



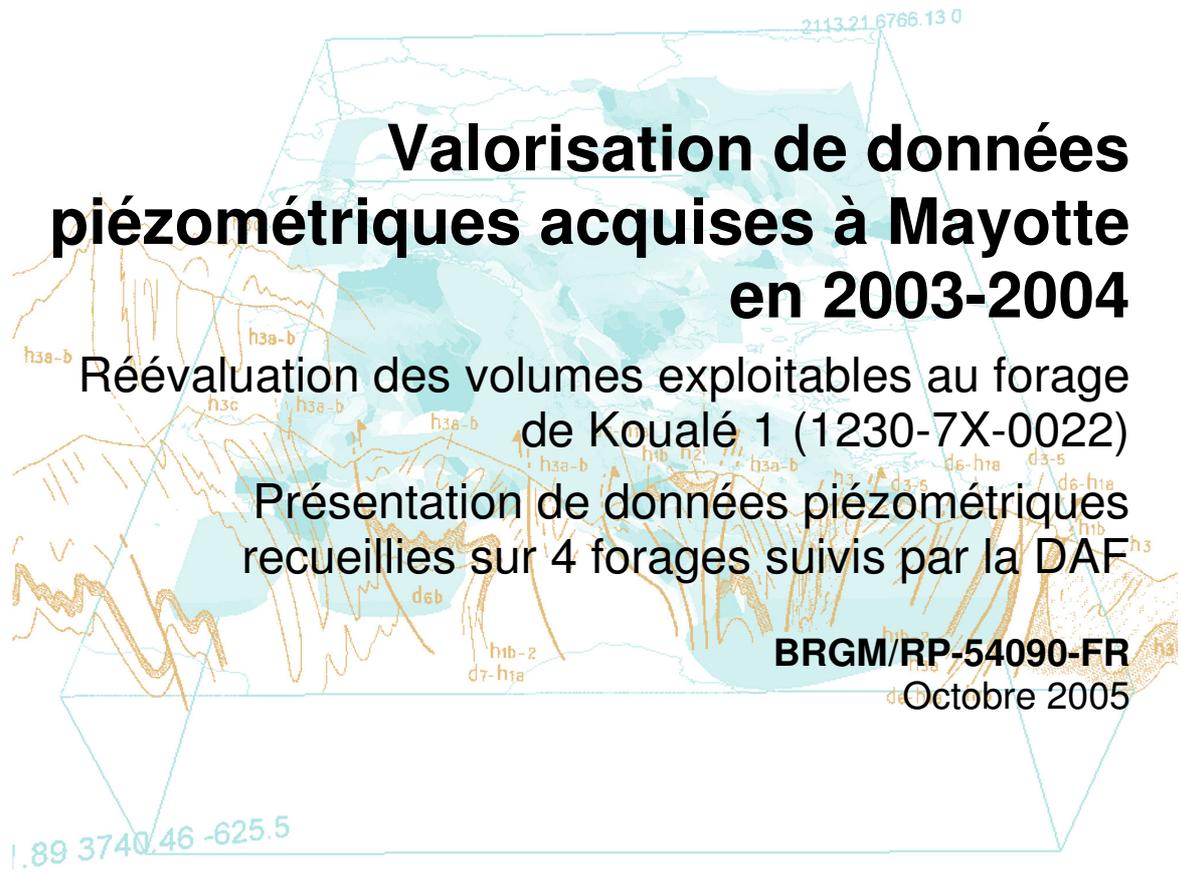
Valorisation de données piézométriques acquises à Mayotte en 2003-2004

Réévaluation des volumes exploitables au forage de Koualé 1 (1230-7X-0022)

Présentation de données piézométriques recueillies sur 4 forages suivis par la DAF

BRGM/RP-54090-FR

Octobre 2005



Valorisation de données piézométriques acquises à Mayotte en 2003-2004

Réévaluation des volumes exploitables au forage de
Koualé 1 (1230-7X-0022)

Présentation de données piézométriques recueillies
sur 4 forages suivis par la DAF

BRGM/RP-54090-FR
Octobre 2005

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 04EAUF30

V. Petit
Avec la collaboration de
G. Eucher

Vérificateur :

Nom : P. LACHASSAGNE

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : R. MOURON

Date :

Signature :

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



Mots clés : aquifères volcaniques, Archipel des Comores, eaux souterraines, exploitation, hydrogéologie, Mayotte, piézométrie, recharge.

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

V. Petit, avec la collaboration de **G. Eucher** (2005) – Valorisation de données piézométriques acquises à Mayotte en 2003-2004. Réévaluation des volumes exploitables au forage de Koualé 1 (1230-7X-0022). Présentation de données piézométriques recueillies sur 4 forages suivis par la DAF - BRGM/RP-54090-FR, 48 p., 2 ill., 2 ann.

Synthèse

Dans le cadre de ses missions de service public, la réalisation d'une étude relative à la protection et à l'optimisation de la ressource en eau à Mayotte a été confiée au Service Géologique Régional Océan indien, antenne de Mayotte. Cette étude (fiche 04EAUF30 de la programmation du service public du BRGM) a été cofinancée, à parts égales, par la dotation du service public du BRGM et la Collectivité Départementale de Mayotte (convention d'application 2004, signée le 03 novembre 2004).

La présente étude a pour objet de présenter les données piézométriques recueillies par la DAF de Mayotte sur 4 forages non exploités et la valorisation des données disponibles au forage exploité de Koualé 1 (1230-7X-0022) sur la période 2003-2004-2005.

Le traitement des données a pour principaux objectifs :

- pour le **forage exploité de Koualé**, en précisant ou en révisant le cas échéant les analyses proposées précédemment, d'améliorer la connaissance de la structure et surtout du fonctionnement de cet aquifère, de vérifier l'évaluation des volumes exploitables en son sein réalisée en 2003 et de réviser éventuellement les modalités de son exploitation ;
- pour les **4 forages non encore exploités**, de disposer de mesures de référence (minima et maxima piézométriques, importance des fluctuations annuelles et interannuelles, éventuels phénomènes perturbateurs, anthropiques en particulier, etc.) destinées à mieux appréhender le fonctionnement naturel des aquifères concernés et à permettre ultérieurement, une fois qu'ils auront été mis en exploitation, de les gérer et de les protéger avec une meilleure efficacité.

L'interprétation des données montre la bonne capacité de l'aquifère de Koualé à se recharger et à compenser, durant la saison des pluies, les prélèvements effectués par pompage tout au long de l'année. Les préconisations d'exploitation de Koualé 1 ne sont pas modifiées. Le suivi régulier conserve toute son importance, en particulier avec la prochaine mise en service du forage de Koualé 3 qui capte le même aquifère, et l'augmentation sensible des prélèvements qui pourrait accompagner la mise en exploitation de ce nouveau forage.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Suivi piézométrique sur 4 forages non exploités.....	9
2.1. GENERALITES	9
2.2. FORAGE DE BANDRELE-DAGONI (1231-3X-0033)	10
2.3. FORAGE DE BOUYOUNI (1230-6X-0024).....	12
2.4. FORAGE DE COMBANI-M'RERENI (1230-6X-0038).....	14
2.5. FORAGE DE GOULOUE 1 (1230-7X-0045).....	16
3. Koualé : description des données acquises	19
3.1. NATURE ET UNITES DES DONNEES	19
3.2. PERIODE ET FREQUENCE DE MESURES	20
3.3. DONNEES PLUVIOMETRIQUES.....	20
3.4. MESURES DE DEBIT DE LA RIVIERE KOUALE.....	20
3.5. RECAPITULATIF DES DONNEES.....	21
4. Koualé : traitement préliminaire des données	23
4.1. NIVEAUX PIEZOMETRIQUES.....	23
4.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE.....	25
5. Koualé : interprétation des données.....	27
6. Réévaluation du débit d'exploitation des forages de Koualé.....	31
7. Conclusion	33
8. Références bibliographiques	35

Liste des illustrations

illustration 1 : Localisation des 4 forages.....	9
illustration 2 : Fluctuations piézométriques au forage de Bandrélé-Dagoni.....	10
illustration 3 : Fluctuations piézométriques au forage de Bouyouni-.....	12
illustration 4 : Fluctuations piézométriques au forage de Combani-M'Réréni.....	14
illustration 5 : Période d'analyses des données.....	19
illustration 6 : Débits moyens mensuels à Koualé Haut (document DAF).....	20
illustration 7 : Ensemble des données acquises entre mai 2001 et mai 2005.....	21
illustration 8 : Données du cycle hydrologique 2004.....	24
illustration 9 : Exemple d'évolution journalière des débits instantanés et des niveaux d'eau.....	25
illustration 10 : Évolution des valeurs de conductivité au cours du temps.....	26
illustration 11 : Évolution comparée niveau / débit.....	28
illustration 12 :Évolution de la "productivité" en fonction du temps.....	28

Liste des annexes

Annexe 1 Conductivité.....	37
Annexe 2 Mesures sur les 4 forages : Bandrélé-Dagoni, Bouyouni-Bouyouni, Combani- M'Réréni, Gouloué 1.....	39

1. Introduction

Dans le cadre de ses missions de service public, la réalisation d'une étude relative à la protection et à l'optimisation de la ressource en eau à Mayotte a été confiée au Service Géologique Régional Océan indien, antenne de Mayotte. Cette étude (fiche 04EAUF30 de la programmation du service public du BRGM) a été cofinancée, à parts égales, par la dotation du service public du BRGM et la Collectivité Départementale de Mayotte (convention d'application 2004, signée le 03 novembre 2004).

La présente étude a pour objet de présenter les données piézométriques recueillies par la DAF de Mayotte sur 4 forages non exploités et la valorisation des données disponibles au forage exploité de Koualé 1 (1230-7X-0022) sur la période 2003-2005.

Le traitement des données a pour principaux objectifs :

- pour le **forage exploité de Koualé**, d'améliorer la connaissance de la structure et surtout du fonctionnement de cet aquifère, de vérifier l'évaluation des volumes exploitables en son sein réalisée en 2003 et de réviser éventuellement les modalités de son exploitation ;
- pour les **4 forages non encore exploités**, de disposer de mesures de référence (minima et maxima piézométriques, importance des fluctuations annuelles et interannuelles, éventuels phénomènes perturbateurs, anthropiques en particulier, etc.) destinées à mieux appréhender le fonctionnement naturel des aquifères concernés et à permettre ultérieurement, une fois qu'ils auront été mis en exploitation, de les gérer et de les protéger avec une meilleure efficacité.

2. Suivi piézométrique sur 4 forages non exploités

2.1. GENERALITES

Des mesures de niveau d'eau sont effectuées régulièrement, par la DAF de Mayotte, dans les 4 forages suivants (Illustration 1) : Bandrélé-Dagoni (1231-3X-0033), Bouyouni-Bouyouni (1230-6X-0024), Combani-M'réréni (1230-6X-0038), Gouloué 1 (1230-7X-0045). Les mesures sont réalisées manuellement à la sonde électrique. Ces forages, réalisés récemment, ne font pas encore l'objet d'une exploitation de la ressource en eau souterraine.

Les données sont présentées en Annexe 2.

