% par la DEAL et 20% par le BRGM, est destinée à valoriser les données piézométriques acquises par le BRGM et la DEAL durant les années de suivis. En effet, à fin 2011, aucun document ne recense et synthétise les caractéristiques et principales informations statistiques des données associées aux chroniques piézométriques disponibles à Mayotte.

Ce projet vise donc à présenter une synthèse statistique des données pour chaque piézomètre et à déterminer d'éventuelles tendances d'évolution quantitative de la ressource. Les calculs statistiques et autres analyses comprennent :

- Le niveau piézométrique moyen et médian interannuel
- Le niveau piézométrique moyen et médian par annuel
- L'amplitude annuelle et interannuelle
- Vitesse moyenne, minimale et maximale de recharge
- Vitesse moyenne de vidange
- Tendances d'évolution des niveaux
- Calcul des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide (lorsque les données disponibles le permettent).

Les moyennes annuelles de la pluviométrie enregistrée par les stations les plus proches des piézomètres sont également intégrées à l'étude afin d'approcher l'influence de la pluviométrie sur l'évolution des niveaux piézométriques.

Les principales caractéristiques des ouvrages sont également synthétisées : profondeur, diamètre, masse d'eau, aquifère capté, données de perméabilité, etc...

Une dernière tâche exploratoire précise la faisabilité et la nature des modélisations qui pourraient être réalisées sur la base des données disponibles, et les données supplémentaires à acquérir le cas échéant.

Enfin, en préalable à l'analyse des chroniques piézométriques, et afin de répondre aux exigences de bancarisation de la DCE et du SNDE (Schéma National des Données sur l'Eau), le premier objectif de l'étude correspond à la mise en forme des données piézométriques acquises par la DEAL de Mayotte et à leur intégration dans la base ADES.

## 2. Approche hydrogéologique de Mayotte

### 2.1. ELEMENTS DE GEOLOGIE

Deux éléments clés caractérisent la géologie de Mayotte : la quasi ubiquité des formations volcaniques, majoritairement constituées de laves de type basaltique, et leur profonde altération, jusqu'à plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, qui se marque fortement dans le paysage. Les formations sédimentaires sont limitées au récif et à quelques plaines côtières.

Deux interprétations majeures permettent d'expliquer la structure de l'île : un vaste volcan bouclier dont le centre, maintenant effondré, se situerait à l'ouest de Mayotte ou bien une possible chaîne de plus petits volcans coalescents. En tout état de cause, Mayotte semble être le résultat d'une évolution volcanologique en 4 phases principales :

- 1- un bouclier primitif (ou des volcans coalescents), généralisé à l'ensemble de l'île, dont les coulées de base subaériennes sont datées aux environs de 8 Ma. L'âge du volcanisme initial (basanites et basaltes à néphéline, augite, olivine) est estimé entre 10 et 15 Ma. Les dernières éruptions de cette phase consistent en des coulées plus différenciées (néphélinites) mises en place au sein de paléovallées (3,25 Ma),
- 2- depuis cette époque, des laves plus différenciées se sont épanchées. Ce sont essentiellement des dômes et écoulements phonolitiques dans le centre et le sud de l'île, mis en place le long de grands accidents convergeant probablement vers le centre du bouclier, entre 3,3 et 2,5 Ma, avec une dernière récurrence vers 1,5 Ma,
- 3- le volcanisme basaltique et basanitique du nord-ouest est daté aux alentours de 2 Ma. Il est relié à une zone de rift distensive de type « Hawaïen » de direction N175. Ces coulées nappent les reliefs de l'extrémité nord-ouest de l'île, à partir d'un centre d'émission situé probablement en mer. Suit la mise en place du massif du M'tsapére qui, avec son cortège de phonolites intrusives (1,5 à 1,8 Ma), puis de coulées tardives de vallées (1,4 à 1,5 Ma), traverse et occupe la partie méridionale du rift,
- 4- une phase trachytique et basaltique très récente avec des structures de type maar bien préservées, en particulier sur Petite Terre (lac Dziani) et au nord de Mamoudzou (cratères de Cavani et Kawéni).

L'île a ensuite été soumise, depuis 1 à 1,5 Ma au moins, à une subsidence d'au moins 70 m expliquant la présence du récif frangeant. Les plaines sédimentaires côtières actuelles correspondent principalement au comblement récent de vallées entaillées lors des bas niveaux marins de l'Holocène (postérieur à 100 Ka). Les vallées de la Kwalé et de Tsararano en sont des exemples.

## 2.2. CLIMAT ET PLUVIOMETRIE

Le climat est de type tropical, chaud, humide et maritime. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C (maximum 28°C de janvier à mars et minimum 24°C de juillet à septembre). Le climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons : sèche de mai à octobre (alizés de SSE à SSW) et saison des pluies de novembre à avril (mousson du NNE à NNW). Les précipitations moyennes interannuelles sont comprises entre 1000 à 1100 mm, au Sud-est de la Grande Terre et sur l'île de Pamandzi, et plus de 2000 mm sur les reliefs du Nord.

Bien que de taille modeste, l'île de Mayotte est ainsi soumise à un régime pluviométrique variable d'une région à l'autre. Cette différence n'est certes pas autant marquée que sur l'île de la Réunion où elle peut atteindre un facteur 10 entre la côte Est et la côte Ouest mais reste sensible et se distingue entre le Nord et le Sud de l'île.

Citons aussi que l'intensité des pluies est importante, elle dépasse très souvent les 10 mm/heure et atteint fréquemment les 40 mm/heure. On peut citer également la présence de dépressions ou de cyclones tropicaux certaines années.

La pluviométrie est enregistrée à Mayotte par Météo France sur 9 sites depuis 1992 et par la DEAL sur 10 sites depuis 1996 (cf. *Figure 3*). A noter que l'année 2012 est une année en berne en termes de suivi de la pluviométrie puisque le réseau est tombé en panne en cours d'année. La remise en fonction du réseau est programmée avant début 2013.

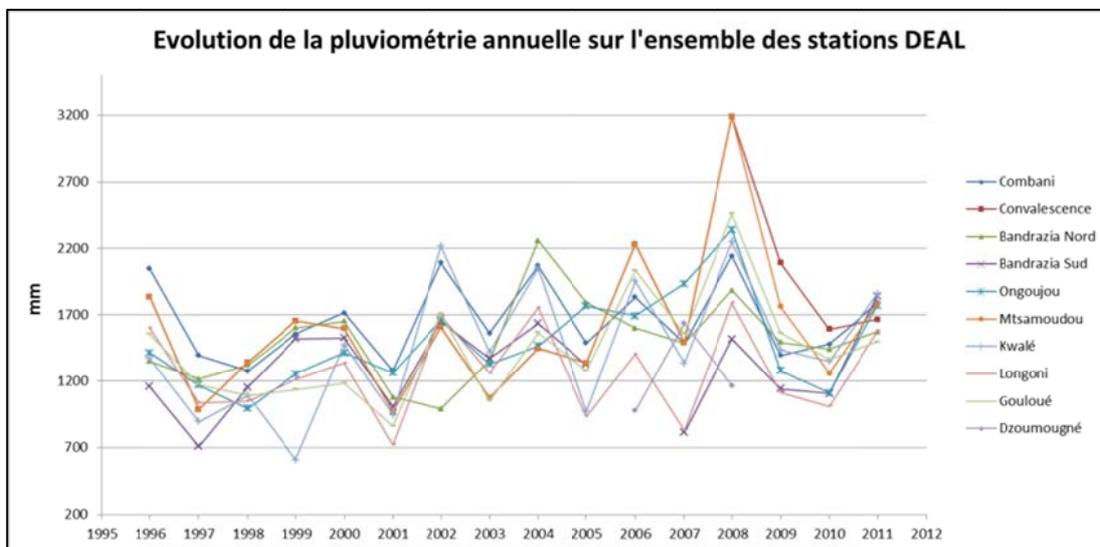


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble des stations DEAL

La *Figure 2* présente la pluviométrie annuelle enregistrée par l'ensemble des stations gérées par la DEAL. La superposition des courbes permet d'identifier des années sèches et humides à l'échelle de l'île. Ainsi, les années 1997 et 2001 se distinguent comme des années sèches et les années 2006 et 2008 (surtout 2008) se distinguent comme des années humides.

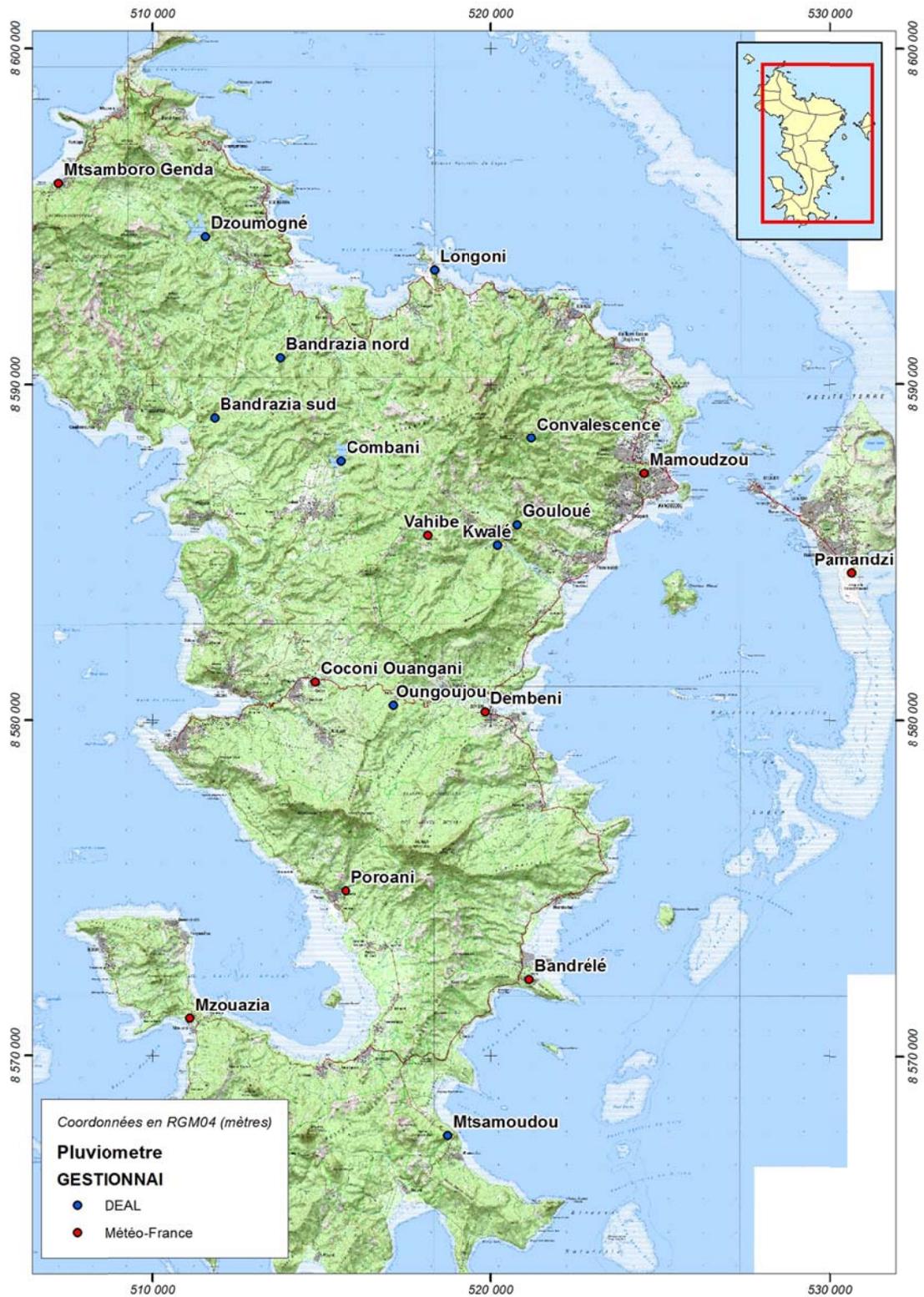


Figure 3 : carte de localisation des pluviomètres gérés par la DEAL et MétéoFrance

## 2.3. IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES

Compte tenu de la nature essentiellement volcanique des terrains qui composent son sous-sol et du caractère hétérogène de ce type de formations, Mayotte ne présente pas de grands aquifères continus, aux limites facilement identifiables. Le relief accusé ainsi que les effets de l'altération accentuent cette variabilité spatiale.

Les aquifères de Grande Terre et de Petite Terre, qu'ils soient conséquents ou non, sont limités par des structures géologiques mises en évidence par cartographie (épisodes volcaniques, limites de faciès, chronologie relative, ....) et partiellement validées par des reconnaissances en profondeur (investigations géophysiques, sondages divers et forages plus ou moins profonds).

A titre d'exemple, l'aquifère de Kwalé 1, le plus productif de l'île, a une taille estimée à 1,5 km<sup>2</sup> (cf. rapport BRGM/RP-56438-FR).

Le fonctionnement de chaque aquifère est conditionné par la structuration des terrains volcaniques, les limites et propriétés hydrodynamiques du réservoir hydrogéologique et la pluviométrie responsable de la recharge.

Les forages réalisés à ce jour ont montré une forte variabilité spatiale des propriétés hydrodynamiques des formations volcaniques aquifères. Cette variabilité est à mettre en relation avec un déterminisme lié à :

- la lithologie (nature des formations géologique) ;
- la structure interne (mode de mise en place, structure de coulée...) ;
- la fracturation, fissuration ;
- l'altération ;
- compartimentage (limites étanche ou d'approvisionnement avec les formations adjacentes).

Ce compartimentage des aquifères est mis en évidence à partir de plusieurs observations hydrogéologiques :

- de forts gradients hydrauliques, des discontinuités piézométriques, la présence de nappes captives et de l'artésianisme ;
- l'absence d'une nappe de base ;
- une structure généralisée de nappes perchées y compris le cas échéant en contexte littoral ;
- la mise en évidence de limites étanches lors des pompages d'essai ;
- des variations latérales de chimie.

### **3. Historique des réseaux de suivi piézométrique de Mayotte**

#### **3.1. UN SUIVI PIEZOMETRIQUE ASSURE PAR LA DEAL (EX DAF), 1992-2007, PUIS 2007-2012**

Avant 2007, le suivi de l'unique réseau piézométrique de Mayotte était assuré par la cellule hydrométrique du service Eau de la DAF. Ce réseau, composé au maximum de 22 points est suivi depuis 1992 pour les ouvrages les plus anciens (il est rappelé que seules 5 campagnes de forage ont été réalisées à Mayotte et que la première campagne date seulement de 1991-1992, cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Il est important de noter que chaque ouvrage foré à Mayotte dont l'exploitation n'a pas été mise en œuvre ou poursuivie a été presque instantanément intégré au réseau DAF, à l'exception toutefois des ouvrages présentant des défauts de réalisation (type M'tsangamouji-Massimoni). Suite à la Réforme de l'Administration Territoriale de l'Etat, les missions de la DAF (y compris le suivi de la piézométrie) ont été transférées à la nouvelle structure créée le 1<sup>er</sup> janvier 2011 : la DEAL.

Après rétrocession au BRGM, la DAF garde, fin 2008, un réseau de suivi piézométrique qui compte 17 piézomètres (liste des piézomètres DEAL 2011 en Annexe 1).

Les niveaux piézométriques de chaque ouvrage sont relevés manuellement par des techniciens et selon les années, ces relevés sont mensuels ou bimensuels, puis finalement hebdomadaires depuis avril 2002 sur l'ensemble du parc.

Les mesures sont compilées et rendues publiques chaque année depuis 1992 dans les annuaires DAF (publication environ 1 fois par trimestre). Depuis le début de l'année 2008, un bulletin hydrologique mensuel faisant état de la situation piézométrique des nappes suivies est édité par la DAF sous format numérique et largement diffusé sur demande au service EAU de la DAF.

Il est à noter qu'une lacune dans les chroniques de mesure est commune à tous les piézomètres et concerne le premier semestre 2003. Cette lacune est la conséquence de la réorganisation des services de l'Etat et donc de la DAF au cours de laquelle les données auraient été perdues. Par ailleurs, bien que le suivi ait été assuré de manière assidue, il est fréquent que certaines mesures aient été mal recalées, notamment du fait de l'absence de nivellement précis. Cette étude a permis d'identifier les données apparaissant erronées et ainsi de les exclure de l'analyse statistique.

La DEAL s'est équipée en 2008 d'un outil de gestion des données piézométriques (outil SIES®) et a déclaré son réseau unitaire de suivi auprès de la banque ADES des données sur les eaux souterraines.

### **3.2. CREATION D'UN RESEAU SOUS MAITRISE D'OUVRAGE DU BRGM, JANVIER 2007**

En 2006, la convention nationale ONEMA-BRGM prévoit la rétrocession au BRGM de 5 ouvrages, gérés par la DAF, dans le cadre du réseau unitaire sous maîtrise d'ouvrage BRGM de suivi piézométrique et de la constitution du réseau de surveillance lié à la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

Ce réseau a connu des débuts difficiles pour l'automatisation des mesures et le suivi des niveaux. Ceci a entraîné une perte de données sur près de 15 mois (de février 2007 à juin 2008) sur les 5 piézomètres anciennement gérés par la DAF (cf. rapport BRGM/RP-56768-FR). Deux de ces piézomètres ont été vandalisés sur cette période entraînant l'arrêt du suivi sur ces ouvrages.

Début 2009, 5 piézomètres supplémentaires ont été réalisés et intégrés à ce réseau. Ils sont toujours suivis courant septembre 2012.

A septembre 2012, l'automatisation fonctionne correctement sur les 8 piézomètres du réseau et les données sont disponibles sur la banque ADES. A noter que depuis début septembre 2012, les données piézométriques acquises sur 4 ouvrages sont télétransmises par SMS.

### **3.3. CREATION DU META-RESEAU DE SURVEILLANCE QUANTITATIF DES MASSES D'EAUX SOUTERRAINES DCE, JANVIER 2009**

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) impose aux Etats membres d'organiser et d'assurer, à terme, la surveillance des ressources en eau souterraine ; c'est-à-dire, le suivi d'un ensemble de points de mesure de niveaux d'eau (relevés piézométriques), de débits de sources et conjointement de la qualité de ces eaux.

Dans le cadre de la signature de la convention de collaboration entre l'ONEMA et le BRGM pour la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), l'ONEMA a demandé au BRGM d'engager certaines actions spécifiques dans les DOM-COM.

A Mayotte, il s'agissait d'établir, en collaboration avec le service EAU de la DAF, une proposition concernant la définition des réseaux de surveillance de Mayotte (eaux souterraines, eaux de surface, eaux littorales) en termes de quantité et de qualité.

Le réseau de suivi quantitatif a été défini en janvier 2009 grâce aux préconisations proposées dans le rapport BRGM : « Définition du réseau DCE de surveillance quantitative des eaux souterraines de Mayotte / RP-56772-FR ».

La sélection des points du réseau de surveillance DCE des eaux souterraines s'est appuyée :

- sur la délimitation des masses d'eau réalisée par le bureau d'études ASCONIT lors de la réalisation de l'état des lieux du SDAGE de Mayotte (ASCONIT,

2006), dont l'avant-projet, comprenant la délimitation définitive des masses d'eau souterraine, fut présenté les 16-17 octobre 2008,

- sur les recommandations de la Directive Cadre en matière de constitution des réseaux, particulièrement les critères de sélection des points et les densités et fréquences minimales de surveillance (cf. cahier des charges national MEEDDAT 2005).

A septembre 2012, ce réseau regroupe 3 piézomètres du réseau de la DEAL et 8 piézomètres du réseau BRGM (cf. *Figure 4*). Les trois piézomètres de ce réseau gérés par la DEAL seront transférés au BRGM début 2013 car la DEAL ne disposera pas du budget nécessaire pour les automatiser.

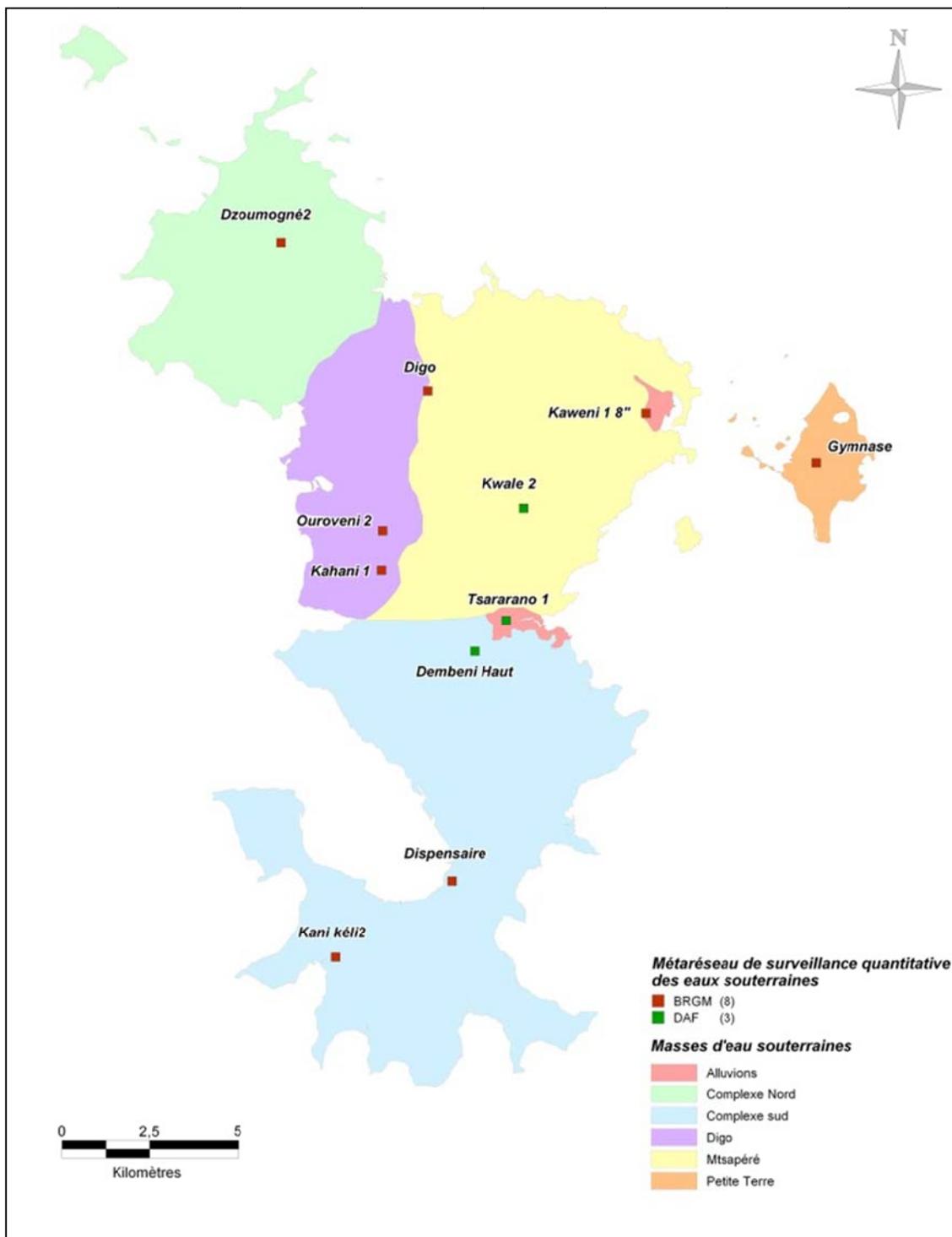


Figure 4 : Méta-réseau de surveillance quantitative des eaux souterraines de Mayotte, réseau suivi dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau

## 4. Caractéristiques des forages et valorisation des données piézométriques

### 4.1. PIEZOMETRES SOUS MAITRISE D'OUVRAGE DEAL

#### 4.1.1. Combani 1 - 12306X0009

##### *Présentation de l'ouvrage*

Le piézomètre Combani 1 est un ouvrage de 41 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM/RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 15 au 20 mars 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces (80 mm).

L'ouvrage se situe sur la commune de Tsingoni, au nord du village de Combani, à proximité du camp militaire. Il se trouve à environ 3 km du lagon.

Les formations traversées sont constituées de cendres consolidées, de basaltes altérés et de niveaux de sables basaltiques argileux.

L'ouvrage est crépiné de 13 à 41 m de profondeur et capte des horizons composés d'altérites de basaltes et de niveaux argileux et sableux. Le niveau piézométrique se situe aux alentours de 18 m de profondeur, témoignant du caractère libre de l'aquifère.

Quatre essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 1,0 à  $1,3 \cdot 10^{-5}$  m/s de 15,5 à 16,5 m
- 0,9 à  $2,0 \cdot 10^{-6}$  m/s de 18,0 à 22,0 m
- $2,9 \cdot 10^{-6}$  m/s de 25,0 à 29,5 m
- 1,5 à  $2,2 \cdot 10^{-6}$  m/s de 33,0 à 40,0 m

Ces valeurs de perméabilité sont relativement faibles sauf entre 15,5 et 16,5 m où la perméabilité est intéressante dans le contexte hydrogéologique local.

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,7 l/s (environ 6 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 2,5 m.

Les profils de conductivité réalisés indiquent la présence d'eau très douce avec des valeurs restant stables comprises entre 60 et 70 µS/cm.

##### *Description et analyse statistique des données piézométriques*

###### a) Données disponibles

Les données piézométriques utilisées pour les calculs statistiques s'étalent sur la période comprise entre le 13 novembre 1992 et le 29 novembre 2011. Deux lacunes s'identifient dans la chronique, la première en 1996 et la seconde en 2003 liée à la

réorganisation des services de l'état comme indiqué dans le § 3.1 (cf. *Figure 5*). Ces lacunes sont communes à une grande partie des piézomètres gérés par la DEAL.

Les données de l'année 1994 apparaissent incertaines. En effet, on observe une amplitude très importante (10,26 m) avec une vidange très brutale par rapport aux autres années. Aucune information n'est disponible pour expliquer cette partie de la chronique. Aucune analyse n'est donc conduite pour l'année 1994.

La chronique montre également une recharge très faible de la nappe durant l'année 1997 qui pourrait s'expliquer par de plus faibles précipitations cette année-là (cf. *Tableau 1*). Cependant, cette hypothèse paraît peu vraisemblable dans la mesure où les niveaux mesurés l'année suivante ne semblent pas marqués par cette faible recharge alors que la pluviométrie est encore plus faible. Ceci laisse par ailleurs supposer une indépendance d'un cycle annuel par rapport aux cycles précédents.

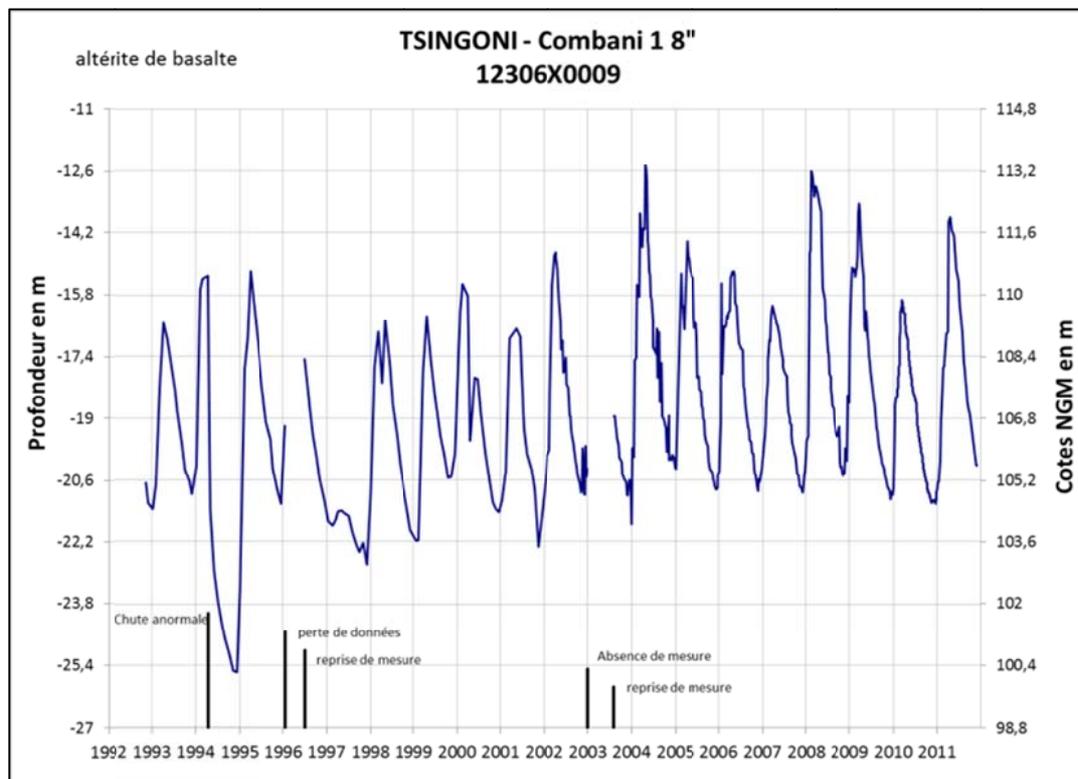


Figure 5 : chronique piézométrique du forage Combani 1 - 12306X0009

## b) Analyses

Le signal piézométrique se situe globalement entre 103 et 113 m NGM. Ces valeurs correspondent aux valeurs de niveau piézométrique mesurées les plus hautes à l'échelle de l'île. Les niveaux moyens annuels sont compris entre 104,16 et 108,68 m NGM, ce maximum correspond à l'année 2004, année de forte pluviométrie.

Le piézomètre de Combani 1 présente des amplitudes annuelles élevées, de l'ordre de 5 à 10 m.

D'une manière générale, les cycles piézométriques se découpent de la façon suivante entre saison sèche et saison humide :

- une période de remontée des niveaux aquifères entre fin novembre/décembre et mars avec une vitesse moyenne de recharge de 6 cm/jour (cf. *Tableau 1*) ;
- une période de décroissance des niveaux dans l'aquifère entre mars/avril et décembre, avec une vitesse moyenne de vidange de 2,5 cm/jour (cf. *Tableau 1*).

Les données pluviométriques annuelles acquises à la station de Combani sont présentées dans le *Tableau 1*. Cette station se situe dans le même bassin versant que le piézomètre à environ 1400 m au nord-est.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Combani (mm)
1993	106,63	106,58	4,84	pas de données
1994	données incertaines			pas de données
1995	107,01	107,20	8,20	pas de données
1996	manque de données			2047
1997	103,93	104,08	1,38	1393
1998	106,64	106,77	5,44	1274
1999	106,34	106,12	5,82	1555
2000	106,95	106,61	5,92	1715
2001	106,40	105,68	5,65	1277
2002	107,12	106,38	6,30	2089
2003	manque de données			1561
2004	108,68	108,54	9,28	2067
2005	107,61	107,12	6,43	1485
2006	107,80	107,95	5,70	1831
2007	106,95	106,67	4,86	1486
2008	108,51	107,55	7,85	2143
2009	108,12	108,24	7,64	1393
2010	106,86	106,91	5,30	1478
2011	108,73	108,59	6,87	1788
interannuel	107,20	105,37	13,10	1661

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	5,9
vitesse maximum de recharge (cm/j)	11,8
vitesse minimum de recharge (cm/j)	3,3
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	2,5

*Tableau 1 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Combani 1 12306X0009*

Les valeurs d'amplitude annuelle élevées ainsi que les hautes valeurs de vitesse de recharge et de vidange témoignent d'un aquifère très ouvert, réactif et bien drainé.

L'existence d'une tendance sur ce piézomètre rend caduque la faisabilité du calcul d'un temps de retour sur les niveaux piézométriques : il tient en effet lieu de distinguer deux périodes de fonctionnement, avant et après la mise en place du barrage de Combani (cf. chapitre suivant). Le calcul présente essentiellement un intérêt pour la période postérieure au barrage de Combani, soit sur les années 2004-2012 (en tenant compte de l'indisponibilité des données en 2003 et à la période de remontée pluriannuelle du niveau piézométrique). Cette période demeure courte pour des temps de retour de 5 ans, ce qui signifie que les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont sujets à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires. Les niveaux piézométriques quinquennaux sec et humide sont présentés en *Figure 8*

### c) Tendance d'évolution

La chronique piézométrique présentée en *Figure 5* peut se scinder en trois parties (cf. *Figure 7*). La première partie correspond aux données anté-2002. Ces données indiquent en moyenne des niveaux d'étiage aux alentours de 104 m NGM et des pics de hautes eaux aux alentours de 109 m NGM. La deuxième partie correspond aux données post-2004 avec en moyenne des niveaux d'étiage d'environ 105 m NGM et des pics de hautes eaux aux alentours de 110-111 m NGM. La troisième partie correspond à une phase de transition s'étalant sur les années 2002 et 2003. On observe donc un rehaussement du niveau piézométrique qui s'amorce à partir de 2001. Cette observation se confirme aussi en moyenne puisque les niveaux piézométriques moyens calculés montrent des valeurs plus fortes à partir de 2002.

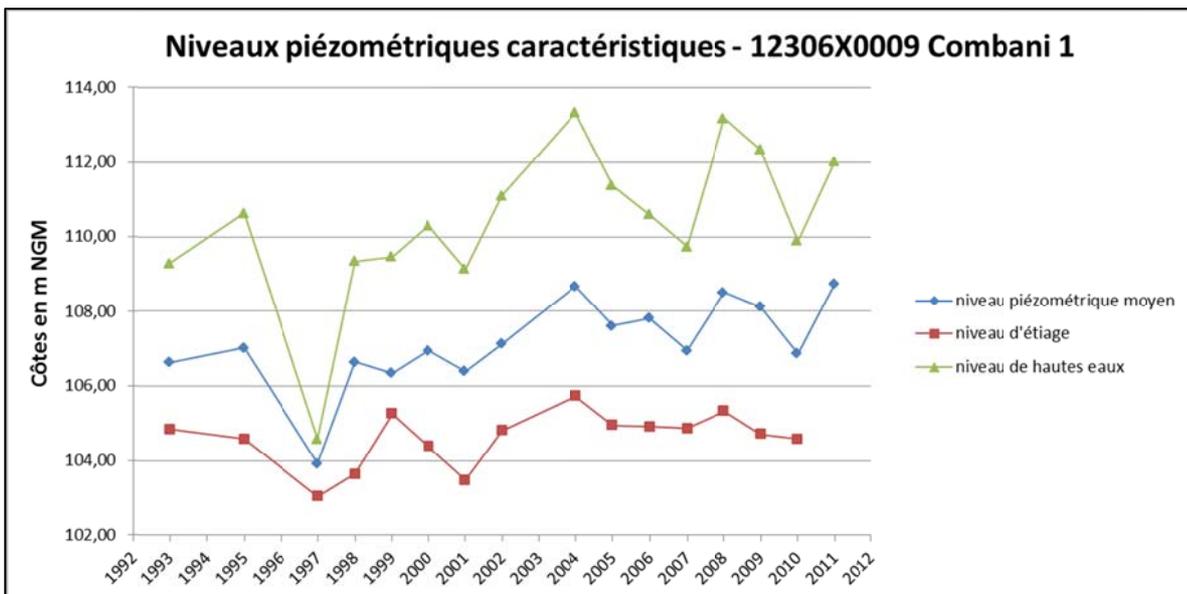


Figure 6 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Combani 1

Si l'on observe quelques années présentant une forte pluviométrie (2002, 2004, 2008), voire la pluviométrie maximale enregistrée à Combani (2008), l'alternance des années humides et sèches et la forte réactivité de l'aquifère rendent peu plausible que l'augmentation des niveaux piézométriques (notamment minimum, médian et moyen) puisse être la conséquence de la forte pluviométrie dans ce secteur (cf. *Tableau 1 et Figure 6*).

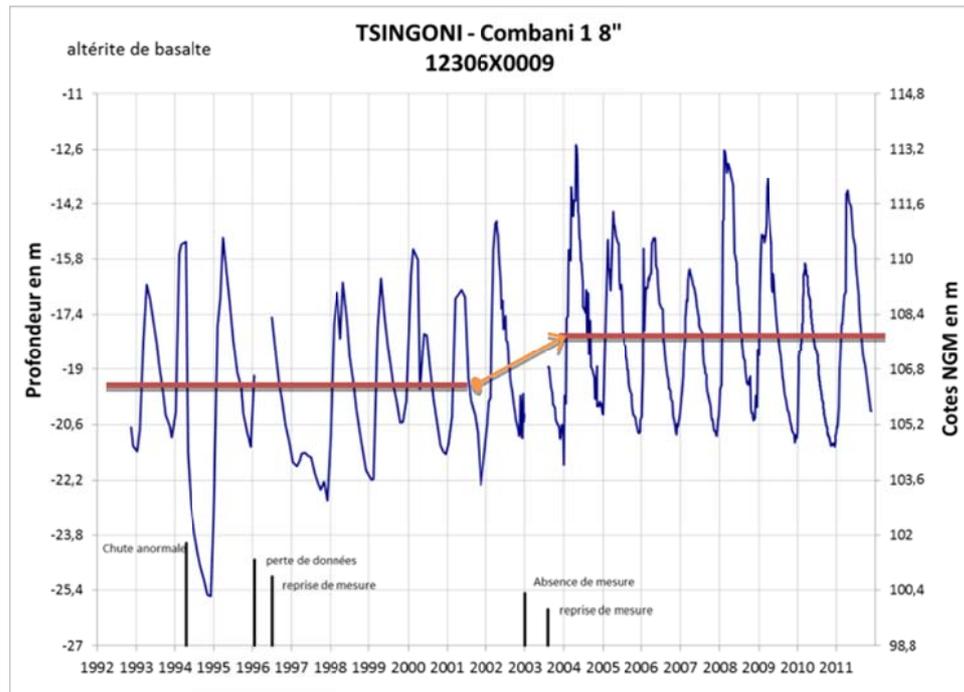


Figure 7 : illustration de la remontée du niveau piézométrique, forage Combani 1

L'autre facteur susceptible d'expliquer cette remontée du niveau piézométrique concerne la création de la retenue collinaire de Combani (mise en service en 1998). Cette retenue située à environ 1,5 km au nord-est du piézomètre a atteint son niveau de remplissage quasi maximal dans les années 2000/2001, période qui coïncide avec l'amorce de la remontée du niveau piézométrique. De plus, la mise en place de la retenue a pour conséquence directe l'alimentation pérenne du cours d'eau de l'Ourovéni et l'augmentation notable de son débit (soutien à l'étiage). Comme signalé dans les rapports de forage (cf. rapports BRGM/RR-35165-FR et BRGM/RP-50428-FR), il est très probable que les infiltrations opérées dans le lit de l'Ourovéni alimentent directement les aquifères du plateau de Combani. Ces infiltrations ont pu augmenter et alimenter significativement ces aquifères (notamment en période d'étiage, ce qui expliquerait les tarissements moindres). Ces éléments laissent donc penser que la retenue collinaire soutient les niveaux de la nappe captée par le forage Combani 1.

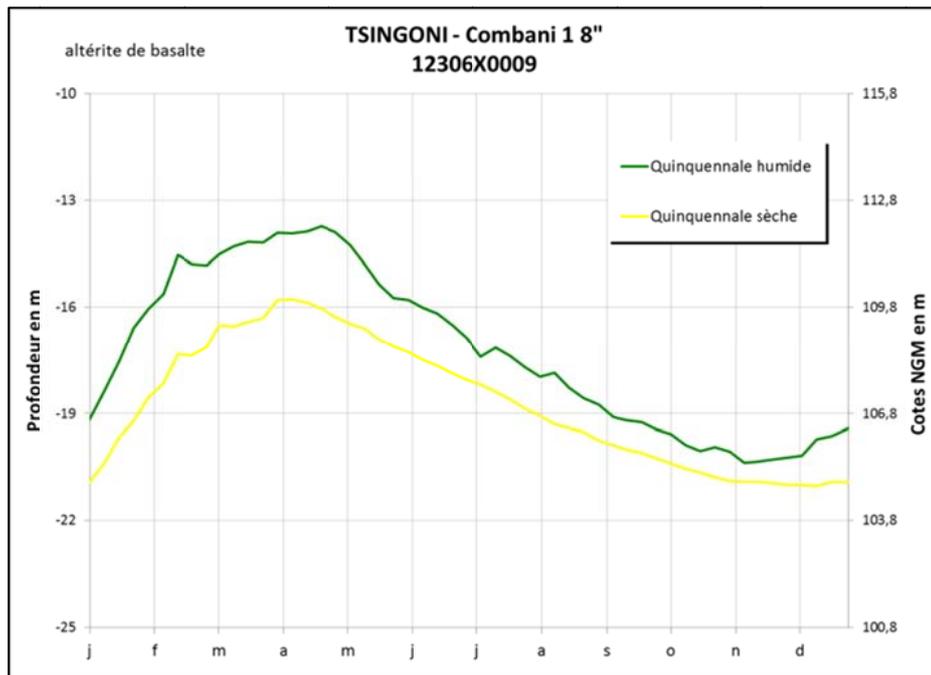


Figure 8 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide du piézomètre Combani 1 12306X0009 (période 2004-2012)

#### 4.1.2. Kahani 2 – 12312X0031

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre Kahani 2 est un ouvrage de 45 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 3 au 11 avril 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

Il se situe sur la commune d'Ouangani, au sud de la maternité du village de Kahani, sur une parcelle agricole clôturée, à environ 200 m à l'ouest de la route CCD1. Le piézomètre se trouve à environ 2,3 km du lagon.

Les formations traversées sont constituées de limons, d'argile d'altération, de basaltes altérés et basaltes sains fissurés plus ou moins fracturés.

L'ouvrage est crépiné de 4,5 à 16 m et de 24 à 36 m de profondeur et capte des horizons composés de basaltes altérés (pour la partie plus superficielle) et de basaltes sains fissurés/fracturés (pour la partie plus profonde).

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la livraison du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 1,5 à 6,1.10<sup>-5</sup> m/s de 9,0 à 10,6 m
- 1,2.10<sup>-5</sup> m/s de 15,0 à 16,5 m
- 2,5 10<sup>-6</sup> m/s de 15,0 à 21,8 m

- $2,4 \cdot 10^{-4}$  m/s de 21,6 à 27,0 m
- $2,6 \cdot 10^{-4}$  m/s de 21,6 à 32,0 m

Les plus fortes valeurs de perméabilité correspondent aux basaltes sains fissurés de la base de l'aquifère.

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,3 l/s (environ 5 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 1,0 m.

Les profils de conductivité réalisés indiquent la présence d'eau très douce avec des valeurs restant stables de 70 µS/cm.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique piézométrique présentée en *Figure 9* s'amorce le 13 novembre 1994. Le suivi se poursuit courant 2012, la fréquence de mesure étant hebdomadaire. La chronique présente des lacunes importantes lors des années 1994, 1996 et 2003.

L'allure de la chronique conduit à s'interroger sur la validité des données. En effet, la courbe révèle un comportement tout à fait atypique du niveau piézométrique, avec des cycles plus ou moins identifiables selon les années et des variations extrêmement brutales comme en 2004, année qui présente une amplitude annuelle de plus de 20 m. De plus, le niveau piézométrique moyen annuel ainsi que l'amplitude annuelle semblent varier trop brutalement d'une année sur l'autre pour correspondre à un comportement cohérent de l'aquifère. En revanche, à partir de 2010 une certaine stabilité dans le signal piézométrique semble se dessiner. Cependant, compte-tenu des éléments précédents, il a été décidé de ne pas valider ces données et par conséquent de ne pas réaliser les calculs statistiques sur l'ensemble des données.

On notera que la stabilisation du niveau piézométrique depuis 2010 fait suite à la réfection de la margelle et de la cloche du piézomètre en fin 2008. Une mauvaise conception de la margelle initialement mise en place pourrait être à l'origine d'une alimentation du piézomètre par des eaux pluviales et donc de la perturbation du signal piézométrique avant 2009.

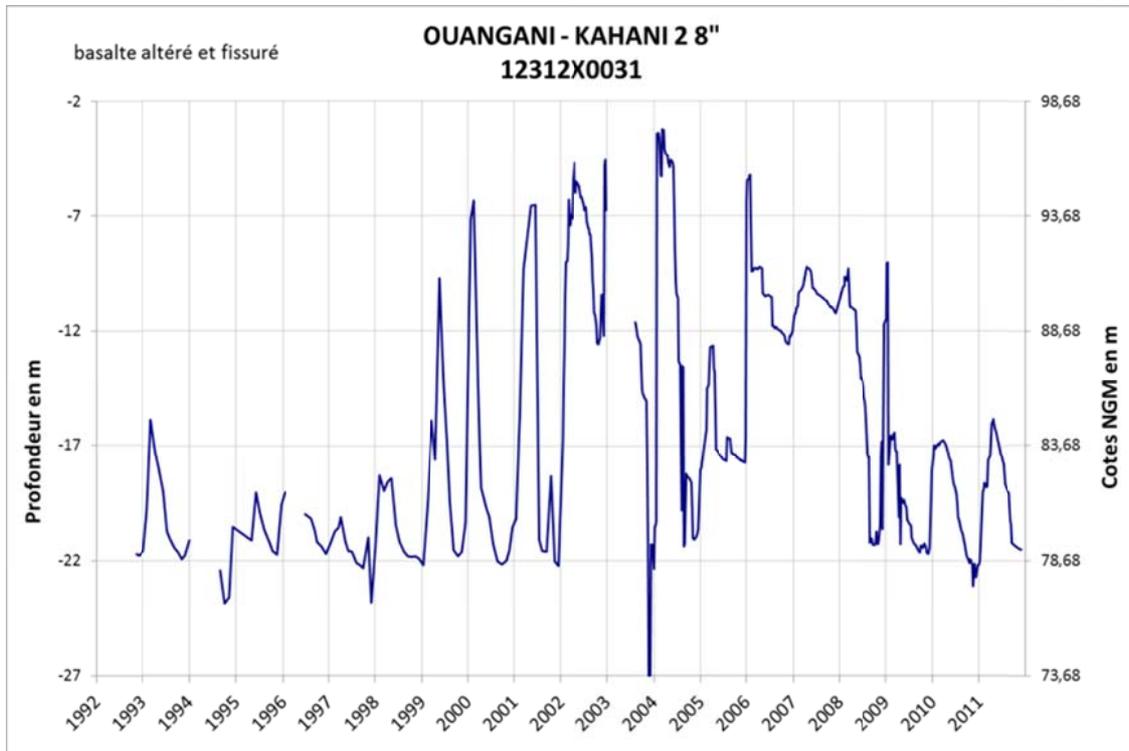


Figure 9 : chronique piézométrique de l'ouvrage Kahani 2 - 12312X0031

#### 4.1.3. Dembéni 1 – 12313X0018

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre Dembéni 1 est un ouvrage de 50 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990-1992 (cf. rapport BRGM/RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 12 au 24 avril 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces (80 mm).

L'ouvrage se situe sur la commune de Dembéni, au sud du village de Tsararano en rive droite du Mro oua Dembéni. Le piézomètre se trouve à environ 1500 m du lagon.

Les formations traversées sont constituées de limons, de basaltes altérés, de basaltes fissurés plus ou moins fracturés avec intercalation de niveaux sableux et de cendres consolidées.

L'ouvrage est crépiné de 4,5 à 50 m de profondeur. L'aquifère capté se compose de basalte sain fissuré/fracturé et de niveaux sableux dont le plus important se situe entre 17 et 24 m de profondeur.

Le niveau piézométrique se situe globalement entre 50 cm et 4m de profondeur indiquant un caractère semi-captif de l'aquifère (les limons ne constituant pas un recouvrement imperméable pour l'aquifère).

Six essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la livraison du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 0,6 à  $3,2 \cdot 10^{-5}$  m/s de 6,0 à 7,5 m
- 1,7 à  $5,6 \cdot 10^{-5}$  m/s de 15,5 à 17,0 m
- 0,8 à  $1,8 \cdot 10^{-5}$  m/s de 21,5 à 23,5 m
- 0,5 à  $2,1 \cdot 10^{-5}$  m/s de 28,0 à 30,0 m
- 1,1 à  $3,9 \cdot 10^{-6}$  m/s de 28,0 à 45,7 m
- 0,3 à  $1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s de 46,0 à 49,5 m

Ces valeurs de perméabilité sont relativement faibles mais elles restent intéressantes au niveau des horizons supérieurs à 30 m de profondeur, en particulier entre 15,5 et 17,0 m.

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,16 l/s (environ 4 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 1,0 m.

