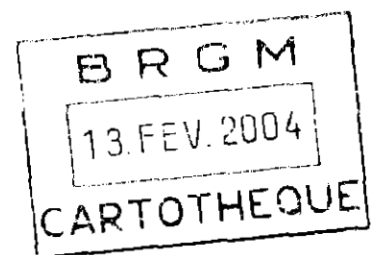


Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 2001-2003.

BRGM/RP-52481-FR
novembre 2003

J. Bonnier, O. Jossot, P. Lachassagne et R. Mouron



Synthèse

Le forage de Bouyouni-Méresse est un ouvrage de reconnaissance de 82 m de profondeur équipé pour l'exploitation d'eau potable. Il a été réalisé dans le cadre de la campagne 2001-2003 du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte (financement : Collectivité Départementale de Mayotte et BRGM, sur crédits de Service Public). Il est situé à proximité du village de Bouyouni (commune de Bandraboua), dans la vallée du Mro oua Méresse, à une altitude de 26 m NGM environ. L'ensemble des travaux (foration, pompages d'essai, réception, etc.) a été mis en œuvre sur la période du 28/04/03 au 02/06/03.

L'ouvrage a été réalisé au marteau fond de trou Φ 15" sur les 30 premiers mètres, puis au MFT Φ 14"^{3/4}. Il est équipé de tubages PVC Φ 10", crépinés de 29.5 m à 46.75 m de profondeur.

Le forage recoupe une série de formation géologiques, à dominante volcanique (coulées de lave, dépôts pyroclastiques) reposant sur un substratum alluvionnaire d'épaisseur décamétrique.

Au sein du forage, les venues d'eau proviennent exclusivement de l'unique coulée de lave qui a été recoupée. Les zones perméables correspondent à la partie saine de la coulée et semblent associées à des faciès fissurés, voire localement fracturés. La nappe est captive. La cote du niveau piézométrique est d'environ 25 m NGM en période de hautes eaux.

Un essai de puits (pompage d'essai par paliers de débit) et un essai de nappe (pompage à un débit de 18 m³/h pendant 70 h) ont été réalisés. Le coefficient de pertes de charges quadratiques du puits (c) est évalué à 4.10⁻² m/(m³/h)². Un ajustement satisfaisant de l'essai de nappe est obtenu avec les paramètres suivants (solution analytique de Theis) : transmissivité de 6.10⁻⁴ m²/s, absence de limites.

La conductivité électrique des eaux souterraines a été suivie à l'avancement et lors des pompages (valeur voisine de 230 μ S/cm). Deux diagraphies de fluides (profil de conductivité électrique des eaux au sein du puits) ont été réalisées après le développement et à la réception du forage.

Un échantillon d'eau a fait l'objet d'une analyse de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Parmi ceux-ci, le manganèse dépasse (0.15 mg/l pour 0.05 mg/l admissible selon la norme) la référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine et justifiera une dilution ou un traitement approprié avant distribution, en plus de la classique désinfection (chloration, par exemple).

Sur la base de ces données, il est préconisé de mettre en exploitation le forage dans un premier temps à un débit de 16 m³/h. Ce débit d'exploitation pourra être réévalué en fonction des données complémentaires qui seront recueillies sur l'aquifère. Cette mise en exploitation devra être précédée et accompagnée de mesures spécifiques, tant techniques que réglementaires, dont le détail est proposé au sein du présent rapport.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	4
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES ANNEXES	5
1. INTRODUCTION	6
2. LOCALISATION DU FORAGE	6
3. TRAVAUX	9
3.1. CALENDRIER DES TRAVAUX.....	9
3.2. EQUIPEMENT DU FORAGE.....	10
4. RÉSULTATS	10
4.1. GÉOLOGIE	10
4.1.1. <i>Coupe lithostratigraphique du forage</i>	10
4.1.2. <i>Vitesse à l'avancement</i>	13
4.1.3. <i>Confrontation des données géologiques du forage aux observations géophysiques et géologiques antérieures</i>	14
4.2. HYDROGÉOLOGIE	15
4.2.1. <i>Venues d'eau à l'avancement</i>	15
4.2.2. <i>Piézométrie</i>	15
4.2.3. <i>Pompages d'essai</i>	15
4.2.4. <i>Qualité des eaux souterraines</i>	23
5. EVALUATION DES DÉBITS EXPLOITABLES	26
5.1. MÉTHODOLOGIE	26
5.2. DÉBIT D'EXPLOITATION DU FORAGE DE BOUYOUNI-MÉRESSE.....	28
6. CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS	32

Liste des figures

Figure 1 :	Forage de Bouyouni-Méresse :.....	7
	(a) Localisation géographique.....	7
	(b) Schéma simplifié de la tête de puits.....	8
Figure 2 :	Coupe lithostratigraphique synthétique et technique du forage de Bouyouni - Méresse (1230-6X-0046) et localisation des venues d'eau (débits au soufflage à l'avancement).....	11
Figure 3 :	Forage de Bouyouni - Méresse (1230-6X-0046). Vitesses à l'avancement.....	13
Figure 4 :	Report de la coupe lithostratigraphique du forage sur le panneau électrique...	14
Figure 5 :	Chronique piézométrique au forage de Bouyouni-Bouyouni (1230-6X-0024) ..	16
Figure 6 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Essai par paliers de débit.....	17
Figure 7 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Interprétation de l'essai par paliers de débits ..	18
Figure 8 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Dénoisement des venues d'eau.....	19
Figure 9 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Essai de nappe.....	20
Figure 10 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Interprétation de l'essai de nappe	21
Figure 11 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Logs de conductivité après le développement et le jour de la réception.....	24
Figure 12 :	Forage de Bouyouni-Méresse. Synthèse du dimensionnement.....	29

Liste des annexes

Annexe 1 :	Comptes-rendus journaliers de chantier (BRGM)
Annexe 2 :	Données recueillies lors de la réalisation du forage, du développement, des essais, etc.
Annexe 3 :	Analyse d'eau du forage de Bouyouni – Méresse réalisée par la SOGEA
Annexe 4 :	Pluviométrie dans le secteur du forage durant les travaux et essais

1. Introduction

Le forage de Bouyouni-Méresse est un forage de reconnaissance profond de 82 m qui a été équipé en forage d'exploitation. Son numéro dans la Banque nationale de données du Sous-Sol (BSS) est le suivant : **1230-6X-0046**.

Le présent rapport rend compte de l'avancement des travaux concernant ce forage, ainsi que des principaux résultats géologiques et hydrogéologiques issus :

- de la coupe lithostratigraphique du forage établie à partir de l'étude des cuttings, récoltés à l'avancement, tous les mètres, des vitesses à l'avancement, etc. ;
- du suivi des venues d'eau, de l'interprétation des pompages d'essai, de la réalisation de diagraphies de fluides, etc...

2. Localisation du forage

Le forage de Bouyouni-Méresse se situe sur la commune de Bandraboua, en rive gauche du Mro oua Méresse (Figure 1a). Le forage a été implanté suite à des reconnaissances géologiques et hydrogéologiques de terrain, à une campagne géophysique par panneaux électriques et à une prospection radon (Rapport BRGM/RP-51498-FR- 2001 MAY 01¹). La piste d'accès à la plate forme emprunte le GRMT1. Ses coordonnées UTM, en mètres, sont les suivantes :

X : 514 270 m
Y : 8 592 035 m
Z : + 26 m NGM environ

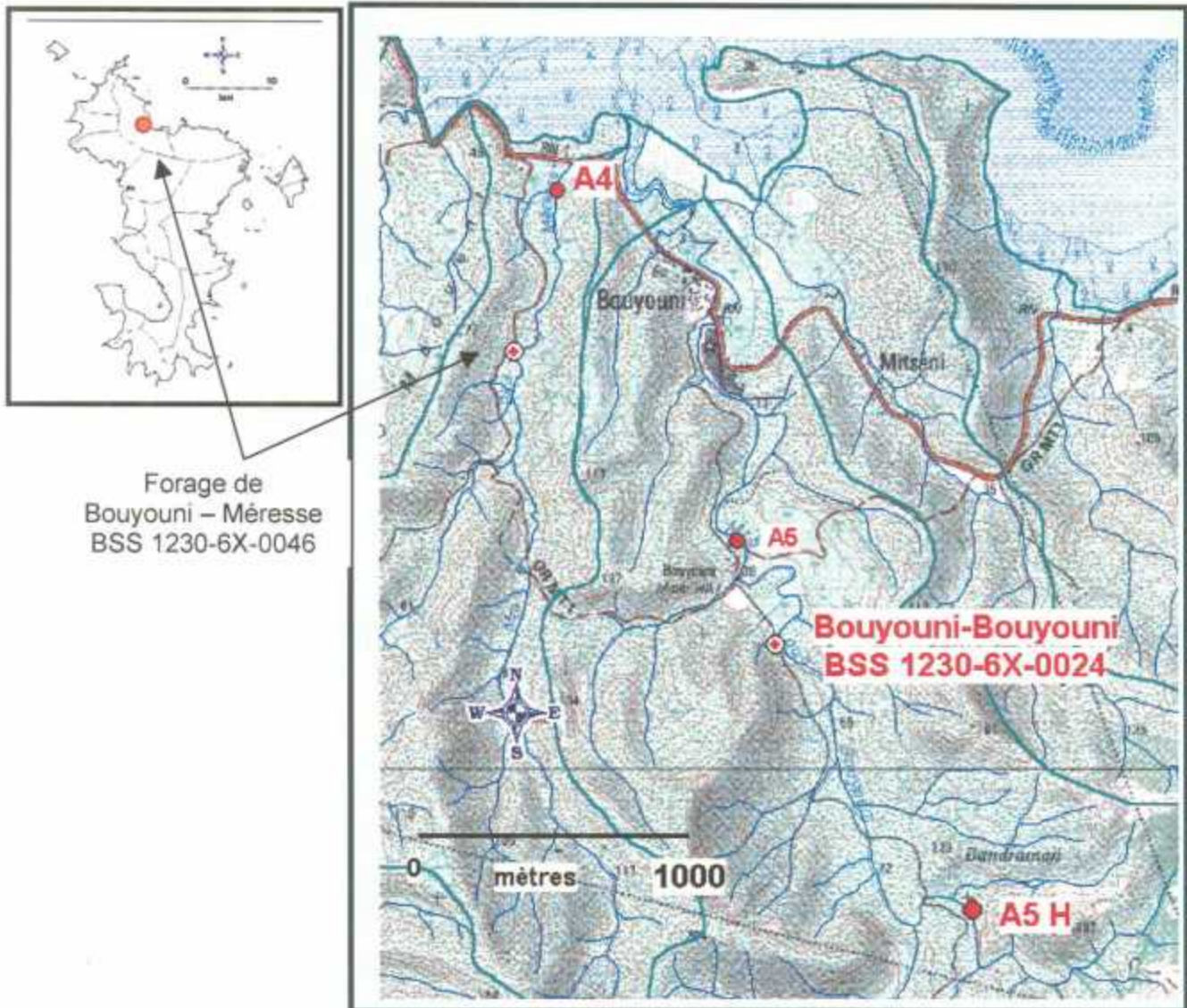
Ces valeurs ont été définies à partir de la carte IGN à 1/25 000. Elles devront être vérifiées/validées par un géomètre - topographe.

Ses coordonnées exprimées en latitude/longitude, mesurées au moyen d'un GPS en utilisant le Datum WGS 84, sont les suivantes :

lat : 12,73603 °S
long : 45,13145 °E

¹ JOURDAIN T., LACHASSAGNE P., LEBON D., MIEHE J.M., MOURON R. (2002).- Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Campagne 2001-2002. Synthèse des résultats des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et radon. Propositions d'implantation des sondages de reconnaissance.- Rap. BRGM/RP-51498-FR - 2002 MAY 01, 115 p., 33 fig., 6 tab., 4 ann..

Figure 1 : Forage de Bouyouni-Méresse :
(a) Localisation géographique



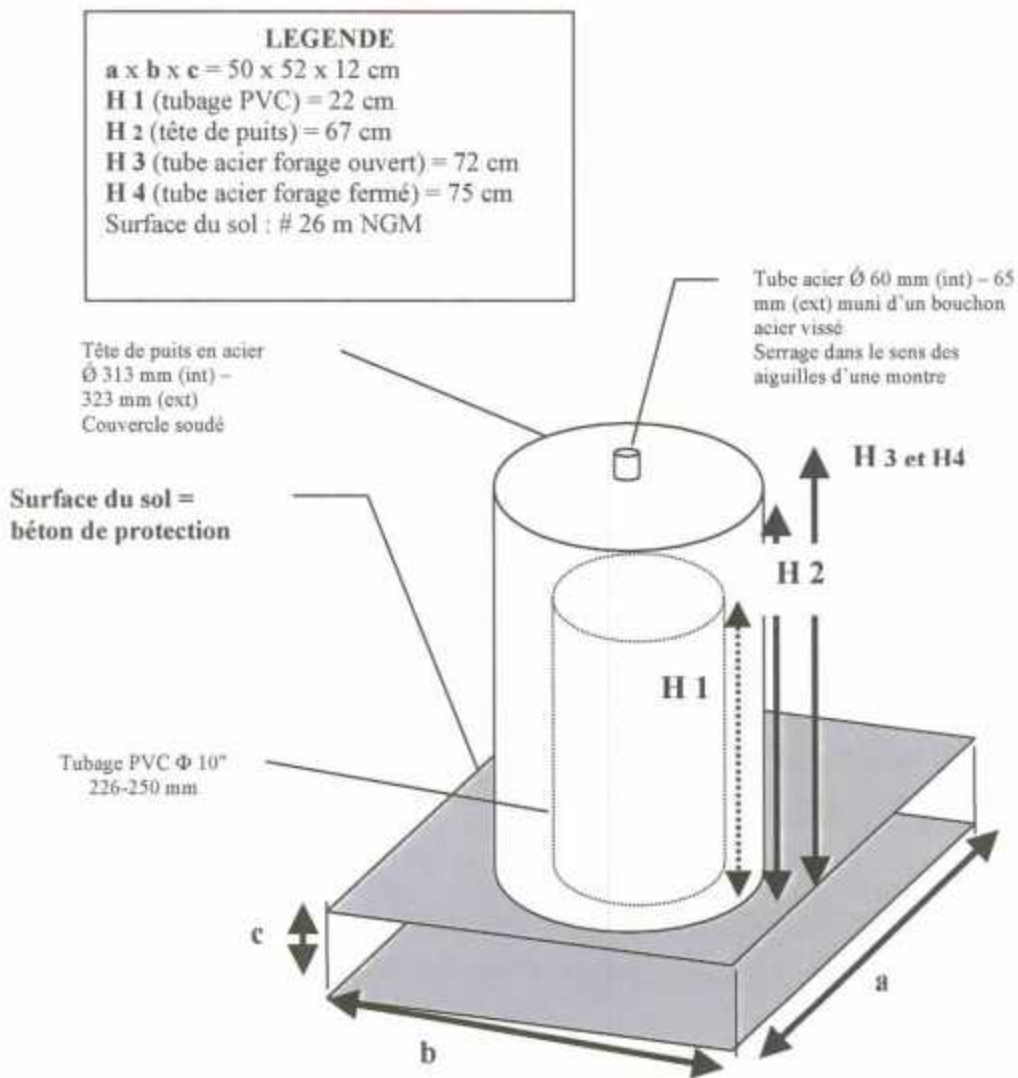
Légende :

A4 seuil enregistreur DAF sur la rivière Méresse.

A5 seuil de Bouyouni Bas équipé d'un enregistreur automatique depuis Novembre 2002.

A5H seuil de Bouyouni Haut équipé d'un enregistreur automatique depuis 1998.

Figure 1 : Forage de Bouyouni-Méresse :
(b) Schéma simplifié de la tête de puits



3. Travaux

Les travaux de foration ont été réalisés par l'entreprise COFOR du 28/04/03 au 02/06/03 selon un poste de 10 heures par jour, six jours par semaine (Annexe 1).

3.1. CALENDRIER DES TRAVAUX

- Du 28/04/03 au 29/04/03 :
 - foration au MFT Ø 15 pouces (381 mm) à l'air jusqu'à 30 m/sol, avec tubage à l'avancement en 16 pouces jusqu'à 29 m.
- Du 30/04/03 au 02/05/03 :
 - convoyage et préparation des tubages 14".
- Du 03/05/03 au 07/05/03 :
 - foration au MFT Ø 14"^{3/4} avec tubage à l'avancement 14" jusqu'à 43 m puis en trou nu jusqu'à 82 m.
- Du 08/05/03 au 10/05/03 :
 - équipement partiel du puits, cimentation de la base du puits et mise en place du massif de graviers jusqu'au top des crépines.
- Le 12/05/03 :
 - nettoyage et développement durant 5 heures à un débit évoluant de 12 m³/h environ, vers 30 m de profondeur par rapport au sol, à 29.5 m³/h, vers 45 m de profondeur (Annexe 2). Au bout de 4 h de pompage, à un débit au soufflage de l'ordre de 30 m³/h, l'eau est claire et ne montre plus de matières en suspension.
- Du 13/05/03 au 15/05/03 :
 - compléments de gravier, mise en place des bouchons argileux et cimentation ;
 - descente de la pompe LOWARA 6" ;
 - déménagement vers le site de la Gouloué.
- Du 17/05/03 au 22/05/03 :
 - essai de puits (pompage par paliers de débit) ;
 - essai de nappe et prise d'échantillon pour analyse d'eau SOGEA ;
 - équipement de la tête de puits.
- Le 02/06/03 :
 - diagraphie de fluides (conductivité électrique) ;
 - réception du forage.

3.2. EQUIPEMENT DU FORAGE

L'ouvrage de Bouyouni-Méresse est équipé en forage d'exploitation de la façon suivante (Figure 2 et Annexe 2) :

- comblement du fond du trou par des terrains éboulés et du gravier (74 à 82 m/sol) ;
- cimentation du fond du trou de 74 à 56 m/sol ;
- remblais de gravier de 56 à 49 m/sol ;
- PVC plein Φ 10 pouces (226-250 mm) de +1 à -29.5 m/sol, puis de 46.75 à 48.9 m/sol (bouchon de pied situé à l'extrémité du tubage et constitué d'un tube de 30 cm environ de hauteur, rempli de 20 cm de ciment) ;
- crépine PVC Φ 10" (226-250 mm), 13% de vide, fentes horizontales de 2 mm, de 29.5 à 46.75 m/sol ;
- gravier basaltique concassé Φ 4-6 mm de 6 à 17 m/sol et de 28 à 49 m/sol ;
- bouchon argileux (Expangel SP7) de 5 à 6 m/sol et de 27 à 28 m/sol ;
- cimentation de 0 à 5 m/sol et 17 à 27 m/sol.

Le forage est fermé à l'aide d'une tête de puits en acier prolongée par un tube acier de plus petit diamètre et muni d'un bouchon vissé (Figure 1b). Cette tête de puits est scellée au sein d'un dé de béton. Lorsque le forage sera instrumenté, il devra être doté d'un dispositif de mise à la pression atmosphérique.

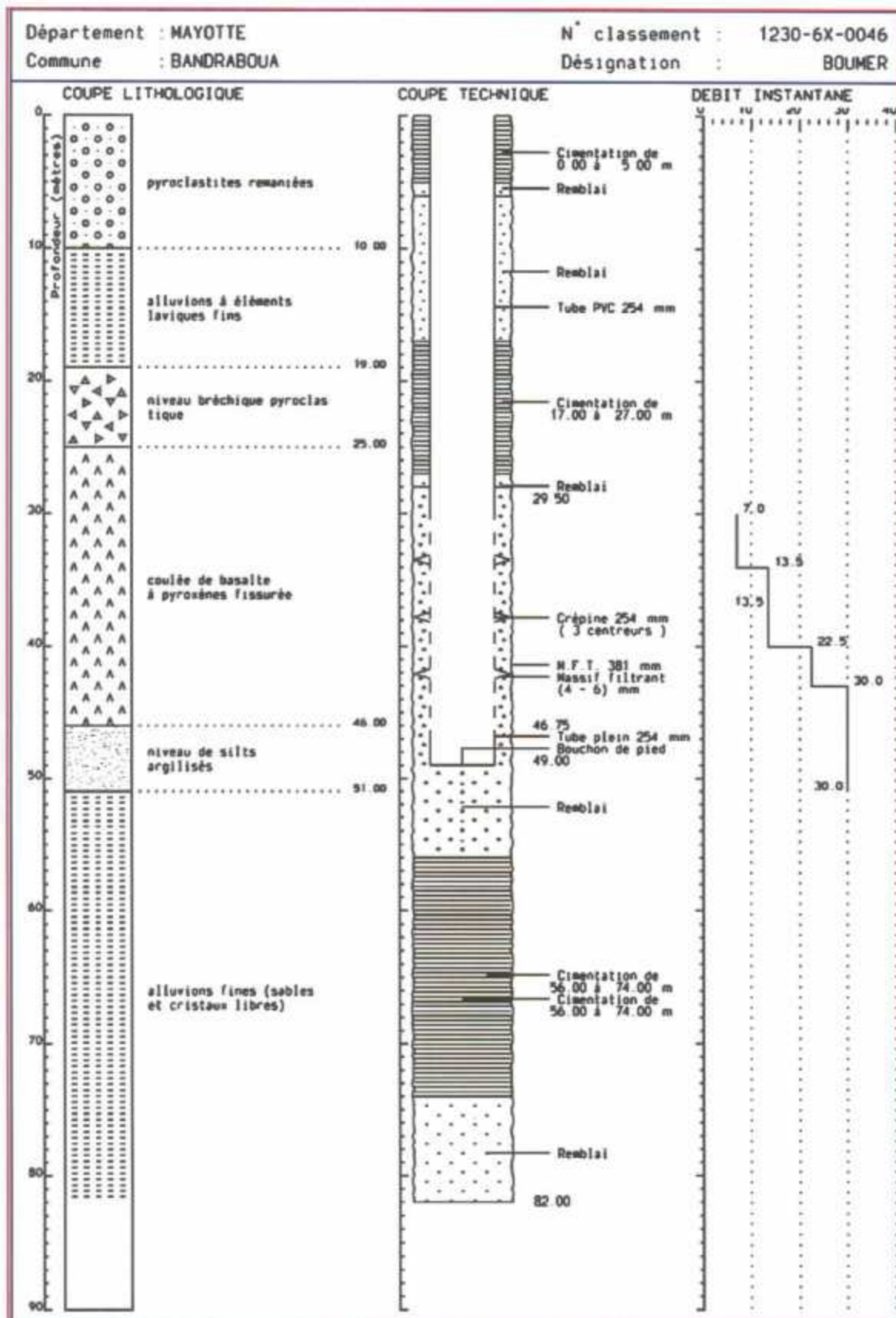
4. Résultats

4.1. GEOLOGIE

4.1.1. Coupe lithostratigraphique du forage

La coupe lithostratigraphique synthétique du forage de Bouyouni-Méresse est présentée en Figure 2. Elle a été établie (i) à partir de l'observation des cuttings prélevés tous les mètres (Annexe 2) et en s'appuyant entre autres, sur (ii) les vitesses à l'avancement (Figure 3) et (iii) sur la localisation des venues d'eau (Figure 2).

Figure 2 : Coupe lithostratigraphique synthétique et technique du forage de Bouyouni-Méresse (1230-6X-0046) et localisation des venues d'eau (débits au soufflage à l'avancement).



Les formations géologiques recoupées par le forage sont les suivantes :

0 - 10 m/sol : dépôts pyroclastiques fins et remaniés.

Ils contiennent des fragments de lave sombre, sains ou altérés, de taille millimétrique à centimétrique, et des minéraux libres de pyroxène, emballés dans une matrice cendreuse grossière à fine.

10 – 19 m/sol : alluvions.