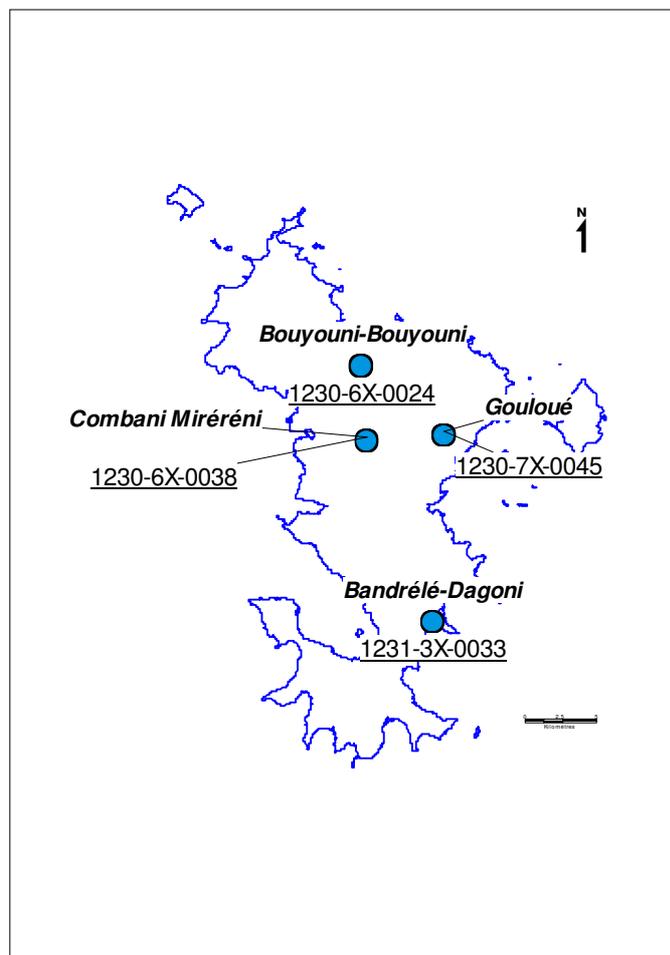


Illustration 1 : Localisation des 4 forages.

2.2. FORAGE DE BANDRELE-DAGONI (1231-3X-0033)

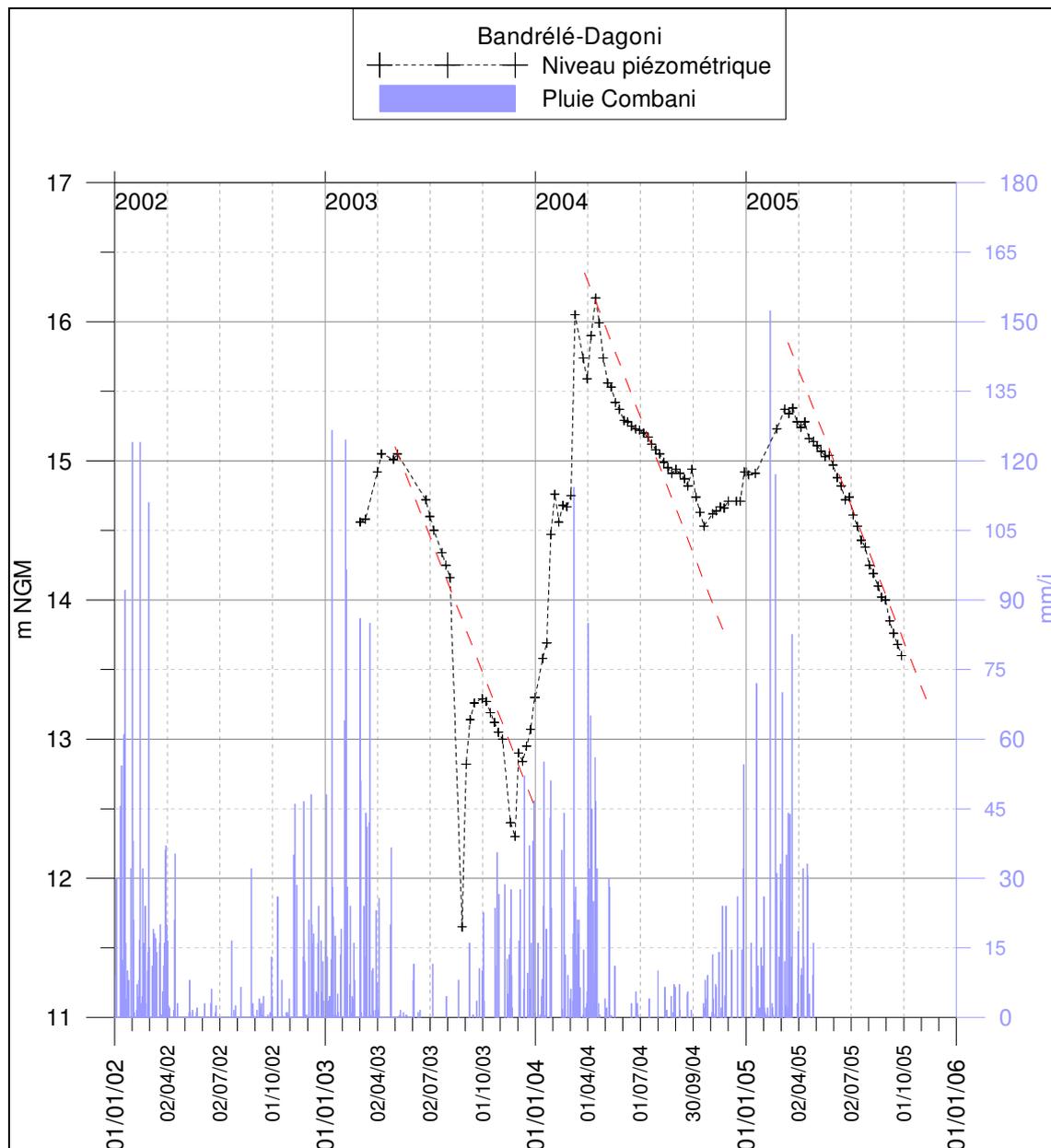


Illustration 2 : Fluctuations piézométriques au forage de Bandrélé-Dagoni.

Les informations de base relatives au forage de Bandrélé Dagoni (coupe géologique et technique, observations réalisées lors de la foration et des pompages d'essai, interprétation de ces données, etc.) sont disponibles au sein des rapports BRGM/RP-51498-FR et BRGM/RP-52104-FR.

La piézométrie est exprimée en cotes piézométriques rattachées au NGM (aucun nivellement n' a été effectué, les cotes sont estimées à partir des données cartographiques de l'IGN).

Sur ce forage, on observe (Illustration 2) :

- un **tarissement** en apparence linéaire au cours des étiages 2003 et 2005, de pente similaire au cours de ces deux saisons sèches. Le tarissement de l'étiage 2003 est interrompu deux fois par des baisses piézométriques significatives (en juillet et novembre), suivies, au moins pour la première, par un retour à des conditions de tarissement « normales ». Ces baisses piézométriques significatives ne sont pas expliquées (pompage au puits ou dans le voisinage, fluctuation des eaux de surface, naturelles ou anthropiques, etc. ?). La baisse du niveau piézométrique (hors « anomalies » de 2003 signalées ci-dessus) est d'un peu plus de 2 m en 2003. Elle devrait être d'un ordre de grandeur similaire en 2005 ;
- un tarissement beaucoup plus faible en 2004, caractérisé par une tendance exponentielle en hautes eaux puis par une série de droites brisées (baisse piézométrique totale de l'ordre de 1 m au total) ;
- la **recharge** de l'aquifère s'effectue en saison des pluies. Elle ne semble débuter que début décembre en 2003, tandis qu'elle s'amorce dès courant octobre en 2004. En 2005, elle n'a pas débuté au 1^{er} octobre. Elle comprend plusieurs épisodes de remontée franche du niveau piézométrique séparés par des périodes de remontée plus lente. Les niveaux piézométriques maximaux mesurés sont plus élevés en 2004 (16 m NGM environ, avec une remontée d'environ 3 m par rapport à la fin de l'étiage), qu'en 2005 et 2003, avec respectivement 15.4 (1 m de remontée) et 15.1 m NGM environ.

L'aquifère semble donc présenter deux types de tarissements :

- un tarissement de type exponentiel en hautes eaux ($h > 15$ m NGM), traduisant la vidange d'un réservoir (superficiel ?), puis ;
- un tarissement de type linéaire suggérant un débit de fuite constant de l'aquifère.

2.3. FORAGE DE BOUYOUNI-BOUYOUNI (1230-6X-0024)

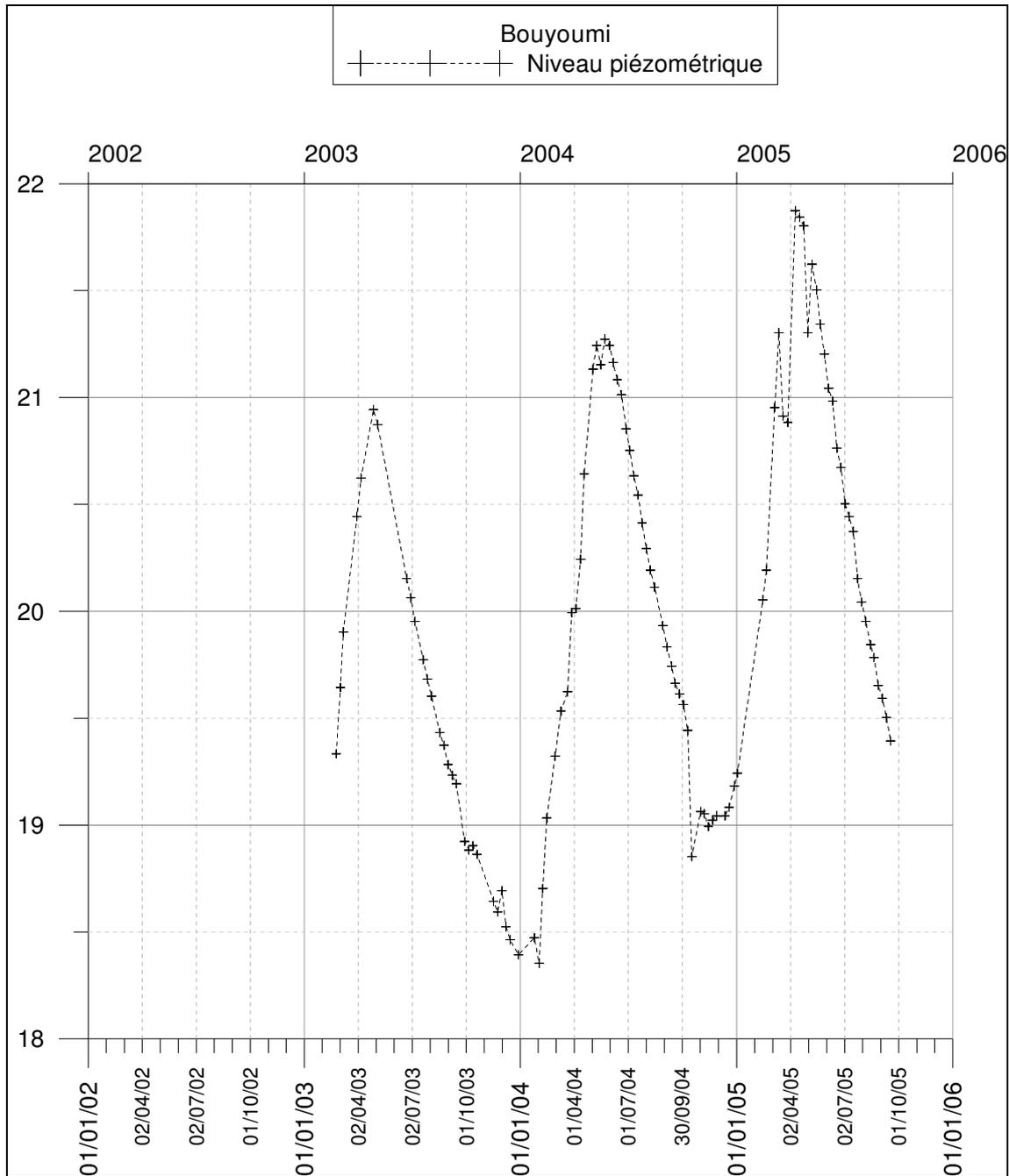


Illustration 3 : Fluctuations piézométriques au forage de Bouyouni.

Les informations de base relatives au forage de Bouyouni Bouyouni (coupe géologique et technique, observations réalisées lors de la foration et des pompages d'essai, interprétation de ces données, etc.) sont disponibles au sein des rapports BRGM/RP-51498-FR et BRGM/RP-51969-FR.