Les profils de conductivité réalisés indiquent une légère augmentation de la conductivité avec la profondeur. Les valeurs mesurées sont comprises entre 260 à 283  $\mu$ S/cm.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique de données démarre à la date du 13 novembre 1992 et se termine le 26 septembre 2007, le piézomètre ayant été vandalisé et ainsi mis hors service à cette époque. Les lacunes des années 1996 et 2003 sont observables (cf. *Figure 10*).

Une remontée anormale du niveau piézométrique s'observe en octobre 2004 et correspond à trois mesures manuelles (20/10/2004 : -2,22 m ; 04/11/2004 : -2,56 m ; 10/11/2004 : -2,58 m). Les données de pluviométrie de la station d'Ongoujou présentent une lacune à cette période, cependant les stations pluviométriques de Kwalé et de Gouloué ont enregistré des précipitations relativement fortes pour la période entre le 21 et le 28 octobre (75 mm pour la station Kwalé et 52 mm pour la station Gouloué). Ces précipitations pourraient expliquer cette remontée.

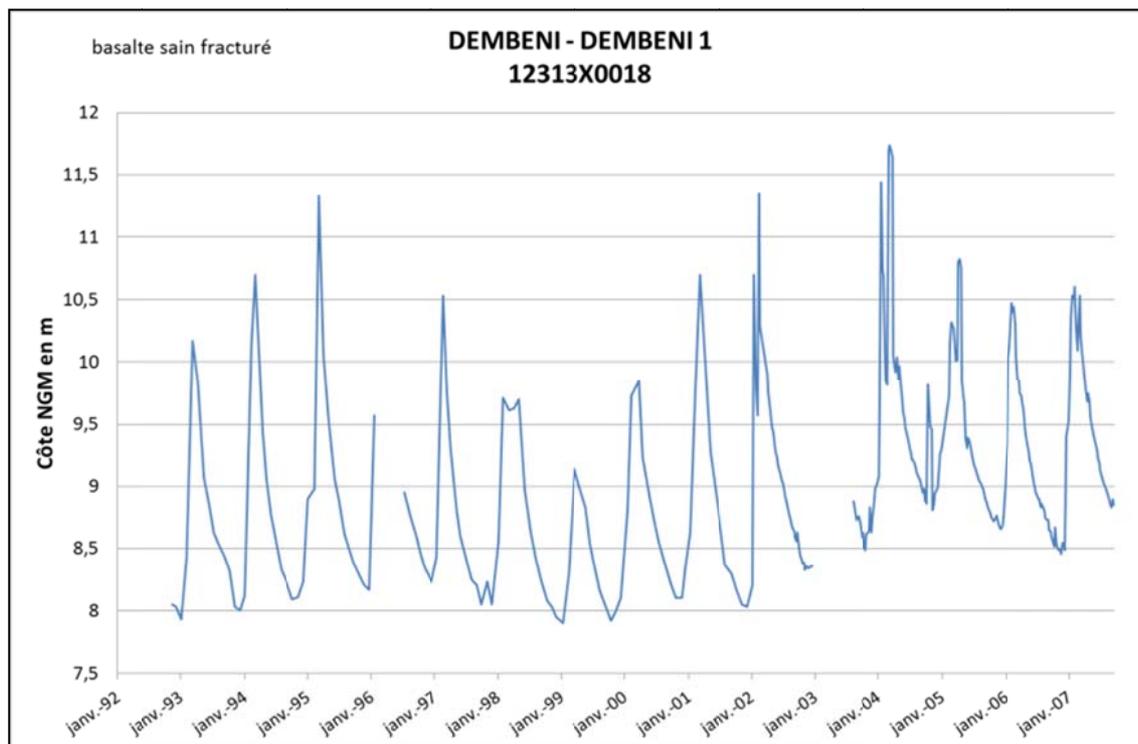


Figure 10 : chronique piézométrique du piézomètre Dembéné 1 - 12313X0018

#### b) Analyses

Les moyennes annuelles du niveau piézométrique sont comprises entre 8,36 m NGM et 9,67 m NGM. Le minimum correspondant à l'année 1999, année de pluviométrie moyenne faisant suite à une année de faible pluviométrie. Le maximum correspondant à l'année 2004, année de pluviométrie moyenne d'après les données de la station d'Ongoujou (cf. *Tableau 2*). On note une nette augmentation du niveau piézométrique moyen et minimum annuel entre les périodes 1993-2003 et 2004-2007.

Les cycles piézométriques se découpent globalement de la manière suivante :

- une période de remonté des niveaux aquifères de novembre à mars avec une vitesse de recharge moyenne de 2,6 cm/jour ;
- une période de décroissance de mars à novembre avec une vitesse de vidange moyenne de 0,9 cm/jour.

Les cycles semblent être découpés de la même manière que ce soit en année sèche ou en année humide. Seule l'amplitude des niveaux varie avec en année sèche une amplitude d'environ 1,30 m et en année humide une amplitude d'environ 2,50 m.

Concernant les amplitudes annuelles, celles-ci oscillent entre 1,24 et 3,16 m (cf. *Tableau 2*).

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Ongoujou 2 km à l'ouest (mm)
1993	8,69	8,49	2,24	
1994	8,81	8,43	2,61	
1995	9,04	8,89	3,16	
1996	manque de données			1411
1997	8,72	8,42	2,48	1167
1998	8,79	8,60	1,76	993
1999	8,36	8,23	1,24	1252
2000	8,75	8,65	1,75	1412
2001	8,91	8,63	2,67	1261
2002	9,02	8,85	3,15	1662
2003	manque de données			1327
2004	9,67	9,46	2,93	1463
2005	9,29	9,10	2,16	1765
2006	9,17	8,95	2,01	1691
interannuel	9,13	8,98	3,84	1400

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	2,6
vitesse maximum de recharge (cm/j)	5,0
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,2
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,9

Tableau 2 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Dembeni 1 – 12313X0018

Si douze années sont disponibles pour le calcul d'un niveau piézométrique statistique, l'identification d'une tendance à la hausse sur les 4 dernières années disponibles pour cette chronique rend impossible le calcul d'une période de retour pour les niveaux piézométriques.

c) Tendance d'évolution

Tout d'abord, la chronique piézométrique montre clairement une hausse des niveaux d'étiages à partir de 2002. Avant 2002, les niveaux d'étiages se situaient aux environs de 8,0 m NGM alors que depuis 2002 ceux-ci se situent vers 8,50 m NGM (cf. Figure 11). Cette hausse ne se distingue pas au regard des niveaux de hautes eaux (cf. Figure 10).

En revanche, comme le montre la Figure 11 et la Figure 12, les niveaux piézométriques moyens sont plus élevés depuis 2002. Cette hausse pourrait s'expliquer par la forte pluviométrie enregistré en 2002 qui aurait permis une recharge importante de l'aquifère influençant les niveaux aquifères des années suivantes. Cette courbe permet également de mettre en évidence une légère baisse des niveaux de 1995 à 1999 puis une remontée jusqu'en 2004 avant de baisser à nouveau jusqu'en 2007.

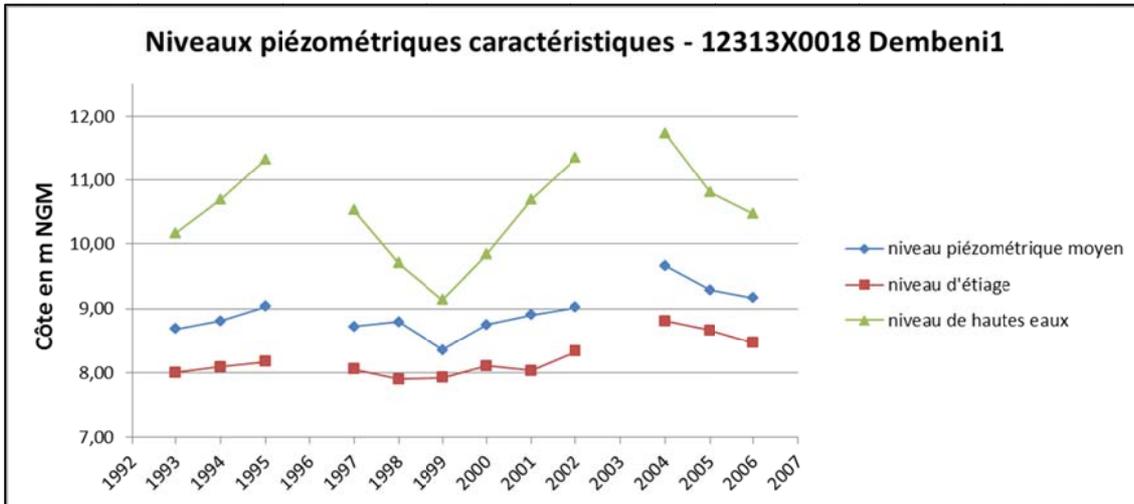


Figure 11 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Dembeni 1

Comme le montre la Figure 12, les amplitudes suivent la même évolution que le niveau piézométrique moyen. Les faibles amplitudes calculées pour les années 1998, 1999 et 2000 sont liées à des niveaux de hautes eaux faibles par rapport aux autres années indiquant une faible recharge de l'aquifère pour ces trois années. Pourtant, seule l'année 1998 présente une pluviométrie faible, ce qui pourrait indiquer une certaine interdépendance des cycles piézométriques d'une année sur l'autre.

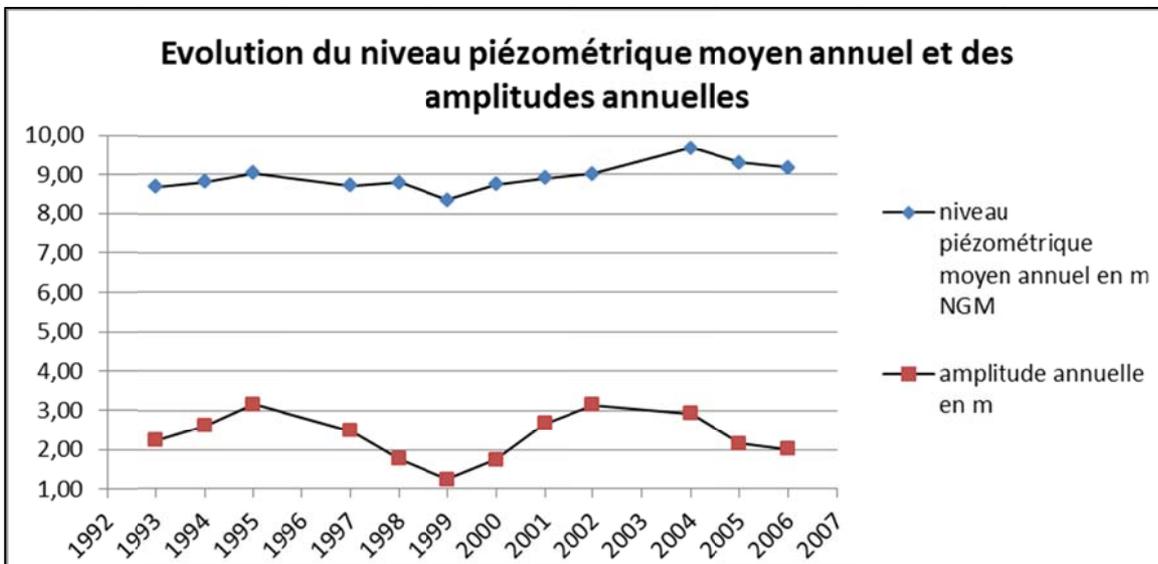


Figure 12 : évolution du niveau piézométrique moyen annuel et de l'amplitude annuelle – Dembeni 1

#### 4.1.4. Hajangoua 1 – 12313X0020

##### ***Présentation de l'ouvrage***

Le piézomètre Hajangoua 1 est un ouvrage de 30 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990-1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 25 avril au 2 mai 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Dembéni, au sud du village d'Hajangoua. L'accès se fait par une piste qui mène au lieu-dit de Maboungani. Le piézomètre se trouve à environ 1000 m du lagon.

Les formations traversées sont constituées de limons, d'argiles d'altération, de basaltes fissurés plus ou moins altérés, de basaltes fracturés et de sable limoneux.

L'ouvrage est crépiné de 12,5 à 30 m de profondeur. L'aquifère capté se compose de basalte légèrement vacuolaire fracturé, de basalte altéré et d'altérite de basalte.

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 0,9 à  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s de 9,0 à 12,0 m
- 1,0 à  $1,8 \cdot 10^{-5}$  m/s de 12,0 à 15,5 m
- 0,05 à  $1,1 \cdot 10^{-4}$  m/s de 17,0 à 18,0 m
- 0,1 à  $5,0 \cdot 10^{-5}$  m/s de 21,5 à 24,0 m
- $5,1 \cdot 10^{-5}$  m/s de 27,0 à 30,0 m

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,16 l/s (environ 1,7 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 2,0 m.

Lors du pompage « air lift » la conductivité a fortement augmenté pour atteindre des valeurs supérieures à 650  $\mu$ S/cm alors que les valeurs moyennes mesurées lors des travaux étaient de l'ordre de 250  $\mu$ S/cm. De plus, les logs de conductivité réalisés à des dates différentes indiquent une importante variabilité temporelle. Il serait intéressant de suivre l'évolution de la conductivité dans cet ouvrage au fil du temps afin de mieux appréhender sa variabilité.

##### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

###### a) Données disponibles

La première mesure piézométrique de la chronique date du 10 novembre 1992. Les lacunes des années 1996 et 2003 s'observent sur cette chronique. Une autre lacune de données se distingue au début de l'année 1999 : elle correspond en pratique à la suppression de la mesure du 15 janvier 1999, qui est influencée par la réalisation d'un pompage d'essai.

A noter également que les données du 22 et 29 septembre 2004, induisant une chute anormale du signal (cf. *Figure 13*), semblent douteuses. Il pourrait s'agir d'une erreur de mesure ou de saisie des mesures.

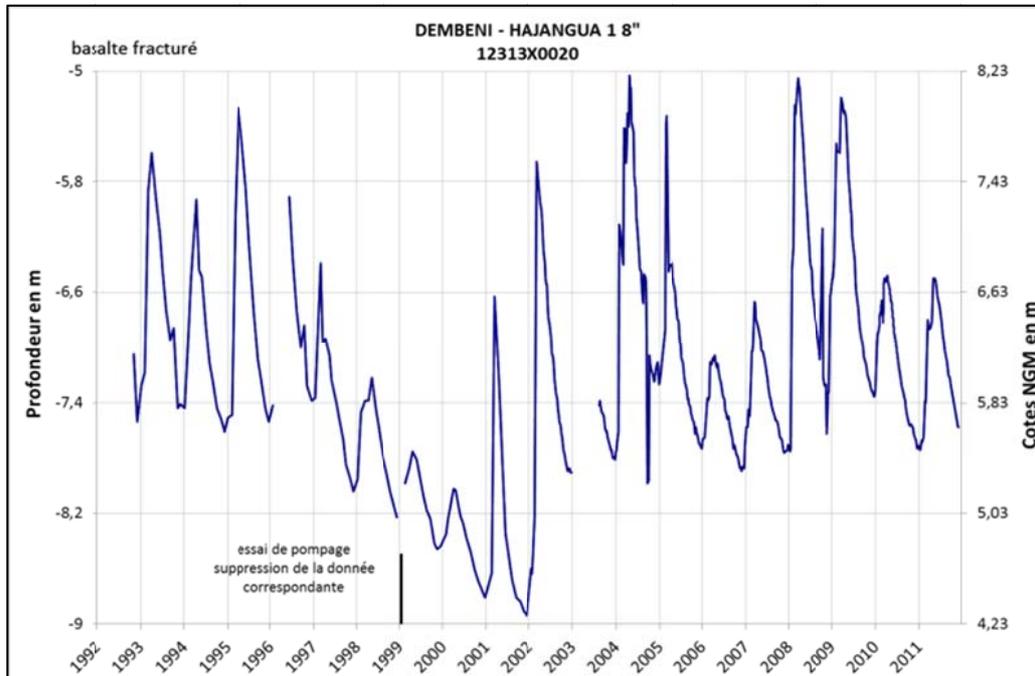


Figure 13 : chronique piézométrique du piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020

#### b) Analyse des données

Le signal piézométrique oscille globalement entre 4,30 et 8,20 m NGM. Le niveau piézométrique interannuel est de 6,22 m NGM

Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 4,83 et 6,88 m NGM, le minimum correspondant à l'année 2000 et le maximum en 2009.

Les amplitudes annuelles varient de 0,71 (1999) à 2,99 m (2002) avec une moyenne de 1,76 m.

Les cycles piézométriques se différencient entre année humide et année sèche (cf.

*Figure 14*).

année	niveau piézométrique moyen (m NGM)	niveau piézométrique médian (m NGM)	amplitude (m)	Pluviométrie Station d'Ongoujou (5,6 km au nord-ouest)
1993	6,58	6,44	1,85	manque de données
1994	6,27	6,25	1,68	manque de données
1995	6,57	6,32	2,28	manque de données
1996	manque de données			1411
1997	5,87	5,85	1,65	1168
1998	5,52	5,52	1,01	993
1999	5,12	5,16	0,71	1253
2000	4,83	4,87	0,79	1413
2001	4,89	4,57	2,31	1261
2002	5,95	5,84	2,99	1662
2003	manque de données			1328
2004	6,83	6,83	2,95	1463
2005	6,17	6,02	2,41	1766
2006	5,74	5,72	0,83	1691
2007	5,90	5,78	1,09	1933
2008	6,74	6,65	2,70	2340
2009	6,88	6,79	2,17	1278
2010	6,43	6,49	1,25	1111
2011	6,11	6,12	1,24	1769
interannuel	6,22	6,24	3,91	1490

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	1,8
vitesse maximum de recharge (cm/j)	5,7
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,3
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,8

Tableau 3 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020

Lors d'une année dite sèche la recharge s'effectue de début janvier à début mars alors que lors d'une année dite humide la période de recharge est plus longue (d'environ deux mois) et s'opère de début décembre à fin mars. La vitesse moyenne de recharge est de 1,8 cm/jour (cf. Tableau 3).

Concernant la période de vidange, en année dite sèche, celle-ci s'amorce début avril, après une période de stabilisation au mois de mars (cf.

Figure 14), et se termine fin décembre. En année dite humide la vidange se fait de début avril à fin novembre. La vitesse moyenne de vidange est de 0,8 cm/jour (cf. Tableau 3).

Compte tenu des incertitudes existant sur les données de la période 1997-2002, seule la partie finale de la courbe (2004-2011) a été utilisée pour l'élaboration de niveaux piézométriques quinquennaux secs et humides. On notera de fait que seules 8 années ont pu être prises en compte, ce qui demeure faible pour l'élaboration de telles références statistiques : des évolutions le cas échéant importantes de ces références

sont susceptibles d'intervenir au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires à ce piézomètre.

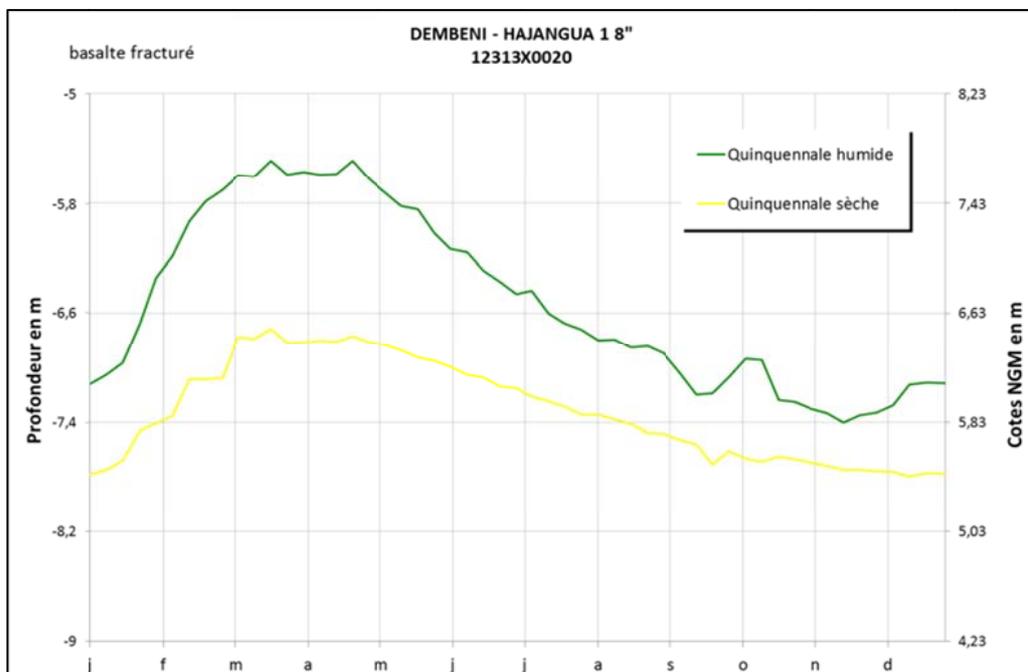


Figure 14 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux pour le piézomètre Hajangoua 1 - 12313X0020 (période 2004-2011)

### c) Tendances d'évolution

La chronique piézométrique met clairement en évidence une baisse des niveaux d'étiage et de hautes eaux de la nappe captée par le piézomètre Hajangoua 1 entre 1996 et 2000. En effet, le niveau piézométrique moyen annuel a chuté d'environ 1,50 m sur cette période (cf. *Tableau 3* et *Figure 15*), le niveau piézométrique moyen annuel de 1996 étant estimé à 6,30 m NGM. Le niveau d'étiage diminue lui de 1997 à 2001. Cette baisse des niveaux s'accompagne d'une diminution des amplitudes annuelles (cf. *Tableau 3* et *Figure 13*).

L'amorce de cette baisse coïncide avec des années de faible pluviométrie (d'après la station d'Ongoujou située à 5,6 km) : 1997 avec 1168 mm et 1998 avec 993 mm. Ces valeurs de pluviométrie plutôt faibles peuvent induire une diminution des amplitudes de part une recharge moins importante ces années-là mais ne permettent pas d'expliquer la baisse régulière des niveaux jusqu'à fin 2000.

Les prélèvements en rivière peuvent intervenir dans cette baisse des niveaux de l'aquifère étant donné qu'il semblerait, qu'au niveau du piézomètre Hajangoua 1, la rivière Mro oua Salim Bé alimente la nappe.

A noter que la recharge importante de l'année 2001 n'a pas permis de rehausser le niveau d'étiage de cette même année.

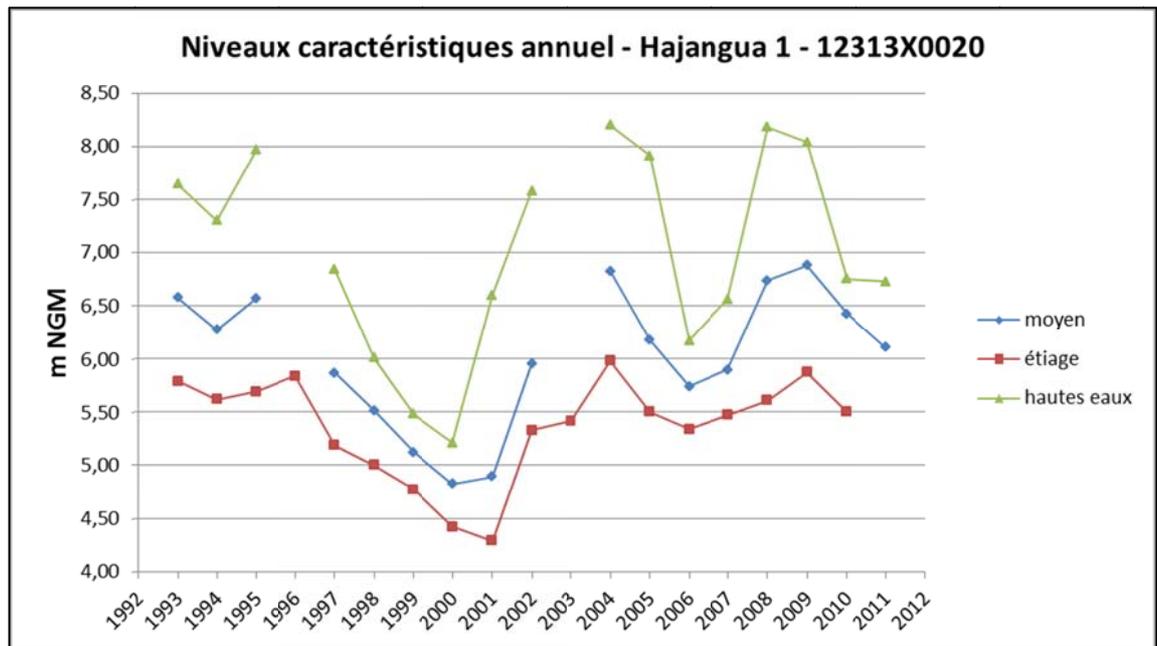


Figure 15 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Hajangua 1

Cette baisse est directement suivie d'une remontée du niveau piézométrique moyen de 2001 à 2004 avec notamment une amplitude de 3 m entre le niveau d'étiage de 2001 et le niveau de hautes eaux de 2002. Cette recharge importante peut expliquer la remontée du niveau d'étiage d'environ 1 m entre 2001 et 2002.

A partir de 2003, le niveau d'étiage semble se stabiliser aux alentours de 5,60/5,70 m NGM.

Depuis 2004, le signal piézométrique n'affiche pas de tendance à la hausse ou à la baisse. En revanche, la chronique montre bien une forte variabilité des niveaux de hautes eaux. Ainsi en 2006 ainsi qu'en 2007, 2010 et 2011 s'observe une recharge beaucoup moins importante induisant une amplitude plus faible et un niveau piézométrique moyen annuel plus bas que pour les années 2004, 2008 et 2009 (cf. Figure 13).

Il n'existe pas de corrélation nette entre le niveau de hautes eaux et la pluviométrie enregistrée à la station d'Ongoujou (cf. Figure 16).

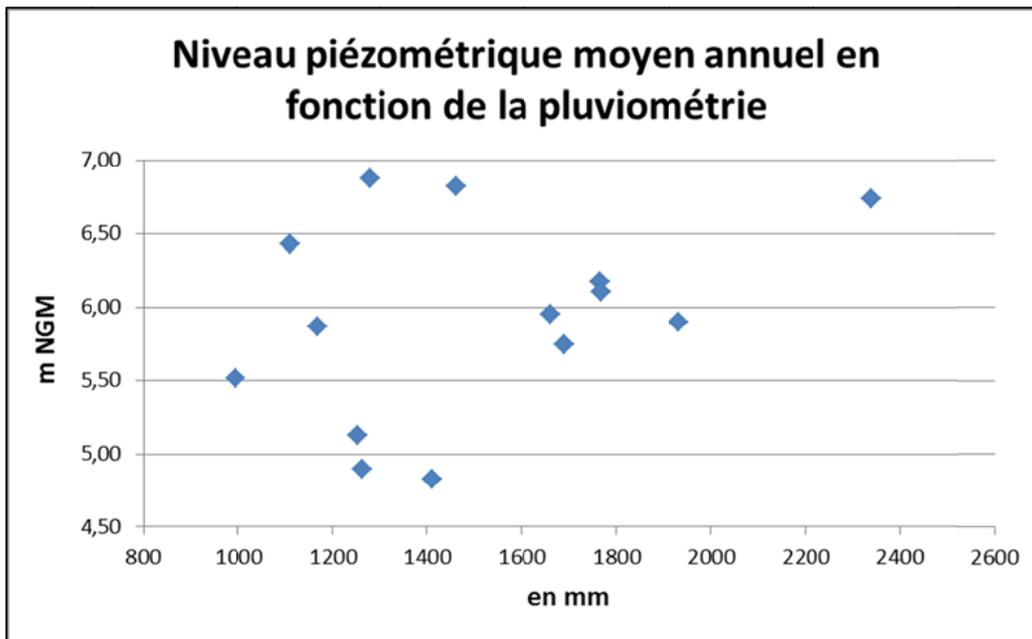


Figure 16 : Niveau piézométrique moyen annuel en fonction de la pluviométrie annuelle entre 1996 et 2011

#### 4.1.5. Mtsangamouji 8" - 12306X0011

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre Mtsangamouji 8" est un ouvrage de 40,5 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990-1992 (cf. rapport BRGM R35165 REU 4S 92). Sa réalisation s'est opérée du 12 au 19 novembre 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Mtsangamouji, au nord-est du village du même nom, en rive gauche de la rivière Andrianabé, à proximité du lit du cours d'eau. Le piézomètre se trouve à environ 1200 m du lagon.

Après des formations limono-argileuses superficielles, cet ouvrage a principalement recoupé des formations basaltiques plus ou moins altérées et/ou fracturées jusqu'à la profondeur finale.

L'ouvrage est crépiné de 10,5 à 40,5 m de profondeur. L'aquifère capté se compose de coulées de basalte plus au moins altéré/fracturé.

Quatre essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- $1,6 \cdot 10^{-6}$  m/s de 9,0 à 11,0 m
- $1,0 \cdot 10^{-5}$  m/s de 19,5 à 21,0 m
- 0,7 à  $1,4 \cdot 10^{-5}$  m/s de 21,0 à 27,0 m

- 1,0 à 1,2 10<sup>-6</sup> m/s de 21,5 à 34,5 m

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 0,5 à 0,77 l/s (2 à 3 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre d'une dizaine de mètres.

### **Description et analyse statistique des données piézométriques**

#### a) Données disponibles

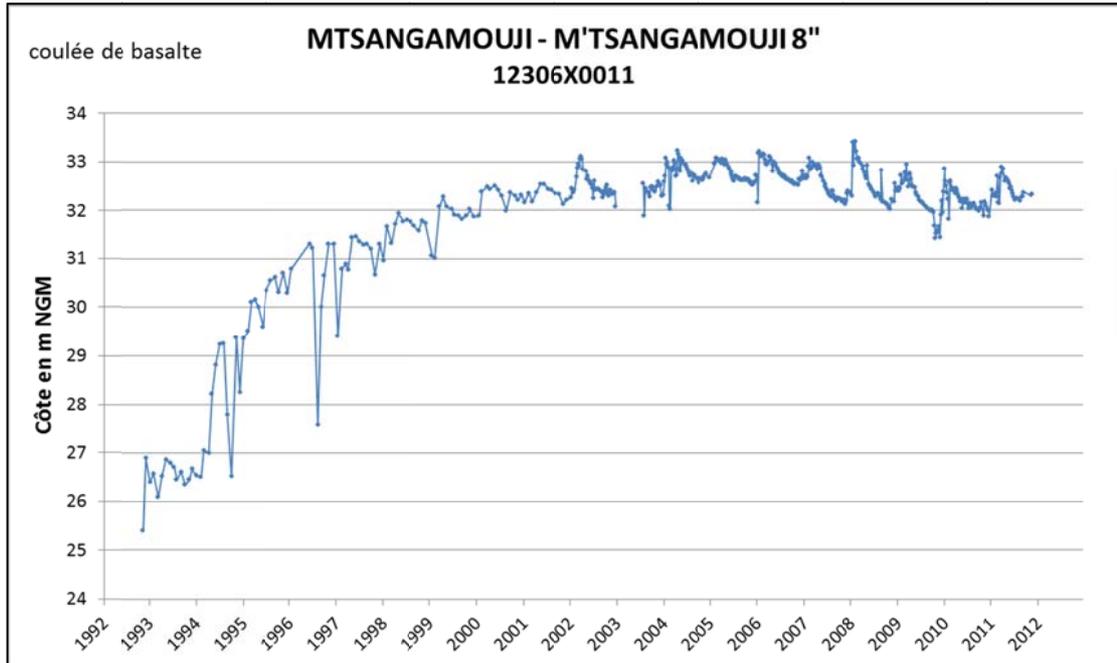


Figure 17 : chronique piézométrique complète du piézomètre Mtsangamouji 8'' - 12306X0011

Les premières données disponibles sont datées de l'année 1992. Cependant, les données antérieures à l'année 2002 apparaissent complètement erronées car le signal piézométrique variait de façon anormale et les niveaux mesurés ne correspondaient pas du tout avec ceux attendu (cf. Figure 17). En effet, sur ces données les cycles piézométriques sont difficilement identifiables. De plus, la chronique montre une augmentation du niveau piézométrique de l'ordre de 6 m entre 1992 et 2002, augmentation restant inexplicable mettant en doute la validité des données. Par conséquent, les données antérieures à 2002 n'ont pas été utilisées dans la phase de l'analyse statistique.

La lacune de 2003 s'observe aussi sur la chronique piézométrique (cf. Figure 18).

De nombreuses baisses brutales du niveau s'observent sur la chronique (pics descendants), notamment en fin d'année 2009, la baisse se prolongeant dans le temps. Ces variations brutales pourraient correspondre au démarrage des forages AEP situés à proximité du piézomètre (cf. Figure 21).

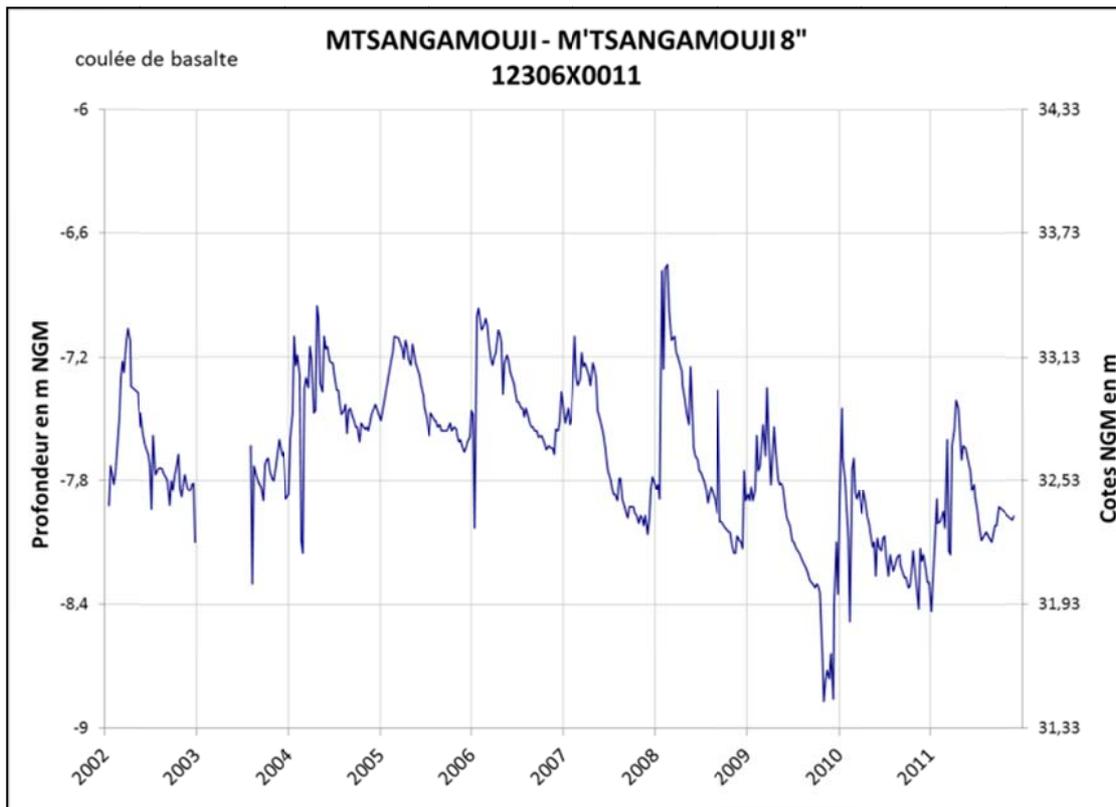


Figure 18 : chronique piézométrique du piézomètre Mtsangamouji 8'' - 12306X0011 à partir du 17 janvier 2002

#### b) Analyse des données

Le signal piézométrique oscille globalement entre 31,50 m et 33,60 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels varient de 32,18 à 32,75 m NGM (cf. *Tableau 4*). Ces éléments traduisent une relative stabilité du signal sur l'ensemble de la chronique, avec cependant une certaine baisse du niveau à partir 2009.

Les valeurs d'amplitude annuelles sont comprises entre 0,56 (2005) et 1,52 m (2009). La moyenne des amplitudes annuelles est de 1,09 m.

Les cycles piézométriques se découpent de la manière suivante :

- une période de recharge de décembre à avril avec une vitesse moyenne de recharge de 0,9 cm/jour,
- une période de décroissance de fin avril à décembre avec une vitesse moyenne de vidange de 0,4 cm/jour.

Les valeurs d'amplitude et de vitesse de recharge et vidange se révèlent faibles au regard de l'ensemble des piézomètres étudiés.

La faible disponibilité des données (8 années complètes) et les incertitudes associées à l'influence due aux forages ne permettent pas l'élaboration de niveaux piézométriques quinquennaux sur cet ouvrage.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de Bandrazia sud (2,3 km à l'est/sud-est) en mm	Pluviométrie de la station de Bandrazia nord (4 km à l'est/nord-est) en mm
2002	32,53	32,43	1,04	1649	9
2003	manque de données			1371	13
2004	32,77	32,75	1,20	1633	22
2005	32,75	32,67	0,56	1323	17
2006	32,80	32,75	1,07	349	15
2007	32,51	32,39	0,96	813	14
2008	32,53	32,37	1,40	1518	18
2009	32,21	32,21	1,52	1141	14
2010	32,22	32,18	1,03	1105	14
2011	32,41	32,35	1,02	1840	15
interannuel	32,52	32,52	2,48	1274	15

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,9
vitesse maximum de recharge (cm/j)	1,7
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,4
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,4

Tableau 4 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Mtsangamouji 8" - 12306X0011

c) Tendances d'évolution

Sur la chronique piézométrique (cf. *Figure 18*), s'observent des niveaux d'étiage plus hauts pour les années 2004, 2005 et 2006 induisant des niveaux piézométriques moyens annuels plus élevés que pour les autres années (cf. *Tableau 4*). Ces hauts niveaux piézométriques peuvent s'expliquer par les fortes précipitations enregistrées par la station Bandrazia nord (cf. *Tableau 4*). On note la différence importante entre les données enregistrées par la station de Bandrazia nord et Bandrazia sud malgré leur proximité (2600 m). Ceci peut mettre en avant la forte disparité spatiale de la pluviométrie mais les écarts sont au moins partiellement expliqués par des lacunes dans les chroniques : on note par exemple une lacune de données sur la station Bandrazia sud entre janvier et juillet 2006, ainsi qu'une autre lacune sur cette même station en février 2010. A partir de 2007 et jusque fin 2009 les niveaux piézométriques moyens annuels, d'étiage et de hautes eaux (hormis 2008) baissent. Le niveau piézométrique moyen annuel passe de 32,80 m NGM en 2006 à 32,21 m NGM en 2009. Depuis 2009, la chronique affiche une certaine stabilisation, voire une légère hausse du signal.

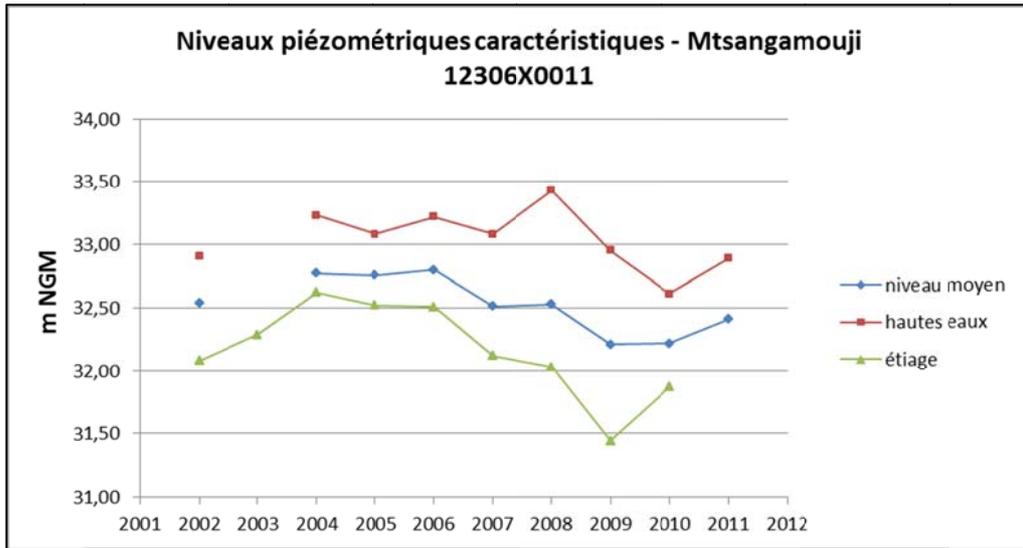


Figure 19 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Mtsangamouji

Cette évolution est anti-corrélée avec l'évolution des volumes d'eau souterraine prélevés par les forages AEP Mtsangamouji 1 (12306X0017) et Mtsangamouji 2 (12306X0016) situés à proximité du piézomètre Mtsangamouji 8" (cf. Figure 20) juste à l'amont. En effet, l'augmentation régulière des volumes prélevés au niveau de ces forages observée de 2006 à 2009 correspond à la période à laquelle le niveau piézométrique a chuté. Depuis 2010, les volumes prélevés ont diminués, coïncidant avec la remontée du niveau piézométrique.

Ces observations montrent donc une influence de l'exploitation en eau souterraine effectuée au niveau des forages Mtsangamouji 1 (12306X0017) et Mtsangamouji 2 (12306X0016) sur le niveau de la nappe captée par le piézomètre Mtsangamouji 8". Ainsi, le piézomètre semblerait capter des horizons aquifères connectés avec ceux captés par les forages AEP.

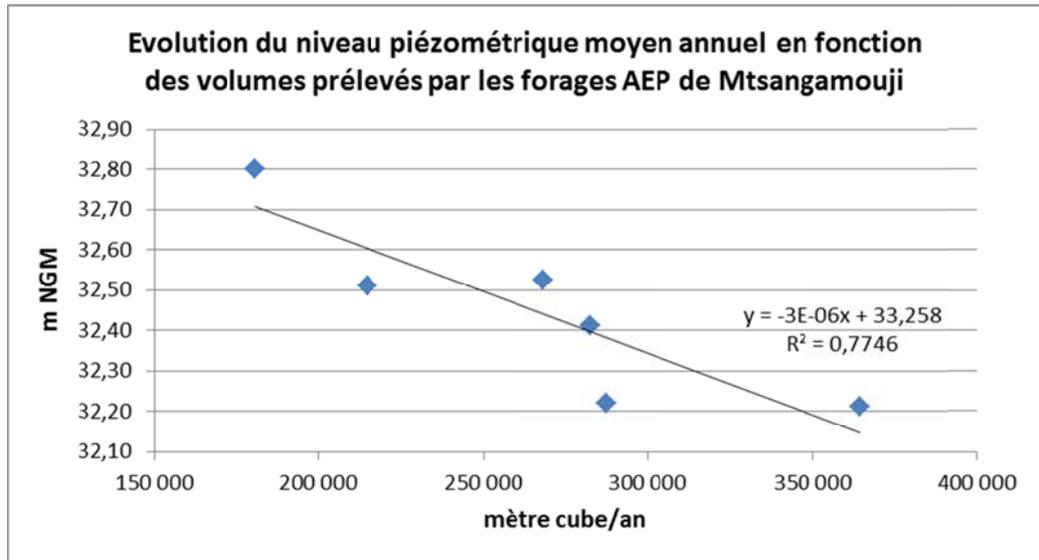


Figure 20 : Evolution du niveau piézométrique moyen annuel en fonction des volumes prélevés annuels par les forages AEP de Mtsangamouji (2006-2011)



Figure 21 : localisation des forages AEP en exploitation sur le secteur du piézomètre Mtsangamouji 8" - 12306X0011

#### 4.1.6. Tsararano 1 – 12313X0021

##### *Présentation de l'ouvrage*

Le forage de Tsararano 1 est un forage de reconnaissance profond de 50 m et de diamètre 10 pouces. Les travaux se sont déroulés du 11 au 26 avril 2000.

L'ouvrage se situe sur la commune de Dombéni au Sud du village de Tsararano, à environ 250 m en amont du confluent entre le Mro Mbili et le Mro Dombéni, il se trouve à environ 1500 m de la côte Est de Mayotte.

Les formations rencontrées sont les suivantes :

- **0 - 2,5 m** : Niveau cendré (mêlé à des colluvions en surface) contenant des éléments basaltiques altérés, de la cendre cuite rouge et de rares minéraux de pyroxène.
- **2,5 - 11,5 m** : Alluvions fluviales grossières caractérisées par la présence d'un niveau riche en galets roulés polygéniques de 2,5 à 6,5 m et d'un niveau à blocs polygéniques décimétriques entre 6,5 et 11,5 m
- **11,5 - 23,5 m** : Basalte à olivine très altéré avec :
  - de 11,5 à 16 m partie supérieure de la coulée complètement argilisée
  - de 16 à 22 m : partie altérée (altération superficielle de la coulée sur plusieurs centimètres)
  - un niveau de cuisson rouge foncé de 22 à 23,5 m
- **23,5 – 28 m** : Formation argilo-limoneuse riche en fragments de basalte à olivine très altéré.
- **28 – 31 m** : Basalte à olivine altéré.
- **31 – 49 m** : Basalte zéolitisé à olivine, feldspath et pyroxène. Cette coulée comprend un niveau en graton (31 à 33,5 m), une partie scoriacée (33,5 à 40 m) et une partie plus massive fissurée.
- **49 – 50 m** : Basalte zéolitisé à olivine et pyroxène, il s'agit d'une partie supérieure altérée d'une coulée caractérisée par la présence d'abondants phénocristaux de pyroxène de taille millimétrique à centimétrique.

Les principales venues d'eau se concentrent au niveau de la coulée de basalte zéolitisé. Le niveau en graton, tout comme la partie scoriacée, fournirait un débit au soufflage de 10 m<sup>3</sup>/h. La partie massive fissurée et/ou fracturée contribue à l'essentiel du débit du forage (débit au soufflage) avec une alimentation de près de 40 m<sup>3</sup>/h. Les crépines ont ainsi été placées entre 26,50 et 49 m.

Le niveau piézométrique se situe à 2,50 m de profondeur à la fin des travaux de foration traduisant le caractère captif de l'aquifère.

Un essai de puits ainsi qu'un essai de nappe ont été réalisés. L'essai de puits a permis de déterminer les coefficients de perte de charge :

- Coefficient de perte de charge linéaire : 0,15 m/(m<sup>3</sup>/h)
- Coefficient de perte de charge quadratique :  $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$

L'interprétation du pompage d'essai à débit constant, à l'aide d'une solution de Theis permet d'obtenir un ajustement de qualité moyenne avec une transmissivité de  $6.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s et une limite étanche dont les effets se font sentir au bout d'environ 40 minutes, ce qui pourrait correspondre à une distance au puits de quelques dizaines de mètres. Ceci suggère un aquifère d'extension relativement limitée et/ou hétérogène. Les pompages d'essai ainsi que des simulations à long terme ont permis de déterminer un débit d'exploitation prévisionnel de l'ordre de 18 m<sup>3</sup>/h (prévision avec de fortes incertitudes). Cependant, l'ouvrage n'a jamais été mis en exploitation.

Au cours de la foration, la conductivité électrique des eaux a montré une augmentation progressive et régulière en fonction de la profondeur (de 220 µS/cm à 19 m à 650 µS/cm à 50 m, en passant par 27 µS/cm à 34 m - zone des premières venues d'eau significatives).

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique démarre le 1<sup>er</sup> octobre 2003. Le suivi est toujours en cours à l'heure actuelle. Il est réalisé par les agents de la DEAL avec une fréquence de mesure hebdomadaire. Aucune lacune ne vient tronquer la série de données. Il n'a pas été identifié d'anomalies dans les données présentées.

