

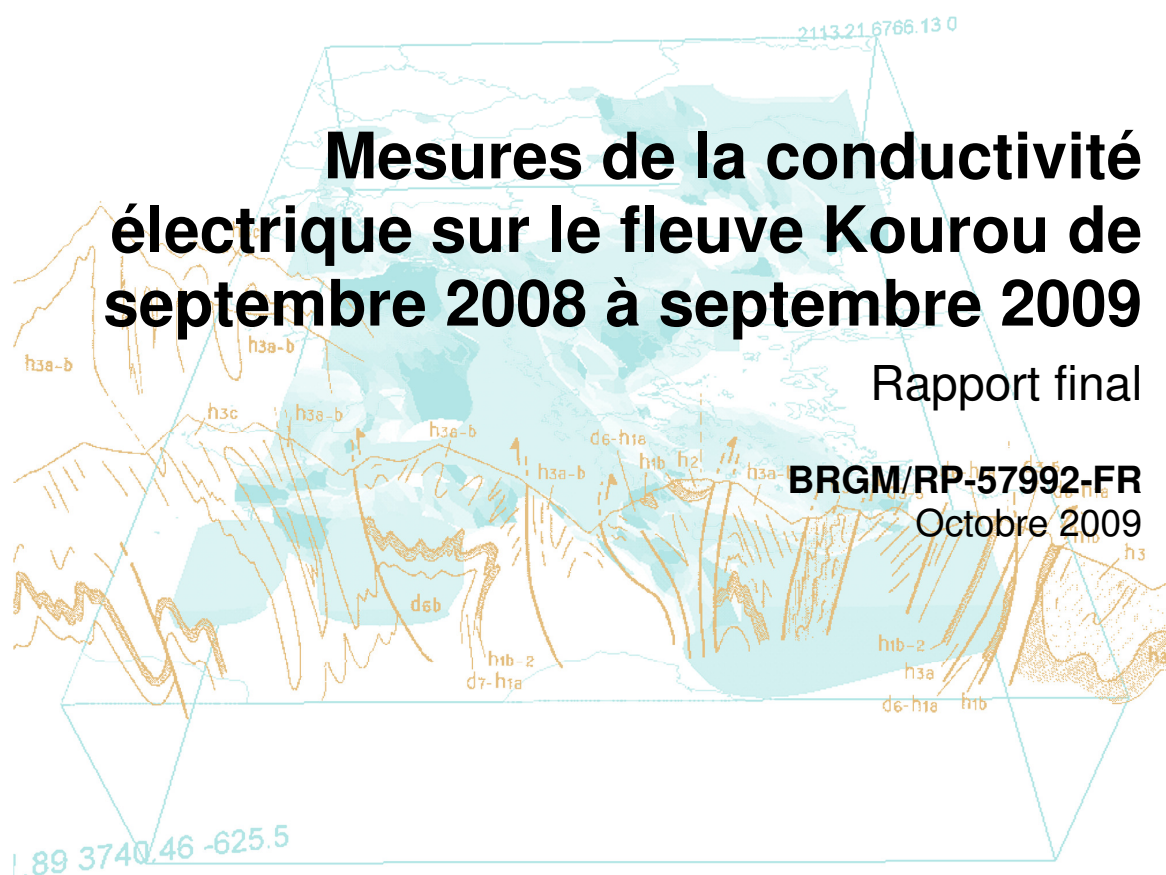


Mesures de la conductivité électrique sur le fleuve Kourou de septembre 2008 à septembre 2009

Rapport final

BRGM/RP-57992-FR

Octobre 2009



Mesures de la conductivité électrique sur le fleuve Kourou, de septembre 2008 à septembre 2009

Rapport final

BRGM/RP-57992-FR

Octobre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2007- PSP07GUY05

L. Chanéac, M. Parizot

Vérificateur :

Nom :

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : Lecomte Paul

Date : 16 octobre 2009

Signature :



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

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



Mots clés : Conductivité électrique, Kourou, biseau salé.

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

Chanéac L., Parizot M. 2009. Mesures de la conductivité électrique sur le fleuve Kourou, de septembre 2008 à septembre 2009 - Rapport final. BRGM/RP-57992-FR. 57p, 5 fig, 5 tab, 6 ann.

1. Synthèse

En vue de l'implantation prochaine d'une station de captage des eaux de surface sur le fleuve Kourou et dans un souci d'acquisition d'informations générales concernant les remontées du biseau salé dans les fleuves guyanais, le BRGM a été sollicité par la CCCL, pour observer les variations de conductivité électrique sur le fleuve Kourou.

Trois types de missions répondant à des objectifs distincts ont été réalisés :

- des mesures ponctuelles en conditions défavorables, lors de l'étiage du fleuve en novembre 2006 et novembre 2007,
- le suivi d'un dispositif de mesure en continu avec 3 sondes de mesure de la conductivité, au droit du projet de prise d'eau et à deux endroits en aval (3 et 6 km),
- la surveillance accrue de la progression du front de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lors de l'étiage exceptionnel de la saison sèche 2009, valeur de conductivité correspondant à la référence qualité pour une eau destinée à la consommation humaine.

L'ensemble des données acquises depuis 2006 et jusqu'à début septembre 2009, laissait penser que le site choisi pour l'implantation de la future prise d'eau de la CCCL se trouvait, de par son éloignement à la mer, protégé de toute influence significative des eaux salées pouvant rendre impropre l'eau prélevée à la consommation. En effet, entre novembre 2006 et le 6 septembre 2009, la valeur de conductivité électrique mesurée au droit du projet de la nouvelle prise n'a jamais dépassé les 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cependant, il s'avère que l'année 2009 a rencontré un phénomène de déficit hydrique exceptionnel. En effet, la situation des débits des fleuves en Guyane est la plus basse jamais enregistrée. Un étiage prononcé corrélé aux forts coefficients de marée de cette fin d'année a provoqué une remontée de l'influence des eaux salées à des distances encore jamais mesurées depuis 2006, avec des valeurs de plusieurs centaines de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (366 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le 6 octobre 2009 à l'endroit de la future implantation de la prise d'eau).

Il appartiendra à la CCL de prendre, ou de faire prendre, les mesures qui s'imposent pour contrer le risque d'envahissement de la future prise d'eau, lors de remontées fortes du front salé en période d'étiage particulièrement important du fleuve.

Sommaire

1. Synthèse.....	5
2. Contexte de l'étude.....	9
3. Méthodologie	11
3.1. LES MESURES PONCTUELLES EN CONDITIONS DEFAVORABLES.....	11
3.2. DISPOSITIF DE MESURE EN CONTINU	13
3.3. SURVEILLANCE DU FRONT DE 1 000 $\mu\text{S}/\text{CM}$	15
4. Résultats des campagnes de mesures ponctuelles	17
4.1. NOVEMBRE 2006	17
4.2. NOVEMBRE 2007	17
5. Mesures en continu	19
5.1. 19 NOVEMBRE – 4 DECEMBRE 2007	19
5.2. 17 SEPTEMBRE 2008 – 7 SEPTEMBRE 2009	20
5.2.1. Sonde 1. à l'emplacement du Projet d'usine	20
5.2.2. Sonde 2	20
5.2.3. Sonde 3	21
6. Surveillance du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	23
7. Conclusions	25
Localisation des points de mesure	29
Données brutes.....	30

Limite d'influence des eaux salines	31
Localisation des points de mesure	35
Données brutes	36
Limite d'influence des eaux salines	37

Liste des illustrations

Figure 1 : schéma de la méthodologie appliquée pour déterminer la limite d'intrusion saline	12
Figure 2 : mesure de la conductivité depuis l'embarcation	12
Figure 3 : a) acquisition des données depuis l'enregistreur. b) dispositif de mesure sur la berge à marée haute	13
Figure 4 : localisation des sondes automatiques S1, S2, S3	14
Figure 5 : mesures de conductivité électrique(en rouge) du 19 novembre au 4 décembre 2007 (les hauteurs de marées sont en bleu)	19

Liste des tableaux

Tableau 1 : distance à la mer des points de mesure sur le fleuve Kourou	29
Tableau 2 : données obtenues sur le fleuve Kourou	30
Tableau 3 : distance à la mer des points de mesure sur le fleuve Kourou	35
Tableau 4 : données obtenues sur le fleuve Kourou le 23/11	36
Tableau 5 : données obtenues sur le fleuve Kourou le 13/11	37

Liste des annexes

Annexe 1 Mission ponctuelle novembre 2006	27
Annexe 2 Mission pontuelle 2007	33
Annexe 3 Mesure de la sonde 1	41
Annexe 4 Mesures de la sonde 2	45
Annexe 5 Mesures de la sonde 3	49
Annexe 6 Surveillance du front de 1 000 μS/cm	53

2. Contexte de l'étude

La Guyane présente une population de 205 954 habitants (INSEE 2006) répartie très inégalement sur la surface du territoire, 80% de ses habitants occupant la bande côtière. Cette population littorale est alimentée en eau potable à 95% par des eaux de surface prélevées dans différents fleuves.