La piézométrie est exprimée en cotes piézométriques rattachées au NGM (aucun nivellement n' a été effectué, les cotes sont estimées à partir des données cartographiques de l'IGN).

Les cycles hydrologiques sont bien marqués sur ce piézomètre (Illustration 3) avec :

- un **tarissement** quasiment linéaire : de l'ordre de 1.3 cm/j pour les deux premiers tarissements et de 1.7 cm/j pour le tarissement 2005 (non terminé à la date de ce rapport). Le tarissement de l'étiage 2004 est interrompu par une baisse piézométrique significative (octobre). La baisse du niveau piézométrique (hors « anomalie ») est de plus de 2.5 m en 2003 et d'environ 2.2 m en 2004 et un peu moins de 3 m à la fin des mesures de 2005 ;
- la **recharge** de l'aquifère s'effectue en saison des pluies et montre deux phases successives :
 - elle débute en général vers le mois d'octobre (1/10/03, 1/11/04) par des périodes de faible et temporaire remontée piézométrique ;
 - la remontée franche des niveaux piézométriques se produit de manière différée : début février 2004 et fin décembre 2004. Les niveaux piézométriques maximaux mesurés sont croissants de 2003 à 2005.

2.4. FORAGE DE COMBANI-M'RERENI (1230-6X-0038)

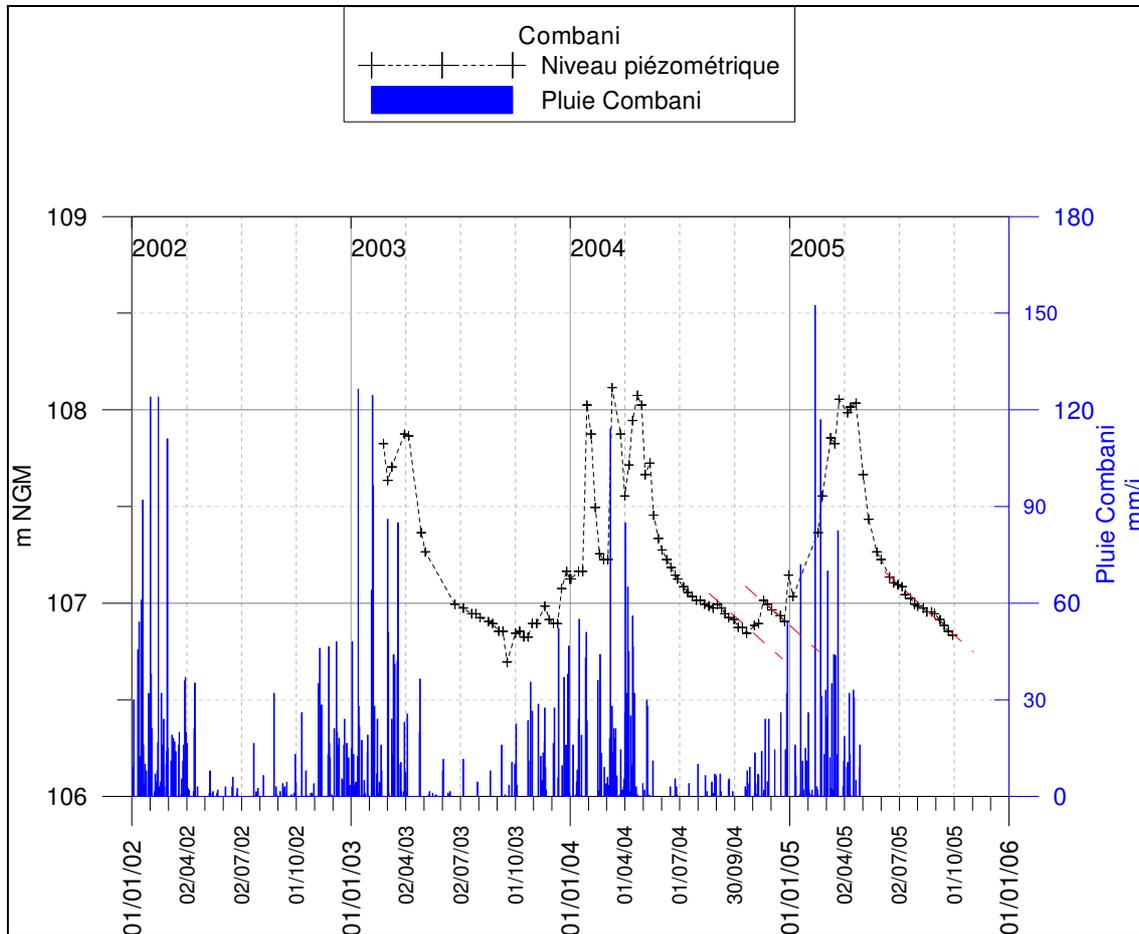


Illustration 4 : Fluctuations piézométriques au forage de Combani-M'Réréni.

Les informations de base relatives au forage de Combani-M'réréni (coupe géologique et technique, observations réalisées lors de la foration et des pompages d'essai, interprétation de ces données, etc.) sont disponibles au sein du rapport BRGM/RP-52054-FR.

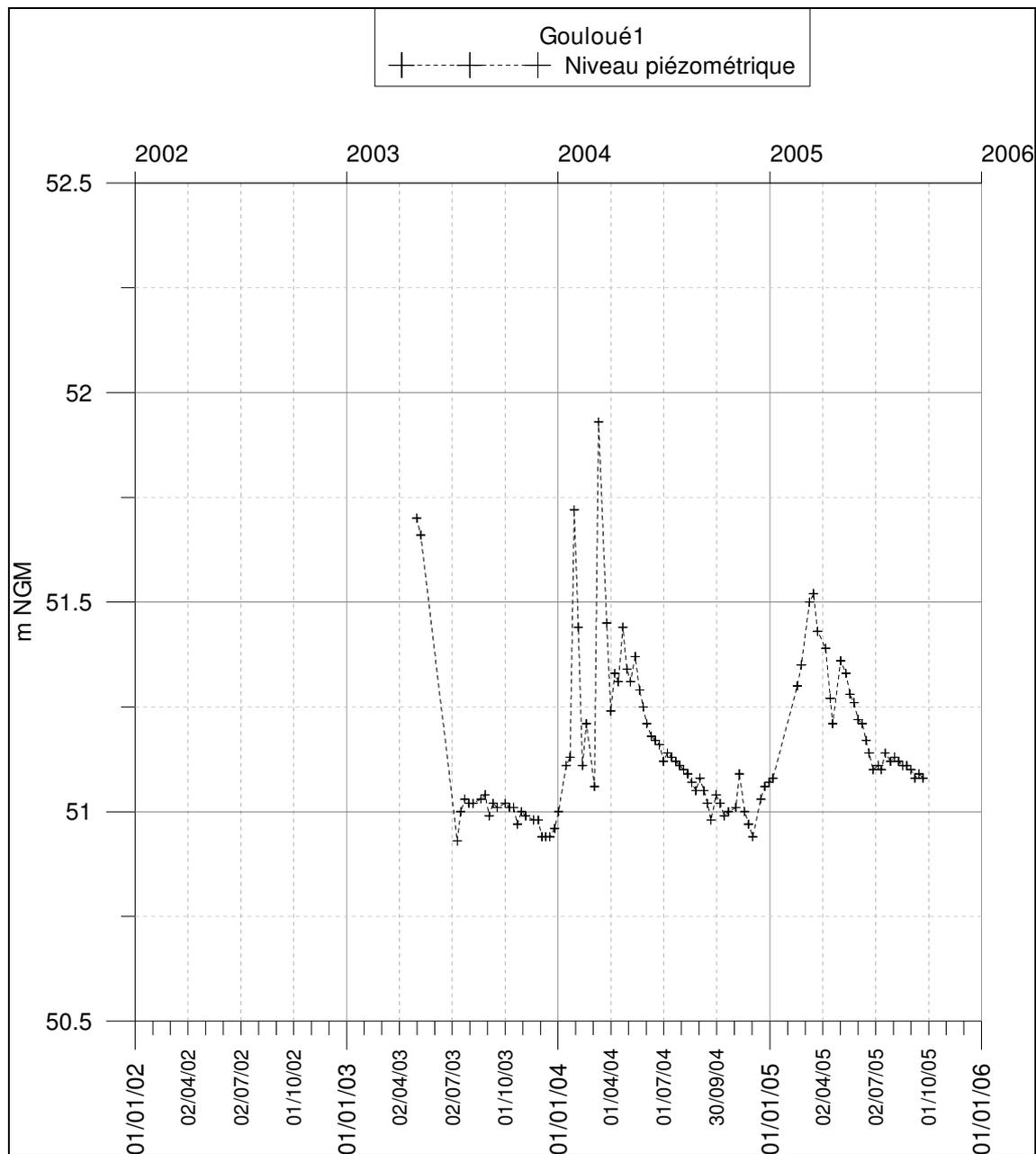
La piézométrie est exprimée en cotes piézométriques rattachées au NGM (aucun nivellement n' a été effectué, les cotes sont estimées à partir des données cartographiques de l'IGN).

Les niveaux piézométriques réagissent de manière relativement classique à la pluviométrie sur cet ouvrage (Illustration 4) avec :

- un **tarissement** exponentiel bien marqué, montrant néanmoins de brèves tendances linéaires en fin de période de tarissement (2004 et 2005) et une relativement faible amplitude de tarissement (1,2 m environ) entre les périodes de très hautes et de très basses eaux ;

- la **recharge** de l'aquifère s'effectue en saison des pluies et montre deux phases successives :
 - elle débute en général vers le mois d'octobre (1/10/03, mi 10/04) par des périodes de faible remontée piézométrique ;
 - la remontée franche des niveaux piézométriques se produit de manière différée : début février 2004 et courant janvier 2005. En 2004, les périodes de recharge sont séparées par des épisodes significatifs de tarissement.

2.5. FORAGE DE GOULOUE 1 (1230-7X-0045)



Les informations de base relatives au forage de Gouloué 1 (coupe géologique et technique, observations réalisées lors de la foration et des pompages d'essai, interprétation de ces données, etc.) sont disponibles au sein du rapport BRGM/RP-52035-FR.

La piézométrie est exprimée en cotes piézométriques rattachées au NGM (aucun nivellement n' a été effectué, les cotes sont estimées à partir des données cartographiques de l'IGN).

Les amplitudes interannuelles sont faibles à ce piézomètre (moins d'1 m). On observe :

- des périodes de **tarissement** peu caractéristiques (tendance exponentielle peu marquée ;
- la **recharge** de l'aquifère s'effectue assez tardivement (janvier 2004, décembre 2005). En 2004, les périodes de recharge sont séparées par des épisodes significatifs de tarissement.

3. Koualé : description des données acquises

3.1. NATURE ET UNITES DES DONNEES

Les informations traitées correspondent à l'ensemble des données recueillies par l'exploitant du forage de Koualé 1 depuis sa mise en exploitation durant le premier semestre 2001, jusqu'à mai 2005. Elles couvrent donc trois saisons sèches (2002, 2003 et 2004) et trois saisons des pluies (de 2001-2002 à 2003-2004) (Illustration 5). Pendant cette période, le forage de Koualé 3 a été réalisé et a fait l'objet de pompages d'essai en septembre 2004.