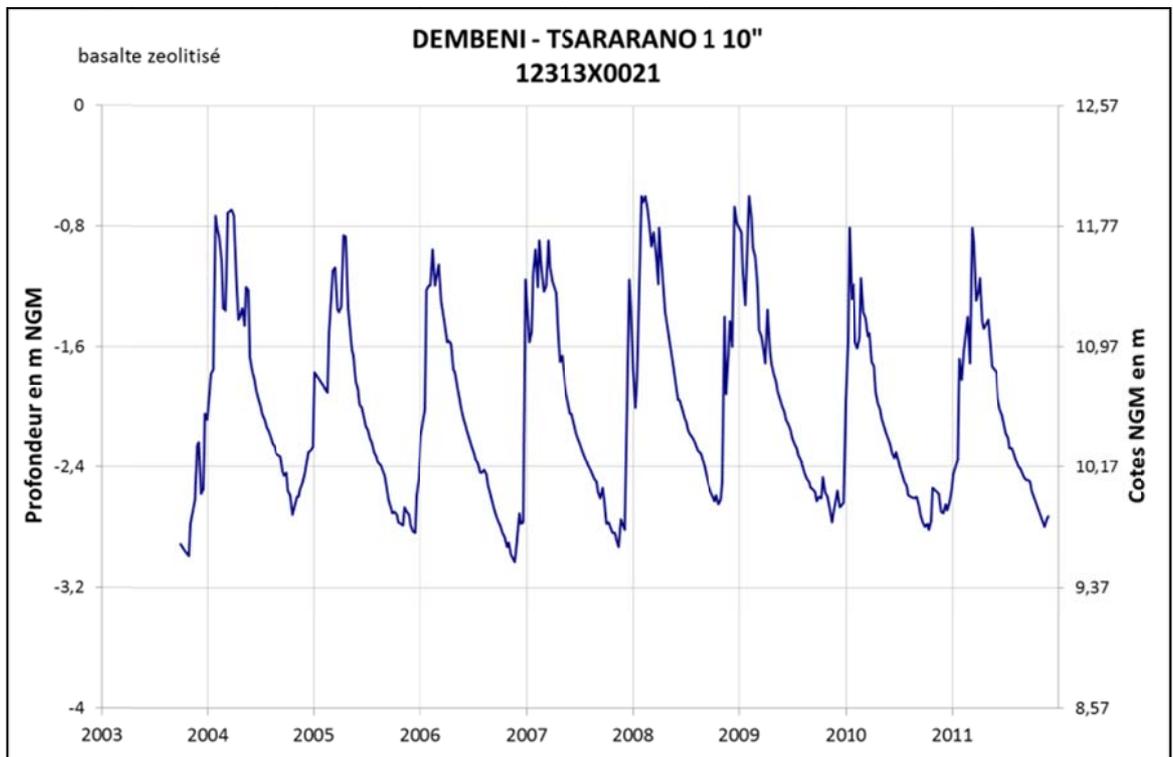


Figure 22 : chronique piézométrique du piézomètre Tsarano 1 – 12313X0021

b) Analyse des données

L'ensemble des résultats est présenté dans le *Tableau 5*.

Le niveau piézométrique oscille globalement entre 9,50 et 12 m NGM.

Les niveaux piézométrique moyen annuel témoignent de la stabilité du signal avec des valeurs comprises entre 10,39 m NGM (2006) et 10,84 m NGM (2008, année de pluviométrie maximale).

Les valeurs d'amplitude annuelle, elles aussi fluctuent très peu et oscillent entre 1,98 m et 2,17 m avec une moyenne de 2,04 m.

En année humide, la période de recharge s'amorce fin octobre et se termine courant février alors qu'en année sèche elle commence début novembre pour se terminer fin février (cf. *Figure 23*).

La vitesse moyenne de recharge est de 2,1 cm/jour. La vitesse moyenne de vidange est de 0,8 cm/jour.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Ongoujou 1,6 km à l'ouest (mm)
2004	10,72	10,56	2,03	1463
2005	10,44	10,31	1,98	1766
2006	10,39	10,24	2,08	1691
2007	10,59	10,53	2,04	1933
2008	10,84	10,66	2,05	2340
2009	10,55	10,42	2,17	1278
2010	10,41	10,25	2,01	1111
2011	10,60	10,52	1,99	1769
interannuel	10,54	10,41	2,43	1669

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	2,1
vitesse maximum de recharge (cm/j)	3,2
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,1
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,8

*Tableau 5 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Tsararano 1 - 12313X0021*

Les niveaux statistiques (5 ans sec et humide) reposent sur 8 années pour lesquelles les données piézométriques sont disponibles. Cette période demeure courte : les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont donc sujet à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

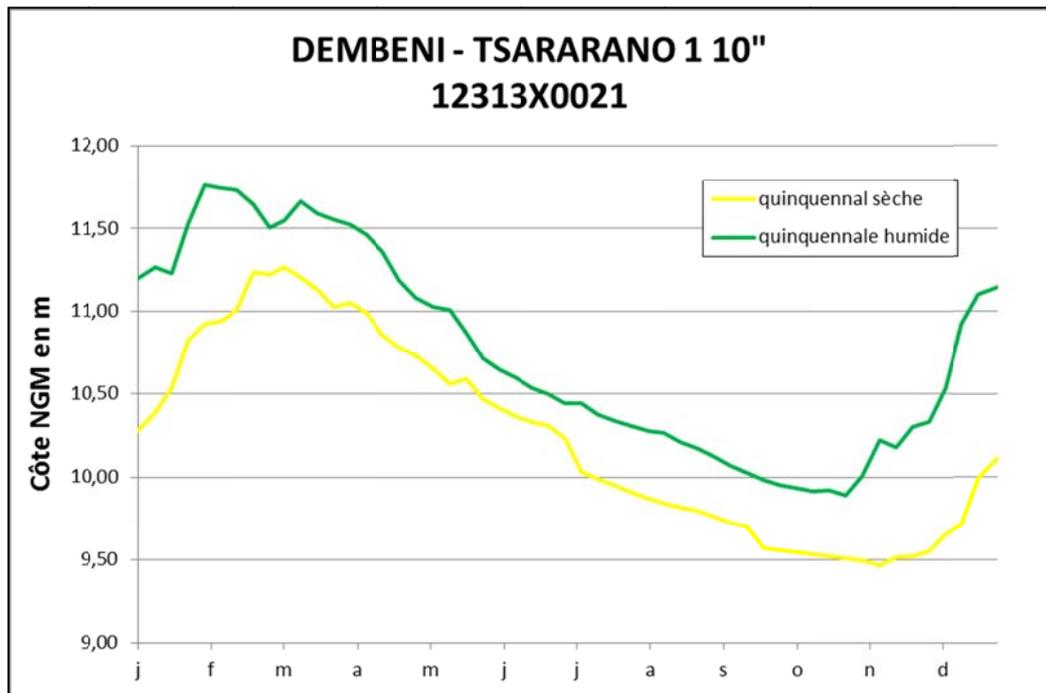


Figure 23 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Tsararano 1 - 12313X0021

c) Tendance d'évolution

Il n'est pas identifié de tendance sur les niveaux piézométriques annuels minimums, maximums, moyens et médians (cf. Figure 24).

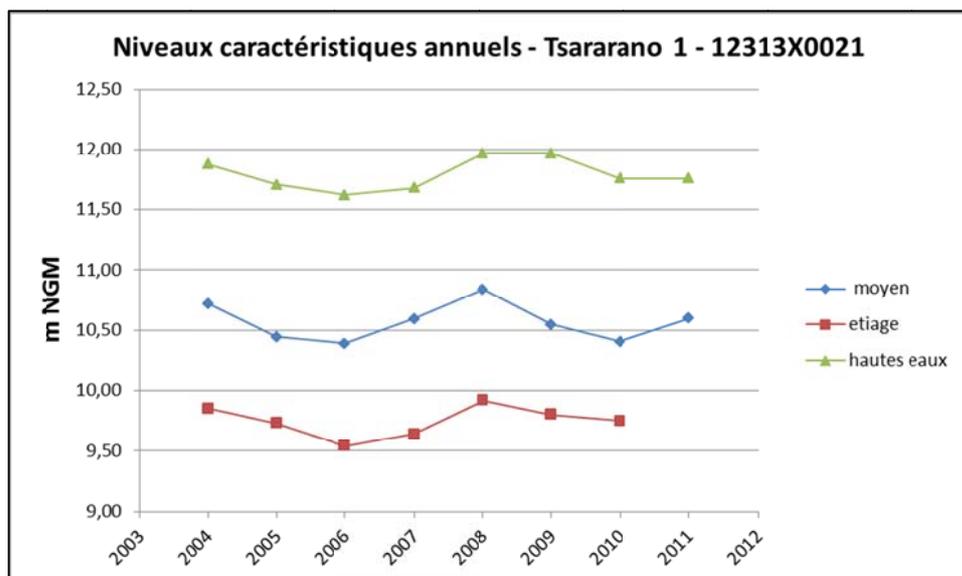


Figure 24 : évolution des niveaux moyens, d'étiages et de hautes eaux - piézomètre Tsararano 1

#### **4.1.7. Bandrélé Dagoni – 12313X0033**

##### ***Présentation de l'ouvrage***

Le forage de Bandrélé Dagoni est un forage de reconnaissance de 80 m de profondeur réalisé dans le cadre de la campagne 2001-2003 du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. L'ensemble des travaux a été mis en œuvre sur la période du 18/11/02 au 18/12/02.

Le forage a été réalisé au marteau fond de trou  $\varnothing$  15". Il est équipé de tubages PVC  $\varnothing$  10", crépinés de 22 à 62,25 m de profondeur.

L'ouvrage est situé à proximité du village de Bandrélé, dans la vallée du Mro Oua Dagoni, à une altitude de 18 m NGM environ.

Le forage recoupe, sous 5 m de colluvions/alluvions, une succession de coulées de lave et de brèches pyroclastiques. Ces formations apparaissent altérées jusqu'à 25 m de profondeur environ. A partir de 55 m de profondeur et jusqu'au fond de l'ouvrage, les brèches pyroclastiques ne sont plus interstratifiées avec des coulées de lave et sont remaniées et indurées.

Les principales venues d'eau à l'avancement ont été observées :

- au niveau de la zone de transition brèches pyroclastiques/coulées de lave vacuolaire à 25 m de profondeur ;
- pour une seule d'entre elles (36 m de profondeur), au sein d'un niveau scoriacé situé à la transition entre deux coulées de lave ;
- pour les autres (25, 46, 61 m), au sein de brèches pyroclastiques remaniées, indurées et saines.

La nappe est captive.

Un essai de puits et deux essais de nappe (pompage à un débit de 30 m<sup>3</sup>/h pendant 72 heures en décembre 2002 puis pendant 5 jours en août 2003) ont été réalisés. Le coefficient de perte de charge quadratique du puits est évalué à  $8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ . L'utilisation de la solution analytique de Theis a permis un ajustement satisfaisant de l'essai de nappe avec les paramètres suivants : transmissivité de  $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  et deux limites étanches.

Sur la base de ces données et compte tenu de la vulnérabilité de l'aquifère au regard d'une potentielle intrusion saline, les débits potentiels d'exploitation ont été estimés entre 7,5 et 12,5 m<sup>3</sup>/h.

##### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

###### **a) Données disponibles**

La chronique démarre le 3 mars 2003. Le piézomètre est toujours suivi courant juin 2012, à la fréquence d'une mesure par semaine.

L'ensemble de la chronique paraît valide, hormis deux périodes qui font apparaître des données dont la validité est douteuse :

- l'année 2004 qui présente des niveaux piézométriques élevés par rapport à l'année précédente et à l'année suivante. Les données de pluviométrie mensuelle et annuelle (cf. *Tableau 6*) ne semblent pas justifier cette hausse. ;
- la période de vidange de l'année 2008, durant laquelle on observe un pic anormal de piézométrie, qui ne coïncide avec aucun évènement pluvieux enregistré.

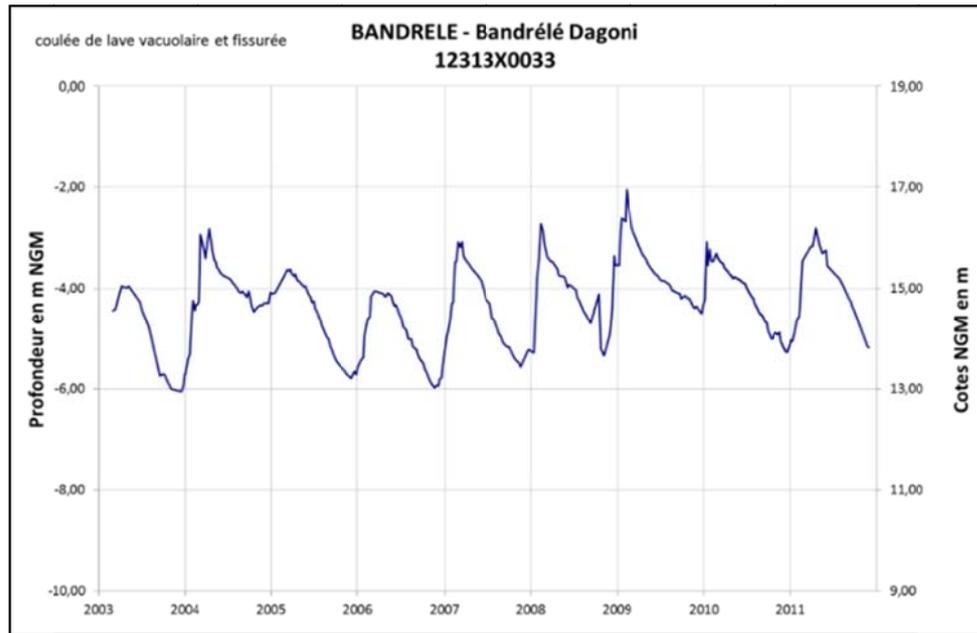


Figure 25 : chronique piézométrique du piézomètre Bandrélé Dagoni - 12313X0033

b) Analyse des données

Le niveau piézométrique oscille entre 13 et 17 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 13,96 (année 2003) et 15,37 m NGM (année 2009).

Les amplitudes annuelles varient entre 1,92 (année 2006) et 2,87 m (année 2004).

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie Station de Mtsamoudou (5,3 km au sud)
2003	13,96	14,20	2,10	1072
2004		14,93	2,87	1445
2005	14,31	14,40	2,17	1334
2006	14,03	13,99	1,92	2230
2007	14,57	14,40	2,48	1490
2008	14,84	14,99	2,61	3189
2009	15,37	15,21	2,45	1761
2010	14,77	14,87	2,17	1258
2011	14,99	15,06	2,36	1781
interannuel	14,71	14,81	3,99	1729

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	2,3
vitesse maximum de recharge (cm/j)	3,4
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,7
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,8

Tableau 6 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Bandrélé Dagoni - 12313X0033

La *Figure 26* permet de découper les cycles piézométriques et de mettre en avant la différence de fonctionnement entre année sèche et année humide :

- en année humide, la recharge de l'aquifère débute au mois de novembre pour s'achever début février. La vidange s'opère par conséquent de février à fin octobre,
- en année sèche, la recharge débute également au mois de novembre mais s'achève plus tard à la fin du mois de mars.

La vitesse moyenne de recharge calculée sur l'ensemble des cycles, sauf celui de 2004, est de 2,3 cm/jour.

La vitesse moyenne de vidange calculée sur l'ensemble des cycles, sauf celui de 2004, est de 0,8 cm/jour.

On note que selon les cycles, les courbes de décroissance prennent une allure différente. En effet, si l'on observe les courbes de vidange pour les années 2003, 2007, 2010 et 2011, on remarque que celles-ci sont convexes (forme de dôme, cf. courbe quinquennale sèche en *Figure 36*) traduisant une accélération de la vidange au cours du temps. En revanche, pour les années 2004 et 2009, les courbes de vidange ont l'allure d'une décroissance exponentielle traduisant un ralentissement de la vidange au cours du temps. Cette différenciation, selon les cycles hydrologiques témoigne de la complexité du comportement hydrodynamique de l'aquifère, notamment dans ses interactions avec la recharge, la pérennité du caractère captif de la nappe garantissant une stabilité des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère (perméabilité, épaisseur saturée et emmagasinement). La courbe de vidange d'allure convexe est la plus représentée sur l'ensemble des cycles.

Seules 8 années sont disponibles pour l'élaboration de niveaux statistiques, ce qui demeure faible pour l'élaboration de telles références : des évolutions le cas échéant importantes de ces références sont susceptibles d'intervenir au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires à ce piézomètre.

De plus, l'existence d'une tendance à la hausse non corrélée à la pluviométrie sur ce piézomètre (cf. suite) conduit à s'interroger sur l'existence éventuelle d'un impact anthropique ou, à défaut, sur le caractère interannuel des fluctuations piézométriques. Dans ce dernier cas, cela induit une dépendance des données annuelles qui ne permet pas un travail statistique direct et nécessite un échantillon de données plus important.

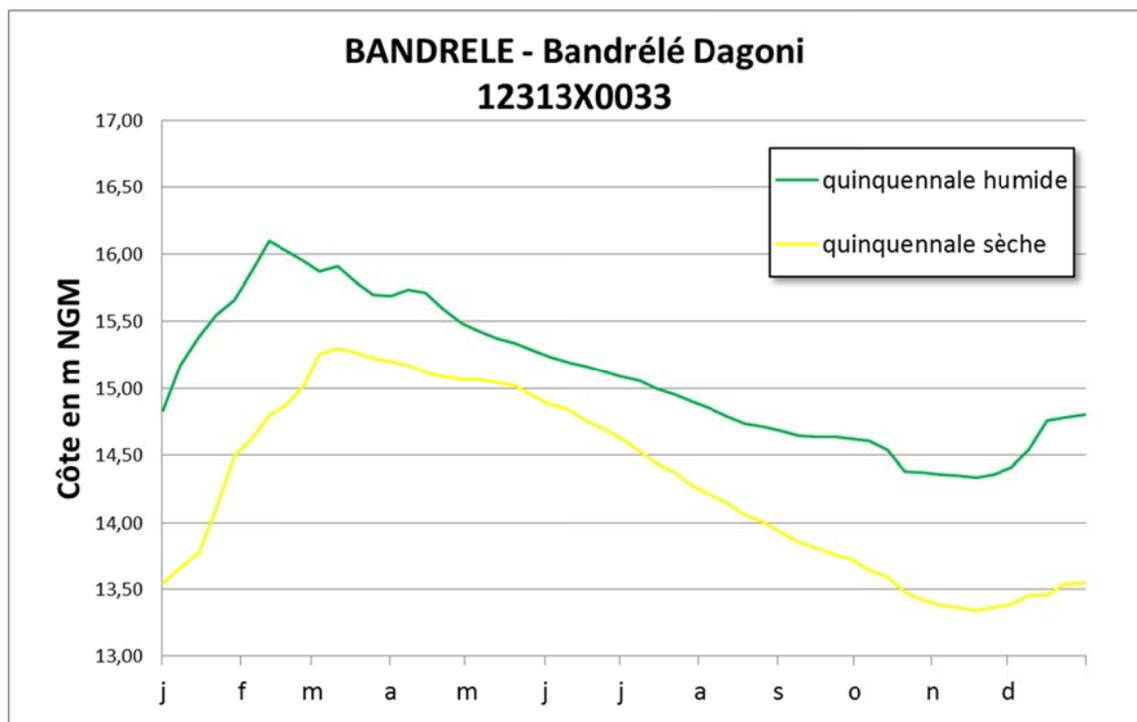


Figure 26 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Bandréle Dagoni - 12313X0033

c) Tendances d'évolution

Si l'on ne considère pas l'année 2004 (données douteuses), de 2003 à fin 2006 le signal piézométrique apparaît stable avec des niveaux piézométriques moyens annuels compris entre 13,96 et 14,31 m NGM.

A partir de fin 2006, s'amorce une hausse régulière des niveaux qui durera jusqu'à 2009 (cf. Figure 28). Sur cette période, le niveau piézométrique moyen annuel est passé de 14,03 m NGM en 2006 à 15,37 m NGM en 2009 soit une hausse 1,34 m avec une pente d'environ 45 cm/an. Cette hausse peut être liée aux précipitations importantes enregistrées sur la période 2006-2009 avec notamment plus de 3000 mm en 2008 dont plus de 1300 mm pour les mois de novembre et décembre expliquant la recharge importante de début 2009 (cf. Tableau 6).

En 2010, les précipitations se sont avérées relativement faibles (1258 mm) ce qui explique probablement la baisse des niveaux cette année-là, baisse de 60 cm de la piézométrie moyenne annuelle. A l'inverse en 2011, les précipitations tout comme la piézométrie augmentent à nouveau (cf. *Tableau 6*). Malgré ces correspondances, il n'y a pas de corrélation nette entre le niveau piézométrique moyen annuel et les précipitations annuelles (cf. *Figure 27*). Par conséquent, une influence anthropique sur le signal piézométrique n'est pas à écarter (rejets dans la nappe et/ou la rivière Dagoni, diminution des prélèvements dans la rivière).

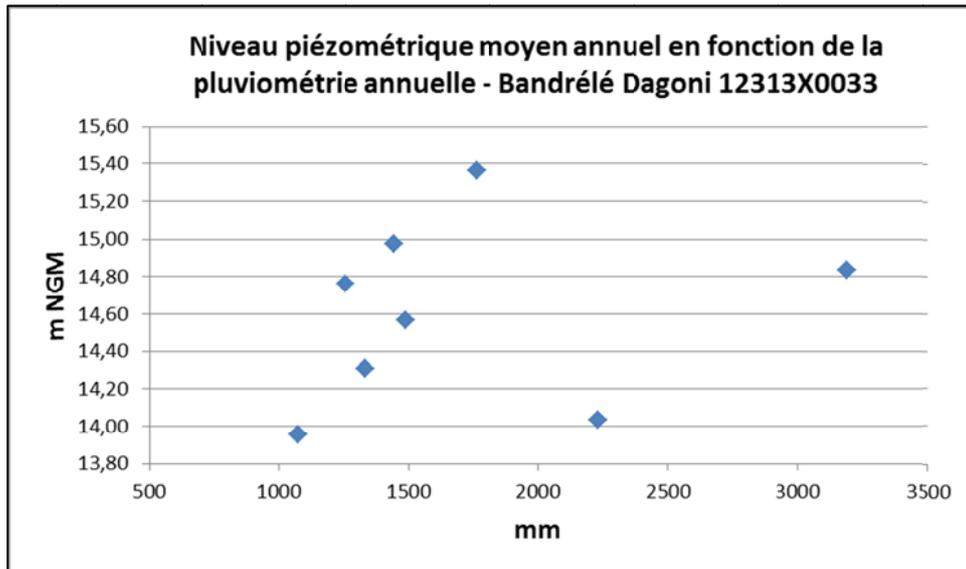


Figure 27 : niveau piézométrique moyen annuel en fonction de la pluviométrie annuelle - piézomètre Bandrélé Dagoni

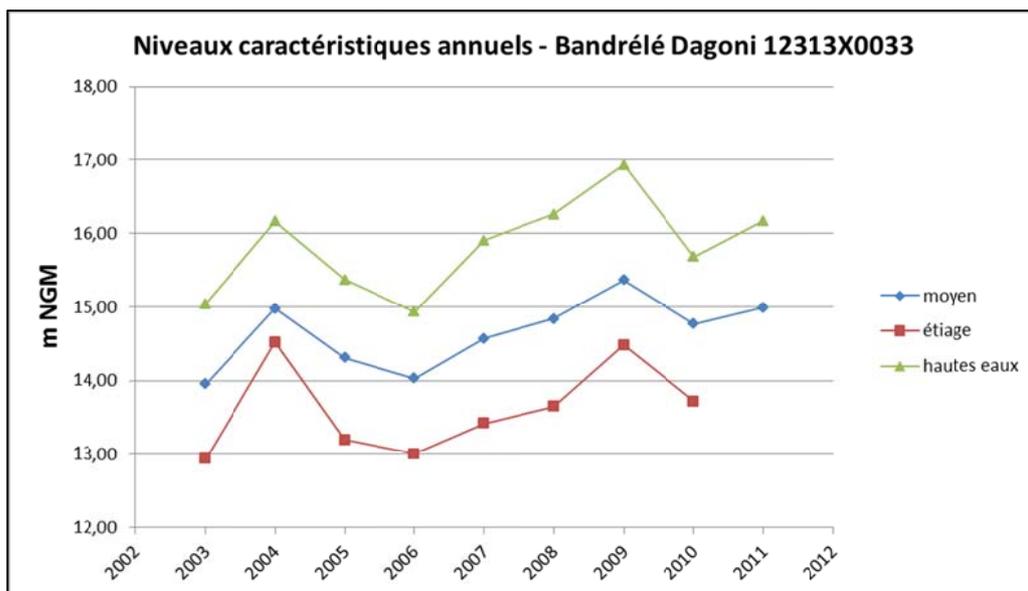


Figure 28 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels,

*piézomètre Bandrélé Dagoni – 12313X0033***4.1.8. Tsingoni – 12306X0013*****Présentation de l'ouvrage***

Le piézomètre Tsingoni - 12306X0013 est un ouvrage de 50 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990-1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 20 au 29 novembre 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe au nord du village du même nom à proximité de la station de pompage et de la route. Le lagon se situe à environ 900 m du forage.

Le forage recoupe une épaisse frange d'altérites de 15 m avant de rencontrer des séries basaltiques plus ou moins fissurées/fracturées séparées par des passes plus altérées de quelques mètres de puissance (2 à 5 m).

Les essais réalisés sur ce forage montrent un très faible potentiel s'expliquant par la faible transmissivité des formations basaltiques :

- < 1 l/s à l'air lift (rabattement de 10,5 m)
- Conductivité faible de l'ordre de 80-90  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- De 3,0 à 4,5 m :  $K = 6,8 \text{ à } 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- De 9,0 à 12,0 m :  $K = 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- De 9,0 à 18,0 m :  $K = 9,0 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- De 9,0 à 25,5 m :  $K = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- De 28,5 à 32,0 m :  $K = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Ce forage a été transformé en piézomètre ; il a été suivi par la DAF puis par la DEAL depuis 1992.

***Description et analyse statistique des données piézométriques*****a) Données disponibles**

Les données disponibles pour l'analyse statistique recouvrent la période allant du 13 novembre 1992 au 29 novembre 2011. Le piézomètre est toujours suivi courant septembre 2012 par la DEAL. La chronique présente les lacunes de 1996 et de 2003 (cf. Figure 29).

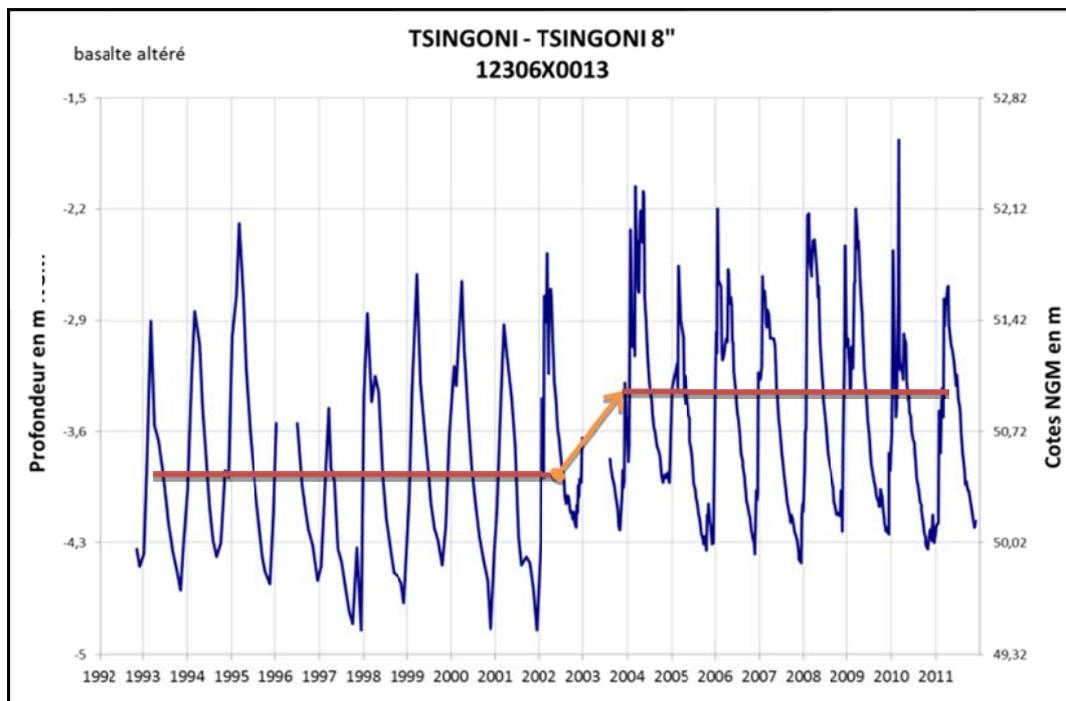


Figure 29 : chronique piézométrique du forage Tsingoni 8'' - 12306X0013

a) Analyse des données

Le signal piézométrique oscille entre 49,40 et 52,60 m NGM. L'altitude du sol à la base du forage étant de 53,11 m NGM, le niveau d'eau se trouve à très faible profondeur dans le piézomètre. Les moyennes annuelles sont comprises entre 50,02 m NGM (année 1997) et 51,12 m NGM (année 2004).

Les amplitudes annuelles mesurées sont comprises entre 1,40 m et 2,58 m avec une moyenne de 1,90 m.

Les cycles piézométriques se découpent de la façon suivante entre saison sèche et (cf.

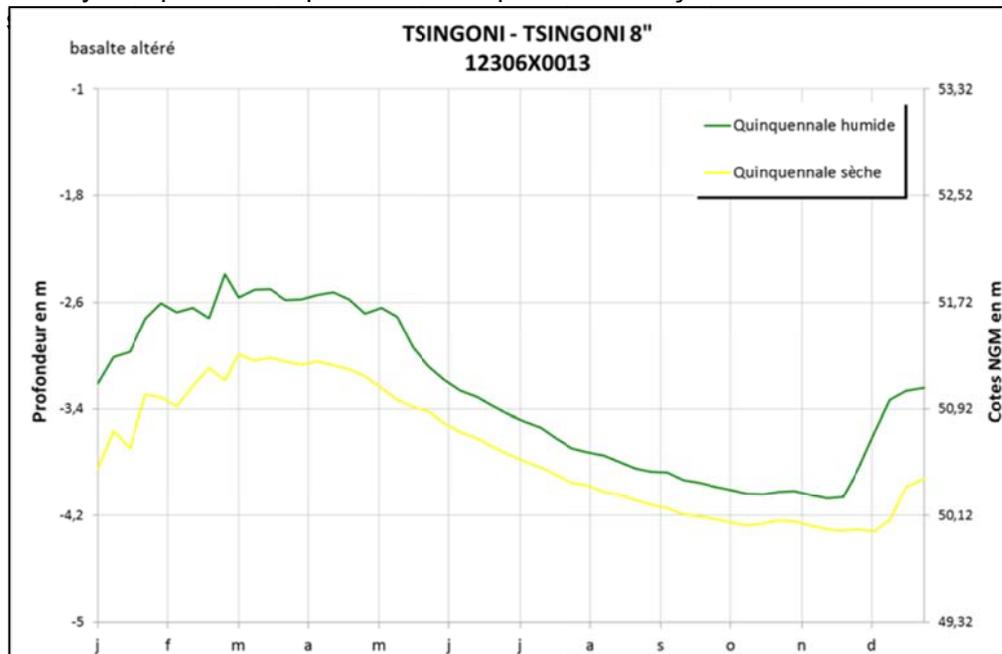


Figure 30) :

- une période de remontée des niveaux aquifères de fin novembre/ début décembre à mars avec une vitesse moyenne de recharge de 1,9 cm/jour (cf. *Tableau 7*) ;
- une période de décroissance des niveaux aquifères de mars à décembre avec une vitesse moyenne de vidange faible de 0,7 cm/jour (cf. *Tableau 7*).

Ces valeurs d'amplitude et de vitesse de recharge et de vidange témoignent, à l'échelle de Mayotte, d'un aquifère plutôt confiné, moyennement réactif.

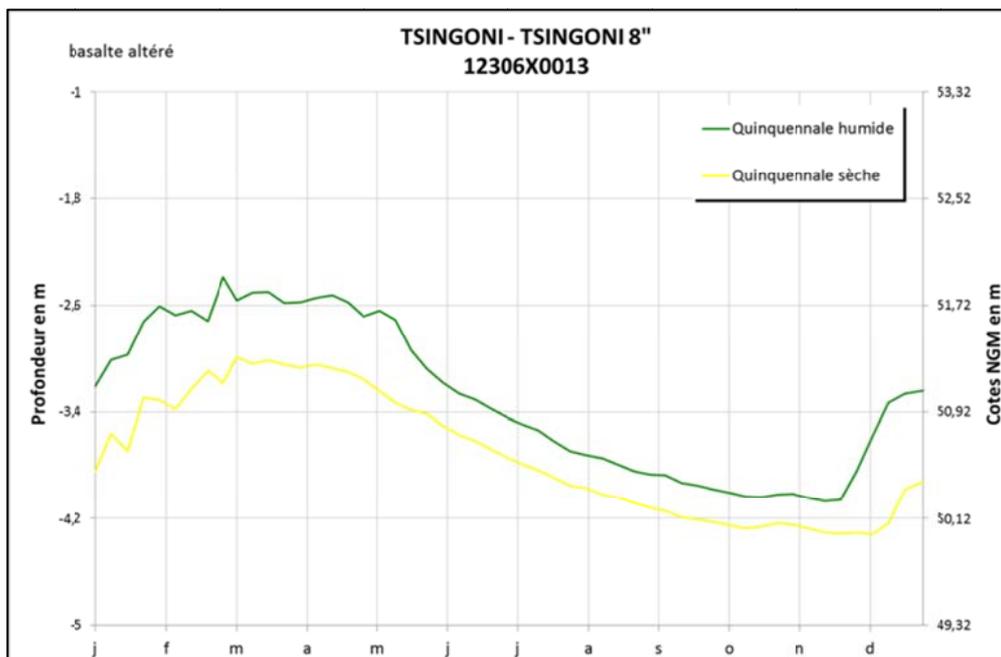


Figure 30 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide (période de calcul 2004-2011)

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Combani (mm) 3,7 km à l'ouest	Pluviométrie annuelle station Brandazia sud (mm) 2,4 km au nord
1993	50,31	50,21	1,70	manque de données	manque de données
1994	50,57	50,46	1,55	manque de données	manque de données
1995	50,73	50,59	2,27	manque de données	manque de données
1996	manque de données			2047	1158
1997	50,02	49,94	1,40	1393	708
1998	50,42	50,31	1,83	1274	1155
1999	50,53	50,40	1,83	1555	1520,5
2000	50,48	50,40	2,19	1715	1526
2001	50,35	50,14	1,93	1277	1005
2002	50,66	50,49	1,82	2089	1649,1
2003	manque de données			1561	1371
2004	51,12	50,98	1,86	2067	1633
2005	50,55	50,38	1,79	1485	1322,5
2006	50,88	50,89	2,17	1831	349
2007	50,69	50,55	1,81	1486	812,8
2008	51,00	50,78	2,00	2143	1517,5
2009	50,83	50,67	2,05	1393	1140,9
2010	50,71	50,70	2,58	1478	1105,1
2011	50,85	50,87	1,52	1788	1840
interannuel	50,72	50,61	3,09	1661	1238
	vitesse moyenne de recharge (cm/j)		1,9		
	vitesse maximum de recharge (cm/j)		3,4		
	vitesse minimum de recharge (cm/j)		1,0		
	vitesse moyenne de vidange (cm/j)		0,7		

Tableau 7 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Tsingoni – 12306X0013

**b) Tendance d'évolution**

La chronique présente deux parties distinctes. La première concerne les données anté-2003 présentant un niveau piézométrique moyen aux alentours de 50,50 m NGM et des niveaux d'étiage aux alentours de 49,50 m NGM. La seconde concerne les données post-2003 qui présente en moyenne un niveau piézométrique de 50,90 m NGM et des niveaux d'étiage supérieurs aux alentours de 50,00 m NGM. Depuis 2004 aucune tendance ne se dessine, le signal suit une cyclicité saisonnière stable.

Ainsi ces observations nous indiquent que le piézomètre Tsingoni – 12306X0013 suit la même évolution que les piézomètres Combani 1 et Combani 2. En effet, une hausse du niveau piézométrique moyen de l'ordre de 40 cm s'opère entre 2002 et 2004.

Par conséquent, on peut supposer que le niveau piézométrique du forage de Tsingoni est également soutenu par la retenue collinaire de Combani située à environ 3600 m au nord-est de l'ouvrage.

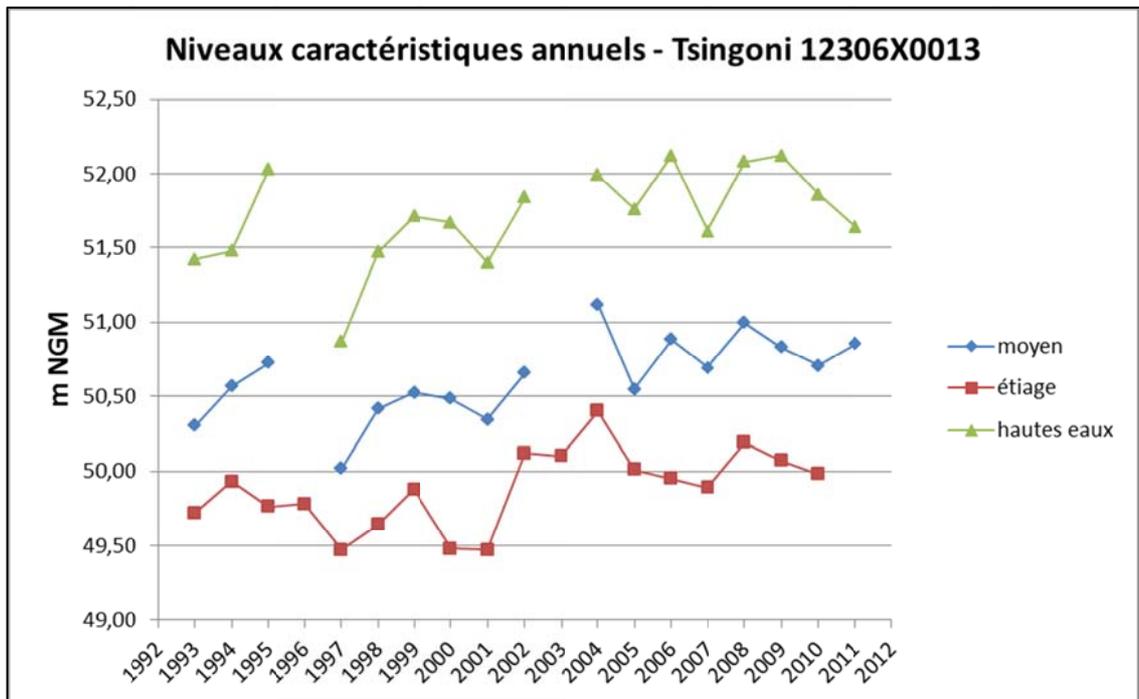


Figure 31 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Tsingoni – 12306X0013

#### 4.1.9. Poroani 8" - 12312X0032

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre Poroani 8" est un ouvrage de 60 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 11 au 26 décembre 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Mtsangamouji, au nord-est du village du même nom, à proximité immédiate de la route national. Le piézomètre se trouve à environ 1100 m du lagon.

Les formations traversées sont constituées d'argiles d'altération, d'altérites et de basaltes à olivine sains à très altérés, plus ou moins fracturés.

L'ouvrage est crépiné de 4 à 56 m de profondeur captant des horizons composés de basalte altéré à très altéré et fissuré.

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la livraison du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 1,0 à  $1,8 \cdot 10^{-5}$  m/s de 9,0 à 11,5 m
- 1,1 à  $1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s de 17,0 à 19,5 m
- 2,0 à  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m/s de 20,0 à 21,0 m
- 0,6 à  $1,9 \cdot 10^{-5}$  m/s de 23,5 à 30,0 m
- 2,0 à  $6,0 \cdot 10^{-6}$  m/s de 23,5 à 49,5 m

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 0,71 l/s ( $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) avec un rabattement de l'ordre de 4 m.

Les valeurs de conductivité mesurées au cours de la foration sont comprises entre 170 et 280  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Des logs de conductivité ont été réalisés ultérieurement à la réalisation de l'ouvrage. Ils indiquent des valeurs homogènes le long du forage avec deux pics situés à environ 30 et 60 m de profondeur pouvant traduire les éventuelles arrivées d'eau.

##### **Description et analyse statistique des données piézométriques**

###### a) Données disponibles

La chronique piézométrique présentée en *Figure 32* démarre le 10 novembre 1992. Suite à des actes de vandalisme opérés sur l'ouvrage, le suivi a été contraint de s'arrêter le 15 décembre 2001.

La fréquence de mesure est mensuelle sur cet ouvrage, ce qui demeure faible pour caractériser le comportement du piézomètre, d'autant plus que le niveau semble varier rapidement dans cet ouvrage. Il se peut par exemple que les niveaux d'étiage et/ou de hautes eaux mesurés ne correspondent pas aux niveaux réellement atteints. Ainsi les

niveaux d'étiage peuvent être surestimés et les niveaux de hautes eaux sous-estimés. Ceci peut expliquer les importantes variations d'amplitude annuelle d'une année sur l'autre.

La lacune de données de 1996 s'observe également sur cette chronique.

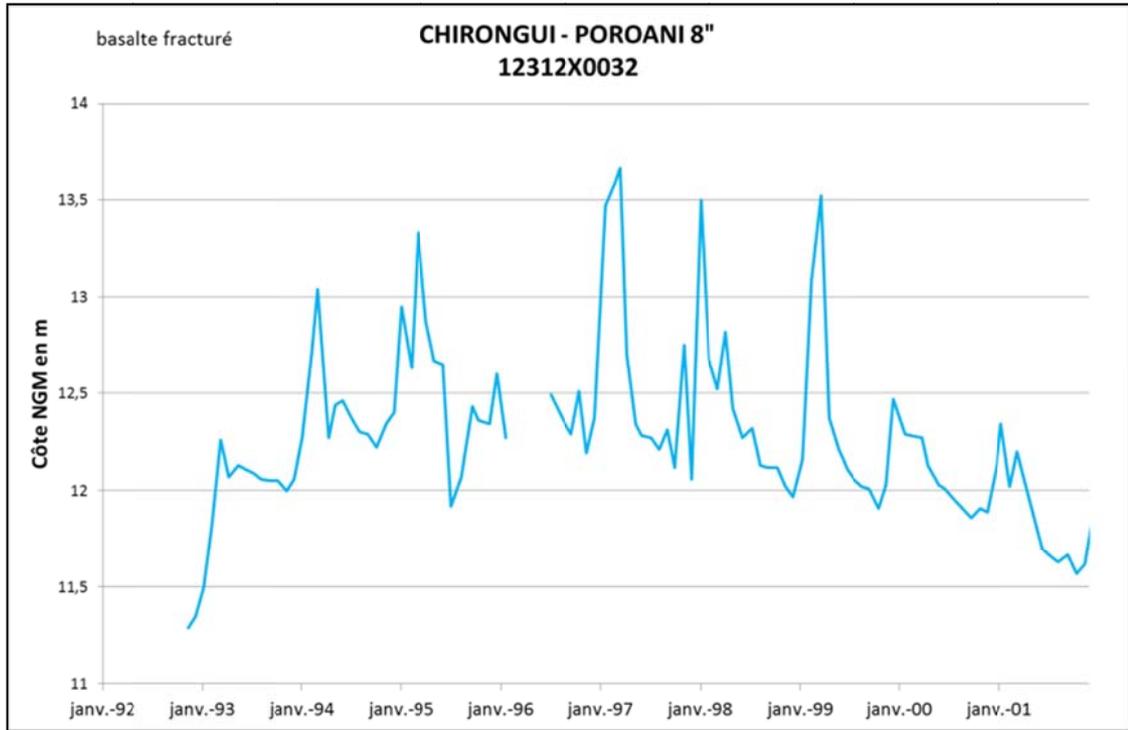


Figure 32 : chronique piézométrique du piézomètre Poroani 8'' - 12312X0032

b) Analyse des données

Globalement, le niveau piézométrique varie entre 11,30 et 13,70 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 11,83 (année 2001) et 12,65 m NGM (année 1997).

Les amplitudes annuelles oscillent entre 0,43 et 1,61 m (cf. *Tableau 8*). La moyenne des amplitudes annuelles est de 1,12 m. Comme indiqué précédemment (cf. faible fréquence des mesures), ces valeurs peuvent ne pas refléter la réalité.

D'après la *Figure 33* les cycles piézométriques se dessinent comme suit :

- une période de recharge démarrant courant novembre pour se terminer début mars avec une vitesse moyenne de recharge de 0,9 cm/jour
- une période de décroissance s'étalant de mars à novembre avec une vitesse moyenne de vidange de 0,4 cm/jour.

La courbe de vidange, que l'on peut envisager comme une exponentielle décroissante (représentation classique), témoigne d'un ralentissement de la vidange au cours du temps.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie Station d' Onjougou (5,5 km au nord) en mm
1993	12,02	12,06	0,76	manque de données
1994	12,43	12,36	0,82	manque de données
1995	12,57	12,62	1,41	manque de données
1996		manque de données		1411
1997	12,65	12,33	1,61	1168
1998	12,41	12,30	1,53	993
1999	12,33	12,14	1,61	1253
2000	12,06	12,02	0,43	1413
2001	11,83	11,685	0,77	1261
interannuel	12,29	12,27	2,38	1250

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,9
vitesse maximum de recharge (cm/j)	1,5
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,4
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,4

Tableau 8 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Poroani 8" - 12312X0032

On notera que seules 8 années de mesures sont disponibles, qui plus est à une fréquence mensuelle, ce qui demeure très faible pour l'élaboration de références statistiques : des évolutions le cas échéant importantes de ces références sont donc susceptibles d'intervenir au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires à ce piézomètre.

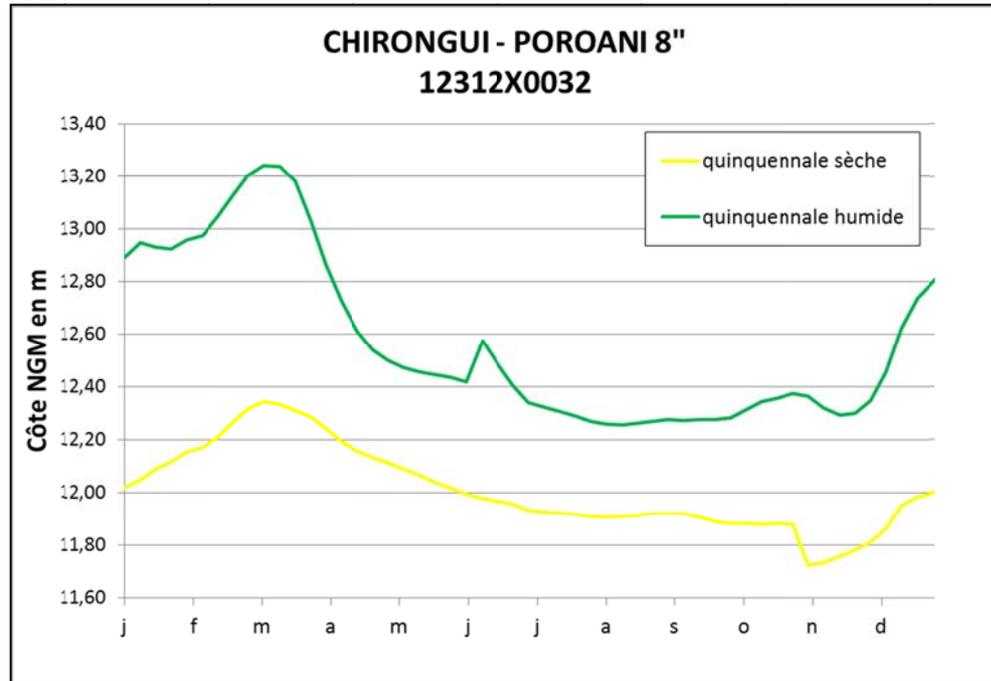


Figure 33 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide

Les vitesses calculées ainsi que les valeurs d'amplitude annuelle apparaissent relativement faibles au regard des valeurs habituellement rencontrées à Mayotte.

c) Tendances d'évolution

Comme le montre la Figure 34, la période 1993-1997 voit une augmentation du niveau piézométrique moyen annuel de l'ordre de 63 cm. Cette augmentation est franche entre 1993 et 1994 (41 cm/an) puis s'estompe entre 1994 et 1997 (21 cm en 3 ans). Cependant depuis 1997, le signal piézométrique accuse une tendance à la baisse significative illustrée par une baisse régulière du niveau piézométrique moyen annuel de 20,5 cm/an soit 82 cm sur la période 1994-1997.

Le piézomètre Mréréni 8'' semble suivre la même évolution sur la période 1997-2001 avec une baisse du niveau piézométrique moyen annuel de 1,04 m (cf. Tableau 9).

Ni les données pluviométriques de la station d'Ongoujou, ni les données de l'ensemble des pluviomètres de la DEAL (cf. Figure 2) ne permettent de justifier cette baisse des niveaux. En effet, aucune tendance générale à la baisse de la pluviométrie ne se distingue sur la période 1997-2001 (cf. Figure 2). De plus l'ouvrage AEP le plus proche (Mréréni 2 – 12312X0035) n'a été foré qu'en 2000. Son exploitation ne peut donc pas être responsable de cette baisse.

