

Réalisation d'une campagne de
mesures de débit sur le Creek Baie
Nord
Rapport annuel
(mars 2010 à mars 2011)
Goro



*Réalisation d'une campagne de mesures de débit sur le
Creek Baie Nord – Rapport annuel (mars 2010 – mars
2011)
Goro*

Rapport

*Commanditaire : VALE NC
Responsable du projet : Archibald Kissling*

Références	Version	Date	Rédacteur(s)	Relecteur(s)
Af-09-086 Ra-11-0286	1	31/03/2011	O. Carel	A. Kissling

Sommaire

1	INTRODUCTION.....	5
2	CHOIX DES SITES DE MESURE	6
3	SPECIFICITE DE DEB-07.....	6
4	BILAN DU DEROULEMENT DES MISSIONS DE L'ANNEE.....	8
4.1	Bilan des jaugeages	8
4.2	Bilan des mesures physico-chimiques in situ	9
4.3	Bilan des mesures physico-chimiques au laboratoire.....	10
4.4	Bilan des enregistrements de hauteurs d'eau à DEB-07	12
4.5	Bilan des données pluviométriques disponibles	13
4.6	Transformation des hauteurs d'eau en débit.....	14
5	INTERPRETATION DES DONNEES COLLECTEES.....	16
5.1	Interprétation quantitative.....	16
5.1.1	Bilan hydrométrique	17
5.1.2	Débit spécifique d'étiage.....	20
5.1.3	Débit caractéristique d'étiage	23
5.1.4	Débit moyen	26
5.2	Interprétation qualitative	26
5.2.1	Bilan des mesures de turbidité	27
5.2.2	Bilan des mesures de pH	29
5.2.3	Bilan des mesures de conductivité	31
5.2.4	Bilan des mesures de température	34
6	CONCLUSION	36
	ANNEXES	38
	ANNEXE 1 : CARTE DE LOCALISATION DES 11 SITES DE JAUGEAGE SELECTIONNES	39
	ANNEXE 2 : PRESENTATION DES SITES DE JAUGEAGES.....	41
	ANNEXE 3 : CD DE DONNEES BRUTES ET TRAITEES	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Courbes de tarage de la station hydrologique de DEB-07	15
Figure 2: Bilan hydrométrique des jaugeages différentiels réalisés sur le Creek Baie Nord (mars 2010 à mars 2011). Le débit moyen en L/s est en vert et le % de débit par rapport à l'exutoire est en rouge. Les zones d'apports de nappe sont en vert et celles en perte par infiltration sont en rouge.....	18
Figure 4: Données mensuelles de débits (entre janvier 2008 à mars 2011) entre DEB-11 et DEB-08 + DEB-09.....	20
Figure 5: Débits spécifiques d'étiage en L/s/km ² en 2008 (en rouge), en 2009 (en bleu) et en 2010 (en vert).....	22
Figure 6: Courbe des débits moyens journaliers classés et calcul du DCE pour l'année 2008	24
Figure 7: Courbe des débits moyens journaliers classés et calcul du DCE pour l'année 2009	25
Figure 8: Turbidité moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange).....	28
Figure 9: Mesures de turbidité sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)	29
Figure 10: pH moyen pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)	30
Figure 11: Mesures de pH sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011).....	31
Figure 12: Conductivité moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)	32
Figure 13: Mesures de conductivité sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)	33
Figure 14: Température moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)	34
Figure 15: Mesures de température sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Bilan des lacunes au niveau des jaugeages	9
Tableau 2 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques in situ	10
Tableau 3 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques au laboratoire.....	11
Tableau 4 : Bilan des lacunes au niveau des enregistrements limnimétriques.....	12
Tableau 5 : Bilan des lacunes au niveau des données pluviométriques.....	13

1 INTRODUCTION

Le creek Baie Nord est l'un des cours d'eau les plus importants du complexe industriel de Vale NC.

En effet, c'est à ce niveau que sont drainées la quasi-totalité des eaux de l'usine hydrométallurgique (eaux de ruissellement) mais aussi les eaux de rejet de la centrale électrique de Prony Energies.

Partant de ces constatations, Vale NC a décidé de mettre en place un programme conséquent d'acquisition de données et de suivi de ce cours d'eau.

A ce titre, plusieurs instruments de mesure ont été mis en place : des préleveurs automatiques d'échantillons d'eau, un pluviomètre placé à proximité, une station limnimétrique mesurant les hauteurs d'eau...

En complément, une campagne de jaugeages différentiels (mesure de débit) a été lancée depuis janvier 2008 pour connaître le comportement du creek 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.

Cette campagne a consisté à réaliser 12 mesures de débit en 2008 et 11 de 2009 à 2011 ; ceci en divers points du creek, judicieusement sélectionnés pour leur représentativité.

Afin de disposer d'un échantillonnage correct, ces mesures ont été réalisées tous les 15 jours en 2008 et tous les mois entre 2009 et 2011.

Chaque mission a été réalisée dans un temps court (1,5 à 2 j de terrain), afin de pouvoir comparer les sites entre eux (faible variation des conditions hydrologiques entre 2 jaugeages).

Associés à ces mesures de débit, des prélèvements d'eau ont été systématiquement réalisés à chaque point, afin de quantifier les Matières En Suspension (MES) et la turbidité au laboratoire. De plus, des mesures physico-chimiques (conductivité, température, pH...) ont été effectuées grâce à des sondes physico-chimiques.

2 CHOIX DES SITES DE MESURE

Les sites de mesure ont été sélectionnés lors d'une reconnaissance du site en décembre 2007 en présence du responsable Eau de Goro Nickel de l'époque.

Seule la station 6 DEB-01 a dû être déplacée (à cause de l'édification de barrages, puis de travaux de curage, puis d'édification d'une clôture...) quelques centaines de mètres en aval.

Ces sites sont localisés sur la carte en *annexe 1*.

Tous les sites de jaugeage sont présentés en *annexe 2*.

En résumé, ces sites ont été choisis pour les raisons suivantes :

- DEB-01 : situé en aval du grand bassin de rétention et du barrage, au niveau du site de pompage de l'ISCO, en amont du creek et proche de l'usine ;
- DEB-02 : en aval de DEB-01, juste avant une confluence majeure ;
- DEB-03 : en amont immédiat de la confluence avec DEB-02 ;
- DEB-04 : en aval non loin de la confluence DEB-02 / DEB-03 ;
- DEB-05 : position intermédiaire au niveau du creek, en aval d'un affluent en rive gauche ;
- DEB-06 : affluent important en rive droite du creek ;
- DEB-07 : en amont immédiat du rejet de la STP1, au niveau de la station limnimétrique (référence du bassin versant) ;
- DEB-08 : en aval du rejet de la STP1, en amont immédiat d'un important affluent en rive gauche ;
- DEB-09 : affluent important du creek en rive gauche ;
- DEB-10 : en aval de la confluence tripartite détaillée ci avant ;
- DEB-11 : point le plus en aval possible, avant rejet en mer.

3 SPECIFICITE DE DEB-07

La station DEB-07 (en amont immédiat du point de rejet de la STP1) a été équipée en janvier 2006 d'une station limnimétrique qui mesure la hauteur d'eau dans le creek en temps réel.

Le but de cette station était en premier lieu de connaître le débit du cours d'eau à tout moment au niveau du poste de commandement de la STP1.

En effet, une délibération provinciale demandait à Goro Nickel de réduire les rejets de la STP1 dans le creek Baie Nord lorsque le débit passait sous un seuil (en l'occurrence 50 l/s).

La démarche a été la suivante :

1. installer une station qui mesure les hauteurs d'eau en amont immédiat du rejet. En effet, la mesure en continu des débits dans un creek est très difficile et peu fiable.
2. transférer automatiquement ces données au PC de la STP1. Pour ce faire, un modem GSM a été installé sur la station limnimétrique, modem qui envoie automatiquement et périodiquement les données au PC.
3. transformer les données de hauteur d'eau en débit. Pour ce faire, l'établissement d'une courbe de tarage a été nécessaire. Ce graphique qui transforme les hauteurs d'eau en débits a été réalisé en effectuant plusieurs jaugeages au niveau de la station.
4. Deux points négatifs :
 - cette courbe ne permet la transformation des hauteurs d'eau en débit que pour les hauteurs présentes dans le domaine de validité de la courbe (c'est-à-dire les hauteurs d'eau comprises dans la gamme des jaugeages réalisés sur site). Cependant, dans le cas présent, cela n'a pas été gênant sachant que seuls les débits de basses eaux étaient utilisés.
 - Les crues, par modification du lit du cours d'eau, peuvent entraîner un détarage de la station, c'est-à-dire une modification de la relation hauteur-débit. Il faut alors réaliser une nouvelle courbe de tarage.

Ainsi, les opérateurs de la STP1 disposaient depuis 2006 du débit en continu (hors crue) affiché sur leur PC. Courant 2009, ce PC a été déplacé dans les bureaux INCO 1 et est désormais sous la responsabilité de l'équipe Environnement de Vale NC.

Vale NC dispose donc de plus de 4 ans de données sur ce site, qui sert de référence pour tous les autres (car la hauteur d'eau fournie par le limnimètre est la seule référence qui permet de comparer les jaugeages entre eux).

Cependant, la station DEB-07 a présenté un dysfonctionnement en mai 2010 car elle ne relevait plus les hauteurs d'eau. Une réparation de la station a donc été effectuée mi-novembre 2010. Depuis, elle semble fonctionner correctement.

4 BILAN DU DEROULEMENT DES MISSIONS DE L'ANNEE

Au total, 13 missions ont été réalisées entre mars 2010 et mars 2011, sans problème notable au niveau des mesures de débit et des échantillonnages d'eau. Seule la station limnimétrique installée sur DEB-07 ne relevait plus les hauteurs d'eau depuis fin mai 2010, jusqu'à sa réparation effectuée mi-novembre.

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 matériel spécifique 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 un dispositif type téléphérique qui permet la réalisation de mesures depuis la berge.

4.1 Bilan des jaugeages

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

Il y a donc eu 13 campagnes terrain entre mars 2010 et mars 2011.

Les jaugeages réalisés sur cette période ont concernés des hauteurs d'eau comprises entre 0.79 m et 2.5 m à DEB-07. La hauteur maximale a été prise le 14/01/2011, lors du passage de Vania, d'où cette grande hauteur d'eau.

Le tableau 1 ci-dessous 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).

Tableau 1 : Bilan des lacunes au niveau des jaugeages

Section	Débit
DEB-01	0%
DEB-02	0%
DEB-03	0%
DEB-04	0%
DEB-05	0%
DEB-06	0%
DEB-07	0%
DEB-08	0%
DEB-09	0%
DEB-10	0%
DEB-11	0%

L'ensemble des indicateurs sont correctes car tous les jaugeages ont pu être réalisés lors de la période d'étude (mars 2010 à mars 2011).

Ceci n'avait pas été le cas lors du bilan établi pour le dernier rapport annuel (avril 2009 - février 2010), où seulement 4 sections affichaient des pourcentages correctes (sur DEB-02, DEB-04, DEB-05 et DEB-07).

4.2 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 13 campagnes terrain entre mars 2010 et mars 2011.

Le tableau 2 ci-dessous 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).

