



# Réalisation du suivi hydrologique et hydrogéologique sur SM-LT

## Rapport semestriel Octobre 2009 – Avril 2010

Rapport Ra-10-0201 OC

Version	Numérotation	Date	Rédacteur	Relecteur
1	Ra-10-0201-OC	24/06/2010	OC	AK

## Tables des matières

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>2. BILAN DU DEROULEMENT DES MISSIONS TERRAIN D'OCTOBRE 2009 A AVRIL 2010 .....</b>	<b>7</b>
2.1. SUIVI HYDROLOGIQUE.....	7
2.1.1 Bilan des jaugeages.....	11
2.1.2 Bilan des mesures physico-chimiques in situ.....	12
2.1.3 Bilan des mesures hydrochimiques in-situ.....	13
2.1.4 Bilan des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire.....	14
2.2. SUIVI HYDROGEOLOGIQUE .....	14
2.2.1 Bilan des mesures piézométriques manuelles.....	17
2.2.2 Bilan des mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques.....	19
2.2.3 Bilan des mesures hydrochimiques in-situ.....	21
2.2.4 Bilan des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire.....	22
2.2.5 Bilan des diagraphies.....	22
2.3. BILAN DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES DISPONIBLES .....	23
<b>3. CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT DU MILIEU.....</b>	<b>24</b>
3.1. LA PLUVIOMETRIE.....	24
3.2. LA PIEZOMETRIE .....	25
3.2.1 Niveau 0 à niveau 2 : Contrôle de la chaîne de mesure avec corrections.....	25
3.2.2 Niveau 3 : Contrôle des chroniques de mesures automatiques avec mise en perspective des données.....	31
3.2.2.1 Elimination de données suite aux corrections effectuées au niveau 2 .....	31
3.2.2.2 Signal piézométrique et pluviométrie.....	33
3.2.2.3 Comparaison entre les PEC et les PEL de même plateforme, et les plateformes alentours.....	36
3.2.2.4 Le suivi piézométrique : Niveau 3 .....	47
3.3. LA LIMNIMETRIE .....	49
3.3.1 Analyse des mesures de débit sur les différentes sections de jaugeage.....	49
3.3.2 Analyse des mesures physico-chimiques sur les différentes sections de jaugeage .....	56
3.3.2.1 Bilan des mesures de pH.....	61
3.3.2.2 Bilan des mesures de conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	61
3.3.2.3 Bilan des mesures de températures ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	62
3.4. DIAGRAPHIES .....	64
3.5. HYDROCHIMIE.....	69
3.5.1 Hydrochimie in-situ.....	69
3.5.1.1 Hydrochimie in-situ sur rivières.....	69
3.5.1.2 Hydrochimie in situ sur nappes .....	70
3.5.2 Hydrochimie au laboratoire .....	72
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>81</b>
<b>ANNEXE 1 :</b>	<b>PRESENTATION DES SITES DE JAUGEAGES 82</b>
<b>ANNEXE 2 :</b>	<b>PRESENTATION DES DIFFERENTS</b>
<b>PIEZOMETRES.....</b>	<b>86</b>
<b>ANNEXE 3 :</b>	<b>CALCULS DES ERREURS AU NIVEAU DU</b>
<b>CAPTEUR DES SONDES .....</b>	<b>91</b>
<b>ANNEXE 4 :</b>	<b>CD.....95</b>

## Tables des illustrations

### • Figures :

Figure 1: Cadre d'étude du futur Stock de Minerai Long Terme (SM-LT).....	5
Figure 2: Carte de localisation de l'ensemble des jaugeages réalisés en Décembre 2009 .....	9
Figure 3 : Carte de localisation de l'ensemble des jaugeages réalisés en Mars 2010 .....	10
Figure 4: Localisation de l'ensemble des piézomètres sur SM-LT .....	16
Figure 5: Schéma illustrant un piézomètre et les différentes étapes de calculs réalisées au niveau 1 .....	27
Figure 6 : Feuille de jaugeage de la section Confluence_KO5 en Février 2010.....	50
Figure 7 : Localisation des sections KO5 et Source KN1.....	52
Figure 8 : Bilan hydrométrique des jaugeages réalisés en Décembre 2009 .....	54
Figure 9: Bilan hydrométrique des jaugeages réalisés en Mars 2010.....	55
Figure 10: Bilan physico-chimique in situ réalisé sur les différentes rivières en Décembre 2009.....	59
Figure 11: Bilan physico-chimique in situ réalisé sur les différentes rivières en Mars 2010 .....	60
Figure 12: Diagramme de Piper pour les analyses de Décembre 2009 .....	76
Figure 13 : Diagramme de Piper suite aux analyses de Mars 2010.....	76

### • Graphiques :

Graphique 1: Graphique illustrant les grands épisodes pluvieux entre le 22/09/09 et le 28/04/10 au niveau de la station SMA A .....	25
Graphique 2: Profondeur piézométrique vs temps: Niveau 1 (09ex0038).....	28
Graphique 3: Signal piézométrique du piézomètre 09ex0038 avant (en noir) et après corrections (en rouge) .....	29
Graphique 4: Profondeur piézométrique vs temps : Niveau 2 (09ex0038).....	31
Graphique 5: Comparaison du signal piézométrique entre le PEL et le PEC de la plateforme 1 .....	33
Graphique 6: Signal piézométrique du PEL moins accentué que celui du PEL .....	34
Graphique 7: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 19, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au Nord de la zone. ....	34
Graphique 8: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 16, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au centre de la zone. ....	35
Graphique 9: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 2, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au Sud de la zone.....	35
Graphique 10: Réaction piézométrique plus faible suite à l'épisode pluviométrique P6 par rapport à l'épisode pluviométrique P5.....	36
Graphique 11: Diminution et augmentation observées sur deux plateformes (1 et 2) sans raison apparente.....	37
Graphique 12: Diminution et augmentation observées sur le piézomètre 09ex0034 sans raison apparente.....	38
Graphique 13: Diminution enregistrée sur les piézomètres 09ex0031 et 09ex0026 .....	39
Graphique 14: Diminution de la profondeur piézométrique sur les plateformes 16 et 18 le 06/03/10.....	40
Graphique 15: Diminution de la profondeur piézométrique le 06/03/10 en comparaison avec le piézomètre 09ex0037.....	41
Graphique 16: Petites augmentations par à-coups sur les piézomètres 09ex0037, 09ex0025 et 09ex0022 .....	41
Graphique 17: Augmentation de la profondeur piézométrique sur le piézomètre 09ex0018 le 01/12/09.....	42

Graphique 18: Petits pics observés le 10/11/09 sur les piézomètres 09ex0074 et 09ex0078 ....	43
Graphique 19: Diminution brutale de la profondeur piézométrique le 30/09/09 sur le piézomètre 09ex0038 .....	44
Graphique 20: Importante augmentation de la profondeur piézométrique le 20/10/09 à 10h sur le piézomètre 09ex0041 .....	44
Graphique 21: Diminution importante de la profondeur piézométrique le 11/11/09 sur le piézomètre 09ex0018.....	45
Graphique 22: Nombreux pics étranges aux environs du 05/03/10 sur le piézomètre 09ex007046	
Graphique 23: Signal piézométrique étrange aux environs du 23/11/09 sur le piézomètre 09ex0078 .....	47
Graphique 24 : Evolution du débit en fonction du temps sur les trois sections mensuelles Source KN1, KN1 et KO5.....	51
Graphique 25: Evolution du débit en Décembre_09 et Mars_10 suivant les différentes rivières	52
Graphique 26: Evolution du pH en Décembre_09 et Mars_10 suivant les différentes rivières ...	61
Graphique 27: Evolution de la conductivité en Décembre_09 et Mars_10 suivant les différentes rivières .....	62
Graphique 28: Evolution de la température en Décembre_09 et Mars_10 suivant les différentes rivières .....	63
Graphique 29: Diagraphie du piézomètre 09ex0017 le 01/12/2009 .....	65
Graphique 30: Diagraphie du piézomètre 09ex0015 le 10/03/2010 .....	66
Graphique 31: Diagraphie du piézomètre 09ex0027 le 02/12/2009 .....	66
Graphique 32: Diagraphie du piézomètre 09ex0054 le 10/03/2010 .....	67
Graphique 33: Diagraphie du piézomètre 09ex0070 le 01/12/2009 .....	68
Graphique 34: Diagraphie du piézomètre 09ex0044 le 10/03/2010 .....	68

• **Tableaux :**

Tableau 1: Coordonnées RGNC des points de jaugeages mensuels .....	7
Tableau 2: Coordonnées RGNC des points de jaugeages différentiels .....	8
Tableau 3: Tableau des lacunes au niveau des jaugeages .....	11
Tableau 4 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques in situ.....	12
Tableau 5: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques in-situ.....	13
Tableau 6: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire	14
Tableau 7: Coordonnées GPS_RGNC des piézomètres sur SM-LT.....	15
Tableau 8: Bilan des lacunes au niveau des mesures piézométriques manuelles.....	18
Tableau 9: Bilan des lacunes au niveau des mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques .....	20
Tableau 10: Bilan des lacunes au niveau des piézomètres sur lesquels ont été réalisés l'hydrochimie in-situ.....	21
Tableau 11: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques in-situ.....	21
Tableau 12: Bilan des lacunes au niveau des piézomètres sur lesquels ont été réalisés l'hydrochimie au laboratoire .....	22
Tableau 13: Bilan des lacunes au niveau des diagraphies .....	23
Tableau 14: Bilan des lacunes au niveau des données pluviométriques de la station SMA A ...	23
Tableau 15: Les grands épisodes pluvieux enregistrés par SMA A entre le 22/09/09 et le 28/04/10.....	24
Tableau 16: Exemple d'une partie du niveau 0 du piézomètre 09ex0007 en Octobre 2009.....	26
Tableau 17: Exemple de tableau au niveau 2 (piézomètre 09ex0038) .....	30
Tableau 18: Recensement de l'ensemble des corrections effectuées au niveau 1 sous Hydras 3 .....	32
Tableau 19: Recensement des corrections effectuées sous Hydras 3 suite à l'analyse détaillée du signal piézométrique par rapport à la pluviométrie.....	47
Tableau 20: Niveau 3 du piézomètre 09ex0041 .....	48

Tableau 21: Ensemble des corrections de dérives effectuées sous Hydras 3 pour le piézomètre 09ex0041 .....	49
Tableau 22: Tableau d'indicateurs de performance du piézomètre 09ex0041 .....	49
Tableau 23: Bilan des mesures physico-chimiques in situ mesurées pendant le semestre .....	57
Tableau 24: Variables prises en compte pour la réalisation des diagraphies.....	64
Tableau 25: Hydrochimie in situ en rivière en Décembre_09.....	69
Tableau 26: Hydrochimie in situ en rivière en Mars_10 .....	69
Tableau 27: Hydrochimie in situ sur nappes en Décembre_09.....	70
Tableau 28: Hydrochimie in situ sur nappe en Mars_10.....	71
Tableau 29: Hydrochimie au laboratoire en Décembre_09.....	73
Tableau 30: Hydrochimie au laboratoire en Mars_10 .....	74
Tableau 31: Calculs des balances ioniques pour les analyses de Décembre et Mars .....	75

## 1. Introduction

La société VALE INCO Nouvelle-Calédonie a lancé, depuis début Octobre 2009, une étude d'impacts environnementales concernant le futur Stock de Minerai Long Terme (SM-LT)

Ce site se situe au Nord-Est de l'usine Goro Nickel. D'un point de vue géomorphologique, SM-LT est un bassin versant reposant sur un plateau latéritique. Il est bordé par plusieurs rivières : à l'Ouest par la Kwé Ouest 5, à l'Est par la Kwé Nord et au Sud par la Kwé Ouest et la Kwé. De plus, il est délimité au Nord par une chaîne de montagnes constituée de péridotite. Un traçage réalisé en mai 2010 a permis de mettre en évidence l'existence d'une relation entre la Plaine des Lacs, située au Nord-Est de la zone, et la Kwé Nord (

Figure 1).

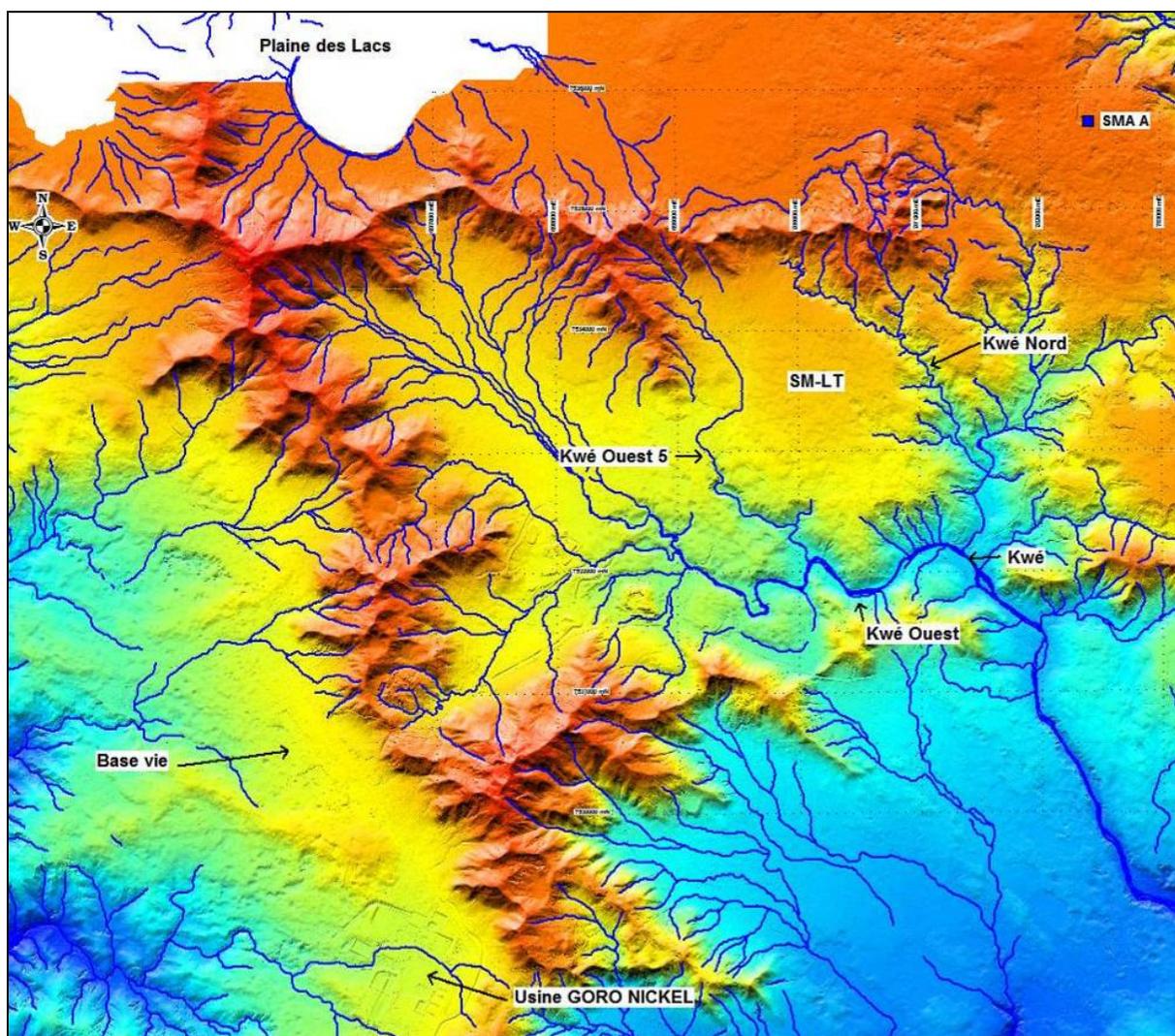


Figure 1: Cadre d'étude du futur Stock de Minerai Long Terme (SM-LT)

Dans le cadre de l'étude d'impacts sur SM-LT, la mise en place d'un suivi hydrogéologique et hydrologique fut révélée comme indispensable. Cela permettra également à plus long terme de caractériser au mieux le fonctionnement du milieu, et en particulier, le cadre hydrogéologique qui s'inscrit à l'échelle régionale

Le programme d'acquisition de données hydrologiques et hydrogéologiques est permis par la présence de 24 plateformes. Elles comprennent, pour chacune d'entre elles, un Piézomètre Environnemental Long (PEL), implanté dans l'aquifère saprolitique, et un Piézomètre Environnemental Court (PEC) implanté dans l'aquitard latéritique. Le suivi piézométrique concerne donc 48 piézomètres dont 35 sont équipés de sondes Level Troll ou Aqua Troll ; celles-ci mesurant en continu la pression en mètre de colonne d'eau. Le piézomètre 09ex0022 (plateforme 16 (PF 16)) est en plus équipé d'une sonde Barotroll qui mesure en continue la pression atmosphérique. Tous les mois, une mesure piézométrique manuelle est effectuée et les sondes sont contrôlées et leurs données déchargées.

De plus, une campagne de jaugeage mensuels et une campagne de jaugeage différentiels trimestriels ont été lancées depuis Octobre 2009. Elles permettent de connaître le comportement des différentes rivières, présentes sur le site, en différents points, lors des phases de moyennes et basses eaux. Pour des raisons de sécurité et de moyens très importants à mettre en place, les jaugeages de crue n'ont pas été envisagés pour le moment.

Associés à ces mesures de débit, des mesures physico-chimiques - température, pH, conductivité - sont effectuées grâce à des sondes physico-chimiques.

En complément, lors des missions trimestrielles, des diagraphies sont réalisées sur les 48 piézomètres présents sur le site et une caractérisation hydrochimique des nappes et des rivières a lieu.

Enfin, trois stations pluviométriques sont présentes dont une, nommée SMA A, est située à proximité de notre zone d'étude.

## **2. Bilan du déroulement des missions terrain d'Octobre 2009 à Avril 2010**

Le bilan du déroulement des missions permet de montrer les points positifs et les points négatifs relevés lors des interventions sur le terrain, réalisées entre Octobre 2009 et Avril 2010. Ceci est fait dans un souci d'amélioration afin de corriger les imperfections.

### **2.1. Suivi hydrologique**

Au total, sept missions mensuelles et deux missions trimestrielles ont été réalisées entre Octobre 2009 et Avril 2010, sans problème notable. En Décembre cependant, lors de la mission trimestrielle, la sonde multi-paramètres appartenant à EMR est tombée dans l'eau. Tous les jaugeages ont été effectués mais l'ensemble des paramètres physico-chimiques n'ont pu être pris.

Toutes les missions furent mensuelles sauf deux qui furent des missions trimestrielles : en Décembre 2009 et Mars 2010.

Lors des missions mensuelles, seuls trois jaugeages sont effectués : sur KN1 Source, KN1 et KO5.

Lors des missions trimestrielles, en plus des trois points jaugés tous les mois, 12 jaugeages différentiels ont été accomplis au mois de Décembre et 14 au mois de Mars. En accord avec Vale Inco, les noms des sites et parfois les emplacements ont changé entre les deux missions, ceci pour des soucis de meilleur compréhension ou de sections mieux placées. Concernant Confluence\_KO5, ce point a été jaugé pour la première fois en Février 2010 mais fait depuis partie des jaugeages différentiels. Voici ci-dessus leurs coordonnées GPS (Tbl. 1 et 2):

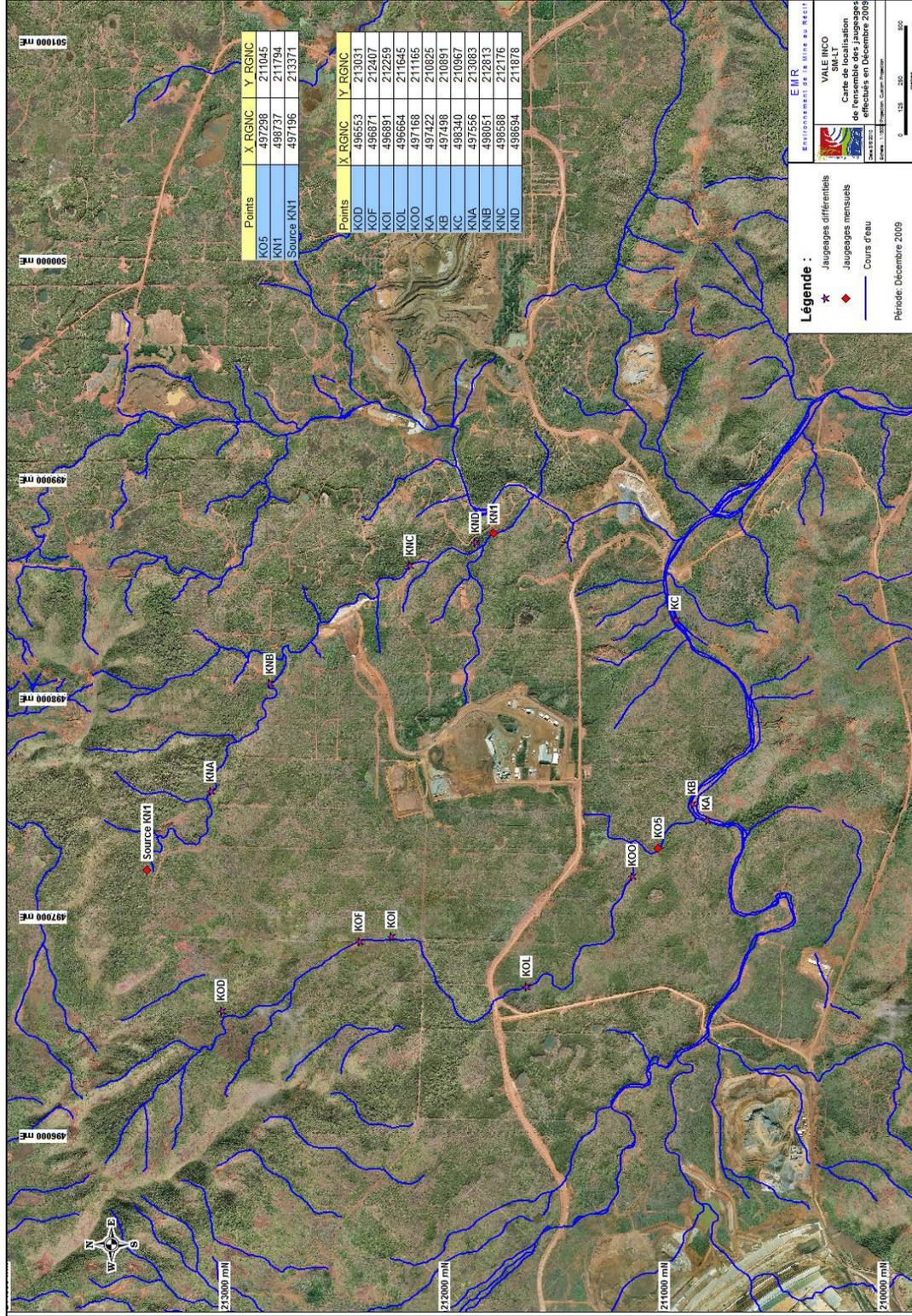
<b>Jaugeages mensuels</b>		
Points	X_RGNC	Y_RGNC
KO5	497298	211045
KN1	498737	211794
Source KN1	497196	213371

**Tableau 1: Coordonnées RGNC des points de jaugeages mensuels**

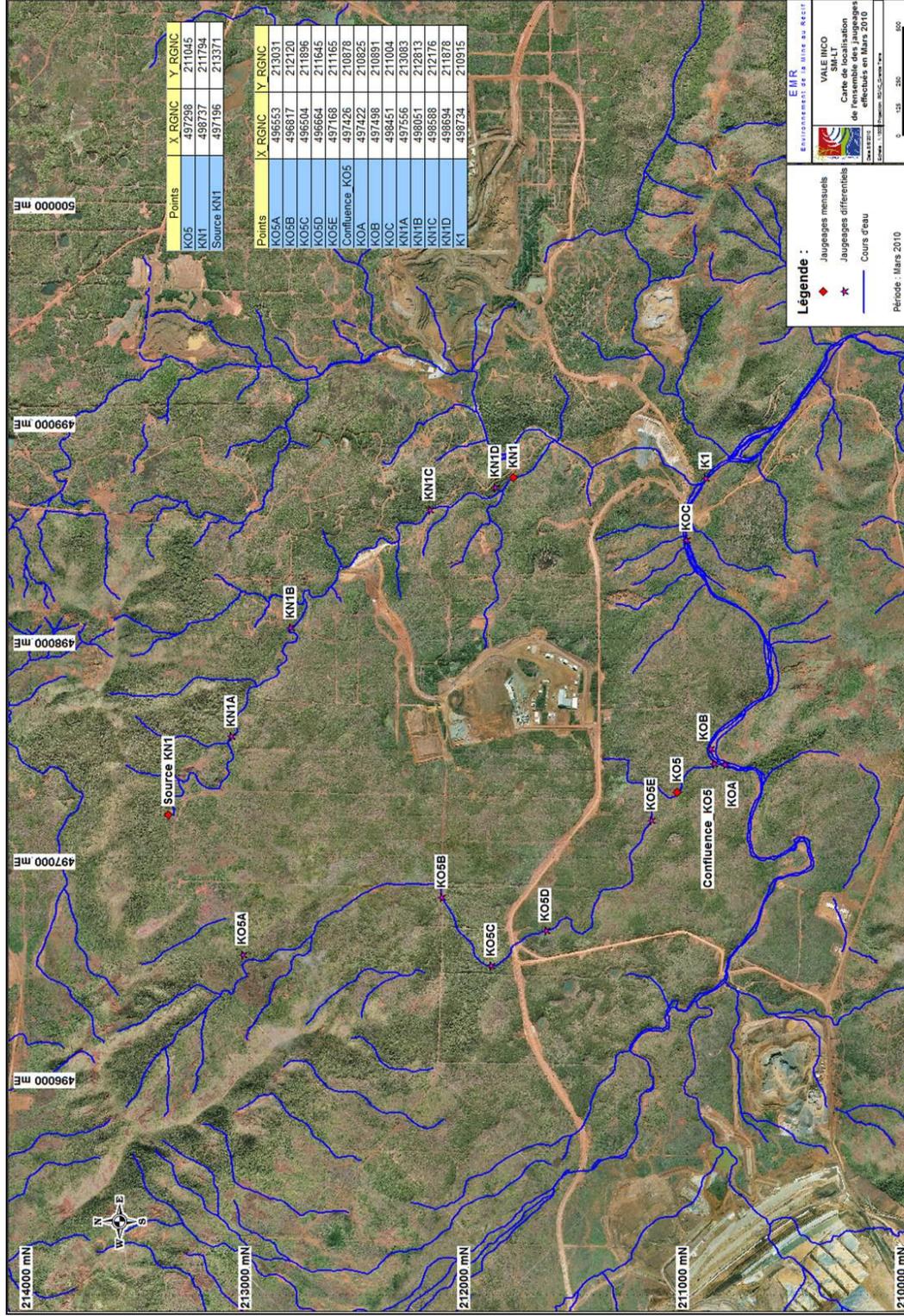
Jaugeages_différentiels					
Décembre_2009			Mars_2010		
Points	X_RGNC	Y_RGNC	Points	X_RGNC	Y_RGNC
KOD	496553	213031	KO5A	496553	213031
KOF	496871	212407	KO5B	496817	212120
KOI	496891	212259	KO5C	496504	211896
KOL	496664	211645	KO5D	496664	211645
KOO	497168	211165	KO5E	497168	211165
KA	497422	210825	Confluence_KO5	497426	210878
KB	497498	210891	KOA	497422	210825
KC	498340	210967	KOB	497498	210891
KNA	497556	213083	KOC	498451	211004
KNB	498051	212813	KN1A	497556	213083
KNC	498588	212176	KN1B	498051	212813
KND	498694	211878	KN1C	498588	212176
			KN1D	498694	211878
			K1	498734	210915

**Tableau 2: Coordonnées RGNC des points de jaugeages différentiels**

La présentation des différents sites de jaugeage est retrouvée en Annexe 1 et des cartes relatant la position de ces points en Décembre 2009 et Mars 2010 figurent respectivement en figure 2 et 3.



**Figure 2: Carte de localisation de l'ensemble des jauges réalisés en Décembre 2009**



**Figure 3 : Carte de localisation de l'ensemble des jaugages réalisés en Mars 2010**

D'autre part, les jaugeages étant réalisés dans le lit du cours d'eau, seules des mesures de moyennes et basses eaux ont été effectuées. Aucune mesure de débit en période de crue n'est disponible pour le moment.

En effet, si les jaugeages hors crue sont réalisables avec un moulinet de jaugeage sans problème particulier, les mesures de débits lors d'une crue demandent la mise en place de matériels spécifiques coûteux. Pour des raisons de sécurité évidente, il est impossible de se mettre à l'eau pour effectuer les mesures. Il est donc nécessaire de mettre en place des seuils ou un dispositif type téléphérique qui permet la réalisation de mesures depuis la berge.

Pour terminer, lors des missions trimestrielles, une caractérisation hydrochimique des rivières est réalisée sur les sections de jaugeage KN1 et KO5. Un échantillon d'eau est prélevé par section et des mesures physico-chimiques sont réalisées (pH, conductivité, température).

### 2.1.1 Bilan des jaugeages

A chaque campagne de terrain, E.M.R. est chargé de réaliser des mesures de débit ponctuels appelés jaugeages.

Il y a donc eu 7 campagnes de terrain entre Octobre 2009 et Avril 2010, dont 7 en mensuel et 2 en trimestriel.

Le tableau ci-dessous (Tbl.3) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi par Jean-Luc Folio, hydrogéologue chez Vale Inco :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Points	% lacune
Source KN1	0%
KN1	0%
KN1	0%
KO5	0%
Confluence_KO5	0%
<b>KN1A</b>	0%
<b>KN1B</b>	0%
<b>KN1C</b>	0%
<b>KN1D</b>	0%
<b>KO5A</b>	0%
<b>KO5B</b>	0%
<b>KO5C</b>	0%
<b>KO5D</b>	0%
<b>KO5E</b>	0%
<b>KOA</b>	0%
<b>KOB</b>	0%
<b>KOC</b>	0%
<b>K1</b>	0%

Tableau 3: Tableau des lacunes au niveau des jaugeages

Comme nous pouvons le constater, les valeurs sont considérées comme bonnes car toutes les sections ont pu être jaugées que soit pendant les missions mensuelles que pendant les missions trimestrielles.

### 2.1.2 Bilan des mesures physico-chimiques in situ

A chaque campagne de terrain, E.M.R. a en charge de réaliser des mesures physico-chimiques in-situ, sur les paramètres suivants :

- conductivité,
- température,
- pH.

Il y a donc eu 7 campagnes de terrain entre Octobre 2009 et Avril 2010.

Le tableau ci-dessous (Tbl.4) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Points	% lacune		
	pH	Conductivité	Température
Source KN1	0%	0%	14%
KN1	14%	14%	14%
KO5	0%	0%	0%
Confluence_K05	0%	0%	0%
KN1A	0%	0%	0%
KN1B	0%	0%	0%
KN1C	0%	0%	0%
KN1D	0%	0%	0%
KO5A	0%	0%	0%
KO5B	0%	0%	0%
KO5C	0%	0%	0%
KO5D	0%	0%	0%
KO5E	0%	0%	0%
KOA	50%	50%	50%
KOB	50%	50%	50%
KOC	0%	0%	50%
K1	0%	0%	0%

Tableau 4 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques in situ

Nous constatons que les valeurs sont considérées comme correctes pour la majeure partie. Cependant, les secondes prises de mesures ne sont pas toujours marquées sur les feuilles de terrain. Ceci n'était pas obligatoire entre Octobre et Décembre mais la règle de la double

mesure est entrée en vigueur depuis Janvier ; il est donc nécessaire de l'appliquer en notant chaque mesure même si les valeurs obtenues sont identiques.

Les 14% sur KN1 et les 50% sur KOA et KOB sont dus au fait que la sonde multi-paramètres est tombée à l'eau lors de la mission trimestrielle de Décembre 2009 ; par conséquent les mesures physico-chimiques n'ont pu être prises.

D'autre part, la température n'a pas été prise en Décembre sur KOC (d'où les 50%) et en Avril sur Source\_KN1 (d'où les 14%).

L'objectif est d'améliorer le rendement en n'oubliant pas les sondes lors des missions terrains et en s'assurant que les données sont bien prises et bancarisées. Pour ce faire, un protocole pour les jaugeages a été rédigé début 2010, mentionnant le matériel à emmener, les tâches à réaliser sur site ainsi que les procédures de traitement des données.

### 2.1.3 Bilan des mesures hydrochimiques in-situ

Lors des missions trimestrielles, E.M.R. a en charge de réaliser des mesures hydrochimiques in-situ sur les sections de jaugeages KN1 et KO5. Les paramètres relevés sont les suivants :

- conductivité,
- température,
- pH.

Le tableau ci-dessous (Tbl.5) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite sur le terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Prélèvement rivière in situ				
	pH	Conductivité	Température	
KN1	100%	100%	100%	Déc_2009
KO5	0%	0%	0%	
KN1	0%	0%	0%	Mars_2010
KO5	0%	0%	0%	

**Tableau 5: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques in-situ**

Nous constatons que les mesures hydrochimiques ont dans l'ensemble des valeurs correctes, exceptées en Décembre 2009 où toutes les valeurs sont mauvaises pour KN1.

En effet, sur KN1 en Décembre 2009, comme pour la physico-chimie, la sonde est tombée à l'eau et les mesures n'ont pu être relevées.

Un protocole d'hydrochimie a été rédigé début 2010 mentionnant les tâches à effectuer en rivière. Ce protocole, mis en place dans un souci d'amélioration, permet dorénavant qu'aucune mesure ne soit oubliée.

### **2.1.4 Bilan des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire**

Lors des missions trimestrielles, E.M.R. a en charge de prélever des échantillons d'eau sur les sections de jaugeage KN1 et KO5. Ces prélèvements sont ensuite analysés par la Calédonienne des Eaux de Nouméa (CDE). Plusieurs paramètres - physico-chimiques, indésirables et toxiques – sont pris en compte.