Les fleuves côtiers sont soumis, à leur embouchure, à l'influence de la marée. Lors de la marée haute, les eaux salines remontent dans les cours d'eau vers l'intérieur des terres sous forme d'une onde, faisant varier le niveau d'eau du fleuve, son sens d'écoulement ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques. Dans le contexte guyanais, les mesures de conductivité électrique des eaux douces de surface indiquent des valeurs proches de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Comparativement, une eau de mer présente en général une conductivité comprise entre 40 et 60 mS/cm , soit près de 2000 fois plus qu'une eau douce.

De trop fortes valeurs de conductivité et de turbidité de l'eau peuvent la rendre impropre à la consommation humaine. La référence de qualité exprimée dans l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux préconisations de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, est comprise entre 200 et 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ainsi, quand apparaît la nécessité d'implanter, sur un de ces cours d'eau, une nouvelle station de pompage pour l'alimentation en eau potable, il convient de s'assurer que le captage se situe en amont de la zone d'influence des remontées salines.

En vue de l'implantation prochaine d'une station de captage des eaux de surface sur le fleuve Kourou et dans un souci d'acquisition d'informations générales concernant les remontées du biseau salé dans les fleuves guyanais, le BRGM a été sollicité pour observer les variations de conductivité électrique sur le fleuve Kourou.

Depuis le mois de novembre 2006, plusieurs missions de surveillance de la conductivité électrique sur le fleuve Kourou ont été menées par le BRGM. Trois types de missions répondant à des objectifs différents ont été réalisés :

Des mesures ponctuelles en conditions défavorables : l'étiage des fleuves observé chaque année à la fin de la saison sèche, corrélé aux plus forts coefficients de marée de cette même période crée des conditions favorables à la remontée d'eaux salées dans les fleuves. En novembre 2006 et novembre 2007, dans le cadre de ses missions d'appui à la Police de l'Eau, le BRGM a été chargé d'observer le maximum de remontée de **l'influence des eaux salées** dans le fleuve Kourou. Dans le cadre des ces deux missions, **une variation de quelques $\mu\text{S}/\text{cm}$** de la valeur constatée pour une eau douce était considérée comme une influence des eaux salées.

Le suivi d'un dispositif de mesure en continu : dans le cadre de la convention d'assistance entre le BRGM et la Communauté de Communes du Centre Littoral, cette

dernière a souhaité voir renforcer le dispositif de surveillance de la conductivité sur le fleuve Kourou en vue du projet d'implantation d'une prise d'eau potable dans ce fleuve. A ce titre, le BRGM a procédé à l'installation et au suivi de 3 sondes de **mesure de la conductivité en continu**, au droit du projet de prise d'eau et à deux endroits en aval. Outre le renforcement de la connaissance sur les variations de la conductivité dans les fleuves soumis à l'influence des marées en Guyane, un tel suivi permet également d'assurer à la CCCL que le site retenu pour l'implantation d'une usine de production d'eau potable ne risque pas d'être soumis à de trop fortes variations de conductivité au cours de l'année, ce qui rendrait impropre la ressource à la production d'eau potable.

Une surveillance accrue de la progression du front de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: suite au déficit hydrique exceptionnel auquel a fait face la Guyane en fin d'année 2009, le BRGM a été sollicité par le Comité Hydrique (sous le pilotage du Préfet) et la CCCL pour renforcer la surveillance de la conductivité sur le fleuve Kourou. L'objectif de cette mission est différent des précédentes. En effet, ce ne sont plus les faibles variations de conductivité qui sont suivies mais la progression du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondant à la référence qualité pour une eau destinée à la consommation humaine.

Ce rapport fait état de l'ensemble des résultats acquis au cours des missions du BRGM sur la surveillance de la conductivité électrique sur le fleuve Kourou.

3. Méthodologie

3.1. LES MESURES PONCTUELLES EN CONDITIONS DEFAVORABLES

La méthodologie présentée ci-dessous est celle appliquée lors des missions des mois de novembre 2006 et 2007.

Dans la grande majorité des cas, la conductivité électrique des eaux peut être considérée comme un marqueur de la salinité de l'eau, une conductivité électrique élevée traduisant une salinité importante des eaux. Ainsi, dans des rivières ou fleuves côtiers, à proximité du littoral, la progression des eaux salines issues de l'océan peut donc être identifiée par des mesures de conductivité électrique de l'eau.

Lors des campagnes de mesures ponctuelles réalisées en 2006 et 2007, la méthodologie employée pour suivre l'évolution du biseau salé est identique.

Les mesures de conductivité électrique sont aisées et rapides, elles ont été réalisées à l'aide d'un conductimètre de terrain « Cond 330i » de marque WTW, équipé d'une électrode à conductivité reliée par un câble d'une longueur 2 m.

L'onde de marée se propageant depuis l'embouchure vers l'amont du fleuve, les mesures sont réalisées depuis une embarcation mobile, permettant de suivre la remontée du biseau salé.

L'embarcation est mise à l'eau environ 1h30 avant la pleine mer. Une première mesure de conductivité permet alors d'apprécier la position du front d'eaux salines. Rappelons que, pour les eaux de surface dans le contexte guyanais, la conductivité électrique est d'environ 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si cette valeur est dépassée de manière importante lors de la première mesure au droit de l'embarcadère, on peut considérer que les eaux salines ont amorcé leur remontée et que le front d'influence se situe plus en amont.

Depuis ce point, une mesure est réalisée environ tout les kilomètres et ce, jusqu'à ce que les conductivités mesurées soient caractéristiques d'eaux douces non contaminées par des eaux d'origine marine. Chaque point ayant fait l'objet d'une mesure est repéré sur une carte et géoréférencé à l'aide d'un GPS.

Un « balayage » d'amont en aval puis d'aval en amont est ensuite réalisé afin d'observer les variations de conductivité des points précédemment mesurés. Lorsque le point le plus amont pour lequel une influence des eaux salines a été constatée, voit sa conductivité électrique décroître, on peut considérer que le biseau salé a amorcé sa redescente. La limite d'influence des eaux marines est alors comprise entre ce point et le point le plus proche, situé en amont, et ayant invariablement présenté une conductivité caractéristique d'une eau douce (Figure 1).

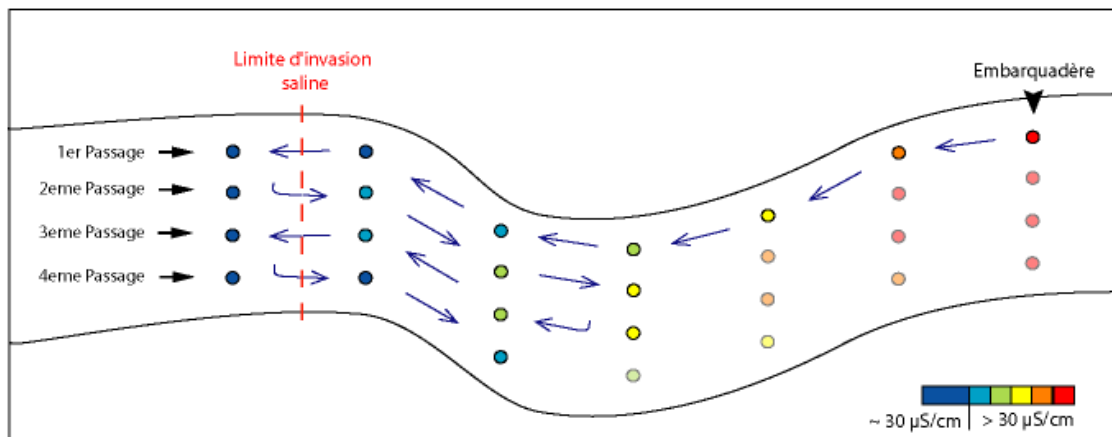


Figure 1 : schéma de la méthodologie appliquée pour déterminer la limite d'intrusion saline.

Les mesures de conductivité électrique sont effectuées en surface et dans l'axe du fleuve, là où les conductivités sont les plus représentatives de la section. En plusieurs points, des profils verticaux de conductivité ont été réalisés afin de caractériser une éventuelle variation de ce paramètre avec la profondeur.



Figure 2 : mesure de la conductivité depuis l'embarcation

Afin d'observer et de déterminer le maximum de remontée des eaux salines dans les cas extrêmes, les campagnes de mesure de 2006 et 2007 ont été programmées en période de basses eaux, pour un débit des fleuves relativement faible et, sous l'influence de marées à forts coefficients.

3.2. DISPOSITIF DE MESURE EN CONTINU

Par ailleurs, en complément de ces mesures ponctuelles, des mesures en continu sont réalisées depuis septembre 2008. Le principe consiste en l'acquisition de données de conductivité électrique à intervalles de 15 mn sur trois sondes mises en place sur le Kourou.