Tableau 2 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques in situ

Station	pH	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)
DEB-01	0%	8%	0%
DEB-02	0%	0%	0%
DEB-03	0%	0%	0%
DEB-04	0%	0%	0%
DEB-05	0%	0%	0%
DEB-06	0%	0%	0%
DEB-07	0%	0%	0%
DEB-08	0%	0%	0%
DEB-09	0%	0%	0%
DEB-10	0%	0%	0%
DEB-11	0%	0%	0%

On constate que dans l'ensemble toutes les valeurs sont correctes exceptées sur DEB-01 où le pourcentage affiché est moyen. En effet en février 2011, l'écran de la sonde physico-chimique a présenté un dysfonctionnement rendant la lecture de la conductivité impossible. Sinon, pour toutes les autres mesures durant la période considérée, tous les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, température) ont pu être pris.

Une amélioration est donc remarquée dans la prise des mesures physico-chimiques in-situ lors du bilan annuel établi entre avril 2009 et février 2010, l'ensemble des paramètres indiquaient des pourcentages moyens, compris entre 8 et 17%.

En effet, l'objectif est d'améliorer le rendement en n'oubliant pas les sondes lors des missions terrains et en s'assurant que les données terrain sont bien bancarisées.

Pour ce faire, un protocole terrain a été rédigé début 2010, mentionnant le matériel à emmener sur site ainsi que les procédures de traitement des données.

Concernant la sonde physico-chimique, celle-ci n'est plus utilisée suite à la mission de février 2011. Des sondes sont depuis louées à la CDE ou à Lab'eau et une nouvelle sonde est en cours d'achat par E.M.R.

4.3 Bilan des mesures physico-chimiques au laboratoire

A chaque campagne de terrain, E.M.R. a également en charge de réaliser un prélèvement d'eau en rivière, avec pour but de faire réaliser par les équipes de Vale NC des analyses au laboratoire sur les paramètres suivants :

- M.E.S.,
- Turbidité,

- Conductivité,
- pH.

Il y a donc eu 13 campagnes terrain en entre mars 2010 et mars 2011.

Le tableau 3 ci-dessous récapitule les lacunes au niveau des mesures effectuées au laboratoire. 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).

Tableau 3 : Bilan des lacunes au niveau des mesures physico-chimiques au laboratoire

Section	M.E.S	Turbidité	Conductivité	pH
DEB-01	0%	0%	0%	0%
DEB-02	0%	0%	0%	0%
DEB-03	0%	0%	0%	0%
DEB-04	0%	0%	0%	0%
DEB-05	0%	0%	0%	0%
DEB-06	0%	0%	0%	0%
DEB-07	0%	0%	0%	0%
DEB-08	0%	0%	0%	0%
DEB-09	0%	0%	0%	0%
DEB-10	0%	0%	0%	0%
DEB-11	0%	0%	0%	0%

On constate que toutes les valeurs sont considérées comme correctes. Tous les échantillons d'eau ont été prélevés et déposés au laboratoire et toutes les analyses des différents paramètres considérés (M.E.S, Turbidité, Conductivité, pH) ont été effectuées.

Une nette amélioration au niveau des analyses physico-chimiques au laboratoire est donc là aussi remarquée. En effet, le dernier rapport annuel avait présenté quant à lui un bilan majoritairement mauvais.

Pour améliorer les résultats, les mesures suivantes ont été engagées :

- Les résultats des analyses nous sont désormais transmis dans les jours qui suivent la mission, ce qui permet de vérifier que les analyses ont bien été réalisées,
- Le site de DEB-01 a été déplacé, donc il n'y a plus de problème d'accès,

- Des prélèvements sont réalisés dans le cours d'eau même en crue (dans la mesure du respect des règles de sécurité).

4.4 Bilan des enregistrements de hauteurs d'eau à DEB-07

Une station hydrologique permettant la mesure en continu des hauteurs d'eau sur le Creek Baie Nord est en place sur la station DEB-07.

Un pourcentage de lacune a été calculé en comparant les données manquantes aux données théoriquement disponibles (13 mois). Le tableau 4 ci-dessous récapitule les lacunes au niveau des mesures effectuées par la station.

Le code couleur suivant a été choisi :

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

Tableau 4 : Bilan des lacunes au niveau des enregistrements limnimétriques

	Nombre de jours mars 2010-mars 2011	Nombre de jours de lacunes	Bilan
DEB-07	373	145	39%

La période considérée a été prise entre le 01/03/2010 et le 08/03/2011 inclus, date à laquelle s'arrête le fichier jaugtarage téléchargé lors de la dernière mission.

On constate que le pourcentage de lacune est mauvais avec un pourcentage de données manquantes sur la station DEB-07 de 39%.

Ainsi, alors que la station limnimétrique DEB-07 avait toujours présentée des données fiables depuis son installation en 2006, un nombre de lacunes importantes a été remarquée en 2010. Ceci est notamment dû au rislain qui était devenu totalement défectueux entraînant une perte de données entre le 21/05/2010 et le 11/11/2010.

De plus, la panne du système de transmission des données par GSM pendant ce laps de temps n'a également pas permis de déceler la panne plus tôt pour intervenir. La station a été réparée le 11 et 12 novembre 2010 afin de régler ce problème.

Depuis la station semble fonctionner correctement. Toutes les hauteurs d'eau ont été enregistrées excepté le 15 et 16 décembre 2010 où nous n'avons aucunes données.

Par rapport au dernier rapport annuel, le bilan des lacunes au niveau des enregistrements limnimétriques est donc passé de correcte (1%) à mauvais (39 %) entre 2009 et mars 2011. Une vérification systématique de la station est depuis exigée et tout problème rencontré doit nous être immédiatement remonté.

4.5 Bilan des données pluviométriques disponibles

Vale NC possède un pluviomètre au niveau de l'usine.

Il s'agit du pluviomètre le plus proche de notre zone d'étude.

Les données sont collectées et traitées par Vale NC.

Un pourcentage de lacune a été réalisé en comparant les données manquantes aux données théoriquement disponibles (de mars à mars 2011). Le tableau 5 ci-dessous récapitule les lacunes au niveau des mesures effectuées par la station.

Le code couleur suivant a été choisi :

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

Tableau 5 : Bilan des lacunes au niveau des données pluviométriques

	Nombre de jours entre le 01/03/2010 et le 08/03/2011	Nombre de jours de lacunes	Bilan
Pluviomètre	373	59	16%

On constate que le pourcentage de lacune est moyen.

En effet, la station pluviométrique présente jusqu'à maintenant sur l'usine a été démantelé en novembre 2010 pour permettre la construction d'une nouvelle station pluviométrique. Les travaux de cette opération ayant pris du retard, 52 jours de données ont été perdus. A cela il faut rajouter 2 jours de données manquantes sur l'ancienne station et 5 jours pour la nouvelle station.

Par rapport au bilan pluviométrique établi lors du dernier rapport annuel, aucune amélioration n'est à noter car le précédent bilan affichait lui aussi 16% de lacune dans les données.

Par contre il est également important de noter que l'ancienne station enregistrait des données tous les $\frac{1}{4}$ d'heures. La nouvelle station enregistre des données toutes les heures ce qui détériore la qualité de la donnée pour la connaissance des temps de réponse du creek face aux précipitations.

4.6 Transformation des hauteurs d'eau en débit

Un limnimètre, qui mesure les hauteurs du creek en continu (sur DEB-07), a été installé en 2006. Grâce aux jaugeages réalisés sur cette station, il a été possible de faire une courbe de tarage (rapport hauteur / débit). Cette courbe permet alors de transformer toutes les hauteurs d'eau instantanées mesurées en débits instantanés calculés.

La figure 1 ci-dessous présente les différentes courbes de tarage établies entre 2005 et 2010.

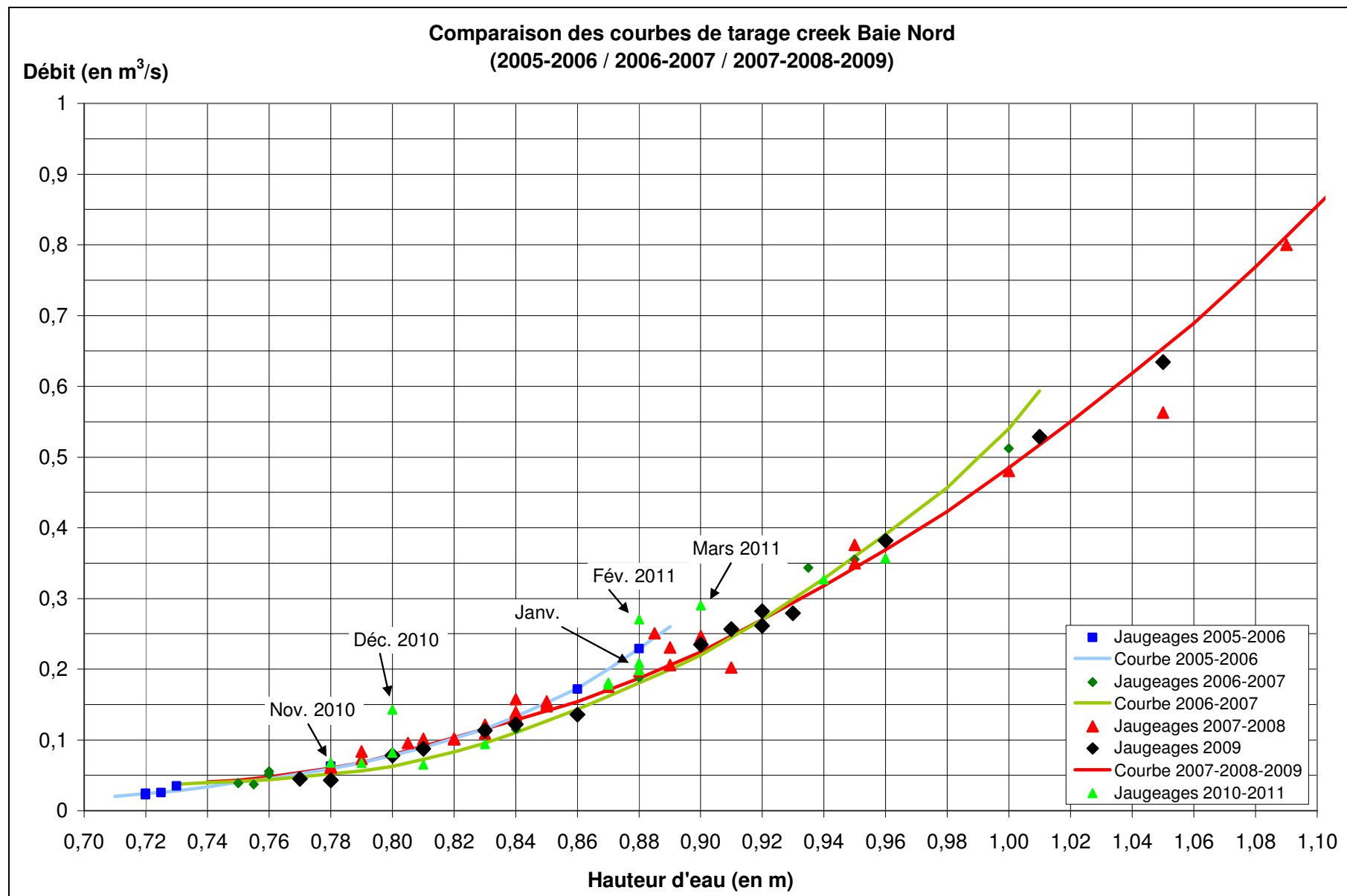


Figure 1: Courbes de tarage de la station hydrologique de DEB-07

Grâce à cette figure (Fig.1), nous remarquons tout d'abord que la courbe de tarage est en fait constituée de plusieurs courbes.