Le tableau ci-dessous (Tbl.6) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Section de jaugeage	Prélèvement rivière_lab	
	KN1	KO5
% lacune_déc_2009	0%	0%
% lacune_mars_2010	100%	100%

**Tableau 6: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire**

Nous constatons que tous les prélèvements en rivière ont été effectués et analysés par la CDE en Décembre 2009. Par contre, lors de la mission de Mars 2010, EMR n'a reçue aucune analyse du laboratoire concernant ces deux sections de jaugeage. Pourtant l'équipe EMR qui est intervenu lors de cette mission soutient avoir fait les prélèvements. Les échantillons semblent donc avoir été perdus soit par notre équipe soit par le laboratoire. Dorénavant, une demande d'analyse photocopiée sera requise afin de connaître les responsables et d'éviter tous problèmes de ce genre.

Pour finir, tous les paramètres ont été analysés excepté l'hydroxyde OH ; ce dernier n'aurait pas été communiqué à la Calédonienne des Eaux comme paramètre à analyser.

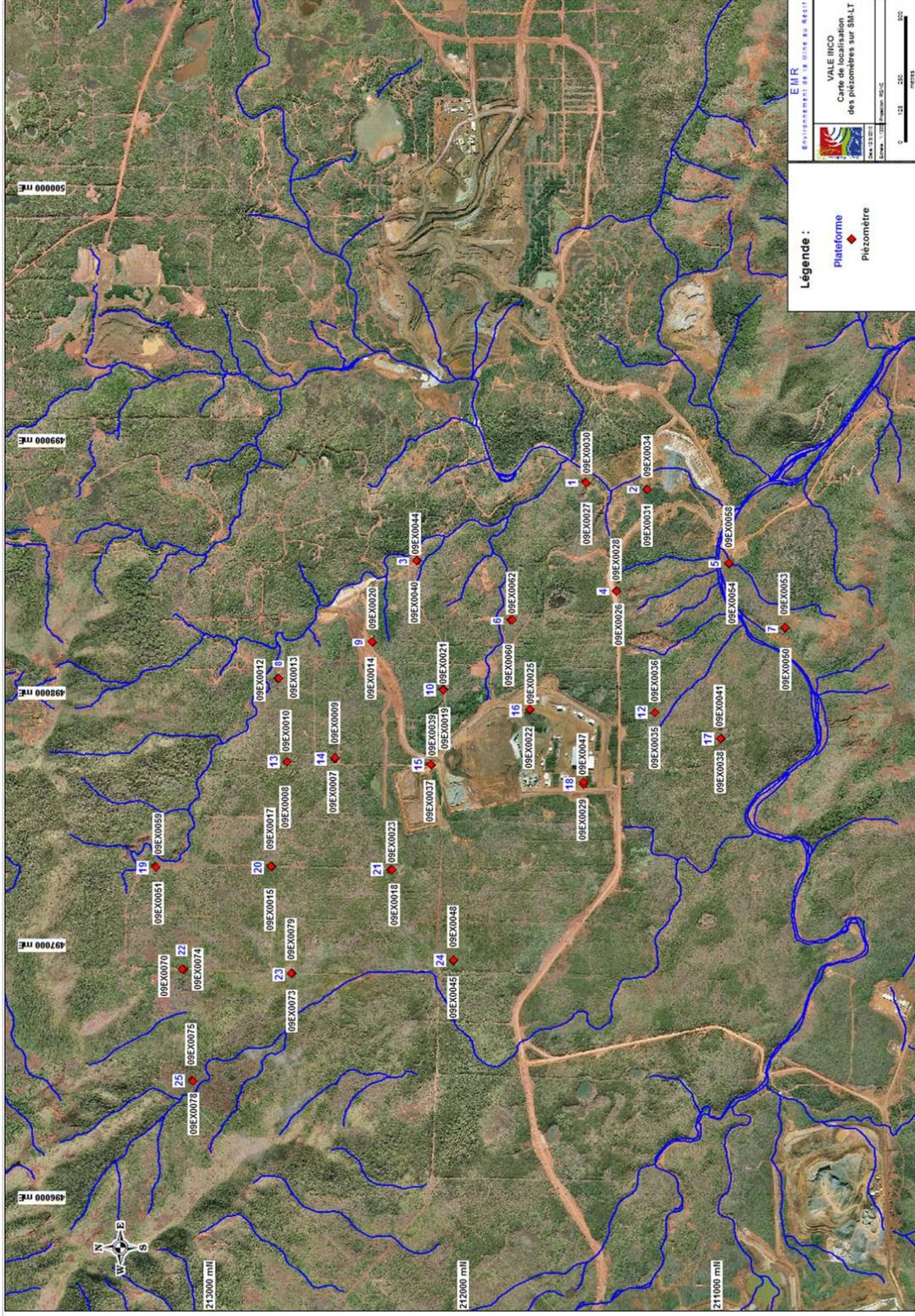
## **2.2. Suivi hydrogéologique**

Le suivi piézométrique concerne 48 piézomètres répartis sur 24 plateformes. 35 de ces piézomètres sont équipés de sondes Level Troll ou Aqua Troll ; celles-ci mesurent en continue la pression en mètre de colonne d'eau. Seul le piézomètre 09ex0022 situé sur la plateforme 16 est en plus équipé d'une sonde Barotroll qui mesure la pression atmosphérique en continue.

Vous trouverez ci-dessous leurs coordonnées GPS (Tbl.7) et leur localisation (Fig.4).La présentation des différentes plateformes est également retrouvée en Annexe 2.

N_PLATEFORME	N_PIEZOMETRE	X_RGNC	Y_RGNC	ZCOLLAR_CAPOT
1	09EX0027	498818	211534	98
1	09EX0030	498816	211531	98
2	09EX0031	498789	211292	96
2	09EX0034	498788	211290	96
3	09EX0040	498507	212198	151
3	09EX0044	498509	212201	151
4	09EX0026	498389	211413	166
4	09EX0028	498386	211412	166
5	09EX0054	498495	210970	81
5	09EX0058	498500	210971	81
6	09EX0060	498272	211828	173
6	09EX0062	498273	211825	173
7	09EX0050	498240	210746	101
7	09EX0053	498242	210748	101
8	09EX0012	498041	212746	199
8	09EX0013	498043	212745	199
9	09EX0014	498184	212374	186
9	09EX0020	498187	212376	187
10	09EX0019	497997	212094	194
10	09EX0021	497994	212094	194
12	09EX0035	497905	211259	175
12	09EX0036	497905	211262	175
13	09EX0008	497711	212709	219
13	09EX0010	497712	212711	219
14	09EX0007	497722	212522	213
14	09EX0009	497726	212522	213
15	09EX0037	497698	212141	205
15	09EX0039	497700	212144	205
16	09EX0022	497914	211754	186
16	09EX0025	497917	211754	186
17	09EX0038	497803	211000	165
17	09EX0041	497804	211003	165
18	09EX0029	497621	211542	181
18	09EX0047	497630	211542	182
19	09EX0051	497295	213229	229
19	09EX0059	497292	213227	229
20	09EX0015	497296	212771	220
20	09EX0017	497298	212773	220
21	09EX0018	497284	212303	209
21	09EX0023	497285	212298	208
22	09EX0070	496889	213119	227
22	09EX0074	496889	213123	227
23	09EX0073	496872	212692	203
23	09EX0079	496873	212694	203
24	09EX0045	496922	212055	192
24	09EX0048	496926	212056	192
25	09EX0075	496448	213084	220
25	09EX0078	496446	213080	220

**Tableau 7: Coordonnées GPS\_RGNC des piézomètres sur SM-LT**



**Figure 4: Localisation de l'ensemble des piézomètres sur SM-LT**

Au total, sept missions ont été réalisées entre Octobre 2009 et Avril 2010, sans problème notable.

Lors de chaque mission, les niveaux piézométriques ont été relevés, les sondes contrôlées et déchargées. Un protocole piézométrique a été mis en place depuis début 2010 afin que toutes les tâches soient correctement effectuées et les données correctement traitées.

Lors des missions trimestrielles qui ont eut lieu en Décembre 2009 et Mars 2010, des diagraphies et de l'hydrochimie ont en plus été réalisées.

### **2.2.1 Bilan des mesures piézométriques manuelles**

Comme il est dit précédemment, lors de chaque mission des mesures piézométriques manuelles ont été prises afin de connaître le niveau piézométrique et de comparer ces données à celles prises par les sondes Level Troll ou Aqua Troll.

Le tableau ci-dessous (Tableau 8) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Plateforme	Piézomètre	Nb de mesure manuelle / 6 à 7 missions	% lacune
N°014	09EX0007 (59m)	7	0%
N°013	09EX0008 (52,5m)	7	0%
N°014	09EX0009 (36,5m)	7	0%
N°013	09EX0010 (32,4m)	7	0%
N°008	09EX0012 (27m)	7	0%
N°008	09EX0013 (12m)	7	0%
N°009	09EX0014 (63m)	7	0%
N°020	09EX0017 (24m)	7	0%
N°020	09EX0015 (92m)	7	0%
N°021	09EX0018 (124,9m)	7	0%
N°010	09EX0019 (92m)	7	0%
N°009	09EX0020 (26m)	7	0%
N°010	09EX0021 (16m)	7	0%
N°016	09EX0022 (48m)	7	0%
N°016	09EX0022_barotroll	7	0%
N°021	09EX0023 (28,4m)	7	0%
N°016	09EX0025 (16,5m)	7	0%
N°004	09EX0026 (54m)	7	0%
N°001	09EX0027 (31,1m)	7	0%
N°004	09EX0028 (22m)	7	0%
N°018	09EX0029 (30m)	7	0%
N°001	09EX0030 (6,70m)	7	0%
N°002	09EX0031 ( 27m)	7	0%
N°002	09EX0034 (5m)	7	0%
N°012	09EX0035 (52m)	7	0%
N°012	09EX0036 (25m)	7	0%
N°015	09EX0037 (97m)	7	0%
N°0017	09EX0038 (105,45m)	6	14%
N°015	09EX0039 (23m)	7	0%
N°003	09EX0040 (31m)	7	0%
N°017	09EX0041 (16m)	7	0%
N°003	09EX0044 (11m)	7	0%
N°024	09EX0045 (84,19m)	7	0%
N°018	09EX0047 (111m)	7	0%
N°024	09EX0048 (15m)	7	0%
N°007	09EX0050 (52,75m)	7	0%
N°019	09EX0051 (68m)	7	0%
N°007	09EX0053 (11m)	7	0%
N°005	09EX0054 (71m)	7	0%
N°005	09EX0058 (10m)	7	0%
N°0019	09EX0059 (18m)	7	0%
N°006	09EX0060 (71m)	7	0%
N°006	09EX0062 ( 22m)	7	0%
N°022	09EX0070(92m)	7	0%
N°023	09EX0073 (96m)	6	0%
N°022	09EX0074 (15m)	7	0%
N°025	09EX0075 (82,1m)	6	0%
N°025	09EX0078 (5m)	6	0%
N°023	09EX0079 (16m)	6	0%

**Tableau 8: Bilan des lacunes au niveau des mesures piézométriques manuelles**

Nous constatons que la majorité des valeurs sont bonnes.

Pour les piézomètres 09ex0073 (PF 23), 09ex0075 (PF 25), 09ex0078 (PF 25) et 09ex0079 (PF 23) seules six missions ont pu être effectuées car les forages de ces piézomètres étaient en cours de réalisation en Octobre 2009.

La valeur moyenne (14%) obtenue pour le piézomètre 09ex0038 est due à la sonde piézométrique qui était trop courte lors de la mission d'octobre, le piézomètre mesurant 105,45m.

A noter pour finir que certains piézomètres (piézomètres 09ex0044, 09ex0053, 09ex0073 et 09ex0074) étaient à secs lors du passage de équipes EMR mais ceci a quand même été comptabilisé comme une mesure.

## **2.2.2 Bilan des mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques**

Sur les 48 piézomètres présents sur le site, 13 ne contiennent pas de sondes automatiques Level Troll ou Aqua Troll. Le piézomètre 09ex0022 (PF 16) comporte quand à lui une sonde Barotroll supplémentaire.

Lors de chaque mission, toutes les sondes sont contrôlées et leurs données déchargées sur un pocket-pc, emprunté au service Environnement de Vale Inco.

Le tableau ci-dessous (Tbl.9) récapitule les lacunes au niveau des mesures relevées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Il est important de noter que ce pourcentage prend en compte le relevé du niveau piézométrique par les sondes automatiques et non la fiabilité des sondes. Ceci ne peut en effet être véritablement vu qu'après traitement des données.

Plateforme	Piézomètre	Nb de mesure piézométrique / 6 à 7 missions	% lacune
N°014	09EX0007 (59m)	7	0%
N°013	09EX0008 (52,5m)	Pas de sonde	/
N°014	09EX0009 (36,5m)	7	0%
N°013	09EX0010 (32,4m)	Pas de sonde	/
N°008	09EX0012 (27m)	7	0%
N°008	09EX0013 (12m)	6	0%
N°009	09EX0014 (63m)	Pas de sonde	/
N°020	09EX0017 (24m)	7	0%
N°020	09EX0015 (92m)	7	14%
N°021	09EX0018 (124,9m)	7	0%
N°010	09EX0019 (92m)	Pas de sonde	/
N°009	09EX0020 (26m)	Pas de sonde	/
N°010	09EX0021 (16m)	Pas de sonde	/
N°016	09EX0022 (48m)	7	0%
N°016	09EX0022_barotroll	7	0%
N°021	09EX0023 (28,4m)	7	0%
N°016	09EX0025 (16,5m)	7	0%
N°004	09EX0026 (54m)	7	0%
N°001	09EX0027 (31,1m)	6	0%
N°004	09EX0028 (22m)	7	0%
N°018	09EX0029 (30m)	6	0%
N°001	09EX0030 (6,70m)	6	0%
N°002	09EX0031 ( 27m)	6	0%
N°002	09EX0034 (5m)	7	0%
N°012	09EX0035 (52m)	Pas de sonde	/
N°012	09EX0036 (25m)	Pas de sonde	/
N°015	09EX0037 (97m)	6	17%
N°0017	09EX0038 (105,45m)	7	0%
N°015	09EX0039 (23m)	6	0%
N°003	09EX0040 (31m)	6	0%
N°017	09EX0041 (16m)	7	0%
N°003	09EX0044 (11m)	6	0%
N°024	09EX0045 (84,19m)	6	0%
N°018	09EX0047 (111m)	6	0%
N°024	09EX0048 (15m)	6	0%
N°007	09EX0050 (52,75m)	6	0%
N°019	09EX0051 (68m)	6	0%
N°007	09EX0053 (11m)	Pas de sonde	/
N°005	09EX0054 (71m)	6	0%
N°005	09EX0058 (10m)	6	0%
N°0019	09EX0059 (18m)	6	0%
N°006	09EX0060 (71m)	Pas de sonde	/
N°006	09EX0062 ( 22m)	Pas de sonde	/
N°022	09EX0070(92m)	6	0%
N°023	09EX0073 (96m)	Pas de sonde	/
N°022	09EX0074 (15m)	6	0%
N°025	09EX0075 (82,1m)	6	0%
N°025	09EX0078 (5m)	6	0%
N°023	09EX0079 (16m)	Pas de sonde	/

**Tableau 9: Bilan des lacunes au niveau des mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques**

Parfois, seules six mesures piézométriques ont été relevées car lors de la première mission réalisée en Octobre, de nombreuses sondes n'étaient pas encore installées.

Les mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques ont toutes dans l'ensemble un pourcentage correct (0%). Cependant, la sonde du piézomètre 09ex0015 (PF 20) n'a pas été relancée lors de la mission de Novembre créant une perte de données du 11/11/09 à

10h jusqu'au 30/11/09 à 17h, date de la mission de Décembre. De plus, la sonde du piézomètre 09ex0037 (PF 15) a été mise en test sur le piézomètre 09ex0022 (PF 16) car elle semblait défectueuse. Une nouvelle sonde spare a donc été mise à la place dans le piézomètre 09ex0037. Toutefois, le temps entre la mise en test de la sonde et la mise en place de la sonde spare, un l'abs de temps s'est écoulé, créant une perte de données du 09/03/10 à 15h au 11/03/10 à 12h.

### 2.2.3 Bilan des mesures hydrochimiques in-situ

Lors des missions trimestrielles, E.M.R. a en charge de réaliser des mesures hydrochimiques in-situ sur 10 piézomètres. Cinq de ces piézomètres sont situés dans l'aquitard latéritique (les PEC) et 5 autres sont dans l'aquifère saprolitique (les PEL). Les paramètres relevés sont les suivants :

- conductivité,
- température,
- pH.

Les tableaux ci-dessous (Tbl.10 et 11) récapitulent les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Nb piézo total	Piézomètre in_situ		
	5 PEL	5PEC	10 piézo
Nb piezo fait_déc_2009	6	4	10
% lacune	0%	20%	0%
Nb piezo fait_mars_2010	5	5	10
% lacune	0%	0%	0%

**Tableau 10: Bilan des lacunes au niveau des piézomètres sur lesquels ont été réalisés l'hydrochimie in-situ**

L'hydrochimie a été faite sur 10 piézomètres mais deux étaient à sec en Décembre 2009 (piézomètres 09ex0013 (PF 8) et 09ex0074 (PF 22)). Par contre, en Décembre, au lieu que 5 caractérisations hydrochimique soient réalisées dans l'aquitard latéritique et 5 dans l'aquifère saprolitique, conformément au cahier des charges, il y en a eut 4 dans l'aquitard et 6 dans l'aquifère.

En Mars 2010, aucun piézomètre n'était à sec et le nombre de PEL et de PEC a été respecté.

	Piézomètre in_situ		
	pH	Conductivité	Température
in_situ déc_2009	0%	0%	0%
in_situ mars_2010	0%	0%	0%

**Tableau 11: Bilan des lacunes au niveau des mesures hydrochimiques in-situ**

Les valeurs obtenues, pour la caractérisation hydrochimique des nappes, sont correctes pour les deux missions trimestrielles.

Un protocole d'hydrochimie a été rédigé début 2010 mentionnant les tâches à effectuer sur les piézomètres. Ce protocole, mis en place dans un souci d'amélioration, permet d'appliquer une méthodologie de travail et qu'aucune mesure ne soit oubliée.

### 2.2.4 Bilan des mesures hydrochimiques réalisées au laboratoire

Lors des campagnes hydrochimiques effectuées sur piézomètres, un échantillon d'eau est prélevé lorsque que la conductivité s'avère stable. Ces prélèvements sont ensuite analysés par la Calédonienne des Eaux de Nouméa. Plusieurs paramètres - physico-chimiques, indésirables et toxiques – sont pris en compte.

Le tableau ci-dessous (Tbl.12) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

	Piézomètre labo		
	5 PEL	5PEC	10 piézo
Nb piézo total	5	5	10
Nb piezo fait déc 2009	6	2	8
% lacune	0%	60%	20%
Nb piezo fait mars 2010	5	5	10
% lacune	0%	0%	0%

**Tableau 12: Bilan des lacunes au niveau des piézomètres sur lesquels ont été réalisés l'hydrochimie au laboratoire**

Seul 8 piézomètres ont été analysés au laboratoire ce qui vaut d'avoir des valeurs moyennes car les piézomètres 09ex0013 (PF 8) et 09ex0074 (PF 22) étaient à secs.

Par contre en Mars, tout a pu être analysé puisqu'aucun des piézomètres n'étaient à secs.

Tous les paramètres ont été analysés excepté l'hydroxyde OH ; ce dernier n'aurait pas été communiqué à la Calédonienne des Eaux comme paramètre à analyser.

### 2.2.5 Bilan des diagraphies

Lors des missions trimestrielles, E.M.R. a en charge de réaliser des diagraphies de conductivité et de température sur l'ensemble des piézomètres de SM-LT, c'est-à-dire 48 piézomètres au total.

Le tableau ci-dessous (Tbl.13) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage a été calculé, en comparant les mesures réalisées par rapport au nombre de mesures possibles (nombre de visite terrain).

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Diagraphie		
Missions	Nb de mesure sur 48 piézomètres	% lacune
Déc_09	48	0%
Mars_10	48	0%

**Tableau 13: Bilan des lacunes au niveau des diagraphies**

Les valeurs obtenues sont toutes correctes. Certains piézomètres étaient à secs lors des campagnes mais ceci a été comptabilisé comme une mesure. Ce fut le cas des piézomètres 09ex0029, 09ex0053 et 09ex0074 en Décembre et à nouveau du piézomètre 09ex0053 en Mars.

### **2.3. Bilan des données pluviométriques disponibles**

Vale Inco NC possède plusieurs stations pluviométriques. La station SMA A étant la mieux située par rapport à notre secteur d'étude, c'est donc celle que nous avons retenu pour nos mesures.

Les données sont collectées et traitées par Vale Inco NC.

Le tableau ci-dessous (Tbl.14) récapitule les lacunes au niveau des mesures réalisées sur site.

Un pourcentage de lacune a été réalisé en comparant les données manquantes aux données théoriquement disponibles.

Le code couleur suivant a été choisi :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

	Nombre de jours	Nb de jours de lacune	Bilan
Station A	218	0	0%

**Tableau 14: Bilan des lacunes au niveau des données pluviométriques de la station SMA A**

Les données pluviométriques ont été prises entre le 22/09/2009 et le 27/04/2010, dates auxquelles est réalisée la mission SM-LT. Nous constatons que sur les 218 jours, aucune donnée ne manque. La station pluviométrique SMA A fonctionne donc bien.

### **3. Caractérisation du fonctionnement du milieu**

#### **3.1. La pluviométrie**

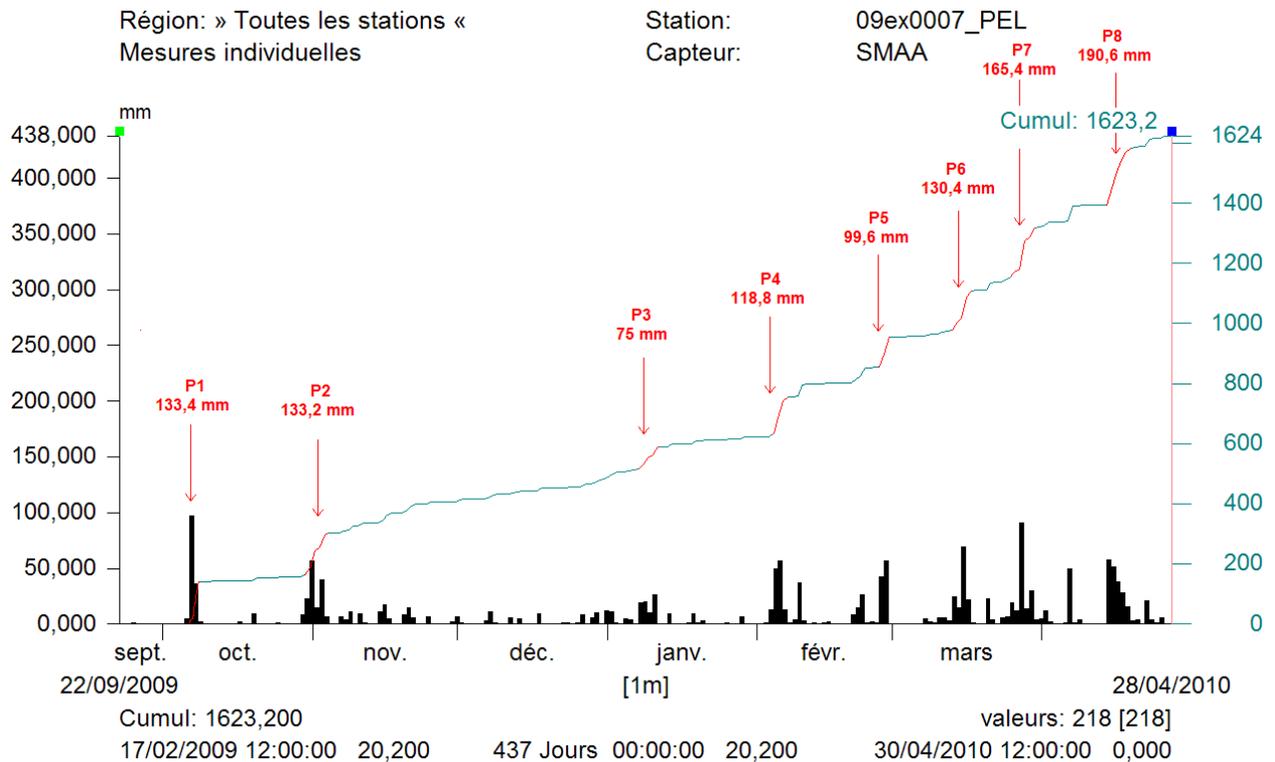
Trois stations pluviométriques sont présentes sur le site de Goro. La plus proche de notre zone est appelée SMA A et a pour coordonnées GPS : (X\_RGNC = 499737,63 ; Y\_RGNC = 214527,97). C'est donc cette station pluviométrique que nous avons retenu pour l'étude de notre zone. Elle est localisée sur la carte de localisation de la zone SM-LT (Fig. 1).

Entre le 22/09/2009 et le 28/04/2010 huit grands épisodes pluvieux ont été répertoriés. Les voici dans le tableau ci-dessous (Tbl.15) :

<b>Episodes de pluie</b>	<b>Début de pluie</b>	<b>Fin de pluie</b>	<b>Nb de jours</b>	<b>Pluie cumulée (mm)</b>
P1	06/10/2009	08/10/2009	2	133,4
P2	30/10/2009	03/11/2009	4	133,2
P3	07/01/2010	11/01/2010	4	75,0
P4	04/02/2010	07/02/2010	3	118,8
P5	26/02/2010	28/02/2010	2	99,6
P6	13/03/2010	17/03/2010	4	130,4
P7	25/03/2010	30/03/2010	5	165,4
P8	14/04/2010	19/04/2010	5	190,6

**Tableau 15: Les grands épisodes pluvieux enregistrés par SMA A entre le 22/09/09 et le 28/04/10**

Ces épisodes pluvieux sont surlignés en rouge sur le graphique ci-dessous (Graph.1). Ce graphique représente la pluviométrie enregistrée par SMA A et une courbe de cumul pluviométrique y est associée.



**Graphique 1: Graphique illustrant les grands épisodes pluvieux entre le 22/09/09 et le 28/04/10 au niveau de la station SMA A**

### 3.2. La piézométrie

Le suivi piézométrique concerne 48 piézomètres dont 24 sont implantés dans l'aquitard latéritique et 24 dans l'aquifère saprolitique. Lors de chaque passage, une double mesure manuelle est effectuée par deux opérateurs différents. L'état du piézomètre ou des sondes est contrôlé et tout problème est noté et retranscrit dans le rapport mensuel. Les 36 sondes présentes sur le site sont déchargées, suivant un protocole piézométrique, et les données sont vérifiées. Un contrôle de la dérive de l'appareil est également fait sur le terrain et au bureau. Les données sont ensuite traitées suivant trois niveaux, le but étant de codifier les données selon leur validité. Ces niveaux sont présentés par la suite.

#### 3.2.1 Niveau 0 à niveau 2 : Contrôle de la chaîne de mesure avec corrections

- Niveau 0 :

Après avoir déchargé, suivant la procédure du protocole piézométrique, les données des sondes sur un pocket-pc, les fichiers sont ensuite téléchargés sur un logiciel appelé Win-Situ puis convertis en fichier csv. De là, les données sont importées sous excel. Ceci constitue le niveau brut appelé niveau 0. Vous trouverez ci-dessous (Tbl.16) un exemple de niveau 0, cas ici

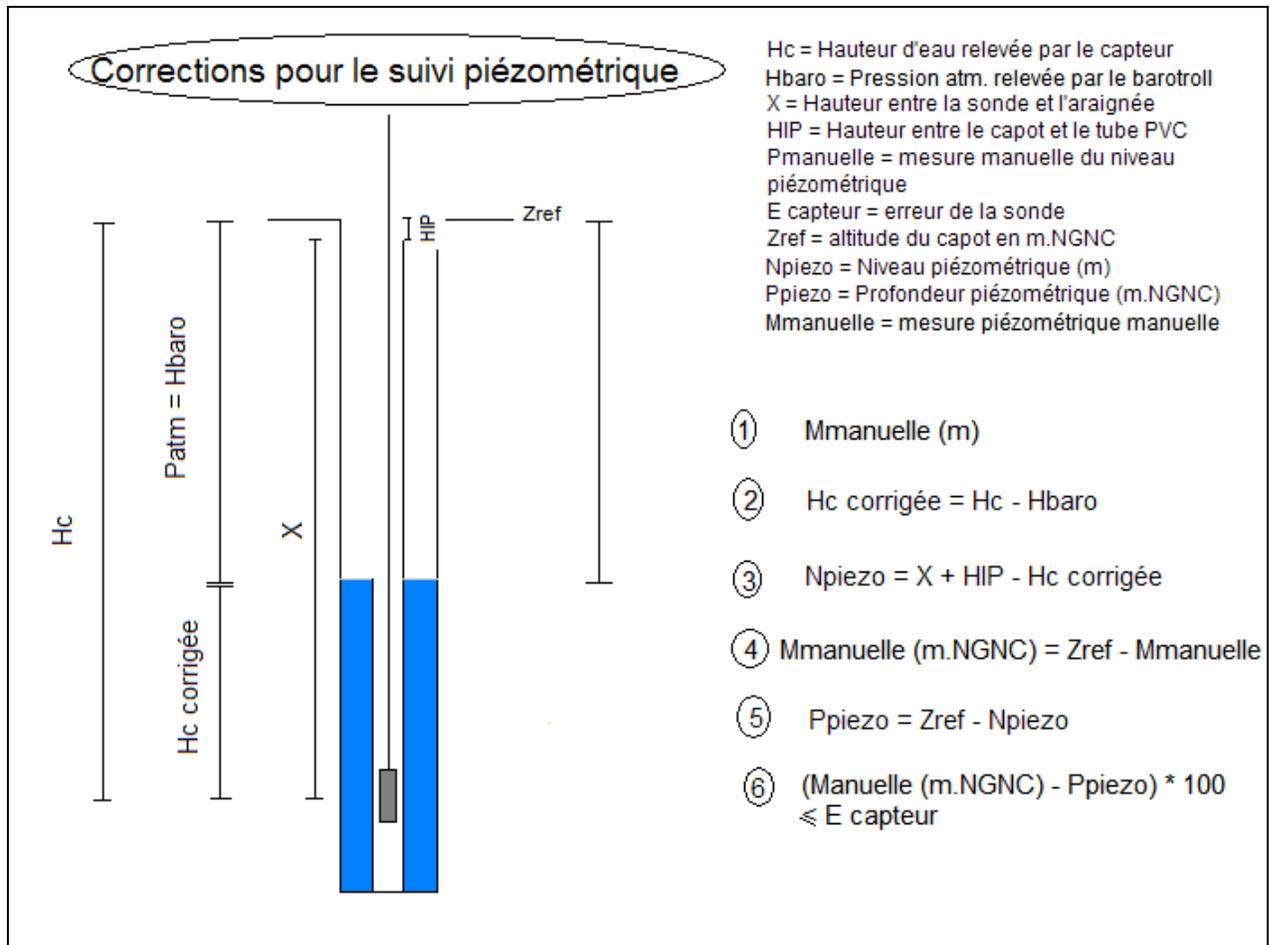
du piézomètre 09ex0007 (PF 14) le 15 Octobre 2009, pouvant être également retrouvé en Annexe sur le CD concernant le suivi piézométrique.