Les sondes utilisées sont des sondes « Orphéus K » de la marque OTT. A pas de temps de mesure 15 minutes, elles disposent d'une autonomie tant pour la mémoire que la batterie de plus d'un an. Chaque sonde est composée d'un enregistreur numérique, d'un câble de 20 m, d'une cellule de mesure de la conductivité et d'une membrane en Téflon permettant la mesure du niveau d'eau. Comme le montrent les figures suivantes, l'enregistreur est installé sur la berge, en hauteur, protégé d'éventuelles crues. La cellule de mesure de la conductivité est, quant à elle, plongée dans l'eau à quelques mètres de la berge et protégée par un tube en PVC crépiné de diamètre 125 mm.



Figure 3 : a) acquisition des données depuis l'enregistreur. b) dispositif de mesure sur la berge à marée haute.

La sonde 1 correspond à l'emplacement du projet d'usine. La sonde 2 se trouve 3 km en aval de la sonde 1 et la sonde 3 se trouve à 6 km en aval de la sonde 1 (figure 4).

Il est à noter qu'à partir du 11 septembre 2009, sur décision des services techniques de la CCCL, la sonde 2 a été déplacée vers le Fleuve Comté.



Figure 4 : localisation des sondes automatiques S1, S2, S3

3.3. SURVEILLANCE DU FRONT DE 1 000 $\mu\text{S}/\text{CM}$

Pour ces missions, la méthodologie appliquée est strictement la même que pour les missions de mesures ponctuelles en conditions défavorables, à la différence près qu'au lieu d'encadrer une variation de la conductivité (front de 30-40 $\mu\text{S}/\text{cm}$), l'objectif est d'encadrer le front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4. Résultats des campagnes de mesures ponctuelles

4.1. NOVEMBRE 2006

Les conductivités mesurées correspondant *a priori* à une eau douce non influencée par les eaux marines, oscillent entre 20 et 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon la distance à la mer.

De l'embouchure du fleuve jusqu'à 23,7 km en amont, les points de mesure réalisés présentent tous de très fortes conductivités ce qui s'explique par leur proximité par rapport à l'embouchure du Kourou ; un maximum de 18.7 mS/cm (ou 18700 S/cm) est mesuré à 4.4 km de l'embouchure.

Selon les observations réalisées le 22 novembre 2006, la limite maximum de variation de la conductivité dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 28 à 30 km de son embouchure et environ 7 Km à l'aval de la future prise d'eau de la CCCL (Rapport BRGM/RP-52265-FR).

4.2. NOVEMBRE 2007

En 2007, deux campagnes de mesures ponctuelles ont été réalisées les 13 et 23 novembre 2007.

Selon les observations réalisées le 23 novembre 2007, la limite maximum de variation de la conductivité dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 33 km de son embouchure et environ 2 km à l'aval de la future prise d'eau destinée à l'alimentation en eau potable de la CCCL.

En revanche, les mesures effectuées les 13 novembre 2007 montrent que la limite de variation de la conductivité dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 25,4 km de son embouchure et environ 10 km à l'aval de la future prise d'eau destinée à l'alimentation en eau potable de la commune de la CCCL (Rapport BRGM/RP-56183-FR).

5. Mesures en continu

5.1. 19 NOVEMBRE – 4 DECEMBRE 2007

En 2007, un premier test de mesure en continu des variations de conductivité sur le fleuve Kourou à partir d'une seule station a été mené.

Pour assurer la continuité de la mesure avant et après la campagne de mesures ponctuelles, une sonde de conductivité OMS902 (Iris instrument) et une sonde de pression utilisée pour enregistrer les variations de niveau du Kourou (sonde Orpheus-Mini OTT) ont été installées sur le fleuve à la hauteur du carbet « les Maripas » (PK18 de la route de Dégrad Saramaka), soit, à 8.3 km du projet de prise d'eau, respectivement le 13/11/06 et le 19/11/06.

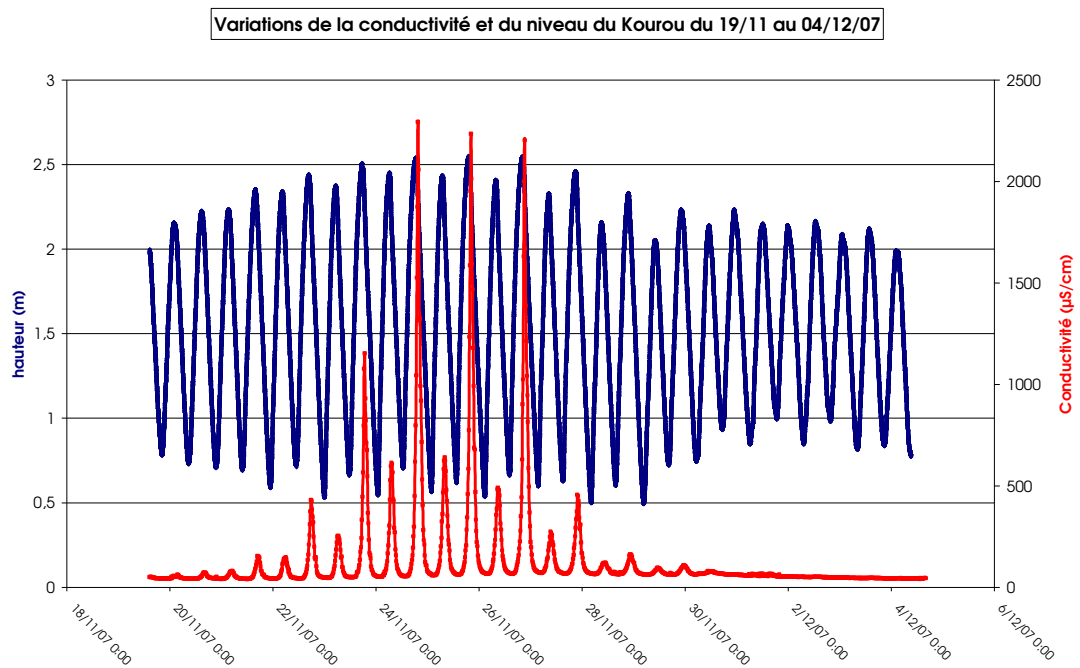


Figure 5 : mesures de conductivité électrique(en rouge) du 19 novembre au 4 décembre 2007 (les hauteurs de marées sont en bleu)

Les mesures automatiques de la sonde installée au niveau du carbet « Maripas » présentent des valeurs fortes entre le 19 novembre et le 4 décembre 2007. D'après les résultats reportés sur la figure ci-dessus, la station mesurait, le 23 novembre 2007, une conductivité de 332 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 17h30 (en cohérence avec la mesure manuelle en ce point de 268 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 17h28).

Les 25 et 26 novembre 2007, des pics de conductivité quasi similaires, 2235 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2202 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement, ont été mesurés pour des marées de 3.48 m le 25/11 et de 3.41 le 26/11. Le lendemain, le 27/11, le pic de conductivité électrique chutait significativement n'atteignant que 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une marée de 3.29 m aux Iles du Salut.

5.2. 17 SEPTEMBRE 2008 – 7 SEPTEMBRE 2009

5.2.1. Sonde 1. à l'emplacement du Projet d'usine

A cet emplacement, les valeurs de conductivité enregistrées depuis septembre 2008 oscillent entre 20 et 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon la période de l'année (annexe 3). On observe que les conductivités mesurées du 17 septembre 2008 au 13 décembre 2008 augmentent, correspondant ainsi à la saison sèche. On constate ensuite une diminution des valeurs de conductivité du 17 décembre 2008 jusqu'au 11 février 2009. Du 12 février 2009 au 24 avril 2009 les valeurs de conductivité sont constantes (entre 20 et 24 $\mu\text{S}/\text{cm}$) hormis un pic de 49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le 18 mars 2009. Du 25 avril au 29 mai 2009, la conductivité augmente régulièrement jusqu'à 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puis reste constante jusqu'au 22 juillet. La conductivité mesurée ensuite jusqu'au 7 septembre est de l'ordre de 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les valeurs ainsi obtenues pendant cette période de mesure en continu n'excèdent pas 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les conductivités mesurées correspondent *a priori* à une eau douce non influencée par les eaux marines, bien en deçà de la référence qualité pour une eau destinée à la consommation humaine.

5.2.2. Sonde 2

La sonde 2 se situe environ 3 km en aval de la sonde 1. Les valeurs de la conductivité mesurée du 17 septembre 2008 au 7 septembre 2009 sont comprises entre 26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 288 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (annexe 4). D'autre part, la conductivité ne semble pas suivre la même évolution que celle mesurée à la sonde 1. Du 17 septembre 2008 au 30 mars 2009, les valeurs de conductivité oscillent aux alentours de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, excepté du 9 novembre 2008 au 9 décembre 2009 où l'on observe plus de variations jusqu'à 142 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Durant le mois de mai 2009, les valeurs de conductivité connaissent des variations importantes entre 100 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Du 11 juin 2009 au 1^{er} septembre 2009, la conductivité mesurée diminue régulièrement de 288 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Du 1^{er} au 11 septembre 2009, la conductivité passe de 150 à 211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et chute finalement à 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le 12 septembre.