En effet, lors de crue importante au niveau d'un seuil de jaugeage non stabilisé, il arrive que la crue modifie le lit du cours d'eau et par conséquent change les rapports hauteur d'eau / débits. Cela a pour conséquence la création d'une nouvelle courbe de tarage.

On remarque par la suite que les jaugeages de 2009 (points en noir) épousent bien la forme de la courbe de tarage réalisée en 2007-2008 (courbe rouge). Cette courbe est par conséquent toujours valable et a été utilisée pour transformer les hauteurs d'eau de 2009 en débits.

Pour les jaugeages de 2010 (points en vert fluorescent), nous remarquons que les points sont bien alignés sur la courbe de tarage réalisée en 2007-2008 (courbe rouge). Ainsi, cette courbe a également servi pour transformer les hauteurs d'eau enregistrées en 2010 en débits.

Cependant, à partir de décembre 2010, la corrélation hauteur d'eau / débit affiche des valeurs beaucoup plus importantes, sauf en janvier 2011. Il se pourrait qu'il y ait eu un détarage de la station mais davantage de points seraient nécessaires pour confirmer cette tendance et permettre de créer une nouvelle courbe de tarage.

5 INTERPRETATION DES DONNEES COLLECTEES

Le but de cette mission a toujours été d'acquérir de la donnée sur un pas de temps assez long, sans traitement spécifique de la donnée.

Depuis quelque temps, Vale NC développe une méthodologie de travail plus exigeante en terme de contrôle et de validation des résultats. Cela a été par exemple le cas dans le cadre du suivi hydrologique et hydrogéologique de la zone SMLT et CPKE.

Cette approche de l'acquisition des données terrain devient progressivement la norme sur le site. Il serait ainsi intéressant de l'appliquer à la présente mission.

Toutefois, ce temps supplémentaire nécessaire à l'exécution de cette validation de la donnée n'a pas été prévue (et donc budgétisée) dans le cadre de la prestation actuelle. La réalisation de ce travail suppose donc la réalisation d'un avenant.

5.1 Interprétation quantitative

En compilant les données de débits collectés depuis janvier 2008, il est possible de dégager des tendances sur ces valeurs.

Les paragraphes 5.1.1 et 5.1.2 définissent les premiers résultats issus des jaugeages différentiels réalisés mensuellement sur tout le creek.

Les paragraphes 5.1.3 et 5.1.4 traitent quant à eux des résultats issus des enregistrements en continu au niveau de DEB-07.

Toutefois, il ne s'agit que de données de moyennes et basses eaux.

En effet, historiquement, le suivi de ce cours d'eau avait pour but la connaissance des étiages vis-à-vis des rejets des activités anthropiques. Cette vision évolue au fur et à mesure et aujourd'hui, l'objectif à redéfinir devrait plutôt concerner une connaissance globale du fonctionnement de ce cours d'eau très important pour Vale NC.

5.1.1 Bilan hydrométrique

Le bilan hydrométrique sur 1 an (mars 2010 à mars 2011) permet de présenter une carte sur le fonctionnement de la rivière.

Les valeurs présentées, site par site, sont :

- Le débit moyen calculé sur l'ensemble des jaugeages réalisé entre mars 2010 et mars 2011 (soit 13 missions),
- Le pourcentage du débit total (considéré comme étant celui de DEB-11) que représente chacun des débits moyens.

Le bilan hydrométrique est présenté sur la figure 2 ci-après.

Le code couleur suivant a été utilisé :

- En vert : débit moyen (en L/s),
- En rouge : pourcentage de débit par rapport à l'exutoire (DEB-11 = 100 %).

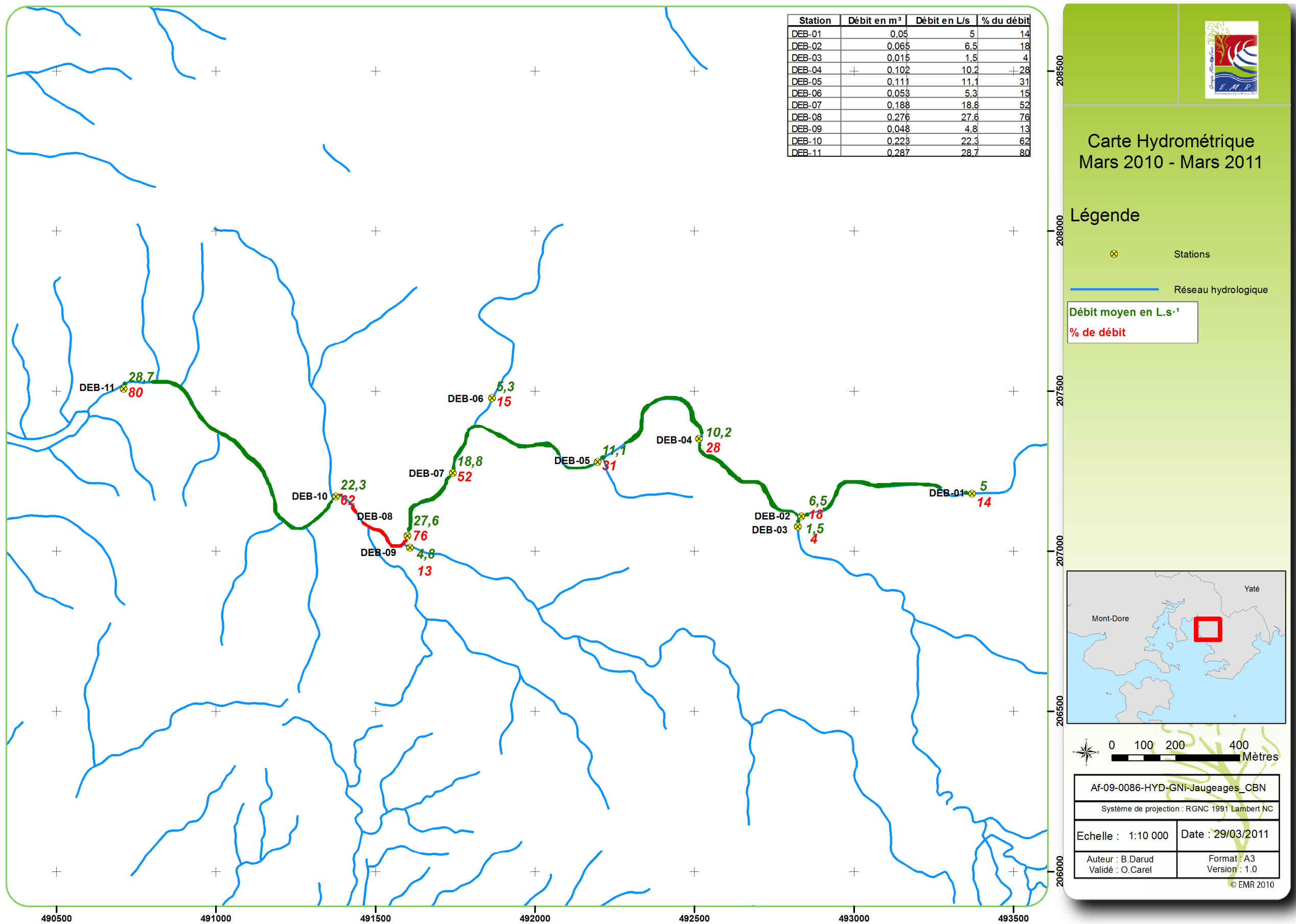


Figure 2: Bilan hydrométrique des jaugeages différentiels réalisés sur le Creek Baie Nord (mars 2010 à mars 2011). Le débit moyen en L/s est en vert et le % de débit par rapport à l'exutoire est en rouge. Les zones d'apports de nappe sont en vert et celles en perte par infiltration sont en rouge

L'analyse de cette carte permet de constater qu'il y a bien une graduation progressive des débits de l'amont vers l'aval, ce qui est cohérent. Toutefois, il apparaît nettement qu'il existe des zones où les apports de la nappe phréatique sont conséquents (augmentation importante du débit moyen et du pourcentage sur une zone où l'augmentation de taille du bassin versant ne permet pas d'expliquer cette augmentation). D'un autre côté, il existe des zones où le débit diminue ce qui correspond à une infiltration des eaux.

Basé sur ces données de débits moyens réalisés lors des jaugeages entre mars 2010 et mars 2011, un code couleur a été établi, permettant de récapituler ces zones (Fig.2) :

- En vert : apport de la nappe,
- En rouge : perte par infiltration.

D'après la figure 2 ci-dessus, il existe 2 grandes zones de contribution positive de la nappe sur les débits : entre DEB-01 et DEB-08 et entre DEB-010 et DEB-011.

Il semble par contre y avoir infiltration d'eau entre DEB-08 et DEB-10.

En effet, la somme des débits moyens de DEB-08 et DEB-09 représentent 32.4 L/s, soit 89 % du débit de DEB-11 alors que le débit moyen sur DEB-010 est de 22.3 L/s soit 62 % du débit de DEB-11. Il y a donc semble-t-il une partie des eaux d'écoulement de surface au niveau de DEB-08 qui ne se retrouve pas à DEB-10.

Par contre, si nous reprenons le bilan hydrométrique établi entre avril 2009 et février 2010 (Fig. 3) des équilibres entre la nappe et la rivière (portion en jaune) étaient notés entre DEB-04 et DEB-07 et entre DEB-à10 et DEB-011. L'année 2010 a donc été plus pluvieuse que l'année 2009 rechargeant ainsi les nappes souterraines.

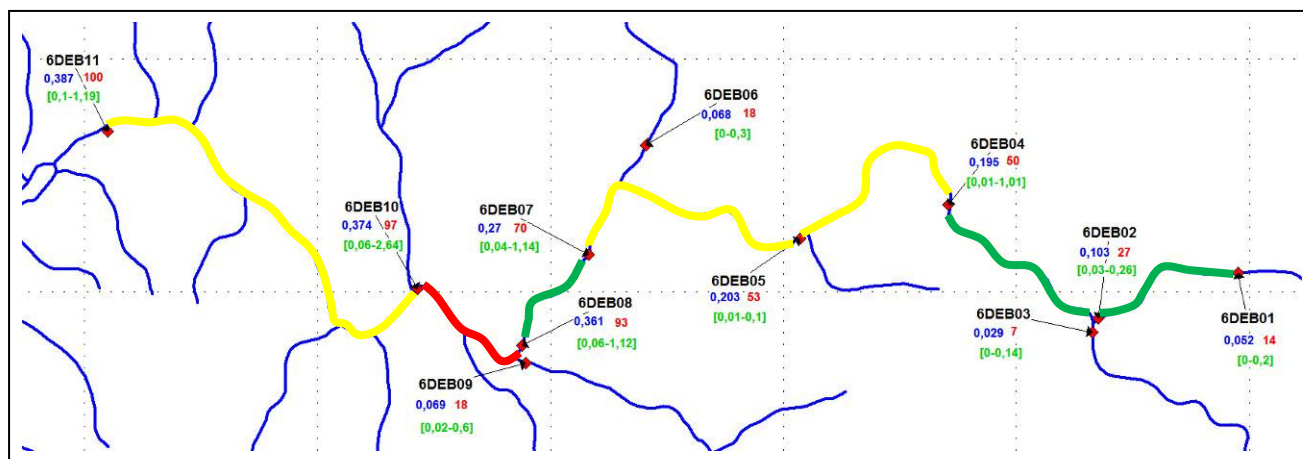


Figure 3: Bilan hydrométrique des jaugeages différentiels réalisés sur le Creek Baie Nord (avril 2009 à février 2010). Le débit moyen en L/s est en bleu et le % de débit par rapport à l'exutoire est en rose. Les zones d'apports de nappe sont en vert, celles en équilibre sont en jaune et celles en perte par infiltration sont en rouge.