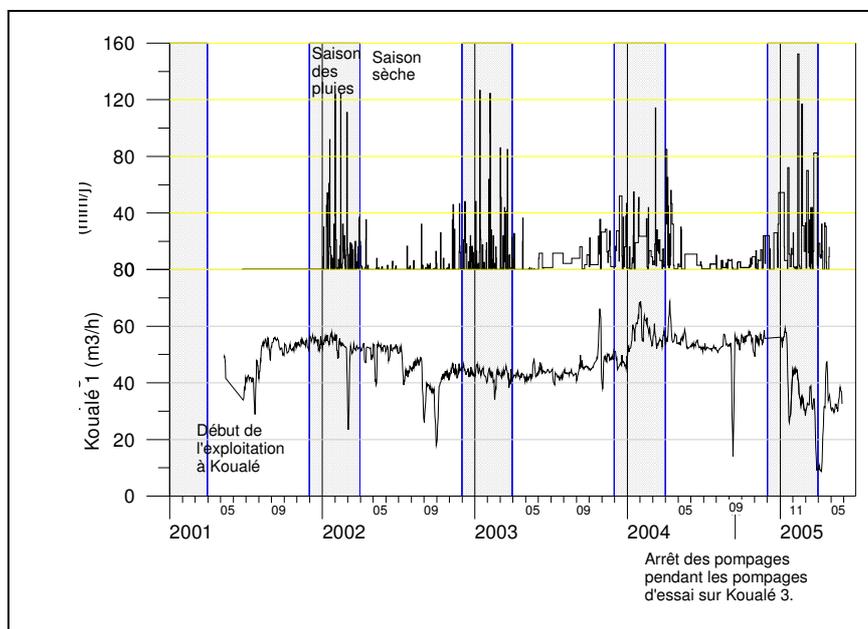


Illustration 5 : Période d'analyses des données.

Les données suivantes, disponibles au pas de temps de 4 mn, ont été extraites par le BRGM à l'aide du logiciel Readwin :

- le débit pompé au forage (m^3/h) ;
- la cote du niveau piézométrique (m) ;
- la conductivité électrique des eaux ($\mu S/cm$).

3.2. PERIODE ET FREQUENCE DE MESURES

Les rapports précédents de valorisation des données de Koualé ont traité les périodes suivantes :

Rapport BRGM/RP-51603-FR : du 6 mai 2001 au 20 mars 2002.

Rapport BRGM/RP-53193-FR : jusqu'au 2 septembre 2003.

Pour le présent rapport, les données ont été collectées jusqu'en mai 2005. Le mois de décembre 2004 est manquant. L'analyse porte essentiellement sur le cycle 2003/2004.

3.3. DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Les données pluviométriques disponibles, continues, les plus proches de Koualé sont celles du poste de Combani. Elles ont été collectées jusqu'au mois de mai 2005.

3.4. MESURES DE DEBIT DE LA RIVIERE KOUALE

Des mesures de débit de la rivière Koualé sont disponibles ponctuellement en 2003. La station de mesure se situe à quelques kilomètres en amont du forage au droit de la prise d'eau de surface située sur la rivière Koualé (Illustration 6).

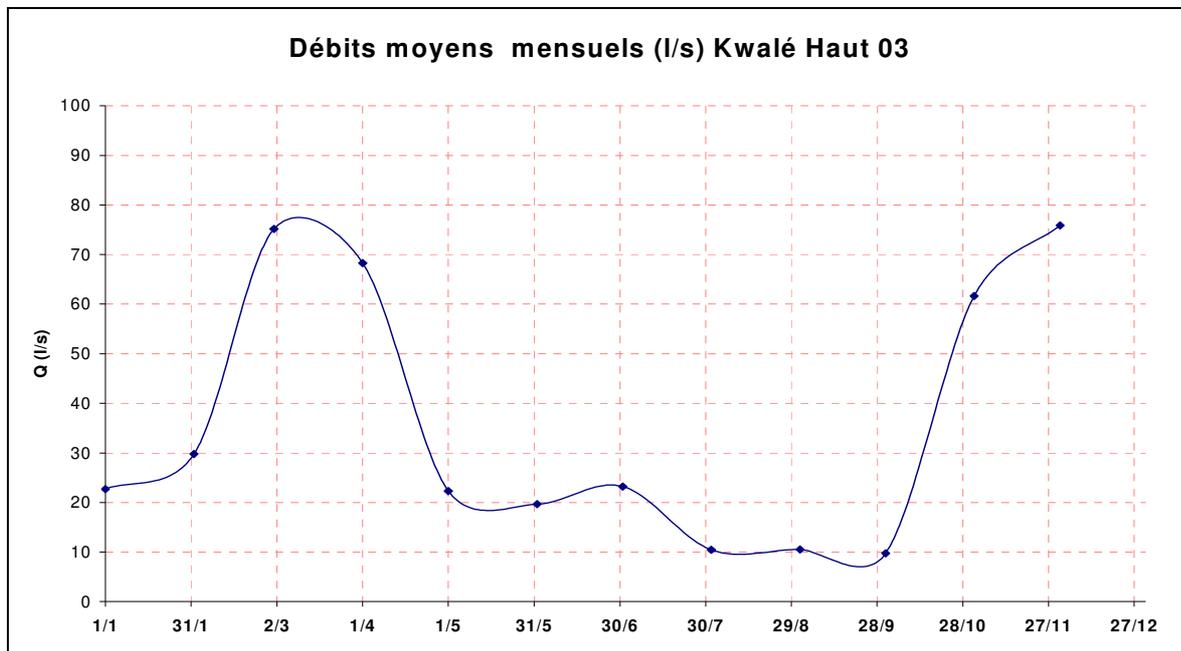


Illustration 6 : Débits moyens mensuels à Koualé Haut (document DAF).

3.5. RECAPITULATIF DES DONNEES

L'ensemble des données piézométriques, climatologiques et d'exploitation du forage est rassemblé dans l'illustration 7.

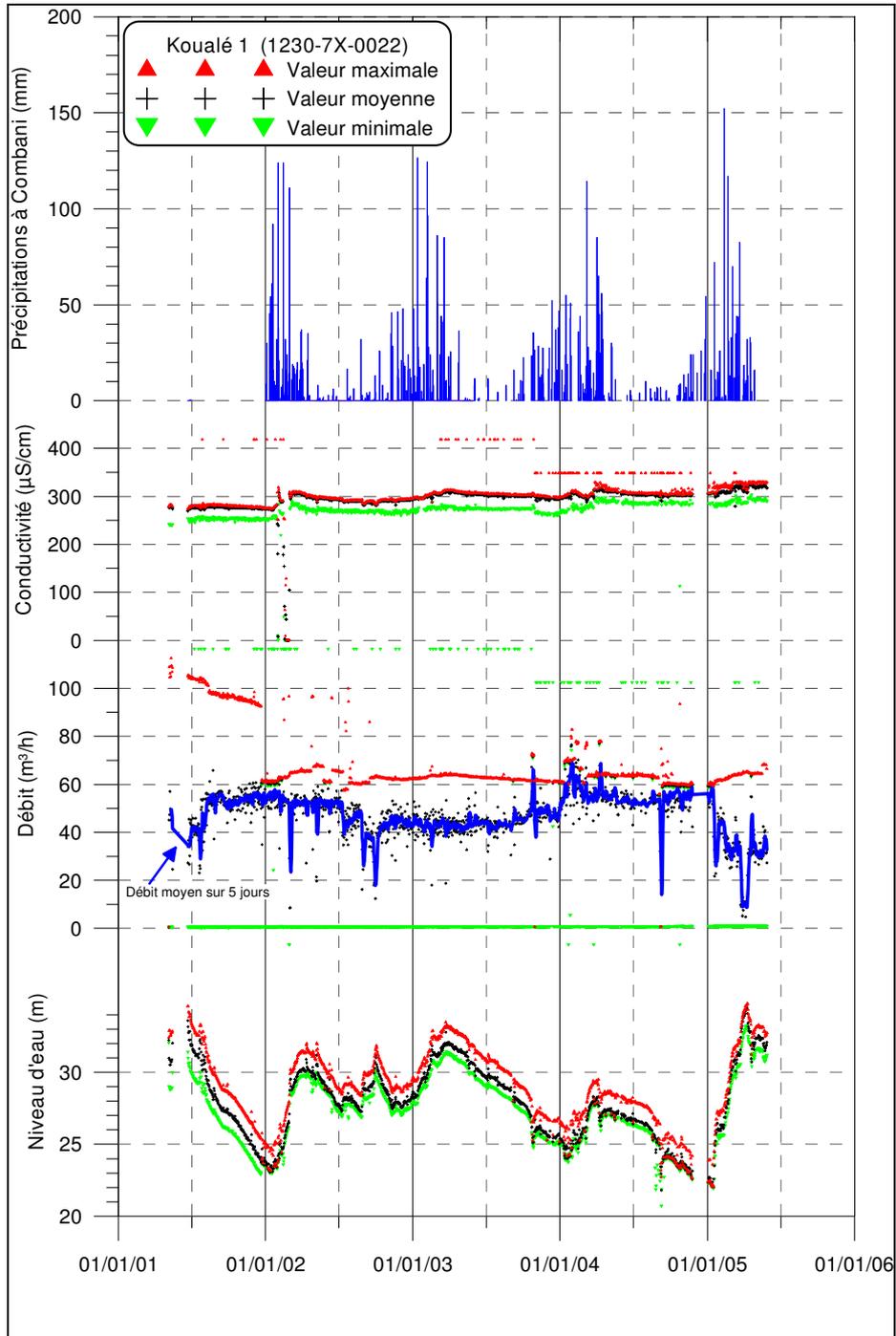


Illustration 7 : Ensemble des données acquises entre mai 2001 et mai 2005.

4. Koualé : traitement préliminaire des données

Le traitement des données de Koualé concerne essentiellement le cycle hydrologique de l'année 2004, compris entre début janvier 2004 et mi-janvier 2005.

4.1. NIVEAUX PIEZOMETRIQUES

À l'échelle des quelques années d'observation disponibles, la recharge de l'aquifère pendant la période pluvieuse est satisfaisante : si le niveau haut en avril 2004 (28 m NGM environ) n'atteint pas les maxima antérieurs, la saison des pluies de 2005, associée à une baisse des prélèvements, permet à la nappe d'atteindre les niveaux les plus hauts observés : 34 m NGM environ.

Sur le cycle hydrologique de l'année 2004 (Illustration 8), compris entre début janvier 2004 et mi-janvier 2005, l'évolution piézométrique à Koualé est relativement régulière : elle présente une phase de montée entre janvier et début avril, puis une phase de baisse des niveaux jusqu'à l'étiage qui se termine à la mi-janvier 2005.

Les pompages d'essai de longue durée sur le forage de Koualé 3 (début septembre 2004) ont provoqué une baisse temporaire des niveaux piézométriques. Ces pompages d'essai ont fait l'objet d'une interprétation détaillée par ailleurs (BRGM-53471-FR).