Cette formation polygénique est composée principalement :

- d'éléments émoussés, de taille centimétrique, de basalte microlitique à pyroxènes et à pâte vitreuse, massif, altéré, non vacuolaire ;
- d'éléments également émoussés de lave claire à pyroxènes et baguettes de feldspaths.

A la base de cette série se trouve environ 50 cm de sable grossier.

19 - 25 m/sol : niveau bréchique pyroclastique.

Cette formation polygénique est composée :

- d'éléments de taille millimétrique à centimétrique de basalte mésocrate, à phénocristaux de pyroxène, vacuolaire et altéré ;
- d'éléments microbréchiques constitués de cristaux de pyroxène et de feldspath emballés dans une matrice cendro-sableuse.

L'hydrothermalisation et l'oxydation du basalte sont bien marquées, les vacuoles sont tapissées de minéraux blancs qui peuvent être des zéolites.

25 – 46 m/sol : coulée de basalte à pyroxènes, fissurée.

Cette formation présente une altération assez marquée sur les 4 premiers mètres.

- de 29 m à 33 m, les éléments de basalte à pyroxène sont généralement sains ; ils présentent toutefois des traces d'hydrothermalisation et de fumerollisation ;
- ensuite, de 33 m à 35 m, certains éléments montrent des phénomènes d'altération évoluant depuis la bordure vers le centre (échange avec un fluide à partir d'une fracture) ce qui suggère la présence de fissures et/ou fractures au sein de cette formation ;
- enfin, de 35 à 46 m de profondeur, le basalte à pyroxène est sain et massif.

46 – 51 m/sol : niveau de silts argilisés.

Cette formation est constituée, de manière homogène, d'un ensemble d'argiles très plastiques gris/beige et d'éléments laviques, de taille comprise entre 0.5 et 2 cm et de couleur gris/vert.

51 – 82 m/sol : alluvions fines.

Cette formation est constituée d'un sable polygénique grossier (granulométrie de 2 à 6 mm) composé :

- de grains arrondis de laves basaltiques à microphénocristaux de pyroxène, dont l'état d'altération est variable ;
- de cristaux libres de pyroxènes, de minéraux blancs (feldspaths et minéraux hydrothermaux), et d'éléments silicifiés.

Le forage recoupe donc une série volcanique (coulée de laves et dépôts pyroclastiques) dans laquelle s'intercale des niveaux d'alluvions et qui repose sur un épais substratum alluvionnaire.

4.1.2. Vitesse à l'avancement

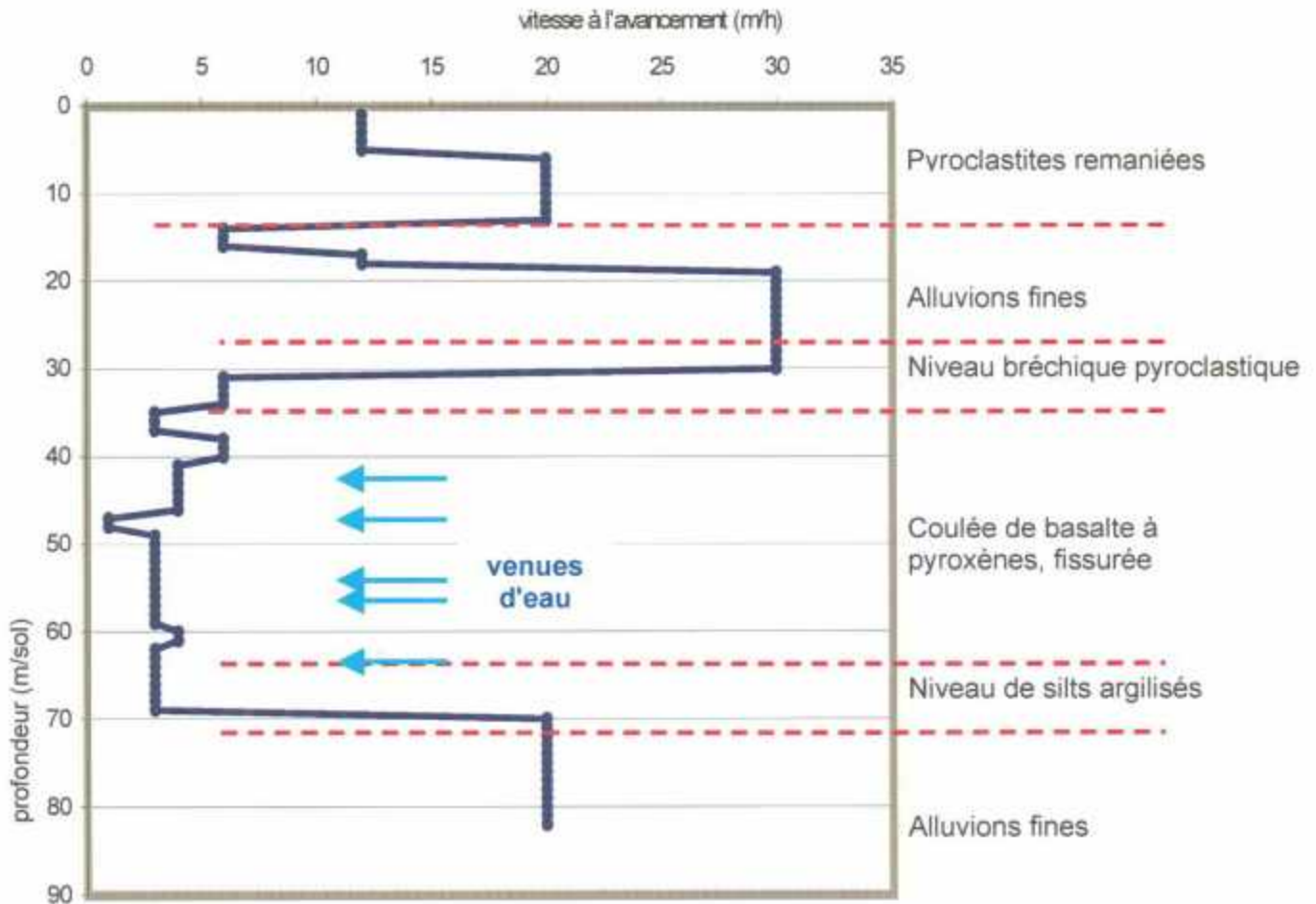
Les 43 premiers mètres ont été tubés à l'avancement, ce qui rend difficile les estimations de vitesse puisque le tube ralentit l'avancée de l'outil.

Néanmoins les vitesses à l'avancement (Figure 3) permettent de faire très nettement la distinction entre :

- les pyroclastites remaniées dans lesquelles la vitesse moyenne à l'avancement a été de 17 m/h avec une nette accélération associée à l'augmentation de la teneur en eau ;
- les alluvions dans lesquels la vitesse à l'avancement moyenne a chuté à 10 m/h ;
- le niveau bréchiqye, avec des vitesses à l'avancement assez constantes de 30 m/h ;
- les basaltes à pyroxène, et la partie supérieure des alluvions où les vitesses ont chuté à moins de 5 m/h.

Une nette augmentation des vitesses à l'avancement, qui passent de 3 m/h à 20 m/h, affecte la formation alluviale à partir de 70 m de profondeur.

Figure 3 : Forage de Bouyouni - Méresse (1230-6X-0046). Vitesses à l'avancement



4.1.3. Confrontation des données géologiques du forage aux observations géophysiques et géologiques antérieures

Les formations recoupées semblent difficilement corrélables avec les différentes séries observées à l'affleurement dans le secteur (cf. Figure 10 du rapport BRGM/RP-51498-FR).

Ces dernières ont en effet, une stratigraphie et une signature pétrographique significativement différentes (unité de basalte riche en olivine interstratifiée de cendres indurées ; présence marquée de cristaux d'olivine et absence de phénocristaux de pyroxène) de celle des formations laviques recoupées en forage.

Le rapport cité ci-dessus présente 3 cibles de forage potentielles (cf. Figure 4). Le site de forage final de Bouyouni-Méresse a été implanté à l'abscisse 250 du profil géophysique, principalement pour des raisons foncières.

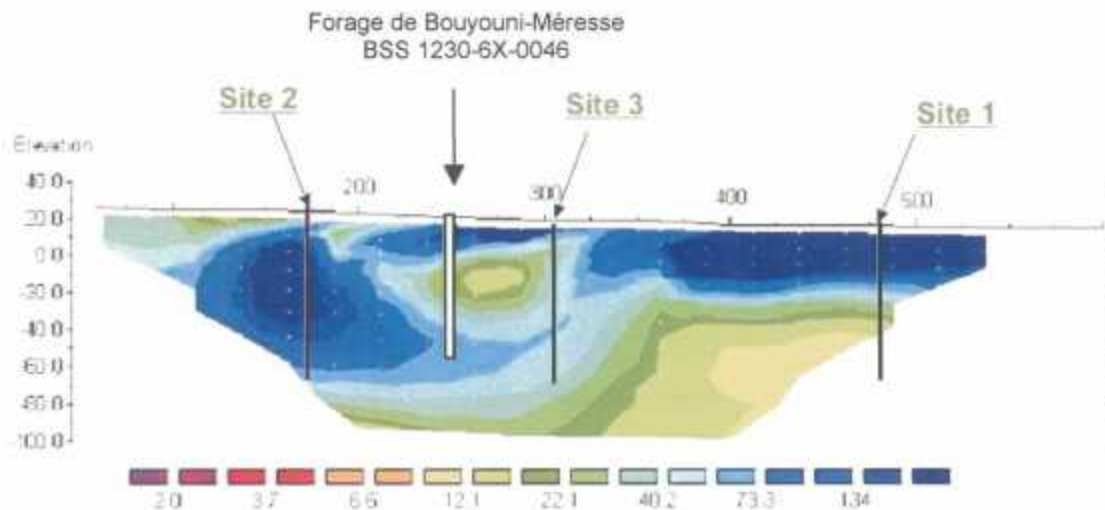


Figure 4 : Report de la coupe lithostratigraphique du forage sur le panneau électrique

La confrontation de la coupe lithostratigraphique du forage aux données géophysiques permet de faire les constations suivantes, relatives aux formations géologiques recoupées dans le forage :

- la coulée de basalte à pyroxène, aquifère, coïncide relativement bien avec l'ensemble de résistivité comprise entre 12 et 30 Ohm.m environ. Cette coulée se serait mise en place dans une structure d'orientation perpendiculaire au profil géophysique (c'est à dire Est-Ouest) et d'une extension latérale d'environ 70 m ;
- les brèches pyroclastiques et alluvions sus-jacentes présentent une résistivité sensiblement plus forte (de 30 à 100 Ohm.m environ). Le contraste de résistivité entre ces 2 types de formations est très probablement lié au caractère aquifère des laves et peu perméables des alluvions et brèches.

L'ensemble de ces formations semble s'être mis en place au sein d'une structure de type paléo-vallée de plus grande ampleur (profondeur de l'ordre d'une centaine de mètres) dont le flanc Nord se situerait à l'abscisse 350 m environ du profil géophysique. Le substratum de cette paléo-vallée supposée est nettement plus conducteur (formations altérées?). Cette

géométrie expliquerait le fait que l'on ne retrouve pas dans le forage, les formations reconnues à l'affleurement, à sa proximité. Ce phénomène de rapide et abrupte variation latérale et verticale de faciès est, par ailleurs, très commun, en contexte de terrains volcaniques.

4.2. HYDROGEOLOGIE

4.2.1. Venues d'eau à l'avancement

Les mesures de débit à l'avancement au soufflage (au fût de 200 l) ont permis d'identifier les venues d'eau suivantes (Figure 2 et Annexe 2) :

- 7 m³/h, à 30 m de profondeur, immédiatement sous la partie altérée des laves, qui montre des faciès hydrothermalisés et fumerolisés ;
- 6 m³/h, au droit de la zone identifiée comme fissurée et/ou fracturée (34 m de profondeur) ;
- deux autres venues d'eau (9 et 7 m³/h environ) ont été identifiées vers 40 et 43 m de profondeur, toujours au sein des laves. Une autre venue (détectée à la foration mais non confirmée par des mesures de débit au soufflage) se situe vers 37 m de profondeur.

Les venues d'eau proviennent exclusivement de la coulée de lave. Les zones perméables correspondent à la partie saine de la coulée et semblent associées à des faciès fissurés, voire localement fracturés.

4.2.2. Piézométrie

Le niveau piézométrique est resté stable au cours de la foration, vers 1,25 m/sol de profondeur, soit **+ 25 m NGM** environ.

La charge hydraulique au sein de l'aquifère, représentative d'une période de hautes eaux, est plus élevée que la ligne d'eau dans la ravine située au droit du forage (23 m NGM environ).

4.2.3. Pompages d'essai

Le forage de Bouyouni-Méresse a fait l'objet d'un essai de puits (pompage d'essai par paliers de débit) et d'un essai de nappe. Ces essais ont été réalisés avec une pompe 6" LOWARA, d'une hauteur de 1,54 m, dont la partie basse (aspiration) a été positionnée à 46 m/sol. Les données des pompages d'essai sont présentées en Annexe 2.

Les niveaux piézométriques ont été suivis :

- au forage de Bouyouni-Méresse (mesures manuelles, l'enregistreur automatique "Diver" étant resté bloqué à environ 15 m de profondeur) ;
- au forage de Bouyouni-Bouyouni (BSS 1230-6X-0024) situé à 1450 m de distance environ (mesures automatiques "Diver").

Une interprétation provisoire de l'essai de puits a été remise à la DAF/SER en mai 2003 (Annexe 1, rapport de chantier N°143).

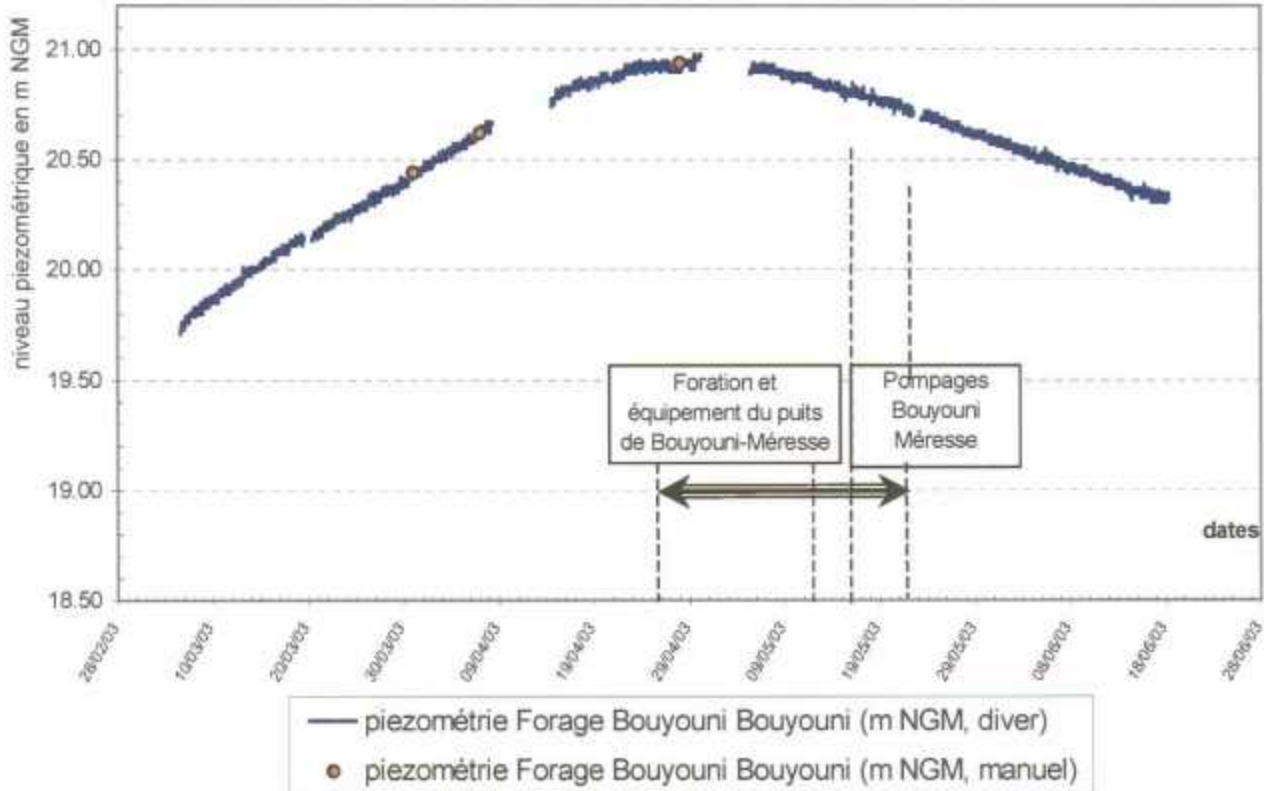
La pluviométrie a été très faible dans le secteur du forage durant les travaux (Annexe 4, données Météo-France, station de Combani-village). Elle n'est pas susceptible d'avoir généré des pluies efficaces significatives. En tout état de cause, les enregistrements piézométriques ne montrent aucune influence perceptible des précipitations et/ou d'éventuels effets de marée (Figure 5).

L'influence des travaux de forage et/ou des pompages réalisés au forage de Bouyouni-Méresse ne semble pas discernable au forage de Bouyouni-Bouyouni. La chronique piézométrique au forage de Bouyouni-Bouyouni est caractérisée par une augmentation régulière du niveau piézométrique jusqu'au 2 avril puis, par une baisse relativement régulière d'environ 1,5 cm/jour à partir du 01/05/03. La transition entre montée et baisse des niveaux piézométriques ne coïncide pas avec le début du chantier et, à fortiori, avec la période des pompages d'essai. De la même manière, la fin des pompages d'essai n'est pas marquée par une évolution piézométrique significative.

La transition entre période d'augmentation des niveaux piézométriques et période de baisse correspond très vraisemblablement à la fin de la période de recharge de l'aquifère (fin de saison des pluies, les dernières précipitations significatives ayant eu lieu en avril).

Ces variations piézométriques ne peuvent donc pas être attribuées aux travaux au forage de Bouyouni-Méresse. Seuls des tests de pompage de plus longue durée, de manière alternée sur l'un et l'autre des forages, permettraient de mettre en évidence et de quantifier d'éventuelles interférences.

Figure 5 : Chronique piézométrique au forage de Bouyouni-Bouyouni (1230-6X-0024)



Par ailleurs, le tarissement de l'aquifère mesuré au forage de Bouyouni-Bouyouni (1 à 2 cm/j) reste très faible par rapport aux rabattements induits par le pompage en Bouyouni-Méresse. Il n'est donc pas susceptible de perturber significativement la qualité de l'interprétation des pompages d'essai.

4.2.3.1. Essai de puits

L'essai de puits a comporté 4 paliers non enchaînés (Figure 6 et 7) :

- premier palier à 5,3 m³/h : rabattement de 4,08 m ;
- deuxième palier à 10,8 m³/h : rabattement de 11,03 m ;
- troisième palier à 15,2 m³/h : rabattement de 18,60 m ;
- quatrième palier à 19,2 m³/h : rabattement de 26,01 m.

Le couple de valeurs obtenu au bout d'une heure de pompage lors de l'essai de nappe (rabattement 19,57 m; débit 16,8 m³/h environ) a été utilisé comme donnée complémentaire.

L'interprétation de la courbe caractéristique du forage, de type $s = bQ + cQ^2$ (Figure 7), conduit à l'estimation suivante :

- coefficient de pertes de charge linéaire : $b = 0,57 \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})$;
- coefficient de pertes de charge quadratiques : $c = 4,10^{-2} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$.

La donnée complémentaire tirée de l'essai de nappe suggère que cette interprétation est légèrement pessimiste.

Figure 6 : Forage de Bouyouni-Méresse. Essai par paliers de débit

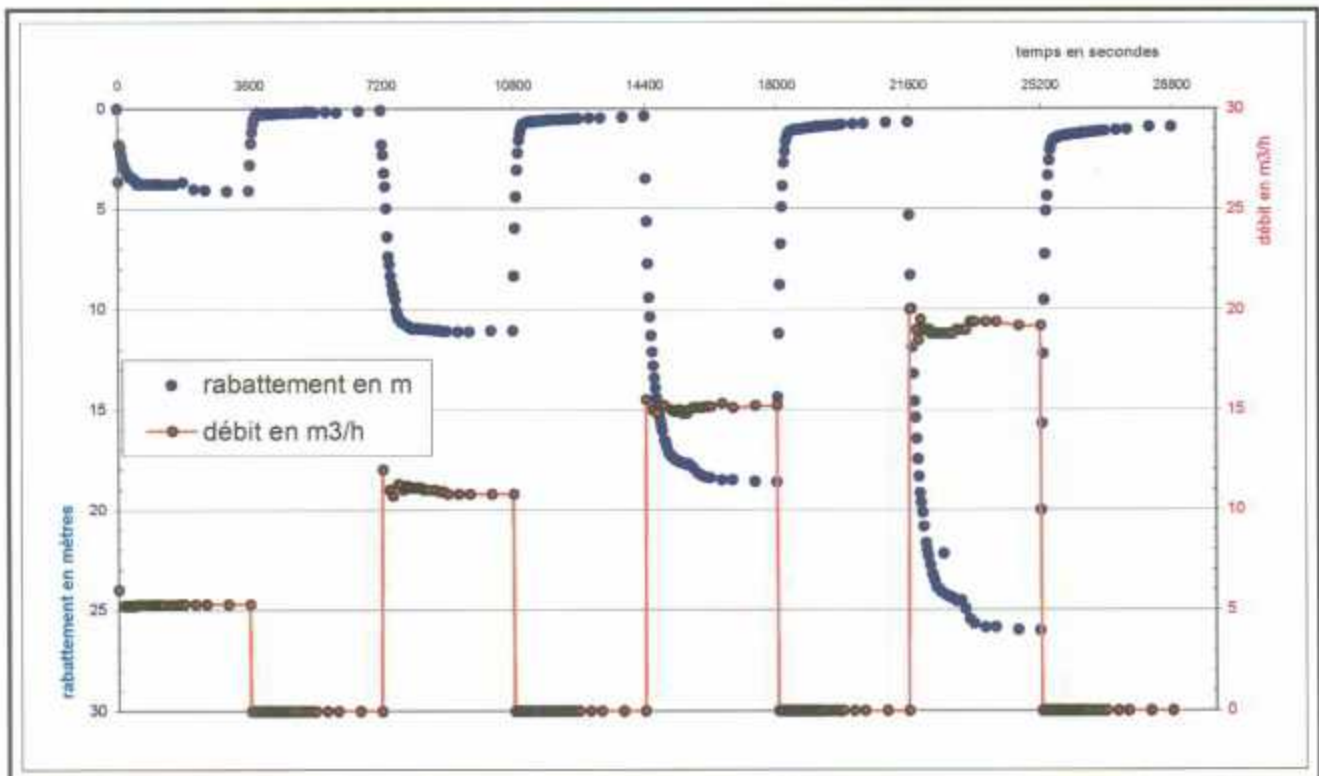
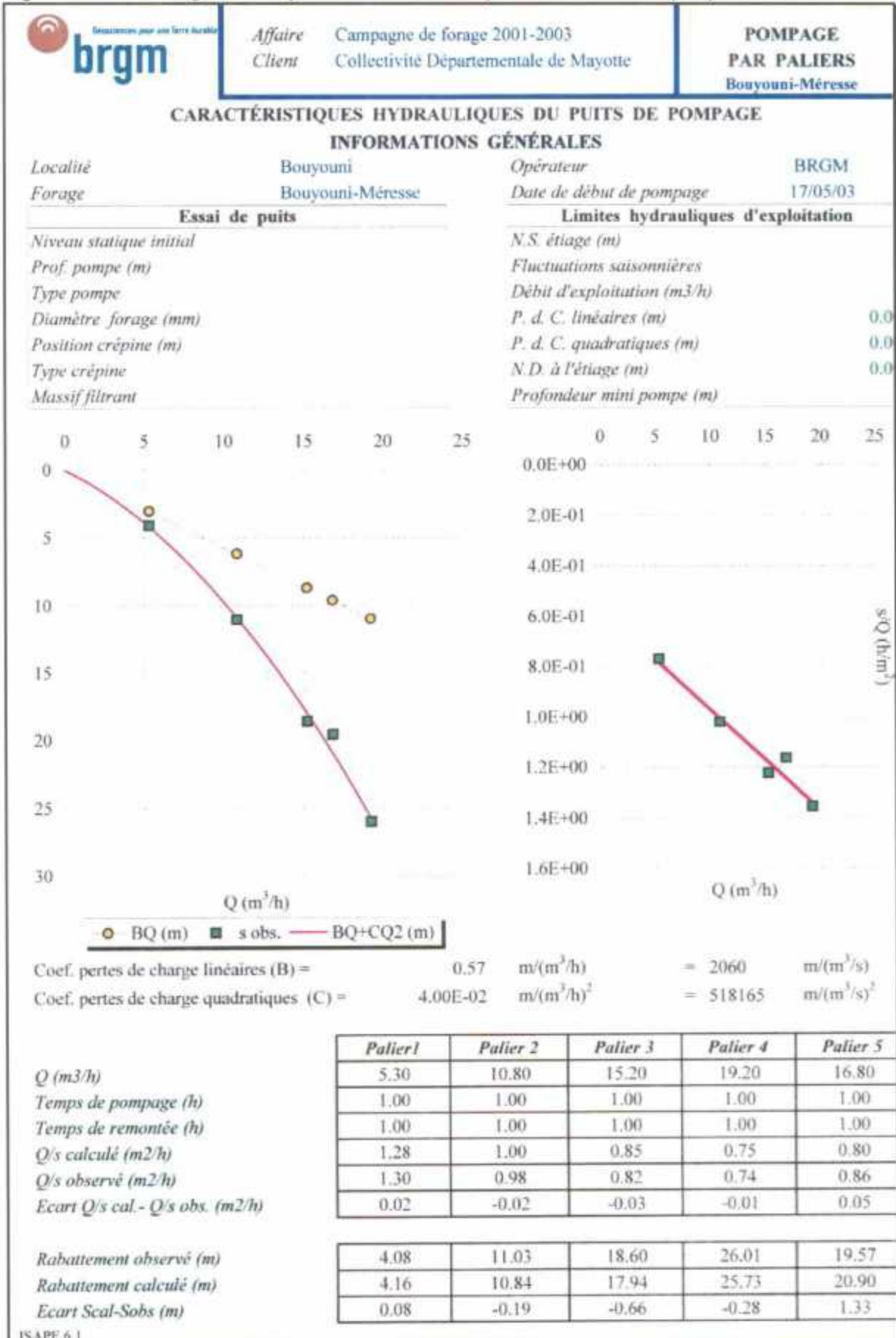