La figure ci-dessous (Fig.4) permet d'affiner le niveau d'interprétation quand aux apports ou perte par infiltration sur la période mars 2010 à mars 2011 en se basant sur la comparaison des débits entre DEB-08 + DEB-09 et DEB-011.

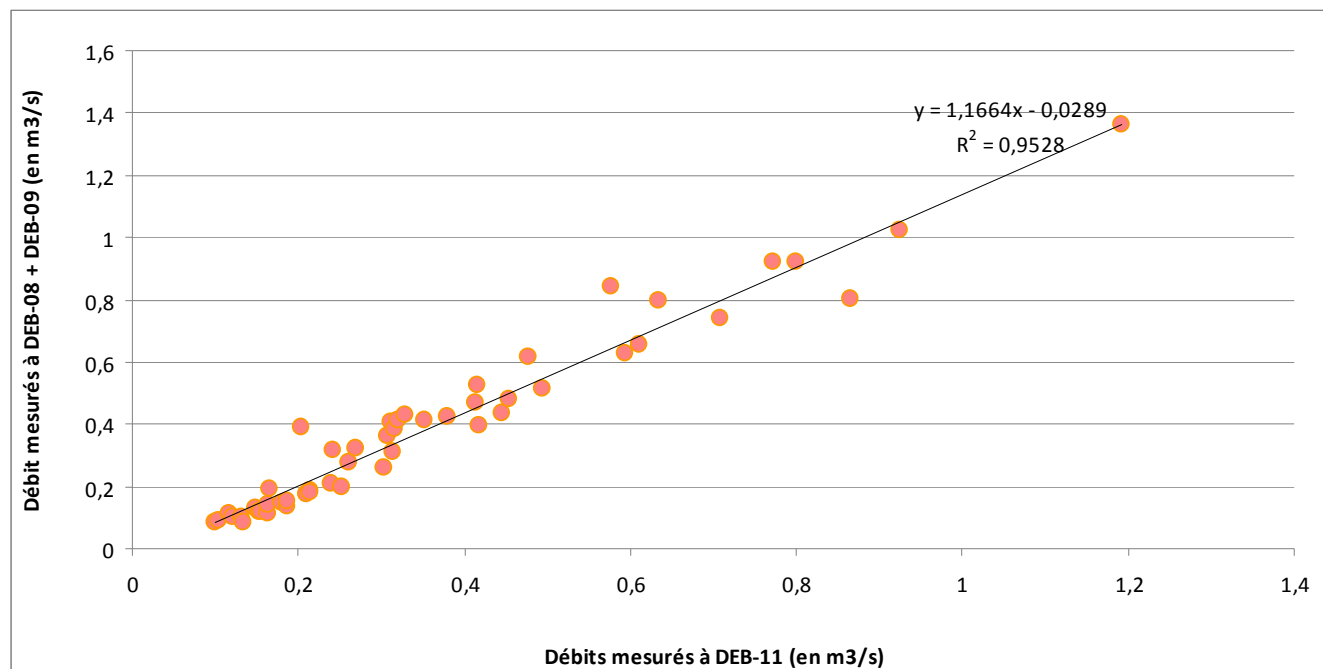


Figure 4: Données mensuelles de débits (entre janvier 2008 à mars 2011) entre DEB-11 et DEB-08 + DEB-09

D'après l'équation de la droite de corrélation ci-dessus :

- si $x (Q_{\text{DEB-011}}) = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ alors $y (Q_{\text{DEB-08+DEB-09}}) = 0.088 \text{ m}^3/\text{s}$ et un apport entre DEB-08 et DEB-11 existe ;
- si $x (Q_{\text{DEB-011}}) = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ alors $y (Q_{\text{DEB-08+DEB-09}}) = 0.146 \text{ m}^3/\text{s}$ et un apport entre DEB-08 et DEB-11 existe ;
- si $x (Q_{\text{DEB-011}}) = 0.17 \text{ m}^3/\text{s}$ alors $y (Q_{\text{DEB-08+DEB-09}}) = 0.169 \text{ m}^3/\text{s}$ et une perte par infiltration entre DEB-08 et DEB-11 s'amorce ;
- si $x (Q_{\text{DEB-011}}) = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ alors $y (Q_{\text{DEB-08+DEB-09}}) = 0.181 \text{ m}^3/\text{s}$ et une perte par infiltration entre DEB-08 et DEB-11 existe donc bien.

C'est donc à partir d'un débit égale $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ sur DEB-11 que la transition entre apport et perte se fait entre les sections DEB-08 et DEB-011.

5.1.2 Débit spécifique d'étiage

Le débit spécifique correspond au débit rapporté à la surface du bassin versant qu'il couvre.

Il se définit comme étant le volume d'eau qui s'écoule en moyenne chaque seconde par kilomètre carré du bassin versant.

Cette valeur a pour intérêt de permettre de comparer les sites de jaugeages entre eux sur une même base.

La figure 5 ci-dessous présente les débits spécifiques minimum (en L/s/km²) jaugés en 2008 (en rouge), en 2009 (en vert) et en 2010 (en vert).

A noter que :

- les débits de 2008 correspondent à la période : janvier 2008 à février 2009 ;
- les débits de 2009 correspondent à la période : avril 2009 à février 2010 ;
- les débits de 2010 correspondent à la période : mars 2010 à mars 2011.

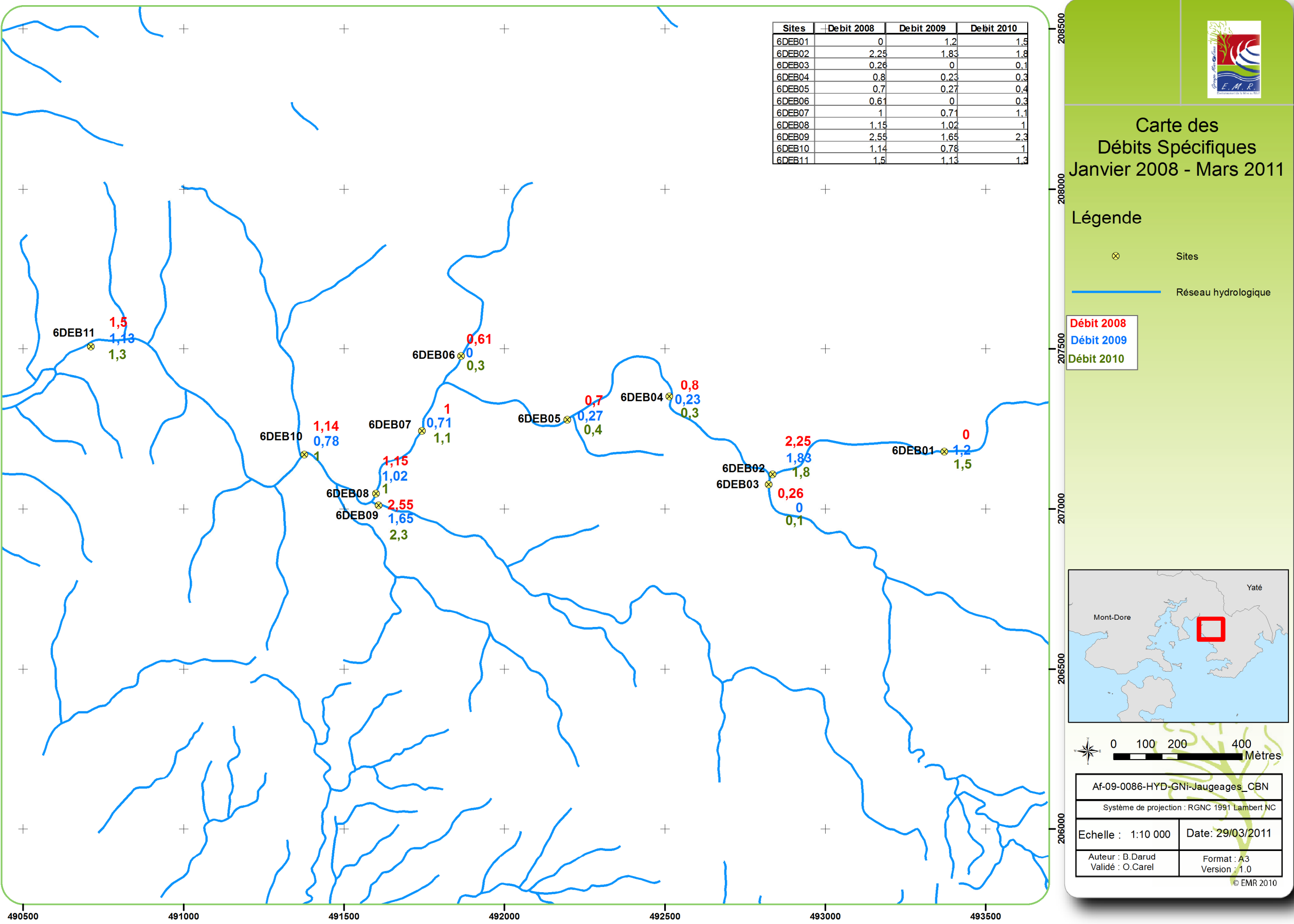


Figure 5: Débits spécifiques d'étiage en L/s/km² en 2008 (en rouge), en 2009 (en bleu) et en 2010 (en vert)

Le débit minimum relevé en 2008 correspond à la mission du 21/08/2008 sur DEB-01. Il est de 0 L/s/km² car la section était à sec.

Le débit minimum relevé entre avril 2009 (mois de reprise de la mission) et février 2010 correspond aux missions du 12/10/2009 et du 15/02/2010. Il a été à chaque fois pris sur DEB-03 et est de 0.004 L/s/km².

Le débit minimum relevé entre mars 2010 et mars 2011 correspond à la mission du 20/09/2010. Il a à nouveau été mesuré sur DEB-03 et est de 0.002 L/s/km².

L'analyse de cette figure montre tout d'abord que les débits à DEB-04 sont beaucoup plus faibles que ceux issus de DEB-02 + DEB-03. En effet :

- En 2008, DEB-02 + DEB-03 = 2.51 L/s/km² alors que le débit spécifique d'étiage à DEB-04 est de 0.8 L/s/km² ;
- En 2009, DEB-02 + DEB-03 = 1.83 L/s/km² alors que le débit spécifique d'étiage à DEB-04 est de 0.23 L/s/km² ;
- En 2010, DEB-02 + DEB-03 = 1.9 L/s/km² alors que le débit spécifique d'étiage à DEB-04 est de 0.3 L/s/km².

Il en va de même entre DEB-08 + DEB-09 par rapport à DEB-10. Ainsi :

- En 2008, DEB-08 + DEB-09 = 3.7 L/s/km² alors que sur DEB-10 le débit spécifique est de 1.14 L/s/km² ;
- En 2009, DEB-08 + DEB-09 = 2.67 L/s/km² alors que sur DEB-10 le débit spécifique est de 3.3 L/s/km² ;
- En 2010, DEB-08 + DEB-09 = 3.3 L/s/km² alors que sur DEB-10 le débit spécifique est de 1 L/s/km².

Il y aurait donc, lors des phases de basses eaux, une infiltration des eaux de surface entre DEB-02 et DEB-04 et entre DEB-08 et DEB-10.

5.1.3 Débit caractéristique d'étiage

Le débit caractéristique d'étiage (ou DCE) est le débit au-dessous duquel l'écoulement descend dix jours par an. En d'autre terme, il correspond au débit dépassé 355 j par an.