Les valeurs de conductivité obtenues au droit de la station 2 ne permettent pas une interprétation pertinente de l'évolution des remontées salines sur l'année. Elles ne montrent pas de variations particulières au rythme des saisons des pluies ni avec les

marées. Au vu de ces variations relativement erratiques par rapport aux données climatologiques et hydrologiques, il est probable que la cellule de mesure ait été détériorée soit par exemple, par l'accumulation de particules boueuses soit par la formation d'un film bactérien. Lors de la dernière mission de déchargement des données sur cette sonde, il a été procédé à un nettoyage complet du dispositif de mesure ainsi qu'à un réétalonnage de la cellule de mesure de la conductivité.

5.2.3. Sonde 3

La troisième sonde, situé en amont du camp Maripas et à 5,6 km en aval du projet d'usine de production d'eau potable, connaît sensiblement les mêmes cycles de variation de la conductivité que celles observées sur la sonde 1. En revanche, les valeurs marquent une plus grande variabilité sur l'année, oscillant entre 25 $\mu\text{S/cm}$ et 350 $\mu\text{S/cm}$, ce qui peut se comprendre vu sa position plus aval, plus proche de la mer.

Les valeurs de conductivité observées sont les suivantes (annexe 5) :

- du 17 septembre 2008 au 15 octobre 2008, la conductivité est inférieure à 50 $\mu\text{S/cm}$ puis augmente jusqu'au 7 novembre 2008 à 119 $\mu\text{S/cm}$;
- du 7 novembre au 19 décembre 2008, la conductivité oscille entre 100 et 350 $\mu\text{S/cm}$, le maximum est observé le 11 novembre 2008 pour une valeur de 366 $\mu\text{S/cm}$;
- du 19 décembre 2008 et le 11 février 2009, la conductivité baisse de 100 $\mu\text{S/cm}$ à 70 $\mu\text{S/cm}$;
- du 12 février et 4 septembre 2009, la conductivité est constante à 30 $\mu\text{S/cm}$;
- Une hausse de la conductivité à 122 $\mu\text{S/cm}$ est visible le 6 septembre.

La conductivité mesurée pendant une année à la sonde 3 ne dépasse pas 350 $\mu\text{S/cm}$. Située en amont du camp Maripas, la conductivité mesurée à cette sonde permet d'établir une limite d'influence des eaux salines. Cette station est située à 30 km de l'embouchure du Kourou et 6 km en aval de la future prise d'eau potable.

6. Surveillance du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Suite au déficit hydrique exceptionnel auquel a fait face la Guyane en fin d'année 2009, le BRGM a été sollicité par le Comité Hydrique (sous le pilotage du préfet de région) et la CCCL pour renforcer la surveillance de la conductivité sur le fleuve Kourou. L'objectif de cette mission est différent des précédents. En effet, ce ne sont plus les faibles variations de conductivité qui sont suivies mais la progression du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondant à la référence qualité pour une eau destinée à la consommation humaine.

A fin octobre, 3 missions de surveillance ont pu être réalisées : les 11 septembre, 6 et 16 octobre 2009.

Le 11 septembre, pour une marée de 2.5 m, le front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se situait à 10.6 km du site du projet de prise d'eau. Le 6 octobre 2009, pour une marée 3.05 m, il se situait à 2.85 km du projet de prise d'eau. En moins de 25 jours et pour une différence de hauteur de marée 55 cm, le front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a progressé d'environ 8 km en se rapprochant très significativement du point du projet de la nouvelle prise d'eau. Le 16 octobre, suite à un épisode pluvieux sur deux jours, le front des 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reculait vers l'aval et se situait pour une marée de 3.13 M à 4,5 km de la nouvelle prise d'eau (soit pour mémoire à 14,8 km de la prise d'eau actuelle de Dégrad Saramaca)

Lors de la mission du 6 octobre, au maximum de progression de la marée, la conductivité atteignait 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au droit du projet de la nouvelle prise d'eau.

Les résultats de ces missions de surveillance sont reportés sur les cartes de l'annexe 6.

7. Conclusions

Les investigations menées sur le fleuve Kourou depuis 2006 permettent d'observer les variations de la conductivité sur le fleuve Kourou. Les mesures ponctuelles réalisées en fin de saison sèche 2006 et 2007 depuis une embarcation, ont ensuite été complétées par l'acquisition de données automatiques sur trois sondes depuis septembre 2008.

L'ensemble des données acquises depuis 2006 et jusqu'à début septembre 2009, laissait penser que le site choisi pour l'implantation de la future prise d'eau de la CCCL se trouvait, de par son éloignement à la mer, protégé de toute influence significative des eaux salées pouvant rendre impropre l'eau prélevée à la consommation. En effet, entre novembre 2006 et le 6 septembre 2009, la valeur de conductivité électrique mesurée au droit du projet de la nouvelle prise n'a jamais dépassé les 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cependant, il s'avère que l'année 2009 a rencontré un phénomène de déficit hydrique exceptionnel. En effet, la situation des débits des fleuves en Guyane est la plus basse jamais enregistrée. Un étiage prononcé corrélé aux forts coefficients de marée de cette fin d'année a provoqué une remontée de l'influence des eaux salées à des distances encore jamais mesurées depuis 2006.

En effet, le 6 octobre dernier, la conductivité au droit du projet de prise d'eau atteignait 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la limite « fatidique » des 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ s'approchait à 2,85 km seulement.

Par conséquent, en une période de temps très court, entre le 7 septembre 2009, date du dernier relevé des mesures en continu, et le 16 octobre, date de la dernière mission de surveillance du biseau salé, il apparaît que le site choisi pour l'implantation d'une usine de production d'eau potable, est sous influence significative des eaux salées et que lors de phénomènes exceptionnels, ce dernier se situe encore trop près de la mer.

Au vu de ces derniers résultats, il apparaît primordial de continuer à, d'une part, capitaliser des données sur les variations de conductivité par le biais de stations de mesure fixes et d'autre part, continuer à mener des missions ponctuelles de surveillance du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ jusqu'à la fin de la saison sèche 2009.

A la fin de la campagne de surveillance de ce front, au retour de la saison des pluies, il appartiendra alors à la CCCL et à ses partenaires de réfléchir à l'opportunité de maintenir ou non son projet d'installation de la nouvelle prise d'eau à l'endroit choisi actuellement et/ou de prévoir des mesures spécifiques permettant de pallier au risque d'envahissement par l'eau salée.

Annexe 1

Mission ponctuelle novembre 2006

Localisation des points de mesure

Les points de mesure de la conductivité réalisés sur le fleuve Kourou le 22 novembre 2006 sont localisés sur carte de l'annexe 2.

L'embouchure du fleuve Kourou se situe au droit du lieu dit Guatemala. Les mesures de conductivité et de turbidité sur le Kourou ont été réalisées en douze points, nommés K1 à K12, de l'aval vers l'amont. Les distances en kilomètres de ces points à l'embouchure du fleuve sont présentées dans le Tableau 1.

Point	Distance à la mer (Km)
K1	4.4
K2	7.8
K3	11.7
K4	15
K5	18.2
K6	20.9
K7	23.7
K8	24.9
K9	26
K10	27.8
K11	29.7
K12	31.5

Tableau 1 : distance à la mer des points de mesure sur le fleuve Kourou

Données brutes

Point	Heure	Coordonnées GPS	Profondeur en m	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Turbidité en NTU
K1	15h40	X 314 761 Y 569 567	surface	18770	280
K2	16h03	X 313 555 Y 566 487	surface	16800	79
K3	16h16	X 313 949 Y 564 044	surface	7400	47,5
	21h07			16170	N.M
K4	16h24	X 316 435 Y 564 255	surface	2850	332
K5	16h53	X 315 394 Y 563 223	surface	800	161
	20h46			3600	N.M
K6	17h00	X 314 927 Y 561 470	surface	140	83,5
K7	17h11	X 314 579 Y 558 786	surface	32,5	41,3
	20h00			600	N.M
	20h24			510	
K8	17h17	X 314 067 Y 557 978	surface	28,8	40,2
	18h25			48	N.M
	19h53			195	
	20h19			280	
K9	17h25	X 313 298 Y 558 901	surface	25,7	24,1
	18h19			32,7	31,1
	19h06			47	N.M
	19h42			70	
K10	17h31	X 313 011 Y 557 474	surface	23,2	17,6
	18h06			24,4	N.M
	19h14			29	
	19h33			32,5	
K11	17h37	X 314 564 Y 557 538	surface	22,2	8,1
	17h57			22,3	N.M
	19h22			24,5	
K12	17h45	X 315 875 Y 558 409	surface	21,7	8,9