Figure 7 : Forage de Bouyouni-Méresse. Interprétation de l'essai par paliers de débits



4.2.3.2. Essai de nappe

L'essai de nappe a été mis en œuvre pendant une durée de 70 h. Les opérations de pompage se sont déroulées comme suit :

1. pompage à un débit de 17 m³/h, sans dénoyer la première venue d'eau ;
2. au bout de 48 h, augmentation du débit à 20,6 m³/h, afin de dénoyer la première venue d'eau située à 29-30 m/sol ;
3. 1 h 15 après, nouvelle augmentation du débit à 22 m³/h, afin de dénoyer la deuxième venue d'eau située à 33-34 m/sol ;
4. 1 h 15 après, diminution du débit à 17 m³/h, afin de retrouver un niveau piézométrique au dessus des venues d'eau ;
5. 12 h après, augmentation du débit à 20 m³/h ; ce qui a conduit de nouveau à un dénoiement de la première venue d'eau ;
6. 7 h environ après, arrêt du pompage et suivi de la remontée pendant 7h30.

Un ajustement satisfaisant de l'essai de nappe, tant pour la descente que pour la remontée, est obtenu à l'aide de la solution de Theis (Figure 10), avec les paramètres suivants :

- transmissivité $T = 6.10^{-4} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ (le coefficient d'emmagasinement n'est pas significatif au puits) ;
- prise en compte d'un **effet de capacité** (diamètre considéré 226 mm) qui est perceptible durant une dizaine de minutes ;
- **pertes de charges quadratiques égales** à celles obtenues lors de l'essai de puits.

Le dénoiement de la première venue d'eau (30 m) ne se marque pas par l'apparition d'un décalage significatif entre la courbe simulée et les valeurs observées (Figure 8).

Le dénoiement de la seconde venue d'eau (33-34 m ; la première venue d'eau étant bien évidemment dénoyée elle aussi) s'accompagne par contre d'un décrochage significatif des valeurs observées par rapport aux valeurs calculées (Figure 8).

En effet dans ces conditions, la charge hydraulique mesurée dans le puits n'est pas représentative de la moyenne des charges hydrauliques régnant au sein des zones productives de l'aquifère (le débit des venues d'eau dénoyées n'étant plus proportionnel à la charge hydraulique régnant dans le puits).

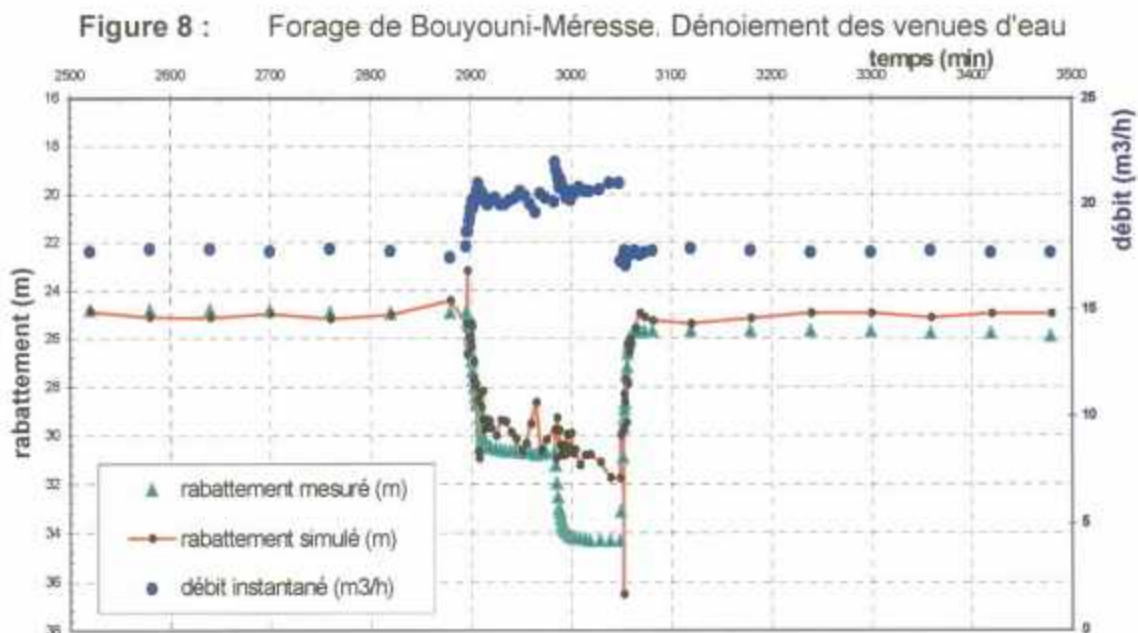


Figure 9 : Forage de Bouyouni-Méresse. Essai de nappe

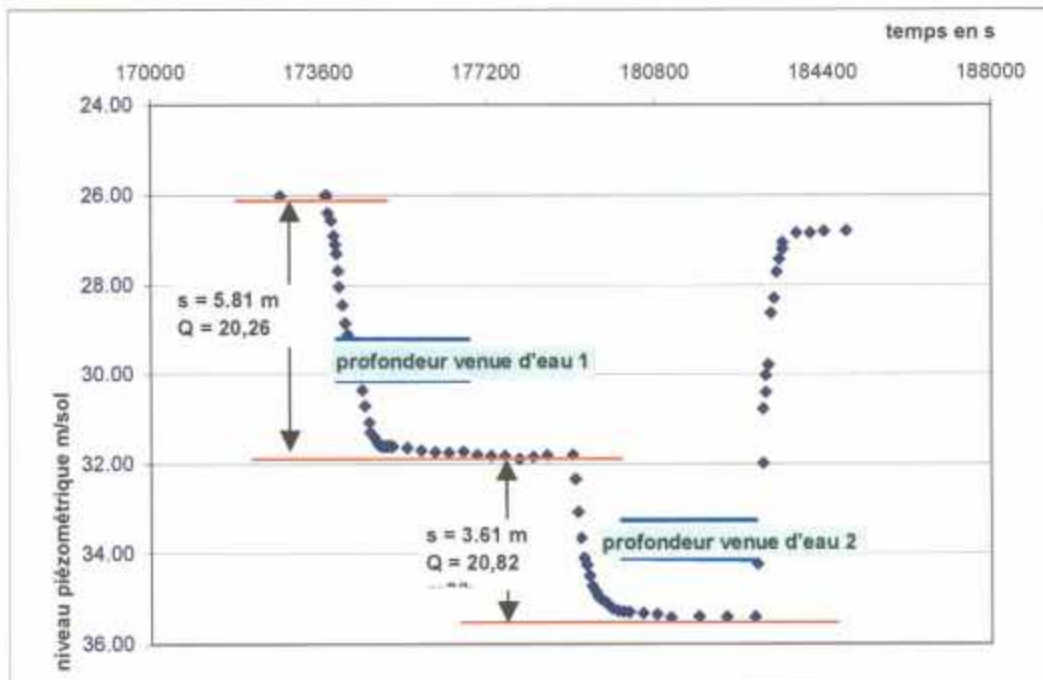
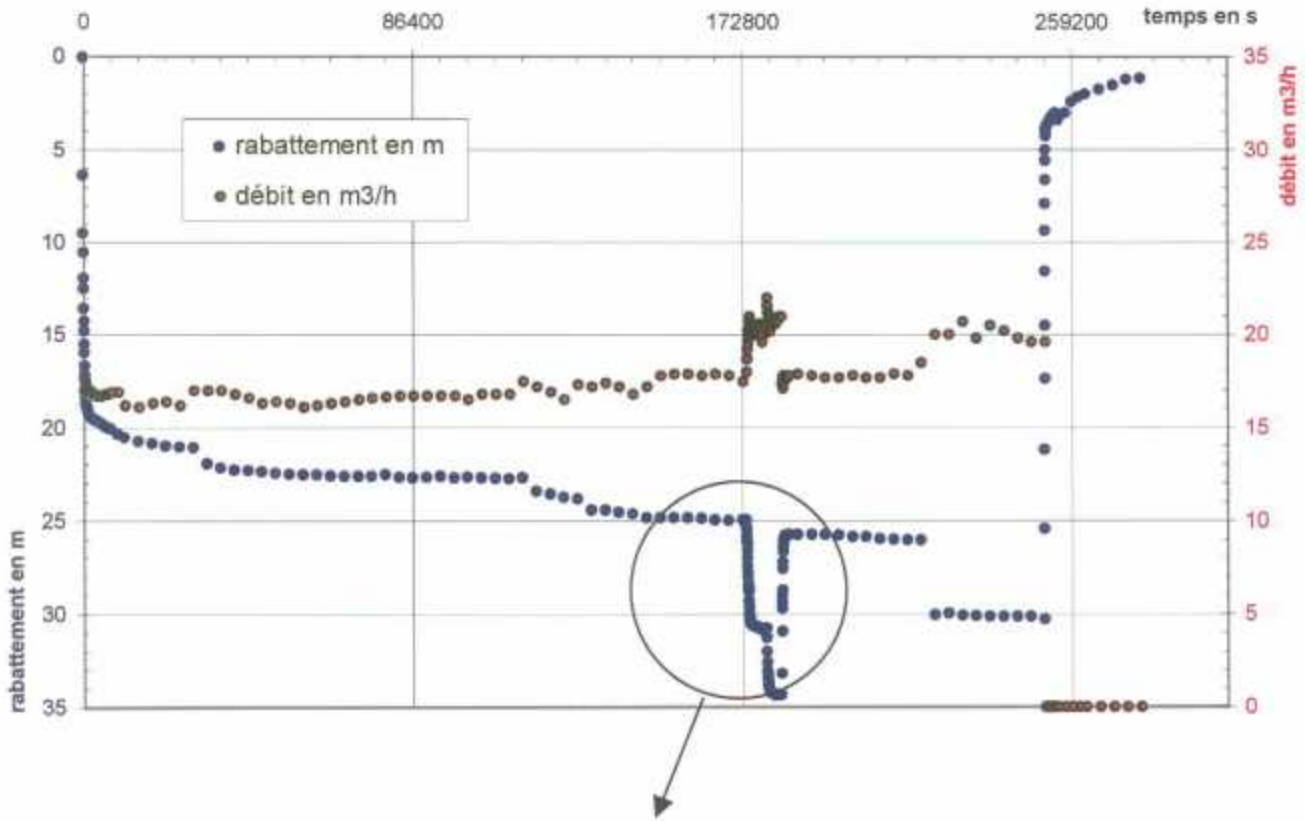


Figure 10 : Forage de Bouyouni-Méresse. Interprétation de l'essai de nappe (a)

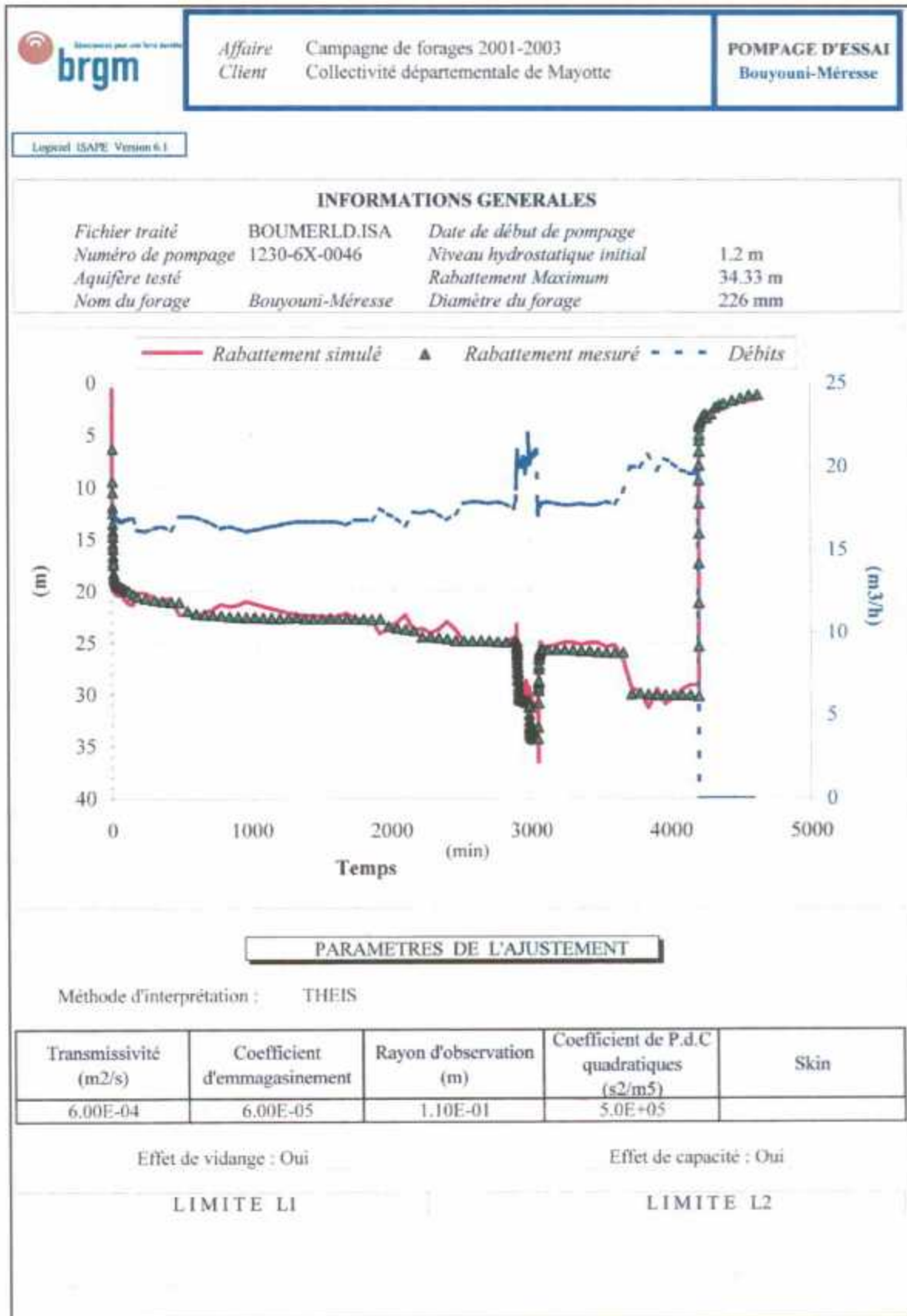
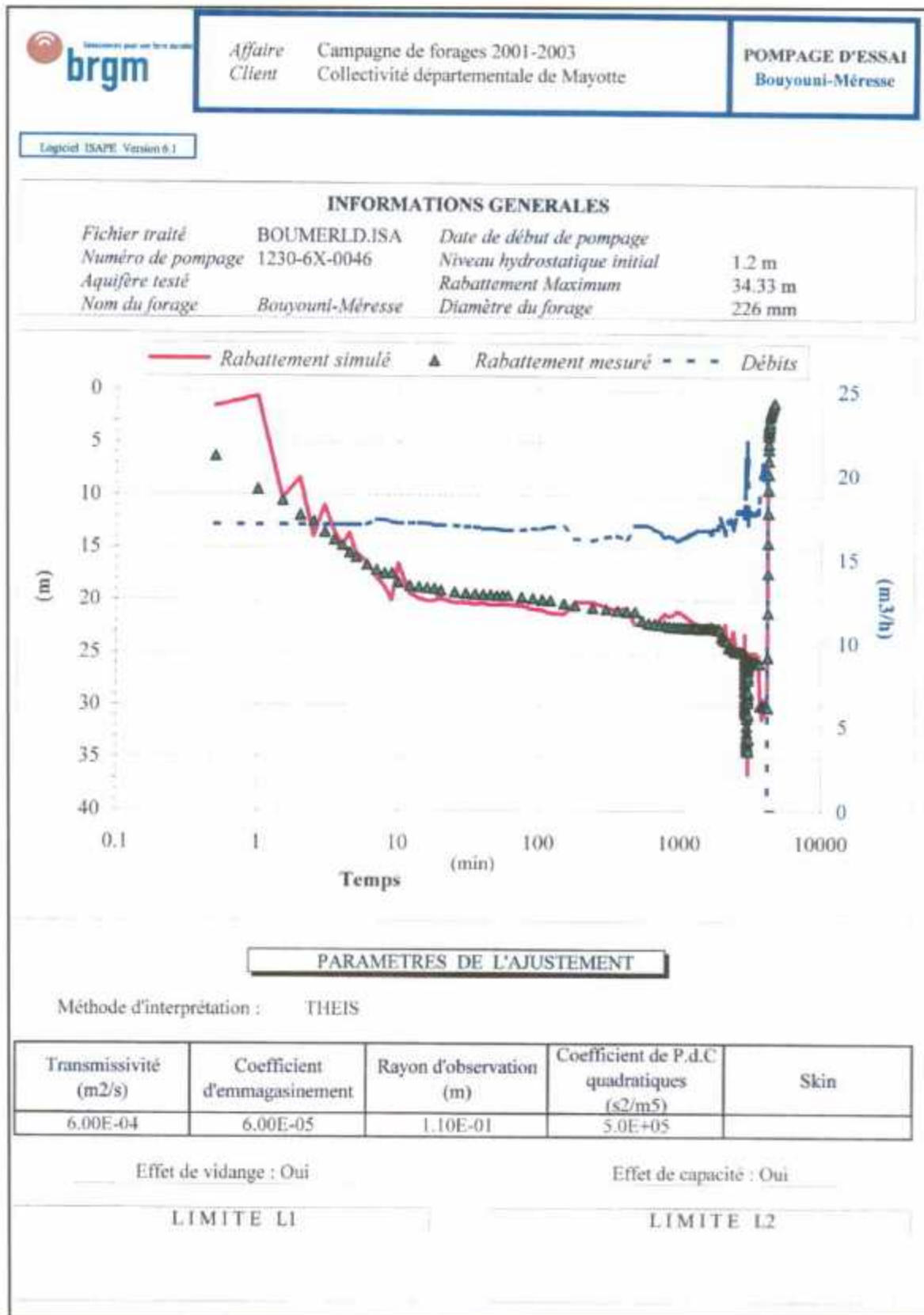


Figure 10 : Forage de Bouyouni-Méresse. Interprétation de l'essai de nappe (b)



4.2.4. Qualité des eaux souterraines

4.2.4.1. Conductivité électrique des eaux souterraines

La conductivité électrique des eaux souterraines a été suivie à l'avancement à partir de 34 m de profondeur (Annexe 2). La conductivité semble diminuer avec la profondeur au sein de la coulée aquifère (265 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 34 m/sol, 242 à 40 m/sol, et 224 à 46 m/sol).

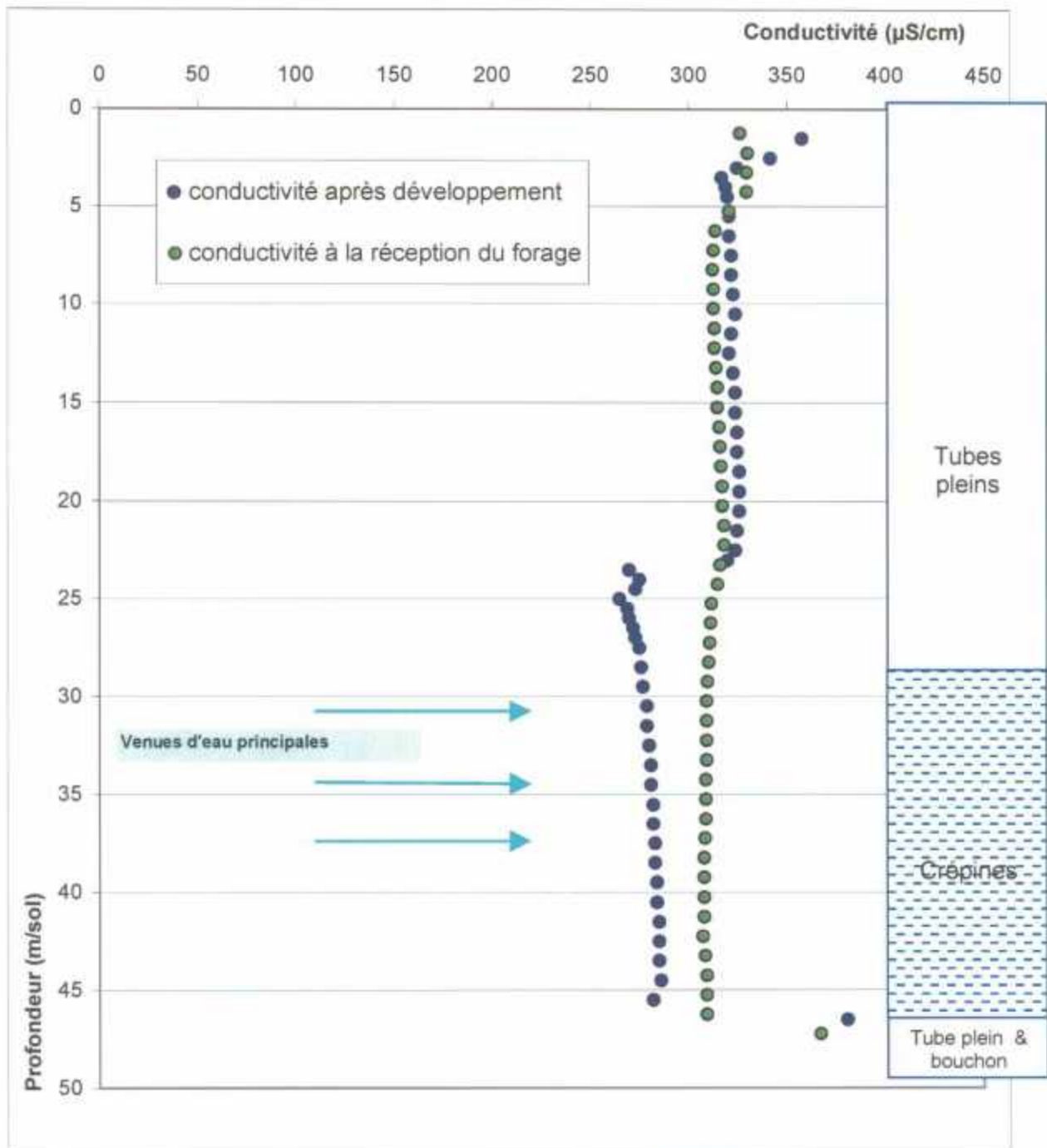
Au cours des pompages d'essai, la conductivité électrique des eaux d'exhaure a montré les évolutions suivantes :

- essai de puits : conductivité électrique voisine de **230 $\mu\text{S}/\text{cm}$** ;
- essai de nappe : conductivité électrique apparemment stable, à **230 $\mu\text{S}/\text{cm}$** .