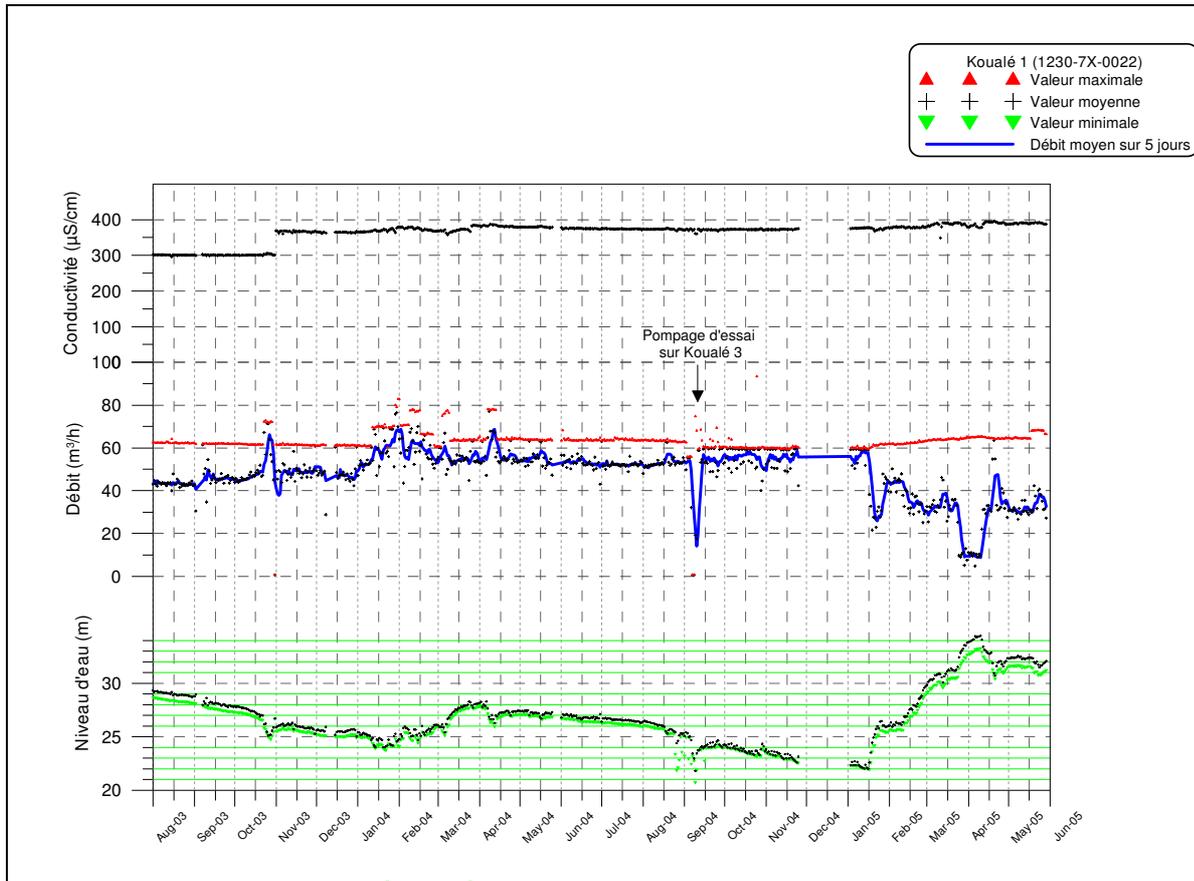


Illustration 8 : Données du cycle hydrologique 2004.

Sur une échelle de temps plus courte, la semaine, les fluctuations des niveaux piézométriques sont dues au régime de pompage relativement régulier et inchangé par rapport à la période d'exploitation précédente : pompage pendant 17 heures et arrêt pendant 7 heures induisant des fluctuations quotidiennes comprises entre 1.5 et 2 m (Illustration 9). L'amplitude de ces fluctuations est corrélée au débit pompé.

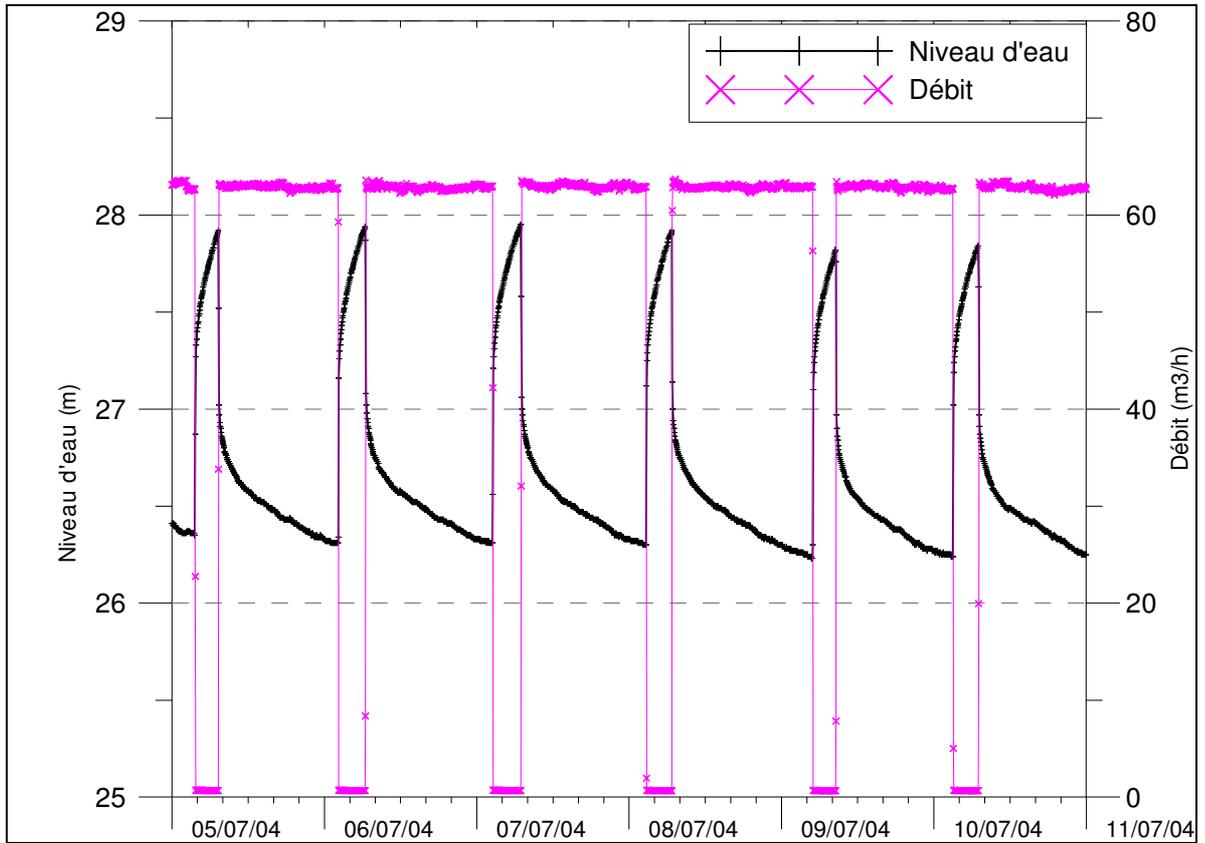


Illustration 9 : Exemple d'évolution journalière des débits instantanés et des niveaux d'eau.

4.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Les mêmes variations de conductivité que celles mises en évidence lors des précédentes études continuent à être observées lors de la mise en route des pompages : augmentation d'une vingtaine de $\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant la première heure de pompage. L'interprétation du phénomène reste identique (Annexe 1).

Un décalage brutal des valeurs de conductivité est observé à la fin de l'année 2003 (Illustration 7). Il est dû à un problème d'instrumentation ; les mesures ponctuelles de contrôle montrent en effet la stabilité des valeurs (illustration 10). Il semble donc s'agir d'un décalage systématique d'une valeur constante liée au dispositif d'acquisition. En conséquence, la chronique a été reconstituée, à partir du 31/10/03, en soustrayant à l'ensemble des valeurs le décalage de $70 \mu\text{S}/\text{cm}$ intervenu à cette date (Illustration 10).

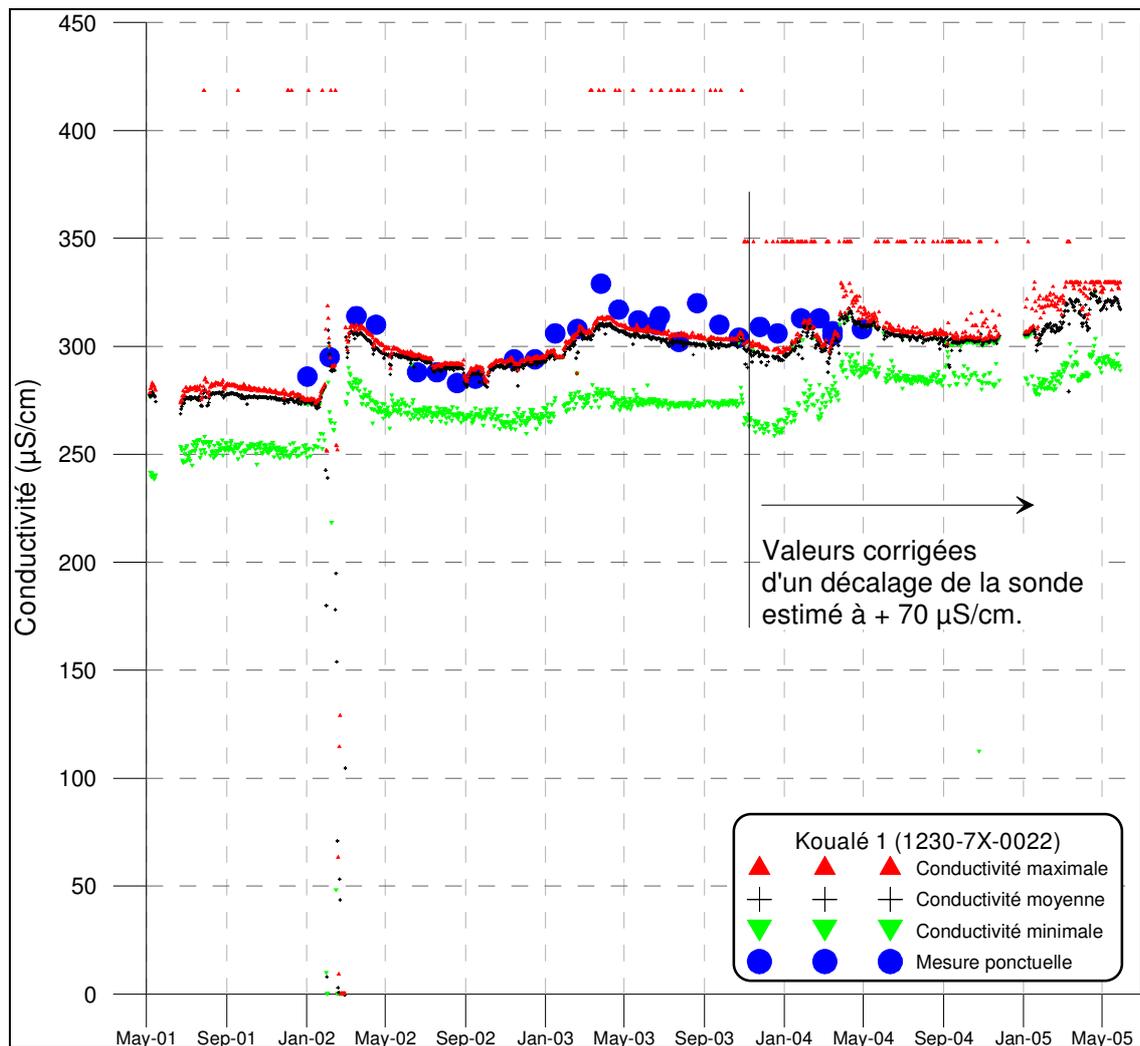


Illustration 10 : Évolution des valeurs de conductivité au cours du temps.

5. Koualé : interprétation des données

Les mesures enregistrées sur les quatre années disponibles apportent des informations intéressantes vis-à-vis de la gestion des eaux :

- durant la saison des pluies, les niveaux de la nappe récupèrent les niveaux hauts des années précédentes. En 2004, les niveaux ne remontent qu'à la cote 28 m NGM, mais l'année suivante, la cote dépasse 34 m NGM, en partie à cause de débits pompés moindres. Pour rappel, en 2004, il y avait le souci que le niveau maximal de la nappe en 2005 soit inférieur à celui de 2004, suite à une recharge insuffisante. La réaction de la nappe au cours de la saison des pluies 2004-2005 montre les capacités de celle-ci en terme de gestion active : de plus forts prélèvements sont compensés par une recharge plus importante (moindre débordement de l'aquifère en saison des pluies) ;
- comme les années précédentes, les courbes de descentes montrent fréquemment une tendance linéaire, lorsqu'elles ne sont pas perturbées par des variations significatives de débit. L'illustration 11 et le tableau ci-dessous présentent l'ensemble des calculs de pente des baisses non ou peu influencées par des variations du débit. En août 2004, il y a une cassure dans la baisse des niveaux, non explicable par des augmentations de prélèvement (en particulier, les travaux et les pompages d'essai de Koualé 3 ont eu lieu plus tardivement). Cette cassure peut correspondre à un changement des conditions d'alimentation de l'aquifère (changement de l'alimentation par d'éventuelles pertes de la rivière Koualé par exemple, dont le débit aurait chuté ; néanmoins, la conductivité des eaux pompées ne montre pas d'évolution significative qui puisse être rattachée à cet évènement) ou des variations de la porosité efficace de l'aquifère en dessous d'une certaine cote. Cette dernière hypothèse semble moins probable dans la mesure où un tel comportement n'a pas été observé, à une cote similaire, lors des phases de pompage antérieures.