Ce paramètre permet de caractériser l'étiage et de comparer les étiages entre eux.

Pour calculer ce DCE, la première étape est de calculer un débit journalier moyen.

Pour ce faire, nous nous basons sur les débits instantanés calculés sur DEB-07 à partir de la hauteur d'eau enregistrée en continu et de la courbe de tarage présentée ci-dessus.

Pour les jours où les débits n'ont pas été calculés car au delà de la gamme de calcul de la courbe de tarage, nous avons attribué une valeur arbitraire de 2 m³/s (ce qui n'a aucune importance car ce sont les débits d'étiage qui nous intéressent ici).

Une fois ces débits journaliers obtenus, ils ont été classés du plus fort au plus faible. L'objectif est de pouvoir identifier le DCE en regardant le débit du 356 j.

Ainsi, nous obtenons les graphiques suivants (Figures 6 et 7) pour l'année 2008 et l'année 2009 :

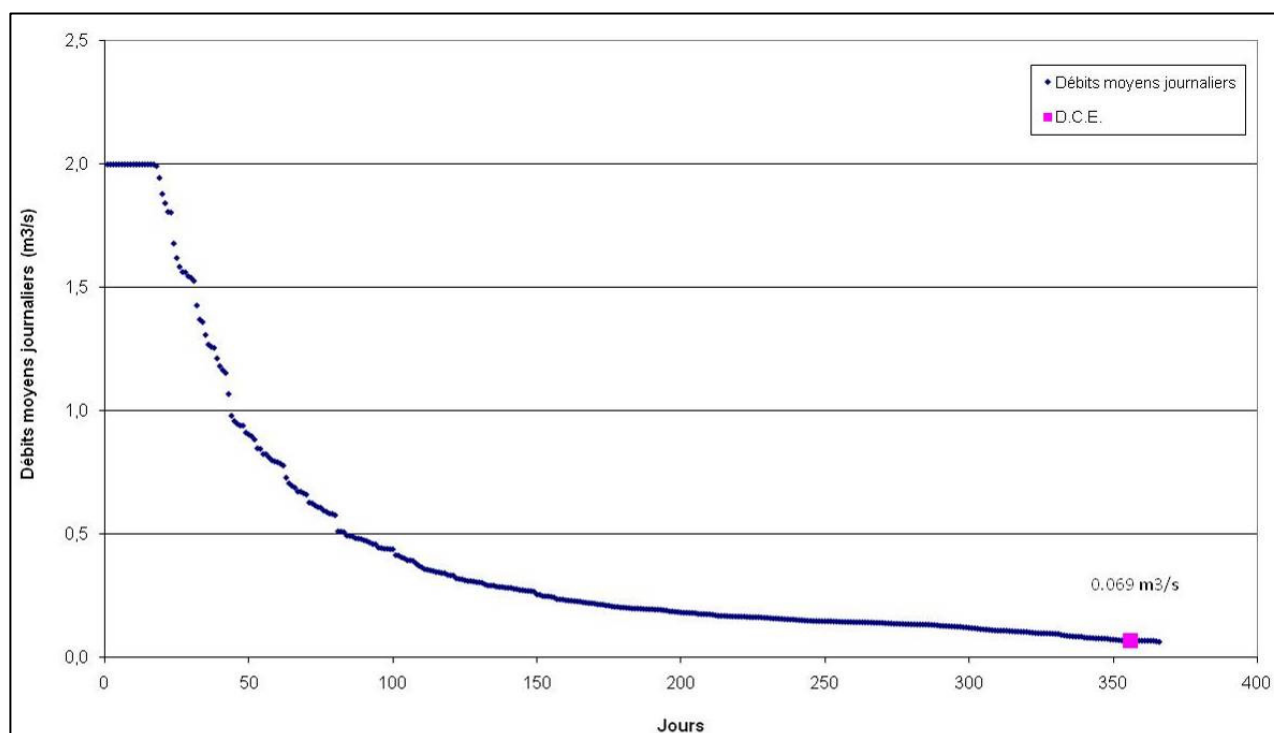


Figure 6: Courbe des débits moyens journaliers classés et calcul du DCE pour l'année 2008

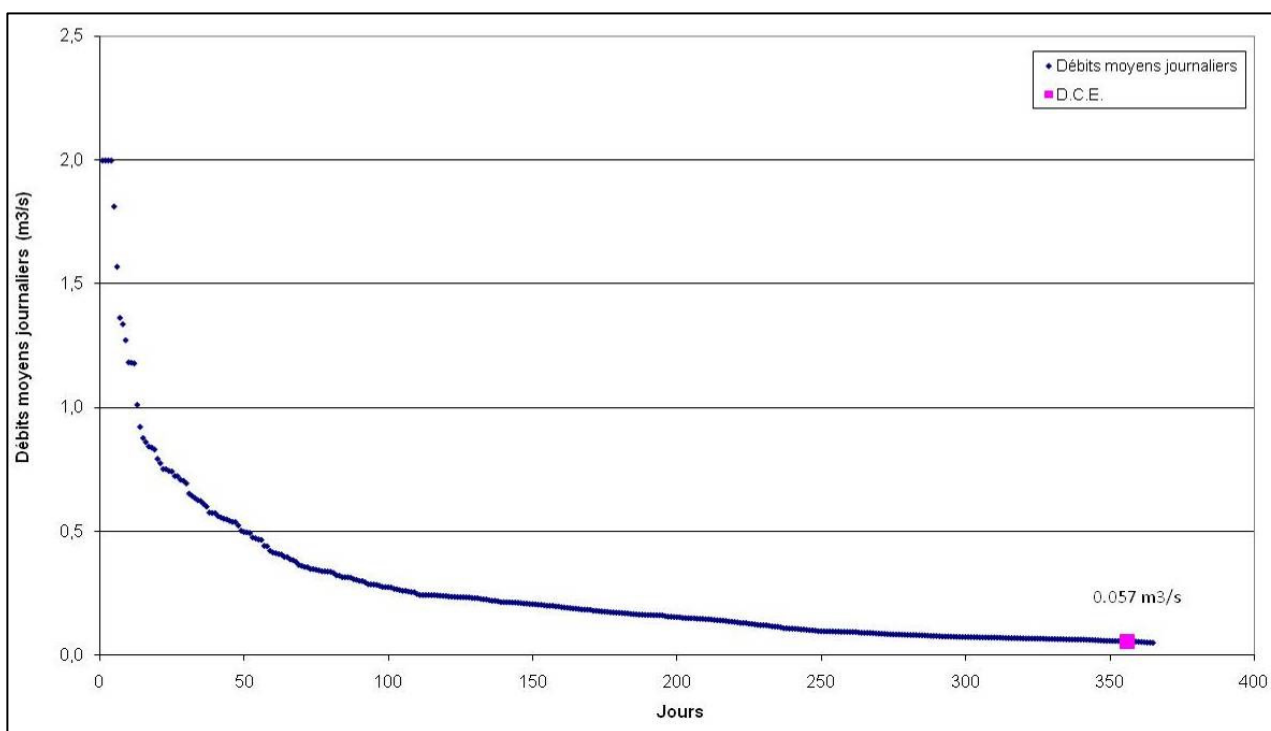


Figure 7: Courbe des débits moyens journaliers classés et calcul du DCE pour l'année 2009

Le DCE a été de 0.069 m³/s en 2008 et de 0.057 m³/s en 2009. Cela semble indiquer que les débits du cours d'eau ont été moins importants en 2009 qu'en 2008.

Une analyse des débits classés confirme cet aspect.

En effet, les jours de crue supérieurs à 2 m³/s ont été nettement plus importants en 2008 (17) qu'en 2009 (4).

En outre, les débits journaliers ont été supérieurs à 0.5 m³/s pendant 83 jours en 2008 contre 46 jours en 2009.

Par contre le DCE ne peut être calculé pour l'année 2010 et l'année 2011.

En effet, en 2010 la station limnimétrique installée sur DEB-07 a présenté des disfonctionnements entre mai 2010 et novembre 2010 ne permettant pas de calculer des débits pour cette période. Au total, sur l'année 2010 des débits ont été enregistrés sur seulement 266 jours ; il manque donc 99 jours de données.

Seuls 3 mois de données sont disponibles pour l'année 2011 (entre janvier 2011 et mars 2011) ne permettant pas non plus de calculer de DCE.

5.1.4 Débit moyen

Le débit moyen (ou module) correspond au débit moyen inter annuel, c'est-à-dire une synthèse des débits moyens annuels (QMA) d'un cours d'eau sur une période de référence la plus longue possible.

Ce coefficient annuel permet de connaître l'importance relative d'un cours d'eau.

Cette valeur n'a pas été définie dans le cadre de ce rapport pour 2 raisons principales :

1. Le calcul de ce module nécessite de connaître les débits moyens journaliers, c'est-à-dire de connaître les débits de crue.

Dans la situation actuelle, nous disposons des hauteurs d'eau lors des crues mais pas des débits de crue (courbe de tarage limitée).

Mais il est possible d'évaluer sommairement ces débits de crue. Cela passe par la réalisation de profils en travers et de profils en long au niveau de la station DEB-07. Ainsi, grâce à la formule de Manning Strickler, il serait possible d'estimer ces débits.

Ainsi, une des propositions pour 2011 serait de réaliser ces profils pour obtenir cette estimation des débits de crue, qui compléterait les données déjà disponible.

2. La durée d'acquisition du suivi est pour le moment un peu faible (3 ans) pour que cette valeur soit cohérente.

Dans la même optique, il sera alors possible de définir le débit de base d'un cours d'eau.

Le débit de base (Q_b) correspond au débit de la rivière amputé des apports par ruissellement. Il s'agit donc directement de la contribution des nappes à l'alimentation du débit moyen annuel du cours d'eau.

5.2 Interprétation qualitative

Outre la partie quantitative définies par les jaugeages différentiels réalisés à chaque mission, il est possible d'obtenir certains résultats grâce aux analyses physico-chimiques réalisées sur le cours d'eau, que ce soit in situ ou au laboratoire.

Les paramètres suivis depuis 2008 lors des missions sont :

- La conductivité,
- Le pH,
- La turbidité,

- La température,
- Les Matières En Suspension (M.E.S.).

Les M.E.S. n'ont pas été représentées dans le cadre du présent rapport car les valeurs sont rarement au-delà de 5 ppm.

A noter que comme pour les débits spécifiques d'étiage :

- les paramètres physico-chimiques de 2008 correspondent à la période : janvier 2008 à février 2009 ;
- les paramètres physico-chimiques de 2009 correspondent à la période : avril 2009 à février 2010 ;
- les paramètres physico-chimiques de 2010 correspondent à la période : mars 2010 à mars 2011.

5.2.1 Bilan des mesures de turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière.

Elle se mesure en NTU.

Dans le cas présent, la turbidité est principalement due à la teneur en particules fines (« latérite ») issue du ruissellement en période de pluie.

Les deux graphiques (Figures 8 et 9) ci-dessous représentent :

- les moyennes des valeurs de turbidité par site ;
- l'ensemble des valeurs de turbidité mesurée lors des missions de collecte de données.

Nota : les valeurs de turbidité relevée ici l'ont été principalement lors de périodes de moyennes et basses eaux (hors crue). Elles permettent de comparer les sites entre eux lors d'une même mission. Toutefois, les valeurs indiquées ne sont pas représentatives des valeurs maximales qui peuvent caractériser le creek lors des phases de crue.