Deux Logs de conductivité ont été réalisés respectivement après le développement et à la réception du forage (Figure 11).

On observe qu'à la réception du forage, la conductivité est constante à 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur l'ensemble des profondeurs explorées. L'augmentation visible à la profondeur de 47 m/sol correspond très probablement à la hausse de la turbidité dans le piège à sédiment, situé en fond de trou.

Figure 11 : Forage de Bouyouni-Méresse. Logs de conductivité après le développement et le jour de la réception



4.2.4.2. Analyses

Un prélèvement a été réalisé par SOGEA le 22/05/2003 à 14h45 à la fin de l'essai, après le suivi de la remontée. La pompe a été remise en route pendant 45 minutes avant la prise d'échantillon. Les paramètres analysés, tous au laboratoire sont les suivants :

- paramètres organoleptiques : odeur, couleur, turbidité et matières en suspension ;
- paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, TAC, THca, Thtotal, résidus sec, matières dissoutes) et quelques éléments majeurs (Ca, Mg, SO₄, Al, Cl, K) ;
- nitrates, nitrites, ammonium ;
- Fe, Mn, PO₄, Zn, Cu.

Les paramètres suivants sont en dehors des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Annexe 1, §I-1, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles) :

- **matières en suspension** : 3 mg/l, la norme recommande une absence de matière en suspensions. Ce paramètre devra être surveillé lors de la mise en exploitation du forage. Néanmoins, compte tenu de la nature des formations captées (laves), la présence de MES devrait s'atténuer rapidement lors de l'exploitation du forage dans la gamme de débit préconisés.

Les paramètres suivants sont en dehors des références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine « témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau » (Annexe 1, §I-2, au décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales naturelles) :

- **manganèse** : 0,15 mg/l alors que la référence de qualité se situe à 0,05 mg/l. Des excès en manganèse sont fréquemment observés au sein des aquifères volcaniques, en particulier lorsqu'ils sont captifs, et ont déjà été mis en évidence à Mayotte. Le traitement peut se faire par dilution ou par oxydation par exemple.

Les paramètres bactériologiques n'ont pas été mesurés par la SOGEA compte tenu de l'impossibilité de stériliser les installations avant prise d'échantillon.

5. Evaluation des débits exploitables

5.1. METHODOLOGIE

Une première évaluation des débits exploitables au forage de Bouyouni-Méresse est proposée sur la base des mêmes hypothèses de travail que celles retenues, en concertation avec l'hydrogéologue de la DAF/SER, au sein du rapport BRGM RP-51603-FR² :

1. **positionnement de la pompe permettant de maximiser le rabattement** : pompe pouvant même, dans des cas exceptionnels, être mise en place au sein de la partie crépinée du forage. Dans ces cas exceptionnels, sur demande du maître d'ouvrage, il a été choisi de proposer la mise en place de la pompe en regard des laves, dont la structure géologique est peu propice à l'entraînement de matières en suspension (MES). Par contre, il n'a pas été préconisé le positionnement de la pompe au droit de formations alluviales ou de formations volcaniques pyroclastiques ou altérées. L'objectif est de donner les moyens à l'exploitant, en cas de nécessité (période d'étiage marquée, besoin ponctuel important, etc.) de disposer d'une productivité maximale au forage, tant en terme de débit instantané que sur le long terme ;
2. **rabattement ne dénoyant pas les venues d'eau les plus significatives**, le dénoiement de celles-ci entraînant, en théorie, une réponse non linéaire de cette partie de l'aquifère, le débit produit n'étant alors plus proportionnel aux pertes de charge générées par le pompage. D'un point de vue pratique, le dénoiement d'une venue d'eau importante se traduit en général par une forte augmentation des rabattements, donc de l'énergie nécessaire au pompage (et des coûts de fonctionnement associés), pour un gain en terme de débit très faible voire nul ;

et à partir :

3. des **résultats des pompages d'essai** (essai de puits et essai de nappe). Des contraintes plus pessimistes quant à la structure de l'aquifère (introduction de limites étanches et/ou suppression des limites alimentées), allant dans le sens de la sécurité, sont également prises en compte. Elles sont choisies en fonction du contexte hydrogéologique local ;
4. de **niveaux piézométriques d'étiage** estimés sur la base des mesures réalisées au cours des travaux et de l'expérience des fluctuations piézométriques naturelles interannuelles connues à Mayotte (de l'ordre de 1 à 3 m en général).

Cette évaluation fournit des éléments sur :

- la **profondeur préconisée d'installation de la pompe** ;
- la **hauteur manométrique, le débit maximal de pompage** et un débit minimum, dans une gamme de variation de 40%, classiquement autorisée par les fabricants, qui permettent un dimensionnement de la pompe ;
- le **débit maximal admissible** au sein du forage ;
- ainsi que des **recommandations** quant aux modalités de mise en exploitation de l'ouvrage et de gestion de l'aquifère.

² LACHASSAGNE P., LADOUCHE B., PETIT V., JOURDAIN Th., MOURON R. (2002).- Protection et optimisation de la ressource en eau souterraine à Mayotte. Réévaluation des débits d'exploitation des forages de 1999-2000, sur la base d'observations complémentaires réalisées en 2000-2001...- Rap. BRGM/RP-51603-FR, 89 p., 31 fig., 4 tab..

Le « débit maximal de pompage » a été déterminé sur la base du **rabattement maximal admissible** :

- au bout d'un an de pompage ininterrompu (24h/24, 365j par an). Ce paramètre **diffère sensiblement de celui utilisé dans le cadre du rapport BRGM/RP-51603-FR** (3 ans). Le choix d'une échéance à un an permet en effet de dimensionner l'équipement de pompage dans l'optique de la mise en œuvre d'une simulation d'exploitation du puits sur un cycle hydrologique, telle que préconisée au sein du présent rapport ainsi que dans le rapport BRGM/RP-51603-FR ;
- en considérant que le niveau d'eau dans le forage ne doit pas s'abaisser en dessous de la profondeur de la pompe + 5 m (longueur estimée de la pompe + marge de sécurité).

Le « débit maximal de pompage » devra donc être ajusté à l'issue du suivi de la phase probatoire de simulation d'exploitation telle que définie au sein du présent rapport.

Le principe de dimensionnement proposé repose sur une exploitation en continu des forages ; si les besoins en eau sont moins importants, les forages peuvent, bien entendu être exploités de manière discontinue.

Le mode d'exploitation en continu a été préféré, en concertation avec la DAF, pour des raisons de gestion du réseau de distribution, à une exploitation discontinue qui aurait permis une plus grande souplesse en terme de dimensionnement des pompes : les pompes auraient pu être dimensionnées pour des débits beaucoup plus forts, permettant de maximiser temporairement l'exploitation (plusieurs jours, plusieurs semaines ou lors de la ou des premières années de pompage) sachant, qu'en routine, la limitation du nombre d'heures de pompage quotidien aurait permis de réguler les volumes prélevés.

Ce type de rationalisation de l'exploitation pourra vraisemblablement être envisagé à terme lorsque le réseau de distribution sera équipé d'un dispositif de télégestion.

Le **rabattement maximal** est défini en sommant les pertes de charges quadratiques, qui s'établissent au sein de la partie captante du forage et dans son environnement immédiat, telles que déterminées à partir des paramètres calculés lors de l'interprétation de l'essai de puits, et les pertes de charge linéaires liées à l'écoulement au sein de l'aquifère. Ces dernières sont évaluées au moyen de la solution analytique ayant servi à l'interprétation de l'essai de nappe.

Ce calcul permet d'évaluer le débit exploitable au forage. Il convient néanmoins de conserver à l'esprit qu'il s'agit d'une **évaluation préliminaire** qui ne pourra être confirmée et/ou validée que dans le cadre d'une simulation d'exploitation de longue durée et/ou d'un suivi de la mise en exploitation du forage (voir chapitre 6.).

En effet, les règles de l'art préconisent de ne pas dépasser, lors d'une extrapolation à partir des résultats d'un pompage d'essai, une durée supérieure à 10 fois celle de l'essai, ce qui correspondrait à 30 jours dans le cas du présent forage. Le suivi de ces prescriptions, s'il peut éventuellement être assoupli pour des milieux poreux homogènes, au sein desquels il est assez aisé de déterminer la présence d'éventuelles limites géologiques, est tout particulièrement important dans des milieux hétérogènes et compartimentés tels que les aquifères reconnus à Mayotte.

Des dimensionnements avec d'autres hypothèses que celles retenues et présentées au sein de ce rapport pourront être réalisés à la demande du Maître d'Ouvrage.

5.2. DEBIT D'EXPLOITATION DU FORAGE DE MERESSE

5.2.1. Solution analytique - Paramètres hydrodynamiques

La solution analytique utilisée pour l'extrapolation des résultats du pompage d'essai est la solution analytique de Theis, avec une transmissivité $T = 6.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (cf. § 4.2.3.2).

Trois hypothèses concernant la structure de l'aquifère ont été considérées :

- H1 : absence de limite ;
- H2 : apparition d'une limite étanche au bout de 71 h de pompage, qui n'aurait pas pu être mise en évidence lors du pompage d'essai, celui-ci ayant duré 70 h ;
- H3 : apparition d'une seconde limite étanche au bout de 71 h de pompage.

5.2.2. Pertes de charges quadratiques au puits

Coefficient « c » déduit du pompage d'essai par paliers de débit ($c = 4.10^{-2} \text{ ml}/(\text{m}^3/\text{h})^2$).

5.2.3. Niveau piézométrique d'étiage

Sur la base d'une cote sol estimée à 26 m NGM au forage, la cote du niveau piézométrique a été mesurée à 24.8 m NGM le 02/06/03. Cette valeur est significative d'une période de hautes eaux (début de la saison sèche).

Dans le cadre des estimations réalisées ci-dessous, il est proposé de considérer une cote piézométrique d'« étiage sévère » de **22 m NGM** (Figure 12).

5.2.4. Profondeur d'installation de la pompe

Compte tenu des éléments suivants :

- la première venue d'eau captée se situe à 30 m de profondeur ;
- la base du tubage plein se trouve à 29.5 m de profondeur.

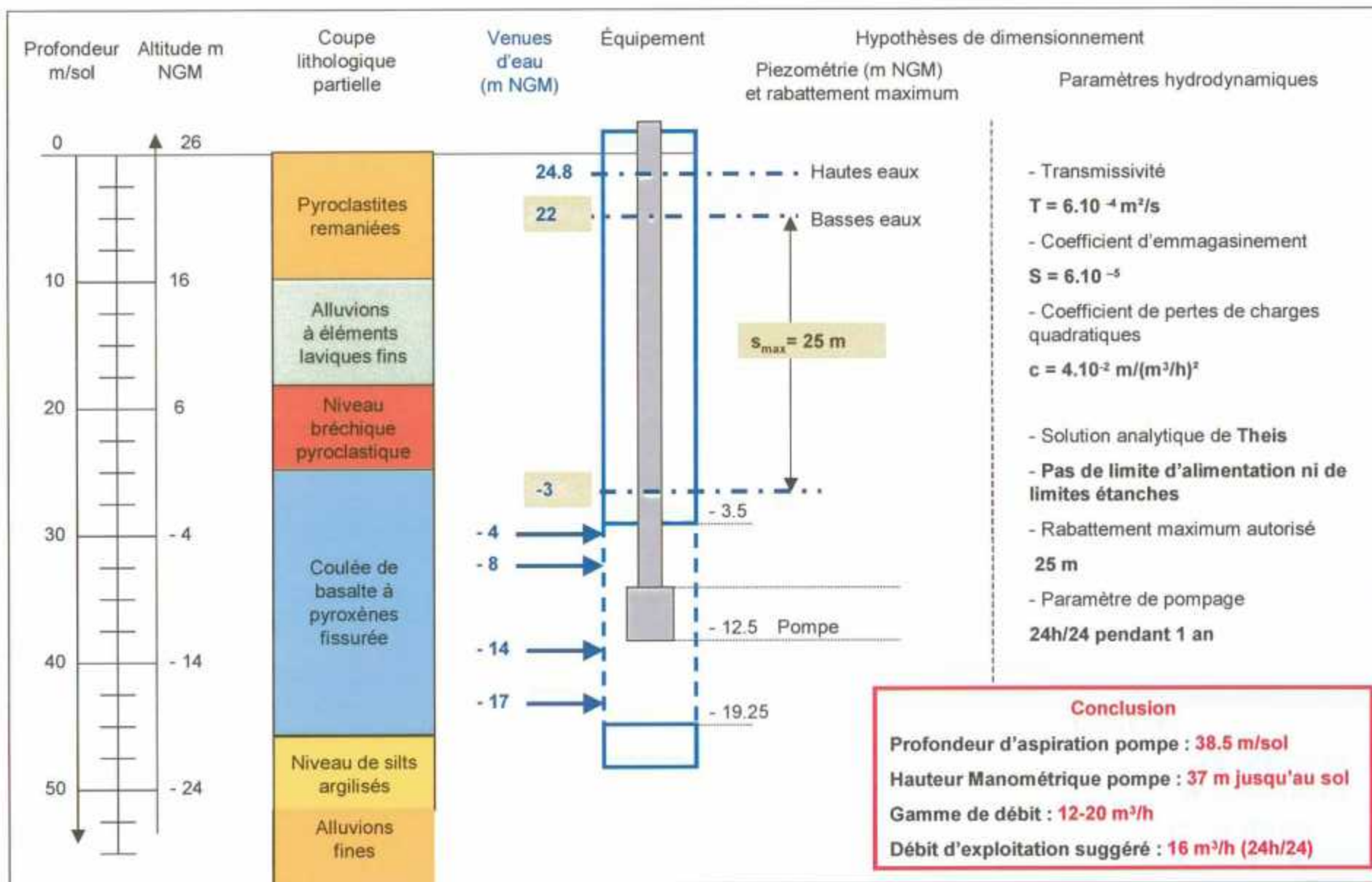
il est proposé de placer la pompe (base de la pompe ou bouche d'aspiration) à **38.5 m** de profondeur par rapport au sol, soit **-12,5 m NGM**.

La pompe se situe ainsi au sein des laves, dans une zone où n'ont pas été identifiées de venues d'eau.

5.2.5. Rabattement maximal admissible sans prise en compte du biseau salé

Avec l'objectif de ne pas dénoyer la première venue d'eau (et les crépines) située à 29 m environ, le rabattement maximal admissible au forage de Bouyouni-Méresse est de **25 m** (Figure 12).

Figure 12 : Forage de Bouyouni-Méresse. Synthèse du dimensionnement



5.2.6. Rabattement maximal admissible avec prise en compte du biseau salé

La prise en compte d'un critère de sécurité forte vis à vis du biseau salé (sur la base de l'hypothèse de Ghyben-Herzberg : niveau piézométrique ne devant pas descendre, au sein de l'aquifère, en dessous de +0.5 m NGM compte tenu de la cote de la venue d'eau la plus profonde captée par le forage : -17 m NGM), conduit à un rabattement maximal admissible de **21,5 m** (en outre, la partie inférieure du puits a été cimentée).

Dans ce calcul, ce rabattement est mis en regard des seules pertes de charge linéaires au sein de l'aquifère (les pertes de charge quadratiques n'ayant pas d'influence sur la dynamique du biseau salé). Pour un débit de l'ordre de 16 m³/h, les pertes de charge quadratiques sont d'environ 10 m.

Dans ces conditions, le rabattement maximal total admissible vis à vis du biseau salé serait de 31 m environ, soit 6 m de plus que le rabattement maximal autorisé par les caractéristiques de l'ouvrage (25 m, cf 5.2.5).

Le calcul sans biseau salé répond donc aux exigences de sécurité vis à vis du risque d'intrusion saline.

De plus, plusieurs autres facteurs vont dans le sens de la sécurité du point de vue du risque d'intrusion saline :

- l'aquifère présente très vraisemblablement une forte anisotropie de perméabilité (perméabilité horizontale > perméabilité verticale), le risque de salinisation par upconing, tel qu'envisagé dans le cas de l'hypothèse de Ghyben-Herzberg, est donc très limité ;
- les aquifères sont relativement compartimentés à Mayotte ;
- la coulée captée semble présenter une orientation générale W-E, (cf 4.1.3) perpendiculaire au littoral.

5.2.7. Débits d'exploitation et éléments de dimensionnement de la pompe

Compte tenu du développement auquel le puits a été soumis (30 m³/h), il ne doit **pas faire l'objet d'un pompage à un débit instantané supérieur à 25 m³/h** environ (risque de venues de matières en suspension et de colmatage). Une exploitation à un débit plus élevé nécessiterait un développement complémentaire.

Les débits exploitables calculés en utilisant les conditions définies plus haut sont les suivants, pour les hypothèses H1 à H3 :

	Rabattement calculé (m)	Débit (m³/h)
H1	24.9	16.25
H2	24.8	15.25
H3	24.8	12

La relativement bonne perméabilité de l'aquifère conduit à ce que les contraintes d'exploitation liées aux effets de limite étanche sont relativement peu pénalisantes.

Sur cette base, les **éléments de dimensionnement de la pompe** pourraient être les suivants :

- pompe capable de produire dans une **gamme de débit de 12 à 20 m³/h**, pour une **hauteur manométrique maximale de 38.5 m** (jusqu'au sol). Il conviendra d'ajouter à cette valeur le dénivelé jusqu'au point de rejet, ainsi que les pertes de charge singulières au sein du dispositif d'exhaure et d'adduction) ;
- il serait souhaitable d'équiper la pompe d'un **variateur automatique au démarrage** pour limiter les risques d'entraînement de matières en suspension. Néanmoins, compte tenu des formations captées ce risque est faible.

6. Conclusions - Recommandations

Sur la base des données acquises par l'intermédiaire du forage de Bouyouni-Méresse, il est préconisé :

1. d'équiper le forage pour son **suivi piézométrique**, à un pas de temps rapproché (inférieur à 1h), dès que possible, dans l'attente de la mise en place des équipements de pompage ;
2. de réaliser dès que possible des analyses chimiques complètes répondant à la réglementation en vigueur, la faisabilité d'exploitation de ce forage dépendant aussi de la qualité de ses eaux. Une attention particulière devra être portée vis-à-vis du manganèse, paramètre d'ores et déjà identifié comme pouvant justifier une dilution ou un traitement des eaux du forage avant distribution. Si un traitement des eaux du forage s'avérait nécessaire, une étude de traitabilité des eaux devrait être réalisée ;
3. d'équiper le forage d'une **pompe placée à 38.5 m de profondeur** et capable de produire dans une **gamme de débit de 12 à 20 m³/h**, pour une **hauteur manométrique maximale de 38.5 m** (jusqu'au sol) ; de doter le puits d'un tube guide crépiné, relié à un orifice situé au sein de la tête de puits permettant au moins la réalisation de mesures piézométriques de contrôle à la sonde électrique et, si possible, l'introduction au sein du forage d'une sonde de conductivité électrique destinée à la réalisation de profils de conductivité (dans ce dernier cas, il serait souhaitable que le tube-guide se prolonge jusqu'au fond du puits) ;
4. lors de la première année hydrologique d'exploitation (saison sèche – saison des pluies), de solliciter l'aquifère à un débit de **16 m³/h, 24h/24**, tout en assurant un suivi très détaillé des effets de cette exploitation. Ceci permettra de préciser les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère à long terme, ses modalités de recharge, de définir l'impact éventuel du forage sur le biseau salé, les relations eaux de surface / eaux souterraines (cours d'eau voisins du site), les interférences réciproques avec les autres forages (en particulier celui de Bouyouni-Bouyouni), etc... Le suivi réalisé permettra, si nécessaire, de réviser le débit de pompage en cours d'année ;
5. Bien que ce forage ne semble pas très exposé au risque d'intrusion saline, il est préconisé de réaliser un suivi qui intègre (outre les paramètres d'exploitation du forage (cf 4.) la conductivité des eaux du forage.

Il serait également judicieux de procéder à une métrologie indirecte du biseau salé par méthode géophysique électrique (sondages électriques calibrés sur le panneau électrique déjà réalisé), selon une périodicité bi-annuelle, par exemple, au cours des premières années d'exploitation ;

6. sur la base des observations réalisées, en particulier les modalités de recharge en saison des pluies, de **réviser le cas échéant, en fin de saison des pluies, les présentes préconisations** ;
7. de poursuivre un suivi allégé les années suivantes, afin d'ajuster les modalités d'exploitation de l'aquifère, en particulier sur la base des relations pluviométrie – recharge de l'aquifère.

La mise en œuvre de cette méthodologie permettra de définir les conditions d'exploitation durable du forage de Bouyouni-Méresse.

Il est également recommandé, en préalable à l'alimentation en eau potable du public, de **procéder à la mise en œuvre des procédures réglementaires** : caractérisation de la qualité

des eaux souterraines selon les normes en vigueur, procédures de demande d'autorisation d'exploiter, définition des périmètres de protection, etc...

ANNEXES

**ANNEXE 1 : Comptes-rendus journaliers de chantier
(BRGM)**



CAMPAGNE 2001-2002 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Rapport de chantier N° 110 du 26/12/02

Forages de :

Bouyouni-Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ

Environnement :

Rivière proche (10 m environ) montrant un écoulement.
Ensoleillé.

Indication/Incidents :

Suite à l'entretien téléphonique du 23/12/02 et au courrier de la DAF/SER (ref : 3188), la DAF nous a informé de l'impossibilité de forer sur le site de Poroani, pour des raisons liées au foncier.

Ce site étant abandonné, une rencontre avec monsieur Nouredine Hamada a eu lieu à la DAF de Mamoudzou, ce matin, afin de préciser la localisation du prochain site de foration qui, selon les souhaits du maître d'ouvrage, sera celui de Bouyouni Méresse.

Nous avons effectué une visite sur les lieux et avons rencontré le propriétaire. Celui-ci ayant donné son accord, une visite sur site sera effectuée ce lundi 30/12/02 avec les entreprises Cofor et Tétrama pour réaliser une plateforme de forage dès que possible.

Il est à noter que le site de foration se situe au sein du lit majeur du cours d'eau à 10 m de distance environ du lit mineur. De plus, dans ce secteur il n'y a pas d'autres possibilités d'implantations en amont ou en aval car les flancs de la vallée sont assez pentus.