Report Date:		20/10/2009 20:52	
Report User Name:		Fleur	
Report Computer:		PC_TRAVAIL	
Log File Properties			
File Name:	09ex0007 2009-10-15 11.23.09.wsl		
Create Date:	15/10/2009 11:23		
Device Properties			
Device:	Level TROLL 300		
Site:	SMLT		
Device Name:			
Serial Number:	129585		
Firmware Version:	2.04		
Hardware Version:	2		
Log Configuration			
Log Name:	09ex0007		
Created By:	SR-00-002		
Computer Name:	Field PC		
Application:	WinSituMobile.exe		
Application Version:	5.5.9.2		
Create Date:	23/09/2009 16:29		
Notes Size (bytes):	4096		
Type:	Linear		
Overwrite when full:	Disabled		
Scheduled Start Time:	23/09/2009 17:00		
Scheduled Stop Time:	No Stop Time		
Interval:	Days: 0 hrs: 01 mins: 00 secs: 00		
Level Reference Settings At Log Creation			
Level Measur Depth:	Specific G 0.999		
Log Notes:			
Date and Time:	Note		
23/09/2009 16:29:	Sensor: 129585 Factory calibration has expired.: 16/04/2009 00:07:29		
15/10/2009 11:22:	Suspend Command		
15/10/2009 11:22:	Log Download - Used Battery: 7% Used Memory: 6% Name: SR-00-001		
Log Data:			
Record Count:	523		
		Sensor: Pres 35.8ft	Sensor: Pres 35.8ft
		SN#: 129585	SN#: 129585
		SN#: 129585	SN#: 129585
Date and Time	Elapsed Time	Pressure (Bar)	Temperature   Depth (m)
23/09/2009 17:00	0.000	1.48690	22.2 15.177382
23/09/2009 18:00	3600.000	1.48414	22.3 15.149166
23/09/2009 19:00	7200.000	1.48379	22.2 15.145666
23/09/2009 20:00	10800.000	1.48392	22.2 15.146978

**Tableau 16: Exemple d'une partie du niveau 0 du piézomètre 09ex0007 en Octobre 2009.**

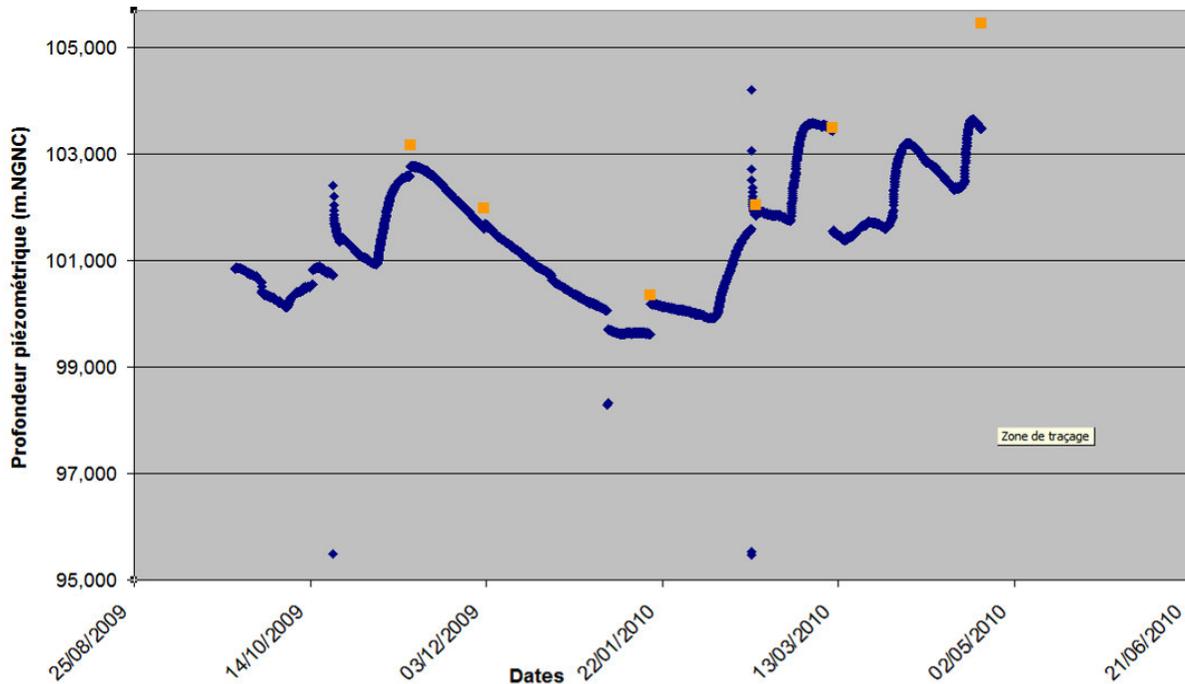
- Niveau 1 :

Au niveau 1, les données brutes sont reprises et mises en forme ; puis, une suite de calculs est réalisée afin de comparer la profondeur piézométrique (en m.NGNC) à la mesure manuelle effectuée sur le terrain (en m.NGNC). De plus, à chaque calcul est mentionné un niveau d'erreur en cm. Voici un schéma permettant d'illustrer les différents calculs (Fig.5) :



**Figure 5: Schéma illustrant un piézomètre et les différentes étapes de calculs réalisées au niveau 1**

Les erreurs de chaque paramètre et le calcul d'erreur pour chaque type de sonde est donné en Annexe 3. Vous trouverez aussi en Annexe sur le CD, concernant le suivi piézométrique, le niveau 1 des différents piézomètres. Un graphique de la profondeur piézométrique en fonction du temps est également créé à ce niveau (Graph.2).

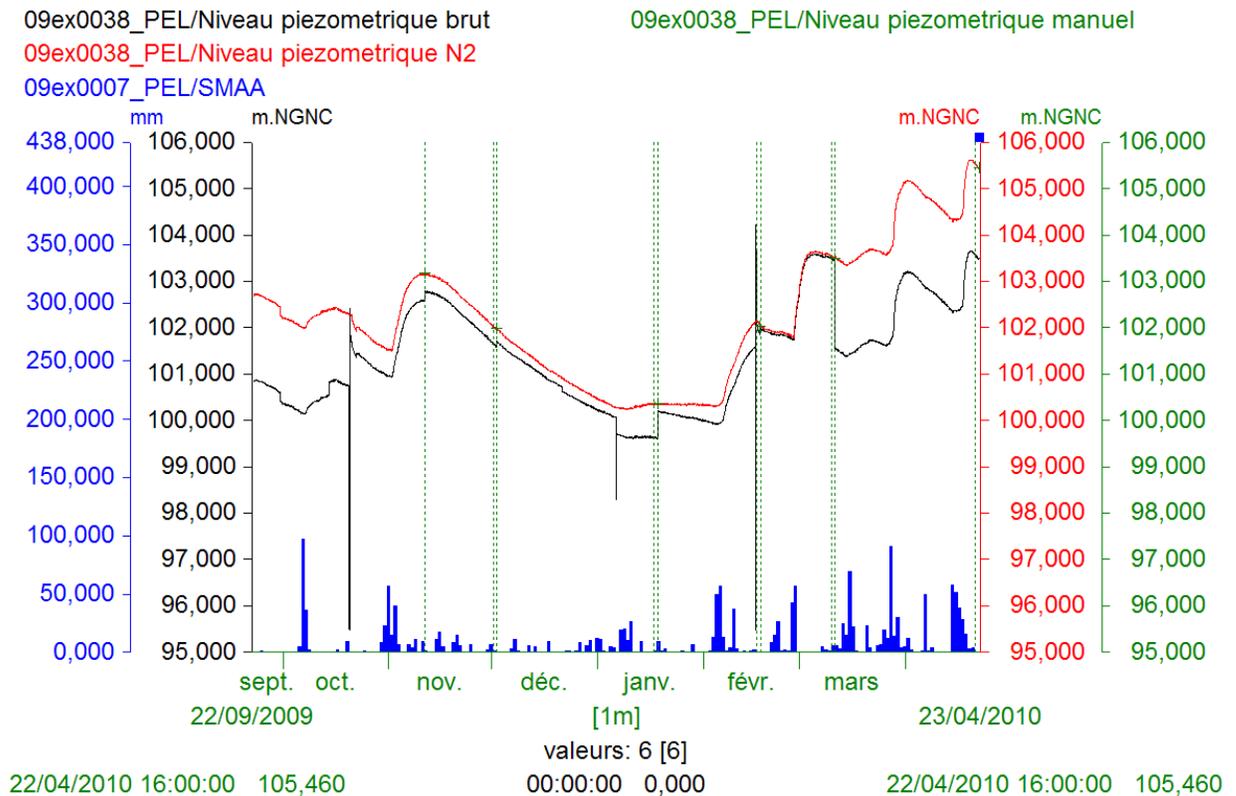


**Graphique 2: Profondeur piézométrique vs temps: Niveau 1 (09ex0038)**

- Niveau 2

Une fois le niveau 1 terminé, des fichiers intermédiaires sont créés afin d'être importés sous le logiciel Hydras 3. Le premier fichier dit « brut » reprend les dates, les heures et la profondeur piézométrique. Le deuxième correspond aux données manuelles et reprend les dates, les heures et les mesures manuelles associées. Ces fichiers sont en fichiers texte (.txt) afin d'être importés sous Hydras 3. Le but est alors de recalibrer le signal piézométrique aux mesures manuelles réalisées sur le terrain, la pluviométrie de la station SMA A étant prise en compte.

Plusieurs types de corrections (translation, corrections glissantes, effacement de données) peuvent être appliqués. Ces corrections sont notées dans le fichier excel du suivi piézométrique du piézomètre en question. Voici un exemple de signal piézométrique appartenant au piézomètre 09ex0038 (PF 17) avant et après corrections (Graph.3) :



**Graphique 3: Signal piézométrique du piézomètre 09ex0038 avant (en noir) et après corrections (en rouge)**

Le signal piézométrique avant corrections est en noir et après corrections en rouge, les mesures manuelles en vert et la pluviométrie en bleu

Par trois fois nous constatons que la sonde a été sortie à l'air (en Octobre, Janvier et Février) et mal remise entraînant un décalage. Le décalage de Février a lieu en même temps qu'une mesure manuelle, il est donc dû à une équipe EMR. Par contre les décalages d'Octobre et Janvier ayant lieu hors des périodes d'interventions d'EMR, sont sûrement dus à une intervention de Foraco Pacifique.

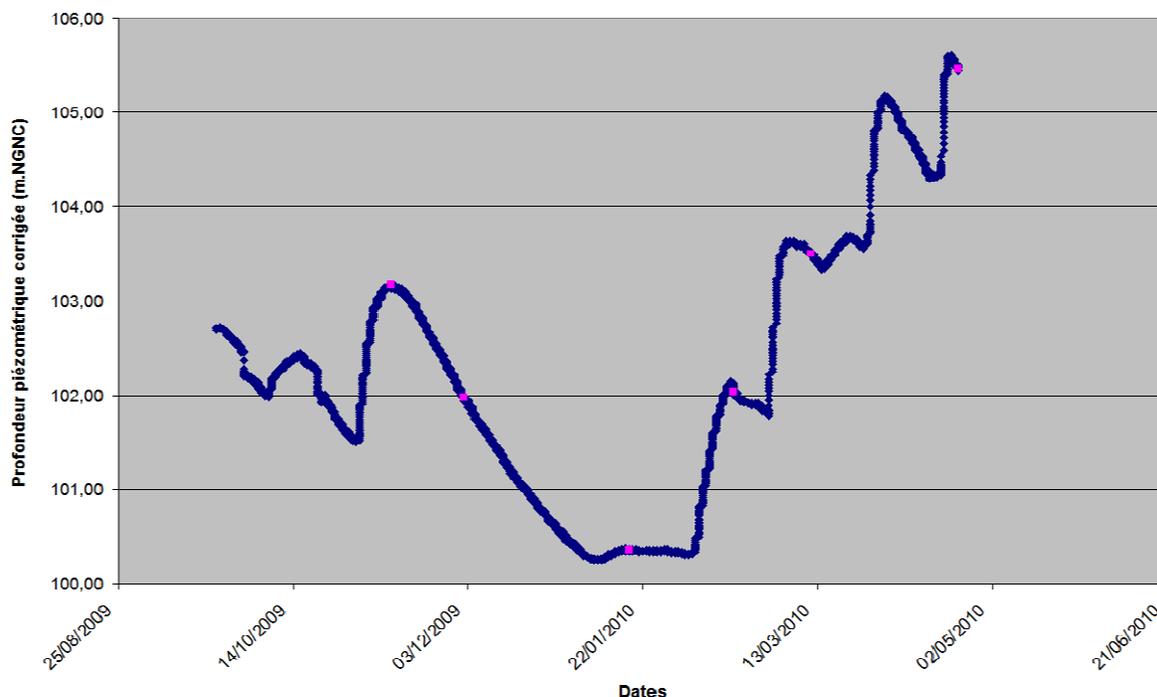
Nous observons de plus que la sonde affiche un grand écart par rapport au signal recalé après corrections. Cette sonde a été changée au mois de Mars mais la nouvelle sonde spare affiche également pour le mois d'Avril une forte dérive. Le piézomètre 09ex0038 semble donc être en cause.

Après toutes ces analyses, les données corrigées sont réimportées sous excel pour constituer le niveau 2 de traitement. Ces nouvelles données sont à nouveau comparer aux mesures manuelles et leurs différences doivent être inférieures à l'ensemble des erreurs du capteur (Tbl.17).

1	Date	Heure	Profondeur piézométrique calculé à partir des valeurs mesurées par la sonde	E Profondeur piézométrique calculé à partir des valeurs mesurées par la sonde	Moyenne mesures manuelles : M	E Moyennes mesures manuelles: M	Dérive calculée	Niveau de contrôle de la donnée
2			m.NIGMC	cm	m.NIGMC	cm	Centimètres	
1151	09/11/2009	20:00	103,13	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1152	09/11/2009	21:00	103,12	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1153	09/11/2009	22:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1154	09/11/2009	23:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1155	10/11/2009	0:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1156	10/11/2009	1:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1157	10/11/2009	2:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1158	10/11/2009	3:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1159	10/11/2009	4:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1160	10/11/2009	5:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1161	10/11/2009	6:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1162	10/11/2009	7:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1163	10/11/2009	8:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1164	10/11/2009	9:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1165	10/11/2009	10:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1166	10/11/2009	11:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1167	10/11/2009	12:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1168	10/11/2009	13:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1169	10/11/2009	14:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1170	10/11/2009	15:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1171	10/11/2009	16:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1172	10/11/2009	17:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1173	10/11/2009	18:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1174	10/11/2009	19:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1175	10/11/2009	20:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1176	10/11/2009	21:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1177	10/11/2009	22:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1178	10/11/2009	23:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1179	11/11/2009	0:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1180	11/11/2009	1:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1181	11/11/2009	2:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1182	11/11/2009	3:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1183	11/11/2009	4:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1184	11/11/2009	5:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1185	11/11/2009	6:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1186	11/11/2009	7:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1187	11/11/2009	8:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1188	11/11/2009	9:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1189	11/11/2009	10:00	103,14	+/-15 cm	103,175	+/-15 cm	3,5	inc
1190	11/11/2009	11:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1191	11/11/2009	12:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1192	11/11/2009	13:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1193	11/11/2009	14:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1194	11/11/2009	15:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1195	11/11/2009	16:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1196	11/11/2009	17:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1197	11/11/2009	18:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1198	11/11/2009	19:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1199	11/11/2009	20:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1200	11/11/2009	21:00	103,13	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1201	11/11/2009	22:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1202	11/11/2009	23:00	103,14	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1203	12/11/2009	0:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1204	12/11/2009	1:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1205	12/11/2009	2:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1206	12/11/2009	3:00	103,16	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1207	12/11/2009	4:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1208	12/11/2009	5:00	103,15	+/-15 cm		+/-15 cm		inc
1209	12/11/2009	6:00	103,13	+/-15 cm		+/-15 cm		inc

Tableau 17: Exemple de tableau au niveau 2 (piézomètre 09ex0038)

Un graphique de la profondeur piézométrique en fonction du temps est à nouveau créé au niveau 2 reprenant les données importées d'Hydras 3 (Graph.4).



Graphique 4: Profondeur piézométrique vs temps : Niveau 2 (09ex0038)

### 3.2.2 Niveau 3 : Contrôle des chroniques de mesures automatiques avec mise en perspective des données

Afin d'étayer de façon convaincante l'étude d'impact du futur Stock de Minerai Long Terme (SM-LT), une analyse rigoureuse concernant la conformité des données est demandé. Un contrôle des chroniques de mesures automatiques est donc effectué au niveau 3 et les données recueillies sont mises en perspectives grâce aux premières interprétations établies, concernant le fonctionnement du milieu.

Pour ce faire, les premières données jugées comme incorrectes ou incertaines, suite aux corrections sous Hydras 3, ont été recensées ; puis les signaux piézométriques ont été analysés et comparés aux données pluviométriques de la station SMA A, ceci dans le but de repérer des comportements anormaux ; pour enfin comparer les PEL et les PEC de même plateforme ou de plateformes différentes, afin de valider ou non ces comportements.

#### 3.2.2.1 **Elimination de données suite aux corrections effectuées au niveau 2**

Comme cela a été dit précédemment, afin de passer du niveau 1 au niveau 2, les signaux piézométriques ont été recalés par rapport aux mesures manuelles prises sur le terrain. Ceci a entraîné un certain nombre de corrections. Ainsi, de nombreux pics, dus en général aux sorties à l'air des sondes, ont été effacés ou translétés ; des décrochements étaient présents suite aux changements des X par exemple ; des sondes ont été hors eau durant une certaine période de temps (sonde mal adaptée, X trop court, piézomètre à sec) ; où encore des données ont manqué pour diverses raison (cf. § « Bilan des mesures piézométriques relevées par les sondes automatiques » p.18).

Un tableau (Tbl.18) a été créé afin de recenser toutes ces données et de leur attribuer un niveau de contrôle incorrecte (inco) ou incertaine (ince).

N° plateforme	Piézomètre	Problème	Correction	Date	Niveau de contrôle de la données
8	09ex0012	Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		15/10/09 à 11h	inco
		Pic	Données effacées	02/12/09 13h au 03/12/09 10h	inco
		Pic	Données effacées	24/03/2010 14h au 25/03/10 0h	inco
		Grand Décrochement	Translation	24/11/09 entre 14h et 15h	ince
		Grand Décrochement	Translation	30/11/09 entre 17h et 18h	ince
8	09ex0013	Pic	Translation individuelle	30/11/09 18h	ince
		Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		17/02/10 à 13h	inco
		Pic	Données effacées	24/03/10 14h au 25/03/10 2h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	23/12/09 11h au 12/01/10 14h	inco
20	09ex0015	Grand Décrochement	Translation	23/09/09 entre 11h et 12h	ince
		Grand Décrochement	Translation	29/09/09 entre 14h et 15h	ince
		Données manquantes: pocket-pc pas relancé		11/11/09 10h au 30/11/09 17h	inco
		Pic	Données effacées	17/12/09 8h au 17/12/09 12h	inco
		Pic	Données effacées	27/03/10 7h au 27/03/10 11h	inco
20	09ex0017	Pic	Translation individuelle	10/11/09 14h	ince
		Pic	Données effacées	17/12/09 10h au 19/12/09 3h	inco
		Pic	Données effacées	27/03/10 8h au 27/03/10 11h	inco
21	09ex0018	Pic	Données effacées	11/11/09 14h au 11/11/09 18h	inco
		Pic	Données effacées	12/11/09 7h au 12/11/09 11h	inco
16	09ex0022	Pic	Données effacées	25/09/2009 9h au 26/09/09 4h	inco
21	09ex0023	Pic	Données effacées	11/11/09 15h au 11/11/09 18h	inco
		Pic	Données effacées	12/11/09 10h au 12/11/09 16h	inco
		Pic	Translation individuelle	30/11/2009	ince
16	09ex0025	Pic	Données effacées	25/09/09 9h30 au 25/09/09 17h30	inco
		Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		15/10/09 à 12h30	inco
		Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		19/01/10 à 8h	inco
		Pic	Données effacées	10/03/10 16h au 11/03/10 13h	inco
4	09ex0026	Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		14/10/09 à 11h	inco
		Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		17/02/10 à 8h	inco
		Pic	Données effacées	02/02/10 13h au 02/02/10 16h	inco
1	09ex0027	Pic	Données effacées	01/02/10 15h au 02/02/10 5h	inco
4	09ex0028	Données manquantes		14/10/2009 de 10h à 13h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	11/12/09 21h au 07/02/10 8h	inco
1	09ex0030	Pic	Données effacées	29/01/10 7h au 29/01/10 18h	inco
		Pic	Données effacées	01/02/10 13h au 01/02/10 18h	inco
2	09ex0031	Pic	Translation individuelle	02/02/10 11h	ince
2	09ex0034	Pic	Donnée ind. Effacée	02/02/2010 10h	inco
15	09ex0037	Pic	Données effacées	18/11/09 13h au 18/11/09 15h	inco
		Pic	Données effacées	19/11/09 13h au 19/11/09 15h	inco
		Pic	Données effacées	15/02/10 13h au 15/02/10 17h	inco
		Données manquantes car sonde changé d'emplacement (vers 09ex0022 en test)		09/03/10 16h au 11/03/10 12h	inco
17	09ex0038	Pic	Données effacées	20/10/09 10h au 20/10/09 21h	inco
		Pic	Données effacées	06/01/10 9h au 06/01/10 15h	inco
		Décrochement	Correction glissante	18/01/10 de 15h à 16h	ince
		Pic	Données effacées	16/02/10 7h au 16/02/10 22h	inco
		Grand Décrochement	Translation	11/03/10 de 9h à 10h	ince
15	09ex0039	Pic	Translation individuelle	18/11/2009 14h	ince
		Pic	Translation individuelle	18/11/09 15h	ince
		Pic	Translation individuelle	20/11/09 9h	ince
		Pic	Données effacées	25/11/09 11h au 26/11/09 6h	inco
		Pic	Translation individuelle	15/02/10 14h	ince
3	09ex0040	Donnée manquante: sonde relancée à l'heure d'après		18/01/10 à 15h	inco
		Pic	Données effacées	28/01/10 13h au 29/01/10 6h	inco
17	09ex0041	Sonde hors eau	Données effacées	28/11/09 17h au 02/12/09 13h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	12/12/09 3h au 10/01/10 17h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	21/01/10 17h au 05/02/10 15h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	25/09/09 13h45 au 25/09/09 17h45	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	01/10/09 14h45 au 07/10/09 9h45	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	25/10/09 4h au 01/11/09 1h	inco
3	09ex0044	Sonde hors eau	Données effacées	10/11/09 18h au 11/01/10 8h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	16/01/10 11h au 28/01/10 16h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	29/01/10 10h au 05/02/10 12h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	16/02/10 8h au 17/02/10 14h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	17/02/10 14h au 23/02/10 6h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	25/02/10 7h au 27/02/10 12h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	09/03/10 17h au 14/03/10 22h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	25/03/10 4h au 26/03/10 14h	inco
24	09ex0045	Pic	Données effacées	19/11/09 10h au 19/11/09 16h	inco
		Pic	Données effacées	02/12/09 16h au 03/12/09 0h	inco
		Pic	Données effacées	25/03/10 6h au 25/03/10 17h	inco
24	09ex0048	Pic	Données effacées	19/11/09 10h au 20/11/09 6h	inco
		Pic	Données effacées	02/12/09 15h au 03/12/09 10h	inco
		Pic	Données effacées	25/03/10 6h au 26/03/10 1h	inco
7	09ex0050	Pic	Données effacées	24/11/09 9h au 24/11/09 12h	inco
		Pic	Données effacées	05/02/10 9h 05/02/10 17h	inco
19	09ex0051	Pic	Données effacées	10/11/09 14h au 10/11/09 20h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	02/01/10 2h au 15/01/10 10h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	30/01/10 18h au 06/02/10 15h	inco
5	09ex0054	Pic	Données effacées	24/11/09 7h au 24/11/09 10h	inco
		Pic	Données effacées	02/12/09 9h au 02/12/09 8h	inco
		Pic	Translation individuelle	16/03/10 à 9h	ince
		Pic	Translation individuelle	24/03/10 à 13h	ince
5	09ex0058	Pic	Translation individuelle	24/11/09 9h	ince
		Pic	Données effacées	02/12/09 8h au 02/12/09 11h	inco
		Pic	Données effacées	23/02/10 9h au 23/02/10 15h	inco
		Pic	Données effacées	24/03/10 10h au 24/03/10 13h	inco
22	09ex0070	Pic	Données effacées	11/11/09 11h au 11/11/09 14h	inco
		Pic	Translation individuelle	01/12/09 11h	ince
		Pic	Translation individuelle	02/12/09 15h	ince
		Pic	Translation individuelle	16/12/09 16h	ince
		Pic	Translation individuelle	24/03/10 17h	ince
22	09ex0074	Sonde hors eau	Données effacées	11/11/09 23h au 09/02/10 16h	inco
		Sonde hors eau	Données effacées	21/02/10 10h au 28/02/10 20h	inco
		Pic	Translation individuelle	24/03/10 à 16h	ince
25	09ex0075	Sonde hors eau	Données effacées	22/11/09 11h au 19/01/10 8h	inco
25	09ex0078	Petit pic	Translation individuelle	10/11/09 17h	ince
		Sonde hors eau	Données effacées	08/12/09 16h au 11/01/10 22h	inco

Tableau 18: Recensement de l'ensemble des corrections effectuées au niveau 1 sous Hydras 3

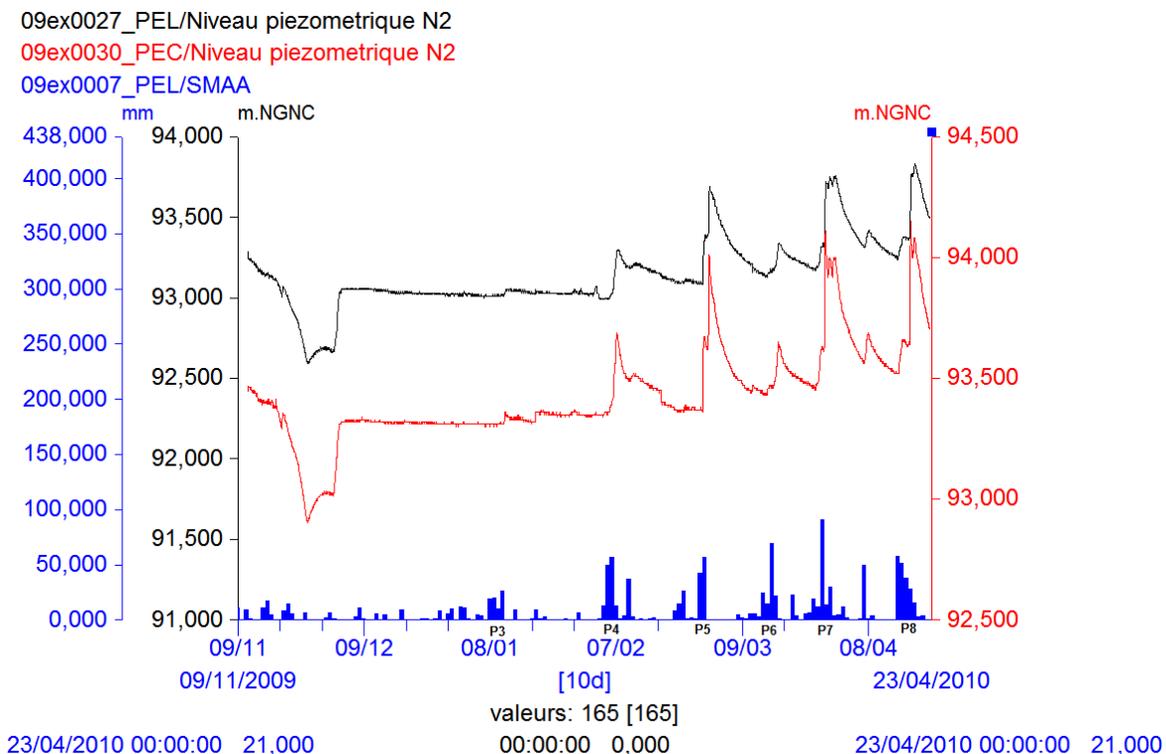
Le niveau 3 aura la même mise en forme que le niveau 2 mais déjà, de nombreuses valeurs pourront être classifiées de manière sûre comme incorrectes ou incertaines dans le niveau de contrôle.

### 3.2.2.2 Signal piézométrique et pluviométrie

Une revue attentive des fluctuations piézométriques en réponse à la pluviométrie a été effectuée. Celle-ci a pour but de repérer des comportements anormaux comme par exemple une remontée des niveaux en l'absence de pluie ou au contraire des baisses brutales des niveaux, ou encore des signaux parasites.

Dans un premier temps, l'analyse a porté sur les huit grands épisodes pluvieux, définis au paragraphe 3.1 sur la pluviométrie (p.25), et la réponse des signaux piézométriques face à ces événements. De manière générale, des premières constatations peuvent être établies :

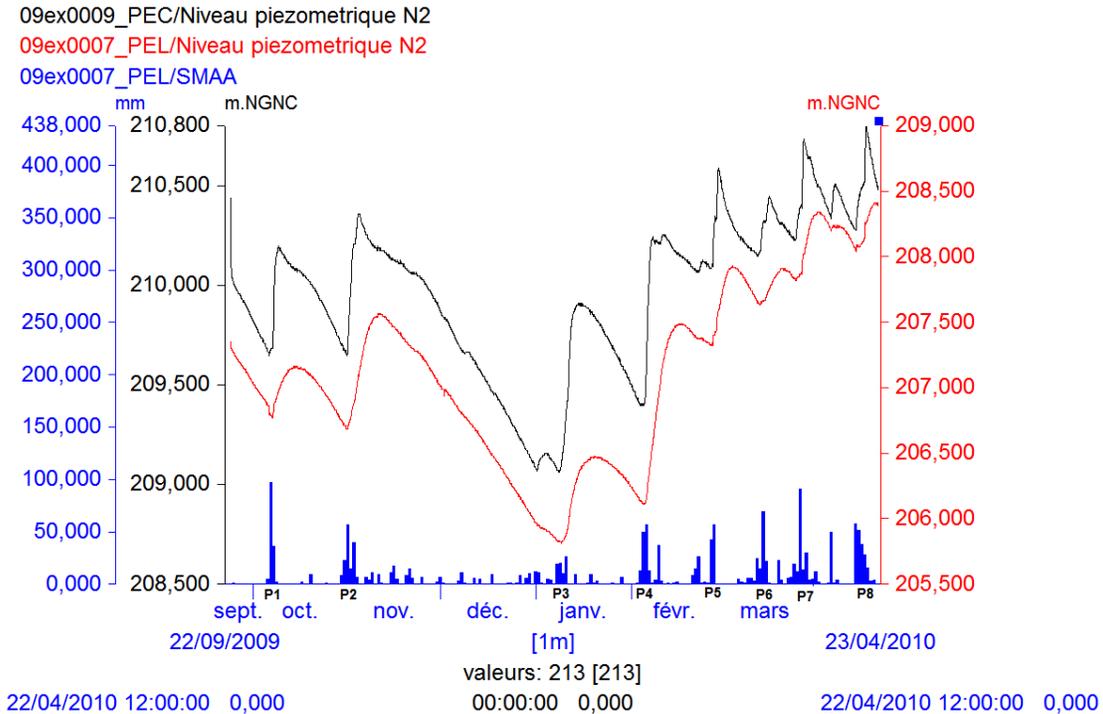
- A quelques exceptions près (PF 3 et PF 17), les signaux piézométriques entre les PEL et les PEC de chaque plateforme sont plus ou moins similaires. Voici un exemple avec le PEL et le PEC de la plateforme 1 (Graph.5).



**Graphique 5: Comparaison du signal piézométrique entre le PEL et le PEC de la plateforme 1**

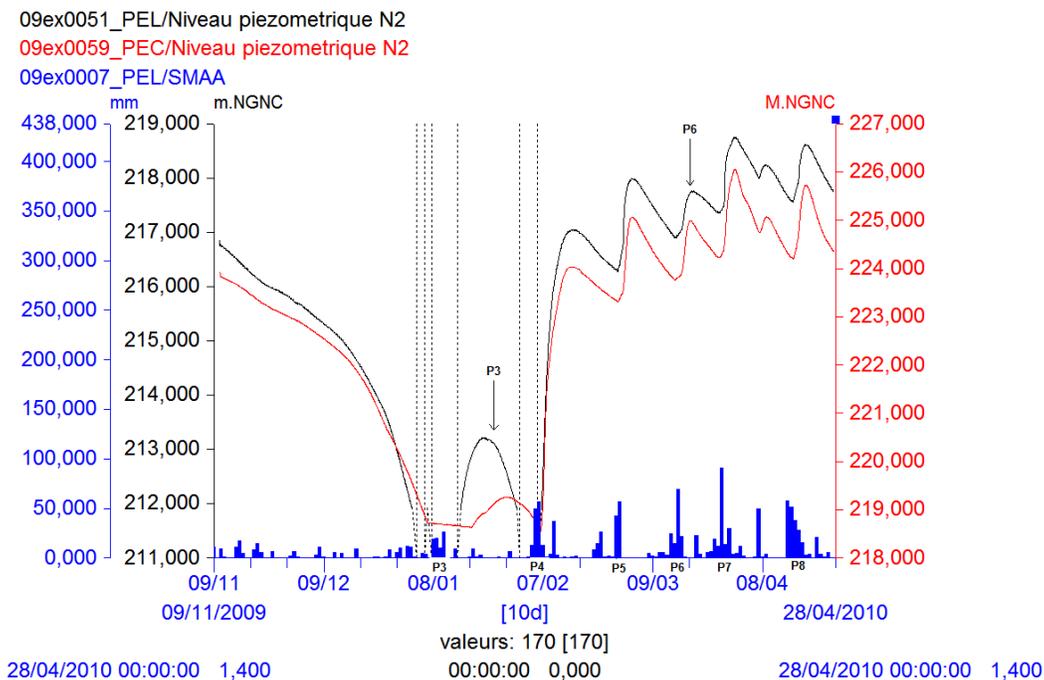
Il semble, à première vue, exister une relation entre l'aquitard latéritique et l'aquifère saprolitique.

- Les signaux piézométriques enregistrés par les PEC sont plus accentués que ceux enregistrés au niveau des PEL (Graph.6). En effet, les PEC réagissent plus vite car les formations traversées sont moins épaisses et donc l'eau s'infiltré plus rapidement et de façon plus importante jusqu'à l'aquitard que jusqu'à l'aquifère.