Période		Baisse moyenne	Débit moyen	Productivité	Date	Niveau d'eau
Début	Fin	cm/j	m ³ /h	m ³ /m	Milieu période	m NGM
10/08/2001	24/08/2001	6.95	53.7	18 544	17/08/2001	28.8
03/09/2001	17/09/2001	5.54	55	23 827	10/09/2001	27.6
18/10/2001	27/12/2001	4.42	54.4	29 538	22/11/2001	25.3
13/05/2002	21/06/2002	3.86	51.7	32 145	01/06/2002	29
07/06/2003	06/07/2003	2.61	43.7	40 184	21/06/2003	30
07/09/2003	29/07/2003	1.27	42.2	79 748	19/07/2003	29.7
01/08/2003	31/08/2003	1.7	43.2	60 988	16/08/2003	28.9
04/07/2004	16/07/2004	1.39	52.25	90 216	10/08/2004	26.6
02/08/2004	09/08/2004	3.5	51.44	35 273	06/08/2004	26.34

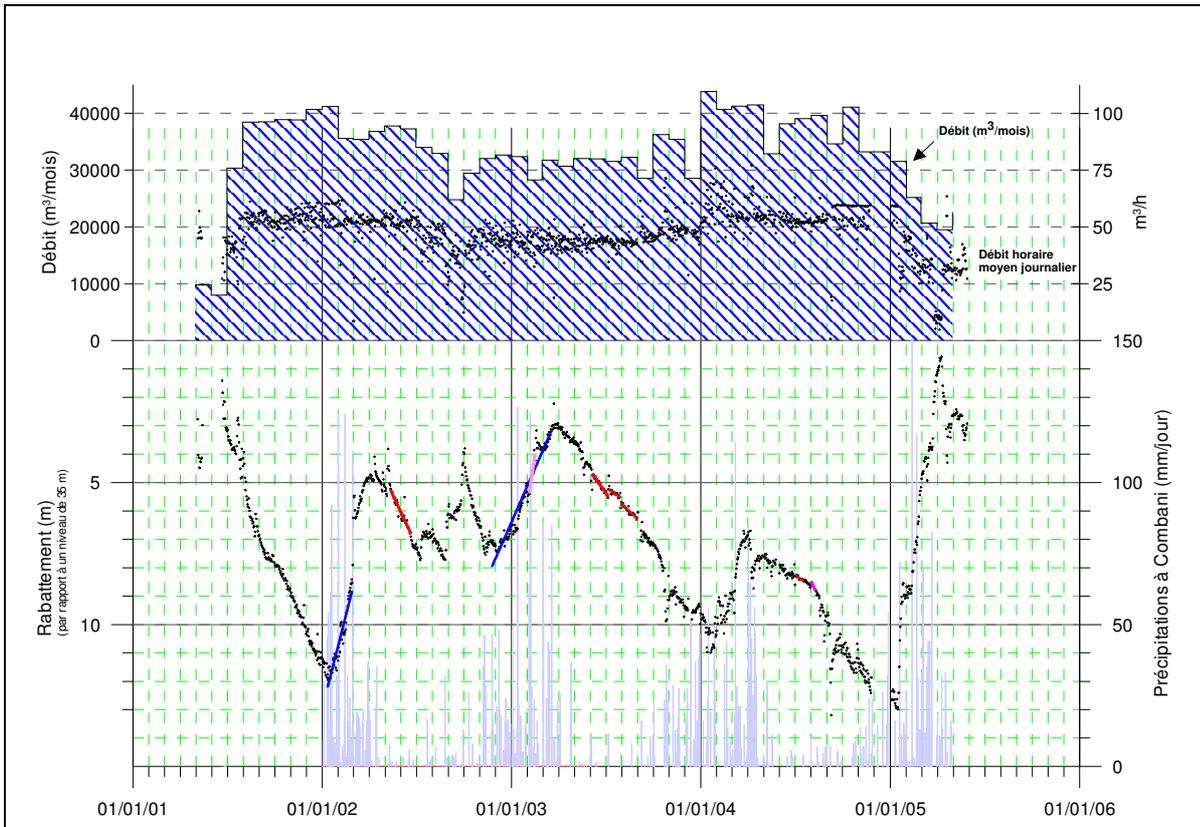


Illustration 11 : Évolution comparée niveau / débit.

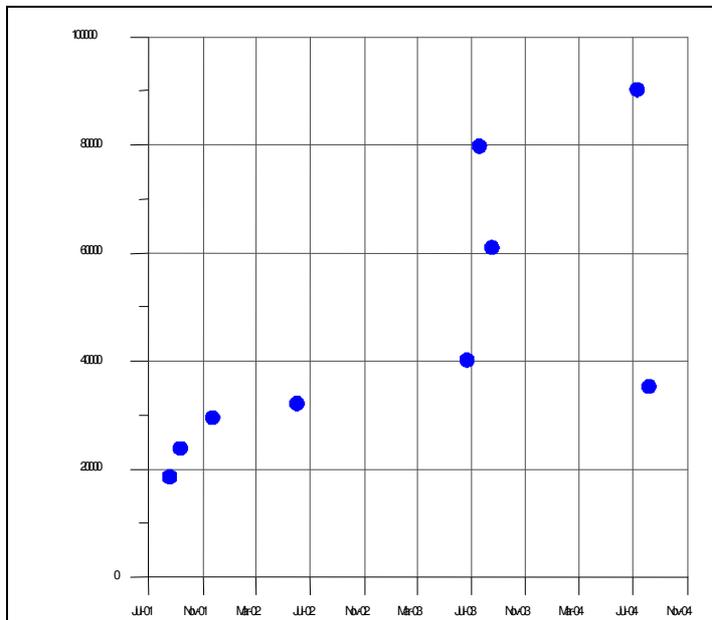


Illustration 12 : Évolution de la "productivité" (m^3/m) en fonction du temps.

Le rapport entre la baisse de la nappe par unité de temps et le débit pompé au cours de la même période peut, dans certaines configurations, être considéré comme un indice représentatif de la « productivité » de l'aquifère (volume pouvant être produit par mètre de rabattement dans l'aquifère). Ce paramètre peut montrer des variations significatives au cours d'un même cycle hydrologique (Illustration 12), potentiellement liées à des variations du taux d'alimentation de l'aquifère par la rivière Koualé par exemple. Cet indicateur est en général voisin de 40 000 m³/m.

Compte tenu des conditions d'acquisition des données de conductivité, la conductivité maximale constitue la donnée la plus représentative de la conductivité des eaux de l'aquifère (cf. § 4. et Annexe 1). Le suivi à long terme de la conductivité maximale montre :

- que les variations de ce paramètre sont de faible amplitude et restent dans une gamme d'eaux très douces, caractéristiques de celle d'un aquifère ;
- des **variations cycliques** de la conductivité électrique, marquées par une augmentation (de l'ordre de 20 à 30 µS/cm) en période de recharge de l'aquifère, suivie d'une décroissance régulière en saison sèche. Ces variations semblent, en première approximation, mieux corrélées aux précipitations ou aux précipitations efficaces qu'aux niveaux piézométriques mesurés au sein de l'aquifère (en particulier, la remontée piézométrique induite, au second semestre 2002, par une réduction du débit de pompage, ne se traduit pas par une augmentation de la conductivité électrique).
Ces variations pourraient s'expliquer soit par la mise en circulation, en période de hautes eaux et à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère, du fait des plus fortes charges hydrauliques régnant au sein de celui-ci, d'eaux d'origine plus profonde ou tout au moins ayant subi des interactions eau-roche plus marquées, soit par des variations saisonnières des proportions de mélange entre plusieurs pôles (eaux souterraines s.s. et pertes d'eau de surface par exemple, avec une proportion relative plus importante des apports d'eau de surface lorsque l'aquifère renferme moins d'eau – en saison sèche – que lorsqu'il est plein) ;
- une légère **augmentation à long terme** de la conductivité des eaux souterraines, la conductivité en fin d'été passant d'environ 275 µS/cm fin 2001 à un peu plus de 300 µS/cm fin 2004. Cette augmentation, assez significative entre 2001 et 2002 et entre 2002 et 2003 semble beaucoup plus faible, voire non significative, entre 2003 et 2004. Cette stabilisation apparente de l'évolution à long terme de la conductivité électrique pourrait traduire l'atteinte d'un état d'équilibre entre les différentes composantes (eaux souterraines ayant subi des interactions eau-roche modérées, eaux souterraines ayant subi des interactions eau-roche plus importantes, eaux de surface infiltrées, etc.) contribuant au débit du forage.

6. Réévaluation du débit d'exploitation des forages de Koualé

Les données acquises sur le cycle hydrologique 2004 pourraient conduire à conserver la même hypothèse de productivité, soit 40 000 m³/m de rabattement environ. En conservant la pompe dans sa position actuelle (20 m NGM, à 20 m de profondeur), le rabattement maximal admissible serait de 9 m, soit une réserve annuelle exploitable au sein de l'aquifère de l'ordre de 1 060 000 m³.

Cependant, la réalisation de Koualé 3 et sa prochaine mise en service modifiera la situation : le rabattement maximal au sein de l'aquifère pourra être plus important. Mais, pour tenir compte de la productivité de l'aquifère mesurée à Koualé 3 (plus faible, mais mesurée uniquement pendant un pompage d'essai, donc moins fiable), retenir 20 000 m³/m semble une hypothèse plus raisonnable. Dans ce cas de figure, le site pourrait produire 530 000 m³/an : 180 000 m³/an à Koualé 1 et 350 000 m³/an à Koualé 3 (cf. le rapport BRGM-RP-53471-FR). Ces valeurs sont aisément adaptables si la modification de la position de la pompe dans Koualé 1 était effectuée.

Avec la prochaine mise en service de Koualé 3, il est recommandé d'observer l'ensemble de paramètres (niveaux, rabattements, conductivités) avec les deux forages en fonctionnement avant de faire évoluer les conditions d'exploitation. Le maintien de l'acquisition des données, intégrant celles du nouveau forage Koualé 3, tel qu'il est prévu actuellement est une décision qui va dans le sens d'une bonne gestion de cette ressource et qui permettra en temps utiles l'optimisation des prélèvements, à étudier d'une manière conjointe, sur Koualé 1 et sur Koualé 3.

7. Conclusion

Les quatre chroniques piézométriques des forages non encore pompés (Bandréle-Dagoni, Bouyouni-Bouyouni, Combani-M-Réréni, Gouloué 1) présentent des caractéristiques qui montrent que ces forages captent des aquifères aux caractéristiques assez différentes en terme de fonctionnement. Ces historiques de mesures trouveront leur utilité pratique d'une part, en tant que mesures de références, lorsque les forages seront exploités et d'autre part pour le dimensionnement (notamment pour le positionnement de la pompe et la mesure de l'influence des futurs pompages) des nouveaux forages prévus dans leur secteur. Il est préconisé de poursuivre le suivi piézométrique sur ces forages jusqu'à leur mise en exploitation, qui devra être accompagnée de la mise en place d'un dispositif de métrologie de l'exploitation.