De ce fait et malgré l'extension limitée du bassin versant du mro oua Méresse, le site de foration montre une certaine vulnérabilité vis à vis de l'aléas inondation.

Dans la perspective d'un ouvrage d'exploitation, le forage sera implanté le plus près possible du talus qui forme la rive gauche de la vallée de manière à permettre l'aménagement d'un remblai de protection et de mise hors d'eau pour le futur forage.



CAMPAGNE 2001-2002 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Rapport de chantier N° 120 du 06/01/03

Forages de :

Poroani / Bouyouni Méresse

Indication/Incidents :

Suite à la réunion du 03/01/03 (cf CR n° JCA/03-002), une visite de site a été effectuée sur les zones de Poroani et Bouyouni.

Pour le site de Bouyouni Méresse :

Une zone a été précisée à l'intervenant de la DAF/SER, monsieur Nouredine Hamada, où le forage pourrait être implanté au vu des résultats géophysiques (cf. rapport BRGM 51498).

Monsieur Hamada prendra contact dès que possible avec le propriétaire des lieux pour en parler. Celui-ci n'a en effet pas pu être rencontré le jour de la visite.

Pour le site de Poroani :

Le site concerné par le futur lotissement englobe toute la zone de prospection du BRGM.

Le maire ne désire pas de forage d'eau dans cette parcelle. Il n'y a aucune possibilité d'implantation sur Poroani avec les données actuelles.

Proposition :

La DAF/SER prendra contact avec le BRGM demain pour l'informer des résultats de son entrevue avec le propriétaire du site n°2 de Bouyouni Méresse est lui indiquer s'il est d'accord pour signer une convention.

Si ce n'est pas le cas, la DAF/SER (L. Giorgi) envisage d'implanter un forage sur le site n°1 qui ne pose aucun problème de foncier.



CAMPAGNE 2001-2002 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Rapport de chantier N° 121 du 07/01/03

Forages de :

Bouyouni Méresse

Indication/Incidents :

Un accord a été trouvé avec l'occupant actuel du site n°2 de Bouyouni Méresse. L'implantation finale sera effectuée en sa présence et avec celle de l'entreprise COFOR jeudi matin.

En attendant, L'entreprise a été informée ce jour par le BRGM que le site n°2 de Bouyouni Méresse sera la prochaine cible de forage.

L'entreprise COFOR va déménager son matériel du site de Mtsangamouji sur sa base de Longoni. Compte tenu du délai de terrassement de la plate forme, il est probable que l'entreprise facturera environ 2 à 4 demis journées d'attentes.



CAMPAGNE 2001-2002 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Rapport de chantier N° 124 du 09/01/03

Forages de :

Bouyouni-Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 24 m NGM environ

Environnement :

Rivière proche (20 m environ) montrant un écoulement.

Indication/Incidents :

L'implantation du forage a été finalisée et indiquée, en présence de la DAF, aux entreprises COFOR et Tétrama qui réalisera dès que possible l'accès et la plateforme du site.



CAMPAGNE 2001-2002 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Rapport de chantier N° 125 du 10/01/03

Forages de :

Bouyouni-Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 24 m NGM environ

Environnement :

Rivière proche (20 m environ) montrant un écoulement.

Indication/Incidents :

L'entreprise Tétrama n'a toujours pas réalisé l'accès et la plateforme du site. Nous serons demain soir à 7 demis journées d'attentes pour l'entreprise COFOR.

Le maître d'ouvrage délégué désirant interrompre la campagne de forage durant la saison des pluies, une réunion aura lieu Lundi 13 Janvier à 10 h à la DAF, en présence de l'entreprise (COFOR), du maître d'œuvre (BRGM) et du maître d'ouvrage délégué (DAF/SER).

Indication/Incidents :

A 13h45 est réalisée la soudure du deuxième tube à l'avancement (5 m de profondeur). La foration a eu lieu sans incident selon COFOR qui note une teneur en eau plus élevée que pour les forages précédents. Les cuttings sont en effet très boueux, le sol semble saturé en eau à partir de 5 m. Ceci est très probablement dû à la proximité de la ravine (nappe d'accompagnement) et aux pluies de la saison des pluies et de la nuit et du matin.

Compte tenu de la teneur en argile des premiers mètres, le tuyau flexible d'évacuation de l'eau et des cuttings n'a pas été installé pour la foration des 11 premiers mètres (selon le foreur cela risquait de boucher l'ensemble de l'évacuation). Ceci peut entraîner un mélange des cuttings sur les premiers mètres.

L'ensemble d'évacuation ainsi que la réalisation d'un bac de décantation et de rétention des sédiments a été mis en place lors de la soudure du 3^{ème} tube.

Le seul indicent, d'importance mineure, est que le joint d'étanchéité entre le tube de sortie de tête de forage et le flexible des cuttings n'a pas pu être installé, ce qui occasionne des fuites d'eau lors du soufflage.

Le troisième tube à l'avancement (16 pouces) a été soudé.

Fin de foration : 17h00

Rapport de chantier N° 127 du 28/04/03

Forages de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

L'altitude du forage sera estimée plus précisément le 30/04.
Z = 25 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps pluvieux le matin ; 14h00 : nuageux ; 15h00 : éclaircies
Température de l'air : 26°C
Rivière Méresse très proche (10 m environ) écoulement abondant.
Débit de la Méresse : non mesuré
Température de l'eau : non mesurée
Conductivité de l'eau de la rivière de la Méresse : 165 μ S/cm

Début de la foration : 12h00

Piézométrie : pas de mesure

Métré foré : 11m

Profondeur atteinte : 11m

Vitesse d'avancement : 12 m/h

Cuttings :

- 1m : argile d'aspect granuleux et marron
- 2m : argiles d'aspect granuleux et marron
- 3m : argile du même type avec des débris de basalte (sûrement des blocs isolés)
- 4m : argile d'aspect marron et fines (pas granuleuses), avec débris de basalte.
- 5m : même type d'argile avec des petits débris de basalte très altérés.
- 6m : argile boueuse (beaucoup plus d'eau) des débris de basalte millimétriques très altérés
- 7m : argile très boueuse avec des débris de basaltes millimétriques et moins altérés
- 8m : argile très boueuse avec des débris de basalte centimétriques et moins altérés
- 9m : argile très boueuse avec des débris de basalte centimétriques et moins altérés
- 10m : argile très boueuse avec des débris de basalte centimétriques et moins altérés

Venue d'eau : aucune

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

De l'avis du foreur et du BRGM, cette formation rencontrée sur les 5 derniers mètres n'offre pas de garanties de stabilité suffisante pour arrêter le tubage à l'avancement. De plus comme le montre l'analyse des cuttings, il est difficile d'identifier cette formation à du basalte sain (probablement des scories).

Compte tenu des éléments encourageants observés au sein du forage (venue d'eau non négligeable à 30 m ; résultats comparables à ceux obtenus au forage de Bouyouni Bouyouni et concordants avec les données de la géophysique), des problèmes de stabilité que peuvent poser les formations cendreuse (cf. problèmes rencontrés lors de premiers forages de cette campagne), surtout en présence d'eau (ce qui est indubitablement le cas depuis 30 m), le BRGM a accepté la proposition du foreur de poursuivre la foration en tubage à l'avancement au diamètre 14 pouces.

Le matériel restant en l'état, il n'a pas été possible de mesurer le niveau piézométrique en fin de chantier, le BRGM a demandé à l'entreprise COFOR de réaliser cette mesure avant la mise en place du tubage 14 pouces, prévue pour le 30/04 au matin.

Fin de foration : 17h00

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

30m : Débris hétérométriques de 1 à 6 mm, anguleux, renfermant quelques plus gros éléments peu altérés, de 2cm et de couleur sombre.

La synthèse de ces premières informations suggère que le forage recoupe des coulées de laves interstratifiées de formations cendreuses, voire scoriacées, relativement saines, au moins depuis 15 m de profondeur. Ces observations sont concordantes avec les données géologiques disponibles (cf. figure 10 du rapport RP-51498).

Venue d'eau :

Une venue d'eau a été observée aux environs de 30 m de profondeur, l'eau était relativement claire, le débit mesuré au soufflage, au fût de 200l, est d'environ **7 m³/h**.

L'incertitude sur le débit peut être estimée à plus ou moins 20 % compte tenu des pertes au niveau du flexible et des pertes dues à la mesure.

Indication/Incidents :

Conformément au DCE, l'évacuation des cuttings se fait en utilisant un tuyau flexible et un siphon. Les prélèvements sont effectués tous les mètres, sauf contre indication du BRGM. Le BRGM a fait remarquer à l'entreprise qu'elle n'avait pas prélevé les cuttings entre 11 et 12 m, et a rappelé à COFOR leur importance pour la réalisation du forage.

L'outil a été partiellement bloqué à une profondeur de 17.5 m, dans une épaisseur cendreuse, dans laquelle l'utilisation du marteau fond de trou est délicate. Corrélativement à ce problème, et probablement à la suite des efforts mis en oeuvre pour débloquer l'outil, la tête du tube à l'avancement n°4 s'est détachée de la gaine métallique, entraînant l'évacuation de la boue et des cuttings par le haut du tube.

Suite à cet incident, le flexible s'est décroché sous la pression du soufflage, ce qui a été réparé immédiatement.

Les formations cendreuses sont de l'avis du foreur très difficiles à forer avec l'outil disponible (marteau fond de trou), de plus ces formations ne sont pas stables. Dans ces conditions le tubage à l'avancement au diamètre 16 pouce est préférable tant que ce type de formation sera rencontré.

Il a été observé des sorties de boue (eau + cuttings) importantes autour du tubage à l'avancement aux environ des profondeurs 16 – 17 m. De l'avis du foreur ceci résulte de la rencontre de roche plus saine et de la plus facile évacuation le long du tube que par le dispositif prévu à cet effet. L'hypothèse du BRGM est que l'outil se trouvait en dessous du tubage, proche du fond du trou ; ainsi lors du soufflage, la boue avait tendance à remonter le long des parois plus facilement.

Les sorties de boue observées durant la foration des 25 premiers mètres du trou sont vraisemblablement dues à la saturation du sol en eau en cette fin de saison des pluies. On ne peut en aucun cas parler de venues avant 30 m.

Les 5 tubes à l'avancement de diamètre 16 pouces disponibles sur le chantier ont été soudés et mis en place. De manière à disposer de toutes les informations possible, le foreur a décidé de poursuivre la foration sur 1m et de prélever un dernier échantillon.

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

14m : débris de basalte massif altéré non vacuolaire hétérométriques, de taille millimétriques (2 à 5 millimètres) essentiellement avec quelques débris centimétriques (3 cm) les teintes sont gris clair à l'altération et sombre pour les débris sains. Nous observons des débris millimétriques de couleurs rouge et jaune. Il n'y a pas de matériel argileux.

15m : débris de basalte massif altéré non vacuolaire hétérométriques, de taille millimétrique (5 à 6 millimètres) essentiellement, sans débris centimétriques. Nous observons beaucoup de débris de couleurs rouge et jaune dont la taille est inférieure à 2 mm.

16m : débris de basalte massif peu altéré, anguleux, non vacuolaire, hétérométriques, de taille millimétriques à centimétriques (3cm) de teinte sombre essentiellement, peu de traces d'altération. Nous observons des débris millimétriques de couleurs rouge et jaune.

17m : débris de basalte massif peu altéré, anguleux, non vacuolaire, hétérométriques, de 2 mm à 3 cm et de teinte sombre.

18m : débris de basalte massif peu altéré, anguleux, non vacuolaire, hétérométriques, de 2 mm à 3 cm, présent sur environ 50 cm d'épaisseur et de teinte sombre. Les 50 cm suivant sont constitués de matériel fin de type cendre volcanique.

19m : cendre volcanique sur les 50 premiers centimètres. La suite montre des débris de basalte massif peu altéré, non vacuolaire, hétérométriques, de 5mm à 4 cm et de teinte sombre.

20m : argile saturée en eau, de couleur marron contenant des débris sains et d'autres faiblement vacuolaires, rugueux à la cassure. La taille de ces débris varie de 5 mm à 2cm.

21m : argile saturée en eau, de couleur marron contenant des débris sains et d'autres faiblement vacuolaires, rugueux à la cassure. La taille de ces débris varie de 5 mm à 6cm.

22m : argile saturée en eau, de couleur marron contenant des débris faiblement vacuolaires, rugueux à la cassure. La taille de ces débris est inférieure à 1cm.

23m : argile saturée en eau, de couleur marron contenant très peu de débris, qui sont granuleux au toucher et faiblement vacuolaires.

24m : débris laviques altérés, hétérométriques, les éléments de 2 mm rugueux et vacuolaires sont mélangés à des débris grossiers supérieurs à 4 cm.

25m : débris laviques altérés, hétérométriques, les éléments de 2 mm rugueux et vacuolaires sont mélangés à des débris grossiers supérieurs à 4 cm. Il y a beaucoup d'eau dans cet échantillon.

26m : Majorité d'éléments inférieurs à 1 cm, grains rugueux et faiblement vacuolaires présence d'éléments grossiers de 2 à 4 cm, soit de basalte sain, soit de basalte à structure isaltéritique.

27m : Majorité d'éléments inférieurs à 1 cm, grains rugueux et faiblement vacuolaires présence d'éléments grossiers de 2 à 4 cm, soit de basalte sain, soit de basalte à structure isaltéritique.

28m : Débris fins de 1 à 5mm présentant des traces d'altérations rouge et blanche.

29m : Débris se présentant sous forme de petites sphères inférieures au millimètre, présentant des traces d'altération rouge et blanche et renfermant quelques débris laviques faiblement vacuolaires.

Rapport de chantier N° 128 du 29/04/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps ensoleillé et sec toute la journée.

Température de l'air : 26°C le matin, 30°C à 12h00.

Rivière Méresse très proche (10 m environ) écoulement plus faible que la veille, l'eau est moins turbide.

Débit de la Méresse estimé au flotteur : 55 l/s précision 20%.

Température de l'eau : non mesurée.

Conductivité de l'eau de la rivière de la Méresse : 191 μ S/cm, mesuré à 10 h 15.

Début de la foration : 07h30

Piézométrie : pas de mesure

Métré foré : 19 m

Profondeur atteinte : 30 m

Vitesse d'avancement :

Profondeur	Vitesse à l'avancement
1 – 5 m	12 m/h
5 – 11 m	20 m/h
11 – 13 m	20 m/h
13 – 16 m	6 m/h
16 – 17.5 m	12 m/h
17.5 – 19 m	30 m/h
19 – 23 m	30 m/h
23 – 30 m	30 m/h

Cuttings :

13m : débris de basalte massif altéré non vacuolaire, de taille centimétrique (1 à 3 centimètres), les teintes sont gris clair pour les éléments altérés et sombres pour les débris sains.

Rapport de chantier N° 129 du 30/04/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps pluvieux le matin, nuageux de 10h00 à 12h00, ensoleillé et sec l'après midi.

Indication/Incidents :

Il n'y a pas eu de travail sur le chantier de foration durant la journée.

L'entreprise COFOR a en effet sorti les tubages 14 pouces stockés au port de Longoni et les a préparés en vue de leur utilisation pour le tubage à l'avancement.

La préparation a consisté en leur nettoyage et leur affûtage en prévision de leur soudure. Ces tubages n'ayant pas été utilisés depuis la reprise de la campagne de forage 2001-2003, leur préparation a nécessité plus de temps que prévu.

Rendez vous a été pris avec l'entreprise COFOR pour vendredi 2 Mai à la mi-journée pour la reprise proprement dite du forage (l'entreprise COFOR ayant besoin de temps dans la matinée pour installer et souder les 5 premiers tubes).

Rapport de chantier N° 130 du 02/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps ensoleillé et sec toute la journée.

Piézométrie :

Une mesure de piézométrie de la nappe a été effectuée au matin par l'entreprise COFOR. La référence est le sol, situé à une altitude approximative de 26 m NGM. Les mesures ont été faites après 36h d'inactivité sur le chantier, le forage ayant une profondeur de 30 m et le tubage à l'avancement se trouvant lui aussi à 30 m :

- Mesure à l'intérieur du tubage : 1.4 m
- Mesure à l'extérieur du tubage (entre le tube et le sol) : 2.66 m

La mesure, réalisée à l'extérieur du tube, semble correspondre au niveau d'eau dans la rivière, il pourrait s'agir de la cote piézométrique de la nappe d'accompagnement.

La mesure réalisée dans le tubage correspondrait à la cote piézométrique du niveau perméable recoupé à 30 m de profondeur.

Indication/Incidents :

La journée de travail a permis la préparation des tubes à l'avancement 14 pouces (l'entreprise COFOR a amené 10 tubes de 6 m conformément à l'avis du BRGM), leur soudure et la mise en place des 5 premiers tubes dans le forage.

Un contrôle de la profondeur du trou a permis de se rendre compte que les terrains n'avaient pas bougé, le trou est toujours à 30 m de profondeur.

Fin des travaux sur le chantier : 17h00

Indication/Incidents :

L'entreprise COFOR a débuté le travail de chantier à 7h30 par des mesures de piézométrie, par la mise en place de l'outil, du 6° tube 14 pouces, du flexible et des joints d'étanchéité.

Le tubage 14 pouces est composé d'éléments dont la longueur moyenne est de 5,80 m.
A la fin de la journée, 7 tubes 14 pouces ont été descendus pour atteindre une profondeur d'environ 40 m.

Le foreur remarque que les tubes descendent difficilement, que le marteau n'a pas un son et un rythme régulier, et qu'il y a des petits sauts qui pourraient indiquer la présence de petites fractures. Ceci est en corrélation avec le manque d'homogénéité de la formation recoupées sur les 15 derniers mètres en termes de granulométrie et d'altération, et avec les différences de vitesse à l'avancement.

Lors du soufflage, à partir de 35 m de profondeur, l'eau seule ressort majoritairement par l'annulaire tandis que les débris et une partie de l'eau ressortent par le flexible et le siphon. Ceci indique, d'après le sondeur, que les terrains se tiennent relativement bien, puisque l'eau peut faire son chemin à l'extérieur du tube.

Les mesures de profondeur du trou avant le début des travaux indiquent que les terrains se tiennent, ce qui est logique compte tenu du tubage à l'avancement. Le tubage à l'avancement va être poursuivi sur un tube avant de prendre une éventuelle décision de poursuite de la foration en forage simple.

Fin de foration : 16h00

Conductivité :

Dates	02/05/2003	03/05/2003		
Heure de la mesure				
Conductivité de la rivière, $\mu\text{S}/\text{cm}$	191	193		
Conductivité de l'eau du forage, $\mu\text{S}/\text{cm}$ [profondeur]		265 [32-33 m] 245 [32-34 m] 242 [39,5 m]		

Métré foré : 10 m

Profondeur atteinte : 40 m

Vitesse d'avancement :

Les vitesses à l'avancement dépendent de la dureté du matériau rencontré. Elles montrent une variation relativement importante au sein du niveau recoupé depuis 25 m de profondeur (6 m/h entre 31 et 34 m ; 3 m/h entre 34 m et 37 m ; 6 m /h entre 38.5 et 40 m).

Ces variations sont à mettre en relation avec les observations des cuttings qui montrent des variations de leur granulométrie (fine à grossière).

Cuttings :

La synthèse des données recueillies suggère que le forage recoupe un ensemble scoriacé et lité, dans lequel alterne des bancs de granulométries différentes (cf. figure 10 du rapport RP-51498) qui pourrait correspondre à l'unité de basalte interstratifié de cendres indurées.

Venue d'eau :

Une venue d'eau a été observée entre 33 et 34m de profondeur, l'eau était claire, le débit mesuré au soufflage, au fût de 200l, est d'environ **13.5 m³/h**.

L'incertitude sur le débit peut être estimée à plus ou moins 10 % ; les pertes au niveau du flexible sont moindres.

Une autre venue d'eau a été observée aux environs de 36-37 m de profondeur (déterminée grâce au changement de bruit de l'outil et à une variation de la couleur de l'eau). L'eau reste claire mais est plus blanchâtre.

Le débit mesuré au soufflage à une profondeur de 39,5 m, au fût de 200l, est de **22.5m³/h**. L'incertitude sur le débit reste de 10 % car même si les pertes sont réduites la difficulté de la mesure croît avec le débit.

Rapport de chantier N° 131 du 03/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Localisation exacte du forage :

L'implantation du forage ayant été modifiée pour des raisons d'accessibilité du foncier par rapport à celle indiquée au sein du rapport RP-51498, une localisation plus précise a été réalisée.

Le forage se situe entre les sites 2 et 3, au niveau de l'abscisse 250 du profil géophysique 7 (rapport BRGM 51498). Il est décalé de 45 m vers l'ouest par rapport à la ligne du profil. La précision sur cette localisation est de l'ordre de 25 m (implantation sur la base de la carte IGN à 1/25000^{ème}).

L'analyse de la coupe de pseudo résistivité (rapport BRGM 51498) indique, à l'abscisse 250 m, la présence d'un ensemble résistant de résistivité comprise entre 120 et 150 Ohm.m de 4 à 20 m de profondeur environ, une patate plus conductrice de résistivité moyenne 25 Ohm.m comprise entre 20 m et 55 m, et enfin un ensemble plus résistant de résistivité approximative 80 Ohm.m à partir de 55 m de profondeur.

Environnement et météorologie :

Averse durant la nuit et le matin, temps nuageux et ensoleillé le reste de la journée.

Température de l'air : 27°C le matin, 31°C à 12h30.

Débit de la Méresse estimé au flotteur : 65 l/s précision 20%.

Température de l'eau : non mesurée.

Conductivité de l'eau de la rivière de la Méresse : 193 µS/cm, mesurée à 8 h 50.

Début de chantier : 07h30

Début de Foration : 11h

Piézométrie :

Dates	02.03.2003	03.05.2003		
Heure de mesure	10h00	8h00		
Niveau piézométrique à l'intérieur du tubage, (m)	1.4	1.06		
Niveau piézométrique à l'extérieur du tubage, (m)	2.66	2.73		

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

en œuvre du tubage à l'avancement et de couper le tube n°8, approximativement en son milieu (profondeur 43 m).

Le tube a été légèrement remonté de manière à ce qu'il soit libre et puisse être retiré facilement à la fin de la foration.

Par la suite la vitesse à l'avancement a été régulière. Le son du marteau est néanmoins irrégulier et le foreur a noté des petites secousses qui seraient le signe de petites fissures ou fractures au sein du matériau. L'hypothèse de fissuration/fracturation est tangible si l'on se reporte à l'analyse des cuttings (cf. fichier joint : présence de minéraux de remplissage, sous forme de placages d'épaisseur millimétrique).

A partir de 46.5 – 47 m de profondeur, le foreur rencontre des problèmes pour faire progresser l'outil. Les cuttings ont en effet une texture argileuse allotéritique très élastique qui se comprime sous les assauts du marteau mais ne casse pas franchement. La progression de l'outil est majoritairement due à l'utilisation répétée du soufflage.

A la suite de cette manœuvre, le compresseur a montré des signes de fatigue et il est impossible de le monter à sa puissance nominale. L'entreprise a donc décidé de réparer le compresseur et d'arrêter la foration à 15 h15.

Selon l'entreprise de forage, la formation argileuse rencontrée ne pose pas de problème de stabilité et, même si la vitesse à l'avancement est faible, cette couche peut être traversée. Sans autre information sur son épaisseur il a donc été décidé de poursuivre le forage le lendemain matin.

Fin de foration : 15h15

Profondeur du tubage (TAV) : 43 m

Vitesse d'avancement :

Les vitesses à l'avancement observées confirment le caractère sain et dur de la formation recoupée entre 40 et 46 m de profondeur puisque la vitesse à l'avancement était de 4m/h. Par la suite dans le niveau argileux (46.5 – 47 m de profondeur), la vitesse à l'avancement a diminué jusqu'à 1 m/h.