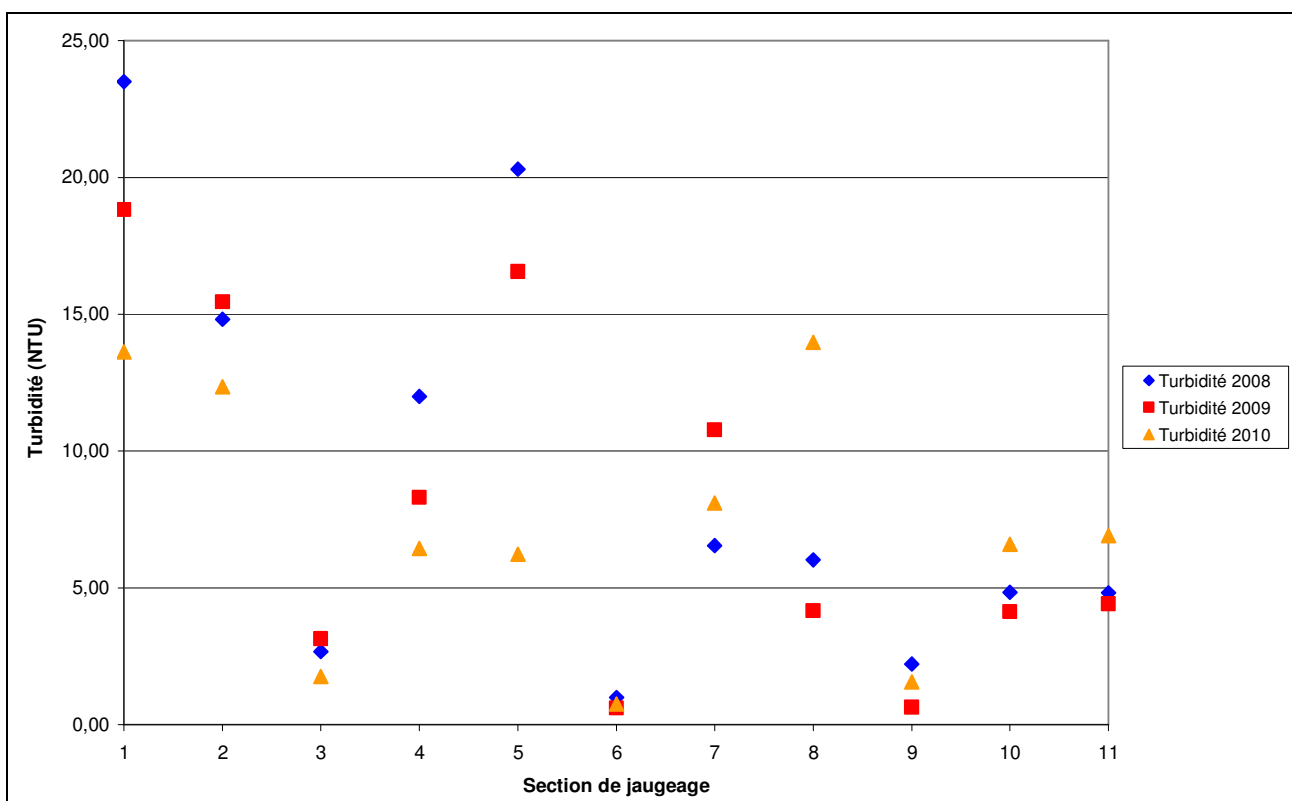


Figure 8: Turbidité moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)

L'analyse de ce graphique amène aux conclusions suivantes :

- de manière générale, la turbidité entre 2008 et 2010 évolue de la même façon au niveau des différentes sections. Ce constat n'est cependant pas le cas sur DEB-08 où la turbidité, par rapport à DEB-07, diminue de 0.51 NTU en 2008, de 6.61 NTU en 2009, alors qu'elle augmente de 5.87 NTU en 2010 ;
- les turbidités moyennes sont plus élevées en amont du bassin versant (DEB-01 et DEB-02) et ont tendance à diminuer au fur et à mesure (par dilution). Ainsi, les eaux les plus turbides sont celles issues de la zone de l'usine ;
- les turbidités moyennes les plus élevées sont représentées par l'année 2008, jusque sur la section DEB-06. Les sections en aval de celle-ci (de DEB-07 jusqu'à DEB-11) ont les plus importantes turbidités moyennes en 2010 ;
- les affluents DEB-03, DEB-06 et DEB-09 sont les stations où les turbidités moyennes sont les plus faibles (< 3.5 NTU) ;
- en 2008 et 2009 un pic de turbidité est constaté sur DEB-05 avec une augmentation, par rapport à DEB-04, de 8.31 NTU en 2008 et de 8.26 NTU en 2009. Par contre En 2010, la turbidité diminue très légèrement entre les 2 sections, de 0.21 NTU ;

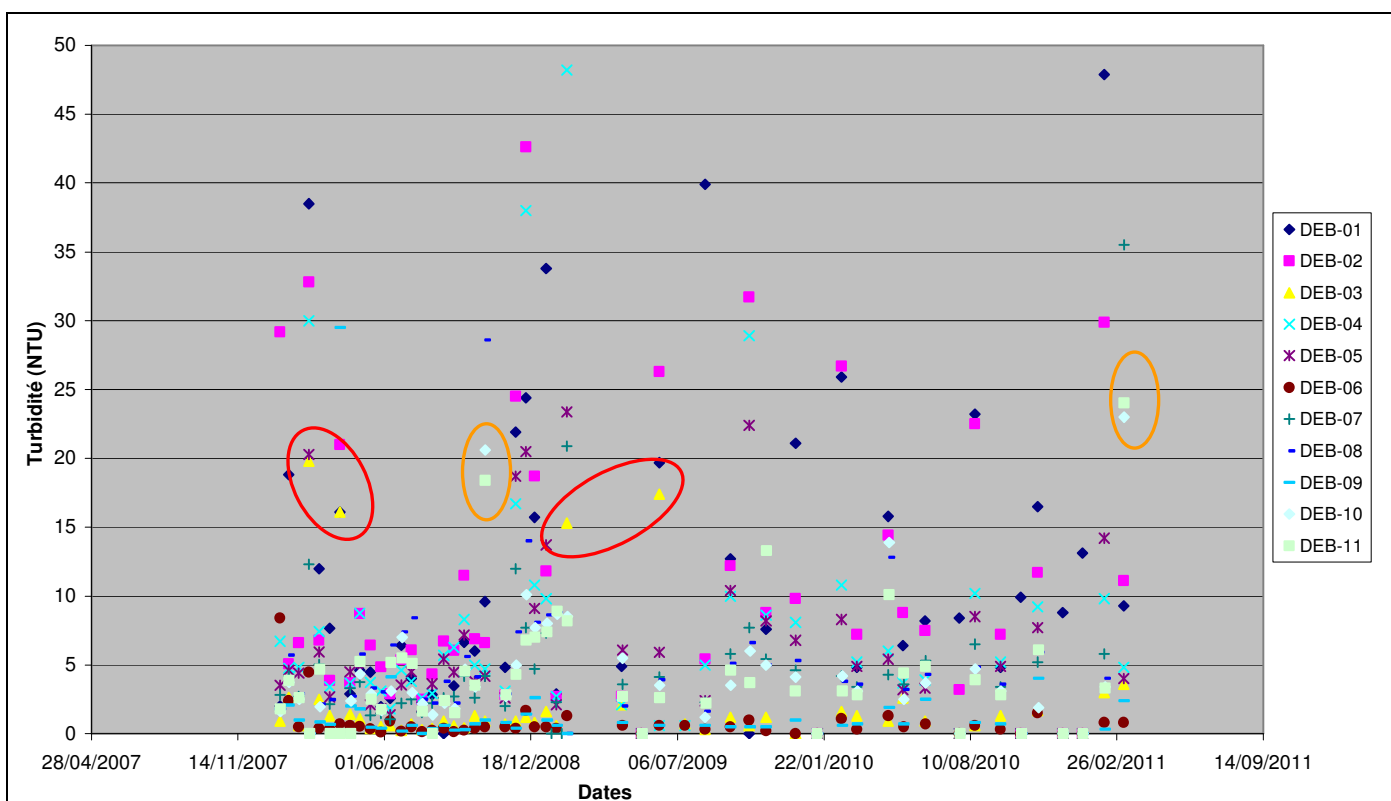


Figure 9: Mesures de turbidité sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)

Cette figure (Fig.6) complète la figure précédente (Fig.5) :

- elle confirme que les mesures de turbidité sur DEB-01 et DEB-02 sont quasiment systématiquement les plus fortes ;
- on note également que les valeurs sont le plus souvent comprises entre 0 et 10 NTU ;
- il ne semble pas y avoir de grande évolution suivant les années. On remarque cependant qu'en février et avril 2008 et qu'en février et juin 2009 DEB-03 affiche une turbidité plus importante (voir ronds rouge) qui doit correspondre à des périodes de grosses pluies. DEB-10 et DEB-11 affichent également aux mêmes dates de nette hausse de turbidité, en octobre 2008 et mars 2011 (voir ronds orange). Ceci doit aussi correspondre à des périodes de fortes pluies mais les répercussions n'ont pas eut lieu sur les mêmes sections.

5.2.2 Bilan des mesures de pH

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

Le graphique ci-dessous (Fig.10) montre l'évolution du pH tout au long du creek.

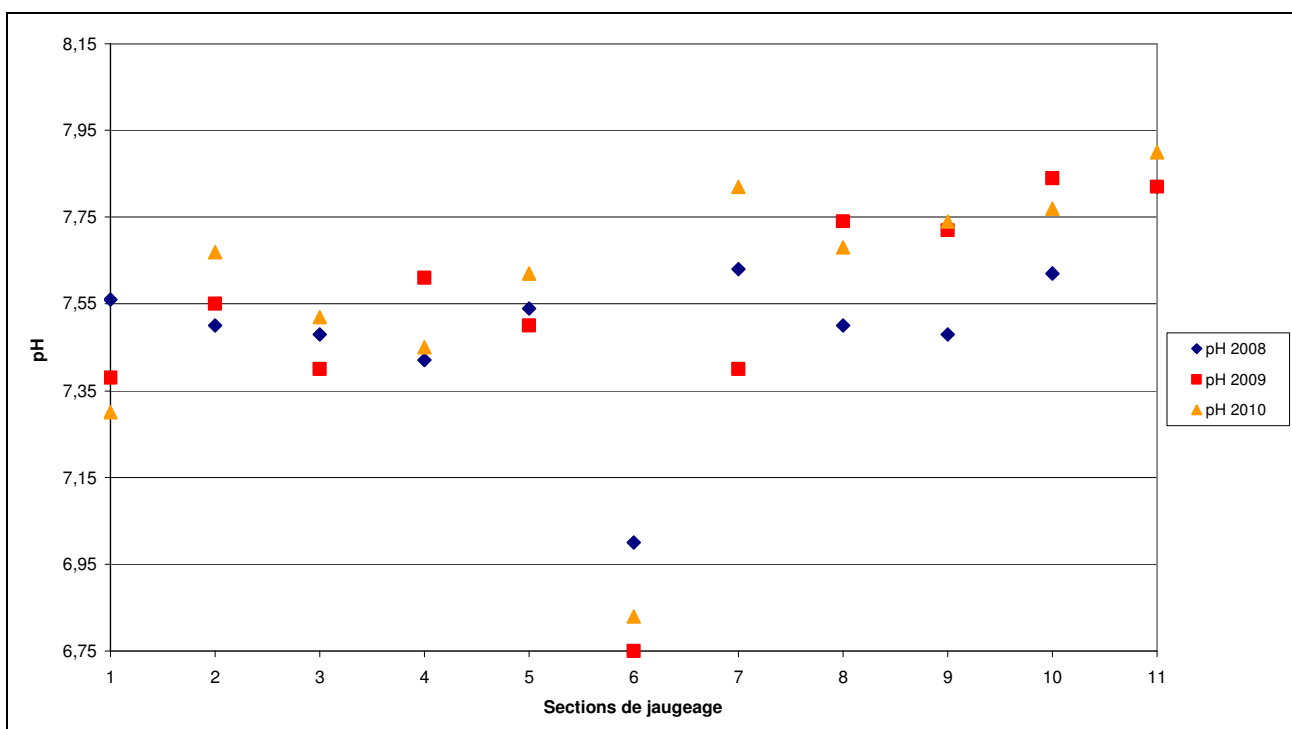


Figure 10: pH moyen pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)

Ce graphique montre de manière générale un accroissement du pH entre l'amont et l'aval du Creek Baie Nord et au cours du temps. En effet, ce paramètre augmente de 0.26 en 2008, de 0.44 en 2009 et de 0.6 en 2010. Le milieu est donc plus acide en amont du creek et de plus en plus basique vers l'aval.