Tableau 2 : données obtenues sur le fleuve Kourou

Limite d'influence des eaux salines

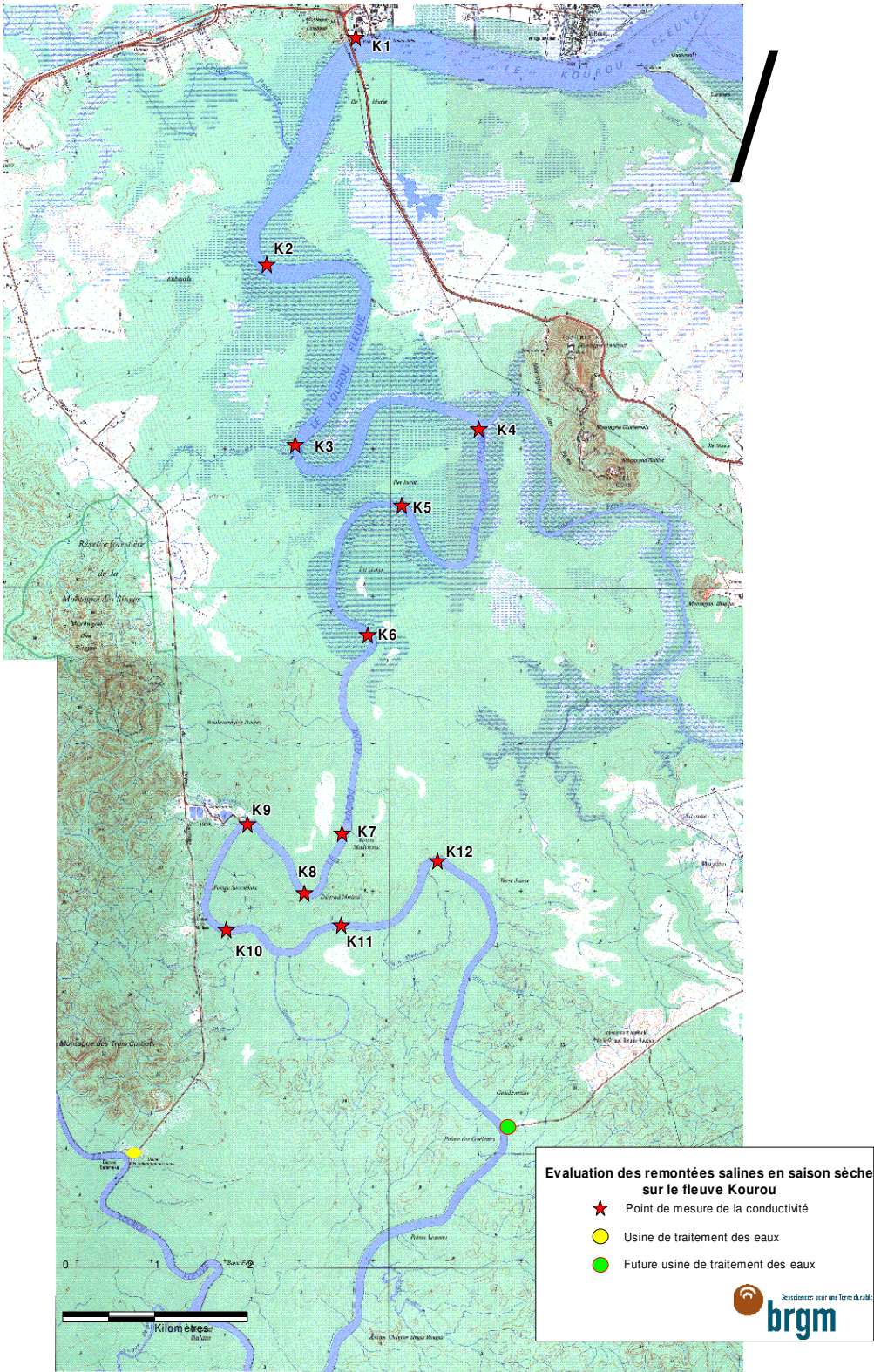
Les résultats des mesures effectuées sur le fleuve Kourou sont reportés dans le Tableau 2. Les conductivités mesurées correspondant *a priori* à une eau douce non influencée par les eaux marines oscillent entre 20 et 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon la distance à la mer (Tableau 2). La première mesure de conductivité correspondant à une eau douce (32.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est réalisée à 17h11 au point K7, situé à 23.7 km de l'embouchure du fleuve. Les points de mesure situés en aval présentent tous de très fortes conductivités ce qui s'explique par leur proximité par rapport à l'embouchure du Kourou (un maximum de 18.7 mS/cm est mesuré en K1 à 4.4 km de l'embouchure).

Au point K7, trois mesures de conductivité ont été effectuées à différents moments. Entre 17h11 et 20h00, la conductivité augmente de 32.5 à 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cependant entre 20h00 et 20h24 la valeur de conductivité diminue de 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ceci nous permet de positionner le maximum d'invasion saline dans le temps, un peu après 20h00 soit environ 2h30 après la pleine mer.

Le retrait du biseau salé ne semble pas apparaître en K8. En effet, la valeur mesurée à 20h19 est supérieure à celle mesurée à 19h53 (280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ contre 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$). D'après les observations faites aux points K7 et K8, on peut supposer que le maximum de conductivité au point K8 est atteint peu après 20h00 et qu'à 20h19, la valeur enregistrée est déjà en dessous du maximum atteint.

Les valeurs de conductivité enregistrées en K9, K10, K11 et K12, ont été mesurées au plus tard à 19h42, elles ne reflètent donc pas le maximum de conductivité atteint en ces points lors de l'invasion saline. Cependant les valeurs mesurées en K10 et K11 montrent de très faibles variations de la conductivité. On peut donc considérer que le biseau salé n'est pas remonté plus en amont.

Selon les observations réalisées le 22 novembre 2006, la limite maximum d'influence des eaux salines ce jour, dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 28 à 30 km de son embouchure et environ 7 Km à l'aval de la future prise d'eau de la CCCL, destinée à l'alimentation en eau potable de la commune de Kourou.



Annexe 2

Mission pontuelle 2007

Localisation des points de mesure

Les points de mesure de la conductivité électrique réalisés sur le fleuve Kourou le 23 novembre 2007, sont localisés sur carte de l'annexe 1.

L'embouchure du fleuve Kourou se situe au droit du lieu dit Guatemala. Les mesures de conductivité sur le Kourou ont été réalisées sur dix points, nommés K6 à K15, de l'aval vers l'amont. Les distances en kilomètres de ces points à l'embouchure du fleuve sont présentées dans le tableau 2.

Point	Distance à la mer (km)
K6	20.0
K7	23.0
K8	24.1
K9	25.4
K10	27.1
K11	29.0
K12	30.6
K13	32.1
K14	33.3
K15	35.2

Tableau 3 : distance à la mer des points de mesure sur le fleuve Kourou

Données brutes**Campagne du 23/11/2007**

Point	Heure	Coordonnées GPS	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$
K6	15h12	X 314 897 Y 569 547	2240
K7	15h03	X 314 601 Y 558 831	215
	15h18		306
K8	15h00	X 314 056 Y 557 999	96
	15h20		149
K9	14h57	X 313 228 Y 558 873	50
	15h23		78
	16h21		218
K10	14h53	X 312 979 Y 557 494	31
	15h27		41
	16h17		74
	16h27		86
	16h35		95
	17h28		268
K11	14h48	X 314689 Y 557 540	25
	15h31		27
	16h12		35
	16h46		46
	17h20		73
	18h31		161
	18h36		156
K12	14h44	X 315 797 Y 558 411	24
	16h08		26
	16h50		30
	17h16		35
	18h41		67
K13	16h55	X 316 592 Y 557 367	26
	17h12		26
	18h46		36
K14	16h59	X 316 093 Y 556 276	24
	17h09		25
	18h50		29
	19h07		28
K15	17h03	X 316 739 Y 554 714	24
	18h55		25
	19h14		25

Tableau 4 : données obtenues sur le fleuve Kourou le 23/11

Campagne du 13/11/2007

Point	Heure	Coordonnées GPS	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$
K6	8h51	X 314 897 Y 569 547	353
	9h14		330
K7	8h44	X 314 601 Y 558 831	64
	9h14		46
K8	8h41	X 314 056 Y 557 999	35
	9h24		34
K9	8h36	X 313 228 Y 558 873	29
	9h27		28
K10	8h30	X 312 979 Y 557 494	25
	9h33		26
K11	8h24	X 314689 Y 557 540	24
K12	8h20	X 315 797 Y 558 411	23
K15	8h07	X 316 592 Y 557 367	23

Tableau 5 : données obtenues sur le fleuve Kourou le 13/11

Limite d'influence des eaux salines**- Campagne du 23/11/07**

Les résultats des mesures effectuées sur le fleuve Kourou sont reportés dans le Tableau 3. Les conductivités mesurées correspondant *a priori* à une eau douce non influencée par les eaux marines oscillent entre 24 et 30 $\mu\text{S/cm}$ selon la distance à la mer. Une première augmentation de la conductivité (31 $\mu\text{S/cm}$) est décelée à 14h53 au point K10, situé à 27.10 km de l'embouchure du fleuve. Un maximum de 2240 $\mu\text{S/cm}$ est mesuré en K6 à 20 km de l'embouchure.

Les mesures prises sur les points K6 à K14 montrent une augmentation de conductivité jusqu'à 18h50 pour K14. Au même endroit, entre 19h00 et 19h07 la renverse du flot correspond à une baisse de la conductivité. Ceci nous permet de positionner à cet endroit, le maximum d'invasion saline, un peu après 19h00 soit environ 3h20 après la pleine mer.