Dans la zone de Koualé, le nouveau forage de Koualé 3 va prochainement entrer en production. Il est important de conserver les dispositifs de mesures tels qu'ils sont en place actuellement, en les complétant par ceux du nouveau forage. Désormais, l'évaluation du débit d'exploitation des ressources aquifères devra être menée conjointement pour les deux forages. La première évaluation (en fin de première année d'exploitation des deux forages) sera capitale pour réévaluer les ressources en eau de cet aquifère.

8. Références bibliographiques

P. Lachassagne, M. Daessle, A. Gerard *et al* (2000) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne prioritaire d'études et de forages de reconnaissance / exploitation (juin 1999 – octobre 2000). Annexe 6 : Forage de Koualé 1 (1230-7X-0022). Rapport BRGM/RP-50428-FR.

T. Jourdain, P. Lachassagne, D. Lebon *et al* (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. Rapport BRGM/RP-51498-FR.

P. Lachassagne, B. ladouche, V. Petit *et al.* (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 2001-2002. Rapport BRGM/RP-51603-FR.

P. Lachassagne, N. Maurillon, R. Mouron (2002) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 2001-2003 – Forage de Bouyouni-Bouyouni (1230-6X-0024). Compte-rendu des travaux – Principaux résultats géologiques et hydrogéologiques. Rapport BRGM/RP-51969-FR.

P. Lachassagne, N. Maurillon, R. Mouron - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 2001-2003 – Forage de la Gouloué (1230-7X-0045). Compte-rendu des travaux – Principaux résultats géologiques et hydrogéologiques. Rapport BRGM/RP-52035-FR.

P. Lachassagne, N. Maurillon, R. Mouron (2002) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 2001-2003 – Forage de Combani (1230-6X-0036). Compte-rendu des travaux – Principaux résultats géologiques et hydrogéologiques. Rapport BRGM/RP-52054-FR.

O. Jossot, P. Lachassagne, N. Maurillon *et al* (2003) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte – Campagne 2001-2003 – Forage de Bandrélé-Dagoni (1231-3X-0033). Rapport BRGM/RP-52104-FR.

P. Lachassagne, Y. Noël, O. Jossot (2004) – Valorisation des données d'exploitation du forage de Koualé 1 (1230-7X-0022) recueillies en 2002-2003. Réévaluation des volumes exploitables. Rapport BRGM/RP-53193-FR.

V. Petit, G. Eucher, N. Frissant, P. Lachassagne (2005) – Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Campagne 2004 – Forage 1230-7X-0100 (Koualé 3). Rapport BRGM/RP-53471-FR.

V. Petit, G. Eucher (2005) – Étude préalable à l'élaboration des périmètres de protection des forages de Koualé (1230-7X-0022 et 1230-7X-0100). Rapport BRGM/RP-53593-FR.

Annexe 1

Conductivité

La sonde de conductivité du forage de Koualé est placée au sein du tuyau d'exhaure de la pompe, juste en sortie du coude, dans la salle de pompage (+0.5 m/Sol). En conséquence, lorsque le débit est nul, la sonde continue à donner des valeurs de conductivité, relativement stables (fluctuations inférieures à 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), représentatives de l'eau présente dans la conduite (dernière eau prélevée avant l'arrêt de la pompe). Ces fluctuations, qui présentent une allure similaire d'une chronique à l'autre, pourraient être liées aux variations de température de l'eau au sein de la conduite (artefact lié à la modalité de compensation de la sonde en température).

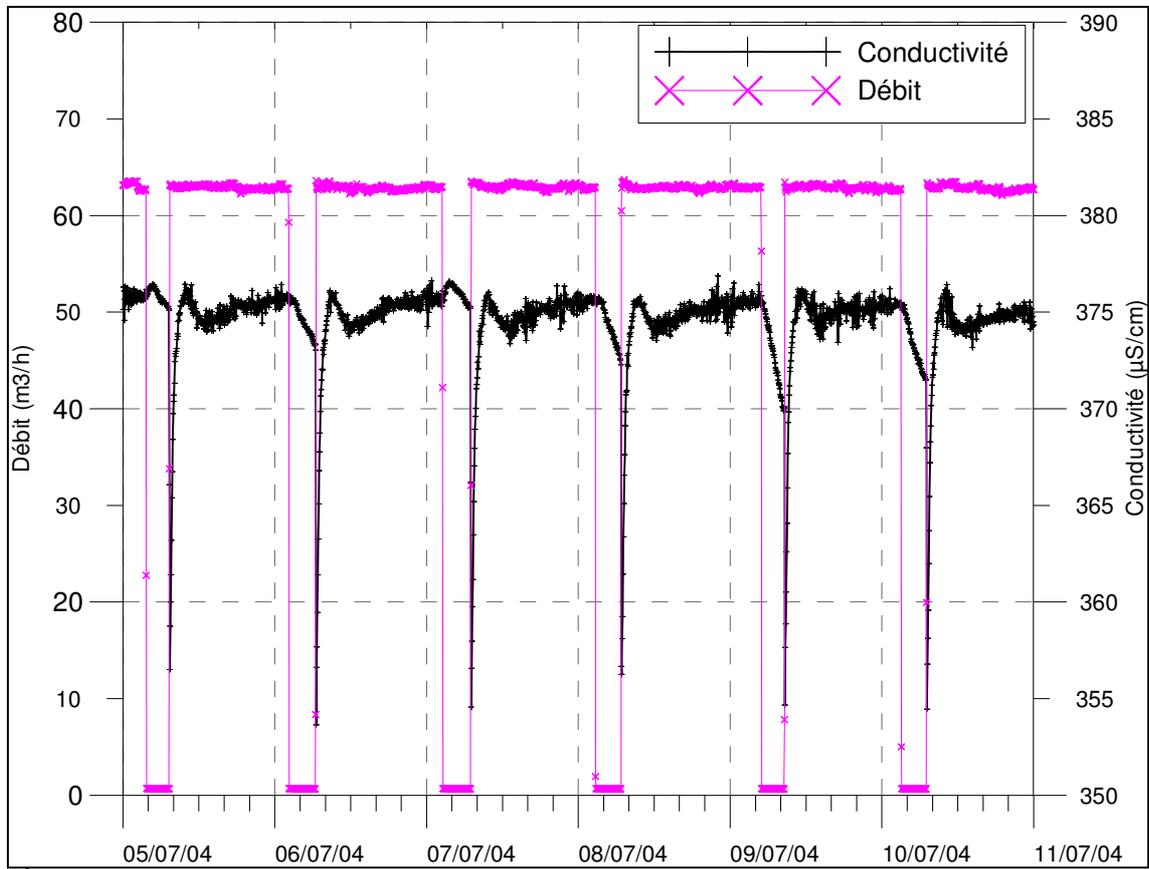
Lors de la reprise du pompage, les enregistrements de la **conductivité électrique** des eaux pompées montrent une diminution brutale de la conductivité, d'une trentaine de $\mu\text{S}/\text{cm}$, puis un retour rapide dans un premier temps (3 premières heures de pompage environ) puis plus lent dans un second temps (suite du pompage) vers la conductivité obtenue en fin de pompage la veille.

Si l'on considère que le dispositif d'enregistrement est fiable (bonne compensation de la température en particulier, ce qui pourrait être vérifié par une calibration de l'appareil par exemple), ce phénomène peut être expliqué de la manière suivante :

1. lors du pompage, la conductivité des eaux mesurée est représentative d'un mélange entre les eaux provenant de l'aquifère et celles présentes au sein du puits (au dessus ou au dessous de la pompe ; celle-ci se situant, selon la DAF, à 20 m de profondeur),
2. en début de pompage, le niveau piézométrique évoluant de manière importante, la pompe prélève un volume significatif d'eau provenant du puits, en particulier de l'eau présente au dessus de la pompe et qui est absorbée par celle-ci au fur et à mesure de l'évolution des rabattements. Les mesures montrent que cette eau est significativement moins conductrice que celle pompée au sein de l'aquifère,
3. en cours de pompage, la baisse des niveaux piézométriques se ralentissant, la proportion de ces eaux moins conductrices diminue, ce qui conduit à une pseudo stabilisation des conductivités qui, en fin de pompage, doivent être bien représentatives de la conductivité des eaux de l'aquifère.

Cette interprétation mériterait d'être vérifiée, en particulier en s'assurant de la bonne calibration du capteur de conductivité (compensation en température en particulier).

La présence d'eaux moins conductrices au sein du puits peut être due à des infiltrations provenant de la subsurface (hypothèse peu probable compte tenu du fait que le forage est équipé en tube plein de la tête de puits à 31,5 m de profondeur) ou à une stratification des eaux au sein du tubage en période d'arrêt du pompage.



Évolution journalière des débits instantanés et de la conductivité

Annexe 2

Mesures sur les 4 forages : Bandrélé-Dagoni, Bouyouni-Bouyouni, Combani-M'Réréni, Gouloué 1

Date	Bandré		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
	m	m NGM	m	m NGM	m	m NGM	m	m NGM
24/02/2003			29.47	19.33	2.07	107.83		
25/02/2003							11.76	51.80
03/03/2003	4.44	14.56	29.16	19.64	2.26	107.64		
04/03/2003								
05/03/2003							11.78	51.78
08/03/2003			28.90	19.90				
10/03/2003					2.19	107.71		
12/03/2003	4.42	14.58						
14/03/2003							11.50	52.06
31/03/2003			28.36	20.44	2.02	107.88		
02/04/2003	4.08	14.92						
03/04/2003							11.53	52.03
07/04/2003			28.18	20.62	2.03	107.87		
09/04/2003	3.95	15.05						
10/04/2003							11.58	51.98
28/04/2003			27.86	20.94	2.53	107.37		
30/04/2003	3.99	15.01						
02/05/2003							11.86	51.70
05/05/2003			27.93	20.87	2.63	107.27		
07/05/2003	3.95	15.05						
09/05/2003							11.90	51.66
23/06/2003			28.65	20.15	2.90	107.00		
25/06/2003	4.28	14.72						
30/06/2003			28.74	20.06				
02/07/2003	4.40	14.60						
07/07/2003			28.85	19.95	2.92	106.98		
09/07/2003	4.50	14.50						
11/07/2003							12.63	50.93
17/07/2003							12.56	51.00
21/07/2003			29.03	19.77	2.95	106.95		
23/07/2003	4.66	14.34						
28/07/2003			29.12	19.68	2.95	106.95		
30/07/2003	4.75	14.25						
31/07/2003							12.54	51.02

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
04/08/2003			29.20	19.60	2.97	106.93		
06/08/2003	4.84	14.16						
07/08/2003							12.54	51.02
18/08/2003			29.37	19.43	2.99	106.91		
21/08/2003							12.53	51.03
25/08/2003			29.43	19.37	3.00	106.90		
27/08/2003	7.35	11.65						
28/08/2003							12.52	51.04
01/09/2003			29.52	19.28				
03/09/2003	6.18	12.82						
04/09/2003					3.04	106.86	12.57	50.99
08/09/2003			29.57	19.23				
10/09/2003	5.86	13.14						
11/09/2003					3.04	106.86	12.54	51.02
15/09/2003			29.61	19.19				
17/09/2003	5.74	13.26						
18/09/2003					3.20	106.70	12.55	51.01
30/09/2003								
01/10/2003	5.71	13.29						
02/10/2003					3.05	106.85	12.54	51.02
06/10/2003			29.92	18.88				
08/10/2003	5.73	13.27						
09/10/2003					3.04	106.86	12.55	51.01
13/10/2003			29.90	18.90				
15/10/2003	5.81	13.19						
16/10/2003					3.07	106.83	12.55	51.01
20/10/2003			29.94	18.86				
22/10/2003	5.88	13.12						
23/10/2003					3.07	106.83	12.59	50.97
29/10/2003	5.95	13.05						
30/10/2003					3.00	106.90	12.56	51.00
05/11/2003	6.00	13.00						
06/11/2003					3.00	106.90	12.57	50.99
17/11/2003			30.16	18.64				
19/11/2003	6.60	12.40						
20/11/2003					2.91	106.99	12.58	50.98
24/11/2003			30.21	18.59				
27/11/2003	6.70	12.30			2.98	106.92		
28/11/2003							12.58	50.98
01/12/2003			30.11	18.69				
03/12/2003	6.10	12.90						
04/12/2003					3.00	106.90	12.62	50.94
08/12/2003			30.28	18.52				