DEB-06 est remarquable avec un pH beaucoup plus acide que les autres stations. En effet, alors que tous les autres pH moyens sont supérieurs à 7.15, le pH sur DEB-06 est de 7 en 2008, de 6.75 en 2009 et de 6.83 en 2010.

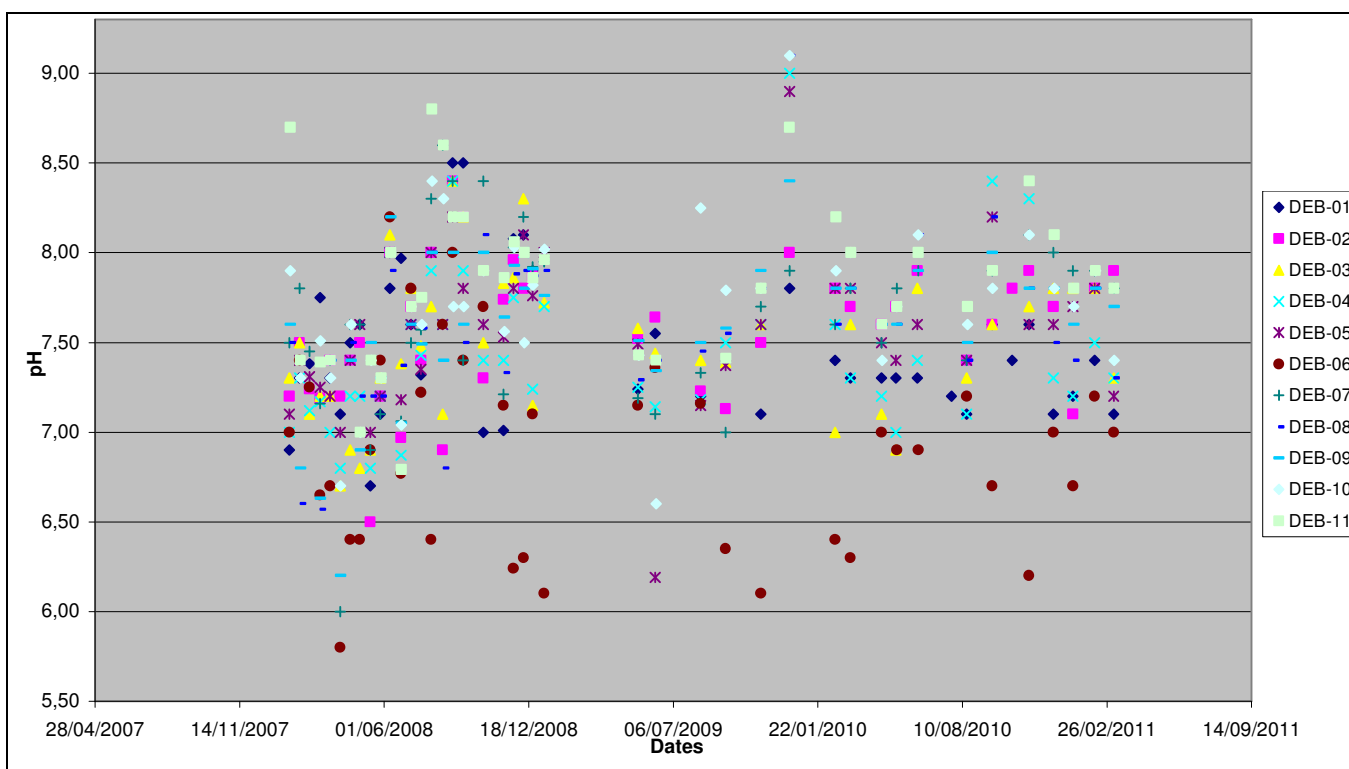


Figure 11: Mesures de pH sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)

Ce graphique (Fig. 11) certifie que le pH à DEB-06 est systématiquement le plus faible (symbolisé par les ronds marron). A l'inverse, le pH le plus élevé est enregistré sur DEB-11 et est symbolisé par les carrés vert clair.

D'autre part, l'augmentation progressive du pH entre l'amont (DEB-01) et l'aval (DEB-11) du bassin versant est confirmée par ce dernier graphique (Fig.8).

Ce dernier paramètre ne montre donc pas d'évolution particulière suivant les années.

5.2.3 Bilan des mesures de conductivité

La conductivité de l'eau fournit une indication de la qualité et de 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 sodium, chlorure, sulfates, calcium, bicarbonate, nitrates, phosphates, fer, et 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 voir 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.

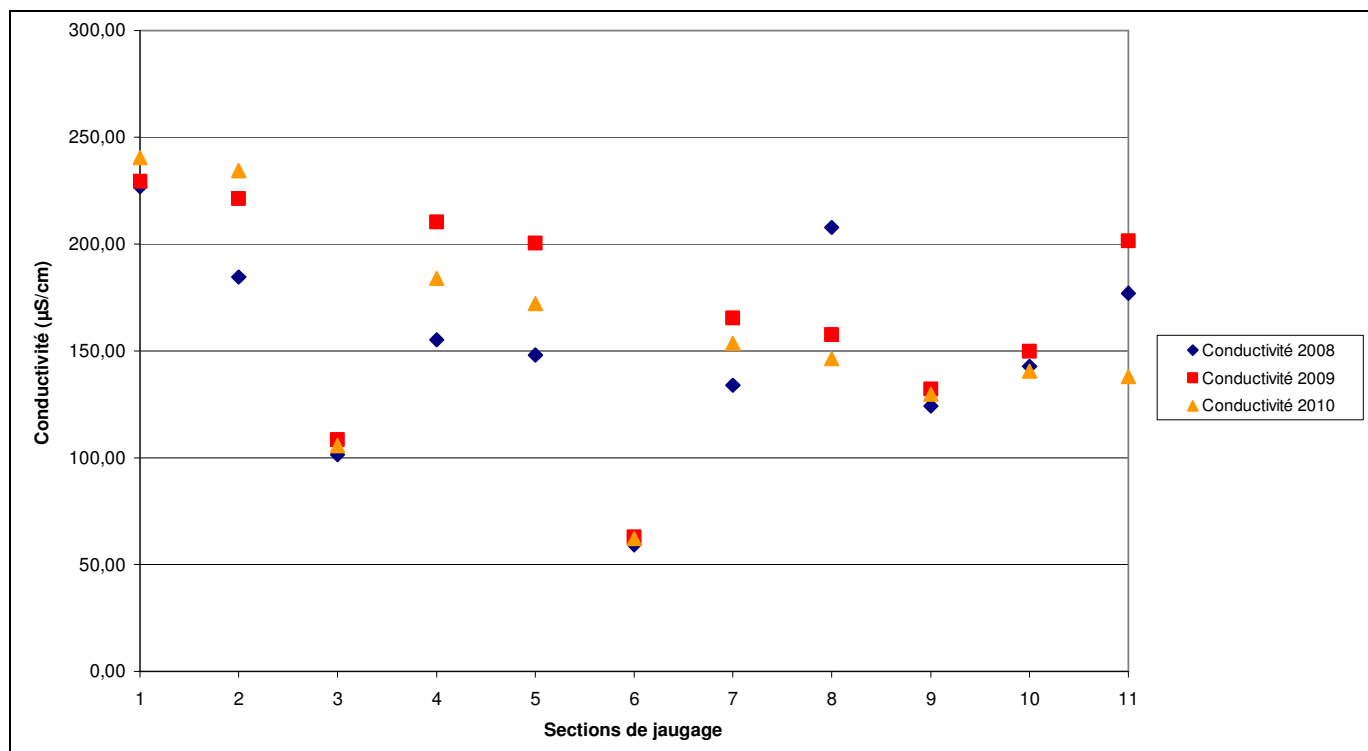


Figure 12: Conductivité moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)

Le graphique ci-dessous (Fig. 12) met en évidence plusieurs points.

Comme pour la turbidité et à l'inverse du pH, les conductivités moyennes sont plus élevées en amont qu'en aval du Creek Baie Nord. Ce paramètre diminue entre DEB-01 et DEB-011 de 49.9 µS/cm en 2008, de 27.69 µS/cm en 2009 et de 102.53 µS/cm en 2010. DEB-01 et DEB-02 sont les deux sites où la conductivité moyenne est la plus élevée (> 230 µS/cm, sauf sur DEB-02 en 2008). Cela peut s'expliquer par un apport en particules dissoutes liées à une activité anthropique, sans que l'incidence soit majeure.

Sur les 3 années DEB-03 et DEB-06 montrent une baisse brutale de leur conductivité par rapport aux sections qui les entourent. Elle est en moyenne sur les 3 années de 105.28 µS/cm sur DEB-03 et de 61.5 µS/cm sur DEB-06. La conductivité des autres sections ne descend pas en dessous de 124 µS/cm. DEB-03 et DEB-06 sont donc majoritairement alimentées par des eaux de surfaces alors que l'affluent sur DEB-09 a une conductivité plus importante (en moyenne de

128.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur les 3 ans) ; cet affluent doit donc être légèrement alimenté par des eaux souterraines.

La conductivité est quasiment la même sur les stations DEB-03, DEB-06 et DEB-09 en 2008, 2009 et 2010 alors qu'elle est très variable suivant les années sur les autres stations. Une différence est donc notée entre l'eau provenant de l'usine et l'eau provenant des affluents. Un impact de l'usine sur le creek baie nord peut donc ainsi être mis en évidence par un apport plus en moins variable de particules dissoutes.

La conductivité diminue progressivement entre DEB-01 et DEB-07 (diminution de 92.92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2008, de 63.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2009 et de 87 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2010), ce qui pourrait s'expliquer par un apport progressif d'eau plus faiblement conductrice tout le long du creek (notamment et surtout par les apports de DEB-03 et DEB-06). Par la suite, la conductivité est plus stable et avoisine approximativement les $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur les 3 années.