Des données pluviométriques issues d'une station située dans le bassin versant des ouvrages permettraient peut-être d'expliquer cette baisse.

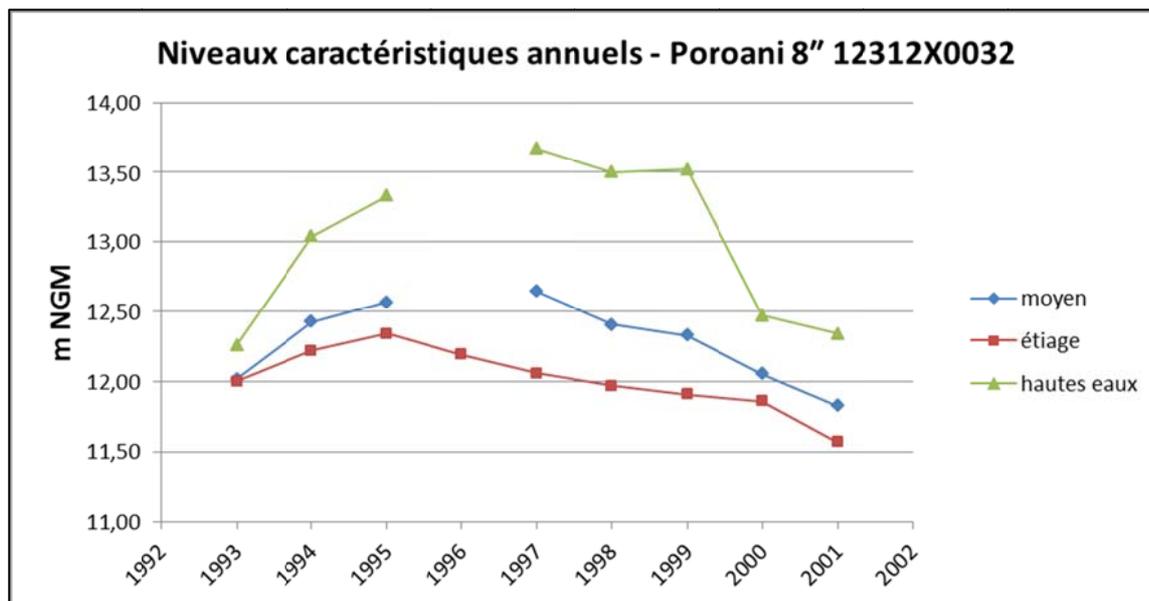


Figure 34 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Poroani 8''

#### 4.1.10. Mreréni 8''- 12312X0033

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre Mreréni 8'' est un ouvrage de 69 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 29 décembre 1990 au 16 janvier 1991. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Chirongui, au sud-est du village de Mreréni Bé, à proximité immédiate de la route nationale. Le piézomètre se trouve à environ 1300 m du lagon.

Les formations traversées sont constituées d'argiles d'altération, de sables d'altérites, d'altérites, de basaltes francs à très altérés plus ou moins fracturés..

L'ouvrage est crépiné de 12 à 69 m de profondeur, captant des horizons composés de basalte altéré fissuré/fracturé.

Six essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- $1,1 \cdot 10^{-5}$  m/s de 3,0 à 4,5 m
- $1,6$  à  $2,1 \cdot 10^{-5}$  m/s de 12,0 à 13,5 m
- $0,4$  à  $1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s de 21,0 à 24,0 m
- $5,5$  à  $7,3 \cdot 10^{-6}$  m/s de 25,5 à 31,5 m
- $0,4$  à  $1,1 \cdot 10^{-5}$  m/s de 25,5 à 43,0 m

- $0,9 \cdot 10^{-5}$  m/s de 24,0 à 53,0 m

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 2,1 l/s (environ 7 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 3 m.

Les valeurs de conductivité mesurées au cours du forage sont comprises entre 110 et 180 µS/cm. Des logs de conductivité, réalisés ultérieurement à la réalisation de l'ouvrage, indiquent des gammes de valeurs comparables.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

Des données sont disponibles sur la période allant du 10 novembre 1992 à septembre 2012. On observe les lacunes de 1996 et 2003. L'ensemble des données apparaît cohérent sans identification de mesures douteuses ou aberrantes.

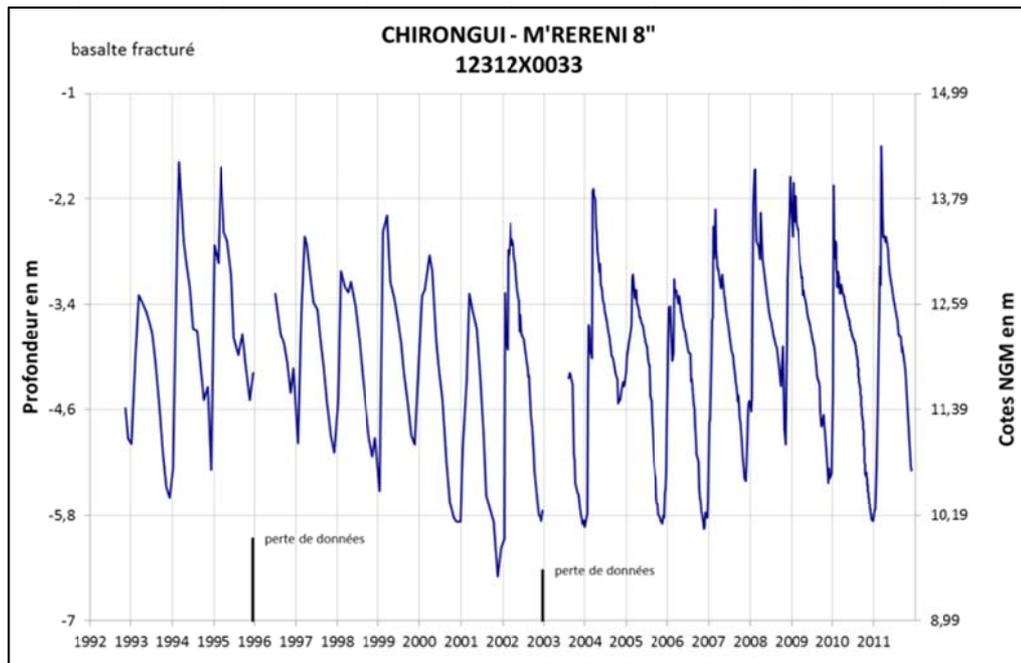


Figure 35 : chronique piézométrique du piézomètre M'réréni 8'' - 12312X0033

#### b) Analyse des données

Les niveaux piézométriques enregistrés sont globalement compris entre 9,50 et 14,50 m NGM, ce qui correspond à des faibles profondeurs de nappe (entre -6 et -2 m). Les niveaux piézométriques moyens annuels calculés varient de 11,10 à 12,65 m NGM traduisant une certaine stabilité sur toute la période d'étude.

Les amplitudes annuelles sont assez élevées (de 1,66 à 4,27) avec une moyenne de 3,02 m.

La *Figure 36* permet de découper les cycles piézométriques et de mettre en avant la différence de fonctionnement entre année sèche et année humide. En année humide, la période de remontée du niveau piézométrique débute au mois de novembre pour s'achever début mars. La vidange s'opère par conséquent de mars à fin octobre. En année sèche, la remontée du niveau piézométrique débute plus tard au mois de décembre mais s'achève également début mars.

La vitesse moyenne de recharge est de 3,8 cm/jour et la vitesse moyenne de vidange est de 1,1 cm/jour. On peut également noter qu'en année sèche la vitesse de vidange semble augmenter progressivement avec la vidange, c'est-à-dire que plus le niveau piézométrique est bas plus la vidange s'accélère (courbe de décroissance convexe) alors qu'en année humide la vitesse apparaît plus stable.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de Mtsamoudou (mm)
1993	11,71	11,96	2,31	manque de données
1994	12,31	12,30	3,50	manque de données
1995	12,65	12,59	2,65	manque de données
1996	manque de données			1835
1997	12,14	12,33	2,46	983
1998	11,99	12,01	2,11	1340
1999	12,05	11,98	3,13	1655
2000	11,55	11,68	3,04	1595
2001	11,10	11,03	3,22	968
2002	12,02	12,19	1,66	1607
2003	manque de données			1072
2004	12,24	12,13	3,82	1445
2005	11,48	11,90	2,84	1334
2006	11,58	11,97	2,85	2230
2007	11,97	11,93	3,09	1490
2008	12,57	12,46	3,14	3189
2009	12,20	12,29	3,41	1761
2010	11,82	12,16	3,82	1258
2011	12,31	12,50	4,27	1781
interannuel	11,90	12,12	4,90	1596

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	3,8
vitesse maximum de recharge (cm/j)	6,9
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,1
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,1

Tableau 9 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre M'réréni 8"

17 années de mesure sont disponibles pour l'élaboration de niveaux statistiques, ce qui demeure court, en particulier pour des temps de retour de 10 ans. En conséquence, les niveaux piézométriques 10 ans sec et 10 ans humide sont sujets à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

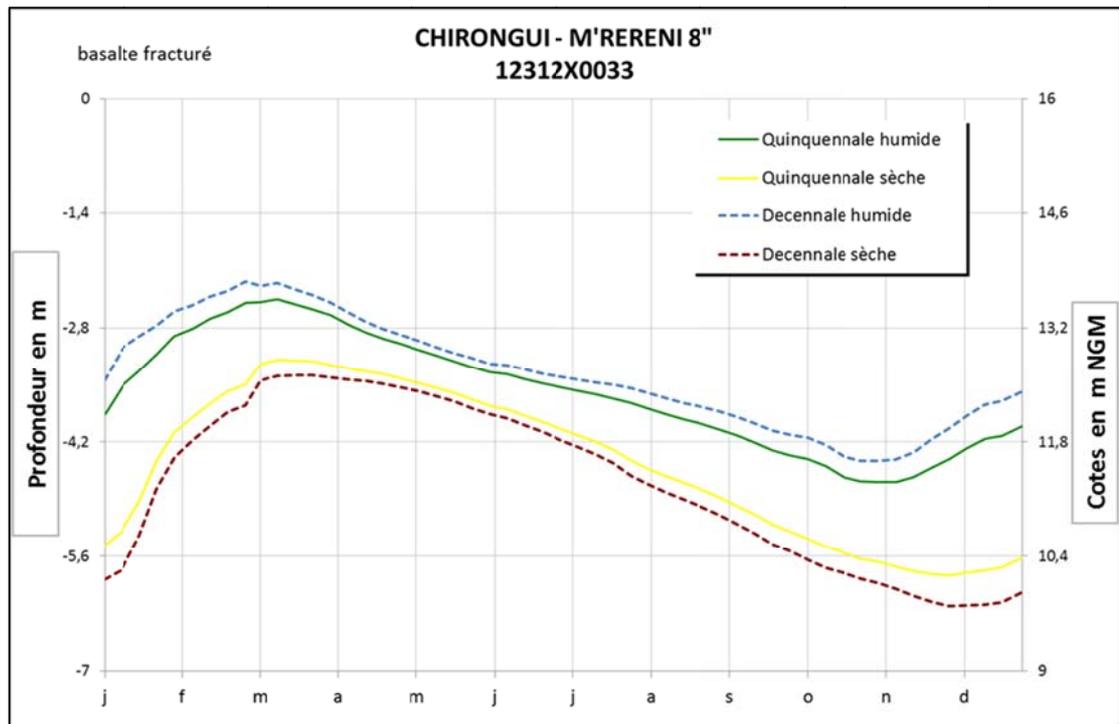


Figure 36 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide, piézomètre M'réréni 8"

c) Tendance d'évolution

L'observation de la chronique ne permet pas de définir de tendance globale significative dans le signal.

En effet, on observe tout d'abord une augmentation des niveaux d'étiages de 1993 à 1996, 1996 étant une année de pluviométrie élevée. Les années 1997 et 1998, malgré leur pluviométrie moyenne voire faible, présente également des niveaux d'étiages élevés profitant certainement des recharges importantes lors des années précédentes. On observe les mêmes variations du signal entre 2007 et 2010 avec un niveau d'étiage qui augmente de 2007 à 2008 (2006 et 2008 étant les années de plus forte pluviométrie) avant de rebaisser progressivement jusqu'en 2010. Cette baisse progressive sur environ deux cycles hydrologiques du niveau d'étiage jusqu'à atteindre un niveau rencontré lors d'une année de pluviométrie moyenne (par exemple l'année 2000) traduit une certaine inertie dans la réponse de l'aquifère.

Le haut niveau d'étiage mesuré en 2004 vient contredire l'observation précédemment faite puisque le « retour à la normale » du niveau d'étiage s'effectue l'année suivante. En 2004 la pluviométrie s'est révélée forte à l'échelle de toute l'île mais les précipitations mesurées par la station Mtsamoudou s'avèrent moyennes.

On note que des comportements piézométriques similaires sont observés sur les ouvrages M'ronabéja 1 et Poroani 8".

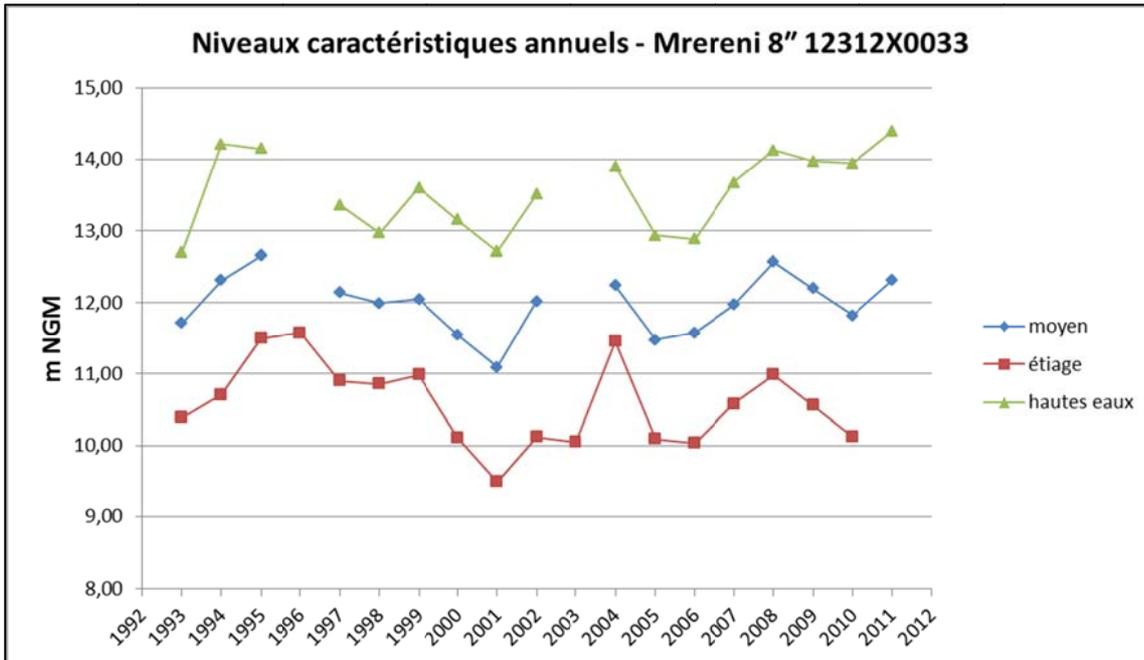


Figure 37 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Mrereni 8''

#### 4.1.11. Mronabeja 1 – 12316X0031/MRO1

##### Présentation de l'ouvrage

Le piézomètre M'ronabeja 1 est un ouvrage de 56 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990-1992 (cf. rapport BRGM R35165 REU 4S 92). Sa réalisation s'est opérée du 12 au 30 mai 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Kani-Kéli, à environ 300 m au nord-est du village de Mronabeja, au bord de la piste qui mène au Choungui Kéli. Le piézomètre se trouve à environ 650 m du lagon.

Les formations traversées sont constituées de limon, d'argiles, de formations alluvionnaires et de basaltes fissurés plus ou moins altérés et fracturés.

L'ouvrage est crépiné de 16,5 à 56 m de profondeur captant des horizons composés de basalte fissuré/fracturé plus ou moins altéré.

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 2,7 à 5,6.10<sup>-5</sup> m/s de 11,5 à 12,5 m
- 2,6 à 7,1.10<sup>-4</sup> m/s de 21,0 à 24,0 m
- 1,1 à 1,5.10<sup>-4</sup> m/s de 27,0 à 40,0 m
- 1,1 à 1,5.10<sup>-4</sup> m/s de 27,0 à 50,0 m

- 0,9 à  $1,3 \cdot 10^{-4}$  m/s de 27,0 à 56,0 m

Les perméabilités observées au-delà de 20 m de profondeur sont très bonnes voire excellentes compte-tenu du contexte local.

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,4 l/s (environ 5 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 2,5 m.

Les mesures de conductivité de l'eau enregistrées à différentes profondeurs après le pompage air-lift montrent des variations (275 µS/cm entre 10 et 20 m, 310 µS/cm à 30 m et 280 µS/cm à 50 m). Ces valeurs correspondent à une eau moyennement minéralisée. Les profils de conductivité effectués dans l'ouvrage (02/07/90, 19/02/91 et 07/03/91) montrent des valeurs variables d'un profil à l'autre avec respectivement : 370-410 µS/cm, 260-270 µS/cm et 370-380 µS/cm.

Des pompages d'essais ont été réalisés par la DAF en juillet et en août 2003 sur un autre forage, Mronabéja - 12316X0032, situé à juste 120 m au sud-ouest du piézomètre Mronabeja 1. Les résultats des interprétations sont présentés sur la *Figure 38*.

Date	28-29 Juin 2000	25-30 Juillet 2003	11-20 Août 2003
Débit moyen de pompage (m <sup>3</sup> /h)	15 m3/h	6,75 m3/h	6 puis 5,35 m3/h
Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$2,15 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Coefficient d'emmagasinement*	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Pertes de charges quadratiques (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	$0,09 \cdot 10^{+6}$	$2,2 \cdot 10^{+6}$	$2,8 \cdot 10^{+6}$
Structure de l'aquifère	LA* à 400 mn	LA* à 400 mn	-
	-	LE à 100 mn	LE à 400 mn

\* le coefficient d'emmagasinement ne peut pas être déterminé avec précision au puits (il avait été évalué à  $1,9 \cdot 10^{-3}$  sur la base de l'interprétation des données mesurées au piézomètre en 2000)

\* LA : limite d'alimentation

\* LE : limite étanche

Figure 38 : résultats des interprétations des essais de pompage réalisés sur le forage 12316X0032 voisin du piézomètre Mronabéja 1

## Description et analyse statistique des données piézométriques

### a) Données disponibles

Le suivi du niveau piézométrique s'amorce le 10 novembre 1992 et se poursuit courant septembre 2012 sous l'égide de la DEAL. Les lacunes de 1996 et 2003 s'observent sur la chronique.

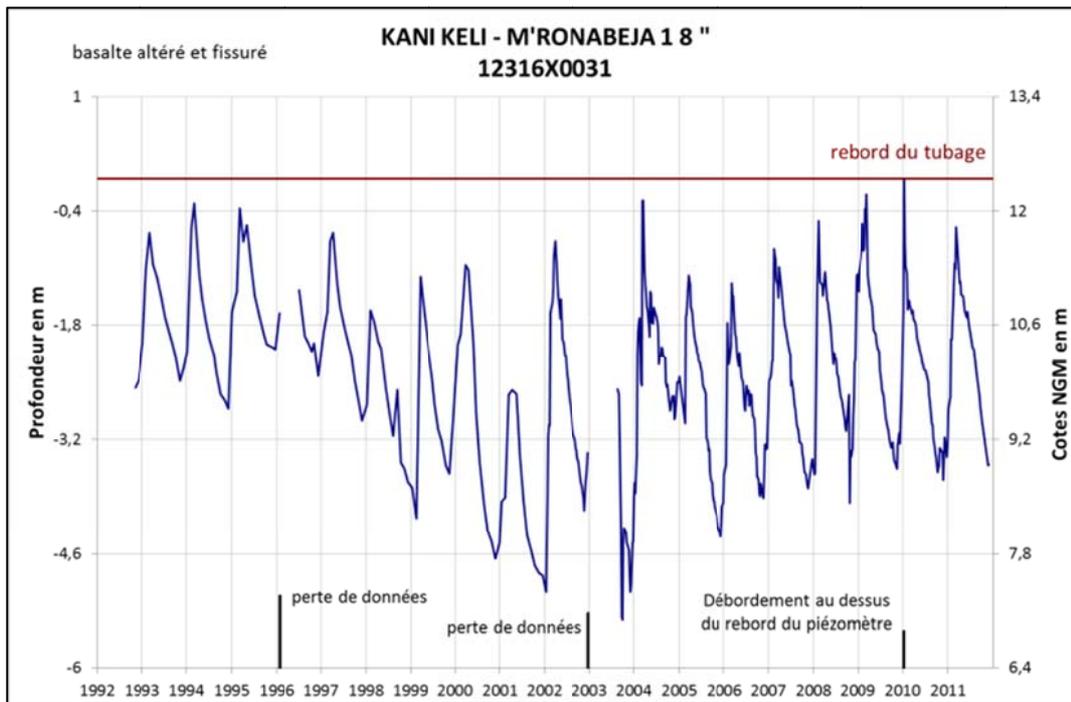


Figure 39 : chronique piézométrique du piézomètre M'ronabéja 1 - 12316X0031

Deux mesures effectuées le 24 septembre et le 1<sup>er</sup> octobre 2003 paraissent incohérentes puisqu'elles induisent une chute du niveau piézométrique (plus de 1 m en une semaine) qui est tout à fait improbable au regard du comportement global de la nappe. De même, la mesure manuelle du 26 mars 2008 semble erronée puisqu'elle induit une chute anormale du niveau piézométrique d'environ 1,40 m en moins d'une semaine. Ces mesures n'ont pas été prises en compte dans le calcul des différents niveaux annuels.

L'altitude du rebord du tubage de l'ouvrage a été précisée sur la chronique afin de mettre en avant une période d'artésianisme courant janvier 2010 (mesure du 13 janvier égale à 0,00 m de profondeur). Ce phénomène résulte d'un intense épisode pluvieux totalisant environ 330 mm sur 9 jours (du 3 au 11 janvier).

#### b) Analyse des données

Le niveau piézométrique dans cet ouvrage oscille globalement entre 7,50 et 12,40 m NGM, 12,40 m NGM étant l'altitude du rebord du tubage jouant le rôle de repère de mesure.

Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 8,52 m NGM (2001) et 10,98 m NGM (1995).

Les valeurs d'amplitude annuelle oscillent entre 1,81 m et 3,70 m avec une moyenne de 2,91 m, ce qui correspond à des valeurs plutôt moyennes par rapport à l'ensemble du parc piézométrique.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de Mtsamoudou (mm)
1993	10,73	10,64	1,81	manque de données
1994	10,56	10,36	2,52	manque de données
1995	10,98	10,87	1,73	manque de données
1996	manque de données			1835
1997	10,56	10,56	2,30	983
1998	9,71	9,72	2,10	1340
1999	9,53	9,37	2,96	1655
2000	9,37	9,21	3,60	1595
2001	8,52	8,45	2,28	968
2002	9,70	9,48	4,30	1607
2003	manque de données			1072
2004	10,29	10,25	3,59	1445
2005	9,46	9,76	3,20	1334
2006	9,63	9,68	2,64	2230
2007	9,93	9,92	2,94	1490
2008	10,08	10,12	3,46	3189
2009	10,28	10,29	3,36	1761
2010	10,07	10,13	3,70	1258
2011	10,30	10,38	2,92	1781
interannuel	9,90	9,96	5,42	1596

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	3,5
vitesse maximum de recharge (cm/j)	8,5
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,5
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,1

Tableau 10 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre M'ronabéja 1 - 12316X0031

Les cycles piézométriques se découpent de la manière suivante :

- une période de décroissance s'amorçant en mars pour se terminer début novembre avec une vitesse moyenne de vidange de 1,1 cm/jour ;
- une période de recharge débutant début novembre pour se terminer courant mars avec une vitesse moyenne de recharge de 3,5 cm/jour.

17 années de mesure sont disponibles pour l'élaboration de niveaux statistiques, ce qui demeure court, en particulier pour des temps de retour de 10 ans. En conséquence, les niveaux piézométriques 10 ans sec et 10 ans humide sont sujets à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

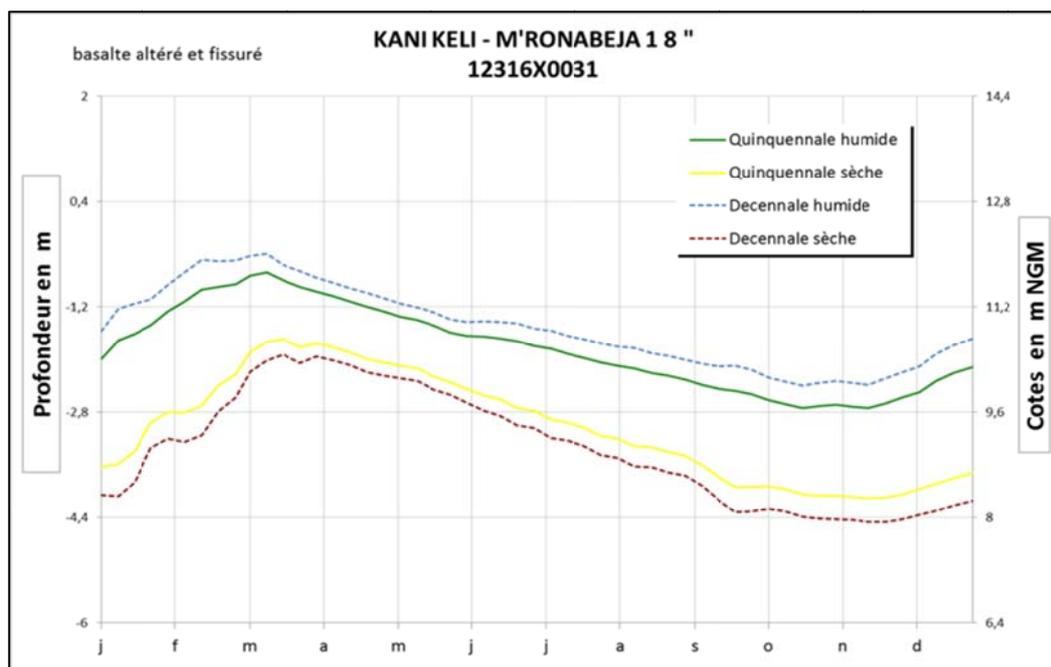


Figure 40 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide, M'ronabéja 1 – 12316X0031

c) Tendance d'évolution

L'allure de la chronique laisse apparaître une baisse significative, environ 2,50 m, du niveau piézométrique moyen annuel entre 1995 et 2001. L'année 2001, année de plus faible pluviométrie sur la période d'étude, présente le niveau piézométrique moyen, le niveau de hautes eaux et le niveau d'étiage les plus bas. Ensuite de 2001 à 2008, on observe une remontée des niveaux qui semble se stabiliser depuis 2009 (cf. Figure 41).

A noter la présence d'un forage d'exploitation pour l'alimentation en eau potable à juste à 120 m au sud-ouest du piézomètre. La mise en exploitation de ce forage ne permet d'expliquer la baisse significative du niveau piézométrique de 1995 à 2001 puisque celle-ci a vraisemblablement démarré en 2006 (cf. Tableau 11, données SOGEA)

	2006	2007	2008	2009	2010
volume prélevé en m3	19469	3065	7504	110	8411

Tableau 11 : volume prélevé par année au niveau du forage AEP de Mronabéja - 12316X0032

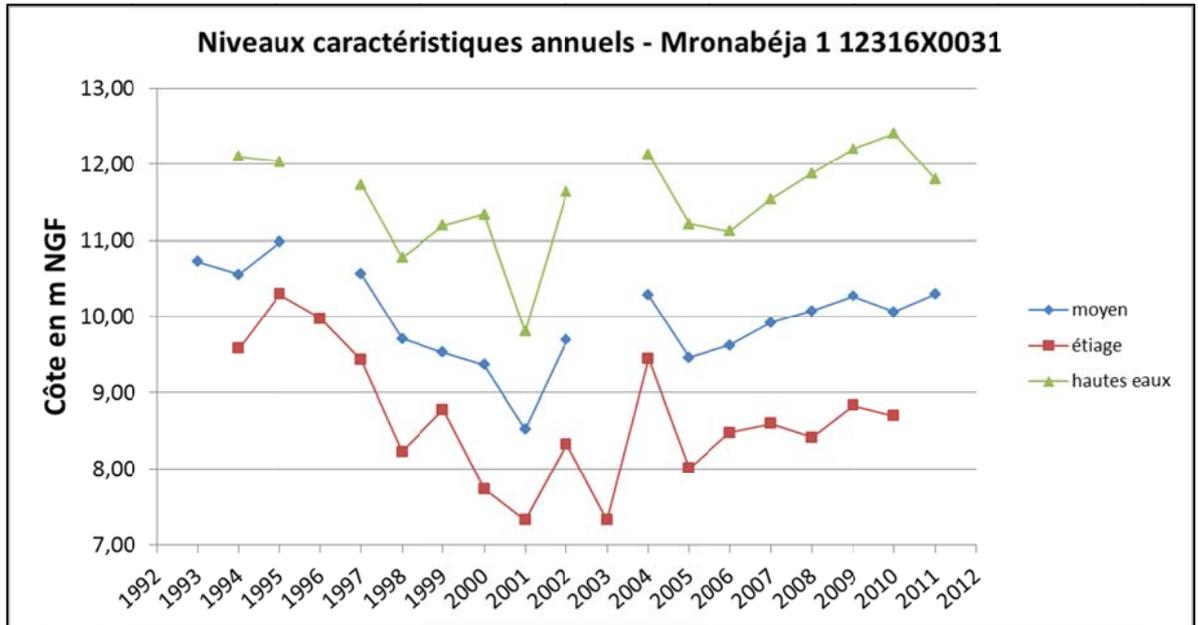


Figure 41 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Mronabéja 1

#### 4.1.12. Béja 2 – 12306X0015/BEJA2

##### Présentation de l'ouvrage

Le forage de Béja 2 est un forage de reconnaissance profond de 57 m équipé comme piézomètre avec un tubage PVC de diamètre 6 pouces. Cet ouvrage est issu de la campagne de forage de reconnaissance/exploitation des eaux souterraines de Mayotte de 1999-2000 (cf. rapport BRGM RP-50428-FR). Sa réalisation s'est opérée du 13 au 22 mars 2000.

Le forage de Béja 2 se situe sur la commune de Mtsangamouji, en bordure droite d'un affluent du Mroni Béja, à environ 1800 m de la côte Ouest de Mayotte. Le forage a été implanté suite aux reconnaissances géologique et hydrogéologique de terrain, suivi d'une campagne géophysique par sondages électriques (Rapport BRGM RP-40750-FR - Mathieu, 1999) et de prospection radon (Rapport BRGM RP-50386-FR - Cruchet et al, 2000). L'accès à la plate-forme se fait à partir d'une piste située à environ 500 m du Carrefour de Soulou (CCTi direction Mtsangamouji) et qui se dirige vers l'intérieur des terres.

Les formations rencontrées sont les suivantes :

- **0 – 11 m** : dépôt pyroclastique épais constitué :
  - de cendres fines beiges mélangées à des colluvions en surface, de 0 à 3 m
  - d'une brèche explosive cendreuse contenant des fragments rocheux centimétriques et des minéraux libres (pyroxène, olivine), de 3 à 8 m -

d'un niveau cendreau riche en pyroxène (de 8 à 11 m) qui se mélange aux alluvions sous-jacentes.

- **11 - 13,5 m** : Alluvions fluviales argileuses à galets polygéniques centimétriques roulés.
- **13,5 – 27 m** : Basalte gris, légèrement vacuolaire à pyroxène et petite olivine.
- **27 - 28,5 m** : Projections scoriacées rouges (scories et lapilli).
- **28,5 - 33 m** : Matériel bréchiq ue argileux, probablement d'origine explosive.
- **33 - 37,5 m** : Alluvions argileuses brunes à galets roulés polygéniques.
- **37,5 - 45 m** : Basalte gris à pyroxène comprenant :
  - une partie supérieure scoriacée de 37,5 à 40 m
  - une partie plus massive de 40 à 45 m
- **45 – 57 m** : dépôt de cendres fines marron à beiges, riche en pyroxène libre et avec des passages riches en débris rocheux (49 et 54 m). ce dépôt d'au moins 12 m d'épaisseur se poursuit très vraisemblablement au-delà du fond du forage.

L'ouvrage est crépiné entre 19,90 et 45,40 m de profondeur. Les horizons captés se composent donc essentiellement de coulées de basaltes avec des niveaux scoriacés intercalés par des niveaux bréchiq ues et alluvionnaires.

Le débit au soufflage mesuré à partir de 51 m de profondeur est de 14 m<sup>3</sup>/h.

Compte tenu de sa productivité médiocre, le forage de Beja 2 n'a fait l'objet que d'un pompage d'essai par paliers de débit (3 paliers de débits de 2,4, 6,0 et 9,0 m<sup>3</sup>/h). Cet essai montre une poursuite du développement au moins pendant les deux premiers paliers et n'est donc pas interprétable (cf. rapport BRGM RP-50428-FR).

Des valeurs de conductivité de l'ordre de 300 µS/cm ont été mesurées en foration à partir de 51 m.

### ***Description et analyse statistiques des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique piézométrique (cf. *Figure 42*) démarre le 26 septembre 2000. Le piézomètre est toujours suivi courant septembre 2012. La fréquence des mesures est hebdomadaire.

Deux lacunes se distinguent sur la chronique, une entre le 6 mars 2002 et le 3 mars 2003, la seconde entre le 30 janvier et le 3 avril 2006.

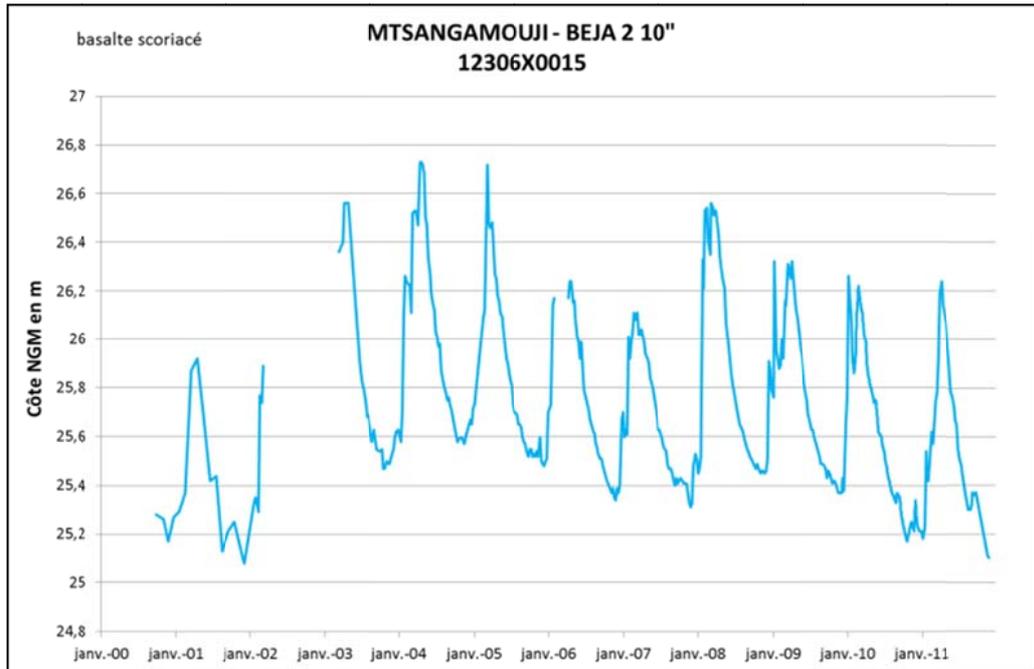


Figure 42 : chronique piézométrique du piézomètre Béja 2 - 12306X0015

b) Analyse des données

Le niveau piézométrique oscille sur l'ensemble de la chronique entre 25,10 et 26,80 m NGM, la moyenne sur l'ensemble des données étant de 25,67 m NGM.

Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 25,40 et 26,04 m NGM (cf. *Tableau 12*).

Les valeurs d'amplitude annuelle s'avèrent plutôt faibles. Elles sont comprises entre 0,80 et 1,24 m. La moyenne est de 1,03 m.

Les cycles piézométriques se décomposent de la manière suivante :

- une période de recharge démarrant courant novembre et se terminant fin mars/ début avril avec une vitesse moyenne de recharge de 0,8 cm/jour. La vitesse de recharge est plus élevée entre janvier et mars, soit en plein cœur de la période de recharge de la nappe ;
- une période de vidange d'avril à novembre avec une vitesse moyenne de vidange de 0,4 cm/jour.

Les valeurs d'amplitude et de vitesse de recharge et vidange sont relativement faibles et se rapproche fortement de celles obtenues pour le piézomètre Mtsangamouji 8".

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de Bandrazia sud (1,2 km au sud) en mm	Pluviométrie de la station de Bandrazia nord (2 km à l'est) en mm
2001	25,40	25,33	0,84	1005	1078
2002	manques de données			1649	989
2003	manques de données			1371	1353
2004	26,04	26,00	1,16	1633	2258
2005	25,82	25,70	1,24	1323	1791
2006	25,71	25,65	0,90	349	1598
2007	25,66	25,60	0,80	813	1486
2008	25,88	25,79	1,11	1518	1883
2009	25,75	25,69	0,95	1141	1492
2010	25,57	25,49	1,09	1105	1440
2011	25,56	25,51	1,14	1840	1572
interannuel	25,67	25,61	1,63	1250	1540
vitesse moyenne de recharge (cm/j)				0,8	
vitesse maximum de recharge (cm/j)				1,3	
vitesse minimum de recharge (cm/j)				0,3	
vitesse moyenne de vidange (cm/j)				0,4	

Tableau 12 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Béja 2 - 12306X0015

Les niveaux statistiques (5 ans sec et humide) reposent sur 9 années pour lesquelles les données piézométriques sont disponibles (cf. Figure 43). Cette période demeure courte : les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont donc sujet à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

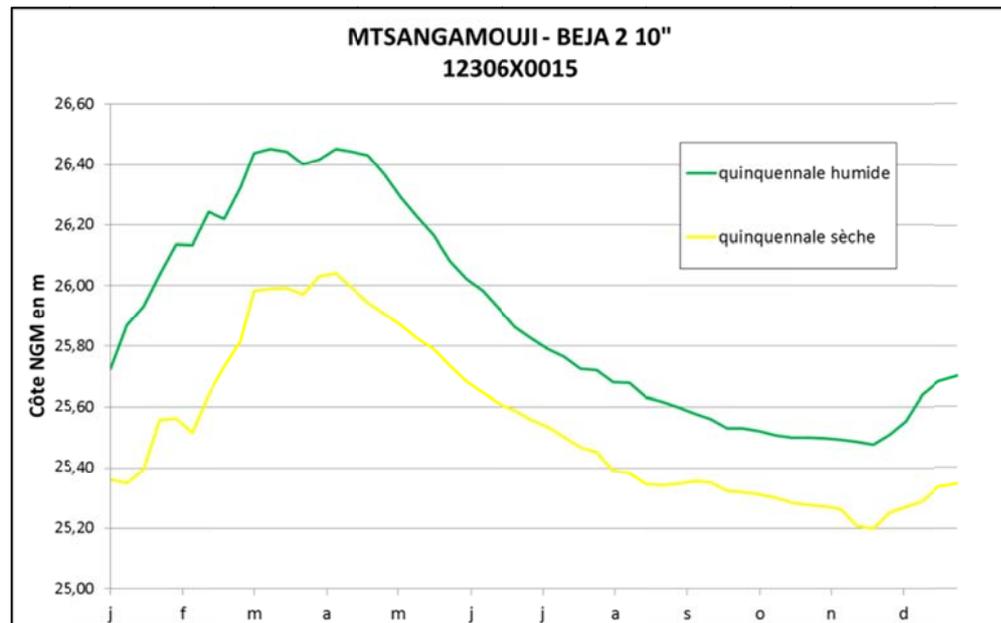


Figure 43 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Béja 2 – 12306X0015

### c) Tendances d'évolution

Après avoir écarté les données de 2001 et de 2002, la chronique piézométrique (cf. Figure 42) ainsi que la Figure 44 montrent une tendance générale à la baisse du niveau piézométrique.

De 2004 à fin 2007, s'observe une baisse régulière du niveau piézométrique moyen annuel et des niveaux d'étiage et de hautes-eaux. Le niveau piézométrique moyen annuel enregistre une baisse d'environ 40 cm (cf. Tableau 12).

L'année 2008 enregistre une hausse des niveaux (moyen, étiage et hautes-eaux) qui s'avèrera brève puisque s'en suit une nouvelle baisse des niveaux piézométriques jusqu'en 2011. À noter qu'à partir de 2010 la tendance à la baisse semble s'estomper (cf. Figure 44).

Le signal piézométrique de ce piézomètre semble suivre une évolution similaire à celle du piézomètre Mtsangamouji 8" induisant une influence de l'exploitation de l'eau souterraine des forages Mtsangamouji 1 et Mtsangamouji 2 sur le signal. Le forage AEP Béja 1 (12306X0014) situé à 300 m au sud du piézomètre Béja 2 a été mis en exploitation en 2010 et pourrait lui aussi influencer l'évolution du niveau piézométrique. Ces éléments appuient l'hypothèse d'une connexion entre l'ensemble de ces ouvrages : Mtsangamouji, Mtsangamouji 2, Béja 1, Béja 2 et Mtsangamouji 8".

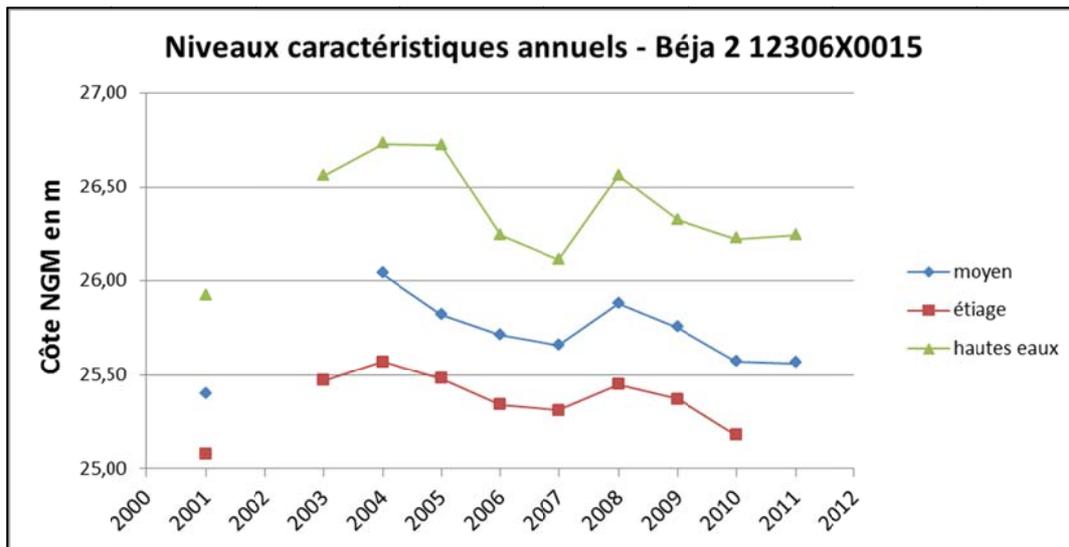


Figure 44 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Béja 2

#### 4.1.13. Kwalé 2 – 12307X0023/Koual2

##### Présentation de l'ouvrage

Le forage de Kwalé 2 est un forage de reconnaissance profond de 70 m équipé comme piézomètre. Cet ouvrage est issu de la campagne de forage de reconnaissance/exploitation des eaux souterraines de Mayotte de 1999-2000 (cf. rapport BRGM RP-50428-FR). Sa réalisation s'est opérée du 28 août au 7 septembre 2000. L'ouvrage a été remblayé entre 50 et 70 m de profondeur. Il est équipé d'un tubage PVC de diamètre 6 pouces crépiné entre 35,20 et 49,15 m de profondeur.

Le forage de Kwalé 2 se situe sur la commune de Mamoudzou en bordure du Mro Kwalé, à 75 m d'altitude. Il se trouve à environ 3 km de la côte Est. Ce forage a été implanté suite aux reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain et à une campagne de prospection radon (Rapport BRGM RP-50386-FR - Cruchet et al, 2000). Pour accéder à la plate-forme à partir de la RN 2 entre Mamoudzou et Tsoundzou 2, prendre la direction du village de Kwalé (100 m après la sortie de Tsoundzou I), puis suivre la piste jusqu'au camp de la Légion étrangère. Le forage se trouve en bout de piste à 1300 m environ du camp.

Les formations rencontrées sont les suivantes :

- **0 - 1 m** : Colluvions et cendres.
- **1 - 7,5 m** : Cendres fines litées de couleur beige à fragments rocheux altérés.
- **7,5 – 22,5 m** : Basalte sombre à olivine, feldspath et pyroxène. Cette coulée comprend :

- de 7,5 à 13 m, une partie supérieure légèrement altérée (altération superficielle sur quelques mm à 1 cm) - de 13 à 19.5 m, un cœur de coulée scoriacé caractérisé par la présence abondante de zéolite globuleuse dans les vacuoles et d'olivine altérée
  - 19,5 à 22.5 m, une partie en gratons zéolitisée
- **22,5 - 35,5 m** : Basalte gris, très riche en pyroxène et olivine (40% de la roche environ) comprenant :
- de 22,5 à 27 m : une partie en gratons,
  - de 27 à 29,5 m : une partie plus compacte légèrement fissurée avec présence de placage de zéolite et traces d'oxydation brune dans les fissures,
  - de 29,5 à 35.5 m : partie scoriacée se terminant par une couche de gratons de 1 m d'épaisseur.
- **35,5 - 46,5 m** : Basalte gris à pyroxène et olivine (20 à 30 % de la roche). Cette coulée comprend :
- de 35,5 à 40,5 m, une partie scoriacée avec présence de zéolite dans les vacuoles
  - de 40.5 à 44,5 m, une partie plus massive, fissurée, caractérisée par la présence de placages de zéolite blanche, de traces d'oxydation brune et d'olivines iddingsitisées
  - de 44,5 à 46,5 m, une partie basale en gratons, zéolitisée.
- **46,5 - 67,5 m** : Basalte sombre, riche en pyroxène (50% de la roche) et olivine et contenant de rares phénocristaux de feldspath. Il s'agit d'une coulée scoriacée présentant une couche de gratons d'une cinquantaine de cm en surface. Elle est le siège d'une zéolitisation importante.
- **67,5 – 70 m** : Basalte à pyroxène olivine et feldspath présentant une altération métrique à décimétrique.

Le suivi des venues d'eau montre que le débit à l'avancement est très modeste (inférieur à 5 m<sup>3</sup>/h) et que les premières arrivées d'eau surviennent vers 35 m au sein de la série basaltique. Les mesures suggèrent une légère augmentation du débit vers 45 m. qui pourrait correspondre avec un niveau de gratons.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

Le suivi de ce piézomètre a démarré le 27 septembre 2000 et continue courant septembre 2012. La chronique n'affiche aucune lacune de données et aucune mesure aberrante ou anormale n'a été identifiée. La fréquence de mesure est hebdomadaire depuis fin janvier 2002 ; avant cette date elle était mensuelle.