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
10/12/2003	6.16	12.84						
11/12/2003					3.00	106.90	12.62	50.94
15/12/2003			30.34	18.46				
17/12/2003	6.05	12.95						
18/12/2003					2.82	107.08	12.62	50.94
24/12/2003	5.93	13.07						
26/12/2003					2.73	107.17	12.60	50.96
29/12/2003			30.41	18.39				
31/12/2003	5.70	13.30			2.77	107.13		
01/01/2004	5.70	13.30						
02/01/2004					2.77	107.13	12.56	51.00
14/01/2004	5.42	13.58						
15/01/2004					2.73	107.17	12.45	51.11
21/01/2004	5.31	13.69						
22/01/2004					2.73	107.17	12.43	51.13
25/01/2004			30.33	18.47				
28/01/2004	4.53	14.47						
29/01/2004					1.87	108.03	11.84	51.72
02/02/2004			30.45	18.35				
04/02/2004	4.24	14.76						
05/02/2004					2.02	107.88	12.12	51.44
08/02/2004			30.10	18.70				
11/02/2004	4.44	14.56						
12/02/2004					2.40	107.50	12.45	51.11
15/02/2004			29.77	19.03				
18/02/2004	4.32	14.68						
19/02/2004					2.64	107.26	12.35	51.21
25/02/2004	4.33	14.67						
26/02/2004					2.67	107.23		
29/02/2004			29.48	19.32				
03/03/2004	4.25	14.75						
04/03/2004					2.67	107.23	12.50	51.06
10/03/2004	2.95	16.05	29.27	19.53				
11/03/2004					1.78	108.12	11.63	51.93
21/03/2004			29.18	19.62				
24/03/2004	3.26	15.74						
25/03/2004					2.02	107.88	12.11	51.45
26/03/2004								
27/03/2004								
28/03/2004			28.81	19.99				
29/03/2004								
30/03/2004								
31/03/2004	3.41	15.59						

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
01/04/2004					2.34	107.56	12.32	51.24
04/04/2004			28.79	20.01				
07/04/2004	3.10	15.90						
08/04/2004					2.18	107.72	12.23	51.33
12/04/2004			28.56	20.24				
14/04/2004					1.95	107.95	12.25	51.31
15/04/2004	2.83	16.17						
18/04/2004			28.16	20.64				
21/04/2004	3.01	15.99						
22/04/2004					1.82	108.08	12.12	51.44
28/04/2004	3.26	15.74						
29/04/2004					1.87	108.03	12.22	51.34
03/05/2004			27.67	21.13				
05/05/2004					2.23	107.67	12.25	51.31
06/05/2004	3.44	15.56						
09/05/2004			27.56	21.24				
12/05/2004	3.47	15.53						
13/05/2004					2.17	107.73	12.19	51.37
16/05/2004			27.65	21.15				
19/05/2004	3.58	15.42			2.44	107.46		
21/05/2004							12.27	51.29
23/05/2004			27.53	21.27				
26/05/2004	3.63	15.37						
27/05/2004					2.56	107.34	12.31	51.25
31/05/2004			27.56	21.24				
02/06/2004					2.62	107.28	12.35	51.21
03/06/2004	3.71	15.29						
06/06/2004			27.64	21.16				
09/06/2004	3.72	15.28						
10/06/2004					2.67	107.23	12.38	51.18
13/06/2004			27.72	21.08				
15/06/2004								
16/06/2004	3.75	15.25						
17/06/2004					2.71	107.19	12.39	51.17
20/06/2004			27.79	21.01				
23/06/2004	3.77	15.23						
24/06/2004					2.75	107.15	12.40	51.16
28/06/2004			27.95	20.85	2.77	107.13		
30/06/2004	3.78	15.22						
01/07/2004							12.44	51.12
04/07/2004			28.05	20.75				
07/07/2004	3.80	15.20						
08/07/2004					2.81	107.09	12.42	51.14

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
11/07/2004			28.17	20.63				
15/07/2004	3.83	15.17			2.84	107.06	12.43	51.13
18/07/2004			28.26	20.54				
21/07/2004	3.88	15.12						
22/07/2004					2.86	107.04	12.44	51.12
25/07/2004			28.39	20.41				
28/07/2004	3.92	15.08						
29/07/2004					2.88	107.02	12.45	51.11
01/08/2004			28.51	20.29				
04/08/2004	3.95	15.05						
05/08/2004					2.88	107.02	12.46	51.10
08/08/2004			28.61	20.19				
11/08/2004	4.01	14.99						
12/08/2004					2.90	107.00	12.47	51.09
15/08/2004			28.69	20.11				
18/08/2004	4.05	14.95						
19/08/2004					2.91	106.99	12.49	51.07
25/08/2004	4.09	14.91						
26/08/2004					2.92	106.98	12.51	51.05
29/08/2004			28.87	19.93				
01/09/2004	4.06	14.94						
02/09/2004					2.90	107.00	12.48	51.08
05/09/2004			28.97	19.83				
08/09/2004	4.09	14.91						
09/09/2004					2.92	106.98	12.51	51.05
13/09/2004			29.06	19.74				
15/09/2004					2.95	106.95	12.54	51.02
16/09/2004	4.13	14.87						
19/09/2004			29.14	19.66				
21/09/2004					2.97	106.93	12.58	50.98
22/09/2004	4.18	14.82						
26/09/2004			29.19	19.61				
29/09/2004	4.06	14.94						
30/09/2004					2.98	106.92	12.52	51.04
03/10/2004			29.24	19.56				
06/10/2004	4.26	14.74						
07/10/2004					3.02	106.88	12.54	51.02
10/10/2004			29.36	19.44				
13/10/2004	4.37	14.63						
14/10/2004					3.02	106.88	12.57	50.99
17/10/2004			29.95	18.85				
20/10/2004	4.47	14.53						
21/10/2004					3.05	106.85	12.56	51.00

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
01/11/2004			29.74	19.06				
02/11/2004								
03/11/2004					3.01	106.89	12.55	51.01
04/11/2004	4.38	14.62						
07/11/2004			29.75	19.05				
09/11/2004							12.47	51.09
10/11/2004	4.36	14.64			3.00	106.90		
14/11/2004			29.81	18.99				
17/11/2004	4.33	14.67						
18/11/2004					2.88	107.02	12.56	51.00
21/11/2004			29.78	19.02				
24/11/2004	4.34	14.66						
25/11/2004					2.90	107.00	12.59	50.97
28/11/2004			29.76	19.04				
01/12/2004	4.29	14.71						
02/12/2004					2.93	106.97	12.62	50.94
12/12/2004			29.76	19.04				
15/12/2004	4.29	14.71						
16/12/2004					2.96	106.94	12.53	51.03
19/12/2004			29.72	19.08				
22/12/2004	4.29	14.71						
23/12/2004					2.99	106.91	12.50	51.06
28/12/2004			29.62	19.18				
29/12/2004	4.08	14.92						
30/12/2004					2.75	107.15	12.49	51.07
01/01/2005	4.08	14.92						
02/01/2005			29.56	19.24				
05/01/2005	4.10	14.90						
06/01/2005					2.86	107.04	12.48	51.08
17/01/2005	4.09	14.91						
14/02/2005			28.75	20.05				
17/02/2005					2.53	107.37	12.26	51.30
20/02/2005			28.61	20.19				
23/02/2005	3.77	15.23						
24/02/2005					2.34	107.56	12.21	51.35
06/03/2005			27.85	20.95				
09/03/2005	3.63	15.37						
10/03/2005					2.04	107.86	12.06	51.50
13/03/2005			27.50	21.30				
16/03/2005	3.66	15.34						
17/03/2005					2.07	107.83	12.04	51.52
20/03/2005			27.89	20.91				
23/03/2005	3.62	15.38						

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
24/03/2005					1.84	108.06	12.13	51.43
28/03/2005			27.92	20.88				
30/03/2005	3.72	15.28						
06/04/2005	3.76	15.24						
07/04/2005					1.91	107.99	12.17	51.39
10/04/2005			26.93	21.87				
12/04/2005					1.88	108.02		
13/04/2005	3.72	15.28						
15/04/2005							12.29	51.27
17/04/2005			26.96	21.84				
19/04/2005							12.35	51.21
20/04/2005	3.84	15.16						
21/04/2005					1.86	108.04		
24/04/2005			27.00	21.80				
28/04/2005	3.86	15.14						
01/05/2005			27.50	21.30				
03/05/2005					2.23	107.67	12.20	51.36
04/05/2005	3.89	15.11						
08/05/2005			27.18	21.62				
11/05/2005	3.93	15.07						
12/05/2005					2.46	107.44	12.23	51.33
16/05/2005			27.30	21.50				
18/05/2005	3.97	15.03						
19/05/2005							12.28	51.28
22/05/2005			27.46	21.34				
25/05/2005	3.96	15.04						
26/05/2005					2.63	107.27	12.30	51.26
29/05/2005			27.60	21.20				
01/06/2005	4.03	14.97						
02/06/2005					2.67	107.23	12.34	51.22
05/06/2005			27.76	21.04				
08/06/2005	4.12	14.88						
09/06/2005							12.35	51.21
12/06/2005			27.82	20.98				
15/06/2005	4.18	14.82						
16/06/2005					2.76	107.14	12.39	51.17
19/06/2005			28.04	20.76				
21/06/2005							12.42	51.14
22/06/2005	4.28	14.72						
23/06/2005					2.79	107.11		
26/06/2005			28.13	20.67				
28/06/2005							12.46	51.10
29/06/2005	4.26	14.74						

Date	Bandrélé		Bouyouni		Combani		Gouloué 1	
	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau	Profondeur	Niveau
30/06/2005					2.80	107.10		
03/07/2005			28.30	20.50				
06/07/2005	4.39	14.61						
07/07/2005					2.81	107.09	12.45	51.11
10/07/2005			28.36	20.44				
12/07/2005					2.85	107.05	12.46	51.10
13/07/2005	4.47	14.53						
17/07/2005			28.43	20.37				
19/07/2005							12.42	51.14
20/07/2005	4.57	14.43						
21/07/2005					2.87	107.03		
24/07/2005			28.65	20.15				
27/07/2005	4.62	14.38						
28/07/2005					2.90	107.00	12.44	51.12
31/07/2005			28.76	20.04				
01/08/2005								
02/08/2005					2.91	106.99		
03/08/2005	4.75	14.25						
04/08/2005							12.43	51.13
07/08/2005			28.85	19.95				
10/08/2005	4.81	14.19						
11/08/2005					2.92	106.98	12.44	51.12
15/08/2005			28.96	19.84				
17/08/2005					2.94	106.96		
18/08/2005	4.90	14.10					12.45	51.11
21/08/2005			29.02	19.78				
24/08/2005	4.98	14.02						
25/08/2005					2.94	106.96	12.45	51.11
28/08/2005			29.15	19.65				
30/08/2005					2.95	106.95		
31/08/2005	5.00	14.00						
01/09/2005							12.46	51.10
04/09/2005			29.21	19.59				
07/09/2005	5.15	13.85						
08/09/2005					2.98	106.92	12.48	51.08
11/09/2005			29.30	19.50				
14/09/2005	5.24	13.76						
15/09/2005					3.01	106.89	12.47	51.09
18/09/2005			29.41	19.39				
21/09/2005	5.32	13.68						
22/09/2005					3.04	106.86	12.48	51.08
28/09/2005	5.40	13.60						
29/09/2005					3.06	106.84		



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009

45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional “région”

Adresse

Adresse

Code postal – Ville - France

Tél. :