Cuttings :

L'analyse des cuttings de 40 à 46 m de profondeur suggère la présence d'une coulée de lave saine, très probablement fissurée (ou fracturée). De 47 à 48 m, le forage recoupe une formation très altérée (allotérite de laves ?).

Venues d'eau :

Une venue d'eau claire a été observée aux environs de 42 m de profondeur. Le débit à l'avancement, mesuré à une profondeur de 42,5 m, au fut de 200 l, est d'environ 30 m³/h.

Une autre venue d'eau possible a été repérée aux environs de 45,5 m de profondeur, la couleur de l'eau est passée à grise blanchâtre puis elle est redevenue claire après quelques minutes de soufflage. Le débit à l'avancement mesuré à cette profondeur est néanmoins resté à 30 m³/h.

A 46.5 m, l'eau devient marron et garde cette couleur jusqu'à la fin du chantier. Il n'a pu être effectué de mesure de débit à l'avancement.

Indication/Incidents :

L'entreprise COFOR a débuté le travail de chantier à 7h30 par des mesures de piezométrie et par la soudure du 8° tubage 14 pouces. Il n'a pas été observé de remblais à l'intérieur du trou à l'arrivée sur le forage.

Le forage a été interrompu de 9 h 45 à 10h15 suite à l'éclatement du flexible à l'entrée du siphon. Un flexible neuf a été installé sur la machine.

Les 2 premiers mètres du tube 14 pouces n°8 ont été forés sans problème, le son du marteau est clair et le foreur n'a pas remarqué de secousses

Le tubage 14 pouces descend très mal et ralentit la progression de l'outil. Le tubage est régulièrement remonté et redescendu par le foreur pour tenter de favoriser sa progression, sans succès. On note néanmoins des traces de frottements importants qui ont poncé le tube, ce qui montre que la matériau rencontré est dur.

Compte tenu des indices de bonne tenue du matériau et du caractère sain des laves constituant les cuttings, il a été décidé par le BRGM, à la demande de l'entreprise COFOR, de cesser la mise

**Rapport de chantier N° 132 du 05/05/03****Forage de :****Bouyouni Méresse****Altitude de l'ouvrage :**

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Alternance de nuages et d'éclaircies toute la journée.

Température de l'air : 28.5°C à 10h00.

Débit de la Méresse estimé au flotteur : 70 l/s (précision 20%).

Température de l'eau de la rivière Méresse : 25.1°C.

Conductivité de l'eau de la rivière de la Méresse : 192 µS/cm, mesuré à 10 h 00.

Début de chantier : 07h30**Début de Foration :** 08h30**Piézométrie :**

Dates	02.03.2003	03.05.2003	05.05.2003	
Heure de mesure	10h00	8h00		
Niveau piézométrique à l'intérieur du tubage, (m)	1.4	1.06	1.1	
Niveau piézométrique à l'extérieur du tubage, (m)	2.66	2.73		

Conductivité :

Dates	02.05.2003	03.05.2003	05.05.2003	
Heure de la mesure	003			
Conductivité de la rivière, µS/cm	191	193	192	
Conductivité de l'eau du forage, µS/cm [profondeur]		265 [32-33 m] 245 [32-34 m] 242 [39,5 m]	250 [41.5 m] 224 [46]	

Métré foré : 7.5 m**Profondeur atteinte :** 47.5 m

Avis du BRGM quant à la poursuite du forage :

Les conclusions de l'analyse des cuttings de 47 m à 76 m de profondeur vont dans le sens de formations peu à pas perméables intrinsèquement (alluvions argileuses) et en outre altérées (argilisées). L'absence de venues d'eau à partir de 50 m de profondeur et la stagnation du débit mesuré au soufflage confirment le faible potentiel hydrogéologique de cette formation.

Par ailleurs, même si le site de forage est décalé d'une cinquantaine de mètres par rapport au profil géophysique (rapport BRGM 51498), deux hypothèses peuvent être formulées à la vue de la coupe provisoire du forage :

- soit la formation alluviale correspond à la « patate » conductrice (résistivités inférieures à 20 ohm.m environ) repérée, entre les abscisses 230 et 300 m environ, et qui, au droit approximatif de la projection du forage sur le profil, se trouve entre 25 et 55 m de profondeur environ par rapport au sol ;
- soit cette formation constitue le substratum conducteur (d'épaisseur indéterminée) repéré sur la coupe à partir de 80 m de profondeur environ au droit approximatif de la projection du forage sur le profil.

La comparaison de la coupe géologique préliminaire du forage et du profil géophysique suggère que l'hypothèse 2 est la plus probable. Dans le secteur du forage, le substratum conducteur des coulées et pyroclastites saines recoupées au dessus de 46 m se situerait plus haut qu'au droit du profil géophysique. Afin de confirmer cette hypothèse, **il est proposé de poursuivre la foration sur une tige**, ce qui permettra de recouper cette formation sur 35 m environ, épaisseur légèrement supérieure à celle de la patate de l'hypothèse 1. **Si aucun changement de lithologie ou aucune venue d'eau n'est observé sur cette tige, il est proposé d'arrêter la foration à une profondeur de 82 m environ et d'équiper le forage afin que sa partie productive puisse être exploitée.**

Fin de foration : 16h00

Fin travail de chantier : 16h30



CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Vitesse d'avancement :

Les vitesses à l'avancement observées varient de 3 à 4 m/h entre 58 et 70.5 m de profondeur, à 20 m/h entre 70.5 et 76 m de profondeur.

Localement, à l'échelle du décimètre, les vitesses à l'avancement semblent varier en fonction de la teneur en argile du matériau (cf. cuttings).

Cuttings :

De 47 m au fond du trou, le forage semble recouper des formations alluviales (éléments polygéniques, argileux et roulés, comprenant des argiles – silts de débordement du cours d'eau ? - et des éléments de granulométrie sableuse à centimétrique – galets). Cette formation est significativement altérée.

Venues d'eau :

La dernière venue d'eau significative a été observée à une profondeur approximative de 47 m, au sein des laves, juste au dessus de l'horizon argileux.

Une mesure du débit au soufflage a été réalisée à une profondeur de 51 m, au fut de 200l, la valeur obtenue est de **36m³/h**.

Par la suite, il n'a pas été observé de venue d'eau probante et les mesures de débit à l'avancement montrent une **stagnation du débit à l'avancement à 30 m³/h environ**. Cette observation suggère un colmatage possible, par les argiles, des formations recoupées au dessus de 48 m de profondeur. Il conviendra donc de mener un développement soigné du forage.

De manière générale l'eau en sortie du flexible est brune et très turbide.

Indication/Incidents :

Il n'a pas été observé de remblais dans le trou au matin, ni durant la foration.

Le manœuvre de l'entreprise COFOR était absent de 9h à 11h pour des raisons de santé.

Les variations de la vitesse à l'avancement sont à mettre en relation avec la teneur en argile du matériau rencontré. Celui-ci rencontré n'est pas homogène et des bancs d'argile ont été repérés par le foreur au son du marteau (profondeur 55.5 m ; 60.5 m ; 66.5 m).

Un problème de sortie des cuttings s'est répété trois fois dans la journée, aux environs de 49 m, 60 m ; 66 m et 73 m. Les cuttings sortent de manière irrégulière et rendent ainsi leur suivi mètre par mètre délicat. Selon le foreur ceci est dû à des bouchons d'argiles qui se forment lors de la remontée des cuttings à l'intérieur des tiges. Ces bouchons d'argile sont des agglomérats argileux formés autour de galets de lave altérée de taille centimétrique et sont remontés en prolongeant le soufflage en fin de foration de chaque tige.

A la fin de la foration, le foreur a d'ailleurs remonté 5 tiges, a ôté le flexible et a soufflé de manière à évacuer les bouchon d'argile restants par l'annulaire avant l'arrêt du chantier. Des galets de laves entourés d'argile ont été remontés.

Rapport de chantier N° 133 du 06/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée.

Température de l'air : 28.5°C.

Débit de la Méresse estimé au flotteur : 66 l/s (précision 20%).

Température de l'eau de la rivière Méresse : 26.2°C.

Conductivité de l'eau de la rivière Méresse : 191 µS/cm, mesuré à 15 h 00.

Début de chantier : 08h00

Début de Foration : 09h30

Piézométrie :

Dates	02.03.2003	03.05.2003	05.05.2003	06.05.2003
Heure de mesure	10h00	8h00		
Niveau piézométrique à l'intérieur du tubage, (m)	1.4	1.06	1.1	1.4
Niveau piézométrique à l'extérieur du tubage, (m)	2.66	2.73		

Conductivité :

Dates	02.05.2003	03.05.2003	05.05.2003	06.05.2003
Heure de la mesure	003			
Conductivité de la rivière, µS/cm	191	193	192	191
Conductivité de l'eau du forage, µS/cm [profondeur]		265 [32-33 m] 245 [32-34 m] 242 [39,5 m]	250 [41.5 m] 224 [46]	205 [69 m] eau très turbide

Métré foré : 28.5 m

Profondeur atteinte : 76 m

Profondeur du tubage (TAV) : 43 m

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Les vitesses à l'avancement sont rapides et homogènes sur toute la tige, de l'ordre de 20 m/h, entre les profondeurs 76 à 82 m.

Cuttings :

Nous recoupons le même type de formation alluviale (éléments polygéniques, argileux et roulés), comprenant des débris fins sableux.

Venues d'eau :

Aucune venue d'eau n'a été constatée, l'eau est de couleur brune.

Indication/Incidents :

20 centimètres de remblais ont été observés en début de chantier.

Le siphon de sortie des cuttings s'est cassé à 8 h 45, il était réparé à 9 h 00.

Conformément avec la décision prise la veille (cf. CR 133), **la foration a été arrêtée à 81.80 m de profondeur** après foration d'une tige supplémentaire durant laquelle il n'a pas été observé de venues d'eau ni de changement de lithologie.

Concernant l'équipement du forage, deux solutions sont envisageables :

- soit cimenter la base du trou de 49 m à 81.80 m de profondeur, pour un coût total approximatif de 2600 euros. Cette solution, très sécuritaire, permettrait de se prémunir d'une éventuelle salinisation du forage par up-coning. Compte tenu de la charge hydraulique qui règne au sein du forage et de la nature des formations géologiques, d'une part celles recoupées de 47 m au fond du trou et d'autre part celles qui semblent constituer le substratum du secteur (substratum conducteur d'après les données géophysiques), ce risque semble très faible ;
- soit remblayer la base du trou, comme réalisé sur les précédents forages, pour un coût total d'environ 1400 euros.

La différence de coût entre ces deux solutions (1200 Euros) représente 1.3 % du coût moyen d'un forage à Mayotte (81608 euros, estimation BRGM). Compte tenu du faible surcoût, le BRGM propose de choisir la solution la plus sécuritaire en cimentant la base du trou de 49 m à 81.80 m de profondeur (cf. coupe technique prévisionnelle ci-jointe).

Le BRGM sollicite cependant l'avis du maître d'ouvrage délégué sur ce point par téléphone, la décision devant être prise avant 13h pour assurer l'approvisionnement du chantier.

L'échéancier prévisionnel des travaux est :

- remontée du train de tige de 10 h 00 à 13 h
- l'approvisionnement du chantier en matériel d'équipement dans l'après midi.

Fin de foration : 09h15

Fin travail de chantier : 12h30

Rapport de chantier N° 134 du 07/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée.

Début de chantier : 07h00

Début de Foration : 07h45

Piézométrie :

Dates Heure de mesure	02.03.2003 10h00	03.05.2003 8h00	05.05.2003	06.05.2003	07.05.2003
Niveau piézométrique à l'intérieur du tubage, (m)	1.4	1.06	1.1	1.4	1.61
Niveau piézométrique à l'extérieur du tubage, (m)	2.66	2.73			

Conductivité :

Dates Heure de la mesure	02.05.2 003	03.05.2003	05.05.2003	06.05.2003
Conductivité de la rivière, $\mu\text{S/cm}$	191	193	192	191
Conductivité de l'eau du forage, $\mu\text{S/cm}$ [profondeur]		265 [32-33 m] 245 [32-34 m] 242 [39,5 m]	250 [41.5 m] 224 [46]	205 [69 m] eau très turbide

Métré foré : 6 m

Profondeur atteinte : 81.80 m

Profondeur du tubage (TAV) : 43 m

Vitesse d'avancement :

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Doses prescrites par le manuel du foreur pour obtenir une densité de 1,8 :

- 100 kg de ciment ;
- 53.7 l d'eau ;

On obtient **85.6 l de laitier**.

En prenant un diamètre du trou de 14^{3/4} pouces, et une hauteur de cimentation de 23 m (51 m à 74 m).

- Masse de ciment nécessaire : 2960 kg, soit 118 sacs de 25 kgs.
- Volume d'eau nécessaire : 1590 l d'eau

117 sacs de ciment ont été réellement introduits pour éviter le colmatage des tuyaux et de la pompe d'injection (le laitier risquant d'être trop dense selon l'avis du foreur).

La cimentation du puits s'est déroulée sans incident majeur par la suite.

En l'absence de densimètre, la vérification de la densité du ciment injecté (1.8 selon le DCE) n'a pas pu être réalisée. Cependant les doses de ciment solide et d'eau utilisées sont tirées du manuel de recommandation du foreur, et deux échantillons ont été prélevés de manière à s'assurer de la bonne prise du ciment.

Fin travail de chantier : 16h00

Rapport de chantier N° 135 du 08/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée

Température de l'air : 29°C à 8h45

Débit de la rivière de la Méresse : 60 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la Méresse : 191 μ S/cm à 8h45

Température de la rivière de la Méresse : 24.5°C à 8h45

Début de chantier : 07h30

Piézométrie :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :

- 1.4 m par rapport au sol ;
- 1.25 m par rapport au sol, à 13h00, avant cimentation ;
- 0.8 m par rapport au sol, à 15h30, après cimentation du fond du trou.

Indication/Incidents :

Une mesure de la profondeur du trou (74 m par rapport au sol) indique que les 7,8 derniers mètres du forage se sont remblayés. Ceci est dû à la finesse du matériau rencontré à ces profondeurs (sable) et n'a pas d'incidence significative sur l'équipement prévu du puits.

Conformément à la décision prise la veille avec l'accord du Maître d'Ouvrage Délégué, la partie inférieure du puits de 49 m à 74 m a été cimentée.

Pour des raisons de sécurité de l'équipement et selon l'avis du foreur, le volume théorique de ciment a été calculé en prenant une marge de sécurité supplémentaire de 2 m par rapport à la limite supérieure de la partie cimentée (51 m de profondeur).

Le ciment a été injecté en 2 fois par injection en profondeur en utilisant des tiges métalliques (diamètre 2 pouces, longueur 6 m). Lors de la première descente de l'ensemble, la dernière tige s'est bouchée, probablement au contact des parois, ce qui a retardé l'opération de cimentation d'une heure (remontée du train de tige et nettoyage).

Le ciment utilisé est conforme aux recommandations du DCE et les quantités injectées ont été calculées par le foreur en accord avec le BRGM.

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Mesure du top du ciment en utilisant les tiges de foration : **55.8 m de profondeur** par rapport au sol.

La différence notable entre la profondeur prévue (51 m) et la profondeur réelle du top du ciment est probablement due à un **cavage** significatif du trou lors de la foration, et plus accessoirement aux infiltrations de ciment au sein de la formation.

L'équipement du forage s'est déroulé sans problème majeur et comprend, du fond vers la surface, suivant les recommandations du BRGM et après vérification par le foreur :

- Profondeur : 48,84 m à 46.75 m : tube plein et bouchon de ciment, longueur totale 2.07 m ;
- Profondeur : 46.75 m à 29.5 m : 3 crépines, diamètre 10 pouces, longueur totale 17.25 m ;
- Profondeur : 29.5 m à 1 m : 5 tubes pleins, diamètre 10 pouces, longueur totale, 28.5 m ;
- Profondeur : 1 m à 1.87 m : 1 tube plein coupé, diamètre 10 pouces, longueur 2.87 m.

Ce dernier sort du trou de 2.1 m en surface.

Les recommandations du BRGM suggèrent que la base du tubage se trouve à une profondeur de 49 m. Une petite marge de sécurité a été prise, en accord avec le foreur, au cas où les tubes bougeraient au cours du développement.

Le fond du puits a été remblayé en utilisant du gravier de la même manière que pour les forages précédents.

Pour faciliter la pose des tubes, leurs filetages ont été enduits d'une fine couche de mousse (polymère).

Conformément aux recommandations du Maître d'Ouvrage Délégué, une vis a été ajoutée sur chacun des filetages.

Suite aux problèmes rencontrés lors de l'équipement des précédents forages, des centreurs en plastique ont été mis en place sur les crépines (3 par tubage).

Les volumes et masse de gravier nécessaires sont estimés à :

- 1.125 T (=750 l) pour remblayer de 55,8 m à 49 m de profondeur ;
- 1.860 T (= 1250 l) pour le massif filtrant autour des crépines.

Le gravier utilisé est du gravier 4-6 mm, identique à celui utilisé lors des précédents forages.

Le remblais a été mis en place de 55.8 m à 49 m puis jusqu'à 43 m, au contact du tubage à l'avancement 14 pouces, en versant 48 sceaux de graviers au lieu des 36 calculés, sachant que 6 sceaux correspondent théoriquement à une remontée du fond de un mètre. Le forage est donc significativement cavé.

Le train de tige a été remonté au niveau de la première soudure mais, suite à une panne de chalumeau, les deux tubes n'ont pas pu être séparés avant la fin du chantier. Le train restera monté pendant la nuit étant donné que nous sommes dans une formation stable.

Une visite du site de Poroani a été programmée avec le foreur pour repérage et contrôle de l'accessibilité du site. Il est convenu de contacter le Maître d'Ouvrage Délégué si des travaux supplémentaires pour l'accès au site sont à prévoir, et l'entreprise Tétrama si besoin est, pour la réalisation de la plate forme de forage.

Fin travail de chantier : 17h30

Rapport de chantier N° 136 du 09/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée
Température de l'air : 31.7°C à 9h30
Débit de la rivière Méresse : 58 l/s incertitude 20%
Conductivité de la rivière Méresse : 191.2 μ S/cm à 9h30
Température de la rivière Méresse : 25.2°C à 9h30

Début de chantier : 07h30

Piézométrie :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :
- 1.58 m par rapport au sol, à 13h00, après soufflage et remontée des tiges ;

Débit au soufflage :

Le débit au soufflage a été mesuré lors du nettoyage rapide du puits après la cimentation. L'eau est de couleur brune ocre et est turbide.

Le débit mesuré au fût de 200 l, à une profondeur de 53 m, est de 30 m³/h (précision 10 %).

La conductivité de l'eau pompée a été mesurée à titre indicatif sachant que la cimentation et le temps de séjour de l'eau dans les tiges ont sans doute faussé la mesure, tout comme la forte turbidité.

Conductivité de 715 μ S/cm.

Une attention particulière sera portée au suivi de la conductivité de l'eau du forage, avant, pendant et après développement.

Indication/Incidents :

Présence sur le chantier d'un manoeuvre supplémentaire pour l'équipement du forage.

Les échantillons de ciment prélevés la veille ont bien pris.



CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Le BRGM et le chef sondeur de la COFOR ont visité le site de Poroani pour implanter la plate forme de forage. De l'avis du sondeur et du BRGM, l'accès à ce site nécessite quelques travaux de réfection du gué existant et le tracé d'une piste (50 m de débroussaillage et environ 100 m d'aplanissement).

Fin travail de chantier : 17h30

Rapport de chantier N° 137 du 10/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps nuageux avec de petites averses, ensoleillé à partir de 10h00

Température de l'air : 29.5°C à 10h30

Débit de la rivière Méresse : 60 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière Méresse : 191.8 μ S/cm à 10h30

Température de la rivière Méresse : 25.2°C à 10h30

Début de chantier : 07h30

Piézométrie :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :

- 1.35 m par rapport au sol, à 09h15, après la remontée du 8^{ème} tube de 14 pouces ;
- 1.35 m par rapport au sol, à 10h00, après la remontée du 7^{ème} tube de 14 pouces ;
- 1.18 m par rapport au sol, à 12h30, après la remontée du 3^{ème} tube de 14 pouces ;

Indication/Incidents :

Suite au problème de chalumeau de la veille, le chef sondeur s'est absenté pour l'achat d'une nouvelle pièce.

La remontée des tubes de 14 pouces et la mise en place du massif de graviers restant s'est poursuivie de 9h00 à 12h30. Sur un total de 8 tubes de 14 pouces, 6 ont été retirés. Il en reste 2 qui seront enlevés lundi matin, avant le soufflage.

Le massif de graviers a été mis en place jusqu'au niveau de la dernière crépine, à 29 m (vérification à la sonde). Le volume calculé de graviers nécessaire est de 834 litres soit 84 seaux. En pratique, il a été versé 89 seaux, soit 890 litres, ce qui est concordant avec la stabilité des terrains recoupés. Ceci atteste que les tubages à l'avancement ont bien rempli leur fonction.

Le foreur a mesuré environ 50 cm de remblais au fond du tubage. Il s'agit très probablement d'éléments « fins » provenant du massif de gravier qui sont passés à l'intérieur des crépines. Ces éléments seront éliminés (du tubage et du massif de gravier) lors du développement.

Le nettoyage et développement du puits aura lieu lundi.

Nettoyage du puits et développement

Profondeur de soufflage (m/col)	Paramètres de soufflage	Temps de soufflage (h)	Débit m ³ /h	Conductivité µS/cm	Turbidité	Piezométrie m/col	Remarques
Etat initial						9h30 : 1,2 m	
28,65 Top des crépines à 29,5 m/sol	Montée progressive 10 bar 2500 tr/min	10 h à 11h15 1h15 min	Stable	Stable 206 µS/cm	Eau turbide, chargée en MES Peu de matériel ramené En fin de soufflage, eau claire	11h35 : 2,43 m	Sortie de mousse lubrifiante Plus de mousse lubrifiante à la fin de l'opération
Descente Tige n° 6 30,65 à 36,70	Montée progressive 10 Bar 2500 tr/min A-coups	11 h 30 à 11 h 50 20 min	Stable	Stable 209 µS/cm	Après décanation, eau claire sur la fin du soufflage Eau turbide grise clair Particules fines argileuses Graviers fins et plats en nombre Après décanation, eau toujours turbide	12 h 05 : 0,05 m	Soufflage progressif et modéré car en face des crépines
Descente Tige N° 7 36,70 à 42,70 Ramonage Tige N°7	Montée progressive 10 Bar 2500 tr/min A-coups	12 h 17 à 12 h 39 22 min	20 m ³ /h (41 m) 22,2 m ³ /h (41 m)	Stable 209 µS/cm	Eau très turbide, brune grise Particules d'argiles Débris inframillimétriques de lave Morceaux plats du massif de graviers En fin de lge, eau moins turbide Après décanation eau turbide	12h 41 : 7,75 m 12h 46 : 3,00 m	Descente et remontée lente Mise en route progressive du soufflage Ramonage sur la hauteur de la crépine Améliorations durant le processus
Descente Tige n° 8 42,70 à 46,80	Montée progressive 10 Bar 2500 tr/min Accoups	12h 56 à 13 h 15 19 min	Stable par rapport au développement 26 m ³ /h (45m, 13 h10)	Stable 204 µS/cm 205 µS/cm	Eau très turbide au début Eléments du massif de graviers Eléments fins de couleur marron, jaune verdâtre (coulée de lave ?). Eléments très fins, poussiéreuses lavage des matériaux Eau claire en fin de développement		Améliorations de la qualité de l'eau
46,4	10 Bar 2500 tr/min	13 h 15 à 13 h50 35 min	26,6 m ³ /h (46,4 m, à 13h15)				
46,8	10 Bar 2500 tr/min	13h 50 à 14 h 00 10 min	24 m ³ /h (46,4m, à 13h50)	194,2 µS/cm à 14h05			Améliorations du débit au cours de l'opé Améliorations qualité de l'eau Eau de teinte légèrement blanchâtre
Ramonage Tige N°8	A-coups	14 h 00 à 15h00 1 h	27,8 m ³ /h (14h25) 29,5 m ³ /h (14h45)	204 µS/cm à 14h15 205 µS/cm	Eau claire et peu de débris du massif de gravier	15 h 05 : 8,95 m 15 h 11 : 4,37 m	Eau claire Débris du massif de graviers et du rembl Sortie d'eau par l'annulaire
47	10 Bar 2500 tr/min	15 h 45 à 16 h 00 15 min	29,5 m ³ /h (15h59)	204 µS/cm	Eau clair Peu de débris	15 h 23 : 3,15 m 16 h 32 : 2,65 m	Pas ou peu de débris sortent Sortie d'eau par l'annulaire Massif de gravier à bougé

Temps de soufflage total	4 h 20
Profondeur de remblais constaté dans la tige plein	0,8 m à 9 h 30 1,4 m à 15h 00 1,4 m à 16h 00
Mesure de la profondeur du Top de gravier	29 m à 9h30 30,4 m à 15h00 30,4 m à 16 h15

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Le débit mesuré croît avec le rabattement et au cours du développement, la valeur maximale constatée est de 29.5 m³/h à une profondeur de 47 m, cohérente avec les mesures de débit au soufflage à l'avancement.