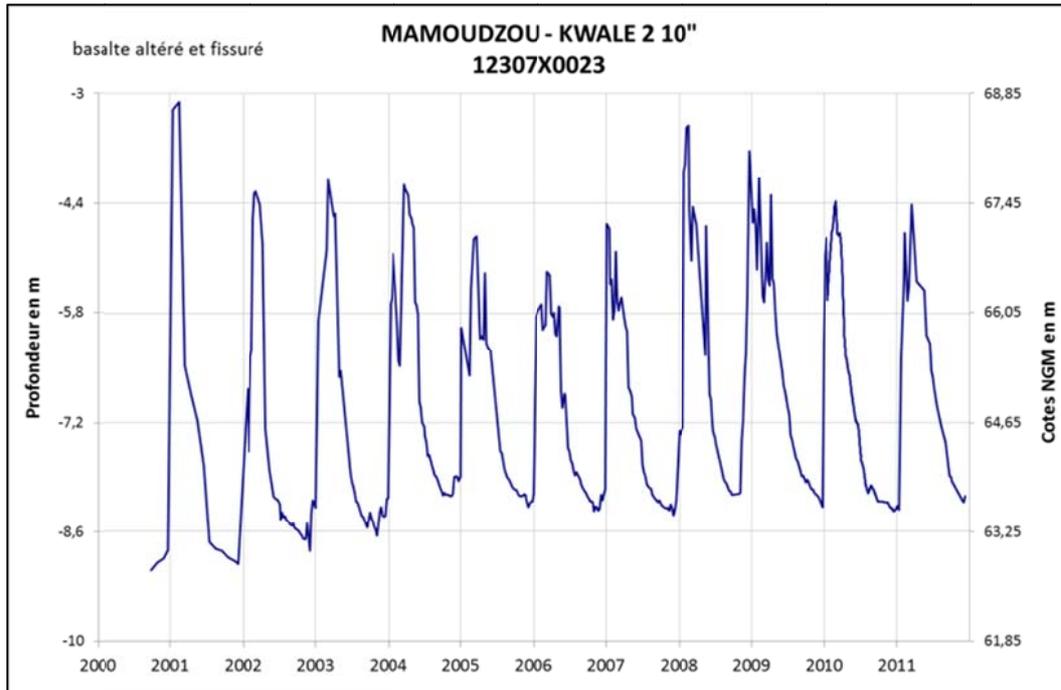


Figure 45 : chronique piézométrique du forage Kwalé 2 - 12307X0023

#### b) Analyse des données

Les résultats figurant *Tableau 13* indiquent une faible variabilité du niveau piézométrique moyen d'année en année, le minimum étant de 64,13 m NGM et le maximum de 65,39 m NGM.

Les courbes en années humides indiquent une période de recharge de novembre à février et une amplitude d'environ 4 m. Les courbes en année sèche, quant à elles, font état d'une recharge de décembre à mars et d'une amplitude d'environ 2 m.

La vitesse moyenne de recharge est de 4,3 cm/jour et la vitesse moyenne de vidange est de 1,6 cm/jour. Ces vitesses s'avèrent relativement élevées par comparaison avec les vitesses calculées sur l'ensemble du parc piézométrique.

L'aquifère capté par le piézomètre Kwalé 2 paraît donc fortement réactif.

11 années de mesure sont disponibles pour l'élaboration de niveaux statistiques, ce qui demeure court. En conséquence, les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont sujets à une évolution au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Kwalé (mm)
2001	64,52	63,60	5,92	947
2002	64,13	63,47	4,60	2215
2003	64,18	63,57	4,56	1417
2004	65,05	64,40	3,99	2049
2005	64,65	63,97	3,47	971
2006	64,66	64,08	3,07	1953
2007	64,71	64,10	3,73	1336
2008	65,39	64,62	4,73	2248
2009	65,18	64,95	4,22	1435
2010	64,81	64,15	3,97	1349
2011	64,79	64,50	3,90	1857
<b>interannuel</b>	<b>64,78</b>	<b>64,14</b>	<b>6,00</b>	<b>1616</b>

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	4,3
vitesse maximum de recharge (cm/j)	6,4
vitesse minimum de recharge (cm/j)	2,6
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,6

Tableau 13 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kwalé 2 – 12307X0023/Koual2

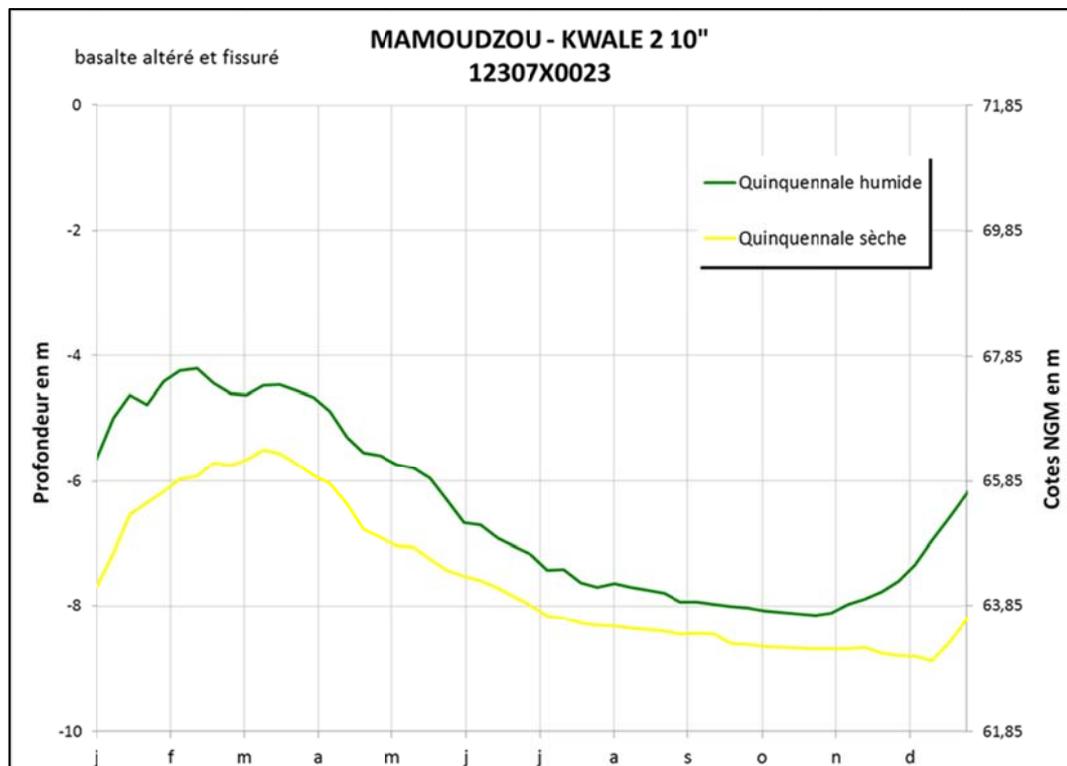


Figure 46 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux et sec et humide

c) Tendance d'évolution

La chronique laisse apparaître une certaine stabilité dans le signal comme le montre les niveaux piézométriques moyens calculés qui sont compris entre 64,13 et 65,39 m NGM (cf. *Figure 47*). Cependant, il faut noter que les niveaux piézométriques moyens pour les années 2001, 2002 et 2003 sont tout de même légèrement plus faibles. De plus, on remarque une remontée des niveaux d'étiage de 2000 à 2004 de l'ordre de 50 cm environ. A partir de 2004, les niveaux d'étiages se stabilisent. Ce comportement présente des similitudes avec le signal piézométrique des ouvrages Combani 1, Combani 2 et Tsingoni, ouvrages captant une nappe dont le comportement serait influencé par la mise en service de la retenue collinaire de Combani. Par conséquent, malgré l'éloignement géographique du piézomètre Kwalé 2 à la retenue collinaire, se pose l'hypothèse d'une influence de la retenue collinaire sur la nappe captée par le piézomètre.

Un autre élément marquant concerne la diminution progressive et régulière de l'amplitude du cycle annuel entre 2001 et 2006. Cette amplitude annuelle ré-augmente jusqu'en 2008 (année de forte pluviométrie) pour ensuite repartir à la baisse.

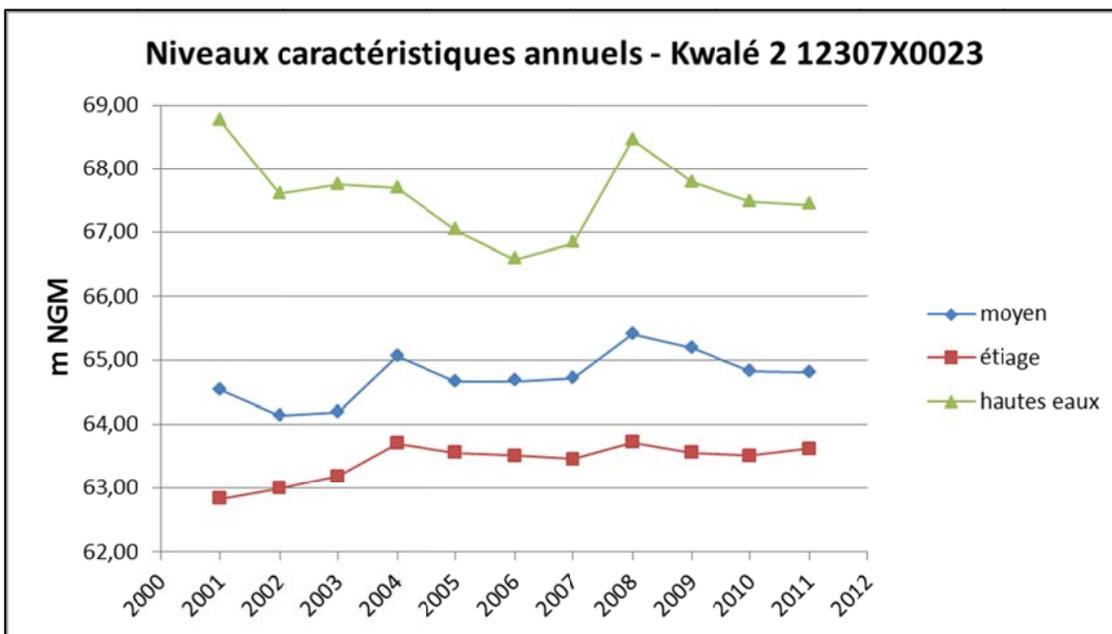


Figure 47 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Kwalé 2

**4.1.14. Mréréni 1 – 12312X0034/Mréré1**

**Présentation de l'ouvrage**

Le forage de Mréréni 1 est un forage de reconnaissance profond de 70 m qui a été alésé et équipé en tant que piézomètre. Cet ouvrage est issu de la campagne de forage de reconnaissance/exploitation des eaux souterraines de Mayotte de 1999-2000

(cf. rapport BRGM RP-50428-FR). Sa réalisation s'est opérée du 2 au 13 mai 2000. Il est équipé d'un tubage PVC de diamètre 6 pouces crépiné entre 41 et 49 m de profondeur.

Le forage de Mréréni 1 se situe sur la commune de Bouéni à 1 km environ à l'Est du village de Mréréni et à 1150 m de la côte Ouest de Mayotte. Le forage a été implanté suite aux reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain, suivie d'une campagne géophysique par sondages électriques (Rapport BRGM R 40750 - Mathieu, 1999) et de prospection radon (Rapport BRGM RP-50386-FR - Cruchet et al, 2000). L'accès à la plate-forme se fait à partir du CCT 5 (direction Mréréni - Chirongui), puis on prend la piste sur la gauche 50 m après le premier pont à la sortie du village de Mréréni Bé. Le forage se trouve à droite de la piste, à 150 m environ du CCT 5.

Les formations rencontrées sont les suivantes :

- **0 - 1 m** : Colluvions argileuses.
- **1 - 8,5 m** : Cendres indurées à débris rocheux altérés. On peut distinguer :
  - de 1 à 5,5 m : cendres rouges-brique indurées
  - de 5,5 à 8,5 m : cendres rouges-brique riches en fragments rocheux altérés de basalte à olivine.
- **8,5 - 11 m** : Brèche explosive argileuse. Ce niveau est constitué de blocs de basalte à pyroxène sombres pris dans une matrice argileuse, probablement cendreuse.
- **11 - 40 m** : Basalte zéolitisé à Olivine et Pyroxène. Cette coulée comprend :
  - de 11 à 30 m : une partie très altérée
  - de 30 à 40 m : une partie fissurée caractérisée par la présence d'un tapissage de zéolite et des traces d'oxydation le long des fissures.
- **40 - 70 m** : Basalte riche en Pyroxène. Il s'agit d'une coulée scoriacée, altérée, zéolitisée et comportant des traces d'oxydation importantes.

La caractéristique géologique principale rencontrée sur ce forage est la présence d'une altération hydrothermale relativement poussée.

Le suivi des venues d'eau indique que le débit à l'avancement est relativement modeste : 10 m<sup>3</sup>/h environ au total. Cette faible productivité serait liée à une altération poussée, essentiellement d'origine hydrothermale, ayant colmaté les niveaux fissurés voire fracturés des formations basaltiques potentiellement aquifères. Ces caractéristiques hydrogéologiques médiocres ont conduit à l'équiper comme piézomètre.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique démarre le 26 septembre 2000. Le piézomètre est toujours suivi courant septembre 2012 par la DEAL. Une lacune dans la série de données s'étend du 26 mars 2002 jusqu'au 5 mars 2003. L'ensemble des données semble tout à fait valide.

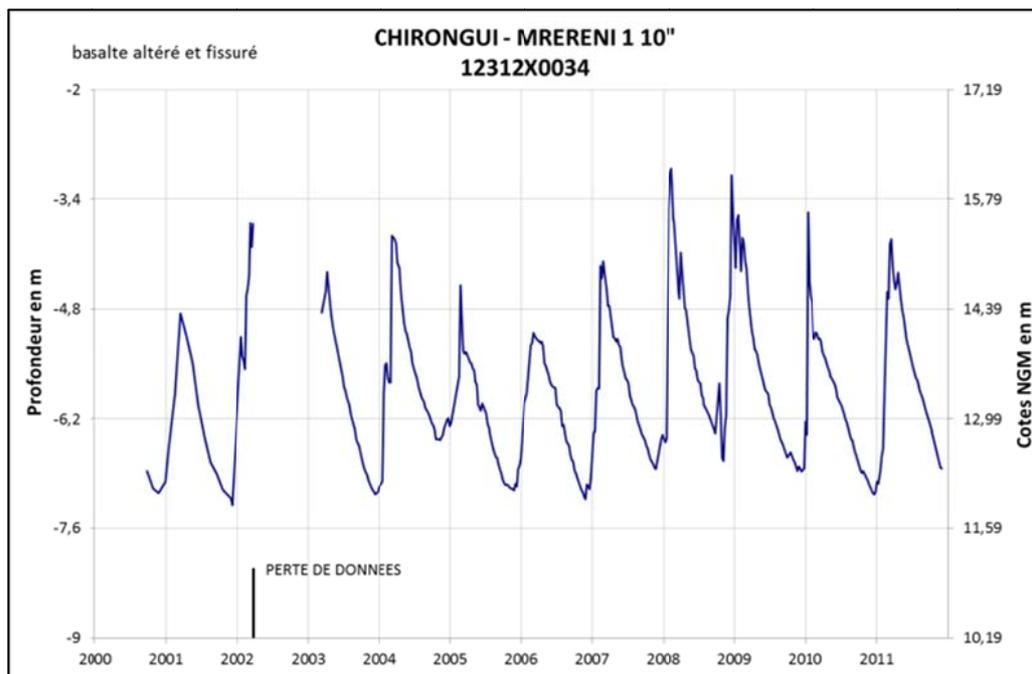


Figure 48 : chronique piézométrique du piézomètre Mréréni 1 - 12312X0034/Mréré1

b) Analyse des données

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de Mtsamoudou (mm)
2001	12,89	12,71	2,45	968
2002	manque de données			1607
2003	manque de données			1072
2004	13,53	13,41	3,15	1445
2005	12,88	12,83	2,62	1334
2006	13,01	13,11	2,12	2230
2007	13,38	13,23	2,65	1490
2008	13,96	13,62	3,73	3189
2009	13,49	13,30	3,27	1761
2010	13,24	13,23	3,59	1258
2011	13,66	13,58	3,11	1781
interannuel	13,34	13,19	4,30	1648

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	4,1
vitesse maximum de recharge (cm/j)	9,4
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,9
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,0

Tableau 14 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Mréréni 1 - 12312X0034/Mréré1

Le niveau piézométrique fluctue entre 11,90 et 16,20 m NGM, ce qui correspond à des profondeurs de nappe comprises entre -3 et -7,3 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels varient de 12,89 m NGM (année 2005) à 13,96 m NGM (année 2008).

La moyenne des amplitudes annuelles est de 2,97 m, valeur légèrement supérieure à la moyenne calculée sur l'ensemble du parc piézométrique.

La *Figure 49* nous montre que les cycles piézométriques se découpe de manière différente selon les années sèches et les années humides. En année humide on observe une recharge de l'aquifère de début novembre à février/début mars alors qu'en année sèche la recharge démarre en décembre pour se terminer début mars.

La vitesse moyenne de recharge sur l'ensemble des cycles est de 4,1 cm/jour avec une vitesse maximale particulièrement élevée de 9,4 cm/jour enregistrée sur la période de recharge 2009/2010.

La vitesse moyenne de vidange de l'aquifère est de 1 cm/jour. La *Figure 49* montre une stabilité de cette vitesse tout le long de la phase de décroissance.

Ces valeurs de vitesse indiquent que l'aquifère est très réactif en saison des pluies, permettant une recharge rapide de l'aquifère. Cette réactivité doit être liée à la nature des horizons sus-jacents de l'aquifère, mais surtout à la géomorphologie de la zone qui est de type « plaine alluviale », ce qui favorise une infiltration des précipitations.

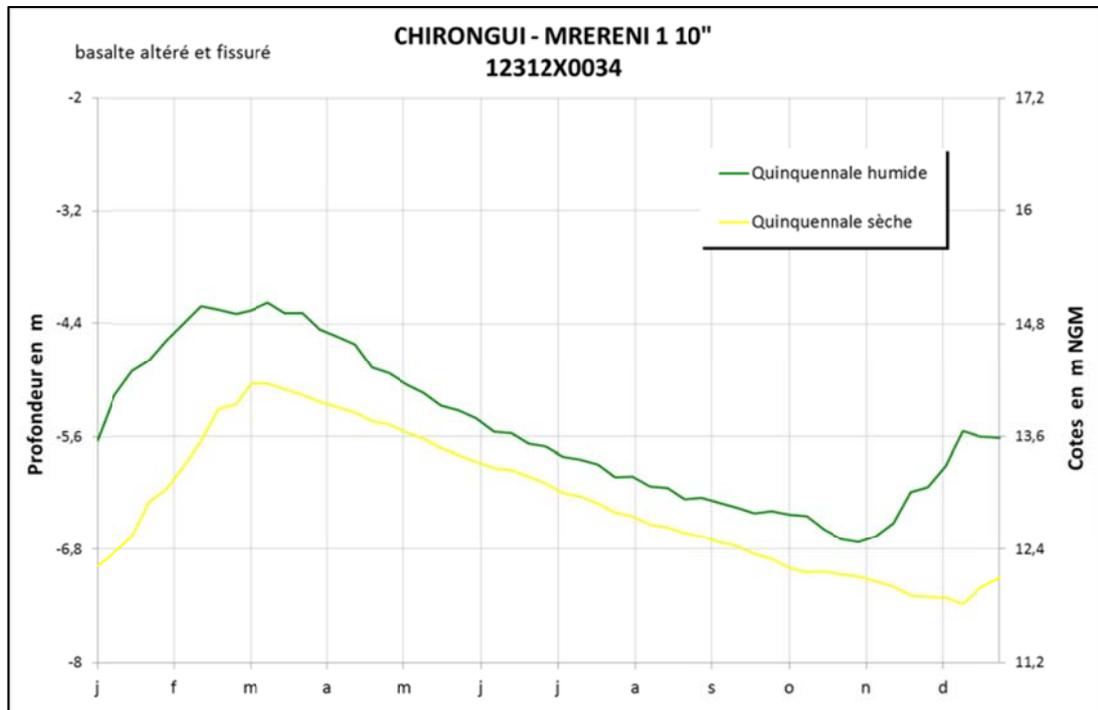


Figure 49 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide, piézomètre Mréreni 1 – 12312X0034

c) Tendance d'évolution

Aucune tendance significative ne se distingue sur la chronique piézométrique. On observe seulement des valeurs plus élevées des niveaux d'étiage et de hautes eaux pour les années 2008 et 2009 qui s'expliquent par les fortes précipitations survenues ces années-là notamment en 2008 avec plus de 3000 mm.

#### 4.1.15. Kawéni 1 10" - 12307X0019

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le forage de Kawéni 1 est un forage de reconnaissance de 47 m de profondeur équipé en piézomètre d'observation réalisé en novembre/décembre 1999. Il se situe sur la commune de Mamoudzou, à environ 1400 m de la côte Est. L'accès à la plateforme se fait à partir de la RN 1 au niveau de la Z.I. de Kawéni en prenant la piste face à l'entrée du Parc de l'Équipement.

L'ouvrage a été réalisé essentiellement au tricône Q> 12"1/4 à la boue en circulation directe. Il est équipé d'un tubage PVC de diamètre 6 pouces crépiné de 9 à 20 m et de 26 à 46 m.

La coupe géologique de l'ouvrage met en évidence une phase de remplissage alluvionnaire qui se traduit par la mise en place d'alluvions fluviales (limons, gravillons et sables polygéniques) sur une trentaine de mètres d'épaisseur, entre 7 et 36 m. Ces formations reposent sur un substratum basaltique. Cette limite est marquée par une courte phase érosive caractérisée par l'altération superficielle de la coulée de basalte à olivine. Les alluvions ont été recouvertes par des dépôts pyroclastiques superficiels caractérisant un épisode explosif récent.

Les terrains traversés sont perméables. L'aquifère capté se caractérise par la superposition d'alluvions et de laves basaltiques. Compte-tenu des méthodes de foration mises en œuvre (tricône) et des terrains recoupés, le forage n'a pas fait l'objet de mesure du débit à l'avancement.

Une mesure de la conductivité des eaux en fin de foration indique une valeur d'environ 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Un essai de puits ainsi qu'un essai de nappe ont été réalisés. L'essai de puits a permis de déterminer les coefficients de perte de charge :

- Coefficient de perte de charge linéaire :  $0,03 \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})$
- Coefficient de perte de charge quadratique :  $2.8.10^{-4} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$

L'interprétation du pompage d'essai à débit constant, à l'aide d'une solution de Theis (cf. *Figure 50*) permet d'obtenir un ajustement avec une transmissivité d'une valeur égale à  $6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

PARAMETRES DE L'AJUSTEMENT				
Méthode d'interprétation : THEIS				
Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	Coefficient d'emmagasinement	Rayon d'observation (m)	Coefficient de P.d.C quadratiques (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	Skin
7,00E-03	1,30E-03	1,33E+01		
Effet de vidange : Non			Effet de capacité : Non	
LIMITE L1			LIMITE L2	

Figure 50 : paramètres d'ajustement pour l'interprétation de l'essai de nappe réalisé sur le piézomètre Kawéni 1 10"

### Description et analyses des données piézométriques

#### a) Données disponibles

Les données disponibles démarrent le 13 mars 2003. Le suivi de ce piézomètre se poursuit courant 2012. Comme le montre la Figure 51 une lacune importante dans la série de données s'étend de fin 2004 à début 2009 (problème avec le propriétaire de la parcelle). L'ordre de grandeur des profondeurs mesurées avant 2005 diffère fortement des valeurs mesurées de 2009 à 2012. Ceci conduit à s'interroger sur leur validité. On peut citer en particulier la période de remontée brutale d'environ 3 m du niveau piézométrique entre les mesures successives du 30 décembre 2003 et du 13 janvier 2004. L'existence des pompages pour l'eau potable (Kawéni F2 est à 400 m) pourrait le cas échéant expliquer les écarts constatés. Si les pompages ne peuvent expliquer les faibles niveaux, des erreurs de mesures et/ou de saisies sont à envisager.

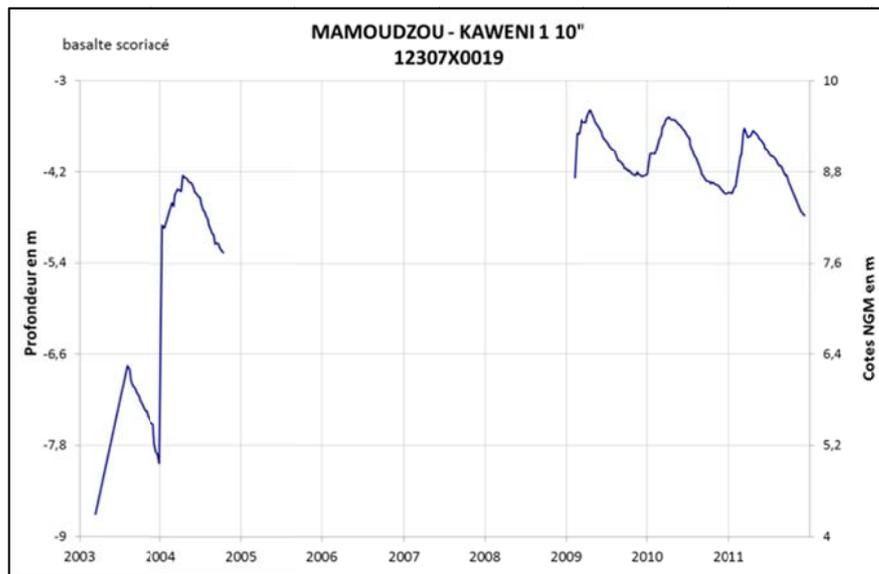


Figure 51 : chronique piézométrique du piézomètre Kawéni 1 10'' - 12307X0019

Compte-tenu des doutes existant sur les données antérieures à 2005, seules les données postérieures à 2009 ont été utilisées par la suite (cf. Figure 52).

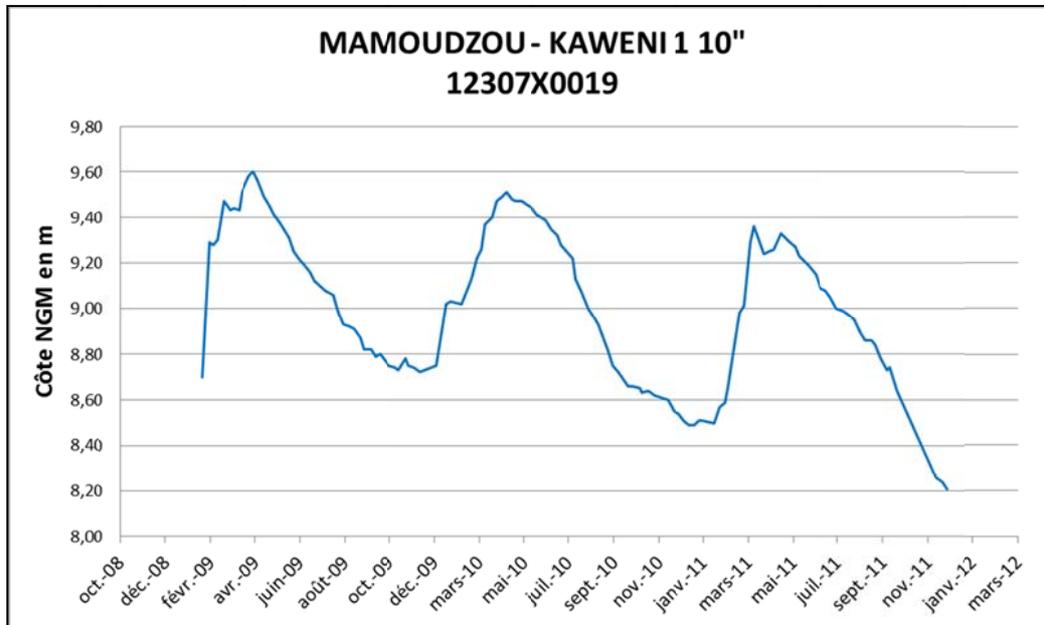


Figure 52 : chronique piézométrique validée, piézomètre Kawéni 1 10'' - 12307X0019

b) Analyse des données

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station de la Convalescence (mm)
2009	9,10	9,12	0,90	2089
2010	9,02	9,03	1,02	1592
2011	8,92	8,98	1,15	1664
<b>interannuel</b>	<b>9,02</b>	<b>9,02</b>	<b>1,39</b>	

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,8
vitesse maximum de recharge (cm/j)	1,0
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,7
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,4

Tableau 15 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kawéni 1 10'' - 12307X0019

Pour ces trois années de suivi, le niveau piézométrique moyen annuel est compris entre 8,92 et 9,10 m NGM avec la valeur maximale pour l'année 2009 et minimale pour l'année 2011.

Les valeurs d'amplitude annuelle varient de 0,90 à 1,15 m NGM.

La chronique indique que la recharge s'effectue grossièrement de fin décembre/début janvier à avril avec une vitesse moyenne de remontée du niveau piézométrique de 0,8 cm/jour. La décroissance s'opère le reste de l'année avec une vitesse moyenne de vidange de 0,4 cm/jour.

c) Tendances d'évolution

La *Figure 52* montre que les mesures effectuées de 2009 à 2011 s'inscrivent dans un cycle de baisse du niveau piézométrique. Cette baisse s'avère régulière de l'ordre de 10 cm par an au regard du niveau piézométrique moyen annuel (cf. *Tableau 15*).

La *Figure 53* montre que cette baisse affecte à la fois le niveau piézométrique moyen annuel, le niveau d'étiage et le niveau de hautes-eaux. A noter que le niveau d'étiage apparaît plus affecté par cette tendance avec une baisse de l'ordre de 25 cm/an.

L'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer cette baisse du niveau de la nappe correspond à l'exploitation de l'aquifère de Kawéni pour l'Alimentation en Eau Potable de la commune de Mamoudzou. Cette exploitation se fait au niveau de trois forages (cf. *Figure 54*) situés à proximité des piézomètres Kawéni 1 10" (12307X0019) et Kawéni 1 8" (12307X001), ils sont les suivants :

- Kawéni F1 – 12307X0013 mis en exploitation en 1991 avec un débit de pompage de 15 m<sup>3</sup>/h,
- Kawéni F2 – 12307X0014 mis en exploitation en 1991 avec un débit de pompage de 15 m<sup>3</sup>/h,
- Kawénilajoli – 12307X0021 mis en exploitation en 2004 avec un débit de pompage de 30 m<sup>3</sup>/h.

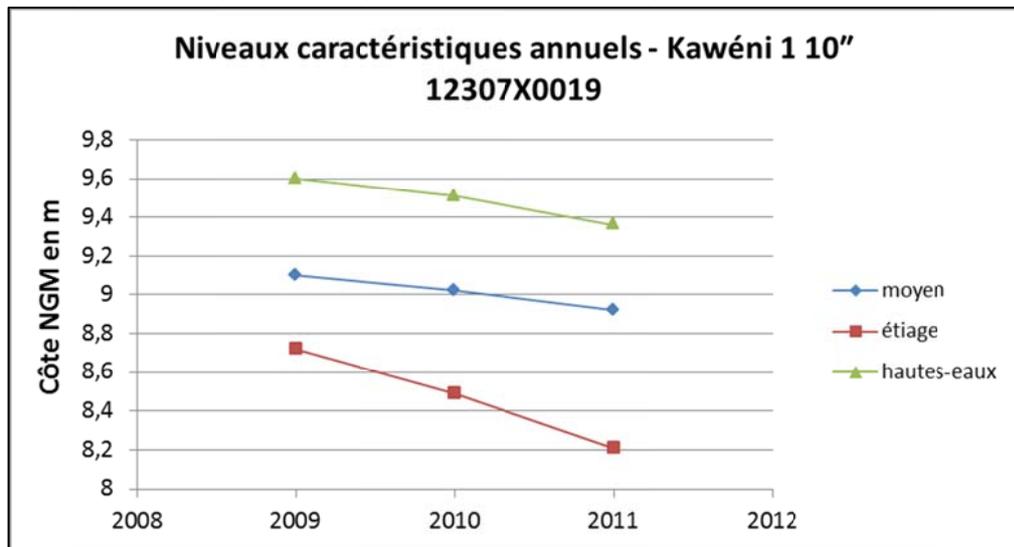


Figure 53 : évolution des niveaux piézométriques de référence, piézomètre Kawéni 1 10" - 12307X0019

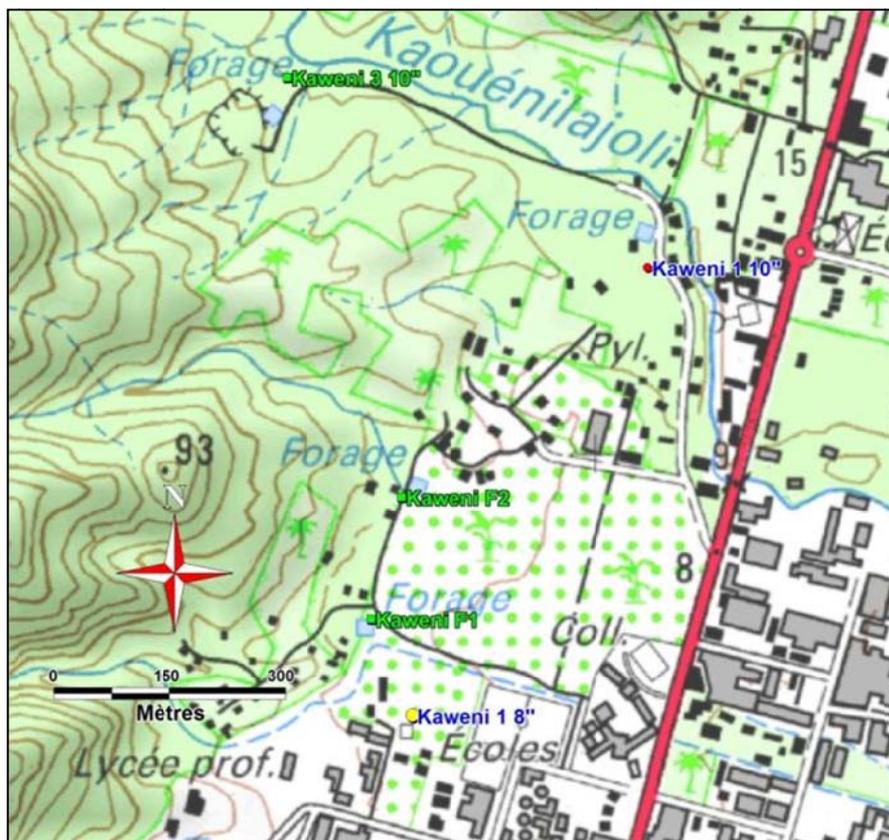


Figure 54 : localisation des forages AEP et des piézomètres captant l'aquifère de Kawéni

Le signal piézométrique du piézomètre Kawéni 1 8" affiche également une tendance à la baisse de 1992 à aujourd'hui. D'autres hypothèses issues du rapport BRGM/RP-56773-FR, A. Malard et al. (2008) pouvant expliquer cette baisse sont exposées dans le §4.2.4.

#### 4.1.16. Poroani 10" - 12312X0050

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le forage de Poroani est un ouvrage de 72 m de profondeur équipé en piézomètre d'observation. Il a été réalisé dans le cadre de la campagne 2001-2003 du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte (BRGM/RP-52689-FR).

L'ouvrage a été réalisé au marteau fond de trou, diamètre 15 pouces sur les 72 mètres. Il est équipé de tubages PVC, diamètre 10 pouces, crépinés de 22,5 à 63,25 m de profondeur.

L'ouvrage se situe au Nord-Est du village de Poroani, sur la commune de Chirongui, en rive gauche de Mroni Bé. L'accès à la plate-forme se fait à partir d'une piste qui débute dans la partie haute du village de Poroani.

Le forage recoupe une succession de formations volcaniques (coulée(s) de lave altérée(s), brèches pyroclastiques) reposant sur un substratum alluvionnaire d'épaisseur pluri-décamétrique.

Des niveaux perméables aux propriétés hydrodynamiques médiocres ont été identifiés à 29 m de profondeur, à la base des brèches pyroclastiques, et également à 33, 59 et 66 m de profondeur au sein des alluvions. Le forage se caractérise par une très faible productivité : un débit inférieur à 2 m<sup>3</sup>/h a été mesuré lors des opérations de nettoyage.

Un log de conductivité a été réalisé le 18/08/2003. On constate une légère augmentation de la conductivité de 425 à 460 µS/cm environ, au droit des crépines et de la première venue d'eau (29 m/sol). De 30 à 65 m de profondeur, la conductivité décroît très légèrement, passant de 450 à 440 µS/cm.

### ***Description et analyses des données piézométriques***

#### **a) Données disponibles**

Le suivi du piézomètre, qui se poursuit courant septembre 2012, a débuté le 19 novembre 2003. Aucune lacune n'est à recenser dans la chronique. Cependant, deux zones apparaissent douteuses :

- la remontée brutale en septembre/octobre 2008, remontée d'environ 50 cm du niveau piézométrique correspondant à deux mesures effectuées le 24 septembre et le 16 octobre respectivement égales à 8,32 et 7,80 m de profondeur. Cette remontée apparaît spectaculaire et semble anormale étant donné que la pluviométrie enregistrée aux stations d'Ongoujou et de Mtsamoudou ne révèle pas d'épisode pluvieux très important.
- un niveau d'étiage relativement bas par rapport à l'ensemble de la chronique durant l'année 2006 que les données de pluviométrie ne semblent pas justifier (cf. *Tableau 16*). Cependant, plus d'une dizaine de mesures manuelles caractérisant cet étiage, il semble improbable que l'ensemble de ces mesures soient fausses.

Ces deux parties de la chronique seraient donc à vérifier.

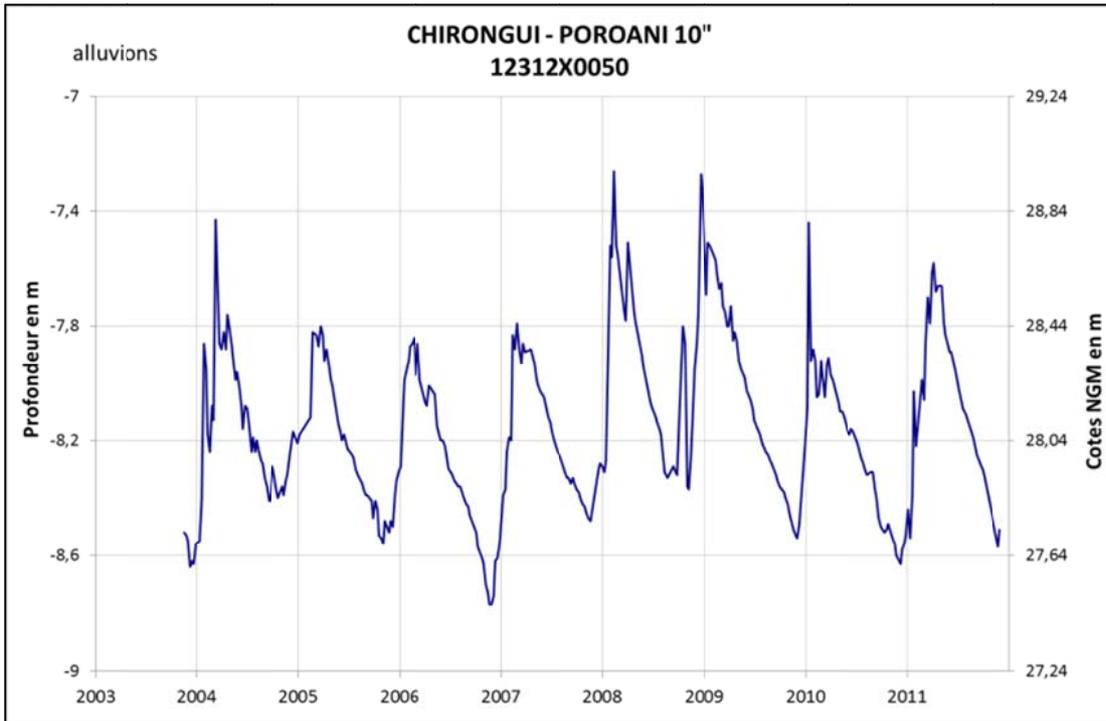


Figure 55 : chronique piézométrique du piézomètre Poroani 10'' - 12312X0050

#### b) Analyse des données

Sur l'ensemble de la chronique, le signal piézométrique varie entre 27,50 et 29 m NGM.

Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 27,94 (année 2006) et 28,29 m NGM (année 2008). Cet intervalle de seulement 35 cm traduit une réelle stabilité du signal depuis 2004.

Les valeurs d'amplitude annuelle sont relativement faibles avec un minimum de 0,69 m et un maximum de 1,19 m.

Les niveaux statistiques (5 ans sec et humide) reposent sur 8 années pour lesquelles les données piézométriques sont disponibles (cf. Figure 56). Cette période demeure courte : les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont donc sujet à une évolution le cas échéant importante au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station d'Ongoujou à 5,5 km au nord (mm)
2004	28,10	28,05	1,12	1463
2005	28,00	27,96	0,76	1766
2006	27,94	27,92	0,93	1691
2007	28,06	28,00	0,69	1933
2008	28,29	28,24	1,11	2340
2009	28,18	28,15	1,03	1278
2010	28,03	28,07	1,19	1111
2011	28,19	28,20	0,99	1769
interannuel	28,08	28,05	1,51	1669

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	1,2
vitesse maximum de recharge (cm/j)	2,6
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,4
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,4

Tableau 16 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Poroani 10" - 12312X0050

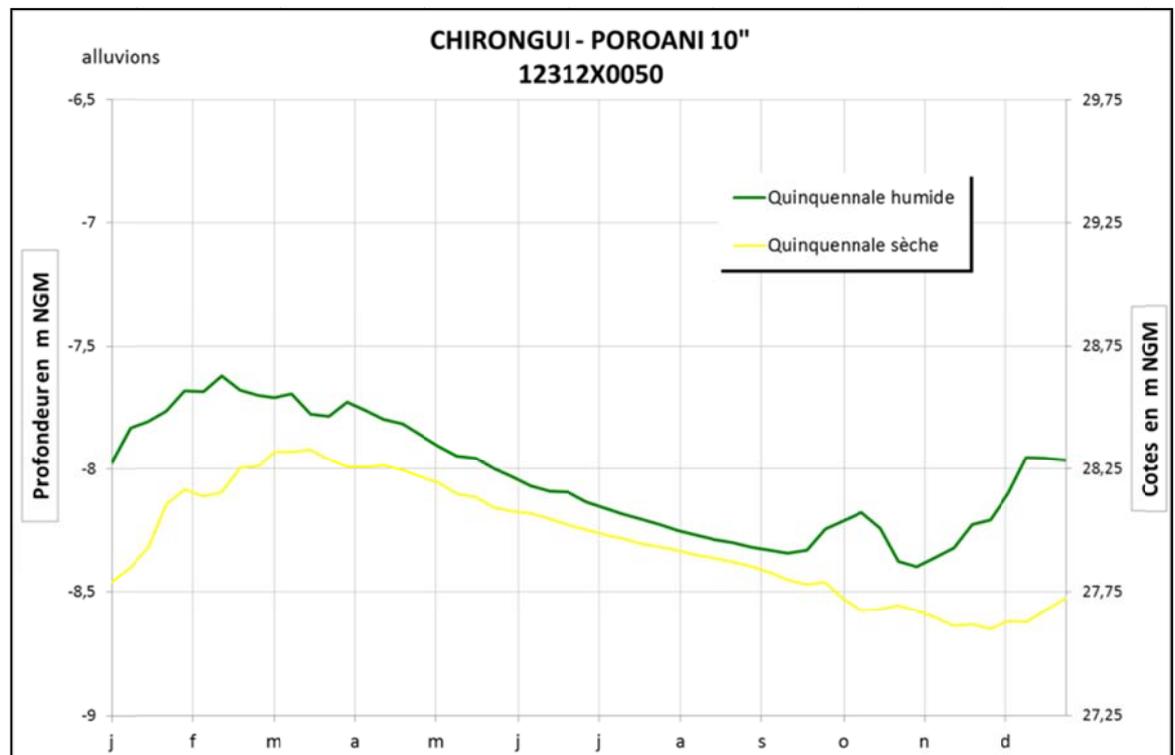


Figure 56 : courbes des niveaux statistiques décennaux et quinquennaux, piézomètre Poroani 10"

Les cycles piézométriques se découpent de manière différente selon que l'on rencontre une année sèche ou une année humide (cf. *Figure 56*).

En année humide, on observe une remontée du niveau de la nappe de novembre à février et en année sèche celle-ci s'effectue de décembre à mars. La vitesse moyenne de remontée est de 1,2 cm/jour. La vitesse moyenne de vidange est de 0,4 cm/jour.

Ces valeurs de vitesse sont faibles comparativement à celles enregistrées sur d'autres piézomètres. Il en va de même pour les données d'amplitude et de variation du niveau piézométrique moyen.

#### c) Tendance d'évolution

Aucune tendance significative ne se dégage de la chronique piézométrique. On remarque tout de même que les années 2008 et 2009 se distinguent par des niveaux piézométriques supérieurs en comparaison aux autres années. Ceci est étroitement lié à la pluviométrie élevée de 2007 et 2008 ayant permis une recharge importante de l'aquifère.

#### **4.1.17. Dembéni haut – 12313X0034**

##### ***Présentation de l'ouvrage***

Le forage de Dembéni haut est un ouvrage de 86 m de profondeur équipé en piézomètre d'observation. Il a été réalisé dans le cadre de la campagne 2005-2006 du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte (BRGM/RP-54433-FR).

L'ouvrage se situe sur la commune de Dembéni, à environ 1,5 km au sud du village d'Ongoujou, à proximité de la Mro oua Dembéni, en rive droite. Pour y accéder, il faut emprunter la piste qui longe le lit de la rivière et parcourir environ 2 km.

Il est équipé d'un tubage PVC de diamètre 10 pouces crépiné entre 33,45 et 69,75 m et entre 71,65 et 77,40 m.

Les formations rencontrées de la surface du sol au plus profond correspondent à des argiles d'altération, un horizon alluvionnaire, des cendres grises fines, une succession de coulées basaltiques reposant sur des sables polygéniques et des sables basaltiques noirs.

Les horizons captés se composent donc des coulées basaltiques et des sables sous-jacents.

Le débit d'exploitation potentiel a été estimé à environ 8 m<sup>3</sup>/h.

## Description et analyse statistique des données piézométriques

### a) Données disponibles

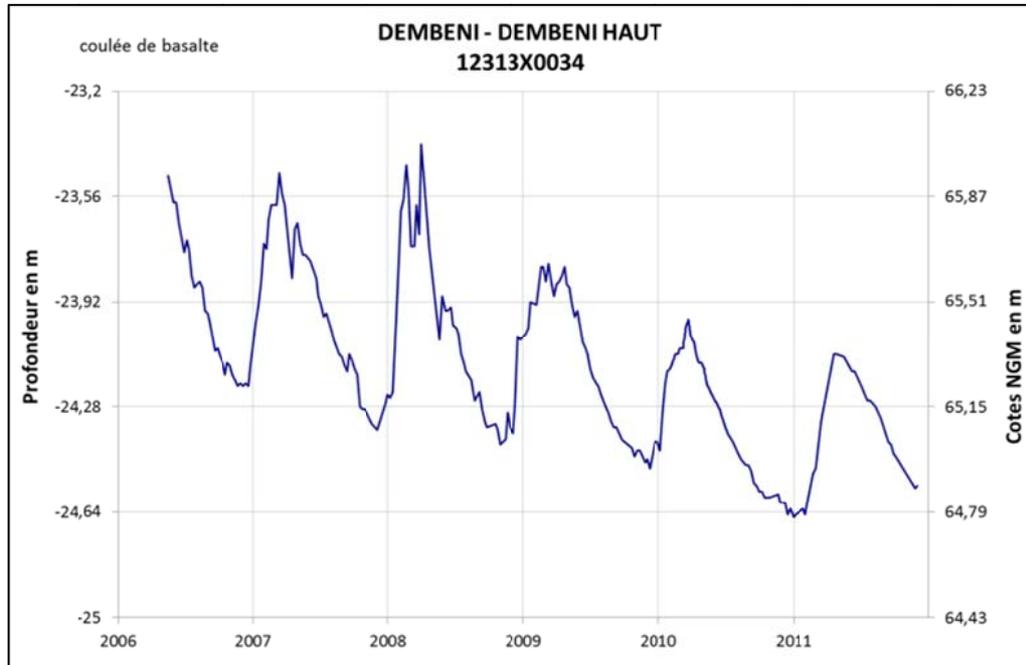


Figure 57 : chronique piézométrique du piézomètre Dembéné haut – 12313X0034

La chronique piézométrique présente des données acquises depuis le 17 mai 2006 à fin 2011. La chronique ne présente aucune lacune et aucune incohérence n'a été identifiée.

### b) Analyse des données

Les niveaux mesurés sont compris entre 64,75 et 66 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels varient très peu avec des valeurs comprises entre 65,07 m NGM (2011) et 65,48 m NGM (2007).

Les amplitudes annuelles sont faibles avec une moyenne sur l'ensemble des années de suivi de 0,77 m ce qui est largement inférieur à la moyenne calculée sur l'ensemble du parc piézométrique (2,6 m).

Les données disponibles ne permettent pas de calculer les niveaux statistiques quinquennaux et décennaux.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Ongoujou 1 km au nord (mm)
2006	manque de données			1691
2007	65,48	65,47	0,88	1933
2008	65,39	65,36	1,03	2340
2009	65,29	65,28	0,70	1278
2010	65,23	65,28	0,68	1111
2011	65,07	65,11	0,55	1769
interannuel	65,29	65,29	1,28	1687

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,6
vitesse maximum de recharge (cm/j)	0,9
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,5
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,3

Tableau 17 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre *Dembéni haut - 12313X0034*

Les cycles piézométriques se décomposent de la manière suivante :

- une période de remontée du niveau piézométrique de décembre à mars avec une vitesse de remontée moyenne de 0,6 cm/jour ;
- une période de décroissance de mars à décembre avec une vitesse moyenne de vidange moyenne très faible de 0,3 cm/jour.