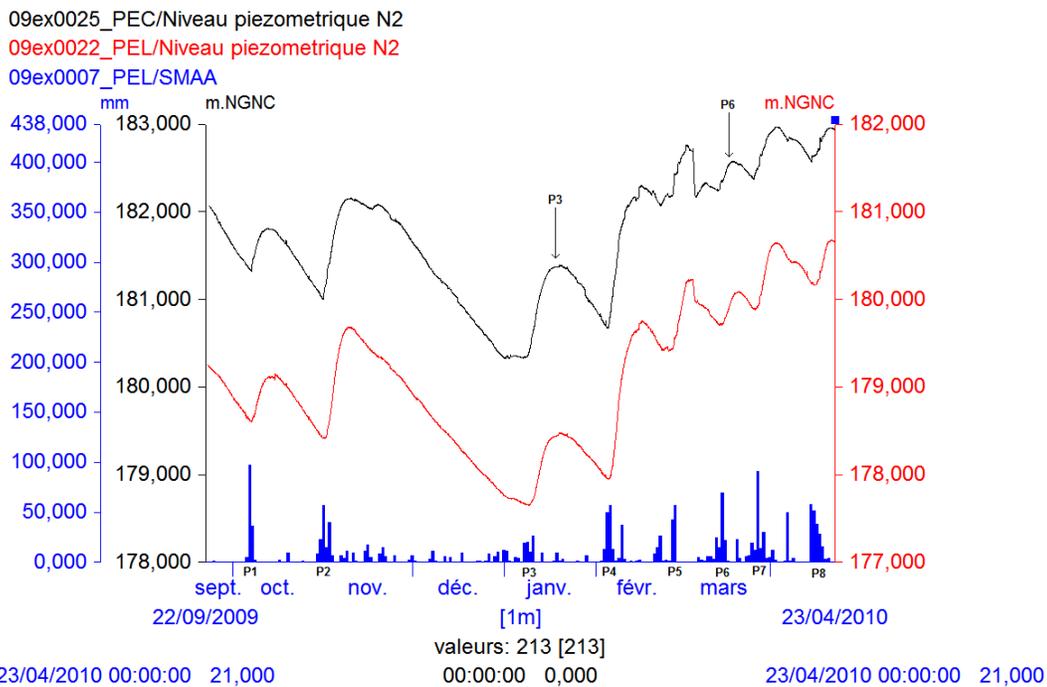


**Graphique 6: Signal piézométrique du PEL moins accentué que celui du PEL**

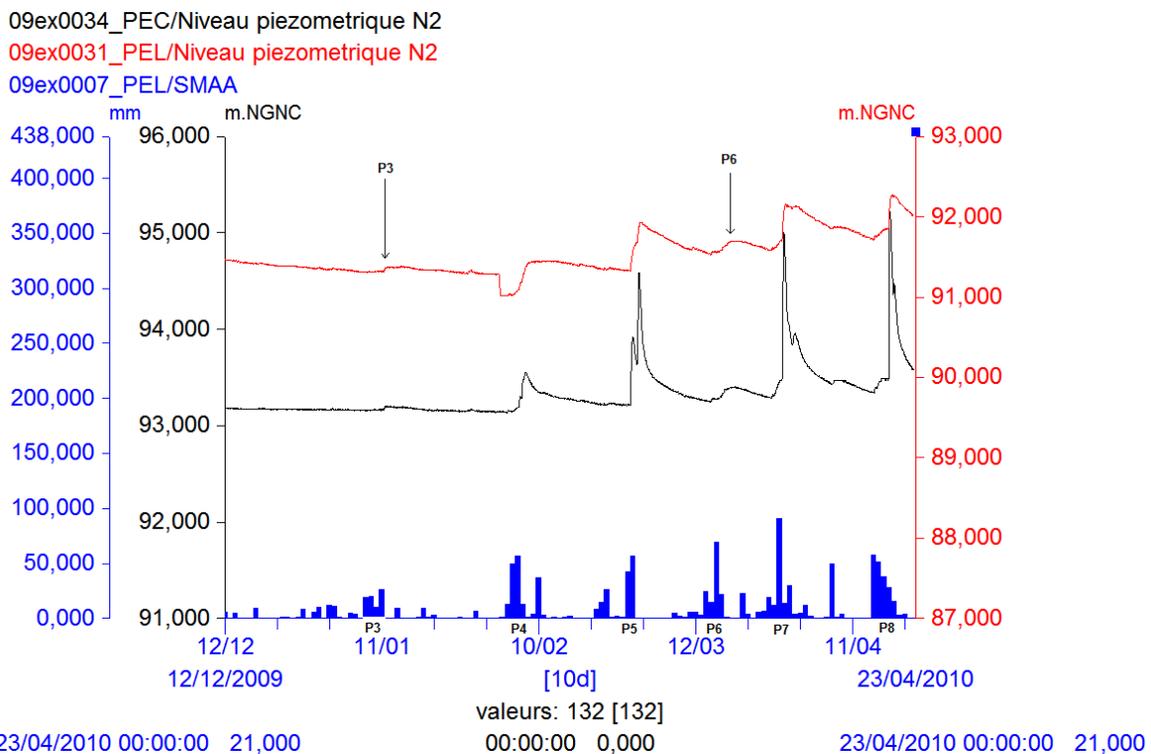
- Toutes les plateformes situées le plus au Sud de la zone d'étude (PF1, PF2, PF4, PF5, PF7 et PF17) enregistrent tous une faible variation lors des épisodes pluvieux P3 et P6. Vous trouverez ci-dessous un comparatif entre le Nord (Graph.7), le centre (Graph.8) et le Sud de la zone (Graph.9).



**Graphique 7: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 19, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au Nord de la zone.**



**Graphique 8: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 16, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au centre de la zone.**



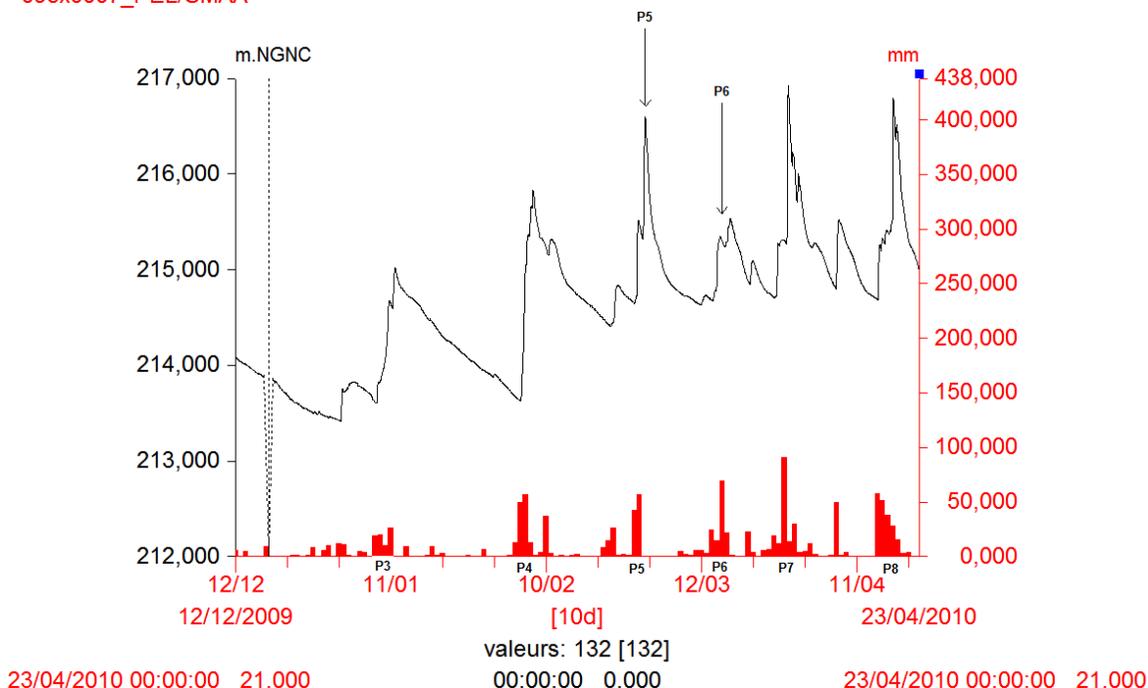
**Graphique 9: Fluctuations piézométriques, enregistrés sur la plateforme 2, suite aux épisodes pluvieux P3 et P6, au Sud de la zone.**

En effet, la station pluviométrique SMA A est installée au Nord-Ouest de la zone d'étude (cf. Fig.1) donc assez loin du Sud de SM-LT. Ainsi, lorsque le cumul de pluie n'est pas très

important (cas de P3) ou que l'intensité de la pluie n'est pas très forte (cas de P6), les variations enregistrées sont plus faibles. Il serait donc bien d'installer ou de mettre en service un pluviomètre au niveau de SM-LT ; ceci afin d'enregistrer des données pluviométriques plus correctes par rapport à la zone d'étude.

- La variation du signal piézométrique suite à l'épisode pluvieux P6 est en général plus faible que celle enregistrée suite à l'épisode pluvieux P5. Cette constatation est illustrée sur le piézomètre 09ex0017 (PF 20) par le graphique ci-dessous (Graph.10) :

09ex0017\_PEC/Niveau piézométrique N2  
09ex0007\_PEL/SMAA



**Graphique 10: Réaction piézométrique plus faible suite à l'épisode pluviométrique P6 par rapport à l'épisode pluviométrique P5**

Cette observation met en évidence une différence notable entre le cumul pluviométrique et l'intensité pluviométrique. En effet, le cumul de P6 est supérieur à celui de P5 ( $P6 = 130,4\text{mm} > P5 = 99,6\text{mm}$ ). Néanmoins, davantage de pluie est tombée en deux jours que pour la même période sur P6.

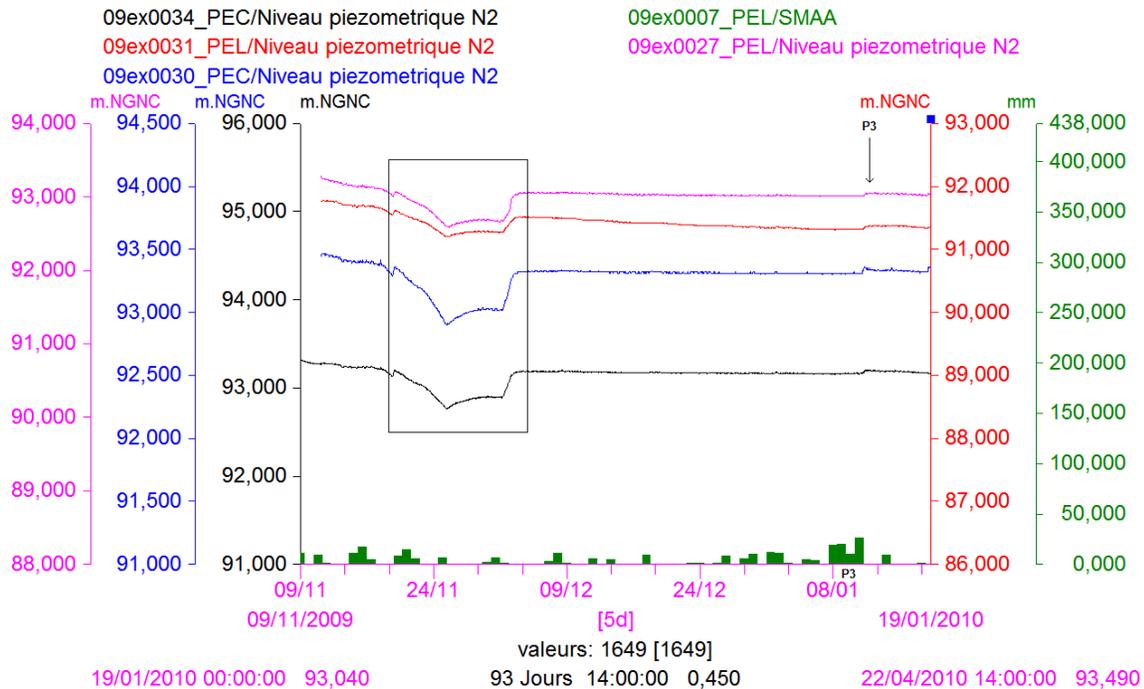
Les signaux piézométriques réagissent donc davantage face à l'intensité d'une pluie que face à son cumul.

Il serait donc bien qu'un piézomètre soit installé, et que se soit un piézomètre instantané, afin d'étayer plus précisément ce constat.

### 3.2.2.3 Comparaison entre les PEC et les PEL de même plateforme, et les plateformes alentours

Dans un deuxième temps, le signal piézométrique a été analysé plus précisément afin d'identifier des comportements, susceptibles d'être anormaux. Afin de pouvoir oui ou non être validé, ils ont été comparés au PEC ou au PEL de leur plateforme respective, ou à d'autres plateformes environnantes.

- Les plateformes 1 et 2 enregistrent au même moment une diminution (du 19/11/09 au 25/11/09) puis une augmentation du niveau piézométrique (du 01/12/09 au 03/12/09) (Graph.11). Ceci est d'autant plus surprenant que la variation piézométrique, enregistrée lors de l'épisode pluvieux P3, est très faible.

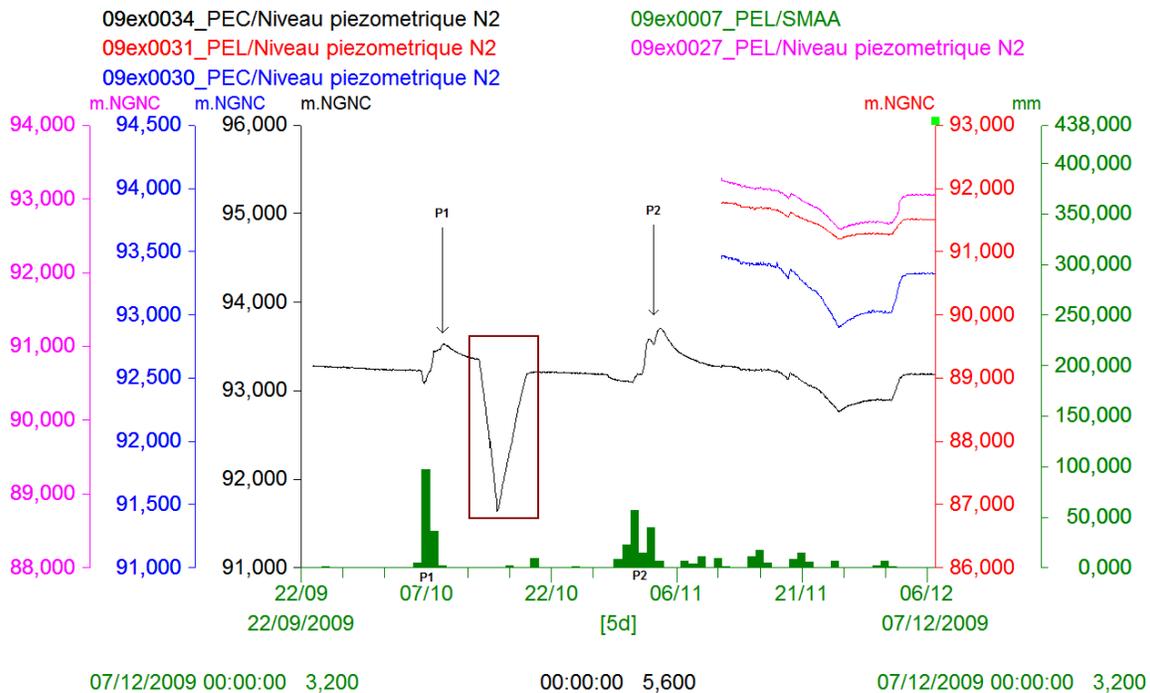


**Graphique 11: Diminution et augmentation observées sur deux plateformes (1 et 2) sans raison apparente.**

L'aquitard latéritique et l'aquifère saprolitique ont du être en décharge aux alentours du 20/11/09 puis se sont remis en charge à partir du 01/12/09.

Ce comportement ne semble donc pas être anormal.

- Toujours sur la plateforme 2, le piézomètre 09ex0034 enregistre une forte diminution (du 13/10/09 à 7h30 au 15/10/09 à 11h) puis une forte augmentation (du 15/10/09 à 12h au 19/10/09 à 2h) du niveau piézométrique ; et ceci de manière progressive alors que la pluviométrie n'est pas importante (Graph.12).



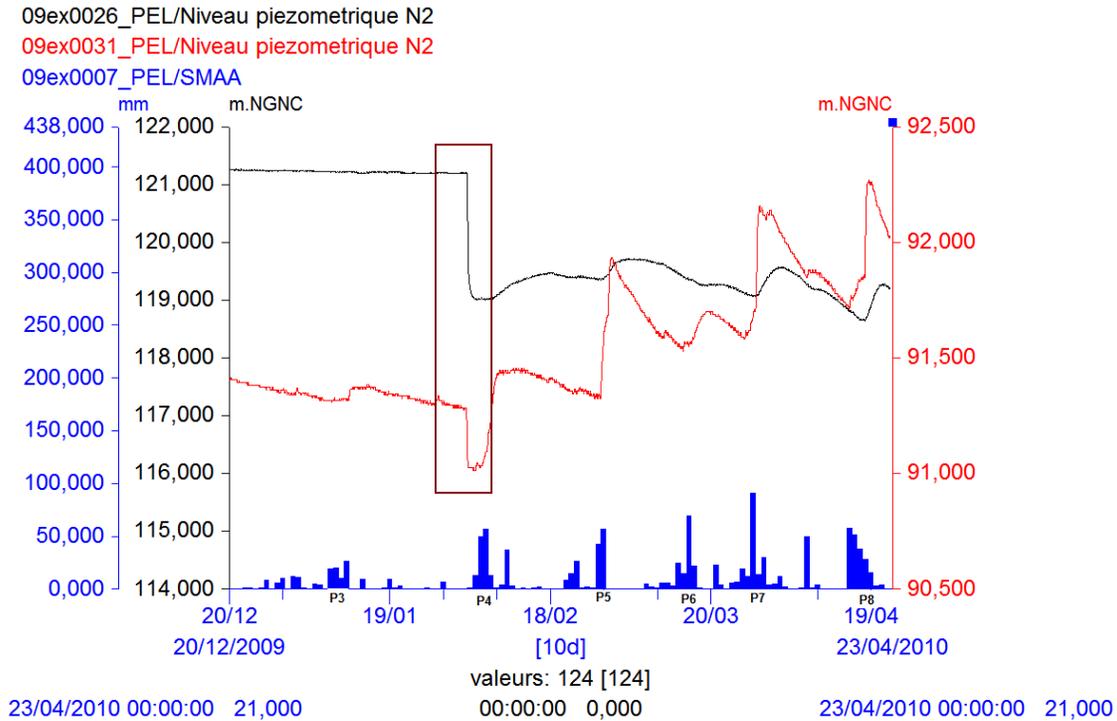
**Graphique 12: Diminution et augmentation observées sur le piézomètre 09ex0034 sans raison apparente**

Ceci est là aussi d'autant plus surprenant que les variations piézométriques, enregistrées à la suite des épisodes pluvieux P1 et P2, sont beaucoup moins marquées.

Comme ce phénomène a déjà été remarqué fin novembre-début décembre et ce, sur la même plateforme, cette forte diminution puis cette forte augmentation semble être dues à une décharge puis une recharge de l'aquitard latéritique.

Ce comportement semble donc normal.

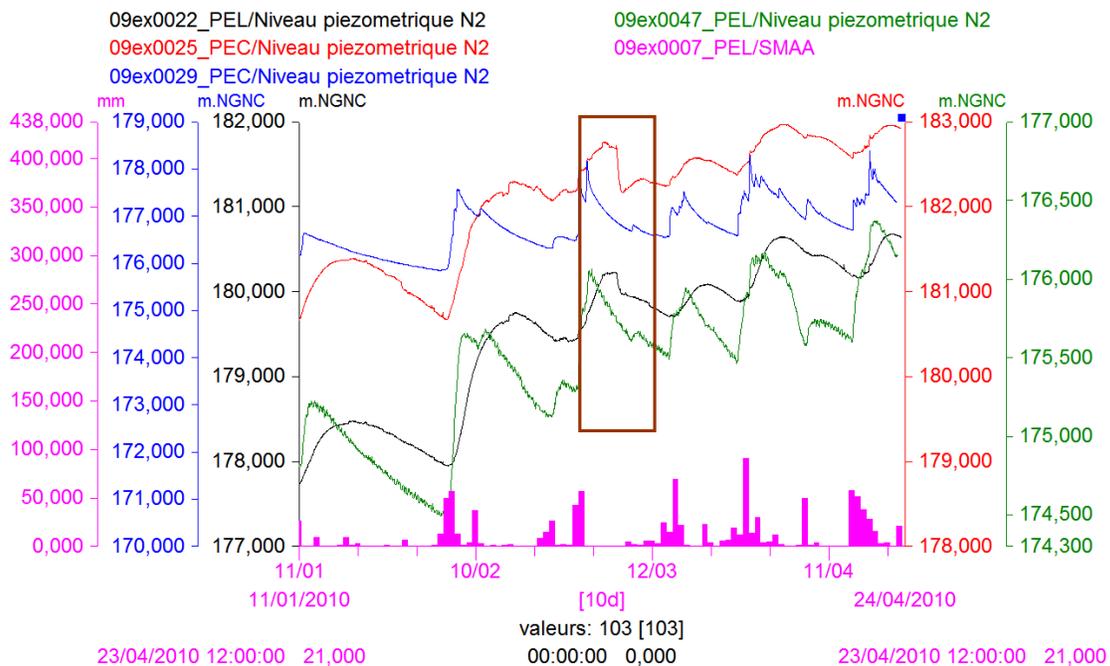
- Une grosse diminution de la profondeur piézométrique a été enregistrée sur les piézomètres 09ex0031 – PF 2 – (le 02/02/10 de 8h à 17h) et 09ex0026 – PF 4 – (du 02/02/10 à 13h au 03/02/10 à 10h) (Graph.13).



**Graphique 13: Diminution enregistrée sur les piézomètres 09ex0031 et 09ex0026**

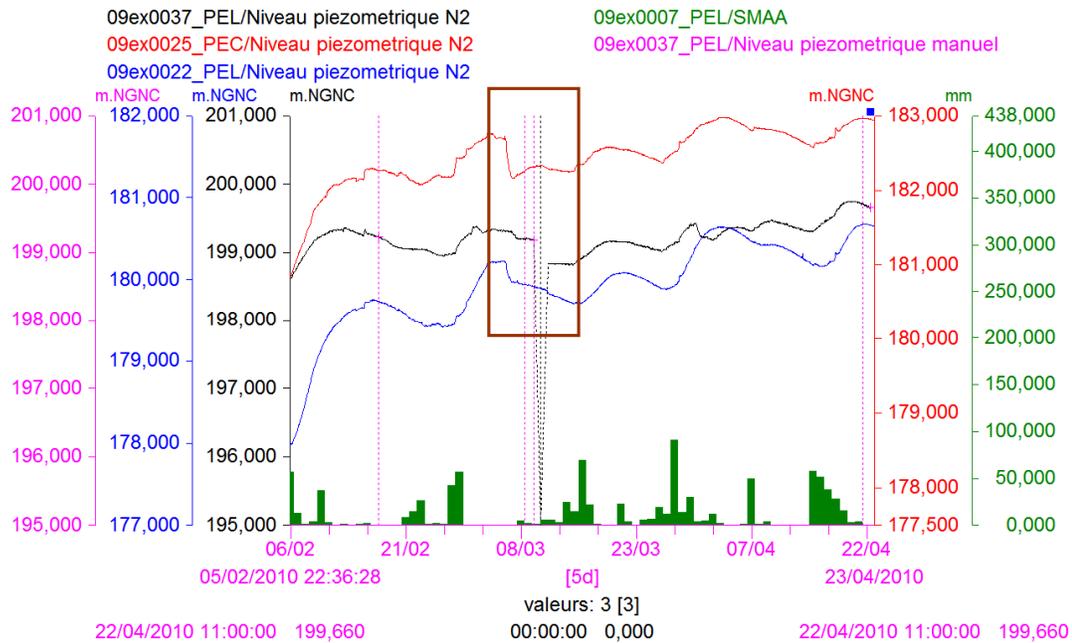
Vu ce qui a été dit précédemment sur cette même plateforme (PF 2) et que ce phénomène est retrouvé plateforme 4 sur le piézomètre 09ex0026, cette diminution soudaine ne semble donc pas être anormale et doit être due à une décharge de l'aquifère saprolitique.

- Une baisse importante de la profondeur piézométrique a eut lieu sur la plateforme 16 le 06/03/10. Cette diminution a également été remarquée sur la plateforme 18 mais de manière beaucoup plus progressive (Graph.14).



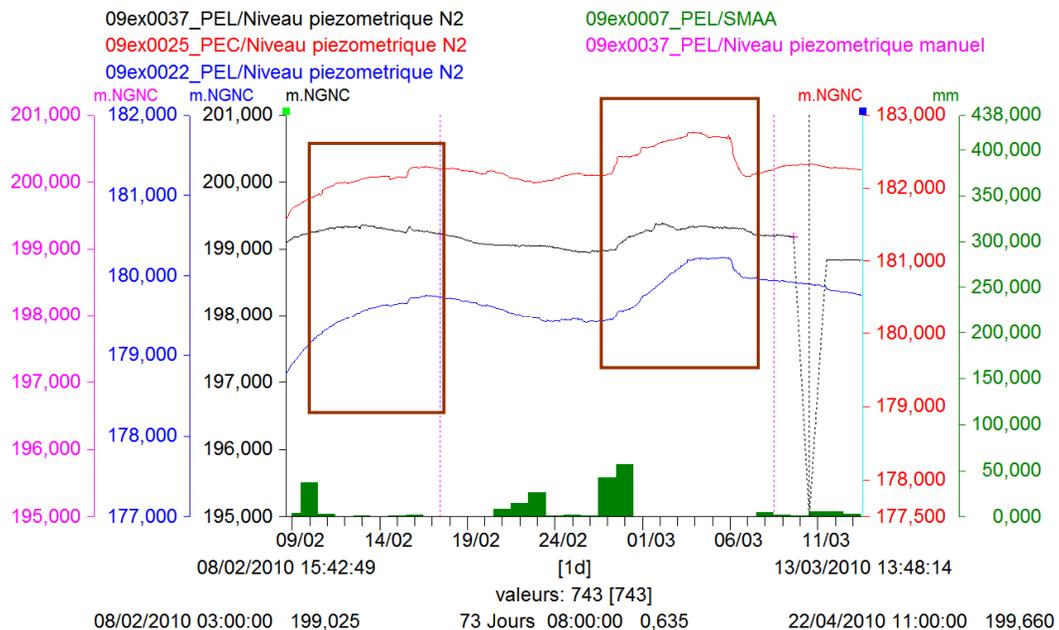
**Graphique 14: Diminution de la profondeur piézométrique sur les plateformes 16 et 18 le 06/03/10**

Cette diminution semble également avoir eu lieu sur le piézomètre 09ex0037 (PF 15) (Graph.15). Malencontreusement, des données manquent à cette période. En effet, la sonde du piézomètre 09ex0037 a été mise en test sur le piézomètre 09ex0022 (PF 16) (le 09/03/10) et une sonde spare a été mise à la place (le 11/03/10). Cependant, comme aucune correction n'a eu besoin d'être faite pour le mois d'Avril, cela laisse à penser qu'il y a bien eu une chute de la profondeur, un peu décalé par rapport aux piézomètres 09ex0022 et 09ex0025 (PF 16). Ce comportement ne semble donc pas être anormal.



**Graphique 15: Diminution de la profondeur piézométrique le 06/03/10 en comparaison avec le piézomètre 09ex0037**

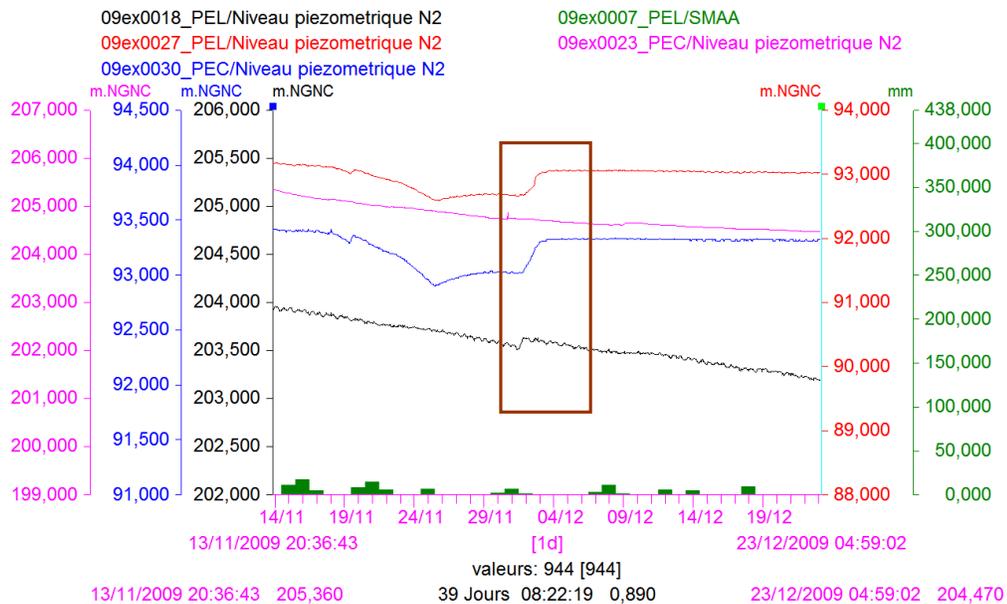
- Des petites augmentations par à-coups ont été remarquées sur la plateforme 16. Elles sont également présentes sur le piézomètre 09ex0037 de la plateforme 15 (Graph.16).



**Graphique 16: Petites augmentations par à-coups sur les piézomètres 09ex0037, 09ex0025 et 09ex0022**

Le signal piézométrique étant le même pour les trois piézomètres ces petites augmentations sont donc considérées comme normales, même si elles n'ont pas été retrouvées sur le piézomètre 09ex0039 (PF 15) ni sur la plateforme 18.

- Une augmentation de la profondeur piézométrique a eut lieu sur le piézomètre 09ex0018 (PF 21) le 01/12/09 entre 10h et 19h, alors qu'il n'y a pas eut de grosse pluie à cette période (Graph.17).

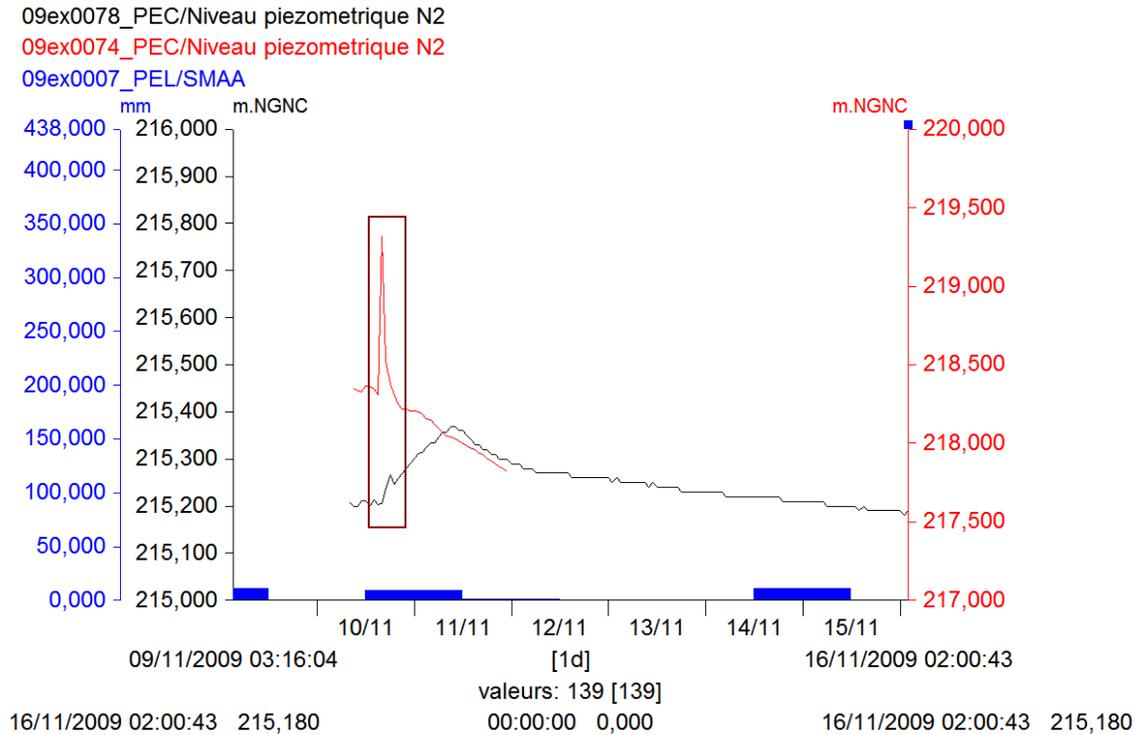


**Graphique 17: Augmentation de la profondeur piézométrique sur le piézomètre 09ex0018 le 01/12/09**

Cette augmentation n'apparaît pas sur le PEC de la même plateforme du piézomètre 09ex0018 (PF 21) mais elle a été enregistrée sur les plateformes 1 et 2. Il avait été conclu, pour ces dernières plateformes, à une recharge de la nappe. Ceci semble être également le cas pour l'aquifère saprolitique au niveau du piézomètre 09ex0018 (PF 21).

Ce comportement ne semble donc pas être anormal.

- Un petit pic étrange est remarqué le 10/11/09 de 16h à 18h sur le piézomètre 09ex0074 (PF 22) et à la même date, de 15h à 21h sur le piézomètre 09ex0078 (PF 25) (Graph.18).

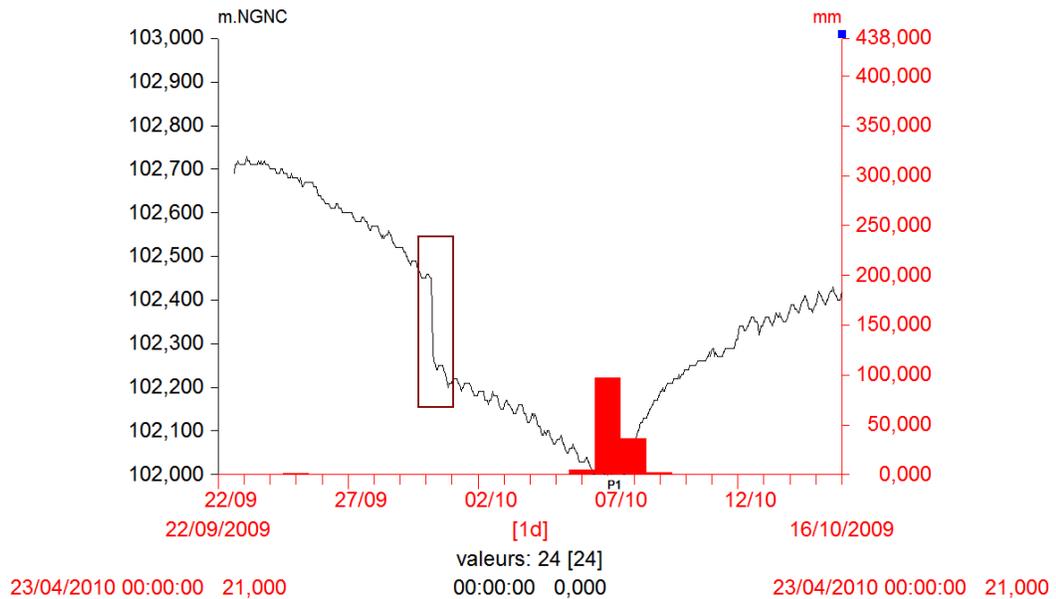


**Graphique 18: Petits pics observés le 10/11/09 sur les piézomètres 09ex0074 et 09ex0078**

Etant présent sur deux piézomètres, situés tous les deux dans l'aquifère saprolitique, ce comportement semble donc normal.