Le retrait du biseau salé semble se manifester au point K11 dès 18h36 bien que la renverse ne se soit pas encore produite.

Les valeurs de conductivités enregistrées en K6, K7, K8, K9 et K10, ont été mesurées au plus tard à 18h28, elles ne reflètent donc pas le maximum de conductivité atteint en ces points lors de l'invasion saline.

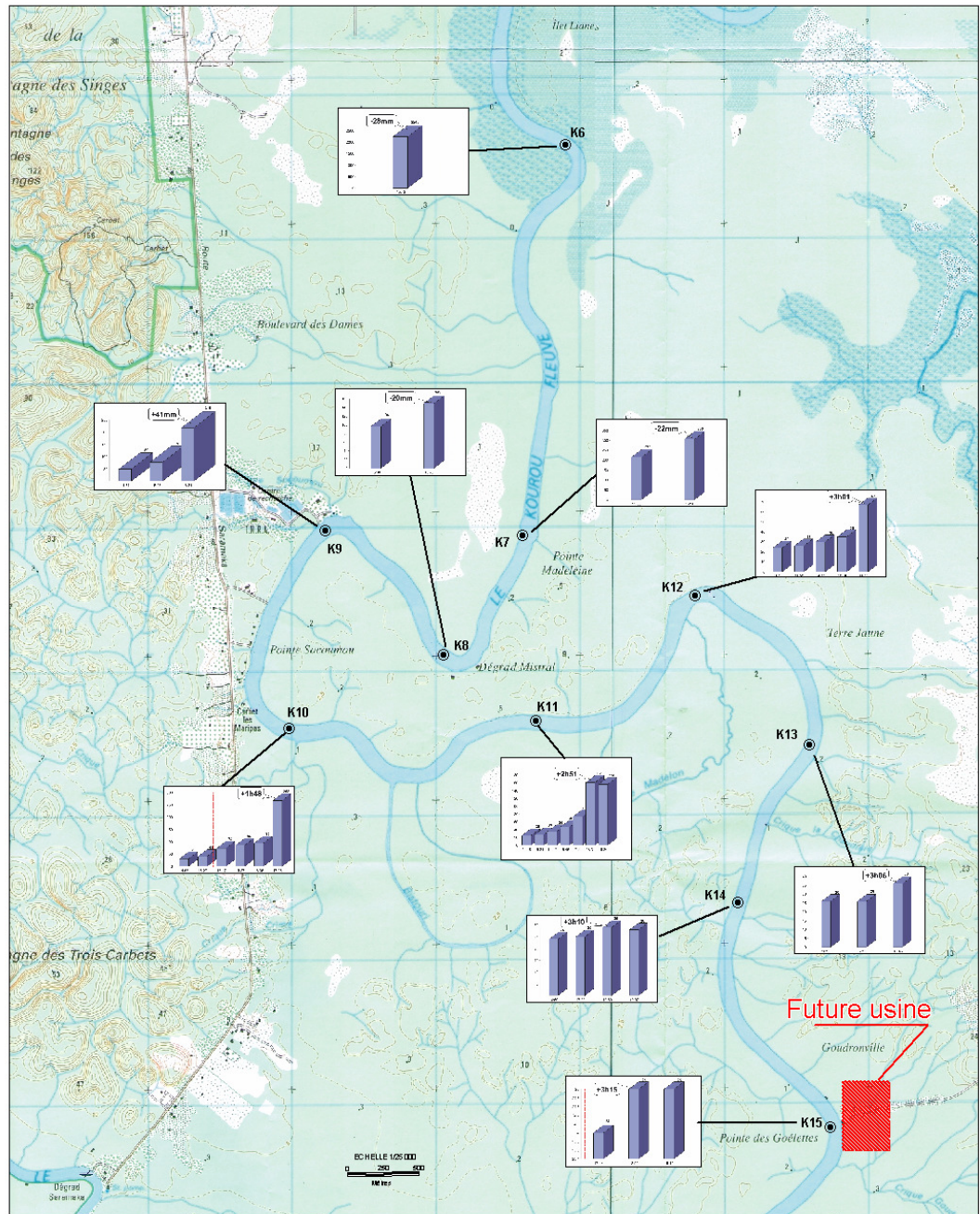
Selon les observations réalisées le 23 novembre 2007, la limite maximum d'influence des eaux salines ce jour, dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 33 km de son embouchure et environ 2 km à l'aval de la future prise d'eau destinée à l'alimentation en eau potable de la CCCL.

- Campagne du 13/11/07

Les résultats des mesures effectuées sur le fleuve Kourou sont reportés dans le Tableau 4. Les conductivités mesurées qui correspondent à une eau douce non influencée par les eaux marines oscillent entre 23 et 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon la distance à la mer. Le premier « front » de conductivité (29 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est décelé à 8h36 au point K9, situé à 25.4 km de l'embouchure du fleuve. Un maximum de 353 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est mesuré en K6 à 20 km de l'embouchure. A cet endroit, à 9h08 la renverse du flot correspond à une diminution de la conductivité.

En amont, au point K9, la conductivité décroît à partir de 9h27, soit environ 3h après la pleine mer.

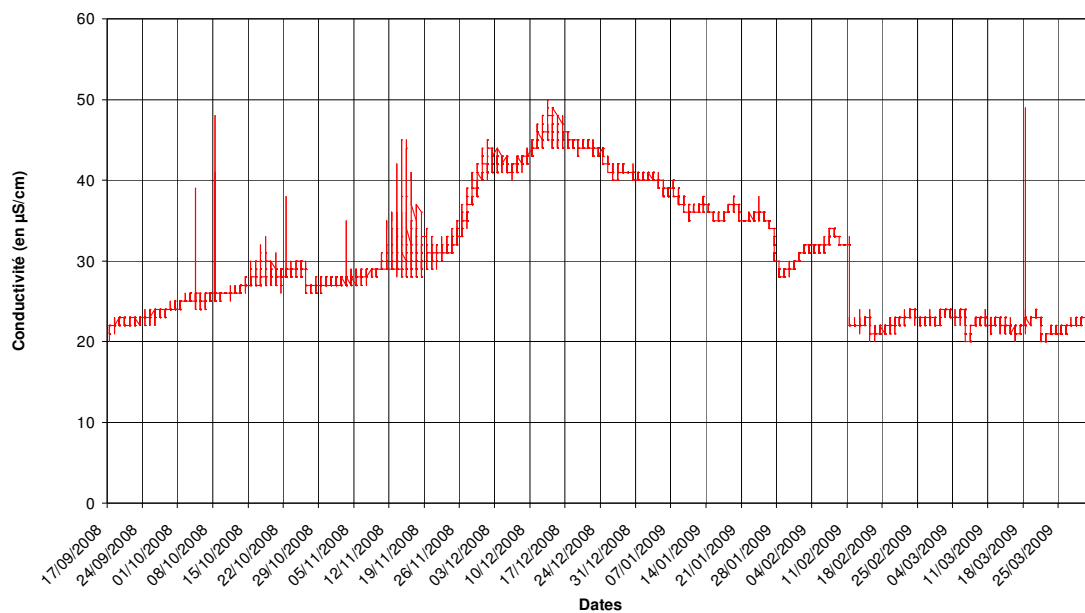
Selon les observations réalisées le 13 novembre 2007, la limite maximum d'influence des eaux salines ce jour, dans le fleuve Kourou, se situait à une distance d'environ 25.4 km de son embouchure et environ 10 km à l'aval de la future prise d'eau destinée à l'alimentation en eau potable de la commune de la CCCL.



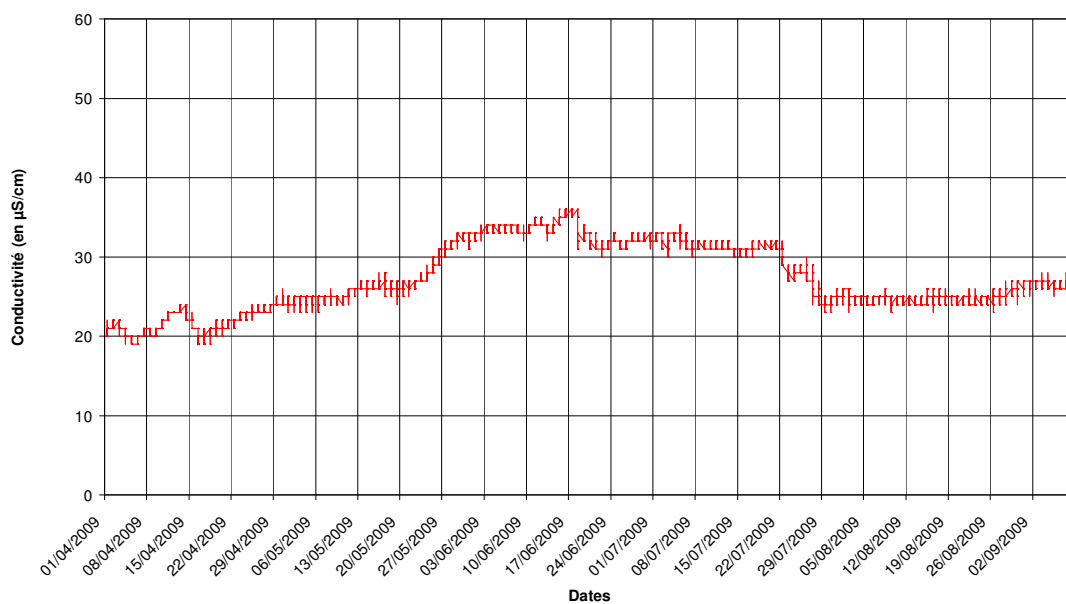
Annexe 3

Mesure de la sonde 1

Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 1- Période du 17/09/2008 au 31/03/2009