Ces valeurs de vitesse sont les plus faibles du parc piézométrique mahorais. Cet élément ainsi que les données d'amplitude révèlent un aquifère faiblement réactif pour Mayotte mais peuvent également supposer un aquifère de grande extension.

### c) Tendance d'évolution

La chronique piézométrique met en avant une tendance à la baisse du niveau piézométrique de l'aquifère capté par le piézomètre de *Dembéni haut*.

En effet, la *Figure 58* montre bien que depuis 2004 les niveaux piézométriques moyens, d'étiages et de hautes eaux baissent régulièrement de façon quasi similaire.

La droite de régression linéaire obtenue à partir des données de niveau piézométrique moyen indique une baisse d'environ 10 cm/an.

Les données de pluviométrie ne permettent pas d'expliquer cette tendance à la baisse. De plus, aucun forage AEP en exploitation n'est à recenser à 6 km à la ronde, par conséquent il paraît improbable que l'exploitation d'eau souterraine soit la cause de cette tendance.

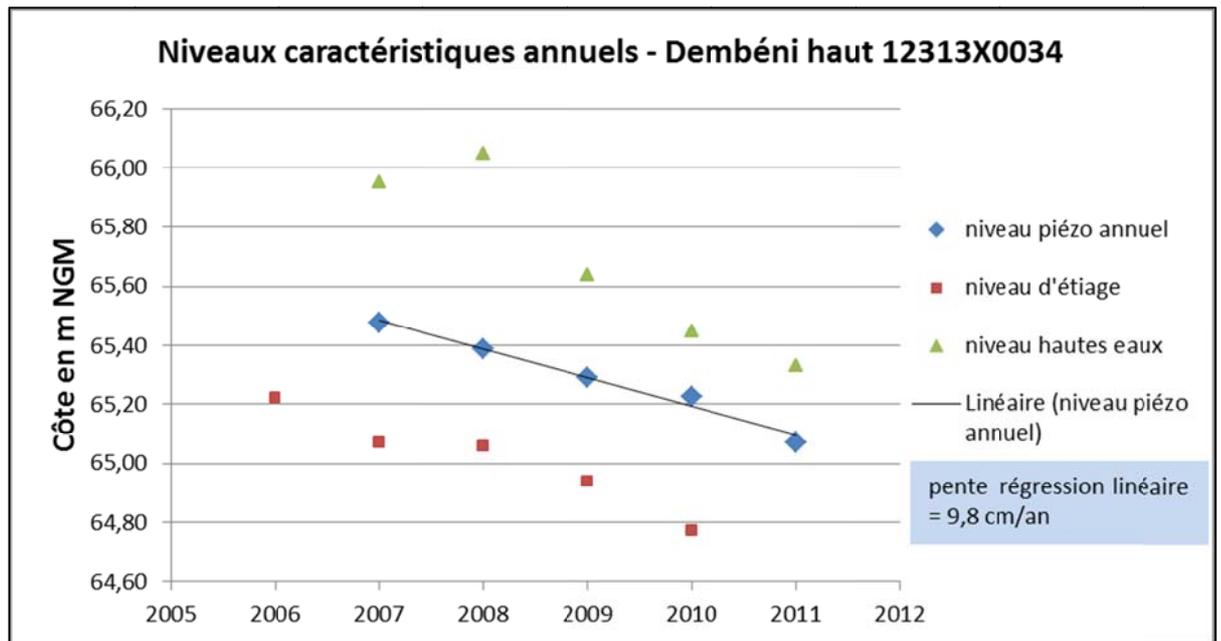


Figure 58 : évolution des niveaux piézométriques de référence, piézomètre Dembéni haut – 12313X0034

Le lit de la rivière Dembéni se situe à proximité immédiate du piézomètre, environ 80 m au nord-ouest. A cet endroit, la rivière coule à une altitude d'environ 86 m NGM, or l'altitude de la nappe captée par le piézomètre se situe au maximum à une altitude de 66 m ; en supposant qu'il existe une connexion hydrodynamique entre la rivière et la nappe, la rivière pourrait en théorie participer à l'alimentation de la nappe. Ainsi, l'augmentation de prélèvements directement dans la rivière, à l'amont du piézomètre, peut diminuer les débits et réduire la part d'alimentation de la nappe par la rivière. Cette hypothèse demeure toutefois à valider.

## 4.2. PIEZOMETRES SOUS MAITRISE D'OUVRAGE BRGM

### 4.2.1. Combani 2 - 12306X0010/COMB2

#### *Présentation de l'ouvrage*

Le piézomètre de Combani 2 est issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 20 au 27 mars 1990. Ce piézomètre fait partie des cinq piézomètres rétrocedés par la DAF durant l'année 2006.

En empruntant la route direction Kahani, le forage est situé sur la droite en sortant du village de Combani, 300 m environ après avoir dépassé le dispensaire. L'ouvrage est visible depuis la route. Il est implanté sur une parcelle de la Collectivité Départementale de Mayotte de référence suivante : section AW, parcelle 37, titre 80.

Ce forage atteint une profondeur de 45 mètres. Il est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces crépiné entre 10,5 et 45 m de profondeur.

Les formations traversées sont constituées de limons, d'argiles d'altération, de cendres consolidées, d'altérites, de basalte altéré et de niveaux sableux.

Hydrogéologiquement, la nappe captée par le forage de Combani 2 se développe dans des horizons épais d'altérites de basalte avec des niveaux argilo-sableux. Manifestement, la nappe n'est pas captive à cet endroit mais recouverte de 5 m d'argile étanche en surface (cf. annexe 1). La nappe suivie appartient à la masse d'eau du Massif du Digo (code 9602c) et est contenue dans les formations aquifères du plateau de Combani (cf. rapport BRGM/RP-56772-FR).

Quatre essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- $5,1 \cdot 10^{-6}$  m/s de 12,0 à 14,5 m
- $0,9$  à  $1,0 \cdot 10^{-5}$  m/s de 15 à 17,8 m
- $1,2 \cdot 10^{-6}$  m/s de 25,0 à 29,5 m
- $2,6 \cdot 10^{-6}$  m/s de 37,0 à 39,0 m

Le piézomètre a été vandalisé courant 2007. Le capot qui fermait l'orifice a été dégradé et les vis qui le maintenaient ont disparu. L'ouvrage a été rempli de déchets divers (piles, débris végétaux, bris de fer, boîtes conserves) sur une longueur estimée à environ 8 à 10 m. En conséquence, les données disponibles s'arrêtent au 19 février 2007.

## ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

### **a) Données disponibles**

Le suivi de ce piézomètre a commencé le 13 novembre 1992. Le piézomètre ayant été vandalisé et obstrué, le suivi du niveau n'est plus possible depuis le 19 février 2007. La chronique de ce piézomètre présente également les lacunes des années 1996 et 2003 (cf. *Figure 59*).

La chronique montre, tout comme le piézomètre Combani 1 (cf. *Figure 5*), la plus forte amplitude au cours de l'année 1994, ainsi qu'une faible recharge au cours de l'année 1997. Une baisse anormale a également été signalée courant 2000 : cette baisse n'est due qu'à une seule donnée. Cela peut correspondre à une erreur de mesure ou à une faute de frappe lors de la saisie des données (donnée du 20/04/2000 égale à - 21,36 m).

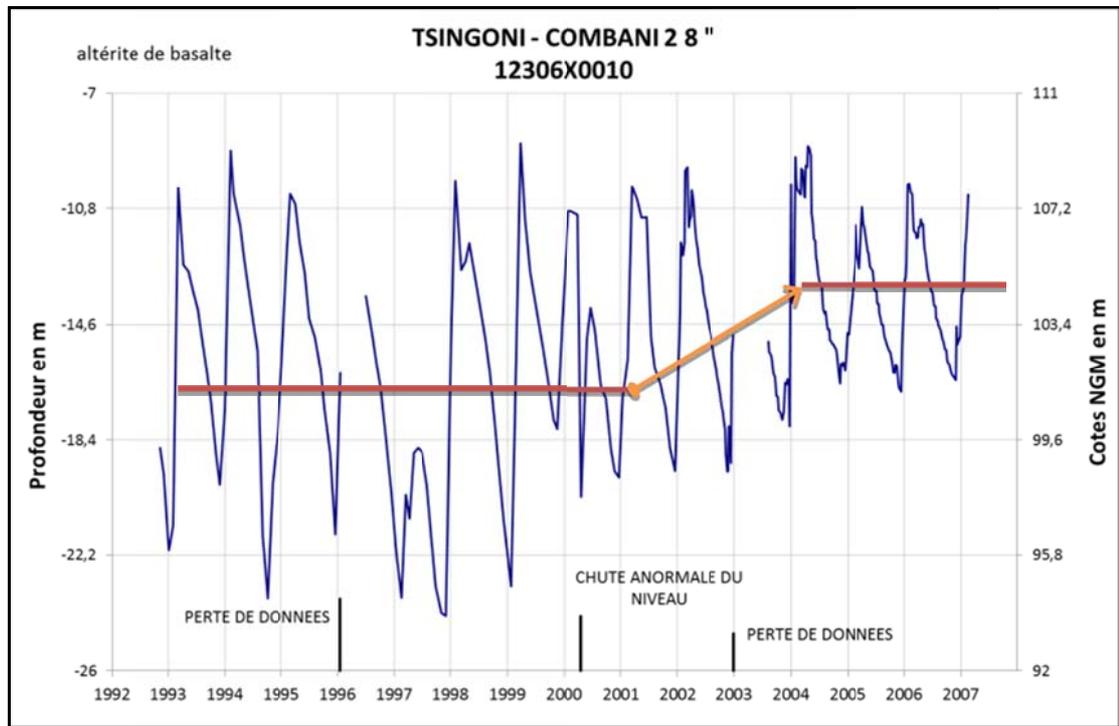


Figure 59 : chronique piézométrique du forage Combani 2 - 12306X0010

## b) Analyse des données

Les cycles piézométriques se répartissent comme suit :

- une période de remontée des niveaux entre novembre/décembre et mars avec une vitesse moyenne de recharge de 13 cm/jour (cf. *Tableau 18*). Cette vitesse moyenne de recharge est de loin la plus élevée sur l'ensemble des piézomètres étudiés (vitesse moyenne de recharge comprise entre 0,6 et 5,9 cm/jour pour le reste des piézomètres) ;
- une période de décroissance de mars/avril à décembre avec une vitesse moyenne de vidange de 3.4 cm/jour (cf. *Tableau 18*). Cette vitesse moyenne de vidange est aussi la plus élevée sur l'ensemble du parc.

Ces amplitudes de variation annuelle comprise entre 6 et 15 m sont, avec celles du forage de Combani 1, les plus fortes enregistrées à Mayotte (plus souvent de l'ordre de 1 à 2 m). Ce forage présente également l'amplitude interannuelle la plus élevée.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Combani (mm)
1993	101,90	102,56	11,94	pas de données
1994	102,43	103,01	14,73	pas de données
1995	103,20	103,30	11,18	pas de données
1996	manque de données			2047
1997	96,65	96,72	5,55	1393
1998	103,06	103,44	11,19	1274
1999	102,64	103,00	14,59	1555
2000	102,31	102,17	9,36	1715
2001	103,13	102,12	9,35	1277
2002	103,65	103,74	10,00	2089
2003	manque de données			1561
2004	105,21	104,70	7,77	2067
2005	103,85	103,67	6,05	1485
2006	104,51	104,48	6,46	1831
interannuel	103,37	103,37	15,56	1486

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	13,0
vitesse maximum de recharge (cm/j)	24,7
vitesse minimum de recharge (cm/j)	3,9
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	3,4

Tableau 18: synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Combani 2 12306X0010/COMB2

### c) Tendance d'évolution

Le signal piézométrique présente la même évolution que celle du piézomètre de Combani 1 (cf *Figure 7*). En effet, il s'avère que jusqu'aux années 1998/1999, les cyclicités piézométriques présentent une allure voisine d'une année sur l'autre. En revanche, depuis 1999, les niveaux d'étiage sont plus élevés et semblent augmenter d'année en année. Cependant, au contraire du forage de Combani 1, cette hausse des niveaux ne se traduit pas en saison humide, les niveaux piézométriques maximums atteints d'une année sur l'autre ne montrent pas de progression significative entre 1993 et 2012 (cf. *Figure 59* et *Figure 60*).

Compte-tenu de la proximité des deux piézomètres, cette similitude concernant l'évolution du signal est tout à fait cohérente. Ainsi, la nappe captée par le piézomètre Combani 2 serait elle aussi soutenue par la retenue collinaire de Combani. A noter que les horizons aquifères captés par les piézomètres de Combani 1 et 2 sont de même composition (altérites de basalte et niveaux argilo-sableux) et forment l'aquifère du plateau de Combani.

Les fortes amplitudes, ainsi que les vitesses de recharge et de vidange élevées des forages de Combani 1 et 2, témoignent d'un aquifère réactif, relativement ouvert et bien drainé pour illustrer de tels comportements (cf. BRGM/RP-56768-FR).

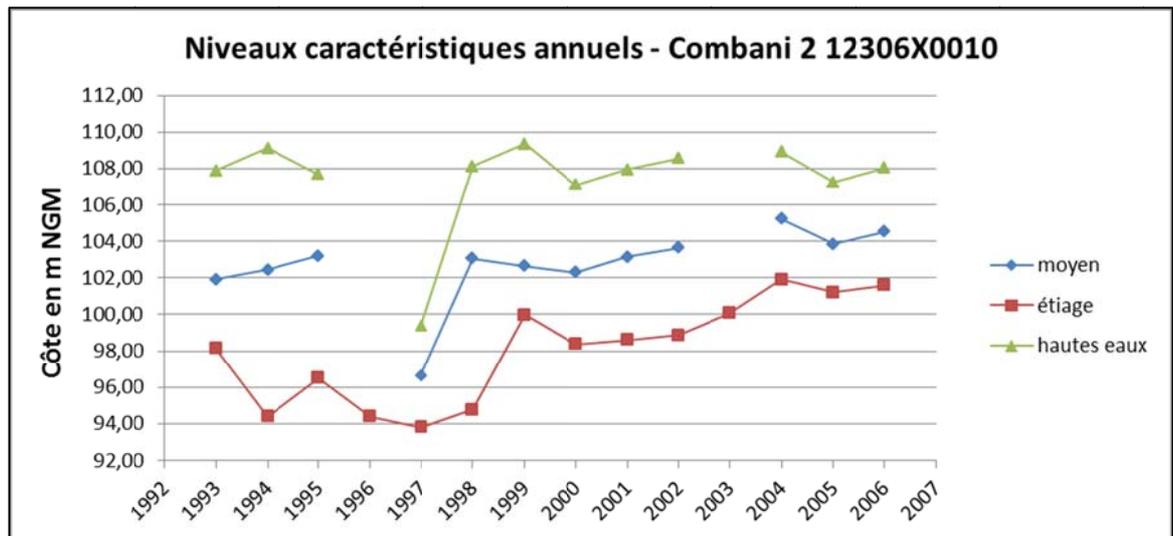


Figure 60 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Combani 2

#### 4.2.2. Kahani 1 – 12312X0030/KAHA1

##### Présentation de l'ouvrage

Le piézomètre Kahani 1 est un ouvrage de 45 m de profondeur issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM RR-35165-FR). Sa réalisation s'est opérée du 28 mars au 3 avril 1990. L'ouvrage est équipé d'un tubage PVC de diamètre 3 pouces.

L'ouvrage se situe sur la commune de Ouangani, au nord du village de Kahani, à proximité du lycée professionnel dans la cour d'un brochetti. Il se trouve à environ 2,3 km du lagon.

Le forage a recoupé une succession de formations limono-argileuses et de basaltes altérés sur 18 m avant de rencontrer 4 m d'altérites puis 23 m de basalte fin à olivine, zéolitisé et fracturé.

L'ouvrage est crépiné de 8,5 à 45 m de profondeur et capte des horizons composés de basalte altéré et de basalte fracturé.

Cinq essais de type Lefranc ont été réalisés suite à la réalisation du forage. Leur interprétation a permis d'évaluer la perméabilité des terrains. Les résultats sont les suivants :

- 0,3 à  $3,0 \cdot 10^{-3}$  m/s de 9,0 à 11,0 m
- 4,6 à  $6,4 \cdot 10^{-5}$  m/s de 16,5 à 18,0 m
- 4,5 à  $5,5 \cdot 10^{-6}$  m/s de 21,0 à 23,0 m
- $1,0 \cdot 10^{-6}$  m/s de 24,0 à 30,0 m
- 1,3 à  $2,9 \cdot 10^{-6}$  m/s de 30,0 à 35,0 m

Ces valeurs de perméabilité sont bonnes dans la partie supérieure de l'aquifère correspondant aux niveaux de basaltes altérés.

Un essai d'eau « air lift » a donné un débit de 1,66 l/s (environ 6 m<sup>3</sup>/h) avec un rabattement de l'ordre de 8,0 m.

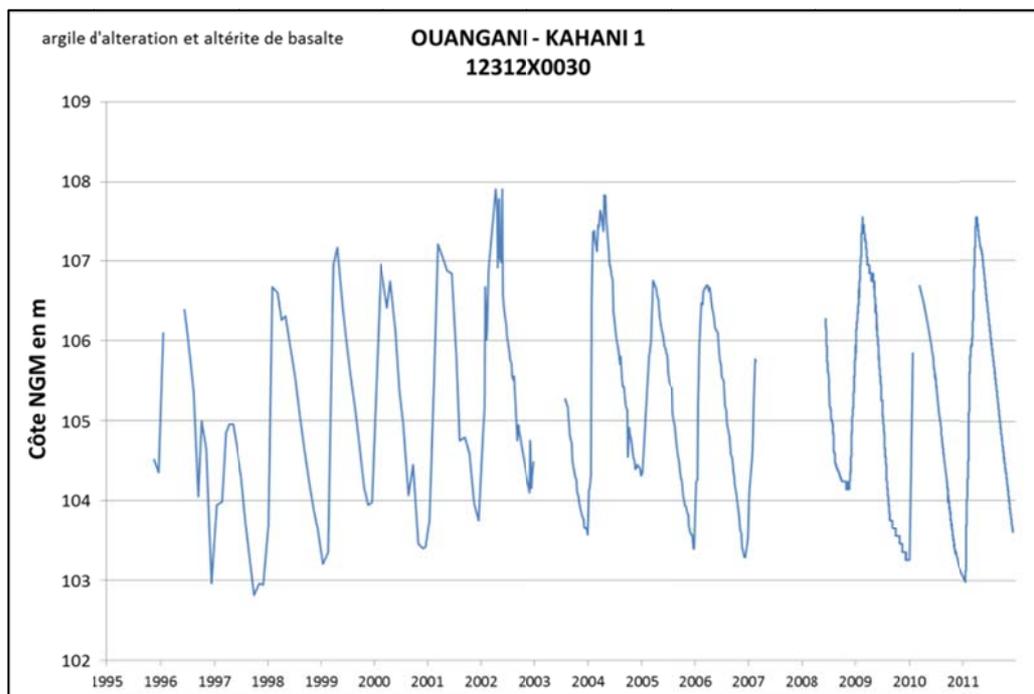
Les profils de conductivité réalisés indiquent la présence d'eau très douce avec des valeurs restant stables comprises entre 90 et 110 µS/cm.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

Le suivi de ce piézomètre a commencé le 17 novembre 1995 et est toujours en cours actuellement. Les mesures sont enregistrées au pas de temps horaire depuis juin 2008. Des lacunes s'observent en 1995 et 2002 (cf. *Figure 61*), elles correspondent à la suppression de données considérées comme incorrectes (cf. BRGM/RP-56768-FR, Malard-2009).

Ce piézomètre fait partie des ouvrages de suivi rétrocedés par la DEAL au BRGM en 2006 et dont le suivi par le BRGM a démarré le 20 janvier 2007. La mise en service du réseau s'est révélée inefficace ce qui explique la lacune de données entre le 15 février 2007 et le 16 juin 2008 (cf. § 3.2 et BRGM/RP-56768-FR). L'année 2010 révèle aussi un manque de données lié, dans un premier temps, à l'utilisation d'un matériel qui s'est avéré défectueux (sonde Kerwin/NAPAC) et dans un second temps, à une mauvaise installation d'une station d'enregistrement Orphéus mini (cf. BRGM/RP-58230-FR).



*Figure 61 : chronique piézométrique du piézomètre Kahani 1 - 12312X0030*

b) Analyse des données

Le niveau piézométrique fluctue globalement entre 103 et 108 m NGM. Le niveau piézométrique moyen varie entre 103,94 (1997) et 105,96 m NGM (2004).

Les amplitudes annuelles sont comprises entre 2,14 et 5,26 m avec une moyenne de 3,70 m. Ces valeurs d'amplitudes sont relativement élevées dans le contexte mahorais et traduisent une bonne réactivité de l'aquifère.

Les cycles piézométriques enregistrés à l'ouvrage se découpent de la façon suivante, entre saison sèche et saison humide :

- une période de remontée des niveaux entre décembre et mars. Cette remontée relativement rapide est de l'ordre de 3,6 cm/jour en moyenne ;
- une période de décroissance pseudo-exponentielle des niveaux entre mars/avril et décembre. La vitesse de vidange est de l'ordre de 1,5 cm/jour.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Combani (mm)
1997	103,94	103,97	2,14	1393
1998	105,20	105,29	3,03	1275
1999	105,05	104,95	3,97	1555
2000	105,12	105,17	3,56	1716
2001	105,41	105,15	3,46	1278
2002	105,75	105,73	3,80	2089
2003	manque de données			1561
2004	105,96	105,96	5,26	2067
2005	105,01	104,98	3,37	1486
2006	105,13	105,18	3,42	1832
2007	manque de données			1487
2008	manque de données			2143
2009	105,19	105,25	4,30	1394
2010	104,65	105,02	3,51	1479
2011	105,60	105,71	4,58	1788
interannuel	105,16	105,02	5,33	1636

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	3,6
vitesse maximum de recharge (cm/j)	6,2
vitesse minimum de recharge (cm/j)	1,7
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,3

Tableau 19 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kahani 1 – 12312X0030/KAHA1

12 années complètes de mesure sont disponibles pour l'élaboration de niveaux statistiques, ce qui demeure insuffisant pour des temps de retour de 10 ans et relativement court pour des temps de retour de 5 ans. En conséquence, les niveaux piézométriques 5 ans sec et 5 ans humide sont sujets à évoluer au fur et à mesure de l'acquisition de données complémentaires.

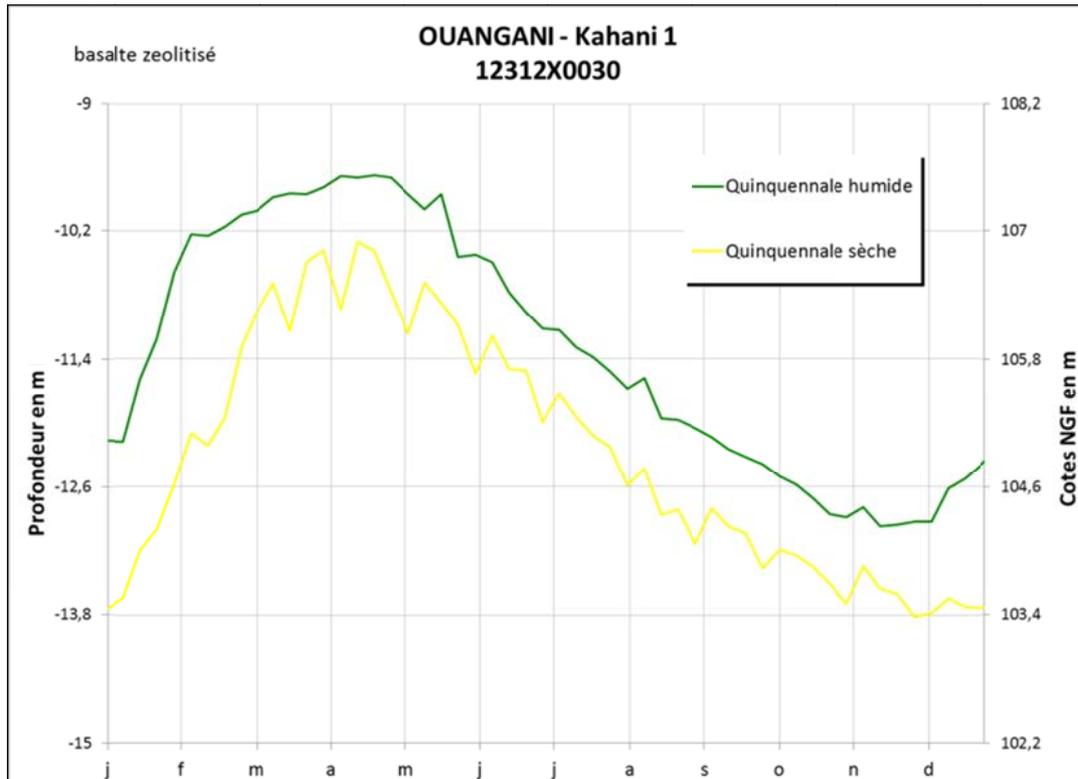


Figure 62 : courbes des niveaux statistiques quinquennaux sec et humide

### c) Tendance d'évolution

Une description de la tendance moyenne de la piézométrie de l'ouvrage Kahani a été réalisée en 2009 par A. Malard (cf. BRGM/RP-56768-FR). Les éléments issus de ce rapport sont les suivants :

- le niveau moyen annuel de la piézométrie depuis le début des enregistrements ne traduit pas de comportement particulier de type baisse ou hausse (cf. Figure 63),
- les niveaux d'étiage ont augmenté progressivement entre 1997 et 2004 (maximum en 2002 et 2004) et diminué par la suite. Il en est visiblement de même pour les niveaux maximums en hautes eaux,
- le pluviomètre le plus proche étant celui de Combani, il est possible de rattacher les maximums de hautes eaux aux maximums de précipitations de 2002 et de 2004,
- la diminution moyenne des niveaux piézométriques en 2005 et 2006 peut être la conséquence d'un léger déficit des précipitations par rapport à 2004. Ces observations montrent que le piézomètre de Kahani 1 est réactif.

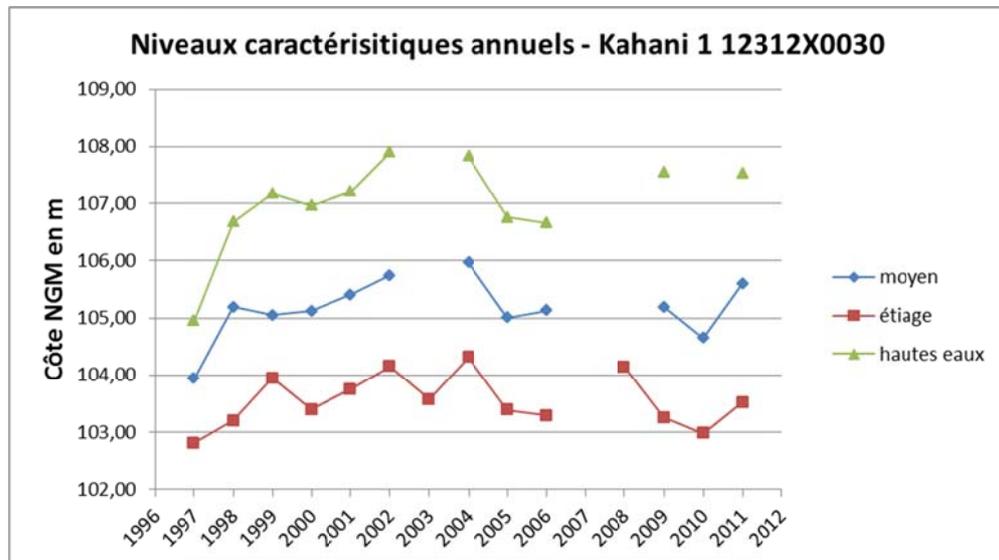


Figure 63 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, Kahani 1 - 12312X0030

Il est peu probable que le piézomètre de Kahani 1 subisse l'influence de la retenue collinaire comme on peut le vérifier pour les piézomètres Combani 1, Combani 2 et Tsingoni. En effet, la chronique ne montre pas de rehaussement permanent du niveau d'étiage à partir de 1999/2000 comme il est clairement observable sur les chroniques des piézomètres précédemment cités (cf. Figure 5, Figure 29, Figure 59 et Figure 63). Ceci peut s'expliquer par les faits suivants :

- la distance séparant l'ouvrage de la retenue est plus importante,
- le Mro Oua Orovéni dans lequel on procède à une alimentation artificielle en saison sèche est en aval hydraulique de l'ouvrage (vers 40 m NGM), donc les infiltrations dans le lit du cours d'eau ne peuvent en aucun cas participer au redressement du niveau piézométrique de l'ouvrage.

#### 4.2.3. Hajangoua 2 – 12313X0031

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre d'Hajangoua 2 a été réalisé durant la campagne de forage de 1990-1992 en même temps que le piézomètre d'Hajangoua 1. Ce piézomètre n'a pas fait l'objet de rapport contrairement à Hajangoua 1 et bien qu'il date de la même campagne, les informations à son sujet sont malheureusement fragmentaires.

Par conséquent, il n'est pas possible de connaître la profondeur réelle de l'ouvrage, les formations traversées et les horizons aquifères (coupe géologique du forage inexistante). Malgré la proximité du piézomètre Hajangoua 1 (250 m environ), la très grande variabilité de la lithologie à Mayotte rend difficile une extrapolation des niveaux rencontrés dans cet ouvrage à ceux qui pourraient être observés à Hajangoua 2. Pour mémoire, les horizons traversés par Hajangoua 1 correspondent à des formations

basaltiques altérées et fracturées recouvertes par une quinzaine de mètres de limons argileux. La nappe contenue dans l'aquifère recoupé y est de type captif.

L'examen du piézomètre le 16 juin 2008 a permis d'estimer la profondeur de l'ouvrage à 11,25 m par rapport à la tête du tubage (cf. BRGM/RP-56768-FR, Malard-2009).

Le piézomètre Hajangoua 2 se situe sur la commune de Dembèni, à l'est, sud-est du village d'Hajangoua. Le piézomètre se trouve à environ 800 m du lagon.

Le rapport BRGM/RP-56768-FR fait état de la mauvaise confection de l'ouvrage (tubage branlant, coffrage désolidarisé du sol, bord du piézomètre creusé) et également d'une potentielle alimentation du piézomètre par les eaux pluviales stagnantes sur la parcelle. Compte-tenu de ces éléments, il a été décidé de retirer la station d'acquisition le 13 novembre 2008.

### **Description et analyse statistique des données piézométriques**

#### a) Données disponibles

La chronique piézométrique démarre le 10 mars 1993 et se termine le 13 novembre 2008.

Les lacunes de 1996 et 2003 sont retrouvées sur cette chronique. Ce piézomètre fait partie des ouvrages rétrocedés par la DEAL au BRGM en 2007 expliquant la présence de la lacune de données cette même année, lacune liée à la mise en route du réseau (cf. § 3.2 et BRGM/RP-56768-FR).

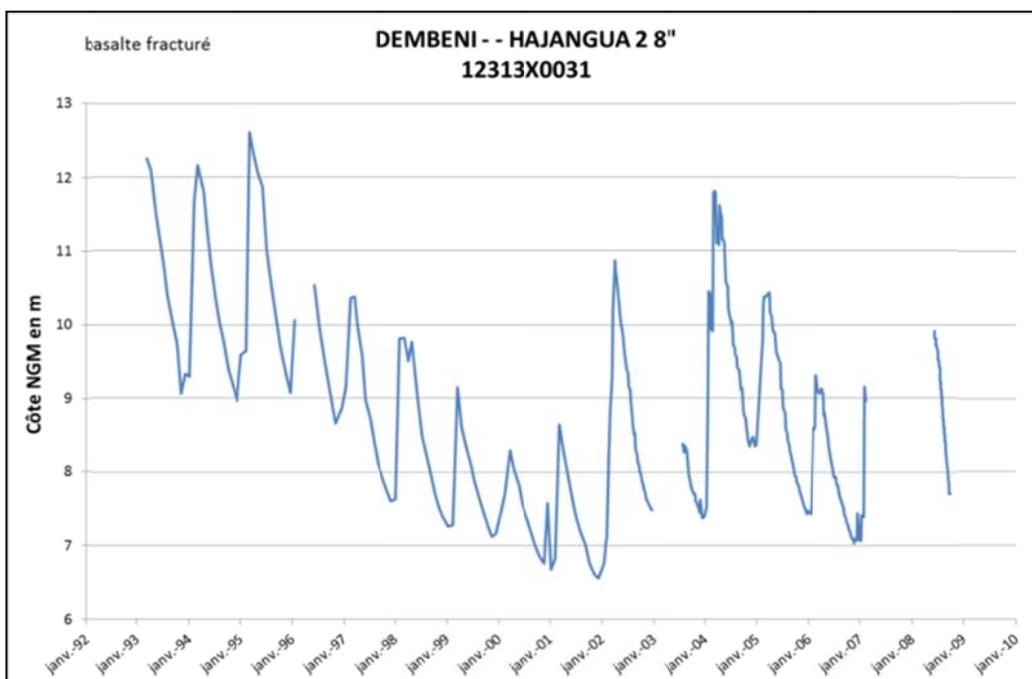


Figure 64 : chronique piézométrique du piézomètre Hajangoua 2 - 12313X0031

b) Analyse des données

Les fluctuations piézométriques se situent entre 6,50 et 12,70 m NGM (cf. Figure 64). Les niveaux piézométriques moyens annuels sont compris entre 7,14 (en 2001) et 10,48 m NGM (en 1995).

Les amplitudes annuelles varient de 1,54 (2000) à 4,39 m (2004).

Les cycles piézométriques se découpent de la manière suivante :

- une période de remontée du niveau piézométrique de décembre à mars avec une vitesse moyenne de 2,6 cm/jour
- une période de décroissance s'étalant d'avril à fin novembre avec une vitesse moyenne de vidange de 1,0 cm/jour.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie Station d'Ongoujou (5,6 km au nord-ouest)
1993	manque de données			manque de données
1994	10,40	10,19	3,20	manque de données
1995	10,63	10,22	3,54	manque de données
1996	manque de données			1411
1997	8,91	8,85	2,77	1168
1998	8,58	8,37	2,44	993
1999	7,77	7,59	2,01	1253
2000	7,48	7,53	1,54	1413
2001	7,29	7,10	2,08	1261
2002	8,65	8,51	4,10	1662
2003	manque de données			1328
2004	9,80	9,91	4,39	1463
2005	8,83	8,57	2,99	1766
2006	7,97	7,83	2,28	1691
2007	manque de données			1933
2008	manque de données			2340
interannuel	8,78	8,61	6,05	1514

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	2,6
vitesse maximum de recharge (cm/j)	5,3
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,9
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	1,0

Tableau 20 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Hajangua 2 - 12313X0031

c) Tendances d'évolution

La chronique du piézomètre Hajangua 2 présente globalement les mêmes tendances que celles affichées sur la chronique du piézomètre Hajangua 1 (cf. §4.1.4). Ceci

démontre une continuité hydrodynamique entre les deux forages malgré un écart de charges non négligeable entre les deux ouvrages. En effet, pour Hajangua 1 le signal piézométrique oscille globalement entre 4 et 8 m NGM alors que pour Hajangua 2 le signal varie entre 6 et 12 m NGM. A titre d'exemple, le 11 septembre 2008 a été enregistré sur le piézomètre Hajangua 1 un niveau piézométrique de 6,24 m NGM et sur le piézomètre Hajangua 2 un niveau piézométrique de 8,11 m NGM. Ces éléments permettent d'appréhender le sens d'écoulement de la nappe de déterminer un gradient hydraulique d'environ 2 % entre Hajangua 2 et Hajangua 1. Le piézomètre Hajangua 2 se trouve plus éloigné de la rivière Salim Bé que le piézomètre Hajangua 1 démontrant une alimentation de la rivière par la nappe.

Concernant l'évolution globale du signal, il semblerait que les cycles piézométriques soient stables de 1993 à 1996.

De début 1997 à fin 2001, les niveaux piézométriques moyens annuels, de hautes-eaux et d'étiage diminuent d'une année sur l'autre. Au regard du niveau piézométrique moyen annuel, cette baisse est en moyenne de l'ordre de 40 cm/an. La régularité des cycles hydrogéologiques durant cette période laisse croire à un déficit d'alimentation générale (en saison des pluies) plutôt qu'à une modification du fonctionnement de l'aquifère.

Les données de la station pluviométrique la plus proche de l'ouvrage (station d'Ongoujou, cf. *Tableau 20*) indique une baisse des précipitations de 1996 à 1998 pouvant expliquer l'amorce de la baisse des niveaux piézométriques s'opérant de 1997 à 2001. Malgré une remontée de la pluviométrie de 1998 à 2000, les niveaux piézométriques ont continué à baisser.

De 2002 à 2005 les niveaux aquifères ont tendance à remonter. Manifestement, il est possible d'attribuer cette remontée générale des niveaux piézométriques à une augmentation de la pluviométrie, cette dernière étant en augmentation progressive sur cette période. Bien que cette hausse soit significative, les cycles piézométriques n'ont pas retrouvé leurs niveaux de la période 1993/1996.

De 2005 à fin 2007, les niveaux piézométriques ont tendance à chuter. A contrario des tendances décrites précédemment, les variations de la pluviométrie ne peuvent expliquer cette baisse. En effet, une anti-corrélation s'observe entre la pluviométrie et la piézométrie sur la période 2005/2007 (cf. *Tableau 20*).

En conclusion, il est visiblement délicat de corréler exclusivement niveaux piézométriques et précipitations. Les variations piézométriques de l'ouvrage Hajangua 2 comme celles du piézomètre Hajangua 1 semblent composites d'autres phénomènes pouvant correspondre entre autres à l'intensification des prélèvements agricoles en rivière (cf. §4.1.4).

#### 4.2.4. Kawéni 1 8" - 12307X0011/KAWÉ1

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre de Kawéni 1 8" est issu de la campagne de forage de reconnaissance des eaux souterraines de Mayotte de 1990- 1992 (cf. rapport BRGM R35165 REU 4S 92). Sa réalisation s'est opérée du 24 février au 3 mars 1990. Il atteint une profondeur de 50 m avec une partie crépinée entre 10,5 et 50 m de profondeur. Ce piézomètre fait partie des cinq piézomètres rétrocédés par la DAF durant l'année 2006.

L'ouvrage se situe dans la Z.I. Kawéni, à proximité immédiate du lycée de Kawéni. Sa distance au lagon est d'environ 1500 m.

Les formations traversées sont constituées de limons, d'altérites, de basaltes altérés et de formations alluvionnaires. Le rapport de forage du piézomètre de Kawéni 1 8" indique qu'il recoupe la formation volcano-alluvionnaire semi-captive à captive du cratère de Kawéni, formation qui se développe dans des horizons détritiques de sable et de galets basaltiques (cf. rapport BRGM/RP-56773-FR et BRGM/RP-56768-FR). Ces horizons volcano-alluvionnaires sont exploités au niveau de trois forages AEP : Kawéni F1 (12307X0013), Kawéni F2 (12307X0014) et Kawénilajoli (12307X0021). En 2011, les volumes prélevés sur l'ensemble des forages AEP de l'aquifère de Kawéni s'élevait à 50 000 m<sup>3</sup>.

Cinq séries d'essais de type Lefranc ont été réalisés sur l'ouvrage, leur interprétation a permis d'évaluer les perméabilités suivantes :

- de 9,0 à 10,5 m :  $K = 2,7 \text{ à } 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- de 21,0 à 22,5 m :  $K = 0,7 \text{ à } 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- de 27,0 à 28,0 m :  $K = 1,1 \text{ à } 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- de 33,0 à 34,0 m :  $K = 2,2 \text{ à } 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- de 40,0 à 41,0 m :  $K = 1,3 \text{ à } 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Un essai « air lift » a donné un débit de 1.62 l/s (soit environ 6 m<sup>3</sup>/h).

##### **Description et analyse statistique des données piézométriques**

###### a) Données disponibles

Les données piézométriques mesurées sur le piézomètre Kawéni 1 8" entre le 18 novembre 1992 et le 13 décembre 2011 sont présentées en *Figure 65*. La chronique présente quatre lacunes dans sa série de données. On retrouve les lacunes de 1996, de 2003 et de 2007 (cf. § 3.1 et 3.2). Une dernière lacune s'observe entre septembre 2009 et mars 2010. Cette lacune est liée au vandalisme subi par le matériel d'acquisition NAPAC installé sur le piézomètre (cf. BRGM/RP-58230-FR). Depuis novembre 2010, l'acquisition des données se fait à un pas de temps de 30 minutes par une station d'enregistrement OTT Orphéus mini.

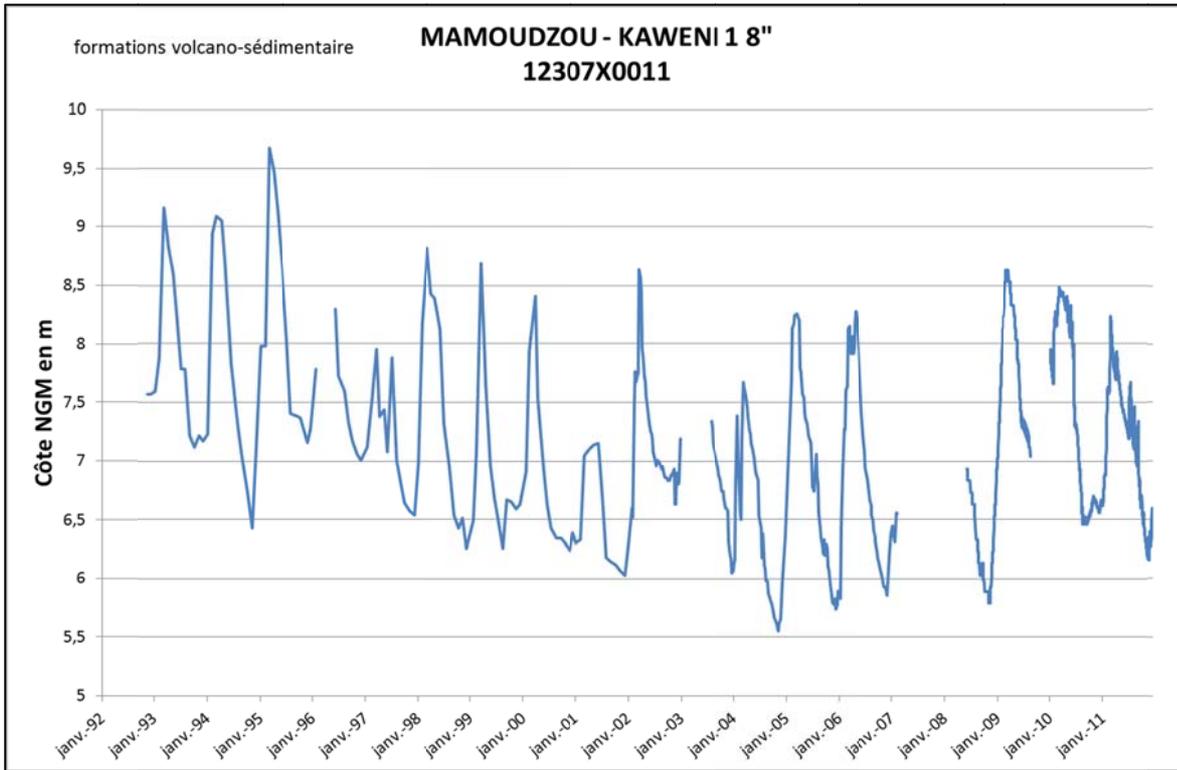


Figure 65 : chronique piézométrique du piézomètre Kawéni 1 8''

b) Analyse des données

Le niveau piézométrique fluctue globalement entre 5,80 et 10,50 m NGM. Le niveau piézométrique moyen varie entre 6,44 (2011) et 8,13 m NGM (1995).

Les amplitudes annuelles sont comprises entre 1,12 et 2,66 m avec une moyenne de 2,19 m. L'amplitude des variations piézométriques annuelles varie d'une année sur l'autre et dépend de la pluviométrie enregistrée à la Convalescence (cf. Figure 66) mais aussi d'autres facteurs, l'amplitude pouvant être importante malgré des précipitations plutôt moyennes, voire faibles. Ceci peut mettre en exergue l'importance de la répartition spatiale et temporelle de la pluviométrie sur les conditions de recharge de l'aquifère (cf. BRGM/RP-56773-FR).

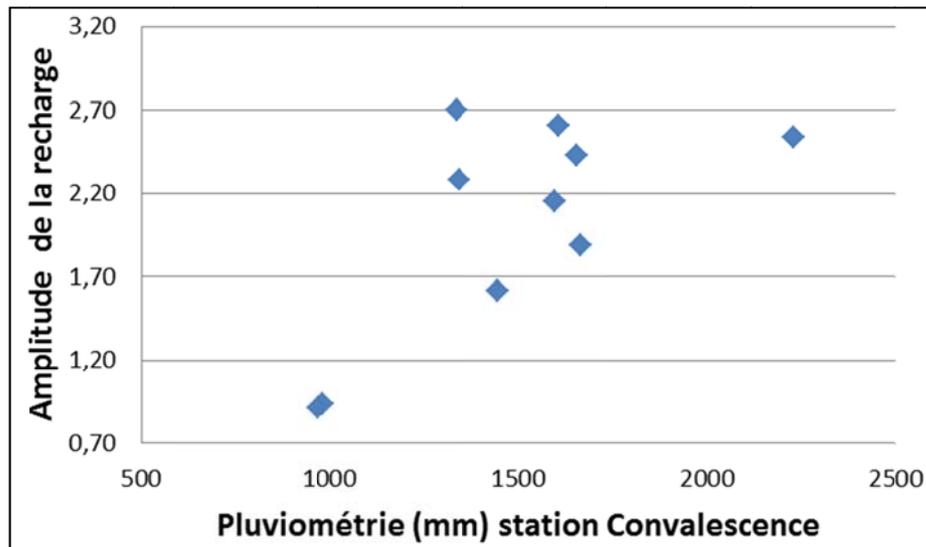


Figure 66 : Amplitude de la recharge en fonction de la pluviométrie, piézomètre Kawéni 1 8''

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Convalescence (mm)
1993	7,88	7,78	2,04	manque de données
1994	7,75	7,43	2,66	manque de données
1995	8,12	7,98	2,52	manque de données
1996	manque de données			1835
1997	7,17	7,10	1,41	983
1998	7,41	7,15	2,56	1340
1999	6,91	6,66	2,43	1655
2000	6,86	6,53	2,17	1595
2001	6,53	6,32	1,12	968
2002	7,21	7,00	2,32	1607
2003	manque de données			1072
2004	6,52	6,48	2,12	1445
2005	6,88	6,83	2,51	1334
2006	6,88	6,78	2,45	2230
2007	manque de données			1490
2008	manque de données			3189
2009	manque de données			2089
2010	manque de données			1592
2011	7,13	7,24	2,08	1664
interannuel	7,16	7,15	4,13	1630

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	1,9
vitesse maximum de recharge (cm/j)	2,7
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,5
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,9

Tableau 21 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kawéni 1 8''

La recharge de l'aquifère se déroule en moyenne entre les mois de novembre/décembre et mars tandis que la vidange de l'aquifère se déroule entre mars et novembre. La recharge de l'aquifère s'opère de manière plus rapide que sa vidange. La vitesse moyenne de remontée annuelle du niveau piézométrique est de 1,9 cm/jour, cependant, lors d'épisode pluvieux de longue durée la pente peut atteindre une valeur de l'ordre de 3,5 cm/jour. La courbe de vidange annuelle de l'aquifère présente une forme exponentielle classique avec diminution de la vitesse de tarissement au fur et à mesure de la vidange (1 à 1,5 cm/jour en début de tarissement, entre mars et août puis 0,3 à 0,5 cm/jour entre septembre et novembre). La vitesse moyenne de vidange calculée sur l'ensemble des cycles est de 0,9 cm/jour.

c) Tendance d'évolution

L'évolution tendancielle des variations piézométriques annuelles de 1993 à fin 2006 traduit à la fois une baisse des niveaux moyens, des niveaux en hautes eaux et en basses eaux (cf. *Figure 67*).