- Une petite diminution est observée sur le piézomètre 09ex0038 (PF 17) le 30/09/09 de 4h30 à 9h30 (Graph.19). Ce signal a été comparé à ceux des plateformes alentours (PF 4, PF 2 et PF 8) mais aucune correspondance n'a pu être établit. Ce comportement semble donc anormal et est noté au niveau du contrôle des données comme incertain.

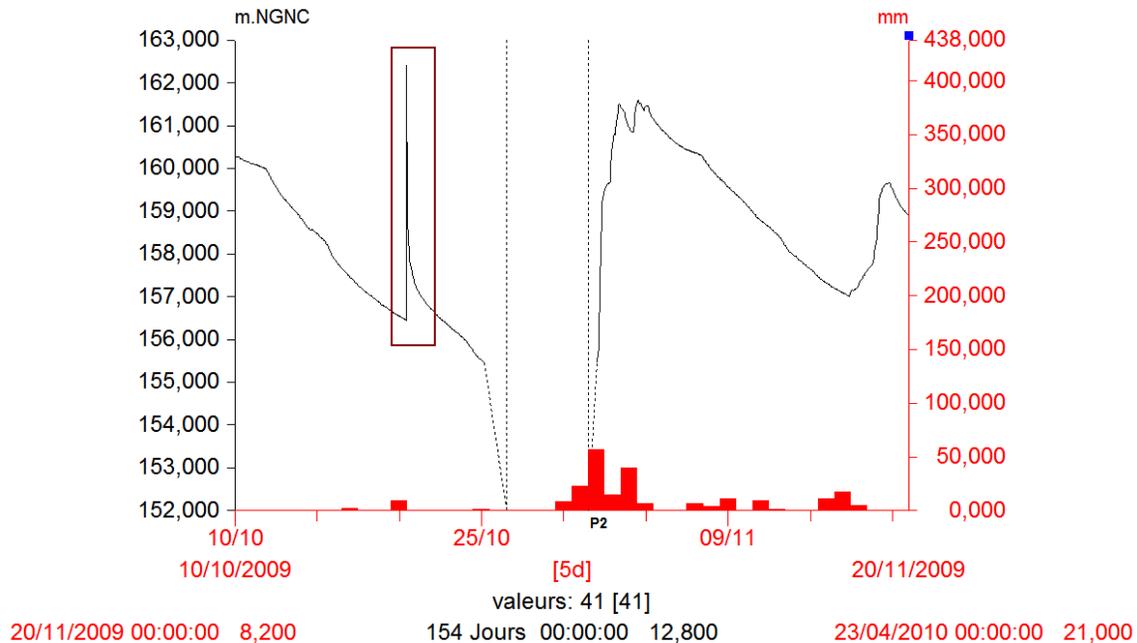
09ex0038\_PEL/Niveau piézométrique N2  
 09ex0007\_PEL/SMAA



**Graphique 19: Diminution brutale de la profondeur piézométrique le 30/09/09 sur le piézomètre 09ex0038**

- Une importante augmentation de la profondeur piézométrique est notée le 20/10/09 à 10h sur le piézomètre 09ex0041 (PF 17) (Graph. 20).

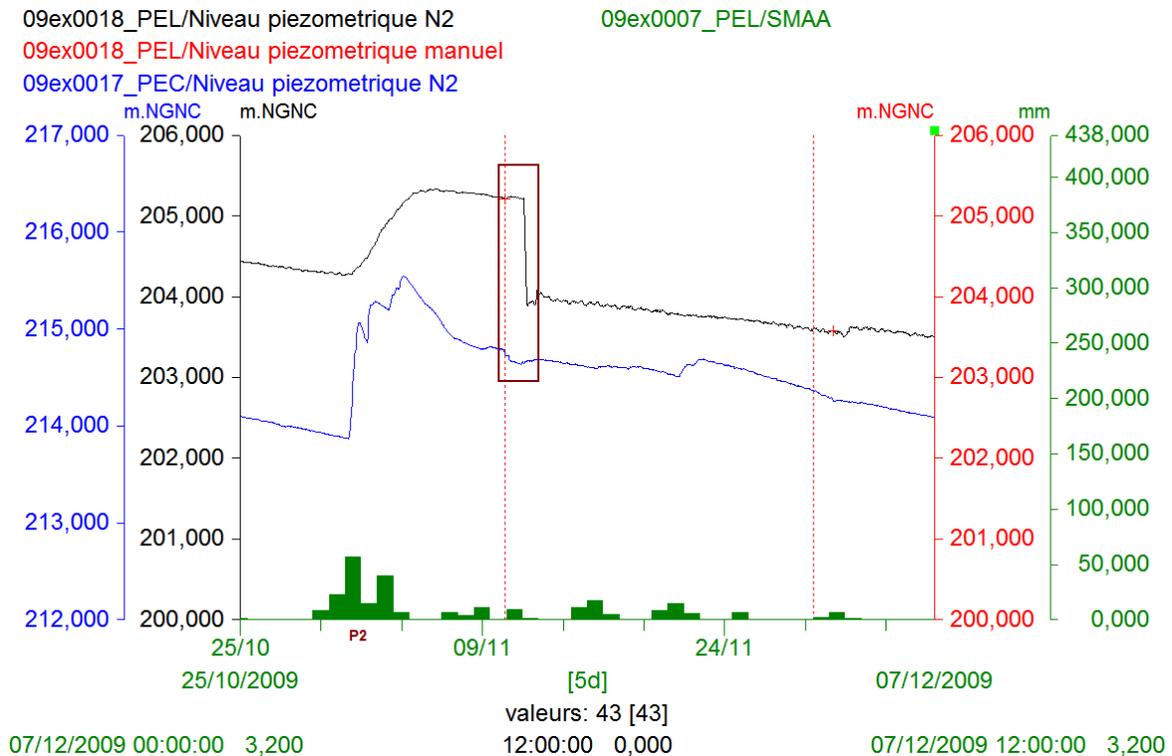
09ex0041\_PEC/Niveau piézométrique N2  
 09ex0007\_PEL/SMAA



**Graphique 20: Importante augmentation de la profondeur piézométrique le 20/10/09 à 10h sur le piézomètre 09ex0041**

Cette augmentation a été comparée au PEC de la plateforme 17 (piézomètre 09ex0038), ainsi qu'aux plateformes alentours (PF 2, PF 4, PF 16 et PF 18 ; le signal piézométrique des plateformes 1 et 5 ne commençant pas avant le 10/11/09) mais aucuns piézomètres ne présentent d'augmentation à cette date.  
Ce comportement semble donc être anormal.

- Une grosse diminution du signal piézométrique est remarquée le 11/11/09 de 14h à 18h sur le piézomètre 09ex0018 (PF 21) (Graph.21).



**Graphique 21: Diminution importante de la profondeur piézométrique le 11/11/09 sur le piézomètre 09ex0018**

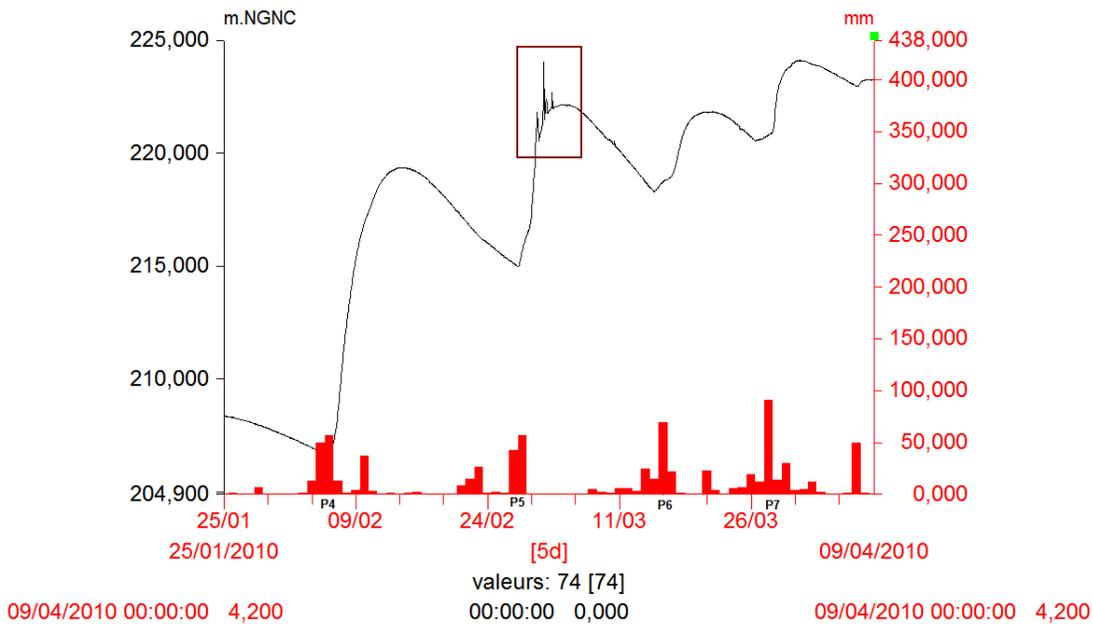
Aucune comparaison n'a pu être effectuée avec d'autres piézomètres car de nombreuses sondes ont été installées tardivement dans cette zone, et relever qu'à partir du 10/11/09. Pour les autres signaux piézométriques, la diminution à cette période est progressive. Une petite diminution plus brutale est également notée sur le piézomètre 09ex0017 (PF 20) mais sans que celle-ci soit considérée comme vraiment anormal.

La courbe du piézomètre 09ex0018 (PF 21) est pourtant bien calée par rapport aux mesures manuelles. Cette chute soudaine de la profondeur pourrait être due à une décharge de l'aquifère saprolitique comme cela a été conclut pour le même piézomètre le 01/12/09 entre 10h et 19h. Cependant, comme aucune comparaison n'a pu être établie, cette diminution de la profondeur piézométrique doit être classée comme incertaine.

- De nombreux petits pics sont présents du 01/03/10 au 10/03/10 sur le signal piézométrique du 09ex0070 (PF 22). La courbe étant « lisse » partout ailleurs ces pics semblent surprenants (Graph.22).

09ex0070\_PEL/Niveau piézométrique N2

09ex0007\_PEL/SMAA



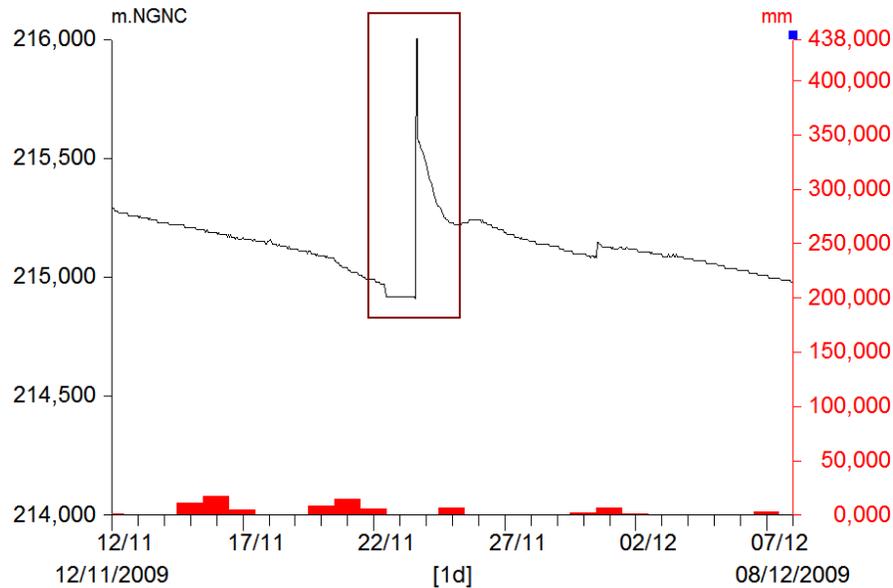
**Graphique 22: Nombreux pics étranges aux environs du 05/03/10 sur le piézomètre 09ex0070**

Ce signal a été comparé à celui des piézomètres des plateformes 19, 22 et 25 mais aucune augmentation de ce genre n'a été retrouvée. Ces pics semblent donc anormaux.

- Le signal piézométrique du piézomètre 09ex0078 (PF 25) présente un comportement étrange du 22/11/09 à 11h au 24/11/09 à 21h avec un pic précédé d'un replat (Graph.23).

09ex0078\_PEC/Niveau piézométrique N2

09ex0007\_PEL/SMAA



08/12/2009 00:00:00 214,978

valeurs: 624 [624]

00:00:00 0,000

08/12/2009 00:00:00 214,978

**Graphique 23: Signal piézométrique étrange aux environs du 23/11/09 sur le piézomètre 09ex0078**

Ce signal a été comparé aux piézomètres des plateformes 19, 22 et 25 mais aucune correspondance n'a pu être établie.

Ce comportement ne semble donc pas normal.

Un tableau recense toutes les corrections effectuées sous Hydras 3 suite aux repérages des comportements anormaux qui n'ont pu être expliqués (Tbl.19) :

N° plateforme	Piézomètre	Problème	Correction	Date	Niveau de contrôle de la données
17	09ex0038	Diminution anormal du signal		30/09/09 de 4h30 à 9h30	inco
17	09ex0041	Augmentation anormal du signal	Données effacées	20/10/09 10h au 21/10/09 8h	inco
			Translation	21/10/09 8h au 25/10/09 4h	inco
21	09ex0018	Diminution anormal du signal		11/11/09 de 14h à 18h	inco
22	09ex0070	Petit pic étrange car courbe lisse partout ailleurs	Données effacées	01/03/10 de 13h à 19h	inco
		Petit pic étrange car courbe lisse partout ailleurs	Données effacées	02/03/10 de 7h à 11h	inco
		Petit pic étrange car courbe lisse partout ailleurs	Données effacées	02/03/10 de 11h à 19h	inco
		Petit pic étrange car courbe lisse partout ailleurs	Données effacées	03/03/10 de 7h à 10h	inco
		Petit pic étrange car courbe lisse partout ailleurs	Translation individuelle	10/03/10 à 11h	inco
25	09ex0078	Courbe à comportement étrange avec un pic et replat	Données effacées	22/11/09 11h au 24/11/09 21h	inco

**Tableau 19: Recensement des corrections effectuées sous Hydras 3 suite à l'analyse détaillée du signal piézométrique par rapport à la pluviométrie**

### 3.2.2.4 Le suivi piézométrique : Niveau 3

Un fichier de suivi piézométrique est créé pour chacun des piézomètres. Les niveaux 0, 1 et 2 ont été expliqués auparavant.

Un niveau 3, ayant la même configuration que le niveau 2, est créé sur ces mêmes fichiers excel et fait la synthèse de l'analyse détaillée, accomplie précédemment (comparaison des piézomètres par rapport à la pluviométrie, aux PEL/PEC de même plateforme et des plateformes alentours). Plusieurs étapes sont nécessaires à la réalisation de ce niveau 3.

Tout d'abord, les comportements anormaux sont corrigés sous Hydras 3 (Tbl.19) et les données sont de nouveau exportées. Concernant les signaux piézométriques des piézomètres 09ex0018 (PF 21) et 09ex0038 (PF 17), ceux-ci n'ont pu être corrigés car les courbes sont continues, bien calées par rapport aux mesures manuelles et il est donc difficile de les ajuster autrement.

Ensuite, une macro a été réalisée. Elle a pour but de recréer les plages de données manquantes ; d'attribuer à ces plages de données une date, une heure et une valeur aléatoire ; puis de les classer dans le « niveau de contrôle des données » comme incorrecte (inco).

Par la suite, les tableaux recensant toutes les corrections effectuées sous Hydras 3 (Tbl.18 et 19) sont utilisés afin de compléter la colonne « niveau de contrôle des données ». Voici ci-dessous un exemple de niveau 3 sans le suivi des piézomètres (Tbl.20). Les valeurs en vert sont correctes, celles en orange sont incertaines et celles en rouge sont incorrectes.

Date	Heure	Profondeur piézométrique calculé à partir des valeurs mesurées par la sonde	E Profondeur piézométrique calculé à partir des valeurs mesurées par la sonde	Moyenne mesures manuelles : M	E Moyennes mesures manuelles: M	Dérive calculée	Niveau de contrôle de la donnée
		m.NGNC	cm	m.NGNC	cm	Centimètres	
19/10/2009	5:00	156,750	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	6:00	156,730	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	7:00	156,720	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	8:00	156,710	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	9:00	156,700	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	10:00	156,690	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	11:00	156,680	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	12:00	156,670	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	13:00	156,650	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	14:00	156,650	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	15:00	156,630	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	16:00	156,630	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	17:00	156,610	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	18:00	156,610	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	19:00	156,600	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	20:00	156,580	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	21:00	156,570	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	22:00	156,560	+3 cm		+/-1cm		c
19/10/2009	23:00	156,560	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	0:00	156,550	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	1:00	156,540	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	2:00	156,530	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	3:00	156,520	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	4:00	156,510	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	5:00	156,500	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	6:00	156,490	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	7:00	156,490	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	8:00	156,470	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	9:00	156,460	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	10:00	156,450	+3 cm		+/-1cm		c
20/10/2009	11:00	156,444	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	12:00	156,437	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	13:00	156,431	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	14:00	156,425	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	15:00	156,418	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	16:00	156,412	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	17:00	156,405	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	18:00	156,399	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	19:00	156,393	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	20:00	156,386	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	21:00	156,380	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	22:00	156,374	+3 cm		+/-1cm		ino
20/10/2009	23:00	156,367	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	0:00	156,361	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	1:00	156,355	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	2:00	156,348	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	3:00	156,342	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	4:00	156,335	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	5:00	156,329	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	6:00	156,323	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	7:00	156,316	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	8:00	156,310	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	9:00	156,280	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	10:00	156,250	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	11:00	156,230	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	12:00	156,210	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	13:00	156,190	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	14:00	156,170	+3 cm		+/-1cm		ino
21/10/2009	15:00	156,150	+3 cm		+/-1cm		ino

Tableau 20: Niveau 3 du piézomètre 09ex0041

Pour terminer, trois autres onglets sont conçus. Le premier onglet retrace à nouveau un graphique au niveau 3 ; le deuxième onglet reprend le tableau de l'ensemble des corrections effectuées sous Hydras 3 (Tbl.21) (ce tableau est également présent au niveau du suivi de

chaque piézomètre au mois d'Avril, voir Annexe CD) ; le troisième onglet correspond aux indicateurs de performance. Ainsi, suivant le nombre de données, un pourcentage des valeurs correctes (« c »), incertaines (« ince ») et incorrectes (« inco ») est calculé (Tbl.22).

Correction dérive			
Date de correction	Type de correction	Date	Correction appliquée
10/03/2010	Effacer	28/11/09 17h au 02/12/09 13h	Données effacées
	Effacer	12/12/09 3h au 10/01/10 17h	Données effacées
	Effacer	21/01/10 17h au 05/02/10 15h	Données effacées
	Effacer	25/09/09 13h45 au 25/09/09 17h45	Données effacées
	Effacer	01/10/09 14h45 au 07/10/09 9h45	Données effacées
	Effacer	25/10/09 4h au 01/11/09 1h	Données effacées
07/06/2010	Effacer	20/10/09 10h au 21/10/09 8h	Données effacées
	Translation	21/10/09 8h au 25/10/09 4h	-0,7

Tableau 21: Ensemble des corrections de dérives effectuées sous Hydras 3 pour le piézomètre 09ex0041

	Codes	
Pourcentage de valeur Correcte:	Corr	68,68%
Nombre de valeurs Correctes:	c	3482
Pourcentage de valeur Incertaine:	Ince	1,79%
Nombre de valeurs Incertaines:	Ince	91
Pourcentage de valeur Incorrecte:	Inco	29,53%
Nombre de valeurs Incorrectes:	Inco	1497
Pourcentage de valeur Non Qualifié:	NonQ	0,00%
Nombre de valeur Non Qualifiées:	NonQ	0
Nombre total de mesure:		5070

Tableau 22: Tableau d'indicateurs de performance du piézomètre 09ex0041

### 3.3. La limnimétrie

#### 3.3.1 Analyse des mesures de débit sur les différentes sections de jaugeage

Comme cela a été dit dans les paragraphes concernant les bilans du suivi limnimétrique, EMR a en charge de réaliser des mesures de débit sur trois sections lors des missions mensuelles (sur KO5, KN1 Source et KN1) et sur 14 sections durant les missions trimestrielles (les points Confluence\_KO5 et K1 ont été rajoutés en Mars par rapport à la trimestrielle de Décembre).

Les jaugeages s'effectuant dans le lit du cours d'eau, seules des mesures de moyennes et basses eaux ont été réalisées. Les mesures de débit se faisant à l'aide d'un micromoulinet, il n'est donc pas envisageable, pour des raisons de sécurité, d'effectuer des mesures de débit en période de hautes eaux.

Le suivi limnimétrique ayant commencé en Octobre 2009, 7 missions mensuelles et 2 missions trimestrielles ont été accomplies.

Un protocole de jaugeage a été mis en place début 2010 afin d'optimiser les missions avant, pendant et après les jaugeages. Des feuilles de jaugeage sont conçues lors de chaque mesure de débit. En voici un exemple ci-dessous (Fig.7). Les autres feuilles sont situées dans le suivi limnimétrique de chaque mois présent en annexe sur le CD ci-joint.

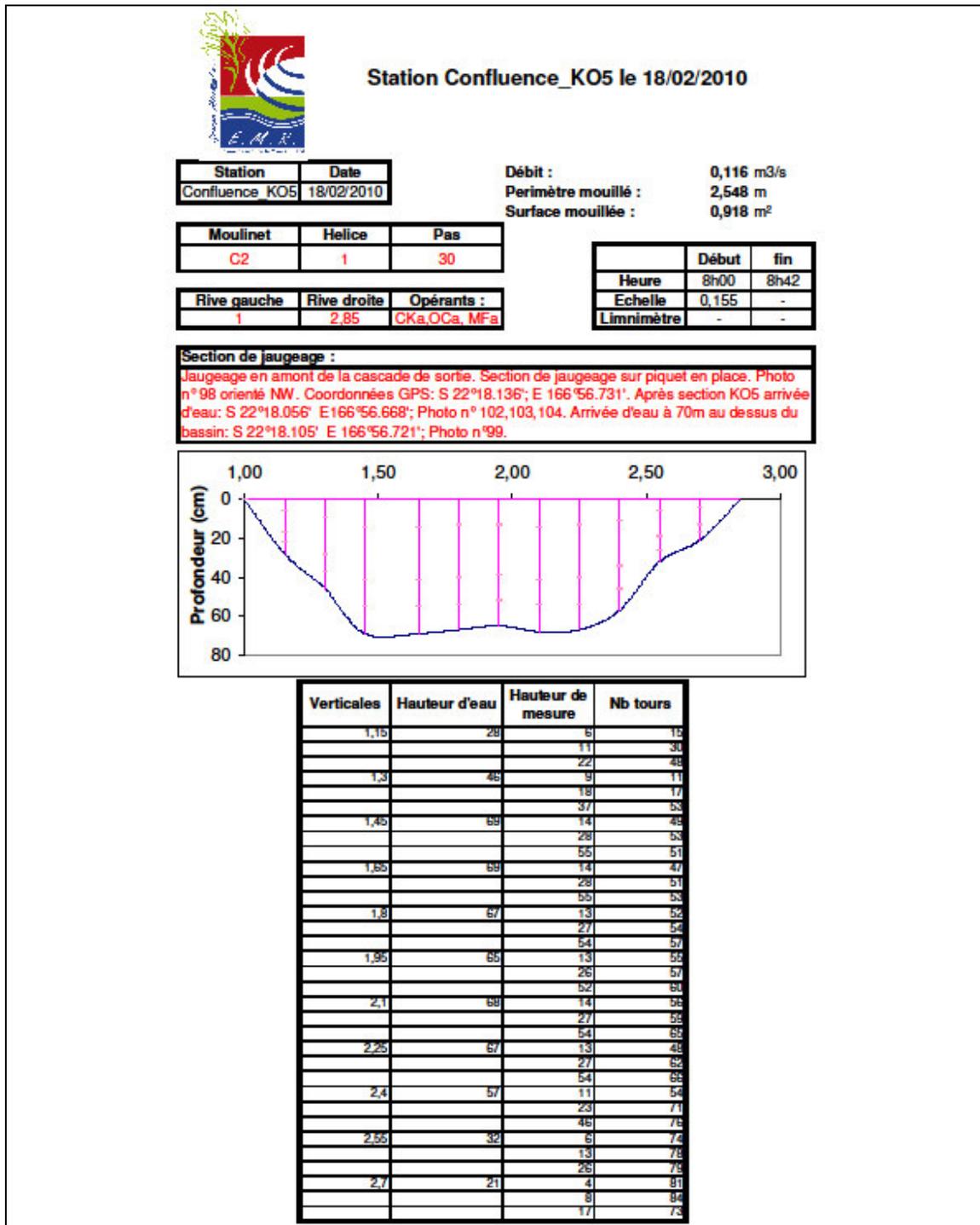
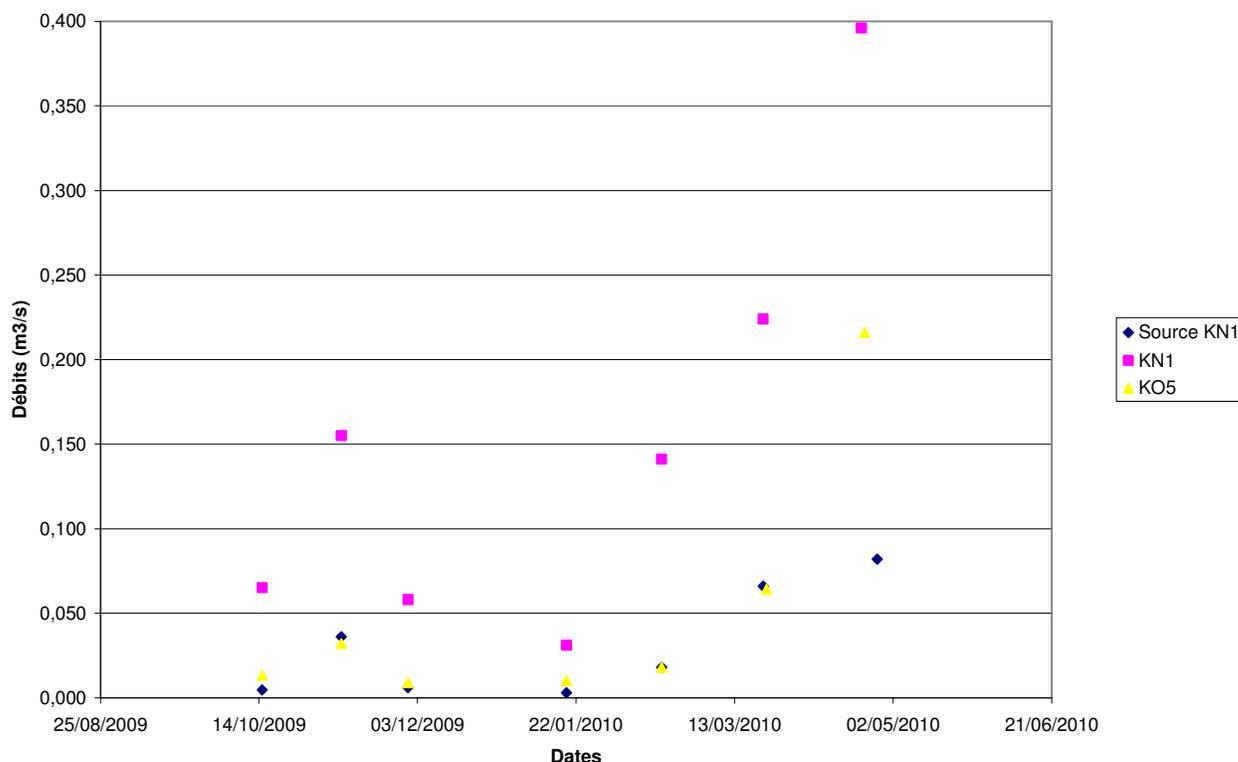


Figure 6 : Feuille de jaugeage de la section Confluence\_KO5 en Février 2010

Afin d'interpréter les débits mesurés durant ces 7 mois, des graphiques et des cartes ont été élaborés. Tout d'abord, l'évolution du débit sur les trois sections mensuelles permet d'être analysé par le graphique ci-dessous (Graph.24) :



**Graphique 24 : Evolution du débit en fonction du temps sur les trois sections mensuelles Source KN1, KN1 et KO5**

Trois points sont à noter.

Premièrement, les trois sections suivent une évolution semblable avec des augmentations et des diminutions aux mêmes périodes de temps.

Deuxièmement, nous constatons une augmentation du débit de l'amont (Source\_KN1) vers l'aval (KN1) ce qui est cohérent.

Troisièmement, les points KO5 et Source KN1 ont des débits semblables ce qui est assez surprenant étant donné que les deux sections sont situées sur des rivières différentes et pas au même niveau : Source KN1 est située à la source de la rivière Kwé Nord et KO5 à l'exutoire de la rivière Kwé Ouest 5 (Fig.8) :

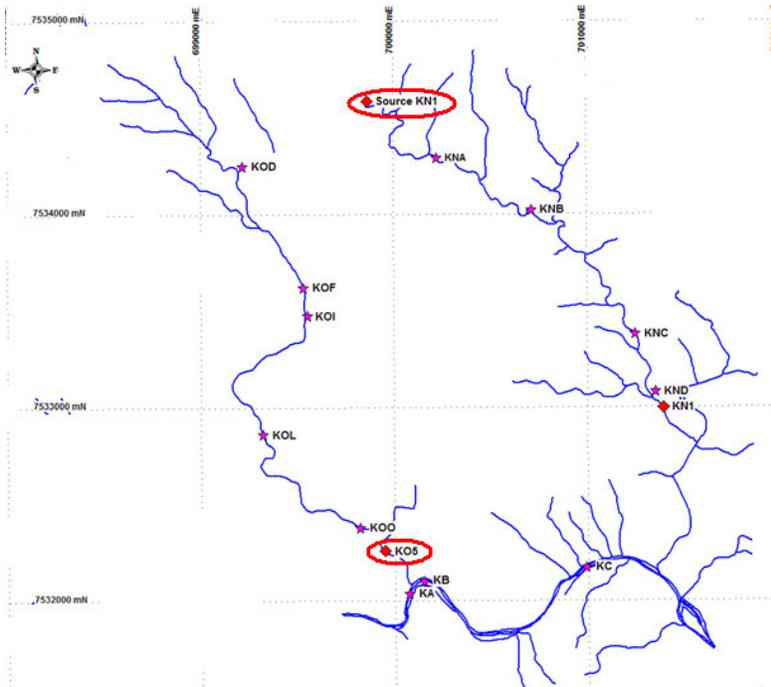
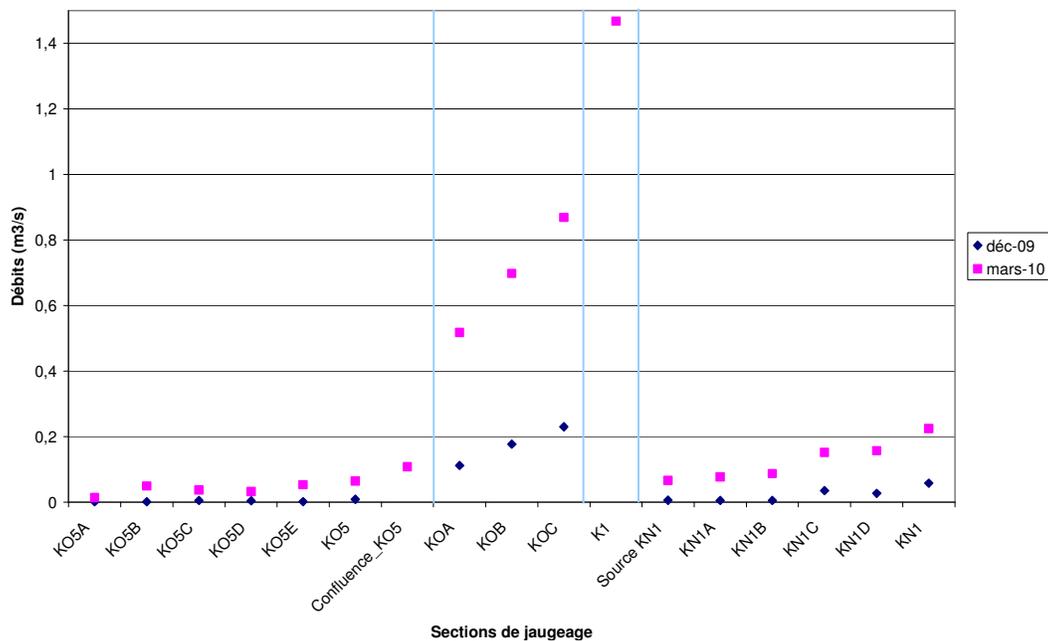


Figure 7 : Localisation des sections KO5 et Source KN1

Nota : les débits de KO5 et KN1 ne sont pas les mêmes au mois d'Avril car ils n'ont pas été faits en même temps. En effet, la route pour aller à KN1 était inaccessible en voiture car l'accès au site était trop boueux. Par conséquent, il a fallu attendre la semaine suivante pour que la route soit de nouveau praticable et que KN1 puisse être jaugé.

Un second graphique illustre l'évolution du débit lors des missions trimestrielles suivant les différentes rivières (Graph.25).



Graphique 25: Evolution du débit en Décembre\_09 et Mars\_10 suivant les différentes rivières

L'analyse de ce graphique permet de noter plusieurs points :

- Une graduation progressive des débits de l'amont vers l'aval existe, ce qui est cohérent.
- Les débits mesurés en Décembre et Mars présentent la même évolution, avec des débits plus importants pour Mars que pour Décembre. Ceci est normal puisque la mission de Mars s'est faite en moyennes eaux alors que celle de Décembre s'est faite en basses eaux.
- La Kwé Ouest 5 est la rivière au débit le moins important et la Kwé Ouest et la Kwé les rivières au débit le plus important. Ces deux rivières étant alimentées par plusieurs affluents, il est logique qu'elles affichent les plus importants débits. De plus, la nette augmentation de débit entre KOA et KOC permet de dire qu'il ne semble pas y avoir de perte à ce niveau.
- La Kwé Nord a un débit plus important que la Kwé Ouest 5. Un traçage réalisé en Mai 2010 montre l'existence d'une relation entre la Plaine des Lacs et Source\_KN1 (cf. Fig.1). La Plaine des Lacs alimenterait KN1 ce qui expliquerait un débit plus important au niveau de cette rivière, par rapport à la Kwé Ouest 5.