De manière synthétique, le puits et le massif de graviers ont été bien nettoyés ; cependant, le débit relativement modeste obtenu au soufflage (capacités du dispositif de soufflage) a peut être limité les possibilités de développement de l'aquifère.

Néanmoins, la nature lithologique de celui-ci (laves en majorité) ne milite pas a priori en faveur de possibilités de développement importantes de la formation.

En tout état de cause, il semble que les capacités de ce forage resteront modestes (débit exploitable à long terme de l'ordre de 10 à 15 m³/h).

Afin de lever cette incertitude sur les possibilités de développement du puits d'une part et de retirer les sédiments présents en fond de puits d'autre part, il est proposé, en accord avec le foreur et au cours de la phase préliminaire aux pompages d'essai :

- de positionner la pompe en fond de puit dans un premier temps afin de nettoyer celui-ci et,
- de procéder à quelques essais de développement complémentaires par à-coups et en pleine puissance de la pompe.

Selon les résultats obtenus, ce développement pourra être poursuivi quelques heures. Sinon, les pompages d'essai par paliers de débit seront mis en œuvre.

Si la pollution de la formation aquifère par les argiles forées en fond de puits est toujours suspectée, il pourra être envisagé, à l'avenir, la mise en œuvre de défloculants.

Le massif de graviers sera complété par 3 m supplémentaires demain, avant cimentation.

Fin travail de chantier : 17h30

Rapport de chantier N° 138 du 12/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps nuageux puis sec puis pluvieux

Température de l'air : 29.5°C à 10h00

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 61 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : 192.1 µS/cm à 10h30

Température de la rivière Méresse : 24.2°C à 10h00

Début de chantier : 07h30

Indication/Incidents :

Devant les crépines et suivant les recommandations du BRGM, le foreur a soufflé de manière progressive pour atteindre à chaque fois 10 bar et 2500 tr/min.

Le ramonage des crépines, les à-coups successifs, et la durée du soufflage (cf. fichier joint) ont été réalisés. Le soufflage à pleine puissance (branchement du second compresseur) n'a pas été mis en œuvre d'un commun accord entre le foreur et le BRGM pour préserver les crépines et les tubes.

Les remblais constatés la veille au fond du tube plein n'ont pu être enlevés. De plus les mouvements induits dans le massif de gravier par le soufflage ont entraîné des sorties d'eau par l'annulaire ainsi que de nouveaux dépôts. En effet, en fin d'opération, le top du gravier est à **30.4 m de profondeur**, et la profondeur constatée du puits équipé est de **47.30 m /sol** au lieu de 48.70 m (48.9 – 0.2 bouchon), soit environ 1,4 m de sédiments en fond de puits ; la base de la crépine se situant à 46,75 m environ (soit environ 50 cm de disponible au sein du tube base de puits).

L'analyse des débris ressortant du flexible montre que le massif de gravier a été bien nettoyé par le développement : les fines ont été retirées et le matériau lavé, mais une partie de ces éléments ont remblayé la crépine. Il n'est que peu ressorti de débris provenant des formations recoupées en forage (mis à part des argiles en petite quantité).

L'eau de sortie est claire après soufflage prolongé, la conductivité est stable sur l'ensemble des profondeurs explorées, voisine de 205 µS/cm.

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

observation atteste que l'équipement est en bon état et que le ciment ne s'écoule pas à l'intérieur des crépines.

Les 4 derniers tubes à l'avancement en 16 pouces ont été retirés afin de faciliter et d'accélérer les travaux de demain : gravier, bouchon d'argile et cimentation en tête.

Finalement, le foreur a centré la crépine et laisse l'installation en l'état jusqu'à demain matin, jour de reprise des travaux.

Cet après midi, une pompe 8 pouces, une pompe 6 pouces ainsi que l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation des essais de pompage seront convoyés sur le chantier. Le chef sondeur se rend avec la DAF et Tetrama sur le site de Poroani, afin d'établir la liste des travaux à y effectuer avant la poursuite de la campagne de forage sur ce site.

Fin travail de chantier : 12h15

Rapport de chantier N° 139 du 13/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps ensoleillé à 8h30, couvert à 11h30

Température de l'air : 28.0°C à 08h40

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 67 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : 192.1 μ S/cm à 08h50

Température de la rivière Méresse : 24.6°C à 08h50

PIEZOMETRIE :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :

1.38 m par rapport au sol, à 07h30

1.22 m par rapport au sol, à 12h10, après la cimentation

Début de chantier : 07h30

Indication/Incidents :

Le remblais mesuré dans les crépines est de 1,0 m, ce qui suggère un léger tassement des particules fines depuis hier.

2.90 m d'épaisseur de complément du massif de gravier ont été rajoutés de 30.4 m à 27.5 m de profondeur. Le toit du massif de gravier se situe à 1.5 m au dessus des crépines.

Ensuite, le foreur a remonté le premier tubage à l'avancement en 16 pouces puis il a ajouté 1 m de sable fin de 27.5 m à 26.5 m de profondeur afin que le poids du ciment soit mieux assimilé.

Par dessus cela, le bouchon d'argile a été mis en place de 26.5 m à 25.4 m de profondeur.

Afin de réaliser la cimentation de 25.4 m à 17 m de profondeur, 780 litres de ciment ont été coulés, soit 42 sacs de 25 kilogrammes de ciment sec additionnés à 564 litres d'eau (30 cm dans le fond de la cuve à béton). Un échantillon a été prélevé de manière à s'assurer de sa bonne prise.

L'injection s'est faite via 4 tiges de 6 m de longueur et de 3/4 de pouce de diamètre, soit à une profondeur de 24 m environ. Pendant cette phase, l'eau est remontée entre les crépines et le tubage à l'avancement 16 pouces pour s'écouler dans les crépines, ce qui a eu pour conséquence de faire monter le niveau piézométrique dans les crépines de 80 cm. Cette

LITHOLOGIE	EQUIPEMENT	ANNULAIRE	PROFONDEUR SOL (en m)	
profil d'altération d'une coulée de lave 13 m	Tubes PVC pleins	cimentation	0	
			5	
		bouchon d'argile	6	
brèche ou pyroclastites		graviers	17	
		cendres 17.5 à 18.5	cimentation	27
coulée de lave			bouchon d'argile	28
			compléments graviers	29.5
29 m				
base scoriacée				
coulée de lave 46 m		Crépines PVC	graviers	46.75
	niveau altéré 52 m			Tubes pleins
Bouchon de pied		56		
alluvions argileux ou niveau pyroclastique	Remblais de gravier			
	cimentation	cimentation	74	
	remblais naturel	remblais naturel	82	

$$\text{ml cimentation: } (74 - 56) + (27 - 17) + (5 - 0)$$

$$\text{ml massif de graviers: } (56 - 49) + (49 - 29.5) + (29.5 - 28) + (17 - 6)$$

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Demain, la COFOR préparera le matériel nécessaire au pompage et descendra la pompe le plus profondément possible dans le forage (au sein du tube à sédiments ; cf. rapport de chantier n°138).

Cet après midi, près avoir chargé le camion des tubages et des tiges, le chef sondeur forme un manœuvre à la gestion des pompages d'essais.

La piste d'accès au site de la Gouloué et la plate forme de foration F4 seront aménagées demain, le 15 Mai 2003, par l'entreprise Tetrama, ce qui permettra au foreur d'y mener le matériel.

Fin travail de chantier : 12h00



Rapport de chantier N° 140 du 14/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Début de chantier : 07h30

Environnement et météorologie :

Temps pluvieux à 8h00, ensoleillé à partir de 9h30

Température de l'air : 29.8°C à 09h30

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 71 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : problème avec l'appareil ; pas de mesure

Température de la rivière Méresse : 25.2°C à 10h00

PIEZOMETRIE :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :

1.08 m par rapport au sol, à 09h45

Log de conductivité :

En accord avec le CCTP, un log de conductivité a été réalisé après le développement du forage. La conductivité varie significativement entre 23 et 27 m de profondeur environ, au sein du tubage plein, puis elle montre une augmentation progressive en dessous.

Indication/Incidents :

Le remblais mesuré dans les crépines est de 1.0 m, il ne semble plus évoluer.

L'échantillon de ciment a séché correctement. Le toit de la cimentation est à 14 m de profondeur au lieu des 17 m prévus initialement.

Le foreur, en accord avec le BRGM, a mis en place le massif de gravier de 14 m à 5.4 m de profondeur.

Ensuite, il a réalisé le bouchon d'argile de 5.4 m à 4.2 m de profondeur pour finalement cimenter le trou jusqu'à 50 cm sous la surface du sol. Pour cela, le foreur a fait 700 litres de ciment en mélangeant 32 sacs de ciment sec avec 430 litres d'eau. L'injection s'est faite via 1 tige de 6 m de longueur et de ¾ de pouce de diamètre.

Le BRGM a choisi de retenir la pompe 6 pouces pour réaliser les essais de pompage. Le foreur confirme que cette dernière est en bon état de marche.

Rapport de chantier N° 141 du 15/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Début de chantier : 07h30

Environnement et météorologie :

Temps nuageux puis ensoleillé

Température de l'air : 31°C à 11h30

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 65 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : appareil indisponible

Température de la rivière Méresse : 25.4°C à 11h00

PIEZOMETRIE :

Mesures de niveau piézométrique réalisées au sein du tubage :

1.12 m par rapport au sol, à 11h00

Indication/Incidents :

La hauteur de remblais au fond du trou est stable (environ 1 m).

La matinée a été consacrée au nettoyage du chantier, au chargement du matériel sur le camion et au transfert de celui-ci à Passamainti.

La plate-forme du site de la Gouloué a été réalisée par l'entreprise Tétrama dans la journée.

La mise en place de la pompe pour les essais de débit par paliers a été retardée par des problèmes de câblage de la pompe (câble de longueur insuffisante). Les essais par paliers de débit auront lieu vendredi 15 Mai. Un "Diver" sera mis en place au fond du puits et des mesures de piézométrie manuelle seront également prises. Par ailleurs, un suivi sera assuré sur le forage de Bouyouni-Bouyouni (Diver).

Les premiers paliers de débit seront d'environ 5 m³/h et 10 m³/h et ils seront complétés par un palier à 15 m³/h environ (plus ou moins selon les résultats des deux premiers paliers), puis par un palier au maximum des capacités du puits. L'essai par pompage de longue durée débutera lundi et se terminera donc jeudi dans la matinée. Le BRGM demandera donc à la DASS de programmer une visite sur site pour prise d'échantillons et analyse de la qualité selon le protocole prévu par le Maître d'Ouvrage Délégué.

Une attention particulière est portée à la mise en place du tuyau d'exhaure, de manière à assurer des mesures de débits les plus précises possibles.

La pancarte de présentation du chantier a été demandé à l'entreprise COFOR.

Fin travail de chantier : 16h00

Rapport de chantier 141.doc

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

Le débit du palier 4 a été choisi sur la base d'une interprétation préliminaire des résultats des paliers 1, 2, et 3 et de manière à ne pas dénoyer la première venue d'eau.

L'analyse préliminaire de ces données montre la bonne adéquation du modèle classique d'interprétation $s = bQ + cQ^2$. Les valeurs b et c présentent les valeurs suivantes :

- $b = 0.545 \text{ (m/m}^3\text{/h)}$
- $c = 0.043 \text{ (m/(m}^3\text{/h)}^2)$

L'analyse sommaire de l'évolution des rabattements en fonction du temps suggère que la transmissivité de l'aquifère pourrait être de l'ordre de 6.10^{-5} à $8.10^{-5} \text{ m}^2\text{/s}$. Par ailleurs, les essais montrent une tendance à la stabilisation dont l'origine (limite alimentée, effets de drainance) sera analysée lors de l'essai de nappe.

Sur la base de ces éléments, il est proposé :

- de débiter l'essai de nappe à un débit d'environ $17 \text{ m}^3\text{/h}$ et de veiller, au cours de ces 24 premières heures de pompage, à ce que le rabattement ne dénoie pas la venue d'eau la plus superficielle (29 m de profondeur). Si nécessaire, le débit de pompage sera ajusté afin que le rabattement se rapproche de cette limite, sans l'atteindre (en conservant 1 ou 2 m de marge par exemple).
- Au bout de 24 h de pompage environ, d'augmenter légèrement le débit de pompage afin de dénoyer cette venue d'eau la plus superficielle, sans pour autant dénoyer la seconde et/ou la troisième venue d'eau (33 et 37 m de profondeur environ respectivement). Selon le comportement du forage, les conditions seront maintenues ainsi jusqu'à la fin de l'essai, ou le retour aux conditions de la première phase sera mise en œuvre, au bout de 48 h de pompage environ.

Le débit de la rivière Méresse a été mesuré par dilution et sera suivi tous les jours suivant cette méthode de manière à mesurer l'influence possible (bien que peu probable ou difficilement discernable compte tenu de l'importance relative du pompage par rapport au débit du cours et aux lois de l'hydrodynamique) du pompage sur le débit de la rivière

Fin travail de chantier : 16h30

Rapport de chantier N° 143 du 17/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée

Température de l'air : 28.5°C à 12h00

Débit de la rivière Méresse : 63 l/s incertitude 5%, méthode par dilution

Conductivité de la rivière Méresse : 188.5 μ S/cm à 16h00

Température de la rivière Méresse : 24.5°C à 16h00

Début de chantier : 07h30

Indication/Incidents :

Au cours du nettoyage du chantier les jours précédents, 4 bananiers ont été détruits par l'entreprise COFOR. Le propriétaire du terrain est passé dans la journée pour faire un état des lieux sommaire.

L'essai de puit par paliers de débit s'est déroulé en présence du chef sondeur, du BRGM et du nouveau manoeuvre qui a été formé au suivi des essais de pompage, en vue de l'essai de nappe de 72 h prévu pour lundi 19/05/2003.

La pompe utilisée par l'entreprise COFOR est pompe 6 pouces LOWARA, dont l'aspiration a été mise en place à une profondeur de 46 m.

La sortie du tuyau d'exhaure est placée à 30 m mètre en aval du site de forage, dans la rivière Méresse.

Le débit et la piézométrie ont été suivis automatiquement **et manuellement** (mesure au fût de 200 L) de manière à vérifier (et si besoin est à caler) les enregistrements piézométriques du Diver et les mesures de débit du compteur placé au refoulement.

De manière synthétique, les essais par paliers de débit non enchaînés réalisés ont donné les résultats suivant :

N ° Palier	Débit (m3/h)	Rabatement (m)
Palier 1	5.3	4.08
Palier 2	11	11.30
Palier 3	15.2	18.60
Palier 4	19.2	26.01

Rapport de chantier N° 144 du 18/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps sec et ensoleillé toute la journée

Débit de la rivière Méresse : 58 l/s incertitude 5%, jaugeage par dilution, 10h00

Conductivité de la rivière Méresse : 187.1 μ S/cm à 10h00

Début de chantier : 08h00

Indication/Incidents :

La mise en place de l'essai de pompage de longue durée a eu lieu de 08h00 à 9h00 suivant les recommandations du BRGM (cf. rapport de chantier 143). Le réglage du débit de la pompe à 17 m³/h, s'est effectué rapidement, en 4 minutes. Les valeurs de débit mesurées par le débitmètre sont conformes à celles observées au fut.

Les mesures de niveau piézométrique sont réalisées par un manoeuvre formé à cet exercice et par un "Diver". Néanmoins, le BRGM a fait la remarque au foreur qu'en cas de problème le manoeuvre ne serait pas capable de modifier le débit de la pompe si le niveau variait. En cas d'échec de l'essai de nappe, l'essai longue durée sera reconduit aux frais de l'entreprise COFOR.

L'eau de sortie est limpide, il n'y pas de traces de mousse ni de débris, la conductivité est voisine de 230 μ S/cm comme les autres jours.

Si les résultats de la nuit le permettent, le débit sera augmenté le 19.05.2003, de manière à dénoyer la première venue d'eau situé à 29-30 m de profondeur.

La pancarte de signalisation du forage n'est toujours pas mise en place ; malgré la demande du BRGM.

Rapport de chantier N° 148 du 21/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps nuageux puis sec

Température de l'air : 29.5°C à 11h00

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 55 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : 190.7µS/cm à 11h00

Température de la rivière Méresse : 24.5°C à 11h00

Indication/Incidents :

Le BRGM a procédé à des augmentations successives du débit (respectivement 20,3, puis 20,6 m³/h) lors de l'essai de nappe de manière à dénoyer successivement les venues d'eau N° 1 (profondeur 29-30m /sol) et N°2 (profondeur 33-34m). La tendance à la stabilisation observée lors des phases préliminaires du pompage d'essai se maintient lors de ces augmentations du débit. L'interprétation détaillée du pompage d'essai permettra de quantifier l'impact éventuel du dénoisement de ces premières venues d'eau.

Les résultats provisoires de ces essais sont fournis au sein du fichier ci-joint.

L'essai de nappe se terminera demain matin vers 7h ; une visite de la SOGEA pour analyse chimique de la qualité de l'eau est prévue. Ceci permettra de suivre la remontée du niveau dynamique dans la journée, de retirer la pompe, et de finaliser l'équipement du puits (ce qui minimisera les risques de vandalisme).

Suite au déracinement de 4 bananiers (cf. rapport de chantier précédent), le propriétaire de la parcelle a replanté 3 bananiers et bloqué l'accès au chantier. Le propriétaire se plaint du montant de l'indemnisation (insuffisante selon lui).

CAMPAGNE 2001-2003 DE FORAGES POUR L'EXPLORATION DES EAUX SOUTERRAINES A MAYOTTE

A l'avenir, de manière à éviter ce type de problèmes, il a été décidé par le BRGM et l'entreprise de disposer le Diver dans le petit tuyau PVC où sont réalisées les mesures de niveau dynamique manuelles. Le Diver étant disposé au fond, il ne devrait pas y avoir de problème pour réaliser les relevés manuels. Cette mesure devrait s'appliquer au prochain essai par pompage sous réserve d'acceptation par le Maître d'Ouvrage délégué.

M. L Giorgi a prévenu le BRGM que le **Diver ne donnait pas de résultats exploitables** puisqu'il était bloqué à une profondeur inférieure à la profondeur prévue.

Les mesures manuelles ayant été correctement effectués, ce dysfonctionnement n'a pas de conséquences.

Fin du chantier: 18h00

Rapport de chantier N° 149 du 22/05/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ.

Environnement et météorologie :

Temps nuageux puis sec

Température de l'air : 29.5°C à 11h00

Débit de la rivière de la rivière Méresse : 55 l/s incertitude 20%

Conductivité de la rivière de la rivière Méresse : 190.7µS/cm à 11h00

Température de la rivière Méresse : 24.5°C à 11h00

Début du chantier: 7h00

Indication/Incidents :

Le BRGM a procédé à l'arrêt de la pompe à 7h00, terminant ainsi l'essai de nappe qui a duré au total **70 heures**.

La remontée du niveau piézométrique a été suivie de 7h00 à 14h00, le niveau piézométrique est remonté jusqu'à **2.28 m/sol**. La remontée a été suivie **7 heures** avant remontée de la pompe, de manière à assurer la finalisation de l'équipement du puits dans la journée.

Le BRGM a prévenu le maître d'ouvrage délégué des problèmes rencontrés avec le propriétaire de la parcelle, suite à la destruction de 4 bananiers supplémentaires. Un **arrangement** a été trouvé après visite de **M N. Hamada** (responsable des problèmes fonciers à la DAF/SER), à 11h.

La pompe a été remise en marche durant 45 minutes avant la visite du représentant de la **SOGEA** pour le **prélèvement d'un échantillon en vue de l'analyse chimique de l'eau**. Le prélèvement a eu lieu à 14h45 et la prise d'échantillons effectuée au robinet vanne de la pompe dans un flacon plastifié.

L'entreprise COFOR et le BRGM ont ensuite procédé au démontage de la pompe et à la mise en place de la tête de puits (dalle en béton, tube 14 pouces, bouchon standard).

L'entreprise ne pouvant être prévenue du déblocage de la situation vis à vis du propriétaire, le matériel de pompage n'a pu être convoyé jusqu'à la base de Longoni, il restera une nuit de plus sur le chantier, sous la surveillance d'un gardien.

Le Diver mis en place par l'entreprise COFOR a été retiré sans difficulté et avec soin par l'entreprise. Le Diver était en effet coincé, probablement enroulé autour d'un des tubes d'exhaure. Le Diver avait été mis en place à une profondeur prévisionnelle de 39m/sol.

Rapport de chantier N° 156 du 02/06/03

Forage de :

Bouyouni Méresse

Altitude de l'ouvrage :

Z = 26 m NGM environ (estimation en l'absence de nivellement de précision par un géomètre)
Tête de puits à 0.75 m au dessus du sol.

Indication/Incidents :

Le forage a été réceptionné par le Maître d'œuvre en présence du Maître d'Ouvrage Délégué.

Le **niveau piézométrique** a été mesuré à 11h00, à **1.17 m** par rapport au sol. Le Diver placé sur ce site a été retiré à 11h00, les données recueillies permettront de vérifier si le niveau est stable à environ 1.2 m comme le suggèrent les mesures effectuées régulièrement au cours de la foration.

Un deuxième Log de conductivité a été réalisé sur le forage de Bouyouni Méresse. La conductivité est quasiment constante de 1.5 m à 47 m de profondeur par rapport au sol et est voisine de **315 μ S/cm**. Les données seront figurées au sein du rapport concernant ce forage.

ANNEXE 2 : Données recueillies lors de la réalisation du forage, du développement, des essais, etc.