Des hypothèses ont été émises concernant l'explication de cette baisse des niveaux dans le rapport BRGM/RP-56773-FR, A. Malard et al. (2008). Ces hypothèses impliquent trois facteurs susceptibles de participer à la baisse :

- l'impact des prélèvements en nappe des forages F1, F2 et Kawéni 3 10'' (cf. *Figure 54*). Il faut rappeler ici que les prélèvements de la nappe à hauteur de 30 m<sup>3</sup>/h environ entre 1990 et 2002 ont été augmentés à 60 m<sup>3</sup>/h lors de la mise en service du forage de Kawéni 3 10'' en 2004. Depuis 2007 cependant, l'exploitation de la nappe par ces forages diminue (cf. *Tableau 22*),
- le raccourcissement de la saison humide et par conséquent l'allongement des saisons sèches
- la baisse éventuelle du niveau de base (correspondant ici au niveau moyen de la mer en sortie de mangrove), qui ne peut jouer qu'un rôle modéré car les niveaux moyens de la mer n'ont guère baissé que de quelques centimètres.

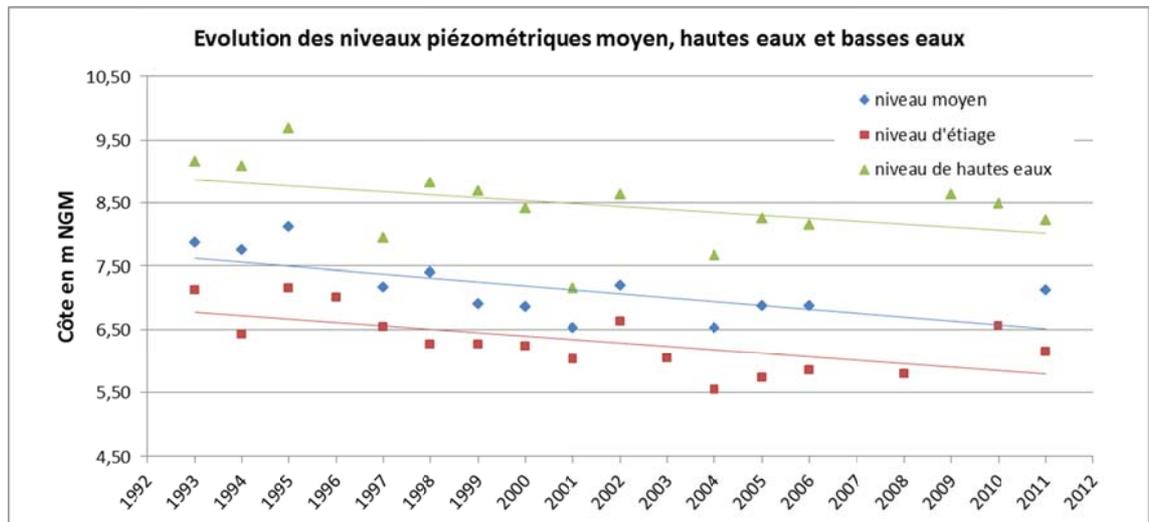


Figure 67 : Evolution des niveaux piézométriques caractéristiques, piézomètre Kawéni 1 8"

Depuis 2007, il semblerait que la tendance à la baisse se soit estompée, laissant apparaître une stabilisation du signal piézométrique (cf. Figure 65 et Figure 67). Les données collectées début 2012 semblent confirmer cette observation. Cette nouvelle évolution peut être mise en relation avec la diminution, à partir de 2007, des volumes prélevés dans l'aquifère pour l'alimentation en eau potable.

Forage AEP	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kawéni F1 + F2(m3)	168 500	183 901	170013	128204	94896	126684
Kawénilajoli (m3)	127 003	125 051	135660	132150	94792	131607
TOTAL (m3)	295 503	308 952	305 673	260 354	189 688	258 291

Tableau 22 : Evolution des volumes prélevés dans la nappe de Kawéni pour l'AEP, données SOGEA (organisme en charge de l'exploitation des ressources)

#### 4.2.5. Kani Kéli 2 – 12316X0037/PZ2

##### Présentation de l'ouvrage

Le piézomètre Kani Kéli 2 a été réalisé lors de la campagne de 2008/2009, campagne inscrite dans le cadre de la convention ONEMA/BRGM 2008-2009 dont l'objectif principal était la surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau du Complexe du Sud. Les travaux se sont achevés le 10 février 2009.

L'ouvrage est situé sur la commune de Kani-Kéli, à l'extrémité Sud de Mayotte, au pied des contreforts du Mlima Choungui dans le bassin versant du Mro Oua Djalimou. L'ouvrage se situe à 400 m de la mangrove, soit environ 600 m de l'océan.

Ce forage atteint une profondeur de 52 mètres. Il est crépiné entre 36 et 52 m de profondeur. Son diamètre est de 6 pouces.

Les formations géologiques recoupées montrent le développement d'une épaisseur importante d'argiles d'altération jusqu'à la profondeur de 19 m, puis une succession de basaltes altérés et d'argiles jusqu'à 27 m et enfin des basaltes sains à olivine et feldspaths de 27 à 58 m de profondeur.

L'horizon capté correspond à une coulée de basalte sain fissuré, faiblement transmissive. Les venues d'eau à l'avancement n'ont pu être détectées et les tests au soufflage n'ont pu être réalisés – même après développement – en raison de la trop faible quantité d'eau et de la charge solide trop importante. Cette charge solide a rendu impossible la moindre mesure de débit et de conductivité. Ce faible rendement peut-être dû à la faible densité de fissures au sein de la coulée et/ou au colmatage des fissures par de l'argile ou de la zéolithe.

### Description et analyse statistique des données piézométriques

#### a) Données disponibles

La station d'enregistrement OTT Orphéus mini a été installée sur le piézomètre le 29 octobre 2009, date de démarrage de la chronique (cf. Figure 68). Ainsi, seuls deux cycles hydrologiques complets ont pu être enregistrés et analysés. Les chutes brutales du niveau en décembre 2011 et février 2012 sont liées respectivement à la réalisation de « slug tests » et d'un pompage pour prélèvement, actions qui ont nécessité le retrait de la sonde du piézomètre.

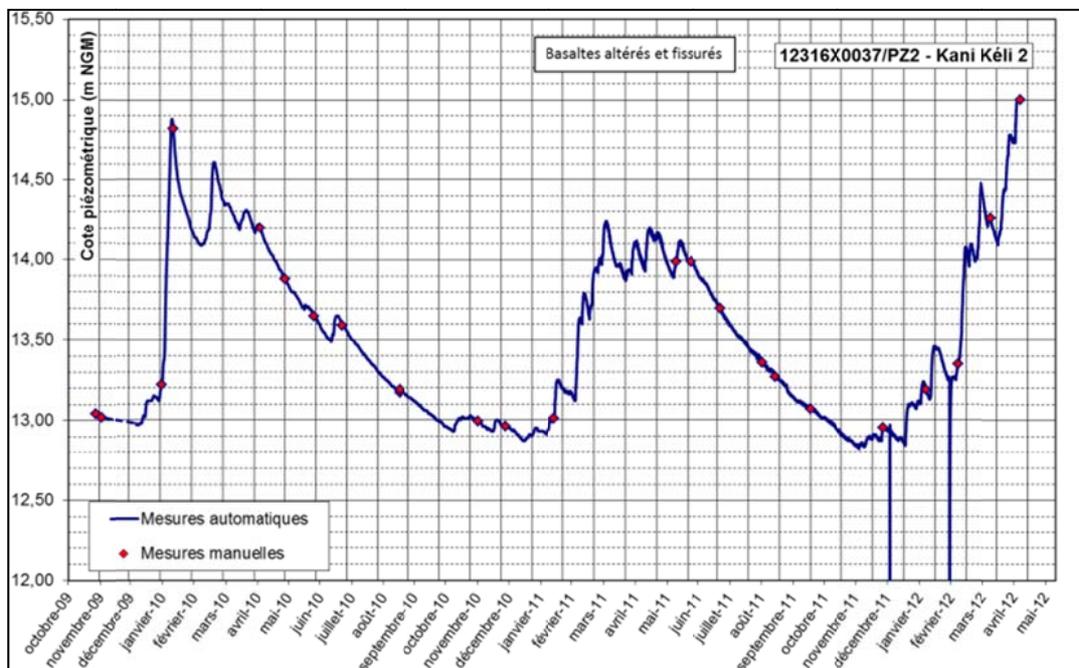


Figure 68 : chronique piézométrique du piézomètre Kani Kéli 2 - 12316X0037

b) Analyse des données

Le niveau piézométrique oscille entre 12,80 m NGM et 15 m NGM.

La moyenne des amplitudes annuelles est de 1,89 m. Cette valeur est inférieure à la moyenne calculée sur l'ensemble du parc piézométrique de Mayotte.

La présence de nombreux pics semble indiquer que le piézomètre réagit rapidement aux épisodes pluvieux. D'ailleurs, le rapport BRGM/RP-58230-FR parle d'une remontée d'environ 9 cm/jour entre le 25 décembre 2011 et le 13 janvier 2012 suite à un évènement pluvieux ayant débuté le 23 décembre. Dans la même logique, l'épisode pluvieux enregistré à la station de Mtsamoudou le 12 mars 2011 avec une lame d'eau de 37,5 mm a entraîné une augmentation du niveau piézométrique d'environ 20 cm avec un pic seulement 4 jours après l'évènement pluvieux. Ces éléments traduisent la faible inertie de l'aquifère et donc des transferts rapides vers l'aquifère.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station Mtsamoudou nord 6 km à l'est (mm)
2010	13,00	13,02	2,24	1258
2011	12,74	12,69	1,40	1781
interannuel	12,86	12,80	2,29	1 520
	vitesse moyenne de recharge (cm/j)		3,7	
	vitesse maximum de recharge (cm/j)		5,8	
	vitesse minimum de recharge (cm/j)		1,7	
	vitesse moyenne de vidange (cm/j)		0,6	

Tableau 23 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Kani Kéli 2 - 12316X0037

Autre élément allant dans ce sens, la vitesse moyenne de recharge est plutôt élevée avec une valeur de 3,7 cm/jour. En revanche, la vitesse de vidange apparaît plutôt faible en comparaison avec les autres piézomètres de l'île. Ceci laisse supposer :

- une bonne capacité d'infiltration des terrains avoisinant le piézomètre et/ou une alimentation de l'amont par effet piston permettant une recharge importante et rapide de l'aquifère,
- un drainage difficile de l'aquifère vers l'aval potentiellement lié à la présence d'une barrière hydraulique et/ou de terrains moins transmissifs à l'aval.

Les données disponibles ne permettent pas de calculer les niveaux statistiques quinquennaux.

c) Tendances d'évolution

La chronique ne s'étalant seulement sur une période d'un peu plus de deux ans, il est difficile d'identifier une quelconque tendance dans la série de données. Cependant quelques éléments restent remarquables :

- malgré une pluviométrie plus importante en 2011, le niveau piézométrique moyen et le niveau des hautes eaux sont plus faible qu'en 2010 (cf. Figure 68 et Tableau 23)
- le niveau d'étiage semble constant sur les deux années.
- le début de l'année 2012 présente une recharge (toujours en cours) plus importante qu'en 2010 et 2011 présageant un niveau piézométrique moyen annuel à la hausse.

#### **4.2.6. Dispensaire de Mramadoudou – 12316X0038/PZ3**

##### ***Présentation de l'ouvrage***

Le piézomètre a été réalisé entre le 12 et le 16 février 2009 dans le cadre de la campagne 2008/2009. La technique utilisée a été le Marteau Fond de Trou.

Le piézomètre du dispensaire de Mramadoudou est situé sur la commune de Chirongui, dans le Sud de l'île et plus précisément à l'extrémité Sud-ouest de l'enceinte du dispensaire. Il est localisé à une altitude de 11 m NGM, à 350 m de la mangrove et à 600 m de l'océan (plus exactement la baie de Bouéni).

Ce forage atteint une profondeur de 65 mètres. Il est crépiné entre 35 et 65 m de profondeur. Son diamètre est de 6 pouces.

Les formations géologiques recoupées montrent le développement important d'argiles d'altération (plus de 30 m) et la succession de deux coulées basaltiques. La 1ère entre 32 et 44 m et la seconde entre 49 et 65 m de profondeur. Ces coulées sont séparées par un profil d'altération de 4 à 5 m correspondant à l'altération de la coulée sous-jacente durant l'intervalle érosionnel entre les deux coulées et au remaniement par les scories de progression de base de la coulées supérieure.

Le principal horizon aquifère se situe dans la coulée de basalte inférieure. Cet aquifère volcanique appartient aux formations du bouclier méridional de Mayotte, à savoir le Complexe Sud. Les tests au soufflage donnent un débit stable de 2 L/s pendant 1 heure. En revanche, la turbidité reste importante – même après développement. Il est peu vraisemblable que cette turbidité soit due à l'influence des eaux météoriques, il s'agirait plutôt d'une conséquence de la nature lithologique des formations aquifères.

Les mesures de conductivité réalisées tout au long du test affichent des valeurs élevées de l'ordre de 1160  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et traduiraient vraisemblablement une intrusion d'eaux marines dans la nappe. L'influence marine au niveau de ce piézomètre est confirmée par la distinction de cycles tidaux sur la chronique piézométrique. (cf. Figure 69 et Malard A. et Jaouen T., 2010. BRGM/RP-57459-FR). En effet, deux signaux sont identifiables :

- l'un d'une période d'environ 12 heures et d'une amplitude de 1 à 5 cm environ correspondant aux marées semi-diurnes ;
- l'autre d'une période d'environ 14 jours et d'une amplitude de 10 à 2 cm environ correspondant à l'alternance des syzygies de la Lune et du Soleil.

## **Description et analyse statistique des données piézométriques**

### a) Données disponibles

Le piézomètre du dispensaire de Mramadoudou dispose d'une chronique de mesure piézométrique complète depuis sa mise en service en octobre 2009. La fréquence de mesure était de 12 heures jusqu'au 4 mai 2010 puis horaire jusqu'au 10 novembre 2010. Depuis cette date la mesure de niveau est faite toute les demi-heures.

La chute brutale du niveau en février 2012 coïncide avec la réalisation d'un prélèvement d'eau de la nappe ayant nécessité un pompage et donc le retrait du matériel d'acquisition.

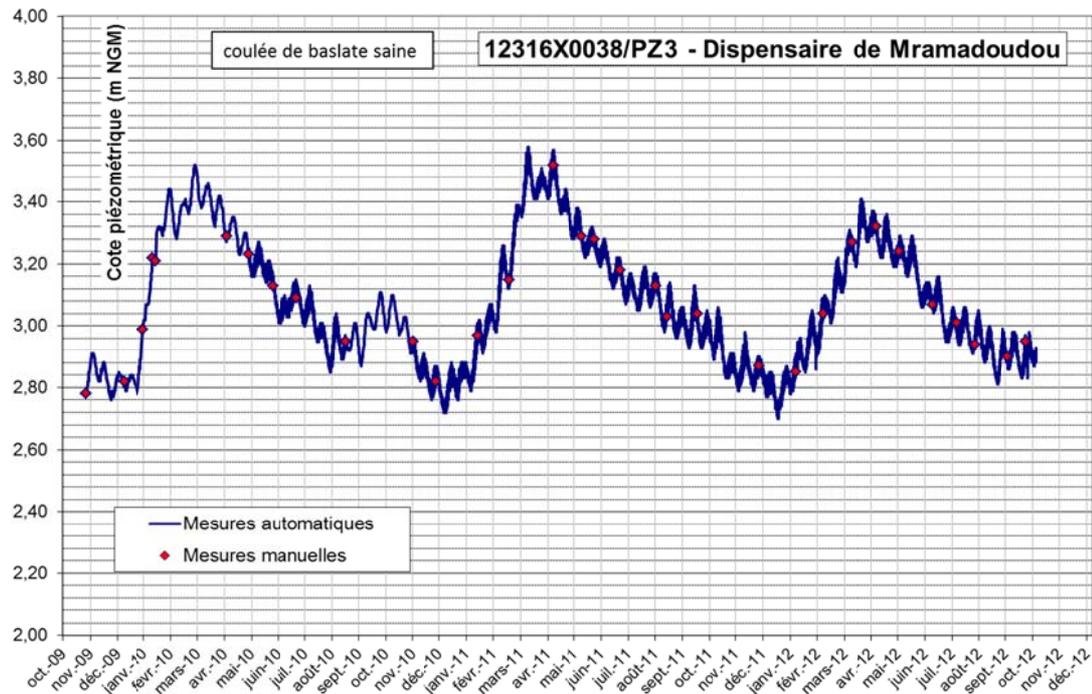


Figure 69 : chronique piézométrique du piézomètre Dispensaire de Mramadoudou - 12316X0038

### b) Analyse des données

Le niveau piézométrique oscille entre 2,70 et 3,60 m NGM soit des profondeurs comprises entre 6,60 et 7,70 m.

Les amplitudes calculées sur les années 2010 et 2011 sont quasi similaires et relativement faibles.

La remontée du niveau piézométrique s'observe de décembre à mars avec une vitesse moyenne de 0,84 cm/jour. La vidange de l'aquifère s'opère d'avril à décembre avec une vitesse de 0,27 cm/jour. Les valeurs d'amplitude et de vitesse témoignent d'un aquifère faiblement réactif.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station Mtsamoudou 3,6 km au sud-est (mm)
2010	2,97	2,94	0,80	1258
2011	3,12	3,10	0,82	1781
interannuel	3,08	3,05	0,86	1 520

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,84
vitesse maximum de recharge (cm/j)	0,91
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,78
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,27

Tableau 24 : Synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre du Dispensaire de Mramadoudou - 12316X0038

Les données disponibles ne permettent pas de calculer les niveaux statistiques quinquennaux.

#### c) Tendances d'évolution

Les données disponibles ne nous permettent pas d'identifier une quelconque tendance d'évolution du niveau de la nappe captée par le piézomètre. On peut seulement indiquer que le niveau piézométrique moyen de l'année 2011 est supérieur à celui de 2010, supériorité devant être liée à des précipitations plus importantes en 2011.

### 4.2.7. Dzoumogné 2 – 12302X0026/PZ1

#### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre de Dzoumogné 2 est situé aux limites de la commune de M'tsamboro, dans le Nord de l'île et plus précisément en amont de la retenue collinaire de Dzoumogné, en remontant la vallée du Mro Oua Bandrani (cf. Figure 1).

Le piézomètre a été réalisé entre le 6 décembre 2008 et le 24 janvier 2009 dans le cadre de la campagne 2008/2009. Un premier ouvrage d'une profondeur de 41 m a été réalisé puis abandonné car défectueux. Un second ouvrage a alors été foré à moins de 4 m du premier qui a été rebouché à la fin des travaux.

Ce second ouvrage, d'une profondeur de 55 m a été réalisé au marteau fond de trou de diamètre 250 mm et équipé de tubages PVC 6". Le forage est crépiné entre 20 et 52 m de profondeur.

Géologiquement, l'ouvrage recoupe une première épaisseur (18 m environ) d'alluvions et d'argile d'altération dans lesquelles il est fréquent de traverser de nombreux blocs de basalte, une seconde épaisseur (8 m) de sables basaltiques, une troisième épaisseur (26 m) composée par l'alternance de coulées de basaltes et d'horizons scoriacés et enfin un horizon recoupé sur les 3 derniers mètres se distinguant comme une épaisseur de scories altérées avec composante argileuse importante.

Les premiers niveaux humides ont été recoupés à 6 m de profondeur et le niveau de la nappe sous pression a été identifié à une dizaine de mètres. A l'avancement, les tests au soufflage ne mettent pas en évidence de venues d'eau particulières. Le débit augmente progressivement avec la profondeur.

Cette augmentation progressive des débits est à relier à la relative homogénéité des formations basaltiques relevées entre 24 et 50 m de profondeur. La lithologie ne laisse pas apparaître d'horizons singuliers à venues d'eau importante.

Le niveau piézométrique se situe globalement entre 6 et 8,30 m de profondeur témoignant du caractère captif de l'aquifère.

Les tests à l'air lift en fin de travaux font état de près de 10 L/s stable pendant 1h30, ce qui représente une valeur encourageante en terme de potentiel hydrogéologique.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### a) Données disponibles

La chronique présentée en *Figure 70* démarre le 14 octobre 2009. Le suivi du niveau piézométrique est toujours en cours courant septembre 2012. Les mesures sont enregistrées au pas horaire par une station de type Orphéus mini.

A cause de problèmes de programmation de la station d'acquisition, celle-ci ne s'est révélée opérationnelle qu'à partir du 10 décembre 2009, les valeurs du niveau piézométrique ont donc été interpolées entre le 21 octobre et le 10 décembre 2009 (courbe en pointillé sur la *Figure 70*). Il existe également une lacune dans la série de données entre le 12 janvier et le 3 février 2010. Cette lacune est due à des erreurs de paramétrage de la station d'acquisition.



février 2010 avec une vitesse de remontée moyenne de 2,5 cm/jour. En 2011, la remontée démarre mi-janvier et se termine fin avril avec une vitesse moyenne de 2,3 cm/jour.

A noter que des périodes de hausse rapide se distinguent sur la chronique. Entre le 31 décembre 2009 et le 12 janvier 2010, on observe une hausse de 86 cm soit une vitesse de recharge sur cette période de 7,1 cm/jour. De la même manière, entre le 16 mars et 10 avril 2011, on note une hausse de 122 cm soit une vitesse de 4,9 cm/jour.

Seule la vitesse de vidange de l'année 2010 a été calculée, elle est de 0,6 cm/jour. La pente de la courbe de tarissement varie au cours du temps et oscille entre 0,8 cm/jour et 0,4 cm/jour. La vitesse la plus élevée correspondant à la période comprise entre mai et octobre 2010.

Les données disponibles ne permettent pas de calculer les niveaux statistiques quinquennaux.

#### c) Tendance d'évolution

La période sur laquelle nous disposons des données étant très courte (environ deux ans), il n'est pas possible d'identifier une tendance d'évolution du signal piézométrique.

Il n'existe que très peu d'écart entre le niveau piézométrique moyen de 2010 et celui de 2011, seulement 11 cm (cf. *Tableau 25*).

En revanche, une différence notable existe entre les niveaux d'étiage 2009 et 2010 et de hautes eaux 2010 et 2011 (cf. *Tableau 26*).

	niveau de hautes eaux (m NGF)	niveau d'étiage (m NGF)
2009		88,82
2010	90,16	88,13
2011	90,47	88,32

*Tableau 26 : niveaux d'étiage et de hautes eaux du piézomètre de Dzoumougné 2*

#### 4.2.8. Digo 12306X0053/PZ5

##### **Présentation de l'ouvrage**

Le piézomètre de Digo a été réalisé entre le 24 et le 28 août 2009. Il se situe en bordure droite de la piste reliant Bouyouni à Combani, à l'altitude de 110 m NGM, dans une clairière, à une trentaine de mètres d'un cours d'eau.

Cet ouvrage, d'une profondeur de 60 m a été réalisé au marteau fond de trou (diamètre 250 mm) et sans tubage à l'avancement. Il est crépiné (diamètre 150 mm) de 24 à 60 m de profondeur.

Géologiquement, l'ouvrage recoupe, depuis la surface :

- près de 10 m d'argile et de sables argileux ;
- un niveau de sables argileux entre 10 et 19 m comprenant des blocs de basaltes altérés et des pyroclastes. Il s'agit probablement d'alluvions ou de colluvions entre lesquels s'intercalent des matériaux pyroclastiques conséquents aux derniers événements volcaniques de type phréato magmatiques ;
- une épaisseur importante de sables basaltiques entre 19 et 25 m de profondeur correspondant à l'altération des basaltes sous-jacents ;
- des séries de basaltes roux et noirs riches en amphiboles (phénocristaux d'amphibole, hornblende basaltique, etc.) altérées sur le top, entre 25 et 52 m ;
- une série saine et homogène de basaltes noirs à cristaux de pyroxènes constituant ici le substratum.

Les basaltes sont dans l'ensemble scoriacés et relativement vacuolés et sont donc identifiés comme des niveaux aquifères potentiels. Ces basaltes appartiennent aux séries de laves différenciées du massif de Digo (Stieltjes - 1988).

Les premières venues d'eau ont été identifiées vers 12 m à la base des argiles sableuses, au sein des blocs scoriacés de basalte et de pyroclaste. Le niveau piézométrique à la fin des travaux affiche -12,7 m/sol et témoigne d'un aquifère semi-captif à captif. Des venues d'eau progressives ont été remarquées dans les séries basaltiques sous-jacentes mais aucune venue d'eau particulière n'a été mise en évidence au sein de ces niveaux.

Les horizons aquifères captés sont les séries basaltiques saines et fracturées entre 20 et 60 m. Les tests de débit à l'air lift affichent un potentiel légèrement inférieur à 4 L/s (entre 13,5 et 14 m<sup>3</sup>/h). La conductivité moyenne mesurée est de 160 µS/cm, ce qui témoigne d'une minéralisation relativement faible pour les eaux souterraines de Mayotte et qui s'explique probablement par le faible degré d'altération des séries basaltiques récentes (Pléistocène) qui constituent l'aquifère.

### ***Description et analyse statistique des données piézométriques***

#### **a) Données disponibles**

La chronique débute le 21 octobre 2009. Le suivi est toujours en cours courant septembre 2012. Le piézomètre est équipé d'une station d'acquisition Orphéus mini qui enregistre le niveau piézométrique au pas horaire.

Un problème technique lié au paramétrage de la station d'acquisition a engendré une perte de données entre le 12 janvier et le 9 avril 2010.

La chute brutale observée en novembre 2010 est liée à la réalisation de prélèvement d'eau sur l'ouvrage ayant nécessité une purge du piézomètre. Le pompage a duré 30 min à un débit de 12 litres/min. Cette action a été réalisée dans le cadre du projet de caractérisation hydrogéologique du secteur Nord-Ouest de Mayotte (Rapport BRGM/RP-59550-FR).

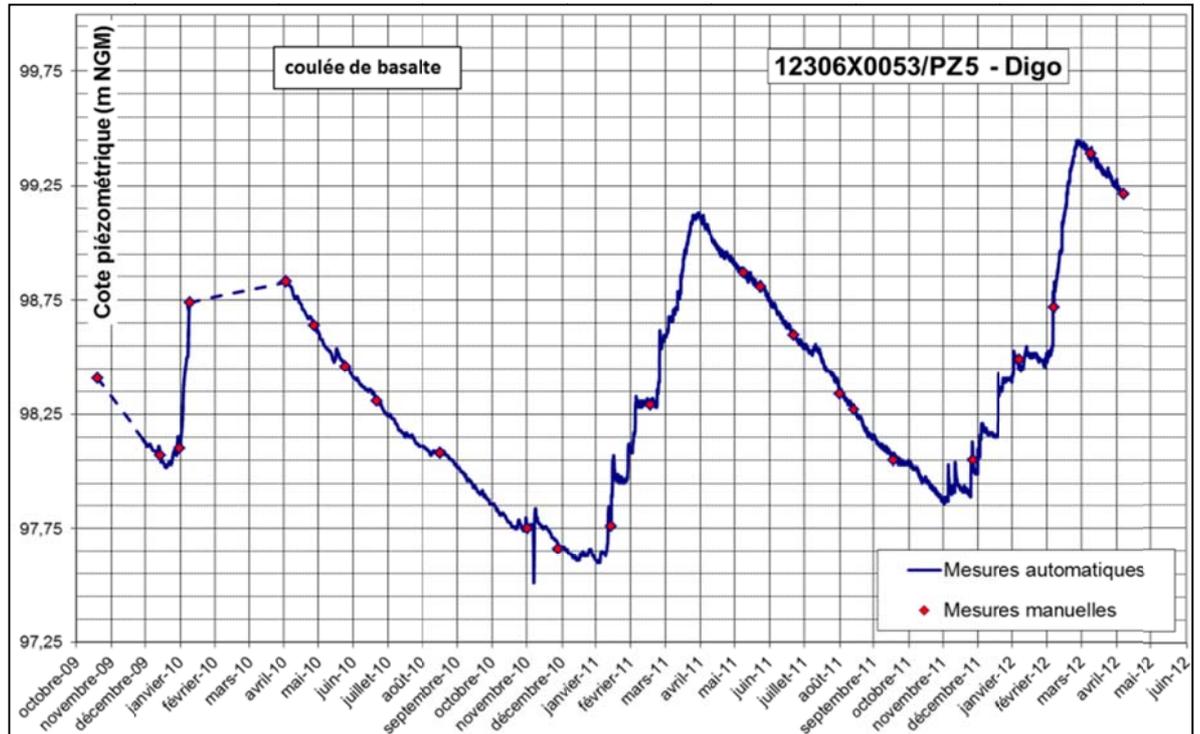


Figure 71 : chronique piézométrique du piézomètre Digo - 12306X0053

b) Analyses

Seule l'année 2011 présente une chronique complète de l'enregistrement du niveau piézométrique. Par conséquent, les niveaux piézométriques moyen et médian ainsi que l'amplitude annuelle n'ont pas été calculés pour l'année 2010. Cependant, l'ensemble des données a été pris en compte pour les calculs des niveaux interannuels. Les résultats sont présentés dans le *Tableau 27*.

Les données disponibles ne permettent pas de calculer les niveaux statistiques quinquennaux et décennaux.

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie de la station Combani 1,5 km au sud (mm)
2010				1478
2011	97,64	97,58	1,52	1788
interannuel	97,56	97,53	1,61	1 633

vitesse de recharge 2011 (cm/j)	1,4
vitesse de recharge 2012 (cm/j)	1,3
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,6

Tableau 27 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Digo - 12306X0053

Pour 2011, la remontée du niveau piézométrique commence fin décembre/début janvier et se termine début avril (3 mois) avec une vitesse moyenne de 1,4 cm/jour. La vidange de l'aquifère se fait sur la période allant de début avril à début novembre avec une vitesse de 0,6 cm/jour.

A noter qu'en 2011, la vidange de l'aquifère semble se terminer plus tôt qu'en 2009 et 2010, un écart d'environ deux mois.

Les vitesses calculées s'avèrent plutôt faibles pouvant traduire un certain confinement de l'aquifère lié à son caractère captif lui induisant une inertie plus importante en terme de transfert.

#### c) Tendance d'évolution

Le peu de données ne nous permet pas de déterminer une quelconque tendance d'évolution. Cependant, on distingue tout de même une remontée du niveau d'étiage entre 2010 et 2011, remontée de l'ordre de 25 cm. Cette différence peut être à mettre en relation avec la différence de pluviométrie entre les deux années (cf. *Tableau 27*). La chronique montre également que la recharge est plus importante en 2012 qu'en 2011.

### **4.2.9. Gymnase Dzaoudzi - 12308X0086/PZ4**

#### ***Présentation de l'ouvrage***

Le piézomètre du gymnase de Dzaoudzi-Labattoir a été réalisé entre le 24 février et le 10 mars dans l'enclos du gymnase départemental de Labattoir, en bordure du parking, jusqu'à la profondeur de 60 m. La stratégie d'implantation visait le centre de Petite Terre afin de s'affranchir au maximum des effets marins (marées journalières et salinité). Le forage ainsi positionné se trouve à 1200 m environ du trait de côte de la vasière des Badamiers.

Les formations recoupées par le forage se composent de cendres avec présence de quelques ponces sur les 22 premiers mètres, de ponces altérées de 22 à 31 m, d'un horizon de sables grossiers et hétérogènes entre 35 et 38 m, d'argiles différenciées de 39 à 51 m et enfin de pyroclastites altérées de 51 à 60 m de profondeur.

La crépine capte les horizons de 33 à 48 m de profondeur, horizons considérés comme les plus productifs.

Les tests à l'air lift en fin de travaux font état d'un débit de 1,4 à 1,5 L/s en moyenne (soit 5 à 5,4 m<sup>3</sup>/h) stable sur 3 heures.

Le potentiel hydrogéologique de Petite Terre s'est révélé peu intéressant lors des premières campagnes de reconnaissance (cf. rapport BRGM/RR-35165-FR). Le forage du Gymnase conforte cette observation. L'aquifère est de petite taille, les propriétés hydrodynamiques des lithologies encaissantes sont modestes et la qualité de l'eau (via notamment les mesures de conductivité, révélatrices de fortes teneurs en chlorures, sulfates, etc.) est relativement dégradée.

En revanche, en raison de ses caractéristiques hydrodynamiques intéressantes (bonne représentativité de l'aquifère) et considérant surtout que cet ouvrage est le seul présent sur Petite Terre, le piézomètre du Gymnase est déclaré indicateur du réseau de surveillance DCE de l'état quantitatif de la masse d'eau de Petite Terre (MESO 9602b).

**Description et analyse statistique des données piézométriques**

a) Données disponibles

Le piézomètre du gymnase de Labattoir dispose d'une chronique de mesure piézométrique presque complète depuis sa mise en service en octobre 2009 (Malard A. 2009, BRGM/RP-56783-FR). La fréquence de mesure était de 12 heures jusqu'au 4 mai 2010 puis horaire jusqu'au 10 novembre 2010. Depuis cette date la mesure de niveau est faite toute les demi-heures.

Les mesures effectuées entre la fin de l'année 2009 et la fin de l'année 2011 montrent que le niveau piézométrique au droit du gymnase de Labattoir est essentiellement contrôlé par les variations du niveau marin (phénomène de marée). Aucun lien évident ne semble relier la remontée du niveau piézométrique aux épisodes pluvieux. La piézométrie est très faiblement marquée par une variabilité saisonnière (cf. *Figure 72*)

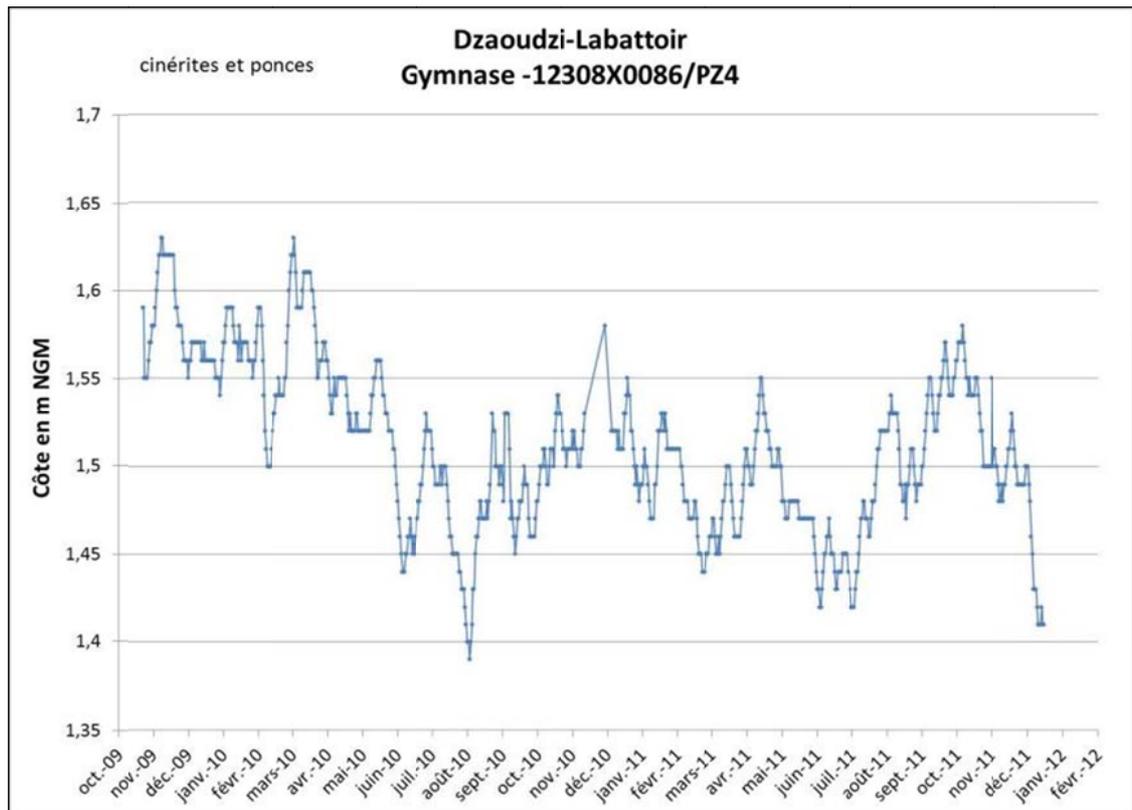


Figure 72 : chronique piézométrique du piézomètre Gymnase - 12308X0086/PZ4

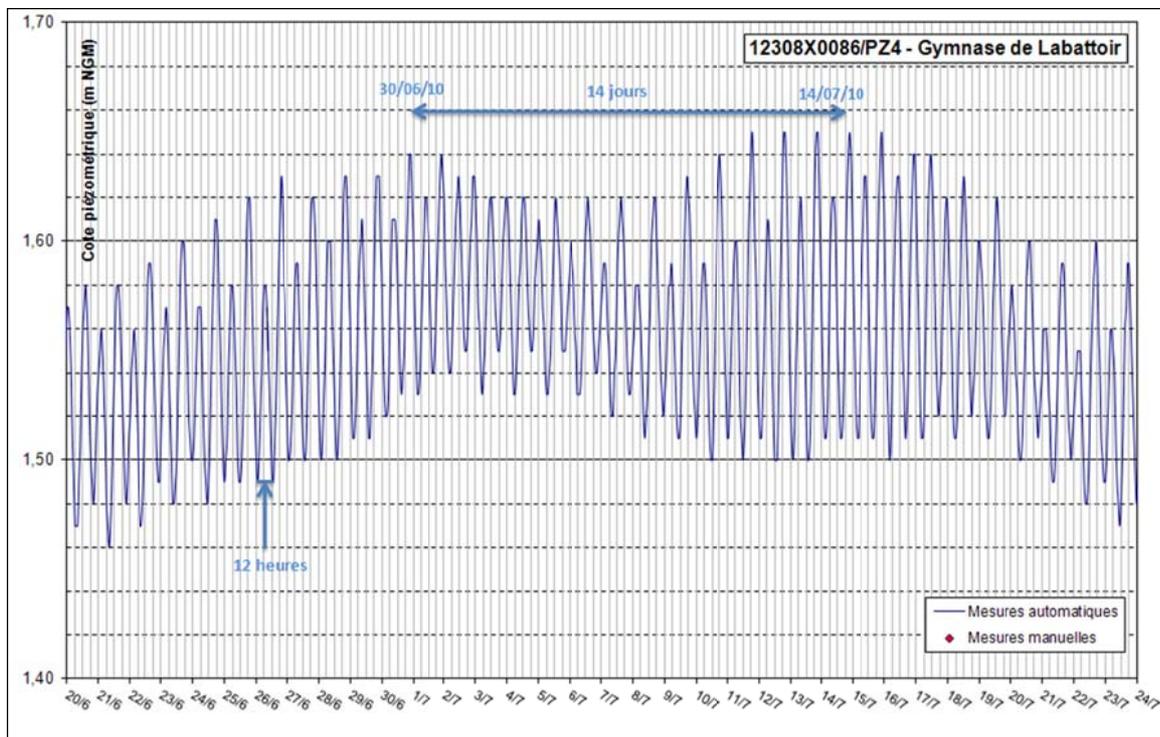


Figure 73 : identification des signaux tidaux sur la série de mesures, piézomètre Gymnase - 12308X0086/PZ4

Tout comme pour le piézomètre du dispensaire de Mramadoudou deux signaux tidaux sont identifiables sur la série de mesures (cf. Figure 73) :

- l'un d'une période d'environ 12 heures et d'une amplitude de 1 à 5 cm environ correspondant aux marées semi-diurnes ;
- l'autre d'une période d'environ 14 jours et d'une amplitude de 10 à 2 cm environ correspondant à l'alternance des syzygies de la Lune et du Soleil

b) Analyse des données

Les chiffres relatifs aux deux années complètes de données sont présentés dans le Tableau 5.

Le niveau piézométrique oscille entre 1,38 et 1,63 m NGM. Les niveaux piézométriques moyens annuels calculés sont très proches (cf. Tableau 28).

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station de la Convalescence (mm)
2010	1,52	1,52	0,24	1592
2011	1,49	1,49	0,17	1664
interannuel	1,51	1,51	0,24	1630

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	0,15
vitesse maximum de recharge (cm/j)	0,16
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,13
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,12

Tableau 28 : Synthèse des résultats statistiques pour le piézomètre Gymnase – 12308X0086/PZ4

Les amplitudes annuelles sont très faibles, de l'ordre de 20 cm.

Le peu de données disponible ne permet pas de définir pour ce piézomètre la saisonnalité des fluctuations piézométriques, ni de calculer les niveaux statistiques quinquennaux.

#### c) Tendance d'évolution

La période sur laquelle nous disposons de données étant très courte (environ deux ans et demi), il n'est pas possible d'identifier une tendance d'évolution du signal piézométrique. Cependant, il apparaît que les niveaux enregistrés fin 2009 sont plus élevés qu'en 2010 et 2011. Sur les années 2010 et 2011 le signal apparaît très stable.

### 4.2.10. Ourovéni 2 – 12306X0012/OURO02

#### **Présentation de l'ouvrage**

Le forage d'Ourovéni 2, réalisé dans le cadre de la campagne 2004 du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte, est un ouvrage de 100 m de profondeur. Il est situé sur la commune de Tsingoni, à environ 2.2 km au SSW du village de Combani, dans un vallon, à proximité immédiate d'un ruisseau qui se jette dans le Mro Oua Ourovéni.

L'ouvrage a été réalisé au marteau fond de trou. Il est équipé de tubages PVC  $\varnothing$  230 mm et crépiné sur les intervalles 12.52 à 15.35 ; 29.64 à 35.35 et de 43.96 à 53.60 m de profondeur.

Les formations géologiques rencontrées sont les suivantes :

- De 0 à 12 m, couche d'altération superficielle constituée d'argiles marron, de sables et graviers ;
- Alluvions avec des blocs et des graviers roulés de 12 à 17 m ;
- De 17 à 30 m, coulée massive de basalte mélanocrate à olivine

- De 30 à 35 m, blocs de basalte mélanocrate à pyroxène dans une matrice argileuse
- De 35 à 37 m argile et graviers
- De 37 à 44 m, argile marron à sable polygénique
- De 44 à 100m, formation alluvionnaire comprenant une alternance et des mélanges de sables et graviers polygéniques roulés, d'argile et des intercalations de cendres grises indurées.

Les principales venues d'eau ont été identifiées au sein des niveaux alluvionnaires.

Un essai de puits et un essai de nappe ont été réalisés (pompage à un débit de 12 puis 5 m<sup>3</sup>/h pendant 72h). Le coefficient de pertes de charge quadratique du puits est évalué à  $6,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .

PARAMETRES DE L'AJUSTEMENT				
Méthode d'interprétation : THEIS				
Transmissivité (m <sup>2</sup> /s)	Coefficient d'emmagasinement	Rayon d'observation (m)	Coefficient de P.d.C quadratiques (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	Skin
1.00E-03	1.50E-02	1.20E-01	3.0E+05	
Effet de vidange : Non			Effet de capacité : Non	
LIMITE L1		LIMITE L2		
L1	Etanche	L2	Etanche	
Distance au puits de pompage (m)	1	Distance au puits de pompage (m)	1	
Temps d'influence (min)	1	Temps d'influence (min)	1	

Figure 75 : paramètres d'ajustement pour l'interprétation de l'essai de nappe réalisé sur le piézomètre Ourovéni 2

L'essai de nappe a pu être interprété au moyen d'une solution analytique de Theis avec une valeur de transmissivité de  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et de deux limites étanches. L'utilisation de limites étanches pour l'interprétation suggère un aquifère de taille réduite. Le débit exploitable proposé est celui qui provoquerait, après un an d'exploitation, un rabattement maximal autorisé de 15 m. Il vaut 1,2 m<sup>3</sup>/h. Vu la faiblesse de ce débit, cet ouvrage n'a pas été retenu par l'alimentation en eau de Mayotte.

Un log de conductivité a été effectué après les pompages d'essai. La conductivité est faible sur la partie supérieure du forage (280 µS/cm) pour atteindre plus

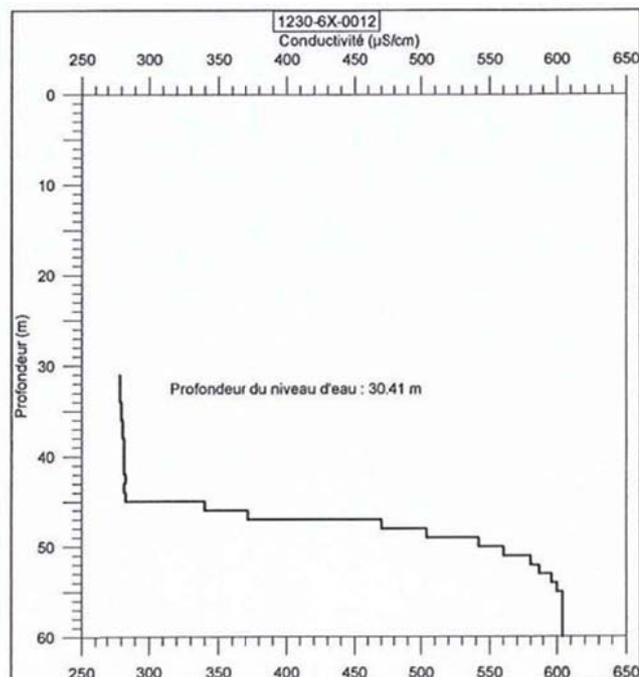


Figure 74 : log de conductivité effectué dans le piézomètre Ourovéni 2

de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en fond de forage.

### **Description et analyse statistique des données piézométriques**

#### **a) Données disponibles**

La *Figure 76* présente les données piézométrique du forage d'Ourovéni 2 enregistrées depuis le 2 juin 2005 jusqu'au 24 janvier 2012. Ce piézomètre fait partie des ouvrages de suivi rétrocedés par la DEAL au BRGM en 2006 et dont le suivi par le BRGM a démarré le 20 janvier 2007. La mise en service progressive du réseau (cf. §3.2) a engendré une lacune de données entre le 15 février 2007 et le 16 juin 2008 (cf. § 3.2 et BRGM/RP-56768-FR). L'allure de la courbe en marche d'escalier concernant les années 2008 et 2009 est liée au matériel d'acquisition utilisé à cette période. Il s'agissait de sondes de pression NAPAC/BRIO de KERWIN qui enregistraient des valeurs de niveaux arrondis au décimètre près (cf. BRGM/RP-57459-FR). L'année 2010 est marquée par la panne du matériel NAPAC, des données ont pu être récupérées mais leur validité est incertaine (cf. BRGM/RP-58230-FR). A ce jour l'acquisition des données par une station Orphéus, au pas horaire, se déroule sans difficultés (cf. BRGM/RP-60893-FR).