Nota : Entre Décembre et Mars les sections ont changées de noms et certaines ont changé d'emplacement. Ceci n'a pas été pris en compte pour le graphique ci-dessus et les autres à venir.

Des cartes présentant le bilan hydrométrique des missions trimestrielles de Décembre (Fig.9) et de Mars (Fig.10) ont également été réalisées.

Le code couleur suivant a été utilisé :

- en bleu : le débit (en L/s),
- en vert : le pourcentage de débit par rapport aux exutoires des différentes rivières.

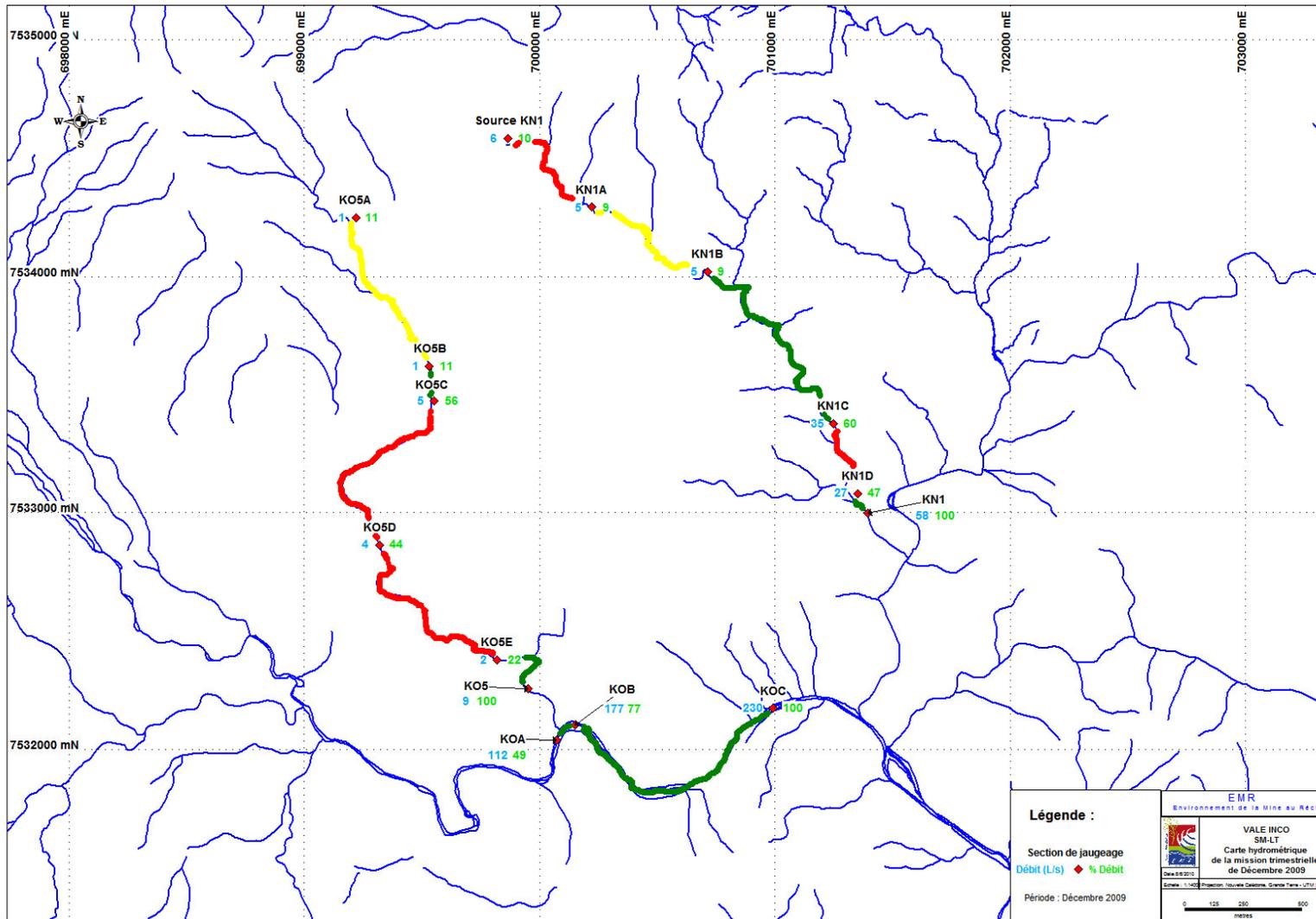


Figure 8 : Bilan hydrométrique des jaugeages réalisés en Décembre 2009

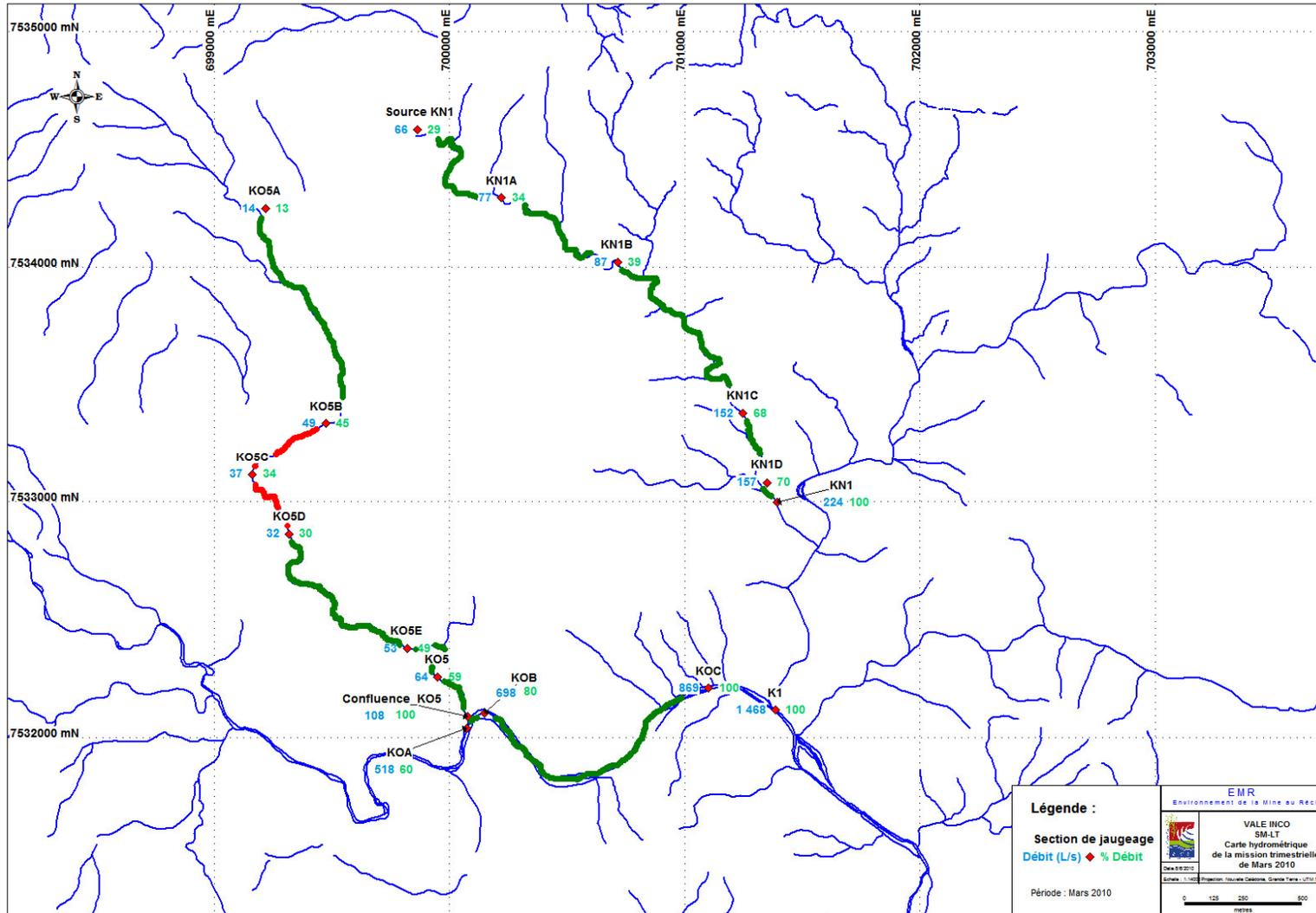


Figure 9: Bilan hydrométrique des jaugeages réalisés en Mars 2010

Basé sur les données de débit réalisées lors des missions trimestrielles, les deux figures ci-dessus permettent d'identifier les zones d'apport d'eau de la nappe :

- en vert : apport de la nappe,
- en jaune : équilibre entre la nappe et la rivière,
- en rouge : perte par infiltration.

De manière générale, il apparaît nettement qu'il existe des zones où les apports de la nappe phréatique sont conséquents (augmentation importante du débit et du pourcentage sur une zone). Ceci est le cas pour la section KOA-KOC. D'un autre côté, il existe des zones où ces augmentations sont nulles (entre KN1A et KN1B pour Décembre) voir négatives, ce qui correspond à une infiltration des eaux (entre KO5C et KO5E pour Décembre).

Par rapport à Mars où les rivières sont alimentées sur toute leur longueur par la nappe phréatique, excepté entre KO5B et KO5D où il y a une infiltration ; en Décembre, beaucoup de sections sont en équilibre (entre KO5A et KO5B et entre KN1A et KN1B) ou en perte (entre KO5C et KO5E, entre Source KN1 et KN1A et entre KN1C et KN1D).

Suivant les périodes de basses eaux et de moyennes eaux, les rivières ont donc des comportements différents.

Il serait bien de continuer les missions trimestrielles afin d'obtenir davantage de données en basses et moyennes eaux et voir ainsi si les rivières se comportent toujours de la même manière.

Nota : Contrairement aux graphiques ci-dessus, les sections de jaugeage ont gardé le même nom entre Décembre et Mars dans un souci de meilleur compréhension, mais les coordonnées d'origine de Décembre et Mars ont été conservées.

### **3.3.2 Analyse des mesures physico-chimiques sur les différentes sections de jaugeage**

Outre la partie quantitative définie par les jaugeages, d'autres résultats peuvent être obtenues grâce aux mesures physico-chimiques in situ réalisées sur le terrain.

Les paramètres suivis lors des missions sont la conductivité, la température et le pH. Ces mesures sont réalisées au même moment que les jaugeages. Un tableau récapitulant l'ensemble des paramètres entre Octobre et Avril est présent ci-dessous (Tbl.23).

Nom du site	Date	Heure	Débit (m3/s)	Paramètres physico-chimiques in situ			
				pH	t °C (pH)	Cond (µS/cm)	t °C (cond.)
Source KN1	15/10/2009	07h20	0,005	6,83	20,70	92,70	20,70
Source KN1	Seconde prise de mesure			6,82	20,70	92,80	20,70
KN1	15/10/2009	08h25	0,065	7,14	21,70	113,60	21,70
KN1	Seconde prise de mesure			7,13	21,70	113,50	21,70
KO5	15/10/2009	14h45	0,013	5,64	26,20	61,30	26,20
KO5	Seconde prise de mesure			5,69	26,20	61,30	26,20
Source KN1	09/11/2009	13h32	0,036	7,54	20,80	59,40	20,80
Source KN1	Seconde prise de mesure			7,52	20,80	59,40	20,80
KN1	09/11/2009	15h00	0,155	7,80	22,50	92,30	22,50
KN1	Seconde prise de mesure			7,77	22,50	92,10	22,50
KO5	09/11/2009	16h20	0,032	7,00	23,00	49,80	23,00
KO5	Seconde prise de mesure			6,96	23,00	49,90	23,00
Source KN1	30/11/2009	13h25	0,006	7,83	22,1	90,3	22,1
Source KN1	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KN1	30/11/2009	18h10	0,058	-	-	-	-
KN1	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5	30/11/2009	13h	0,009	6,58	28	58,5	28
KO5	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KN1A	30/11/2009	14h20	0,005	8,11	28,1	80,2	28,1
KN1A	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KN1B	30/11/2009	15h20	0,005	7,4	23,4	110,9	23,4
KN1B	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KN1C	30/11/2009	16h40	0,035	6,88	23,5	111,6	23,5
KN1C	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KN1D	30/11/2009	17h30	0,027	8,1	23,6	106,7	23,6
KN1D	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5A	30/11/2009	7h50	0,001	7,6	21,9	106	21,9
KO5A	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5B	30/11/2009	9h00	0,001	6,77	25,7	116,7	25,7
KO5B	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5C	30/11/2009	9h25	0,005	6,35	26,8	41,7	26,8
KO5C	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5D	30/11/2009	10h50	0,004	6,62	25,8	34,8	25,8
KO5D	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KO5E	30/11/2009	12h20	0,002	6,44	28,9	35,9	28,9
KO5E	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KOA	30/11/2009	13h45	0,112	-	-	-	-
KOA	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KOB	30/11/2009	14h45	0,177	-	-	-	-
KOB	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
KOC	30/11/2009	15h45	0,23	8,02	-	106,80	-
KOC	Seconde prise de mesure			-	-	-	-
Source KN1	19/01/2010	08:45	0,003	6,71	20,50	101,00	21,40
Source KN1	Seconde prise de mesure			6,69	20,50	100,90	21,40
KN1	19/01/2010	11:13	0,031	7,36	23,80	128,60	24,70
KN1	Seconde prise de mesure			7,25	23,70	128,20	24,50
KO5	19/01/2010	13:30	0,01	5,78	28,10	78,00	28,40
KO5	Seconde prise de mesure			5,20	27,40	-	-
Source KN1	18/02/2010	12:35	0,018	5,90	20,60	84,60	21,60
Source KN1	Seconde prise de mesure			5,85	20,60	84,60	21,60
KN1	18/02/2010	13:35	0,141	6,27	26,20	129,40	27,20
KN1	Seconde prise de mesure			6,26	26,20	129,50	27,10
KO5	18/02/2010	10:10	0,02	5,86	23,00	66,40	24,10
KO5	Seconde prise de mesure			5,66	23,10	66,30	24,10
Confluence_K05	18/02/2010	08:00	0,12	6,55	20,90	101,00	21,90
Confluence_K05	Seconde prise de mesure			6,34	21,00	101,00	22,00
Source KN1	22/03/2010	10:45	0,066	7,04	21,9	63,5	22
Source KN1	Seconde prise de mesure			7,03	21,9	63,5	22
KN1	22/03/2010	17:45	0,224	7,72	23,3	105,2	23,5
KN1	Seconde prise de mesure			7,75	23,3	105,2	23,5
KO5	23/03/2010	14:45	0,064	7,11	26,8	66,3	26,7
KO5	Seconde prise de mesure			7,11	26,7	66,4	26,7
Confluence_K05	23/03/2010	15:43	0,108	7,11	23,9	81,8	23,9
Confluence_K05	Seconde prise de mesure			7,11	23,9	81,8	23,9
KN1A	22/03/2010	13:10	0,077	7,36	23,2	68,7	23,4
KN1A	Seconde prise de mesure			7,4	23,2	68,7	23,4
KN1B	22/03/2010	14:10	0,087	7,17	23,4	87,6	24,6

Tableau 23: Bilan des mesures physico-chimiques in situ mesurées pendant le semestre

Des cartes physico-chimiques ont été réalisées lors des deux missions trimestrielles afin d'illustrer les différents paramètres physico-chimiques le long des rivières (Fig.11 et 12).

Ces cartes permettent de tirer plusieurs tendances qui seront affinées par l'analyse des graphiques présentés ultérieurement.

Les paramètres représentés sont :

- en vert : la conductivité (en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ),
- en rouge : le pH,
- en bleu : la température (en  $^{\circ}\text{C}$ )

Nota : Comme pour les cartes hydrométriques, les sections de jaugeage ont gardé le même nom entre Décembre et Mars dans un souci de meilleur compréhension, mais les coordonnées d'origine de Décembre et Mars ont été conservées.

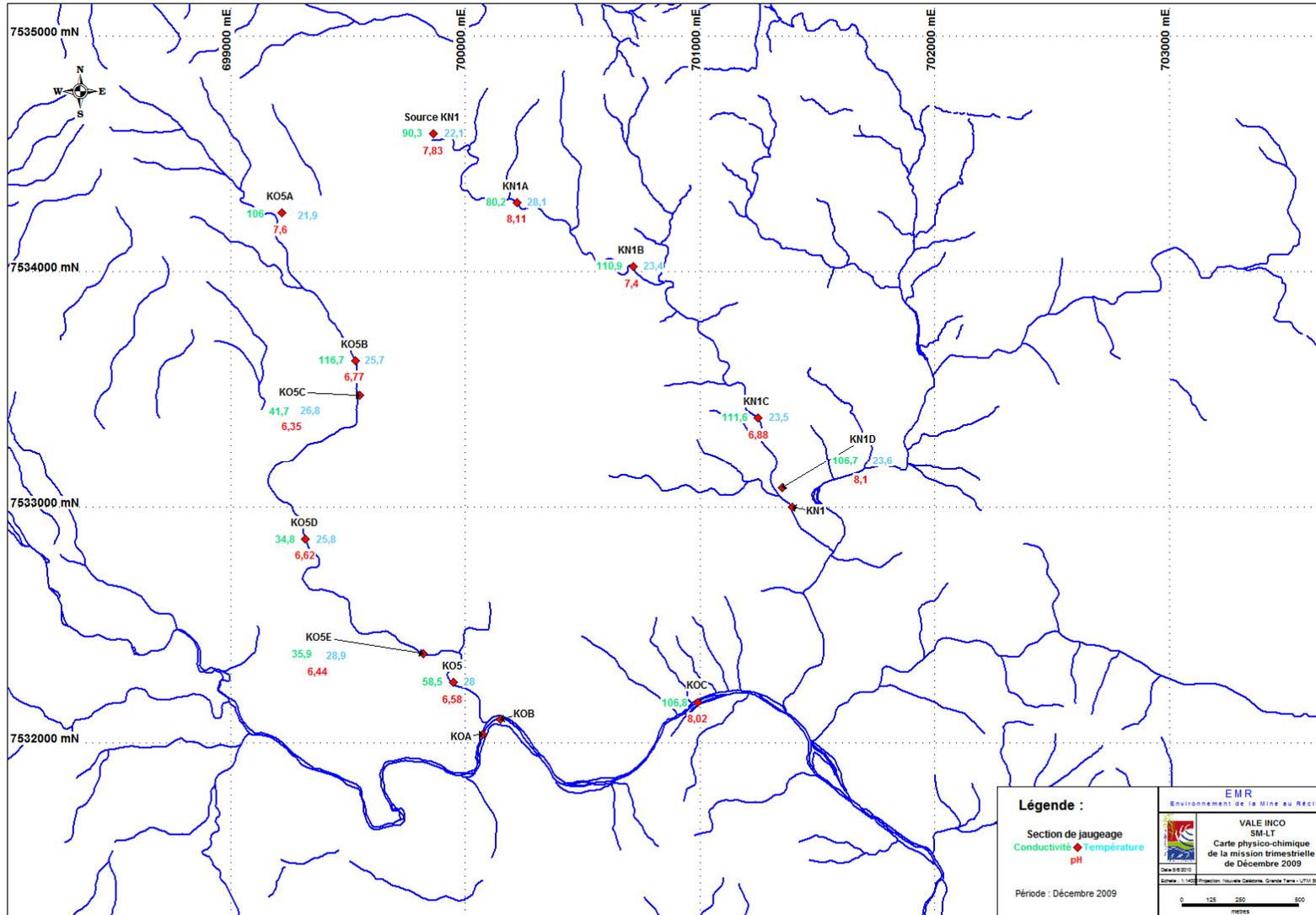


Figure 10: Bilan physico-chimique in situ réalisé sur les différentes rivières en Décembre 2009

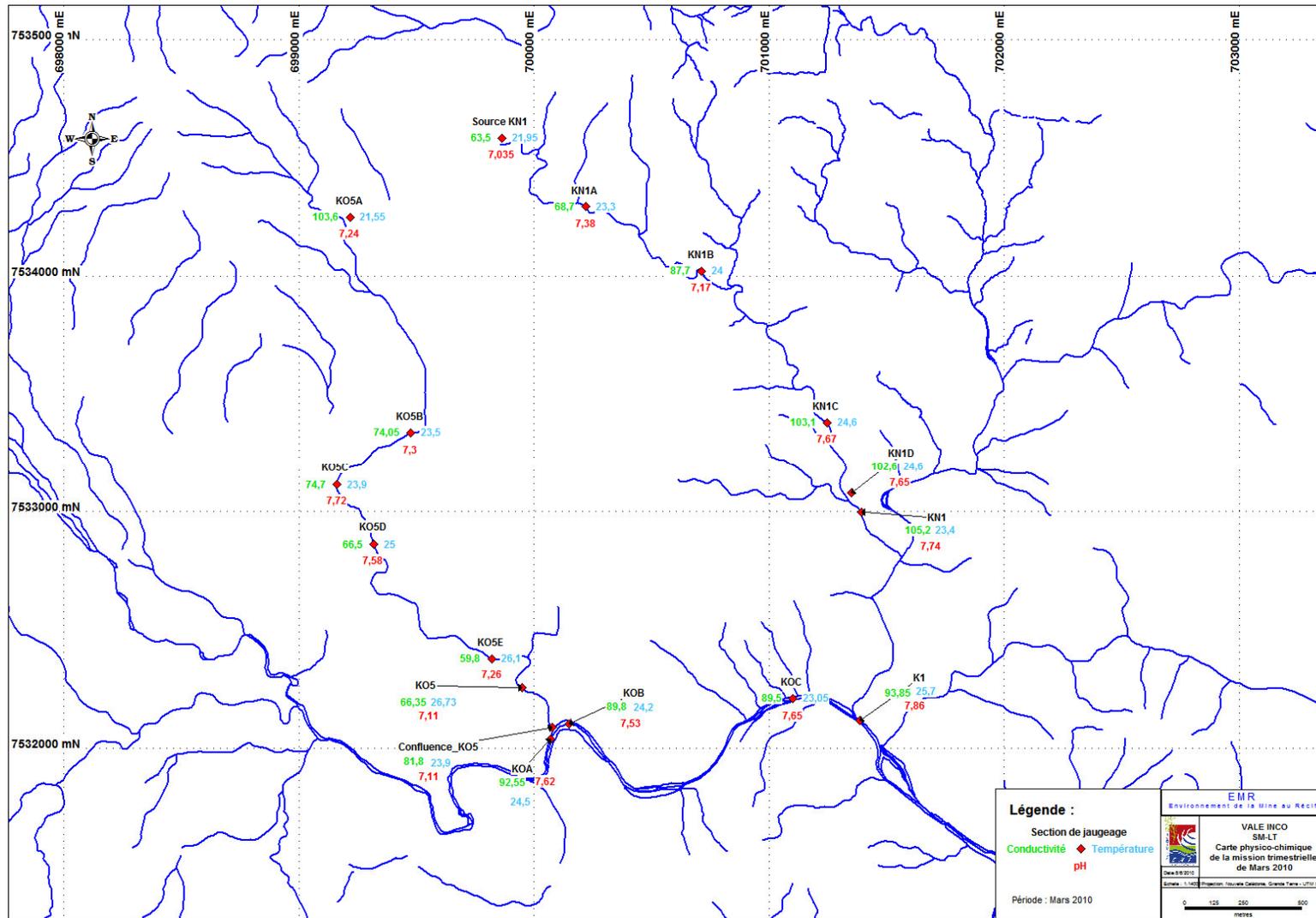
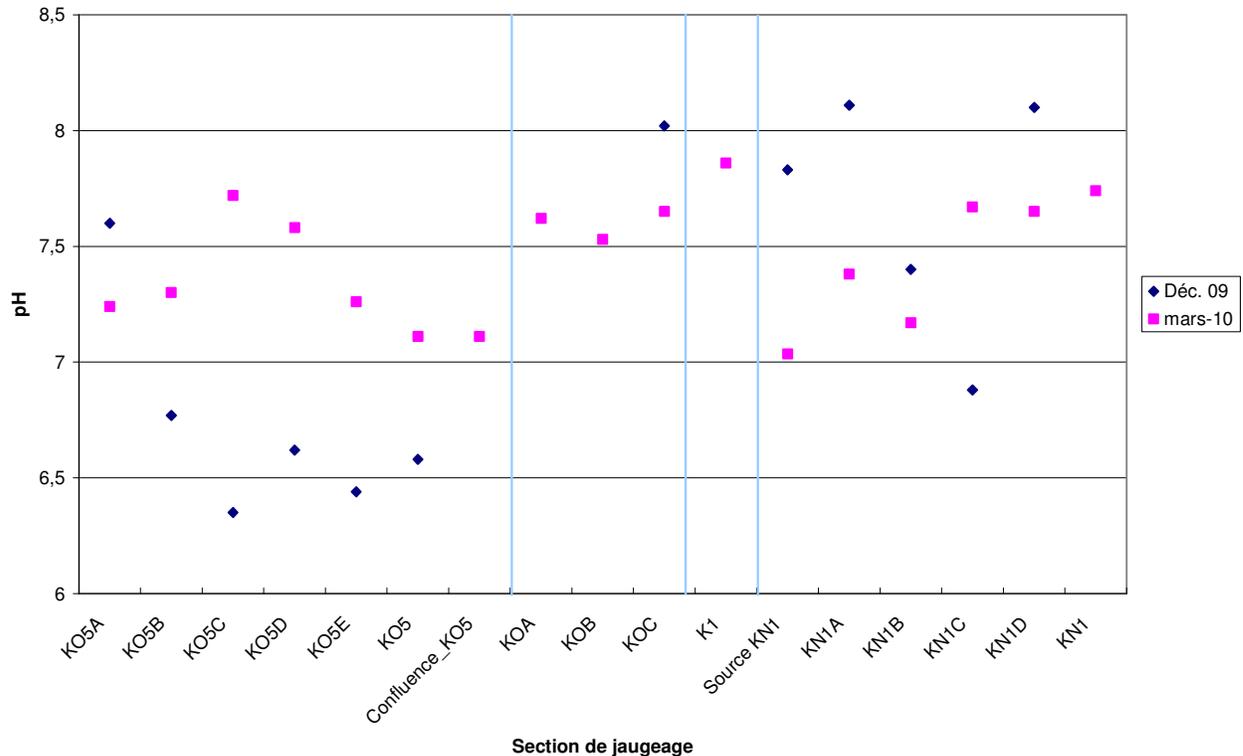


Figure 11: Bilan physico-chimique in situ réalisé sur les différentes rivières en Mars 2010

### 3.3.2.1 Bilan des mesures de pH

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer le caractère acide ou basique du milieu.



**Graphique 26: Evolution du pH en Décembre\_09 et Mars\_10 suivant les différentes rivières**

D'après le graphique ci-dessus (Graph.26) le pH évolue beaucoup en Décembre. Son minimum est de 6,35 sur KO5C et son maximum est de 8,11 sur KN1A. Les rivières peuvent donc prendre un caractère acide ou basique suivant les sections.

Un comportement « miroir » du pH est observé entre Décembre et Mars sur la Kwé Ouest 5 alors que sur la Kwé Nord, l'évolution du pH suit la même tendance.

### 3.3.2.2 Bilan des mesures de conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

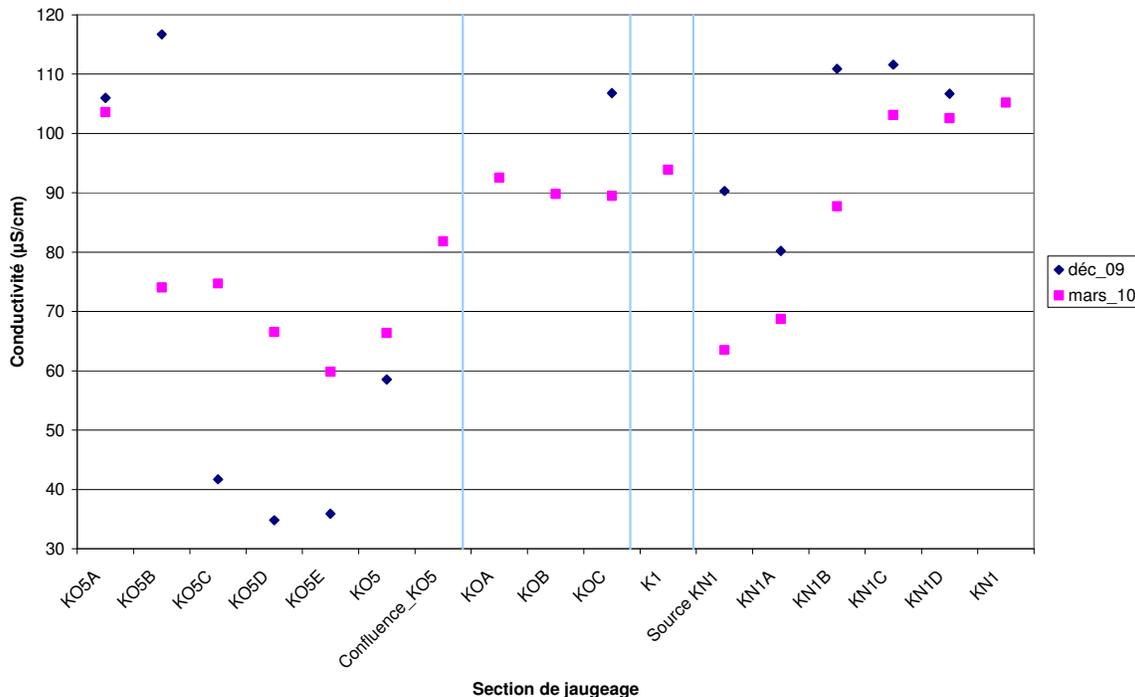
La conductivité de l'eau fournit une indication sur la qualité et la quantité de matières dissoutes dans l'eau.

La mesure de conductivité de l'eau dépend d'une large variété de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans les solutions d'eau. Les substances dissoutes communes sont le sodium, le chlorure, les sulfates, le calcium, le bicarbonate, les nitrates, les phosphates, le fer et le magnésium. Tous ces matériaux à certaines concentrations ont la capacité de porter un courant électrique.

Si la conductivité est un paramètre permettant de suivre une éventuelle pollution par variation à la hausse d'une des substances dissoutes, elle a aussi pour intérêt de permettre d'évaluer l'origine des eaux.

En effet, une eau de pluie possède une conductivité très faible. A mesure de son ruissellement et surtout de son infiltration dans le sol, elle se charge en éléments et voit donc sa conductivité augmenter.

Ainsi, une eau peu conductrice est une eau plutôt issue de ruissellement de surface tandis qu'une eau plus conductrice correspondra plutôt à de l'eau issue de la nappe phréatique.



**Graphique 27: Evolution de la conductivité en Décembre\_09 et Mars\_10 suivant les différentes rivières**

D'après le graphique ci-dessus (Graph.27), comme pour le pH, la conductivité évolue beaucoup plus en Décembre (Min = 34,8 µS/cm ; Max =116,7 µS/cm) qu'en Mars. (Min = 59,8 µS/cm ; Max =105,2 µS/cm).

D'autre part, la conductivité entre Décembre et Mars n'évolue pas de la même manière surtout entre KO5A et KO5B et entre Source KN1 et KN1A, où elles ont des comportements inverses.

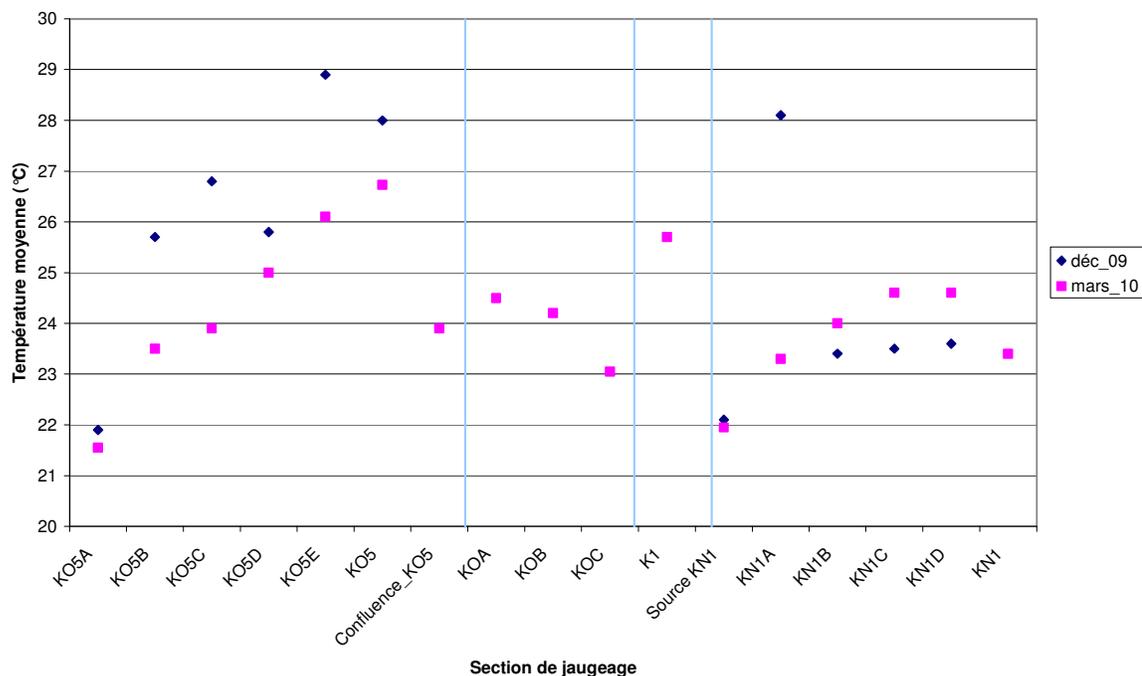
De plus, lors de la mission trimestrielle de Mars, la conductivité sur la Kwé Nord ne cesse d'augmenter de la source à l'exutoire. C'est donc une eau de plus en plus chargée en matières dissoutes. Vu ce qui est dit précédemment et si l'on compare par rapport au bilan hydrométrique de Mars, ceci est logique car la Kwé Nord serait alimentée par la nappe.