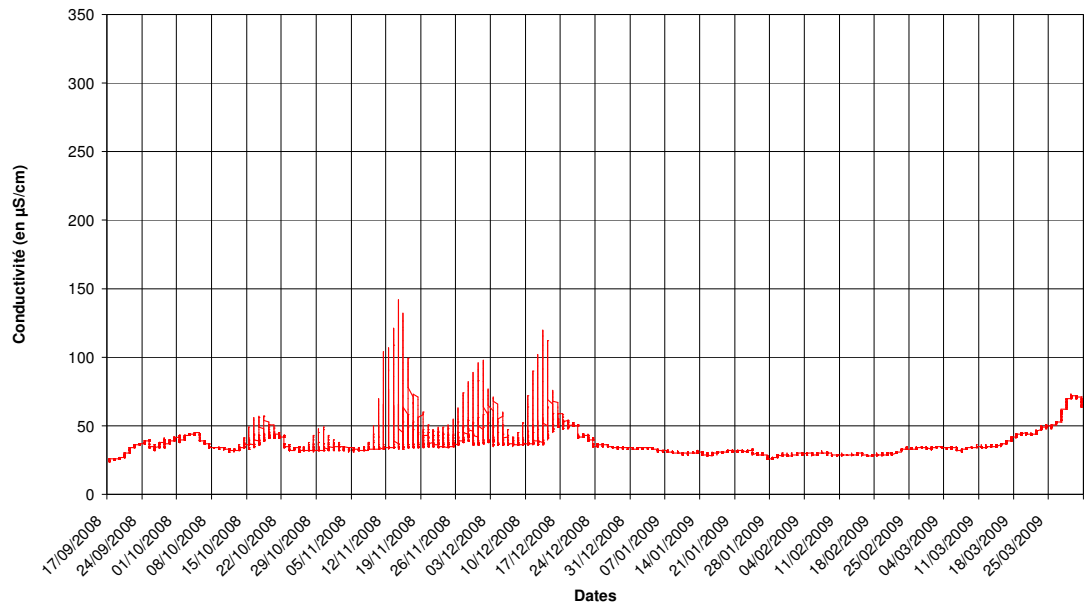
Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 1- Période du 1/04/09 au 7/09/09



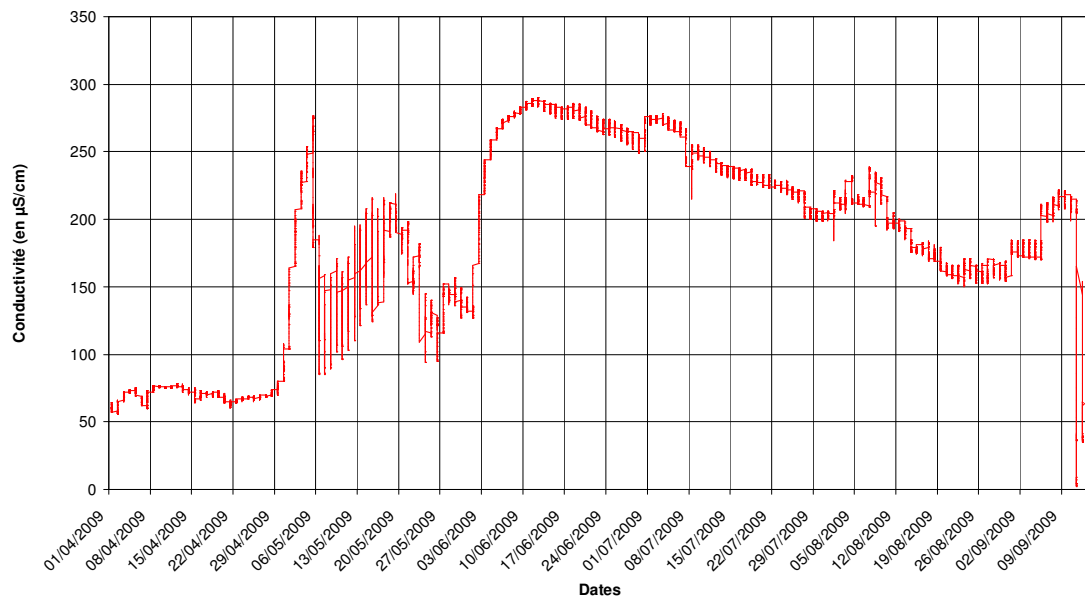
Annexe 4

Mesures de la sonde 2

Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 2- Période du 17/09/2008 au 31/03/2009



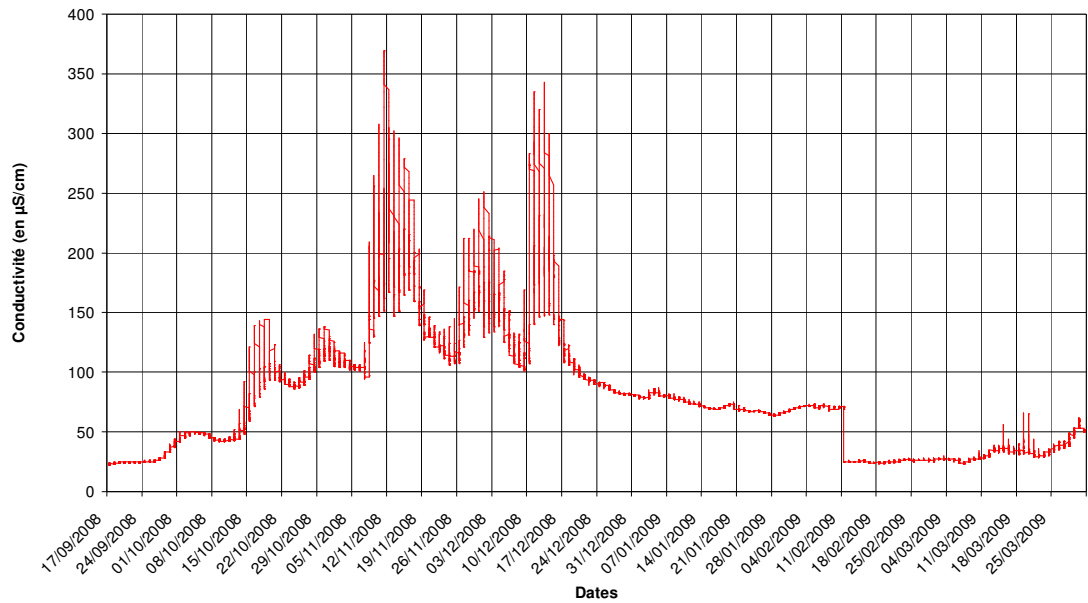
Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 2- Période du 1/04/09 au 13/09/09



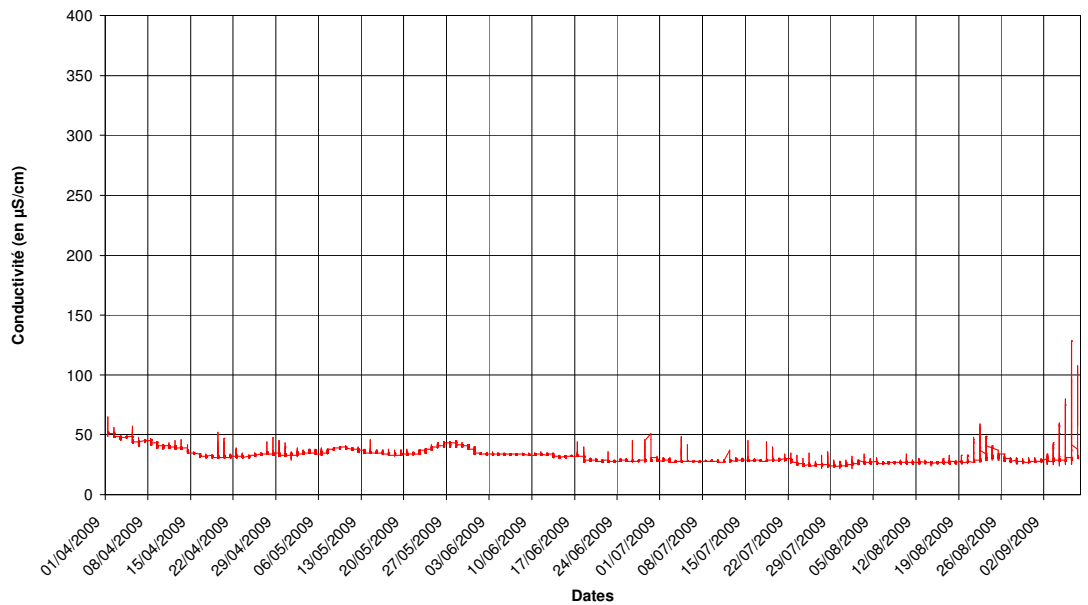
Annexe 5

Mesures de la sonde 3

Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 3- Période du 17/09/2008 au 31/03/2009