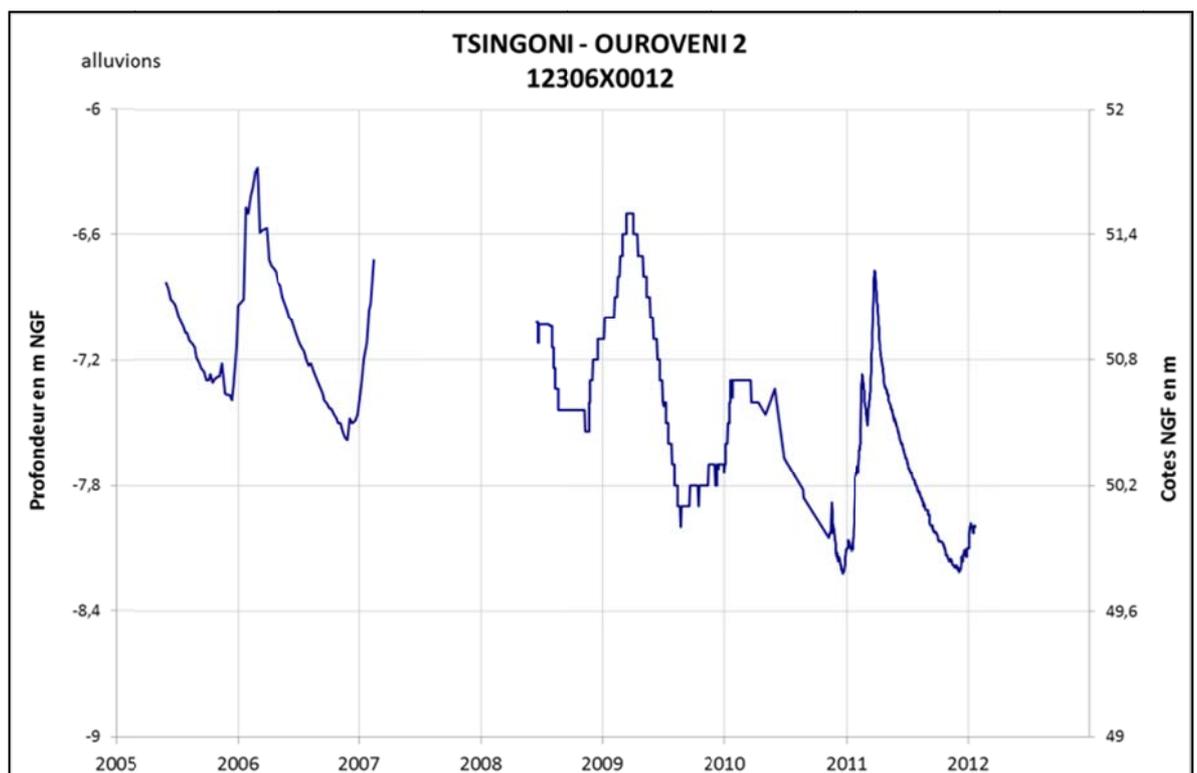


Figure 76: chronique piézométrique du forage d'Ourovéni 2 – 12306X0012

#### **b) Analyse des données**

Le niveau piézométrique se situe globalement entre 50 et 51,5 m NGM avec des moyennes annuelles comprises entre 50,23 et 50,91 m NGM. C'est l'année 2006 qui présente la moyenne enregistrée la plus élevée (cf. *Tableau 29*).

année	niveau piézométrique moyen (m)	niveau piézométrique médian (m)	amplitude (m)	Pluviométrie annuelle station Combani (mm)
2006	50,91	50,84	1,30	1831
2007	manque de données			1486
2008	manque de données			2143
2009	50,66	50,57	1,50	1393
2010	50,37	50,57	0,92	1478
2011	50,23	50,18	1,44	1788
interannuel	50,49	50,56	1,94	1687

vitesse moyenne de recharge (cm/j)	1,3
vitesse maximum de recharge (cm/j)	1,6
vitesse minimum de recharge (cm/j)	0,8
vitesse moyenne de vidange (cm/j)	0,4

*Tableau 29 : synthèse des caractéristiques annuelles pour le piézomètre Oourovéni 2 - 12306X0012*

Les cycles piézométriques se découpent de la façon suivante entre saison sèche et saison humide (cf. *Figure 76*) :

- une période de remontée des niveaux piézométriques de décembre à mars avec une vitesse moyenne de 1,3 cm/jour (cf. *Tableau 29*) ;
- une période de décroissance des niveaux piézométriques de mars à décembre avec une vitesse moyenne de vidange faible de 0,4 cm/jour (cf. *Tableau 29*).

Les valeurs d'amplitude annuelle sont de l'ordre de 1 à 1,5 m et correspondent à des valeurs couramment observées à Mayotte.

Les données disponibles ne permettent pas de calculer des périodes de retour quinquennales et décennales, seules les données de trois années sont exploitables.

### c) Tendance d'évolution

La chronique indique clairement une tendance à la baisse régulière depuis 2006. Les niveaux piézométriques moyens confirment cette tendance avec une baisse de 68 cm entre 2006 et 2011, soit une diminution du niveau moyen de l'ordre de 13 cm/an. Les niveaux d'étiage témoignent de la même évolution avec un passage de 50,58 m NGM à 49,83 m NGM entre 2005 et 2011. Les niveaux de hautes eaux sont moins affectés mais accuse tout de même une baisse de l'ordre de 10 cm/an.

A noter que le niveau d'étiage semble se stabiliser entre 2010 et 2011.

Les données pluviométriques de la station de Combani, située à 4 km au nord de l'ouvrage n'indiquent pas de variations corrélables avec cette baisse régulière du niveau piézométrique.

On note la très forte similitude de la chronique avec celle du piézomètre de Dembeni haut, pour laquelle aucune influence de forages n'a pu être identifiée. Des données complémentaires sur ce piézomètre sont nécessaires avant de pouvoir émettre des hypothèses quant à l'origine de cette tendance.

On notera pour mémoire que le piézomètre Orovéni 2 se situe à proximité de plusieurs forages et captage exploités pour l'alimentation en eau potable (cf. *Figure 78*). Ces ouvrages sont exploités depuis les années 2007/2008. Ils demeurent éloignés du piézomètre et se situe à l'amont hydraulique de celui-ci.

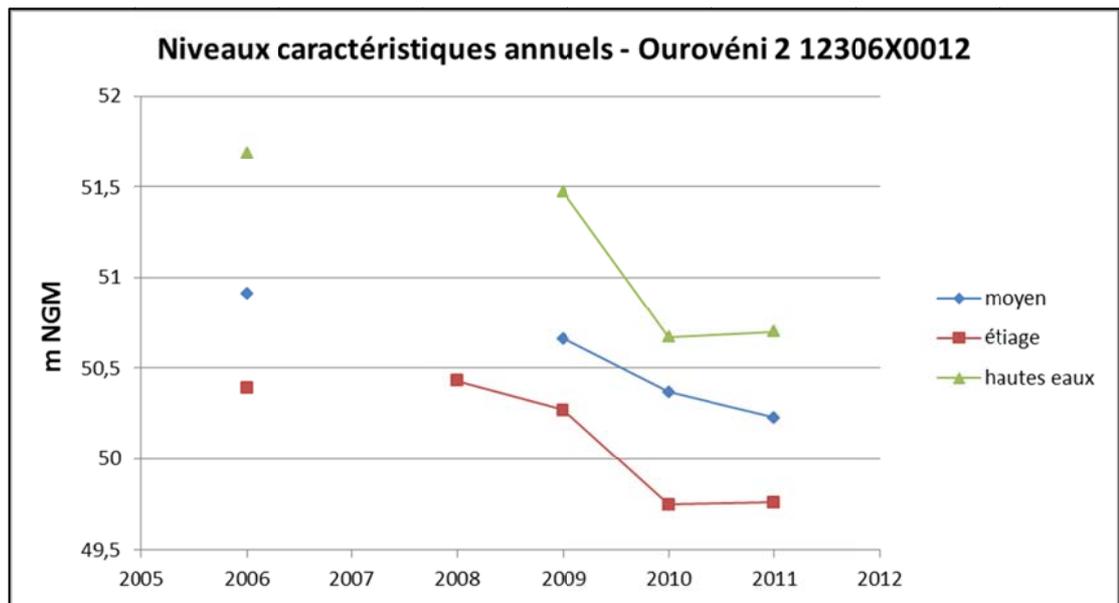


Figure 77 : évolution des niveaux piézométriques moyen, d'étiage et de hautes eaux annuels, piézomètre Orovéni 2



Figure 78 : localisation des ouvrages AEP à proximité du piézomètre Ourovéni 2, en vert les forages d'exploitation d'eau souterraine, en rouge les captages d'eau superficiels

## 5. Faisabilité d'une modélisation de l'évolution des niveaux piézométriques

### 5.1. LE LOGICIEL TEMPO

Le logiciel TEMPO, développé par le BRGM, est utilisé depuis plusieurs années dans le domaine de l'hydro(géo)logie (hydrologie et hydrogéologie) pour modéliser et prévoir des niveaux de nappes ou des débits à l'exutoire d'un bassin versant.

TEMPO peut être considéré comme apparenté aux logiciels de traitement du signal (d'une façon générale, on appelle « signal » toute variable évoluant dans le temps). Dans le domaine de l'hydro(géo)logie, TEMPO permet de modéliser le fonctionnement d'un hydrosystème, tel que celui schématisé par la *Figure 79*.

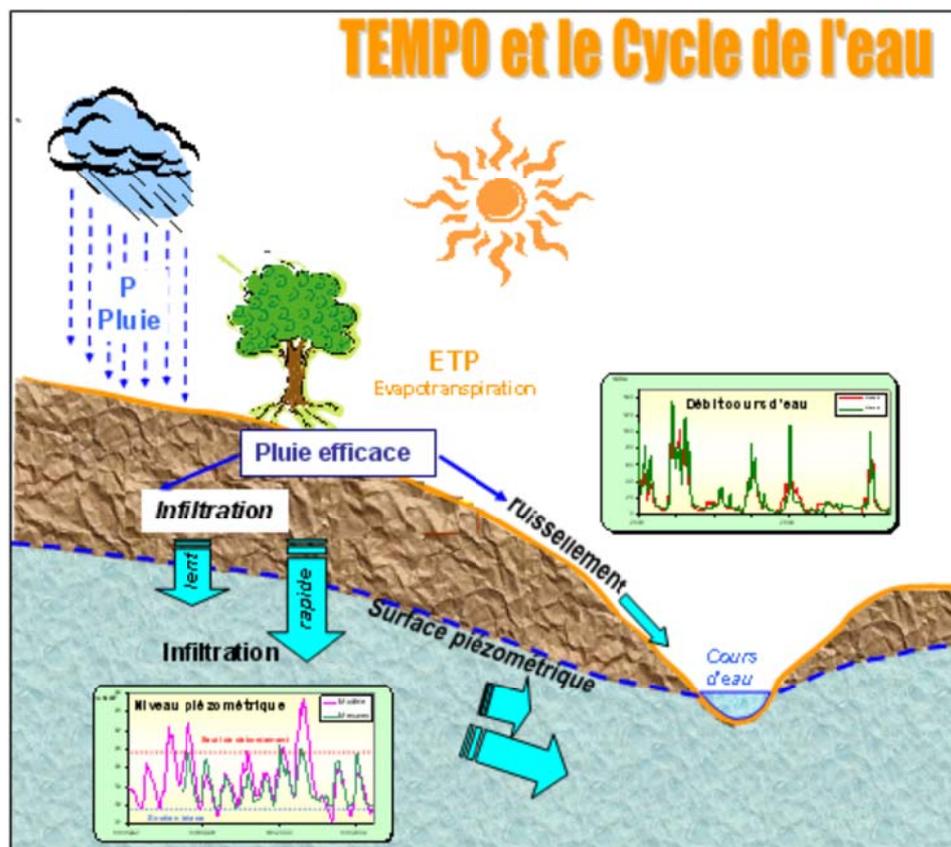


Figure 79 : Exemple d'hydrosystème modélisable par TEMPO

### 5.1.1. Méthode de modélisation

La modélisation globale de l'hydrosystème consiste à rechercher la liaison existant entre l'entrée du système (pluie et ETP) et la sortie (niveaux et/ou débits), en cherchant à reproduire la ou les sortie(s) à l'aide des données d'entrée.

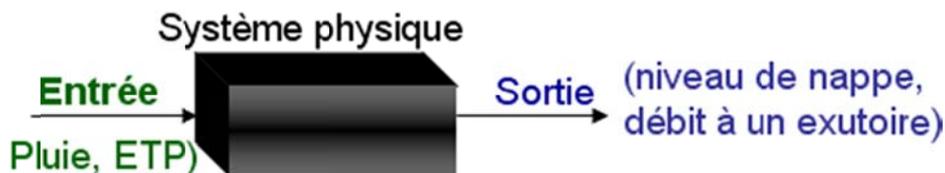


Figure 80 : Les modèles construits avec TEMPO sont du type « boîte noire »

Le modèle construit avec TEMPO est un modèle de type « boîte noire », en se référant à la typologie établie pour classer les modèles.

A la différence des modélisations réalisées à l'aide de « modèles maillés », qui tiennent compte explicitement des équations décrivant les écoulements, une modélisation avec TEMPO n'est pas basée sur de telles équations et ne nécessite pas l'utilisation des caractéristiques physiques et spatialisées de l'hydrosystème, comme la géométrie, les perméabilités ou encore les coefficients d'emménagement de l'aquifère.

La modélisation d'un hydrosystème avec TEMPO consiste à reproduire les niveaux de la nappe et/ou les débits à l'exutoire, représentant la « sortie » du système à l'aide des données climatiques, pluies et ETP, représentant l'« entrée » du système.

Le système est considéré comme un « tout » et la modélisation est dite « globale ».

Contrairement à un modèle maillé (spatialisé), une modélisation globale ne permet pas d'établir de différenciations spatiales. Par exemple, une zone à forte concentration de pompages, un secteur aquifère plus productif qu'un autre ou une zone de forte infiltration ne seront pas pris explicitement en compte.

La fonction recherchée doit reproduire le fonctionnement de l'hydrosystème, c'est-à-dire sa réponse aux épisodes pluvieux (élévation du niveau de la nappe, augmentation du débit à l'exutoire, ..). La sortie calculée (niveaux ou débits) doit s'ajuster au mieux sur la série de mesures en reproduisant en particulier :

- les déphasages : il y a généralement une réaction différée de l'hydrosystème aux épisodes pluvieux, le « temps retard » étant plus ou moins important en fonction des caractéristiques du bassin (taille, topographie, densité de drainage, paramètres hydrodynamiques de l'aquifère sous-jacent) ;
- les amplitudes de fluctuations.

La fonction recherchée est appelée fonction de transfert (F.T.).

### 5.1.2. Prédiction des niveaux de nappes et des débits

Une fois le modèle calé et la (ou les) fonction(s) de transfert calculée(s), la phase de prévision (débits, niveaux) peut être mise en œuvre.

Comme on ignore les pluies efficaces futures de la période de prévision, la méthode utilisée est de type probabiliste.

Grâce à un générateur de pluies et d'ETP, TEMPO peut produire un grand nombre de scénarios climatiques suivant un processus aléatoire mais reproduisant néanmoins les caractéristiques des séquences climatiques passées (moyenne, saisonnalité, ...).

Le modèle ayant été calé et la (ou les) fonction(s) de transfert identifiée(s), on peut donc pour chacun des  $n$  scénarios climatiques faire le calcul de la variable de sortie (débit ou niveau) sur la période de prévision choisie et à un pas de temps défini, par exemple décennie par décennie sur 10 ans.

On obtient alors  $n$  scénarios indépendants pour les niveaux ou les débits (*Figure 81* et *Figure 82* avec  $n=5$ ). Pour que les fréquences calculées soient significatives, plusieurs centaines de scénarios sont nécessaires.

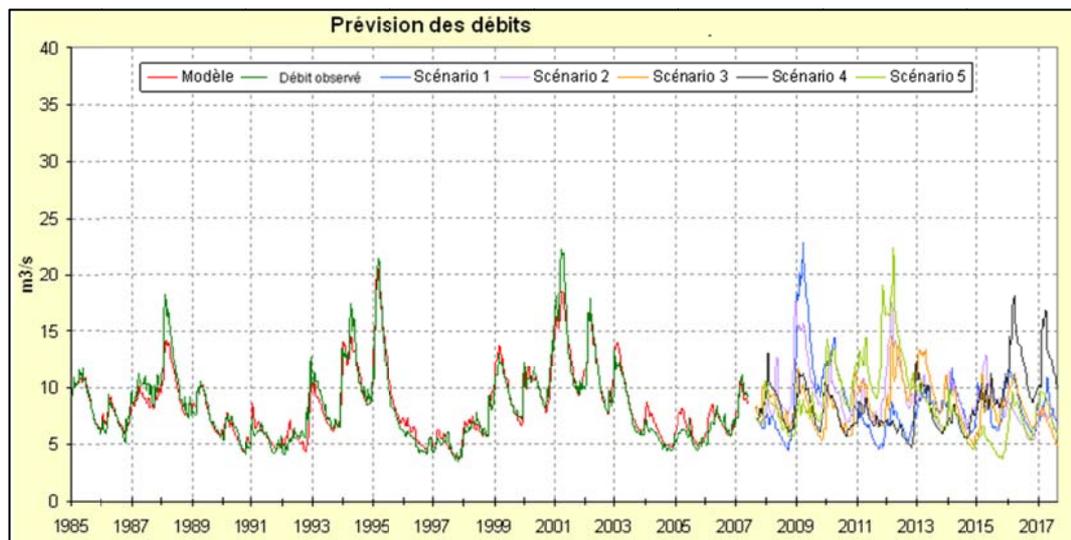


Figure 81 : Calculs de débits à partir de scénarios climatiques

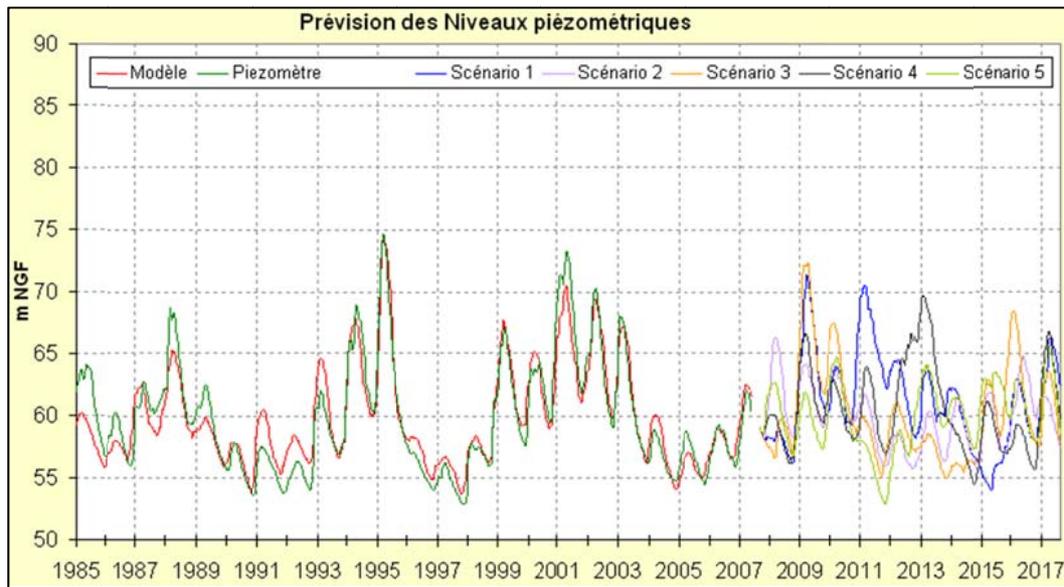
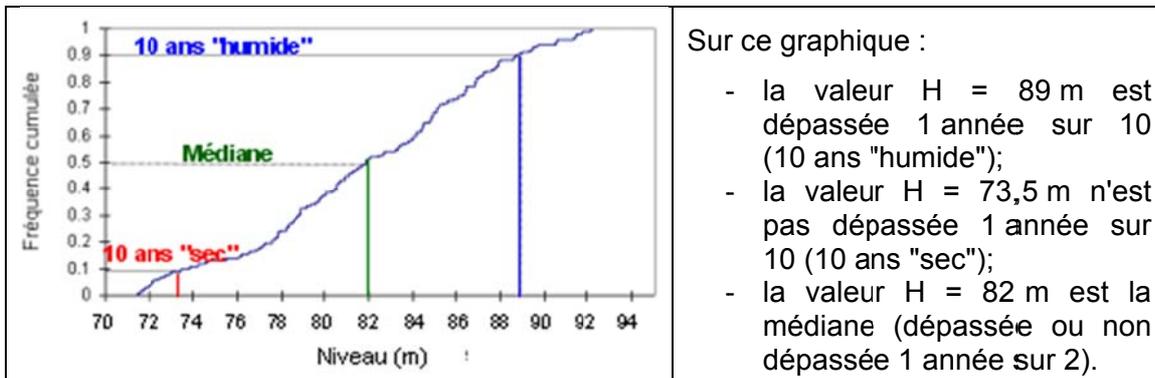


Figure 82 : Calculs de niveaux à partir de scénarios climatiques

Les résultats de toutes les simulations sont ensuite regroupés intervalle de temps par intervalle de temps, par exemple par décennie.

Sur chacun de ces intervalles de temps les niveaux sont classés par ordre croissant, ce qui revient à construire une distribution cumulée des fréquences (Figure 83) et permet de calculer une fréquence d'occurrence de telle ou telle valeur dans chaque intervalle de temps (une fréquence de dépassement ou de non dépassement).



Sur ce graphique :

- la valeur  $H = 89 \text{ m}$  est dépassée 1 année sur 10 (10 ans "humide");
- la valeur  $H = 73,5 \text{ m}$  n'est pas dépassée 1 année sur 10 (10 ans "sec");
- la valeur  $H = 82 \text{ m}$  est la médiane (dépassée ou non dépassée 1 année sur 2).

Figure 83 : Courbe de fréquence cumulée

Les valeurs correspondant à ces différentes fréquences sont calculées pas de temps par pas de temps et reportées ensuite sur un graphique (Figure 84) où les courbes tracées doivent s'interpréter non pas comme représentant des chroniques continues, c'est-à-dire des courbes d'évolution possibles avec une certaine fréquence d'apparition, mais comme des suites de valeurs correspondant chacune à une certaine fréquence d'apparition sur l'intervalle de temps considéré.

Le logiciel Tempo propose 7 fréquences particulières (*Figure 84*) réparties en deux groupes correspondant aux années dites « humides » et aux années dites « sèches » de part et d'autre d'une valeur « médiane » correspondant à la valeur qui divise la « population » statistique sur l'intervalle de temps considéré en deux parties d'effectifs égaux; la valeur médiane est dépassée (ou non dépassée) une année sur 2.

Pour information, les « 20 ans humides » s'interprètent comme la valeur de niveau ou de débit dépassée 1 année sur 20. Les « 20 ans secs » s'interprètent comme la valeur de niveau ou de débit qui n'est pas dépassée 1 année sur 20. De même pour les autres fréquences.

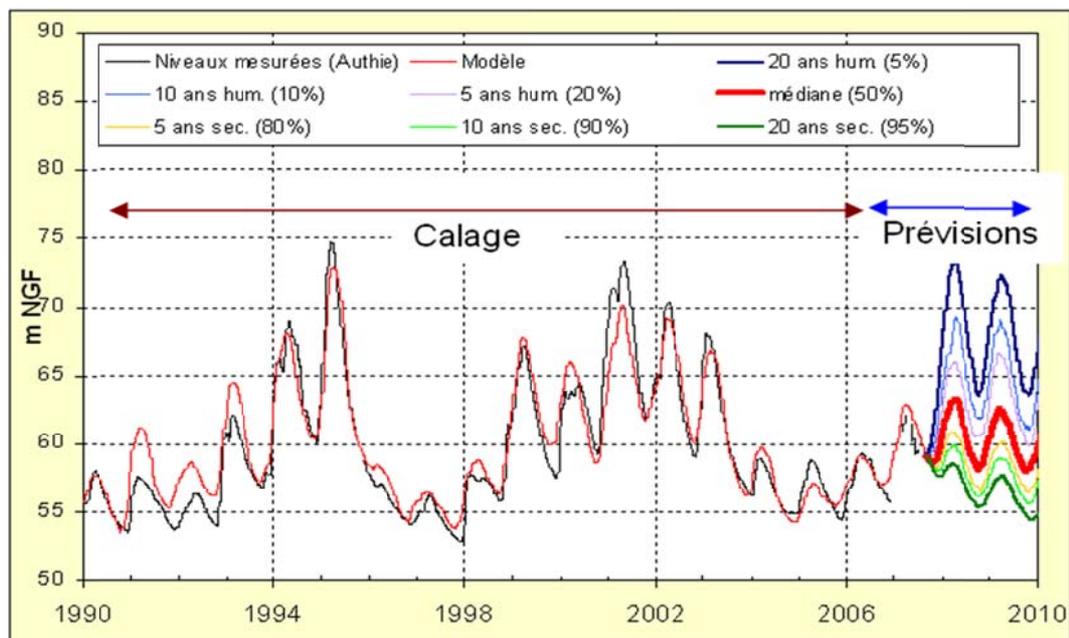


Figure 84 : Exemple de prévision fournie par TEMPO

## 5.2. DONNEES NECESSAIRES A LA MODELISATION

La réalisation d'une modélisation à l'aide du logiciel Tempo nécessite de disposer de chroniques de données météorologiques (pluviométrie et ETP) et de niveaux piézométriques. Le cas échéant, des données de prélèvement peuvent s'avérer nécessaires si ceux-ci impactent la chronique de niveau.

Comme il a été vu dans le § 2.2, les stations pluviométriques sont au nombre de 19 sur l'ensemble de l'île. En septembre 2012, 18 de ces stations sont actives, seule la station Dzoumogné ne fonctionne plus. 9 de ces stations actives sont gérées par la DEAL, les autres étant gérées par Météo-France. Ces stations couvrent la quasi-totalité de l'île de Mayotte bien que la moitié Sud soit moins représentée par rapport à la moitié Nord (cf *Figure 3*) Ces stations disposent de chroniques de données journalières relativement longues (période d'observation d'au moins dix ans sauf pour la station Dzoumogné, cf.

Figure 86) et récentes ayant été l'objet d'une analyse critique (Stollsteiner (2008), BRGM/RP-56881-FR).

Pour ce qui est des données d'évapotranspiration potentielle (ETP), un seul poste pluviométrique (Pamandzi en Petite-Terre – 4 m d'altitude) dispose de données d'ETP sur Mayotte. Des données journalières d'ETP calculées depuis 1996 selon la formule de Penman-Montheit sont disponibles. Il suffit de les acheter auprès de Météo-France. A noter que, dans le cadre du projet de caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte – secteur Nord-Ouest, une partie de ces données (période 1996-2009) ont été acquises par le BRGM.

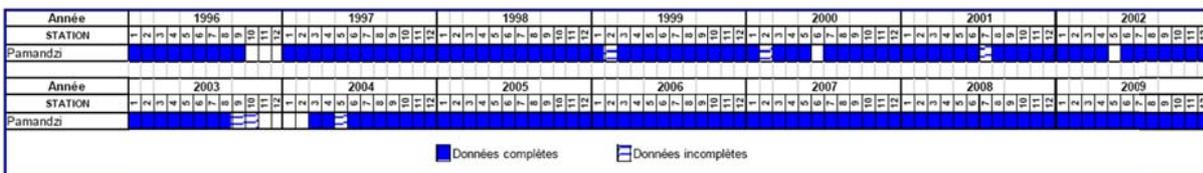


Figure 85 : données d'ETP de la station de Pamandzi acquise par le BRGM auprès de Météo-France

Comme il a été montré dans ce rapport, les chroniques de 27 piézomètres suivis sur Mayotte sont disponibles. La durée des chroniques est variable selon les ouvrages (cf. Annexe 2). Concernant les ouvrages gérés par la DEAL, les niveaux piézométriques de chaque ouvrage sont relevés manuellement par des techniciens et selon les années, ces relevés sont mensuels ou bimensuels, puis finalement hebdomadaires depuis avril 2002 sur l'ensemble du parc. Pour ce qui est des ouvrages du réseau BRGM, ceux-ci sont suivi au pas de temps horaire depuis 2008.

Dans le cadre d'une modélisation futur, il serait judicieux de se rapprocher du SIEAM (Syndicat Intercommunal de l'Eau et de l'Assainissement de Mayotte) et de la SOGEA, organismes en charges de la gestion et l'exploitation des aquifères, afin de récupérer les données de volumes prélevés.





## 6. Conclusion

Compte-tenu des enjeux associés à la connaissance et à la sauvegarde des ressources en eau souterraines dans le contexte insulaire de Mayotte, des dispositifs de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines ont été mis en place depuis 1992.

Deux réseaux de surveillance des eaux souterraines sont actuellement suivis à Mayotte :

- le réseau unitaire sous la maîtrise d'ouvrage de la DEAL/SEPR 976 (ex DAF/SEAU) référencé sous ADES RDESOUPMAYDEAL (code Sandre 1100000005) et comprenant 17 piézomètres (cf. *Figure 1*) ;
- le réseau unitaire sous la maîtrise d'ouvrage BRGM référencé sous ADES RDESOUPMAYBRGM (code Sandre 1100000001) et comprenant 10 ouvrages dont 8 toujours suivis à l'heure actuelle et 2 hors d'usage (cf. *Figure 1*).

L'analyse statistique réalisée à partir des chroniques piézométriques disponibles comprend pour chaque piézomètre les calculs suivant :

- le niveau piézométrique moyen et médian interannuel ;
- le niveau piézométrique moyen et médian par année ;
- l'amplitude annuelle et interannuelle ;
- vitesse moyenne, minimale et maximale de recharge ;
- vitesse moyenne de vidange ;
- les niveaux statistiques quinquennaux et décennaux sec et humide (lorsque les données disponibles le permettent).

La description des tendances d'évolution a permis de rendre compte du comportement de certains aquifères :

- les piézomètres Combani 1 (12306X009), Combani 2 (12306X0010) et Tsingoni (12306X0013) semblent être influencés par la présence de la retenue collinaire de Combani. Leurs niveaux piézométriques ont été rehaussés depuis la mise en service de la retenue en 1998. Les piézomètres Kwalé 2, Dembéni 1 voire Tsararano 1 semble suivre le même comportement que ceux cités précédemment mais de manière moins distincte. De plus, leur éloignement par rapport à la retenue collinaire de Combani laisse apparaître des doutes quant à une potentielle influence de la retenue collinaire sur le niveau piézométrique mesuré dans ces ouvrages ;
- les piézomètres Kawéni 1 8" (12307X0011) et Kawéni 1 10" (12307X0019) enregistrent des tendances à la baisse très probablement liées à l'exploitation de l'aquifère de Kawéni pour l'alimentation en eau potable ;

- les piézomètres Mtsangamouji 8" (12306X0011) et Béja 2 (123060015) semblent également être influencés par la mise en exploitation de forages AEP dans leur secteur ;
- les piézomètres Dembéni haut (12313X0034) et Ourouvéni 2 (12306X0012) affichent une baisse régulière du niveau piézométrique moyen annuel depuis 2006 de l'ordre de 10 cm/an ;
- les piézomètres Bandréle Dagoni (12313X003), Mréréni 8" (12312X0033), Mréréni 1 (12312X0034), Poroani 10" (12312X0050) enregistrent un signal piézométrique relativement stable.

Concernant les piézomètres Kani-Kéli 2 (12316X0037/PZ2), Dzoumougné 2 (12302X0026/PZ1), Dispensaire de Mramadoudou (12316X0038/PZ3), Digo (12306X0053/PZ5) et Gymnase Dzaoudzi (12308X0086/PZ4) les données disponibles ne permettent pas, à l'heure actuelle, de déterminer des tendances d'évolution. Le maintien de la poursuite du suivi s'avère donc nécessaire..

Une approche exploratoire visant à évaluer la faisabilité d'une modélisation de l'évolution des niveaux piézométrique a révélé qu'une première approche était envisageable à travers l'utilisation du logiciel TEMPO développé par le BRGM. En effet, les chroniques piézométriques, les données pluviométriques et d'évapotranspiration potentielle disponibles permettraient de proposer une première modélisation de certains hydrosystèmes.

## 7. Bibliographie

Programme des forages de reconnaissance des eaux souterraines à Mayotte - Campagne 1991-1992 –BRGM/RP-35165-REU

Lachassagne P., Cruchet M., Daesslé M., Lebon D. (2000) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Campagne prioritaire d'études et de forages de reconnaissance/d'exploitation (juin 1999 – octobre 2000). Compte-rendu des travaux et principaux résultats géologiques et hydrogéologiques. Rap. BRGM/RP-50428-FR – 2000 SGR/MAY 33, 20 p., 2 fig., 4 tabl., 14 ann.

Bonnier J., Jossot O., Lachassagne P. et Mouron R. (2003) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte (Campagne 2001-2003) – Forage de Poroani (12312X0050). Rapport BRGM/RP-526896FR, 19 P., 5 fig., 2 ann.

Wuilleumier A, Lachassagne P. (2004) – Réévaluation du potentiel de Mronabéja (1231-6X-0032) sur la base des données acquises lors des pompages réalisés par la DAF en juillet et août 2003 – Recommandations – Rapport BRGM/RP-52810-FR, 17 p., 4 fig., 4 ann.

Vernoux J.F., Seguin J.J. (2011) - Etablissement d'un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines – année 1, rapport BRGM/RP-59286-FR, 129 pages, 69 illustrations, 27 tableaux, 4 annexes.

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

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

Malard A. (2008) – Etat des lieux du réseau piézométrique BRGM de l'île de Mayotte, 16 juin 2008. Document interne.

Malard A. (2009) - Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte – Campagne 2008/2009 – piézomètre 12316X0037/PZ2 (Kani-Kéli 2). BRGM/RP-56782 FR, 54 p., 7 ill., 2 tab., 5 ann.

Malard A. (2009) - Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte – Campagne 2008/2009 – piézomètre 12302X0026/PZ1 (Dzoumognè 2). BRGM/RP-56779-FR, 56 p., 8 ill., 3 tab et 5 ann.

Malard A. (2009) - Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte – Campagne 2008/2009 – piézomètre 12306X0053/PZ5 (Digo). BRGM/RP-56781-FR, 60 p., 9 ill., 3 tab., 5 ann.

Malard A. (2009) - Programme de surveillance des eaux souterraines de Mayotte – Campagne 2008/2009 – piézomètre 12316X0038/PZ3 (Dispensaire de Mramadoudou). BRGM/RP-56780-FR, 54 p., 7 ill., 3 tab., 5 ann.

Wuilleumier A., Malard A., avec la collaboration de Brugeron A. et Mougin B. (2009) - Etude des bassins d'alimentation des forages de Kawéni - bassin versant du Mro Oua Kaouénilajoli – Mayotte – BRGM/RP-57620- FR. 140 p., 68 ill., 10 tab., 5 ann.

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

Jaouën T. (2011) Réseau piézométrique de Mayotte. Convention ONEMA-BRGM. Bilan de gestion 2010. BRGM/RP-58230-FR, 77 p., 38 ill., 2 ann.

## **Annexe 1**

# **Tableau synthétique des caractéristiques des forages**



NUMERO BSS	NOM	Date fin de travaux	XRGM04	YRGM04	COMMUNE	ETAT	Suivi piezo	Altitude sol	Altitude repère de mesure	Diamètre forage (mm)	Diamètre tubage (mm)	Profondeur (en m)	Crépine (en profondeur)	Distance à la mer (en m)	Aquifère	Caractère de l'aquifère	Débit testé (m3/h)	Méthode débit	distance au cours d'eau (m)	côte du cours d'eau (m NGM)	Masse d'eau	Code masse d'eau	Réseau DCE
12306X0009	Combani 1	20/03/1990	514 664	8 586 466	Tsingoni	Couvercle détérioré	DEAL	124,61	125,81	168 à 116	80	41,0	13 - 41	3000	Altérite de basalte et niveaux argileux sableux	dominante libre	6,12	Air lift	400	109	Massif de Digo	9602c	NON
12306X0010	Combani 2	27/03/1990	514 368	8 585 852	Tsingoni	Vandalisé, obstrué	BRGM	117,98	118,84	168 à 116	80	45,0	10,5 - 45	3000	Altérite de basalte et niveaux argileux sableux	dominante libre	6,00	Air lift	620	103	Massif de Digo	9602c	NON
12306X0012	Ouroveni 2	10/11/2004	514 122	8 583 920	Tsingoni	bon	BRGM	57,32	57,97	410	230	100,5	12,52 - 15,35 29,64 - 35,35 43,96 - 53,6	3000	Alluvions : blocs, graviers et sables polygéniques et roulés	semi-captif	4,65	Pompage 16h	à 5 m d'une ravine et 350 m de la rivière	38	Massif de Digo	9602c	OUI
12312X0030	Kahani 1	03/04/1990	514 078	8 582 431	Ouangani	Moyen	BRGM	116,54	117,20	168 à 116	80	45,0	8,5 - 45	2300	Argile d'altération et altérite de basalte. Surtout productif en surf jusqu'à 20m	dominante captive	6,00	Air lift	1000	38	Massif de Digo	9602c	OUI
12312X0031	Kahani 2	11/04/1990	514 522	8 581 831	Ouangani	Moyen	DEAL	99,43	100,68	168 à 116	80	45,0	4,5-16 24-36	2300	Basalte altéré et fissuré, légèrement vacuolaire, surtout à partir de 21m de profondeur	dominante libre	4,70	Air lift	400	80	Massif de Digo	9602c	NON
12313X0018	Dembeni 1	24/04/1990	519 118	8 580 433	Dembeni	Vandalisé, obstrué	DEAL	11,20	12,04	168 à 116	80	50,0	4,5 - 50	1500	Basalte sain fracturé et surtout horizon sableux entre 15 et 17 m	dominante captive	4,17	Air lift	150	5	Alluvions	9604	NON
12313X0034	Dembeni Haut	25/01/2006	517 568	8 579 361	Dembeni	bon	DEAL	88,44	89,43	226	226	86,0	33,44 - 69,76 71,64 - 77,38	3500	Coulée de basalte et sable basaltique	captif	s.o.	s.o.	80,00	82,00	Complexe du sud	9603	OUI
12313X0021	Tsararano 1	11/04/2000	518 758	8 580 531	Dembeni	Crépine détérioré	DEAL	12,13	12,57	273	273	49,6	26,51 - 48,75	1390	basalte zéolitisé avec des niveaux en graton, scoriacés et fissurés	captif	40,00	Pompage 12h	90	9	Alluvions	9604	OUI
12313X0020	Hajangua 1	02/05/1990	521 729	8 577 161	Dembeni	Moyen	DEAL	11,97	13,23	168 à 116	80	30,0	12,5 - 30	1000	Basalte légèrement vacuolaire fracturé	captif	1,70	Air lift	180	8	Complexe du sud	9603	NON
12313X0031	Hajangua 2	inconnue	521 948	8 577 291	Dembeni	Moyen	BRGM	12,00	12,96	168 à 116	80	sondé à 12m		700	inconnu	inconnu	s.o.	s.o.	inconnu	s.o.	Complexe du sud	9603	NON
12306X0015	Beja 2	22/03/2000	511 789	8 590 215	Mtsangamouji	bon	DEAL	28,40	28,67	355 à 203	159	57,0	19,91 - 45,38	1750	coulées de basalte avec niveau scoriacé	captif	9,00	Pompage 1h	20	27	Complexe du nord	9601	NON
12306X0011	Mtsangamouji 8"	19/11/1990	509 694	8 589 795	Mtsangamouji	Moyen	DEAL	39,23	40,33	168 à 146	80	40,5	10,5 - 40,5		coulées de basalte plus ou moins altéré, fracturé	captif	2,50	Air lift	30	35	Complexe du nord	9601	NON
12306X0013	Tsingoni	29/11/1990	511 944	8 586 660	Tsingoni	Couvercle détérioré	DEAL	53,11	54,32	168 à 146	80	50,0	4,5 - 50	900	Basalte altéré à très plus ou moins fracturé	semi-captif	3,10	Air lift	25	51	Massif de Digo	9602c	NON
12302X0026	Dzoumogné II	24/01/2009	510 288	8 594 842	Mtsamboro	excellent	BRGM	95,81	96,49	240	190	55,0	20 - 52	1500	Coulée de basalte et sable basaltique	captif	32,00	Air lift	10	93	Complexe du Nord	9601	OUI
12306X0053	Digo	29/08/2009	515 803	8 589 220	Tsingoni	excellent	BRGM	111,71	112,43	250	150	60,0	24 - 60	4000	Coulée de basalte et sable basaltique	dominante captive	14,00	Air lift	40	108	Massif de Digo	9602 c	OUI
12312X0032	Poroani 8"	26/12/1990	515 922	8 575 010	Chiroungui	Forage perdu	DEAL	15,21	15,89	95	80	60,0	4,0 - 56	400	Basalte altéré à très altéré et fissuré	dominante libre	2,60	Air lift	15	14	Complexe du sud	9603	NON
12312X0050	Poroani 10"	03/07/2003	515 938	8 575 031	Chiroungui	bon	DEAL	35,63	36,24	381	226	72,0	22,5 - 63,25	1100	Alluvions	semi-captif	s.o.	s.o.	100,00	30,00	Complexe du sud	9603	NON
12312X0033	MRereni 8"	16/01/1991	517 092	8 573 151	Chiroungui	Moyen	DEAL	14,93	15,99	198 à 95	80	69,0	12,0 - 69	1300	Basalte altéré fracturé	semi-captif	7,60	Air lift	60	14	Complexe du sud	9603	NON
12312X0034	Mrereni 1	13/05/2000	517 218	8 573 177	Tsingoni	bon	DEAL	18,51	19,19	159	159	70,0	41 - 49	1140	basalte altéré, fissuré zéolitisé	captif	s.o.	s.o.	130,00	14,00	Complexe du sud	9603	NON
12316X0038	Dispensaire de Mramadoudou	14/02/2009	516 710	8 570 662	Chiroungui	excellent	BRGM	9,67	10,39	152	150	65,0	35-65	600	coulée de basalte saine	captif	7,20	Air lift	15	11	Complexe du sud	9603	OUI
12313X0033	Bandrele Dagoni	18/12/2002	520 445	8 572 714	Bandrele	bon	DEAL	18,10	18,99	381	226	80,0	22 - 62,25	600	Lave vacuolaire et fissurée avec niveau scoriacé et brèche pyroclastique remaniée	semi-captif	28,00	Pompage 5 jours	35	16	Complexe du sud	9603	NON
12307X0011	Kaw eni 1 8"	03/03/1990	523 993	8 588 383	Mamoudzou	Moyen	BRGM	13,11	13,74	140	80	50,0	10,5 - 50 m	1500	Alluvions	captif	5,80	Air lift	520	9	Alluvions	9604	OUI
12307X0019	Kaw eni 1 10"	11/12/1999	524 298	8 588 971	Mamoudzou	en péril	DEAL	11,91	12,98	150	150	46,8	9 - 19 et 26 - 45	770	Alluvions et Basalte scoriacé	semi-captif	18,00	Pompage 9h	50	9	Alluvions	9604	NON
12307X0023	Kw ale 2	07/09/2000	519 410	8 584 768	Mamoudzou	bon	DEAL	71,16	71,85	159	159	70,0	35,21 - 49,15	3020	Alternance de basalte fissuré et scoriacé	captif	s.o.	s.o.	60,00	65,00	Massif de Maspéré	9602a	OUI
12316X0037	Kani Kéli II	10/02/2009	512 331	8 567 776	Kani-Keli	excellent	BRGM	15,89	16,59	152	150	52,0	36-52	600	coulée de basalte altérée	captif	s.o.	s.o.	150,00	8,00	Complexe du sud	9603	OUI
12316X0031	Mronabeja 1	30/05/1990	513 790	8 565 440	Kani-Keli	Moyen	DEAL	11,34	12,40	116	80	56,0	16,5 - 56	650	Basalte fissuré fracturé plus ou moins altéré	captif	0,40	Air lift	60	10	Complexe du sud	9603	NON
12308X0086	Gymnase Dzaoudzi	10/03/2009	530 365	8 586 514	Pamandzi	excellent	BRGM	20,91	21,62	240	220	60,0	25-39	1000	ponces et sables basaltiques	libre	5,60	Air lift	pas de rivière	s.o.	Petite Terre	9602b	OUI



## **Annexe 2**

### **Tableau synthétique des résultats statistiques**

N° BSS	Nom	Données disponibles	Altitude sol (m NGM)	Altitude repère (m NGM)	niveau piézométrique moyen interannuel (m NGM)	profondeur (m)	niveau piézométrique médian interannuel (m NGM)	moyenne des amplitudes annuelles (m)	amplitude interannuelle (m)	vitesse moyenne de recharge (cm/j)	vitesse max de recharge (cm/j)	vitesse min de recharge (cm/j)	vitesse moyenne de vidange (cm/j)
12306X0009	Combani 1	du 13/11/1992 à aujourd'hui	124,79	125,81	107,20	18,61	105,37	6,34	13,1	5,9	11,8	3,3	2,5
12306X0010	Combani 2	du 13/11/1992 au 19/02/2007	117,98	118,84	103,37	15,47	103,37	9,85	15,56	13,0	24,7	3,9	3,4
12306X0012	Ouroveni 2	du 02/05/2005 à aujourd'hui	57,32	57,97	50,49	7,48	50,56	1,29	1,94	1,3	1,6	0,8	0,4
12312X0030	Kahani 1	du 17/11/1995 à aujourd'hui	116,54	117,20	105,16	12,04	105,02	3,71	5,33	3,6	6,2	1,7	1,3
12312X0031	Kahani 2	du 13/11/1992 à aujourd'hui	99,26	100,68	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
12313X0018	Dembeni 1	du 13/11/1992 au 26/09/2007	11,2	12,04	9,13	2,91	8,98	2,35	3,84	2,6	5,0	1,2	0,9
12313X0034	Dembeni Haut	du 17/05/2006 à aujourd'hui	88,44	89,43	65,29	24,14	65,29	0,77	1,28	0,6	0,9	0,5	0,3
12313X0021	Tsararano 1	du 01/10/2003 à aujourd'hui	12,13	12,57	10,54	2,03	10,41	2,04	2,43	2,1	3,2	1,1	0,8
12313X0020	Hajangoua 1	du 10/11/1992 à aujourd'hui	12,86	13,23	6,22	7,01	6,24	1,76	3,91	1,8	5,7	0,3	0,8
12313X0031	Hajangua 2	du 10/03/1993 au 6/10/2008	12,00 d'après MNT	12,96	8,78	4,18	8,61	2,85	6,05	2,6	5,3	0,9	1,0
12306X0015	Beja 2	du 26/09/2000 à aujourd'hui	28,4	28,67	25,67	3,00	25,61	1,03	1,63	0,8	1,3	0,3	0,4
12306X0011	Mtsangamouji 8"	du 13/11/1992 à aujourd'hui données validées de 2002 à aujourd'hui	39,29	40,33	32,52	7,81	32,52	1,09	2,48	0,9	1,7	0,4	0,4
12306X0013	Tsingoni	du 13/11/1992 à aujourd'hui	53,36	54,32	50,72	3,60	50,61	1,9	3,09	1,9	3,4	1,0	0,7
12312X0032	Poroani 8"	du 10/11/1992 au 15/12/2001	15,21	15,89	12,29	3,60	12,27	1,12	2,38	0,9	1,5	0,4	0,4
12312X0050	Poroani 10"	du 19/11/2003 à aujourd'hui	35,63	36,24	28,08	8,16	28,05	0,98	1,51	1,2	2,6	0,4	0,4
12312X0034	M'rereni 1	du 26/09/2000 à aujourd'hui	19,06	19,19	13,34	5,85	13,19	2,97	4,3	4,1	9,4	1,9	1,0
12312X0033	M'Rereni 8"	du 10/11/1992 à aujourd'hui	14,95	15,99	11,9	4,09	12,12	3,02	4,9	3,8	6,9	1,1	1,1
12316X0038	Dispensaire de Mramadoudou	du 29/10/2009 à aujourd'hui	9,67	10,39	3,08	7,31	3,05	0,81	0,86	0,8	0,9	0,8	0,3
12313X0033	Bandrele Dagoni	du 03/03/2003 à aujourd'hui	18,1	18,99	14,71	4,28	14,81	2,35	3,99	2,3	3,4	0,7	0,8
12307X0019	Kaw eni 1 10"	du 13/03/2003 au 12/10/2004 et du 22/01/2008 à aujourd'hui	12	12,98	9,02	3,96	9,02	1,02	1,39	0,8	1,0	0,7	0,4
12307X0011	Kaw eni 1 8"	du 18/11/1992 à aujourd'hui	13	13,74	7,16	6,58	7,15	2,18	4,62	1,9	2,7	0,5	0,9
12307X0023	Kw ale 2	du 27/09/2000 à aujourd'hui	71	71,85	64,78	7,07	64,14	4,2	6	4,3	6,4	2,6	1,6
12308X0086	Gymnase Dzaoudzi	du 23/10/2009 à aujourd'hui	20,91	21,62	1,55	20,07	1,55	0,23	0,28	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
12316X0037	Kani Kéli II	du 29/10/2009 à aujourd'hui	15,89	16,59	12,86	3,73	12,80	1,82	2,29	3,7	5,8	1,7	0,6
12302X0026	Dzoumogné II	du 14/10/2009 à aujourd'hui	95,81	96,49	89,37	7,12	89,31	2,14	2,34	2,4	2,5	2,3	0,6
12306X0053	Digo	du 21/10/2009 à aujourd'hui	111,71	112,43	97,56	14,87	97,53	1,52	1,61	1,4	1,4	1,4	0,6
12316X0031	Mronabeja1	du 10/11/1992 à aujourd'hui	11,68	12,40	9,9	2,50	9,96	2,91	5,42	3,5	8,5	1,5	1,1
Moyenne sur l'ensemble des piézomètres de Mayotte	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	7,4	sans objet	2,4	3,9	2,7	4,8	1,2	0,9
Ecart-type sur l'ensemble des piézomètres de Mayotte	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	5,94	sans objet	1,99	3,48	2,53	5,04	0,94	0,71

Les lignes du tableau de couleur verdâtre correspondent aux piézomètres sous maîtrise d'ouvrages BRGM.



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

**Direction régionale de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 363  
97600 – Mamoudzou - France  
Tél. : 0269612813