Suivant les valeurs de conductivité, la rivière Kwé Ouest 5 et la section Source KN1 – KN1A semblent plutôt être alimentées par des eaux de surface alors que la Kwé Ouest, la Kwé et la section KN1B – KN1 semblent être plutôt alimentées par des eaux profondes.

### 3.3.2.3 Bilan des mesures de températures (°C)

La température de l'eau est principalement influencée par les conditions météorologiques. En effet, pendant les périodes de sécheresse, où les apports d'eau de pluie sont réduits et les températures de l'air élevées, la température de l'eau aura tendance à augmenter.

Toutefois, la température de l'eau souterraine étant moins élevée que l'eau de surface, une baisse soudaine de la température le long d'un creek peut trahir la présence d'une résurgence.



**Graphique 28: Evolution de la température en Décembre\_09 et Mars\_10 suivant les différentes rivières**

D'après le graphique ci-dessus (Graph.28), comme pour le pH, la température évolue à peu près de la même manière en Décembre et Mars. Ceci semble logique puisque le pH est influencé par la pression et la température.

De plus, la température a tendance à augmenter de la source à l'exutoire pour les rivières Kwé Ouest 5 et Kwé Nord.

Par rapport à ce qui a été dit précédemment, ceci semble cohérent pour la Kwé Ouest 5. En effet, si cette rivière est alimentée par des eaux de surface, celles-ci auront une température plus élevée que les eaux profondes.

Par contre, ce n'est pas cohérent pour la Kwé Nord si celle-ci est réellement alimentée par des eaux de surfaces puis par des eaux souterraines : la température devrait diminuer progressivement. A moins que le système ne reçoive de la Plaine des Lacs une eau qui soit à l'équilibre chimique et thermodynamique avec l'encrassement.

Pour terminer, alors que pour les autres paramètres (pH et conductivité) la Kwé Ouest et la Kwé semblaient présenter une évolution continue, il n'en va pas de même pour la température qui affiche une nette hausse au passage de la Kwé. Pourtant, les sections environnantes (KOC et KN1) indiquent une diminution de la température. Il semblerait donc exister une source d'apport d'eau plus chaude au niveau de la Kwé. Cette hypothèse peut être vérifiée en analysant la composition chimique de l'eau qui devrait être nettement différente.

Pour conclure, afin d'étayer plus précisément ces propos, il serait bien de réaliser davantage de mesures afin de caractériser au mieux le milieu et en particulier les échanges possibles entre les rivières et les nappes.

### 3.4. Diagraphies

Des diagraphies de conductivité et de température sont réalisées lors de chaque mission trimestrielle sur l'ensemble des ouvrages faisant l'objet du suivi piézométrique. Elles apportent des informations qualitative sur les aquifères.

Ces diagraphies sont réalisées à l'aide d'une sonde Aqua Troll 200, prêtée par le service Environnement de Vale Inco NC, et mesurent plusieurs paramètres dont la température et la conductivité.

Comme cela est spécifié dans le cahier des charges et le protocole de diagraphie mis en place début 2010, les mesures sont effectuées seulement lors de la descente de la sonde. Par la suite pour le traitement des données, seules les mesures prises lors de la descente et réalisées en face des crépines sont prises en compte.

Afin d'interpréter les données de la sonde, plusieurs calculs sont nécessaires. La diagraphie du piézomètre 09ex0022 (PF 16) effectuée en Décembre 2009 est prise comme exemple.

- Les différentes variables de ce piézomètre sont les suivantes (Tbl.24) :

	Départ	Fin
Crépine (VINC) en m:	24,8	48
Crépine corrigée (m):	25,6	48,8
Zref	185,722	
niveau piézo (m):	6,83	
Hauteur tubulure hirs-sol (m):		0,8
Valeurs moyenne pression en m:		10,123
Type de sonde	Aqua Troll 200 (60m)	
N° de sonde	-	
Précision du capteur	+/- 6cm	

**Tableau 24: Variables prises en compte pour la réalisation des diagraphies**

- Les paramètres enregistrés par la sonde et qui nous sont utiles sont :
  - Le pas de temps, c'est-à-dire une mesure toutes les deux secondes,
  - La température (en °C),
  - La pression (en bar),
  - La profondeur (en m),
  - La conductivité (en µS).
- Les paramètres à calculer sont :
  - La profondeur corrigée (en m),

$$\text{Profondeur corrigée (m)} = (\text{Profondeur (m)} - \text{Valeur moyenne de pression (m) (encore appelé Lecture air)}) + \text{niveau piézométrique (m)}$$

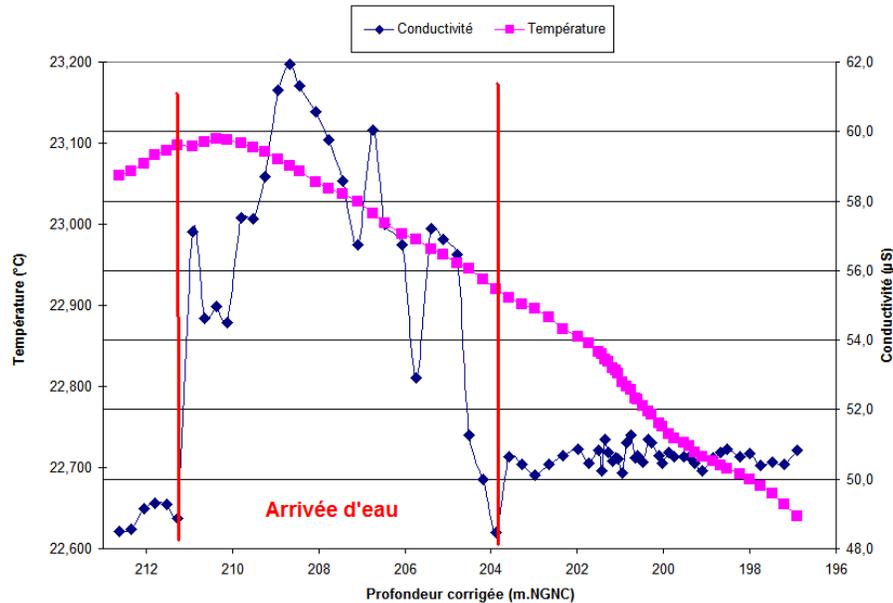
- La profondeur corrigée (en m.NGNC).

$$\text{Profondeur corrigée (m.NGNC)} = \text{Profondeur corrigée (m)} - \text{Zcapot}$$

Un graphique est réalisé mettant en évidence l'évolution de la conductivité et de la température en fonction de la profondeur. D'après leur analyse, plusieurs comportements différents ont été notés.

- Les diagraphies de conductivité et de température permettent d'apprécier et de localiser des venues d'eau. En voici un exemple avec la diagraphie du piézomètre 09ex0017 (PF 20) réalisée en Décembre (Graph.29). La même venue d'eau a été observée en Mars.

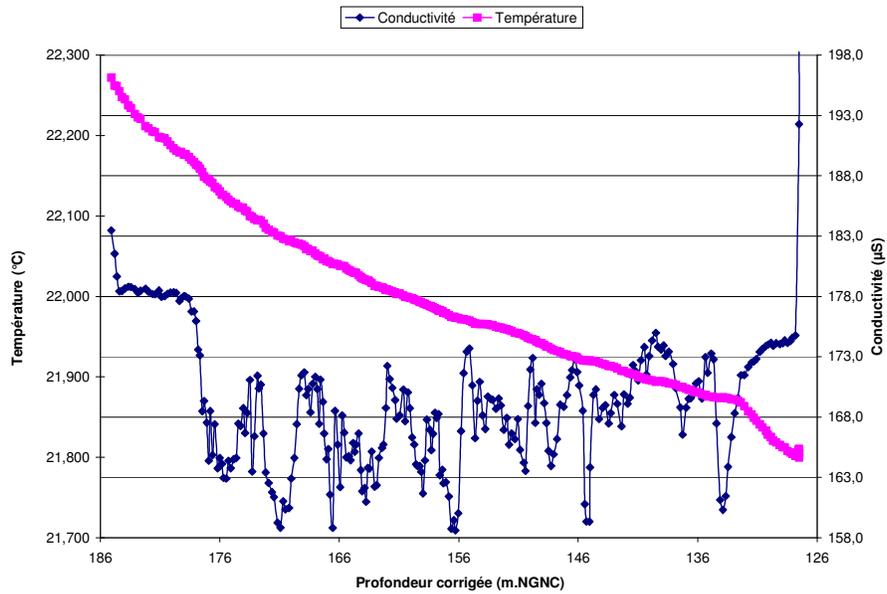
La conductivité n'est pas très importante car ce piézomètre est un PEC et donc l'eau de pluie infiltrée arrivent relativement rapidement à l'aquitard.



**Graphique 29: Diagraphie du piézomètre 09ex0017 le 01/12/2009**

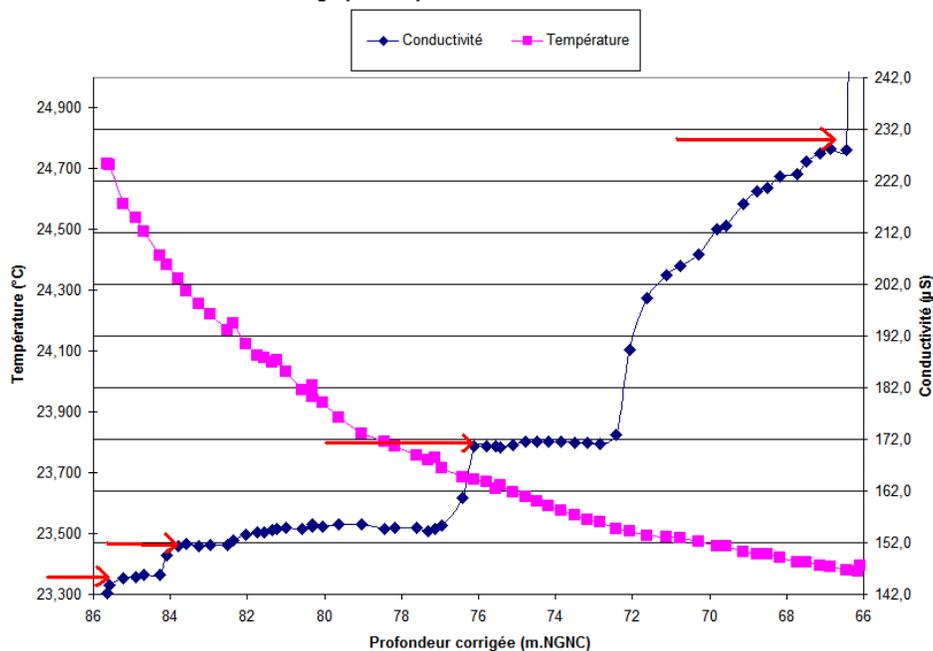
- La conductivité peut varier très fortement alors que la température aura une augmentation continue. C'est le cas de la diagraphie du piézomètre 09ex0015 (PF 20) réalisée en Mars (Graph.30).

D'autre part, la conductivité est plus importante car ce piézomètre est un PEL et donc l'eau traverse davantage de couches géologiques et se chargent donc plus en matières dissoutes. La différence de gamme de conductivité entre ce PEC (09ex0017) et ce PEL (09ex0015) de même plateforme, montre bien des arrivées d'eau différentes.



**Graphique 30: Diagraphie du piézomètre 09ex0015 le 10/03/2010**

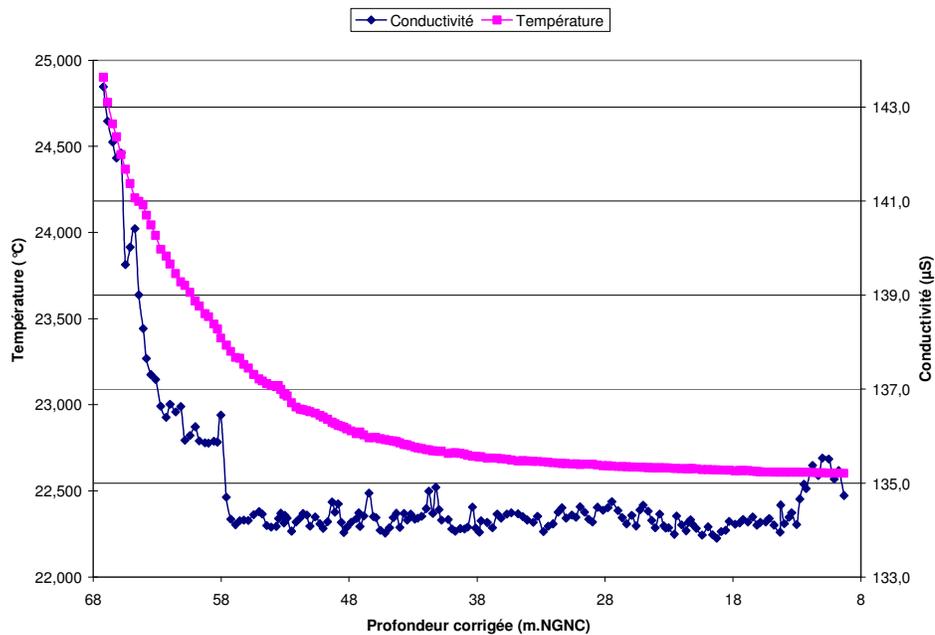
- La conductivité peut présenter des « paliers ». C'est le cas de la diagraphie du piézomètre 09ex0027 (PF 1) en Décembre (Graph.31), 09ex0031 (PF 2) en Décembre et Mars, et 09ex0039 (PF 15) en Mars. La nappe est donc compartimentée avec des eaux chimiquement différentes entre chaque palier.



**Graphique 31: Diagraphie du piézomètre 09ex0027 le 02/12/2009**

- En général, comme c'est le cas pour les graphiques précédents, la conductivité augmente avec la profondeur et la température diminue. Ceci est logique puisque l'eau se charge en matières dissoutes lors de son infiltration à travers les formations géologiques, et l'eau souterraine a une température moins élevée que celle d'une eau de surface.

Pourtant lors de la diagraphie du piézomètre 09ex0054 (PF 5) en Mars, la conductivité et la température diminue avec la profondeur (Graph.32).

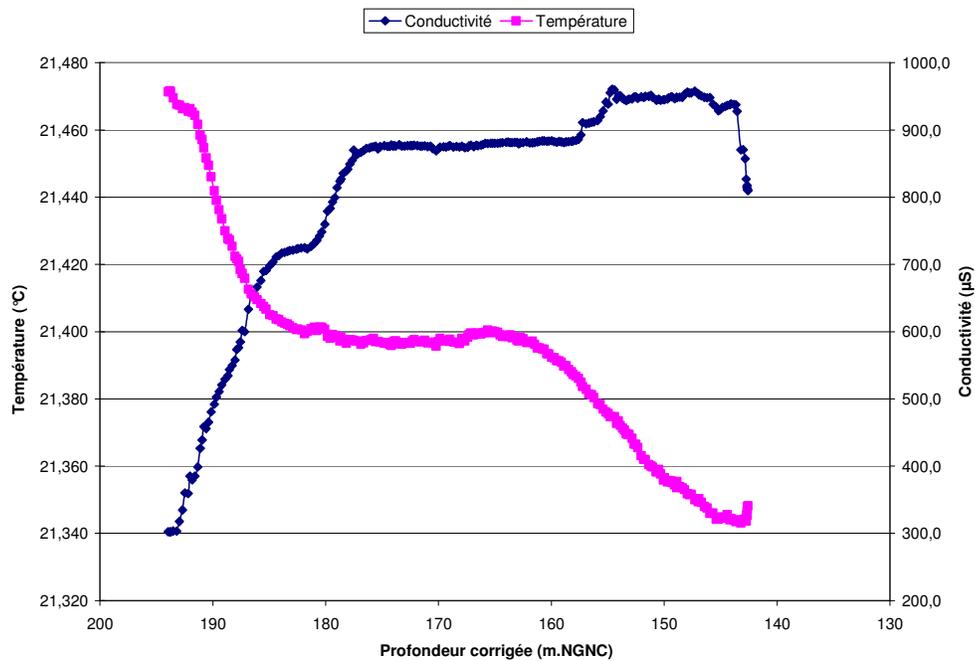


**Graphique 32: Diagraphie du piézomètre 09ex0054 le 10/03/2010**

Le même phénomène a été remarqué sur le piézomètre 09ex0038 (PF 17) en Décembre, 09ex0041 (PF 17) en Décembre et 09ex0058 (PF 5) en Décembre.

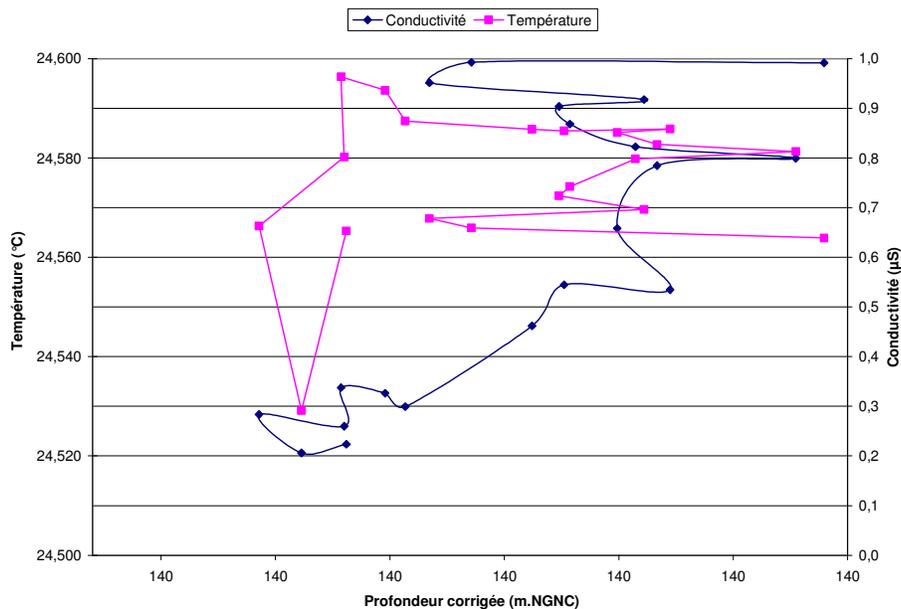
Une telle évolution peut avoir deux explications possibles. Soit le système est à l'équilibre chimique et thermodynamique avec l'encaissant, soit il existe une source d'eau chaude.

- Certains piézomètres présentent une conductivité très importante comme c'est le cas pour le piézomètre 09ex0070 (PF 22) (Graph.33) qui affiche une conductivité comprise entre 300 et 950 µS. C'est une eau très minéralisée, sûrement saumâtre ou saline.



**Graphique 33: Diagraphie du piézomètre 09ex0070 le 01/12/2009**

- Le piézomètre 09ex0044 (PF 3) présente un comportement étrange en Décembre et Mars (Graph.34). En fait, le niveau piézométrique mesuré est environ égale à 11,3m et la profondeur théorique du piézomètre est de 11m. Le piézomètre est donc presque à sec et la sonde a dû être descendue par à-coups.



**Graphique 34: Diagraphie du piézomètre 09ex0044 le 10/03/2010**

### 3.5. Hydrochimie

Une campagne de caractérisation hydrochimique des rivières et des nappes est réalisée lors de chaque mission trimestrielle suivant le protocole d'hydrochimie élaboré début 2010.

L'hydrochimie permet en effet de suivre la distribution et l'évolution des composés chimiques des eaux.

Comme indiqué dans le cahier des charges, les prélèvements en rivières se font sur les stations limnimétrique de KO5 et KN1 et ceux en nappe, sur 10 piézomètres. Cinq d'entre eux sont des piézomètres implantés dans l'aquitard latéritique et les cinq autres sont implantés dans l'aquifère saprolitique.

#### 3.5.1 Hydrochimie in-situ

Des mesures in-situ sont effectuées sur les sections de jaugeage KO5 et KN1. Les paramètres tels que la température, la conductivité et le pH sont ainsi relevés.

Vous trouverez ci dessous les tableaux correspondant à ces mesures (Tbl. 25 et 26).

##### 3.5.1.1 Hydrochimie in-situ sur rivières

Décembre_2009						
Section	Date	Heure	pH	T °C (pH)	Conductivité µS/cm)	T °C (cond)
KN1	30/11/2009	18h10	-	-	-	-
KN1	Seconde prise de mesure		-	-	-	-
KO5	30/11/2009	13h	6,58	28	58,5	28
KO5	Seconde prise de mesure		-	-	-	-

Tableau 25: Hydrochimie in situ en rivière en Décembre\_09

Mars_2010						
Section	Date	Heure	pH	T °C (pH)	Conductivité µS/cm)	T °C (cond)
KN1	22/03/2010	17:45	7,72	23,3	105,2	23,5
KN1	Seconde prise de mesure		7,75	23,3	105,2	23,5
KO5	23/03/2010	14:45	7,11	26,8	66,3	26,7
KO5	Seconde prise de mesure		7,11	26,7	66,4	26,7

Tableau 26: Hydrochimie in situ en rivière en Mars\_10

Comme cela a été précisé dans le bilan hydrochimique, la sonde KN1 étant tombé à l'eau, seules des mesures sur KO5 ont été réalisées. Cela fait donc très peu de données.

Il serait donc bien de refaire une campagne de caractérisation hydrochimique en période d'étiage mais également en période de moyennes eaux afin d'augmenter les données et pouvoir en tirer des tendances.

Ces paramètres peuvent être retrouvés sous forme de cartes (Fig.11 et 12) et de graphiques (Graph.26, 27 et 28) dans le paragraphe relatif à l'analyse des mesures physico-chimiques.

### 3.5.1.2 Hydrochimie in situ sur nappes

Les mesures hydrochimique, réalisées sur nappes, sont représentées sous forme de tableau (Tbl.27 et 28).

Hydrochimie_in-situ décembre 2009								
Plateforme	Nom du piézomètre	PEL/PEC	Date	Touque	Prélèvement	Conductivité	pH	Température
8	09ex0012	PEL	02/12/2009		-	385	8,19	28,4
8	09ex0013	PEC	02/12/2009					
24	09ex0045	PEL	02/12/2009	0		148,5	6,73	-
				1		148,5	6,93	-
				2		143,9	7,05	-
				3		143,8	7,06	-
					17h10	148,5	6,73	22,2
24	09ex0048	PEC	02/12/2009	0		137,3	5,73	-
				1		129,2	5,6	-
				2		96,4	5,48	-
					16h32	-	-	24,8
5	09ex0054	PEL	02/12/2009	0		139,2	-	-
				1		138,7	-	-
				2		138,1	-	-
				3		137,9	-	-
				4		138,0	-	-
	09h04	138	8,29	22,5				
7	09ex0050	PEL	02/12/2009	0		140,8	-	-
				1		141,4	-	-
				2		141,0	-	-
				3		141,1	-	-
				4		141,0	-	-
	10h04	141,0	7,85	24,0				
6	09ex0060	PEL	02/12/2009	0		638	7,0	-
				1		283	7,29	-
				2		252	7,37	-
				3		228	7,46	-
				4		203	7,53	-
				5		214	7,59	-
	-	-	-	23,8				
6	09ex0062	PEC	02/12/2009	0		57,9	-	-
				1		53,2	5,0	-
				2		59,2	5,05	-
				3		48,8	5,05	-
				4		54,7	5,11	-
				5		57,7	5,16	-
				6		55,8	5,16	-
	12h10	-	-	26,2				
22	09ex0070	PEL	02/12/2009	0		5,65	12,18	-
				1		5,58	12,16	-
				2		4,76	12,19	-
				3		4,24	13,16	-
				4		3,8	12,14	-
	15h15	-	-	23,1				
22	09ex0074	PEC	02/12/2009					

Tableau 27: Hydrochimie in situ sur nappes en Décembre\_09

En Décembre, seul huit piézomètres ont pu être caractérisés hydrochimiquement en Décembre car les PEC 09ex0013 (PF 8) et 09ex0074 (PF 22) étaient à secs. Les valeurs surlignées en rouges sont des valeurs semblant incertaines.

De manière générale, la conductivité est plus importante dans les PEL que dans les PEC. Il en va de même pour le pH qui présente des valeurs plus faibles au niveau de l'aquitard (pH environ égale à 5) et plus élevées au niveau de l'aquifère (pH environ égale à 8 allant même jusqu'à 11 au niveau du piézomètre 09ex0070 (PF.22)). Enfin, il est important de noter que la plateforme 8 affiche des températures plus élevées par rapport aux autres plateformes et ceci, aussi bien en Décembre (T°C = 28,4) qu'en Mars (T°C = 26 environ).

Plateforme	Nom du piézomètre	PEL/PEC	Hauteur d'eau	Date	Heure	Temps	Conductivité	pH	Température					
8	09ex0012	PEL	11,36m	24/03/2010	14h17	0	293	8,81	25,3					
					14h20	3	251	8,17	24,5					
					14h23	6	245	8,1	24,2					
8	09ex0013	PEC	8,29m	24/03/2010	14h39	0	302	8,69	26,9					
					14h42	3	669	8,8	26,7					
					14h45	5	299	7,79	27					
					14h47	7	81,9	6,65	26,6					
					14h49	9	61,8	5,8	26,6					
					14h51	11	52,8	5,54	26,6					
					14h53	13	51,3	5,54	26,7					
					6h13	0	126,3	7,96	22,1					
24	09ex0045	PEL	6,51m	25/03/2010	6h15	2	125,5	7,89	22					
					6h17	4	129,4	7,84	22,1					
					6h20	7	130,2	7,88	22,1					
					6h23	10	130,8	7,92	22,1					
					6h26	13	130,8	7,9	22,1					
					6h29	16	130,9	7,9	22,1					
					6h31	18	130,2	7,87	22,1					
					6h34	21	130,2	7,86	22					
					6h52	0	108,3	5,65	21,7					
					24	09ex0048	PEC	4,995m	25/03/2010	6h56	4	78,6	5,29	22,1
6h59	7	101	5,43	22,2										
7h03	11	106,3	5,42	22,2										
7h06	14	99,2	5,38	22,2										
7h09	17	88,8	5,3	22,2										
7h12	20	83,9	5,28	22,2										
7h16	24	77,7	5,26	22,3										
7h20	28	74,7	5,26	22,3										
7h24	32	69,6	5,26	22,4										
7h27	35	66,2	5,25	22,5										
7h30	38	64,9	5,23	22,5										
7h33	41	66,1	5,26	22,5										
7h36	44	66,5	5,27	22,5										
5	09ex0054	PEL	1,3555m	24/03/2010						12h15	0	131,2	8,26	24,5
										12h17	2	128,8	8,41	24,1
										12h20	5	130,2	8,41	24,1
					12h24	9	131,2	8,34	24,2					
					12h28	13	132,2	8,32	24,5					
					12h31	16	133,3	8,29	24,5					
					12h34	19	135,9	8,28	24,4					
					12h37	22	134,6	8,26	24,5					
					12h40	25	134,8	8,25	24					
					12h41	26	134,5	8,24	23,8					
					5	09ex0058	PEC	1,76m	24/03/2010	11h00	0	172,9	8,93	23,4
11h02	2	159,5	8,39	23,4										
11h03	3	148,5	8,27	23,4										
11h07	7	142,5	7,75	26,1										
11h09	9	137,9	7,64	25,1										
11h11	11	136,1	7,57	24,9										
11h13	13	133,5	7,52	24,6										
11h16	16	132,5	7,59	24,5										
11h19	19	131,9	7,44	24,5										
11h22	22	132,1	7,42	24,6										
11h24	24	133,4	7,41	24,8										
11h30	30	135	7,42	25,9										
11h34	34	134,3	7,43	26										
11h37	37	135	7,42	26,1										
6	09ex0060	PEL	7,86m	24/03/2010						13h17	0	189,6	9,88	26,1
					13h20	3	166,8	8,41	24,2					
					13h23	6	166,6	8,25	23,9					
					13h26	9	165,9	8,25	23,8					
					13h29	12	165,8	8,25	23,9					
6	09ex0062	PEC	8,86m	24/03/2010	13h40	0	49,5	5,25	25,3					
					13h43	3	49,1	4,85	25					
					13h45	5	48,9	4,83	24,6					
					13h49	9	48,9	4,82	24,5					
					13h51	11	49	4,79	24,5					
22	09ex0070	PEL	6,22m	24/03/2010	16h24	0	697	11,43	22,1					
					16h27	3	761	11,48	22					
					16h31	7	777	11,45	22					
					16h33	9	776	11,49	22					
					16h39	15	802	11,5	21,9					
					16h41	17	648	11,42	21,9					
					16h44	20	714	11,46	21,9					
					16h47	23	666	11,42	21,9					
					16h49	26	654	11,42	21,9					
					16h53	30	646	11,4	21,9					
					16h57	33	640	11,4	21,9					
					17h00	36	616	11,39	21,9					
					17h03	39	604	11,37	21,9					
					17h07	42	607	11,37	21,9					
					17h09	45	608	11,36	21,9					
					22	09ex0074	PEC	4,3m	24/03/2010	15h43	0	108,1	6,02	25,8
15h44	1	97,3	6,37	24										
15h47	4	95,5	6,37	23,1										
15h51	9	94,6	6,45	22,9										
15h54	12	94	6,43	22,9										
15h57	15	92,6	6,44	22,8										
16h00	18	91,3	6,43	22,7										
16h03	21	90,8	6,42	22,7										
16h05	23	90,2	6,41	22,6										
16h08	26	90,2	6,41	22,6										

Tableau 28: Hydrochimie in situ sur nappe en Mars\_10

### **3.5.2 Hydrochimie au laboratoire**

Suite aux prélèvements réalisés en rivière ou dans les piézomètres, plusieurs paramètres sont analysés en laboratoire par la Calédonienne des Eaux de Nouméa.

Les mesures effectuées portent sur :

- l'alcalinité : bicarbonates et carbonates,
- les anions majeurs :  $\text{HCO}_3$ , F, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4$ ,
- les cations majeurs : Na, K, Ca, Mg, et  $\text{NH}_4$ ,
- les métaux : Al, Cr, Cr VI, Fe et Mn,
- la silice :  $\text{SiO}_2$ .

Vous trouverez ci dessous les tableaux correspondant à ces mesures (Tbl.29 et 30).

Analyses hydrochimiques en laboratoire\_ Déc. 2009

Date de prélèvement : 02/12/09 sauf KO5 (01/12/09)

		Valeurs mesurées										Jaugeages	
		Plézomètres										09ex0070	KN1
	Unité de mesure	Limite de détection	09ex0012	09ex0045	09ex0048	09ex0050	09ex0054	09ex0060	09ex0062	09ex0070	KN1	KO5	
Paramètres physico-chimiques	Al (mg/l)	0,001	4,211	0,019	0,417	0,546	0,941	0,037	61,105	1,267	0,003	0,005	
	Ca (mg/l)	0,1	10,9	10,7	12,9	2,0	3,5	6,2	0,7	335,5	1,5	0,6	
	Cl (mg/l)	0,1	13,8	10,7	15,4	9,7	10,2	10,8	10,4	10,5	9,5	12,3	
	Conductivité (µS/cm)	0,1	372,0	133,5	107,6	135,8	140,7	181,6	48,5	3780,0	112,5	63,5	
	CO3 (mg/l)	0,1	0,7	< 0,1	< 0,1	0,3	0,4	0,1	0,1	< 0,1	3,6	0,2	< 0,1
	HCO3 (mg/l)	0,1	87,5	90,0	26,8	73,3	77,3	104,6	6,4	238,2	58,1	7,3	
	K (mg/l)	0,05	7,00	1,00	2,10	0,35	0,55	0,90	0,35	6,85	0,20	0,40	
	Mg (mg/l)	0,01	14,00	12,00	2,10	14,80	14,8	18,60	1,90	14,13	11,80	3,80	
	Na (mg/l)	0,01	33,39	6,36	6,91	5,54	5,63	6,82	5,60	12,68	5,28	5,53	
	pH	0,01	8,12	6,82	6,14	7,78	7,90	7,21	5,40	11,87	7,84	6,75	
Si (mg/l)	0,1	3,0	7,0	1,0	6,0	7,0	8,0	8,0	1,0	7,0	1,0		
SO4 (mg/l)	0,1	70,4	1,0	14,0	3,4	3,6	6,5	6,5	1,4	3,2	2,5	6,5	
F (mg/l)	0,01	0,06	0,07	< 0,01	0,04	0,05	0,07	0,07	< 0,01	0,11	< 0,01	0,01	
Fe (µg/l)	1	321240	4203	957868	52778	36592	3486	632345	11325	1774	665		
Mn (µg/l)	1	234	244	3009	85	74	66	510	7	5	3		
NH4 (mg/l)	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
NO2 (mg/l)	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
NO3 (mg/l)	0,1	< 0,1	< 0,1	0,7	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	< 0,1	0,4	0,6	
PO4 (mg/l)	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		
Cr (µg/l)	1	529	< 1	344	324	345	12	195759	2	< 1	< 1		
Cr-VI (µg/l)	5	10	< 5	70	10	10	10	15	< 5	< 5	< 5		

Tableau 29: Hydrochimie au laboratoire en Décembre\_09

## Analyses hydrochimiques en laboratoire\_ Mars. 2010

Date de prélèvement : 24/03/2010

		Valeurs mesurées											
		Piézomètres											
		Unité de mesure	Limite de détection	09ex0012	09ex0013	09ex0045	09ex0048	09ex0054	09ex0058	09ex0060	09ex0062	09ex0070	09ex0074
Paramètres physico-chimiques	Al	(mg/l)	0,001	0,004	0,001	0,005	0,001	0,004	0,084	0,009	0,007	0,157	0,004
	Ca	(mg/l)	0,1	12,5	2,2	3	1,5	2,2	1,3	2,2	0,3	56	2,7
	Cl	(mg/l)	0,1	7,6	6,2	7	9	6,4	6,4	6,5	6,5	6,4	6,3
	Conductivité	(µS/cm)	0,1	223	61,5	113,2	70,7	114,1	110,4	131,9	46,1	409	92,6
	CO3	(mg/l)	0,1	0,5	<0,1	0,5	<0,1	0,6	0,5	0,9	<0,1	21,8	0,2
	HCO3	(mg/l)	0,1	114,8	16,5	73,9	18,2	75,6	70,9	97,4	12,3	1,9	43,0
	K	(mg/l)	0,05	6,95	0,25	0,65	1,85	0,35	0,3	0,50	0,20	2,45	0,65
	Mg	(mg/l)	0,01	10,42	1,81	11,98	2,05	13,37	13,02	17,49	1,74	0,41	6,68
	Na	(mg/l)	0,01	21,66	5,56	6,69	7,59	5,87	6	6,32	5,33	8,08	5,85
	pH		0,01	7,89	7,25	8,11	7,43	8,12	8,1	8,22	6,36	11,28	7,83
	Si	(mg/l)	0,1	<0,1	6,0	14,0	3,0	18,0	14,0	7,0	2,0	5,0	3,0
	SO4	(mg/l)	0,1	23,1	2,4	0,2	2,9	1,4	1,4	0,9	0,9	4,2	2,2
Paramètres indésirables	F	(mg/l)	0,01	0,07	0,05	0,01	0,03	0,04	0,02	0,07	<0,01	0,05	0,01
	Fe	(µg/l)	1	4	3	175	5	11	<1	42	<1	<1	<1
	Mn	(µg/l)	1	1	230	506	69	92	11	32	35	1	<1
	NH4	(mg/l)	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	NO2	(mg/l)	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	NO3	(mg/l)	0,1	0,4	0,8	<0,1	0,4	0,2	0,3	<0,1	0,6	<0,1	0,2
	PO4	(mg/l)	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Paramètres toxiques	Cr	(µg/l)	1	1	1	<1	16	<1	<1	<1	1	<1	131
	Cr VI	(µg/l)	5	10	10	5	40	10	15	25	20	5	145

Tableau 30: Hydrochimie au laboratoire en Mars\_10

Nota : les analyses en rivière sur KN1 et KO5 n'ont pas été faites.