Forage de BOUYOUNI-MERESSE observations géologiques visuelles et hydrogéologiques sur la foration, réalisées à l'avancement

profondeur / Sol (m) (Exemple : 1 m → intervalle 0-1m)	Description des cuttings	Pétrographies / Minéralogie	Interprétation	Vitesse à l'avancement sous 16-17 bars de pression et 28 l/min en m/h	Vitesse d'asim	Standard de foration	tubage	Tiges	conductivité des venues d'eau (µS/cm)	débit au forage m ³ /h (autre mesure après le bassin de décantation)	
1	fragments de lave sombre, de taille millimétrique à centimétrique, sain ou altérés, et des minéraux libres de pyroxène, emballés dans une matrice cendreuse grossière.		dépôts pyroclastiques fins et remaniés.	12			16 pouces	1			
2				12							
3				12							
4				12							
5				12							
6				20							
7				20				16 pouces	2		
8				20							
9				20							
10				20							
11				cuttings non prélevés par l'entreprise			20				
12				20							
13	Éléments émoussés de basalte, non vacuolaire, de taille centimétrique (1 à 3 cm).	Basalte microlitique à pyroxène, à pâte vitreuse.	dépôts alluviaux	20			16 pouces	3			
14	Éléments de basalte massif, altéré, non vacuolaire, de taille centimétrique (1 à 3 cm). Éléments émoussés de basalte gris clair de taille centimétrique. Nous observons également des éléments millimétriques de couleurs rouge et jaune.	Basalte microlitique à pyroxène et pâte vitreuse associés. Éléments de lave claire à pyroxène et baguettes de feldspaths.		6							
15				6							
16				6							
17				12							
18	12										
18.5	sable grossier (1 à 2 mm)										
19	Éléments de basalte, mésocrate, vacuolaire, altérés, hétérométriques, de 5 mm à 4 cm.	Les éléments de basalte sont riches en microphénocristes de pyroxène et de feldspaths, mésocrate à tendance vitreuse.	niveau bréchi que pyroclastiques	30			16 pouces	4			
20		Basalte mésocrate à phénocristes de pyroxène, vacuolaire (vacuoles tapissées de minéraux blancs : zéolithes probables), altéré, hydrothermalisation bien marquée et oxydation, associé à des éléments microbréchi que constitués de cristaux de pyroxènes et de feldspaths emballés dans une matrice cendreuse.		30							
21				30							
22				30							
23				30							
24				30							
25				30						16 pouces	

Forage de BOUYOUNI-MERESSE - Observations lors du nettoyage et du développement du puits

BOUYOUNI MERESSE

Annexe au rapport de chantier 139 du 12/05/2003

Nettoyage du puits et développement

Profondeur de soufflage (m/sol)	Paramètres de soufflage	Temps de soufflage (h)	Débit m ³ /h	Conductivité µS/cm	Turbidité	Préométrie m/sol	Remarques
Etat initial						9h30 : 1,2 m	
20,85 Top des crépines à 29,5 m/sol	Montée progressive 10 bar 2600 tr/min	10 h à 11h15 1h15 min	Stable 12 m ³ /h	Stable 208 µS/cm	Eau turbide, chargée en MES Peu de matériau remué En fin de soufflage, eau claire	11h35 : 2,43 m	Sortie de mousse lubrifiante Plus de mousse lubrifiante à la fin de l'opération
Descente Tige n° 6 30,65 à 36,70	Montée progressive 10 Bar 2600 tr/min A-coups	11 h 30 à 11 h 50 20 min	Stable 14 m ³ /h	Stable 208 µS/cm	Après décantation, eau claire sur la fin du soufflage Eau turbide grise clair Particules fines argileuses Graviers fins et plats en nombre Après décantation, eau toujours turbide	12 h 05 : 0,08 m	Soufflage progressif et modéré car en face des crépines
Descente Tige N° 7 38,70 à 42,70 Ramonage Tige N°7	Montée progressive 10 Bar 2600 tr/min A-coups	12 h 17 à 12 h 39 22 min	croissant 20 m ³ /h (41 m) 22,2 m ³ /h (41 m)	Stable 208 µS/cm	Eau très turbide, brune grise Particules d'argiles Débris inframillimétriques de lave Morceaux plats du massif de graviers En fin de tige, eau moins turbide Après décantation eau turbide	12h 41 : 7,78 m 12h 48 : 3,00 m	Descente et remontée lente Mise en route progressive du soufflage Ramonage sur la hauteur de la crépine Améliorations durant le processus
Descente Tige n° 8 42,70 à 48,00 46,4 46,8 Ramonage Tige N°8	Montée progressive 10 Bar 2600 tr/min Accoups 10 Bar 2600 tr/min 10 Bar 2600 tr/min A-coups	12h 56 à 13 h 15 19 min 13 h 15 à 13 h 50 36 min 13h 50 à 14 h 00 10 min 14 h 00 à 15h00 1 h	Stable par rapport au développement 26 m ³ /h (46m, 13 h10) 26,6 m ³ /h (46,4 m, à 13h16) 24 m ³ /h (48,4m, à 13h50) 27,8 m ³ /h (14h26) 28,5 m ³ /h (14h48)	Stable 204 µS/cm 208 µS/cm 194,2 µS/cm à 14h05 204 µS/cm à 14h15 206 µS/cm	Eau très turbide au début Eléments du massif de graviers Eléments fins de couleur marron, jaune verdâtre (couleur de lave ?). Eléments très fins, poussiéreux lavage des matériaux Eau claire en fin de développement Eau claire et peu de débris du massif de gravier	15 h 05 : 9,98 m 15 h 11 : 4,37 m 15 h 23 : 3,16 m	Améliorations de la qualité de l'eau Améliorations du débit au cours de l'opération Améliorations qualité de l'eau Eau de teinte légèrement blanchâtre Eau claire Débris du massif de graviers et du remblais Sortie d'eau par l'annulaire
47	10 Bar 2600 tr/min	15 h 45 à 16 h 00 16 min	28,5 m ³ /h (15h58)	204 µS/cm	Eau clair Peu de débris	16 h 32 : 2,66 m	Pas ou peu de débris sortent Sortie d'eau par l'annulaire Massif de gravier à bougé

Temps de soufflage total	4 h 20
Profondeur de remblais constaté dans le tube plein	0,5 m à 9 h 30 1,4 m à 15 h 00 1,4 m à 16 h 00
Mesure de la profondeur du Top de gravier	29 m à 9h30 30,4 m à 15h00 30,4 m à 16 h 15

Forage de Botyouni-Méresse - ESSAI DE PUIT

Début de l'essai de puit le 17 mai 2003 à 09h05

minutes	temps (s)	Niveau piézométrique (m/sol)	Rabatement (m)	Débit (m ³ /h)	phase	CONDUCTIVITE	remarques	
0	0	2.25	0		Q1 = 5 à 6 m ³ /h	236		
0.5	30	5.9	3.65				vannages	
			1.78				vannages	
							vannages	
2.5	150	4.86	2.61	5.2				
3	180	5.04	2.79	5.2				
3.5	210	5.18	2.93	5.2				
4	240	5.3	3.05	5.2				vannages
4.5	270	5.46	3.21	5.2				
5	300	5.52	3.27	5.2				
5.5	330	5.6	3.35	5.2				
6	360	5.69	3.44	5.2				
6.5	390	5.69	3.44	5.2				
7	420	5.71	3.46	5.2				
7.5	450	5.7	3.45	5.2				
8	480	5.76	3.51	5.2				vannages
8.5	510	5.93	3.68	5.26				
9	540	5.94	3.69	5.26				
9.5	570	6.01	3.76	5.26				
10	600	5.97	3.72	5.26				
11	660	5.97	3.72	5.26				
12	720	6.02	3.77	5.26				
13	780	6.01	3.76	5.26				
14	840	6	3.75	5.26				
15	900			5.26				
16	960	6.02	3.77	5.26				
17	1020	6	3.75	5.26				
18	1080	6.01	3.76	5.26				
19	1140	5.99	3.74	5.26				
20	1200	6.03	3.78	5.26				
22	1320	6.01	3.76	5.26				
24	1440	6.01	3.76	5.26				
26	1560	6.01	3.76	5.26		236		
28	1680			5.3				
30	1800	5.93	3.68	5.3		vannages		
35	2100	6.25	4	5.3				
40	2400	6.32	4.07	5.3		235		
50	3000	6.36	4.11	5.3				
60	3600	6.33	4.08	5.3		vannages		
0.5	3630	5.05	2.8	0	arrêt de la pompe			
1	3660	3.98	1.73	0				
1.5	3690	3.43	1.18	0				
2	3720	3.01	0.76	0				
2.5	3750	2.75	0.5	0				
3	3780	2.65	0.4	0				
3.5	3810	2.6	0.35	0				
4	3840	2.43	0.18	0				
4.5	3870	2.53	0.28	0				
5	3900	2.51	0.26	0				
5.5	3930	2.5	0.25	0				
6	3960	2.52	0.27	0				
6.5	3990	2.53	0.28	0				
7	4020	2.5	0.25	0				
7.5	4050	2.5	0.25	0				
8	4080	2.5	0.25	0				
8.5	4110	2.5	0.25	0				
9	4140	2.49	0.24	0				
9.5	4170	2.49	0.24	0				
10	4200	2.48	0.23	0				
11	4260	2.49	0.24	0				
12	4320	2.48	0.23	0				
13	4380	2.47	0.22	0				
14	4440	2.47	0.22	0				
15	4500	2.46	0.21	0				
16	4560	2.45	0.2	0				
17	4620			0				
18	4680	2.45	0.2	0				
19	4740			0				
20	4800	2.45	0.2	0				
22	4920	2.44	0.19	0				
24	5040	2.43	0.18	0				
26	5160	2.41	0.16	0				
28	5280	2.4	0.15	0				
30	5400	2.43	0.18	0				
35	5700	2.42	0.17	0				
40	6000	2.43	0.18	0				

50	6600	2.38	0.13	0	Q2 = 10 à 11 m3/h		vannages			
60	7200	2.34	0.09	0						
0.5	7230	4.02	1.77							
1	7260	4.54	2.29							
1.5	7290	5.43	3.18							
2	7320	6.12	3.87							
2.5	7350	7.21	4.96							
3	7380	8.63	6.38							
3.5	7410	9.62	7.37							
4	7440	10.01	7.76							
4.5	7470	10.56	8.31							
5	7500	11.02	8.77							
5.5	7530	11.43	9.18							
6	7560	11.43	9.18							
6.5	7590	11.76	9.51							
7	7620	12.3	10.05							
7.5	7650	12.48	10.23							
8	7680	12.66	10.41							
8.5	7710	12.72	10.47							
9	7740	12.79	10.54							
9.5	7770	12.84	10.59							
10	7800	12.88	10.63	10,7 - 11,3						
11	7860	12.97	10.72	11.2						
12	7920	13	10.75	11.2						
13	7980	13.13	10.88	11.1						
14	8040	13.16	10.91	11.1						
15	8100	13.16	10.91	11.1						
16	8160	13.18	10.93	11.1						
17	8220	13.18	10.93	11.1						
18	8280	13.2	10.95	11.1						
19	8340			11						
20	8400	13.21	10.96	11						
22	8520	13.23	10.98	11						
24	8640	13.24	10.99	11						
26	8760	13.26	11.01	10.92						
28	8880	13.3	11.05	10.92						
30	9000	13.31	11.06	10.8						
35	9300	13.32	11.07	10.8						
40	9600	13.32	11.07	10.8						
50	10200	13.28	11.03	10.8						
60	10800	13.28	11.03	10.8						
0.5	10830	10.56	8.31	0				arrêt de la pompe		
1	10860	8.2	5.95	0						
1.5	10890	6.84	4.39	0						
2	10920	5.27	3.02	0						
2.5	10950	4.42	2.17	0						
3	10980	3.83	1.58	0						
3.5	11010	3.44	1.19	0						
4	11040	3.2	0.95	0						
4.5	11070	3.05	0.8	0						
5	11100	3	0.75	0						
5.5	11130			0						
6	11160	2.94	0.69	0						
6.5	11190			0						
7	11220	2.9	0.65	0						
7.5	11250	2.9	0.65	0						
8	11280	2.9	0.65	0						
8.5	11310	2.89	0.64	0						
9	11340	2.88	0.63	0						
9.5	11370	2.88	0.63	0						
10	11400	2.88	0.63	0						
11	11460	2.87	0.62	0						
12	11520	2.86	0.61	0						
13	11580	2.85	0.6	0						
14	11640	2.83	0.58	0						
15	11700	2.82	0.57	0						
16	11760	2.81	0.56	0						
17	11820			0						
18	11880	2.79	0.54	0						
19	11940			0						
20	12000	2.78	0.53	0						
22	12120	2.77	0.52	0						
24	12240	2.76	0.51	0						
26	12360	2.75	0.5	0						
28	12480	2.74	0.49	0						
30	12600	2.73	0.48	0						
35	12900	2.71	0.46	0						
40	13200	2.69	0.44	0						
50	13800	2.65	0.4	0						
60	14400	2.59	0.34	0						
0.5	14430	5.7	3.45				vannages			

1	14460	7.85	5.6	
1.5	14490	9.96	7.71	
2	14520	11.62	9.37	
2.5	14550	12.58	10.33	
3	14580	13.51	11.26	
3.5	14610	14.34	12.09	
4	14640	15.02	12.77	
4.5	14670	15.63	13.38	
5	14700	16.15	13.9	
5.5	14730	16.64	14.39	
6	14760	17.01	14.76	
6.5	14790	17.39	15.14	
7	14820	17.78	15.53	
7.5	14850	18.06	15.81	
8	14880	18.3	16.05	
8.5	14910			
9	14940	18.78	16.53	
9.5	14970	18.83	16.58	
10	15000	19.1	16.85	
11	15060	19.38	17.13	
12	15120	19.54	17.26	14.8 - 15.2
13	15180	19.64	17.39	14.9
14	15240	19.74	17.49	14.8
15	15300	19.8	17.55	15
16	15360	19.87	17.62	15
17	15420	19.88	17.63	14.8
18	15480	19.91	17.66	14.8
19	15540	19.97	17.72	14.8
20	15600	19.95	17.7	15
22	15720	20.12	17.87	15.1
24	15840	20.4	18.15	15.1
26	15960	20.54	18.29	15.1
28	16080	20.62	18.37	15.15
30	16200	20.64	18.39	15.15
35	16500	20.74	18.49	15.3
40	16800	20.74	18.49	15.1
50	17400	20.82	18.57	15.2
60	18000	20.85	18.6	15.2
0.5	18030	16.6	14.35	0
1	18060	13.4	11.15	0
1.5	18090	11	8.75	0
2	18120	8.98	6.73	0
2.5	18150	7.13	4.88	0
3	18180	6.08	3.83	0
3.5	18210	4.9	2.85	0
4	18240	4.36	2.11	0
4.5	18270	3.88	1.63	0
5	18300	3.66	1.41	0
5.5	18330	3.48	1.23	0
6	18360	3.38	1.13	0
6.5	18390	3.35	1.1	0
7	18420	3.35	1.1	0
7.5	18450	3.32	1.07	0
8	18480	3.28	1.03	0
8.5	18510			0
9	18540	3.27	1.02	0
9.5	18570	3.27	1.02	0
10	18600	3.25	1	0
11	18660	3.27	1.02	0
12	18720	3.22	0.97	0
13	18780	3.2	0.95	0
14	18840	3.19	0.94	0
15	18900	3.18	0.93	0
16	18960	3.18	0.93	0
17	19020	3.16	0.91	0
18	19080	3.14	0.89	0
19	19140	3.13	0.88	0
20	19200	3.12	0.87	0
22	19320	3.1	0.85	0
24	19440	3.08	0.83	0
26	19560	3.07	0.82	0
28	19680	3.05	0.8	0
30	19800	3.03	0.78	0
35	20100	3	0.75	0
40	20400	2.97	0.72	0
50	21000	2.92	0.67	0
60	21600	2.9	0.65	0
0.5	21630	7.53	5.28	
1	21660	10.51	8.26	
1.5	21690	12.19	9.94	
2	21720	14.09	11.84	
2.5	21750	15.43	13.18	
3	21780	16.8	14.55	

Q3 = 15 à 16 m3/h

arrêt de la pompe

vannages
vannages
vannages
vannages
vannages

vannages

vannages

Z29

Z26

Z29

vannages
vannages
vannages
vannages
vannages

3.5	21810	17.63	15.38			
4	21840	18.7	16.45			
4.5	21870	19.71	17.46			
5	21900	20.58	18.33			
5.5	21930	21.4	19.15			
6	21960	21.9	19.65			
6.5	21990	22.38	20.13	18,5 - 19,5		vannages
7	22020	23.09	20.84	19		vannages
7.5	22050			19		
8	22080	23.9	21.65	19		
8.5	22110	24.29	22.04	19		
9	22140	24.56	22.31	19		
9.5	22170			19		
10	22200	25.02	22.77	18.8		
11	22260	25.47	23.22	18.8		
12	22320	25.8	23.55	18.8		
13	22380	26.13	23.88	18.8		
14	22440	26.23	23.98	18.8		
15	22500	26.34	24.09	18.8		
16	22580	26.43	22.18	18.8		
17	22620	26.51	24.26	18.8		
18	22680	26.57	24.32	18.8		
19	22740	26.61	24.36	18.8		
20	22800	26.65	24.4	18.8		
22	22920	26.79	24.54	19		vannages
24	23040	26.78	24.53	19		vannages
26	23160	27.2	24.65	19		
28	23280	27.7	25.45	19.4		
30	23400	27.92	25.67	19.4		
35	23700	28.1	25.85	19.4		
40	24000	28.11	25.86	19.4		
50	24600	28.23	25.98	19.2		
60	25200	28.26	26.01	19.2		
0.5	25230	22.25	20	0		
1	25260	17.93	15.68	0		
1.5	25290	14.43	12.18	0		
2	25320	11.74	9.49	0		
2.5	25350	9.47	7.22	0		
3	25380	7.33	5.08	0		
3.5	25410	6.57	4.32	0		
4	25440	5.55	3.3	0		
4.5	25470	4.79	2.54	0		
5	25500	4.28	2.03	0		
5.5	25530	4.02	1.77	0		
6	25560	3.88	1.63	0		
6.5	25590	3.8	1.55	0		
7	25620	3.7	1.45	0		
7.5	25650	3.7	1.45	0		
8	25680	3.68	1.43	0		
8.5	25710	3.64	1.39	0		
9	25740	3.64	1.39	0		
9.5	25770	3.62	1.37	0		
10	25800	3.6	1.35	0		
11	25860	3.59	1.34	0		
12	25920	3.56	1.31	0		
13	25980	3.54	1.29	0		
14	26040	3.53	1.28	0		
15	26100	3.51	1.26	0		
16	26160	3.5	1.25	0		
17	26220	3.48	1.23	0		
18	26280	3.46	1.21	0		
19	26340	3.45	1.2	0		
20	26400	3.44	1.19	0		
22	26520	3.42	1.17	0		
24	26640	3.39	1.14	0		
26	26760	3.36	1.11	0		
28	26880	3.34	1.09	0		
30	27000	3.33	1.08	0		
35	27300	3.29	1.04	0		
40	27600	3.25	1	0		
50	28200	3.12	0.87	0		
60	28800	3.14	0.89	0		

Q4 = 19 à 20 m3/h

arrêt de la pompe

70	4	0	252240	8.77	7.67	6.58			0	0		
70	4	30	252270	7.72	6.62	5.53			0	0		
70	5	0	252300	7.17	6.07	4.98			0	0		
70	6	0	252360	6.4	5.3	4.21			0	0		
70	7	0	252420	6.11	5.01	3.92			0	0		
70	8	0	252480	6	4.9	3.81			0	0		
70	9	0	252540	5.95	4.85	3.76			0	0		
70	10	0	252600	5.92	4.82	3.73			0	0		
70	12	0	252720	5.8	4.8	3.71			0	0		
70	14	0	252840	5.82	4.72	3.63			0	0		
70	16	0	252960	5.78	4.68	3.57			0	0		
70	18	0	253080	5.72	4.62	3.53			0	0		
70	20	0	253200	5.65	4.55	3.46			0	0		
70	25	0	253500	5.55	4.45	3.36			0	0		
70	30	0	253800	5.44	4.34	3.25			0	0		
70	35	0	254100	5.38	4.28	3.19			0	0		
70	40	0	254400	5.3	4.2	3.11			0	0		
70	50	0	255000	5.18	4.08	2.99			0	0		
71	0	0	255600	5.54	4.44	3.35			0	0		
71	30	0	257400	5.17	4.07	2.98			0	0		
72	0	0	259200	4.56	3.46	2.37			0	0		
72	30	0	261000	4.32	3.22	2.13			0	0		
73	0	0	262800	4.16	3.06	1.97			0	0		
74	0	0	266400	3.9	2.8	1.71			0	0		
75	0	0	270000	3.68	2.58	1.49			0	0		
76	0	0	273600	3.38	2.28	1.19			0	0		
77	0	0	277200	3.31	2.21	1.12			0	0		

**ANNEXE 3 : Analyse d'eau du forage de Bouyouni – Méresse
réalisée par la SOGEA**



RAPPORT D'ANALYSE

Z.I. de Kaweni
 BP 22
 97600 Mamoudzou
 Tél.: 0269 61 11 42
 TLC : 0269 61 13 77
 E-mail : sogea.mayotte@wanadoo.fr

Rapport d'analyse : N° 14 / DAF.BOUYOUNI
 Nom du préleveur : Pascal CHAPRON
 Chimiste chargée d'analyses : MOHAMED Sili

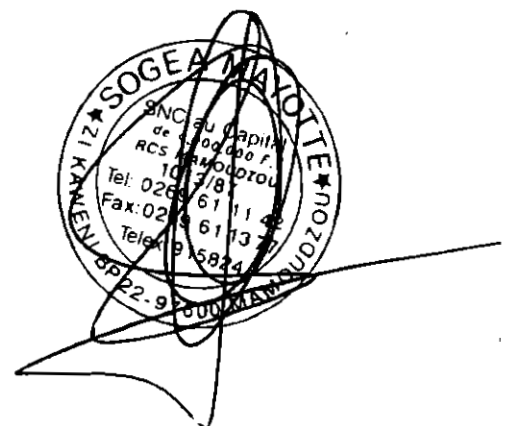
Forage de BOUYOUNI MERESSE
 23-mai-03

CMA

Code	BOUY230503	
Odeur	aucune	aucune
Couleur	< 15	15 mg/l Pt/Co
Turbidité en NTU	0,98	< 2

pH	7,6	6,5 - 9
Conductivité en µS/cm	232	180-1000
TAC en °f	10	3
THca en °f	5,8	
THtotal en °f	15,5	15
Calcium en mg/l	23,2	100
Magnésium en mg/l	23,7	50
Sulfates en mg/l	6	250
Aluminium en mg/l	traces	0,2
Chlorures en mg/l	9,6	200
Potassium en mg/l	3	

Nitrates en mg/l	1,98	50
Nitrites en mg/l	traces	0,1
Ammonium en mg/l	0,05	0,5
Fer en mg/l	0,01	0,2
Manganèse en mg/l	0,15	0,05
Phosphates en mg/l	0,26	5
Zinc en mg/l	traces	5
Cuivre en mg/l	traces	1
Matières en suspension en mg/l	3	absence



ANNEXE 4 : Pluviométrie sur la zone du forage

Pluviométrie dans le secteur du forage pendant les travaux

Données pluviométriques transmises par le service Météo-France de Pamandzi.

date	Poste de Combani-village	Description des travaux
	Précipitations (mm)	
28/04/03	-	Foration MFT 15" et MFT 14"
29/04/03	-	
30/04/03	-	
31/04/03	-	
01/05/03	-	
02/05/03	-	
03/05/03	-	
04/05/03	-	
05/05/03	-	
06/05/03	-	
07/05/03	-	
08/05/03	-	
09/05/03	-	Equipement
10/05/03	0.4	
11/05/03	-	Développement
12/05/03	1.5	
13/05/03	-	Equipement
14/05/03	-	
15/05/03	-	Pompages d'essai
16/05/03	-	
17/05/03	1	
18/05/03	0.5	
19/05/03	-	
20/05/03	-	
21/05/03	-	
22/05/03	-	
23/05/03	-	
24/05/03	-	
25/05/03	-	
26/05/03	-	
27/05/03	0.5	
28/05/03	0.3	
29/05/03	-	
30/05/03	-	
31/05/03	-	