Valeurs de conductivité sur le Kourou, sonde 3- Période du 1/04/2009 au 7/09/2009

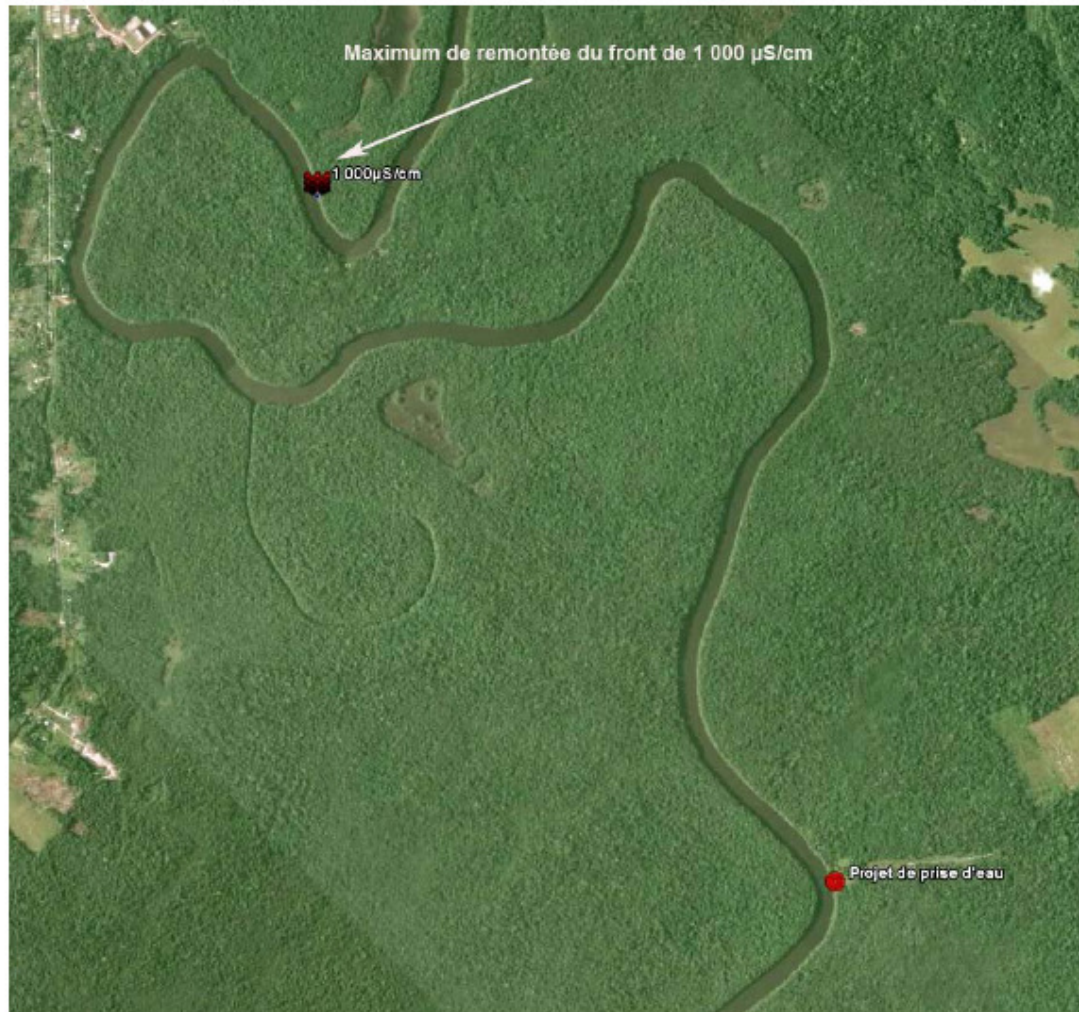


Annexe 6

Surveillance du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Le Kourou – Vendredi 11 septembre 2009

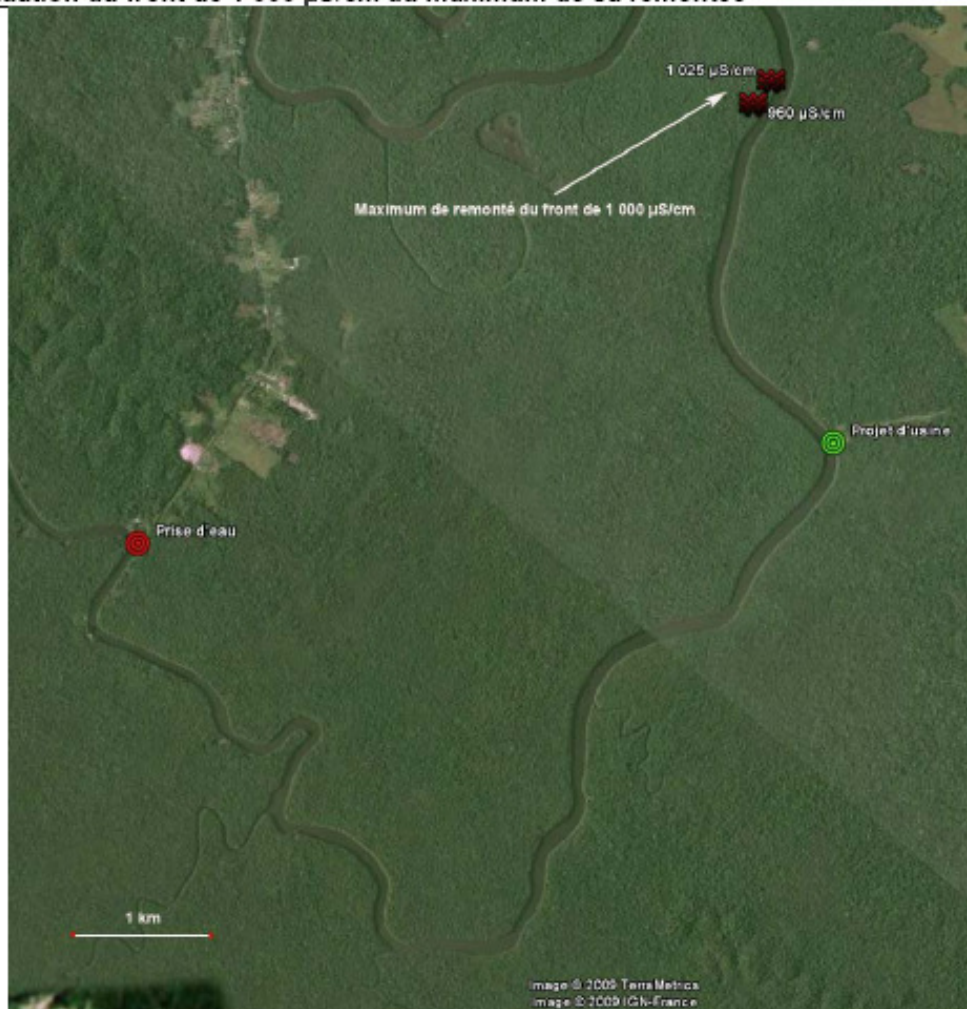
Situation du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au maximum de sa remontée



Hauteur de la marée	2,5 m
Heure de la marée haute aux Iles du Salut	9 H 05 m
Heure du maximum de progression du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	11 H 00 m
Distance à la future prise d'eau	10,60 km
Distance à la prise d'eau actuelle	20,70 km

Le Kourou – Mardi 06 Octobre 2009

Situation du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au maximum de sa remontée



Hauteur de la marée	3,05 m
Heure de la marée haute aux Iles du Salut	5 H 51 m
Heure du maximum de progression du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	08 H 45 m
Distance à la future prise d'eau	2,85 km
Distance à la prise d'eau actuelle	13,21 km

Remarque :

Le 11 septembre dernier, pour une marée de 2,5 m, le front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se situait à 10,6 km du projet de prise d'eau et à 20,7 km de la prise d'eau actuelle.

Le Kourou – Vendredi 16 Octobre 2009

Situation du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au maximum de sa remontée



Hauteur de la marée	3,18 m
Heure de la marée haute aux Iles du Salut	3 H 13 m
Heure du maximum de progression du front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6 H 20 m
Distance à la future prise d'eau	4,5 km
Distance à la prise d'eau actuelle	14,8 km

Remarque :

Le 06 octobre dernier, pour une marée de 3,05 m, le front de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se situait à 2,85 km du projet de prise d'eau.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009

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

Service géologique régional Guyane

Domaine de Suzini - Route de Montabo
BP 552

97333 – Cayenne Cedex - France
Tél. : 05 94 30 06 24