Un point important est à noter. Les analyses du piézomètre 09ex0070 (PF 22) ont une concentration en HCO<sub>3</sub> qui est extrêmement élevée alors que le pH est nettement basique (environ égale à 11) ce qui est totalement incompatible. Jean-Luc Folio, hydrogéologue chez Vale Inco, a essayé d'inverser les concentrations en remplaçant CO<sub>3</sub> à la place de HCO<sub>3</sub> et inversement, mais l'équilibre ionique n'est pas atteint. Pour lui, une contamination par du ciment est à l'origine des mauvais calculs de carbonates et bicarbonates.

La balance ionique de chacune des analyses a été calculée afin de valider ces dernières. La balance ionique est le calcul de la somme algébrique des produits de concentrations molaires par la charge ionique de tous les cations et anions présents. Seules les mesures de Fe n'ont pas été prises en compte car elles faussent majoritairement les calculs. Voici les résultats obtenues (Tbl.31) :

Décembre_09		Mars_10	
Analyse	Balance ionique	Analyse	Balance ionique
09ex0012	+7%	09ex0012	+0%
09ex0045	+1%	09ex0013	+1%
09ex0048	+10%	09ex0045	+1%
09ex0050	+2%	09ex0048	+0%
09ex0054	+3%	09ex0054	+0%
09ex0060	+0%	09ex0058	+0%
09ex0062	+88%	09ex0060	+0%
09ex0070	+17%	09ex0062	-3%
KN1	+0%	09ex0070	+1%
KO5	-2%	09ex0074	+1%

Tableau 31: Calculs des balances ioniques pour les analyses de Décembre et Mars

Une balance ionique est considérée comme bonne si son pourcentage est inférieur à 5%. Le même code couleur que pour les bilans a été retenu :

- 0 à 5 % : bon (vert),
- 5 à 20 % : moyen (jaune),
- supérieur à 20 % : mauvais (rouge).

Les analyses de Décembre présentent des balances ioniques non valides. C'est le cas pour le piézomètre 09ex0012 (PF 8), 09ex0048 (PF 24) 09ex0062 (PF 6) et 09ex0070 (PF 22). Par contre, toutes les balances ioniques de Mars sont correctes.

Afin d'interpréter ces analyses, le diagramme de Piper a été utilisé. Il prend en compte les éléments majeurs afin de représenter les différents faciès des eaux. Voici les diagrammes obtenus pour Décembre (Fig.13) et Mars (Fig.14) ; les piézomètres pour lesquelles la balance ionique n'est pas bonne n'ont pas été retenus :

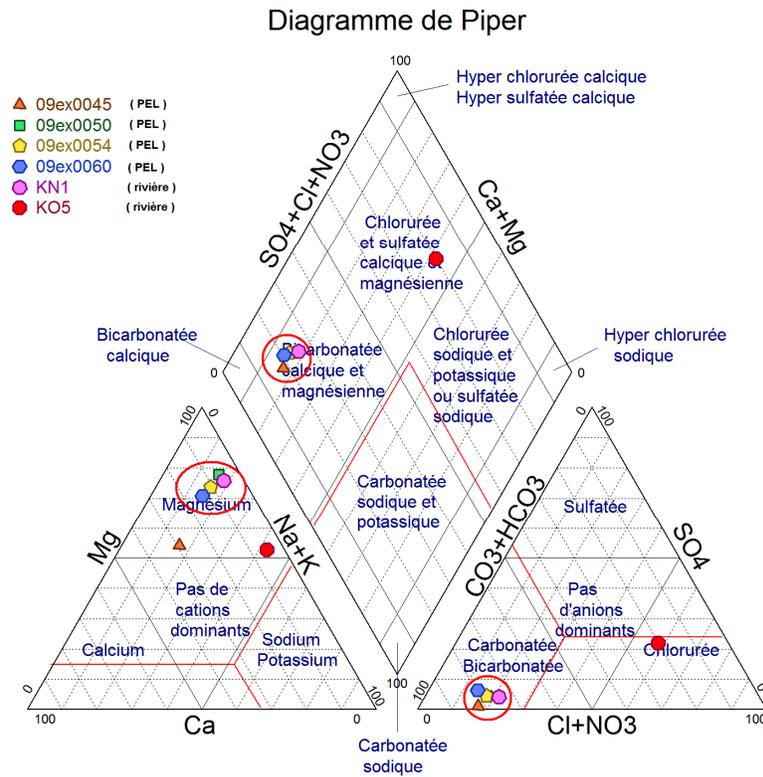


Figure 12: Diagramme de Piper pour les analyses de Décembre 2009

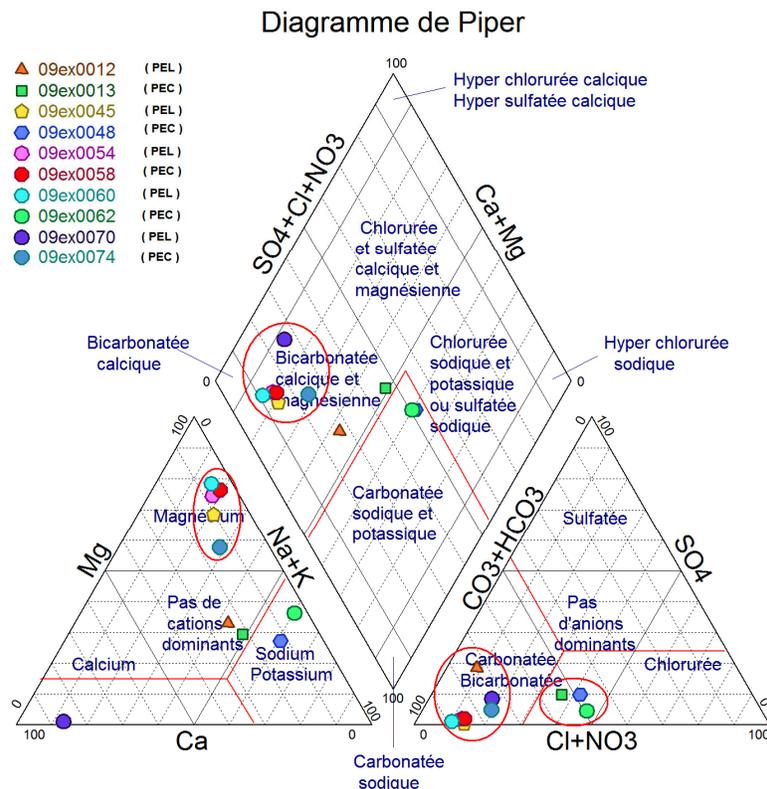


Figure 13 : Diagramme de Piper suite aux analyses de Mars 2010

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles : le triangle de gauche représente les faciès cationiques, celui de droite les faciès anioniques. Le losange central synthétise les grands faciès.

Afin d'interpréter ces diagrammes, la lithologie doit être connue. En effet, le regroupement des eaux en familles est dû principalement à la diversité lithologique et détermine ainsi la physionomie propre de chaque eau souterraine, traversant l'une ou l'autre des formations géologique.

En Décembre, les analyses ne portent que sur des PEL et des rivières.

De façon générale, le triangle représentant les cations affiche un faciès magnésien. Ceci proviendrait du lessivage des péridotites. Le triangle représentant les anions affiche un faciès carbonaté-bicarbonaté qui doit provenir des eaux de pluie. Le losange central met en évidence un faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Le calcium provient sûrement du lessivage des gabbros riche en plagioclases (formule chimique des plagioclases :  $Ba, Ca, Na, K, NH_4)(Al, B, Si)_4O_8$ ).

Les eaux des PEL et l'échantillon d'eau prélevé sur KN1 appartiennent à ce faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Sur KO5 par contre, on aurait plutôt une eau chlorurée, sulfatée calcique et magnésienne, le sulfate provenant du lessivage des pyroxènes.

En Mars, les analyses ne portent que sur des piézomètres, aucune analyse n'ayant été réalisée en rivière.

De façon générale, le triangle de gauche affiche, comme en Décembre, un faciès magnésien. Celui de droite, affiche à la fois un pôle carbonaté et bicarbonaté, comme en Décembre, mais aussi un pôle chloruré. Ce faciès n'est observé que sur des PEC (piézomètre 09ex0013, 09ex0048 et 09ex0062). L'aquitard, à ce niveau là, serait donc fortement alimenté par les eaux de pluie. Finalement, le losange central affiche comme en Décembre un faciès bicarbonaté calcique et magnésien.

De véritables distinctions entre les eaux des PEL et des PEC ne sont donc pas remarquées.

## 4. Conclusion

La société Vale Inco NC a lancé en Octobre 2009 une étude d'impacts environnementales concernant le futur Stock de Minerai Long Terme (SM-LT). Cette mission donne lieu à l'acquisition d'un grand nombre de données hydrologiques et hydrogéologiques. Elle permet d'approcher les grandes caractéristiques hydrométriques et hydrochimiques des rivières et l'analyse des variations piézométriques des nappes.

Les indicateurs de lacunes dans le suivi des mesures réalisées sur site ont apportés les informations suivantes :

- Jaugeages : les indicateurs sont bons. Toutes les mesures de débits ont pu être réalisées sur les sept mois.
- Mesures physico-chimiques in situ : les indicateurs sont corrects pour la majeure partie. Des données manquent sur certaines sections à cause de la sonde multi-paramètres qui est tombée à l'eau en Décembre. Quelques oublis, en particulier de la température, apparaissent mais un protocole de jaugeage a été mis en place début 2010 afin de remédier à ce problème.
- Mesures piézométriques manuelles : les indicateurs sont bons excepté sur le piézomètre 09ex0038 (PF 17) où la sonde était trop courte ; le piézomètre ayant une profondeur de 105,45m.
- Mesures piézométriques par les sondes automatiques : les indicateurs sont dans l'ensemble corrects. Une fois, le pocket-pc n'a pas été relancé où il est relancé à l'heure suivante quand la mesure est trop proche. Un protocole relatif au suivi piézométrique a été mis place début 2010 renseignant sur toutes les procédures à accomplir afin d'éviter ces lacunes dans les données.
- Mesures hydrochimiques in situ sur rivière : les indicateurs sont corrects pour la majeure partie exceptée sur KN1 où la sonde est tombée à l'eau.
- Mesures hydrochimiques in situ sur nappe : les indicateurs sont corrects même si le nombre de PEL (5) et de PEC (5) n'a pas été respecté en Décembre.
- Mesures hydrochimiques au laboratoire sur rivière : La moitié des indicateurs est bon et l'autre partie est mauvaise. Ceci est dû au fait qu'aucune analyse n'a été faite en Mars car les prélèvements soit n'ont pas été faits soit ont été perdus. Un protocole d'hydrochimie a été mis en place début 2010 pour éviter ce genre de problème. De plus, une photocopie de la demande d'analyse est dorénavant demandée.
- Mesures hydrochimiques au laboratoire sur nappes : les indicateurs sont corrects en général. Des prélèvements n'ont pu être effectués en Décembre car les piézomètres étaient à secs.
- Diagraphies : les indicateurs sont dans l'ensemble corrects. Des piézomètres étaient à secs lors des deux missions trimestrielles.
- Enregistrements pluviométriques : les indicateurs sont bons, aucune données journalières ne manquent. La station pluviométrique SMA A fonctionne donc bien même si elle est mal placée par rapport à la zone d'étude.

Suite à l'analyse des données, certaines tendances ont pu être mises en évidence.

Concernant le suivi piézométrique, les signaux piézométriques ont été comparés aux données pluviométriques de la station SMA A, afin de repérer des comportements anormaux et de classer les données comme correcte, incertaine, incorrecte ou non qualifiable. Quelques constatations concernant le fonctionnement du milieu ont pu être établies :

- Les signaux piézométriques entre les PEL et les PEC sont plus ou moins similaires à quelques exceptions près. Il semble donc exister une relation entre l'aquitard latéritique et l'aquifère saprolitique.
- Les signaux piézométriques des PEC sont en général plus accentués que ceux de PEL. Ceci est cohérent puisque le temps d'infiltration à travers les formations géologiques est moins important.
- Les piézomètres, installés au Sud de la zone d'étude, ont un signal qui varie faiblement suites aux épisodes pluvieux P3 et P6. La station pluviométrique étant placée au Nord, derrière la chaîne rocheuse, il serait bien d'édifier un piézomètre mieux positionné par rapport au site de SM-LT.
- Les signaux piézométriques varient plus faiblement suite à l'épisode pluvieux P6 alors que son cumul est plus important que celui de P5 mais de plus faible intensité. Les nappes réagissent donc davantage face à l'intensité des pluies que face à leurs cumuls. La présence d'un pluviomètre instantané dans la zone d'étude permettrait d'affiner l'analyse de ces données.
- Certains signaux présentent des comportements étranges. Afin de connaître la validité des données, ces signaux ont été comparés à ceux du PEC ou du PEL de leur plateforme et à d'autres plateformes alentours. Des phénomènes de décharges et de recharges aussi bien dans l'aquitard que dans l'aquifère ont pu être établie, mettant en évidence le fonctionnement actif d'un réseau karstique.

Concernant le suivi limnimétrique, une analyse des débits et des paramètres physico chimique a été accomplie. D'autres constatations concernant le fonctionnement du milieu ont pu être faites :

- Le débit des rivières augmente de la source à l'exutoire ce qui est cohérent.
- Les sections KO5 et KN1 Source présentent, dans leur débit, une quantité et une évolution semblable. Ces deux sections ne sont pourtant pas situées au même endroit et aucune corrélation n'a pu être établie entre ces deux zones.
- Les rivières Kwé Ouest et Kwé ont les débits les plus importants. Etant alimentées par d'autres affluents ceci semble logique.
- La Kwé Nord a un débit plus important que la Kwé Ouest 5. Un traçage, réalisé en Mai 2010, a montré l'existence d'une relation entre la Plaine des Lacs et KN1 Source. En plus de son bassin versant, la Kwé Nord aurait donc une autre source d'alimentation.
- Des cartes, faisant l'état du bilan hydrométrique des rivières, mettent en évidence des zones de recharge, d'équilibre, ou de perte par infiltration au niveau des cours d'eau. De plus, un comportement différent entre les basses eaux et les moyennes eaux a été remarqué.
- Le pH ne montre pas de tendance particulière si ce n'est que son amplitude est plus importante en Décembre qu'en Mars.
- La conductivité affiche l'origine des sources d'alimentation. La Kwé Ouest et la partie amont de la Kwé Nord serait alimentées par des eaux de surface alors que la Kwé Ouest, la Kwé et la partie aval de la Kwé Nord serait alimentées par des eaux plus profondes.
- La température de l'eau trahi la présence d'une résurgence car ce paramètre diminue avec les eaux profondes. Cependant, comparé à la conductivité, certains phénomènes ne sont pas cohérents, à moins qu'il n'y ait des sources d'eau chaude comme cela a été constaté dans la Baie de Prony.

Des analyses spécifiques ont également été réalisées lors des campagnes trimestrielles. Il s'agit de diagraphies de conductivité et de température et de caractérisations hydrochimiques en nappes et en rivières.

Concernant les diagraphies, réalisées sur l'ensemble des piézomètres, celles-ci ont permis de noter plusieurs points : tout d'abord, la localisation de venues d'eau en milieu souterrain ;

ensuite, la mise en évidence, par une conductivité en palier, de système compartimenté chimiquement ; enfin, la présence de source d'eau chaude ou bien d'un système à l'équilibre thermodynamique et chimique avec l'encaissant.

Concernant la caractérisation hydrochimique, celle-ci a permis d'afficher d'autres tendances sur l'évolution des paramètres chimiques en milieu souterrain. Ainsi, in-situ, la conductivité et le pH ont des valeurs plus importantes dans l'aquifère que dans l'aquitard. D'autre part, la plateforme 8 montre des températures qui sont plus élevées par rapport aux autres plateformes. Au laboratoire, les balances ioniques de chacune des analyses ont été calculées et un diagramme de Piper, caractérisant le faciès chimique des eaux, a été réalisé pour chaque campagne trimestrielle. Aussi bien en Décembre que pour Mars, et aussi bien sur les PEL que sur les PEC, les eaux affichent un faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Ceci est également valable pour l'analyse réalisée au niveau de KN1. Par contre, au niveau de KO5, les eaux appartiendraient davantage à un faciès chloruré et sulfaté, calcique et magnésien. Afin d'interpréter ces faciès, la lithologie doit être prise en compte.

Voici donc les premières tendances établies dans le cadre de ce semestre. Cependant, les suivis hydrologiques et hydrogéologiques étant fortement liés aux conditions météorologiques, ils doivent être réalisés à plus long terme afin d'être représentatifs.

En effet, il existe en Nouvelle-Calédonie une forte variabilité régionale, annuelle et interannuelle :

- Régionale : d'une région à l'autre et même d'un bassin versant à l'autre, les conditions climatiques peuvent diverger fortement (cas d'un orage localisé) ;
- Annuelle : la Nouvelle-Calédonie est caractérisée par une saison des pluies (janvier à mars) et par une saison sèche (septembre à décembre).
- Inter-annuelle : cette variabilité peut être très importante : certaines années sont plus sèches (étiage très sec, saison des pluies peu pluvieuse) ou très humides (plusieurs dépressions ou un cyclone « à pluie », étiage humide).

Il convient donc de poursuivre ce suivi dans le temps pour continuer d'acquérir des données, confirmer les tendances notées et apporter de nouvelles connaissances sur le milieu.

Ces nouvelles connaissances pourraient concerner la caractérisation des échanges verticaux et horizontaux existant entre l'aquitard latéritique et l'aquifère saprolitique, mais aussi une meilleure perception du fonctionnement du réseau karstique qui semble être actif au niveau de SM-LT. D'un point de vue hydrologique, même si cela nécessite un investissement relativement coûteux, des mesures en hautes eaux seraient nécessaires afin de caractériser les rivières lors de leurs différentes hauteurs d'eau.



# ANNEXES

**ANNEXE 1 :**  
**Présentation des sites de jaugeages**



Source KN1



KN1



KO5



Confluence KO5



K1



KN1A



KN1B



KN1C



KN1D



KO5A



Grosse arrivée d'eau au niveau de KO5A



KO5B



KO5C



KO5D



KO5E



KOA



KOB



KOC

**ANNEXE 2 :**  
**Présentation des différents piézomètres**



09ex0027 PEL

09ex0030 PEC

PF 1



PF 2



09ex0044 PEC

09ex0040 PEL

PF 3



09ex0026 PEL

09ex0028 PEC

PF 4



09ex0054 PEL

09ex0058 PEC

PF 5



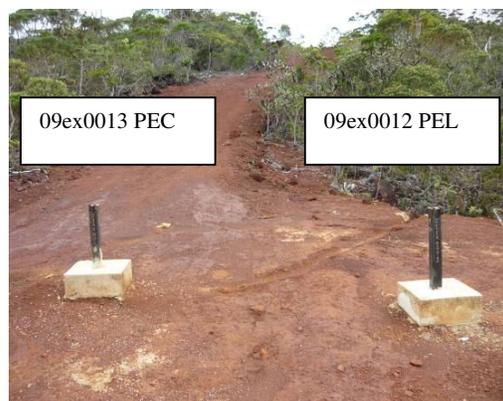
09ex0060 PEL

09ex0062 PEC

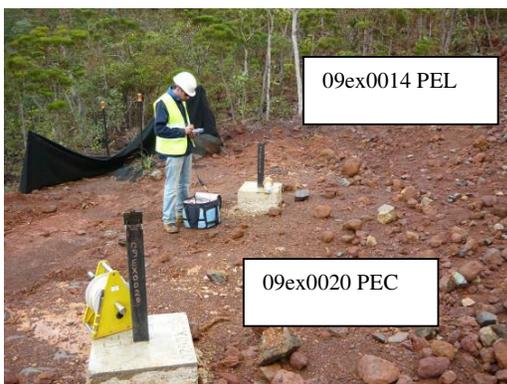
PF6



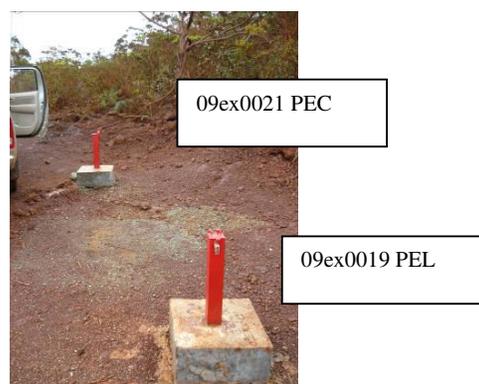
PF 7



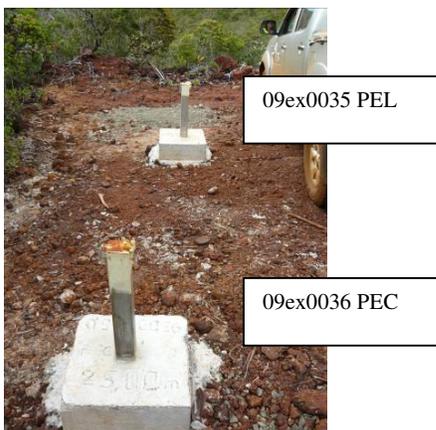
PF 8



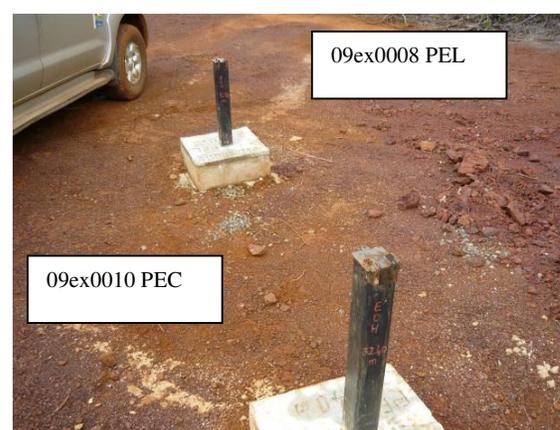
PF 9



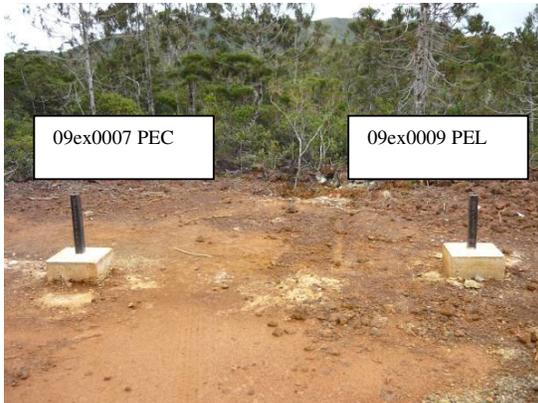
PF 10



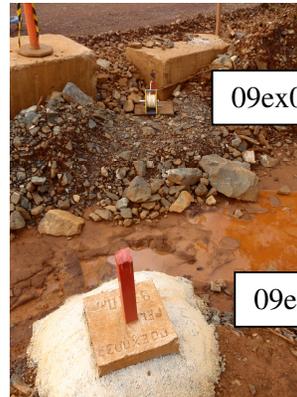
PF 12



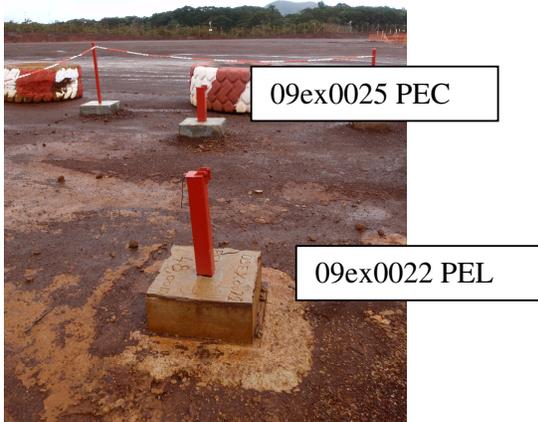
PF 13



PF 14



PF 15



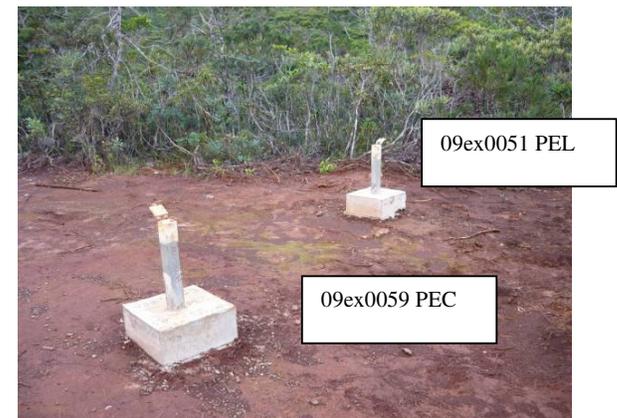
PF 16



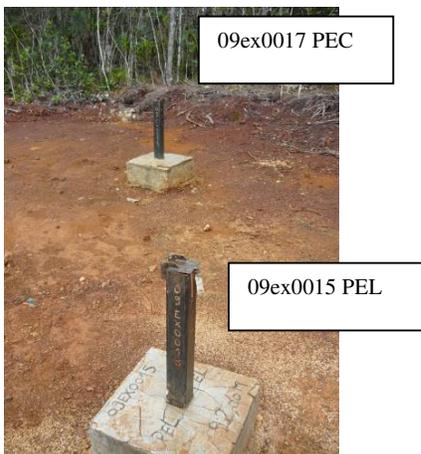
PF 17



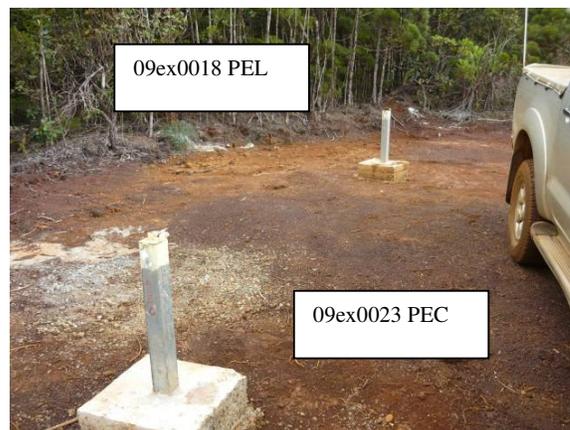
PF 18



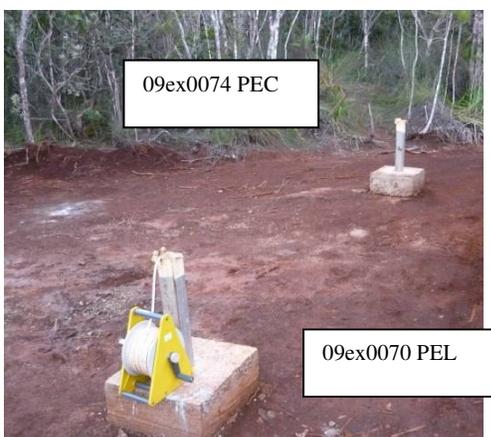
PF 19



PF 20



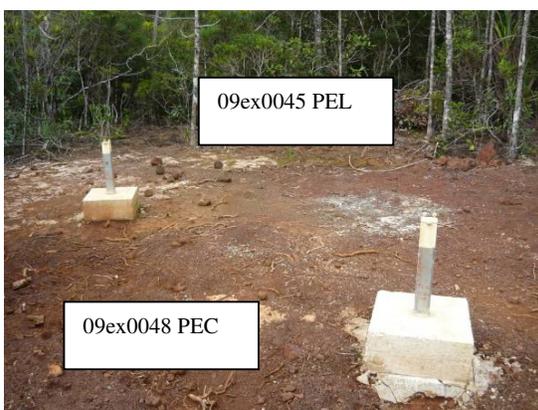
PF 21



PF 22



PF 23



PF 24



PF 25

**ANNEXE 3 :**  
**Calculs des erreurs au niveau du capteur des sondes**

## Level Troll 300 (11m)

- Capteur : Hc = +/- 1cm.
- Barotroll : Hbaro = +/- 2cm
- Mesure manuelle : Nm = +/-1cm
- X = +/-1cm tous les 10m
- HIP/HHP = +/-0,1cm
- Zref = +/- 0,1cm

- Calcul de la hauteur d'eau mesurée par le capteur corrigée par le barotroll (en m)

$$\begin{aligned} \text{Hc corrigé} &= \text{Hc} - \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= \Delta \text{Hc} + \Delta \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= 1 + 2 \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= +/- 3\text{cm} \end{aligned}$$

- Calcul du niveau piézométrique (en m)

$$\begin{aligned} \text{Npiézo} &= \text{X} - \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= \Delta \text{X} + \Delta \text{HIP} + \Delta \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= 1 + 0,1 + 3 && \text{avec X env.} = 10\text{m} \\ \Delta \text{Npiézo} &= +/- 4\text{cm} \end{aligned}$$

- Calcul de la profondeur piézométrique (en m.NGNC)

$$\begin{aligned} \text{Ppiézo} &= \text{Zref} - \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= \Delta \text{Zref} + \Delta \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= 0,1 + 4 \\ \Delta \text{Ppiézo} &= +/- 4\text{cm} \end{aligned}$$

⇒ **Level Troll 300 (11m) = +/- 4cm**

## Level Troll 300 (60 m)

- Capteur : Hc = +/- 6cm.
- Barotroll : Hbaro = +/- 2cm
- Mesure manuelle : Nm = +/-1cm
- X = +/-1cm tous les 10m
- HIP/HHP = +/-0,1cm
- Zref = +/- 0,1cm

- Calcul de la hauteur d'eau mesurée par le capteur corrigée par le barotroll (en m)

$$\begin{aligned} \text{Hc corrigé} &= \text{Hc} - \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= \Delta \text{Hc} + \Delta \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= 6 + 2 \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= +/- 8\text{cm} \end{aligned}$$

- Calcul du niveau piézométrique (en m)

$$\begin{aligned} \text{Npiézo} &= \text{X} - \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= \Delta \text{X} + \Delta \text{HIP} + \Delta \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= 1 + 0,1 + 8 && \text{avec X env.} = 10\text{m} \\ \Delta \text{Npiézo} &= +/- 9\text{cm} \end{aligned}$$

- Calcul de la profondeur piézométrique (en m.NGNC)

$$\begin{aligned} \text{Ppiézo} &= \text{Zref} - \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= \Delta \text{Zref} + \Delta \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= 0,1 + 8 \\ \Delta \text{Ppiézo} &= +/- 9\text{cm} \end{aligned}$$

⇒ **Level Troll 300 (60m) = +/- 9cm**

## **Aqua Troll 200 (60m)**

- Capteur : Hc = +/- 3cm.
- Barotroll : Hbaro = +/- 2cm
- Mesure manuelle : Nm = +/-1cm
- X = +/-1cm tous les 10m
- HIP/HHP = +/-0,1cm
- Zref = +/- 0,1cm

- **Calcul de la hauteur d'eau mesurée par le capteur corrigée par le barotroll (en m)**

$$\begin{aligned} \text{Hc corrigé} &= \text{Hc} - \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= \Delta \text{Hc} + \Delta \text{H baro} \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= 3 + 2 \\ \Delta \text{Hc corrigé} &= +/- 5\text{cm} \end{aligned}$$

- **Calcul du niveau piézométrique (en m)**

$$\begin{aligned} \text{Npiézo} &= \text{X} - \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= \Delta \text{X} + \Delta \text{HIP} + \Delta \text{Hc corrigé} \\ \Delta \text{Npiézo} &= 1 + 0,1 + 5 && \text{avec X env.} = 10\text{m} \\ \Delta \text{Npiézo} &= +/- 6\text{cm} \end{aligned}$$

- **Calcul de la profondeur piézométrique (en m.NGNC)**

$$\begin{aligned} \text{Ppiézo} &= \text{Zref} - \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= \Delta \text{Zref} + \Delta \text{Npiézo} \\ \Delta \text{Ppiézo} &= 0,1 + 6 \\ \Delta \text{Ppiézo} &= +/- 6\text{cm} \end{aligned}$$

**⇒ Aqua Troll 200 (60m) = +/- 6cm**

**ANNEXE 4 :**  
**CD**