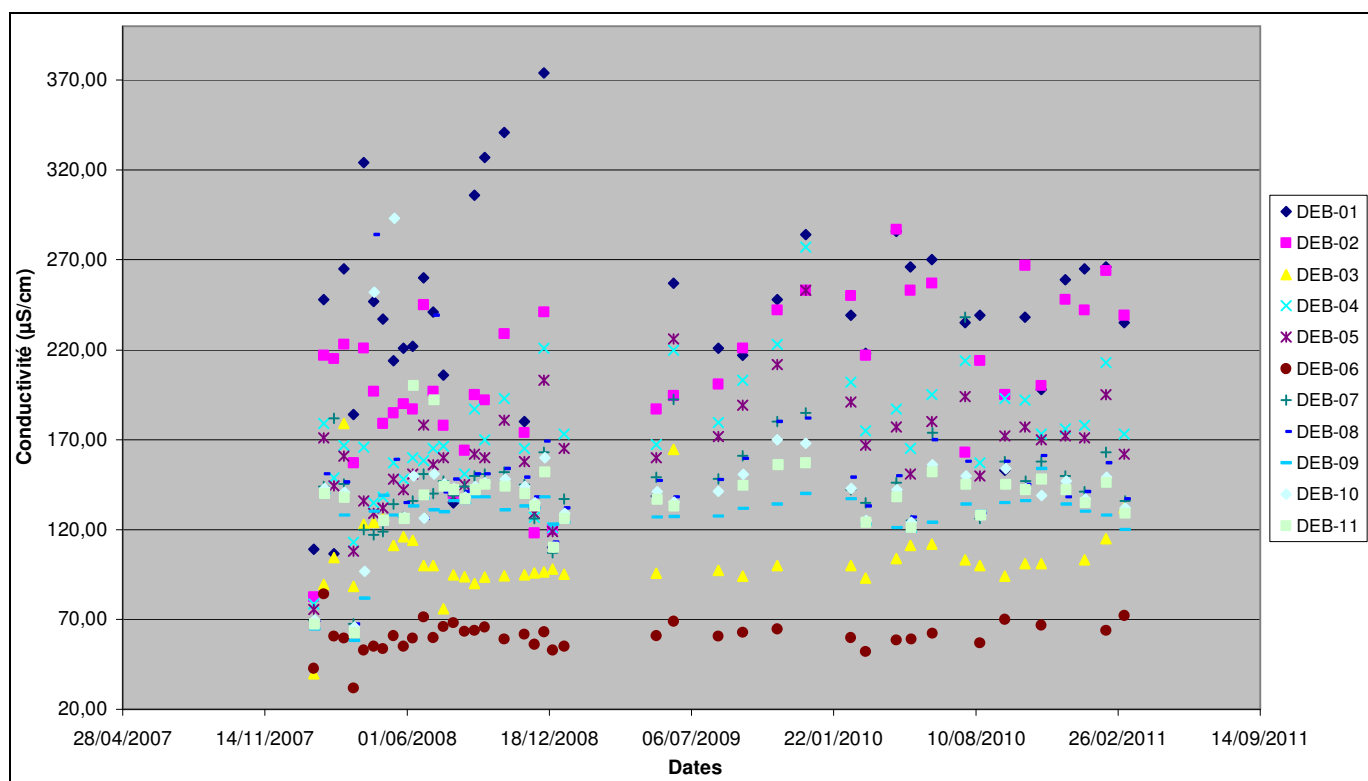


Figure 13: Mesures de conductivité sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)

Ce graphique (Fig.13), complémentaire à celui présenté et commenté ci-avant (Fig.11), apporte les compléments suivants :

- DEB-06 et DEB-03 sont systématiquement les sites où la conductivité est la plus faible. On note de plus une grande régularité dans ces mesures au cours du temps, quelque soit les conditions.
- A l'inverse DEB-01 et DEB-02 enregistre les plus fortes conductivités et présente au cours du temps de grandes variations.
- Les autres sites paraissent par contre présenter une relative stabilité dans le temps.

5.2.4 Bilan des mesures de température

La température de l'eau est principalement influencée par les conditions météorologiques. En effet, pendant la période 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.

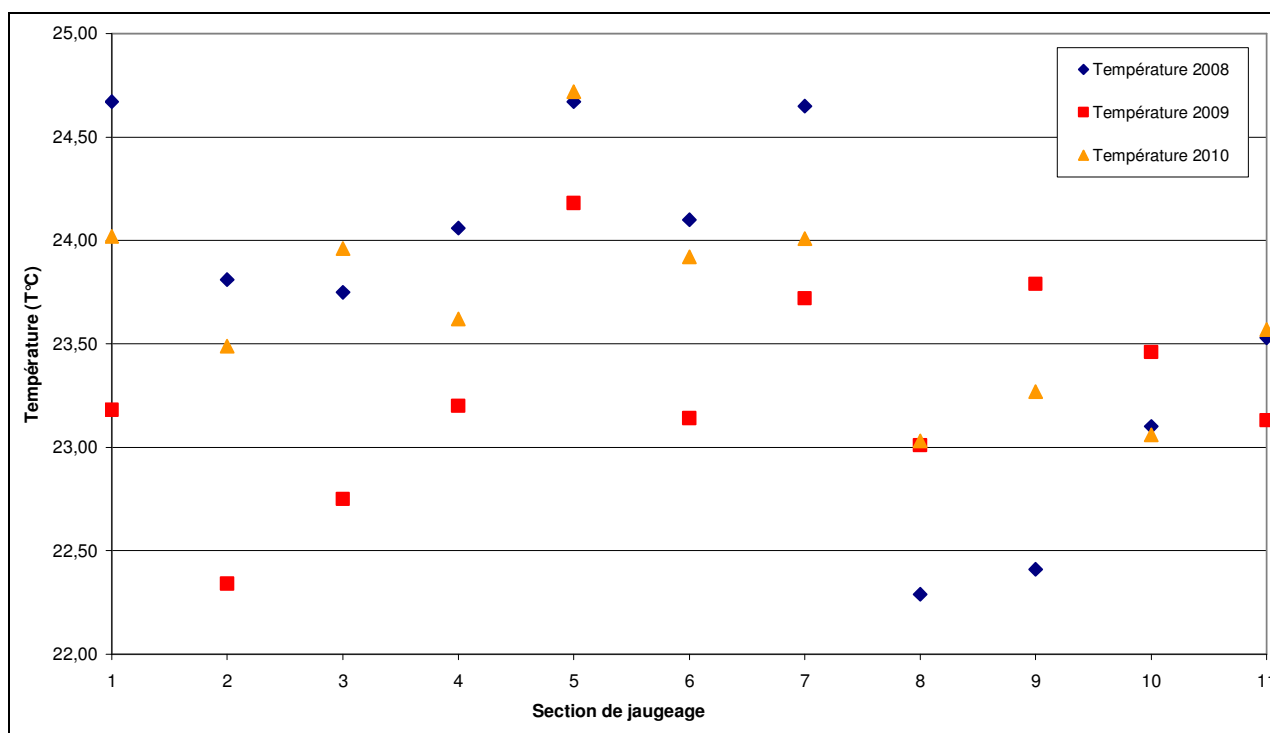


Figure 14: Température moyenne pour chaque site de jaugeage (1 = DEB-01...) en 2008 (losange bleu), 2009 (carré rouge) et 2010 (triangle orange)

Ce graphique (Fig.14) montre que :

- De manière générale la température évolue de la même façon entre les sections, sur les 3 années. Elle augmente jusqu'à DEB-05 puis diminue jusqu'à DEB-011.

- Sur DEB-01, DEB-05 et DEB-07 les températures sont plus importantes que sur les autres sections. Cette constatation peut s'expliquer sur DEB-01 par les apports d'eaux industrielles de l'usine dont la température est plus élevée que celle du creek. Cette hypothèse est à valider avec les données de suivi de l'usine. Sur DEB-05 on peut penser que l'affluent se trouvant juste en amont de cette section a une température assez élevée. Par contre rien ne permet d'expliquer ce comportement sur DEB-07.
- A l'inverse, DEB-08 enregistre de fortes chutes de température (de 2.36°C entre DEB-07 et DEB-08 en 2008, de 0.71°C entre DEB-07 et DEB-08 en 2009 et de 0.98°C entre DEB-07 et DEB-08 en 2010. Cette baisse brutale de la température peut être un signe de résurgence d'eau souterraine entre les 2 sections.

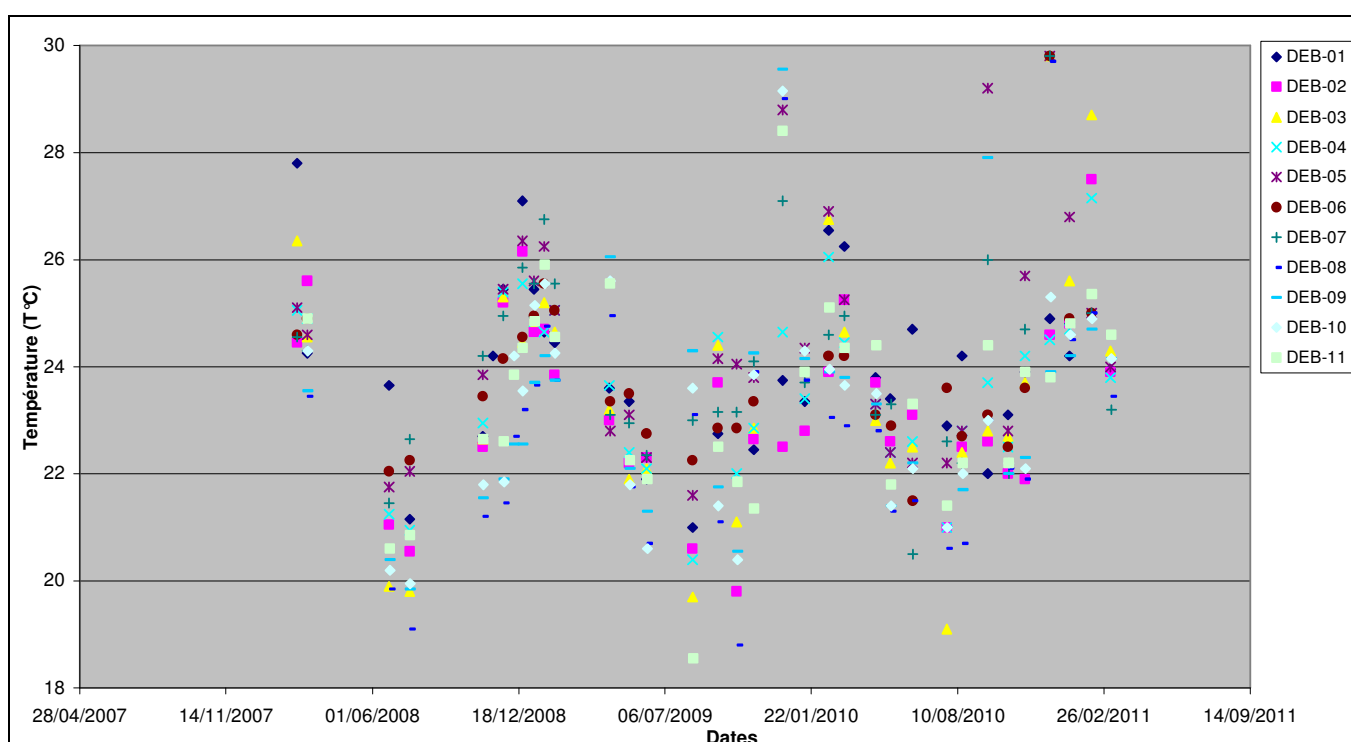


Figure 15: Mesures de température sur l'ensemble des sites de jaugeage (période janvier 2008 à mars 2011)

La figure ci-dessus (Fig. 15) apporte les renseignements complémentaires suivant :

- Les valeurs mesurées varient de 18.55° à 29.8° C, ce qui constitue une forte amplitude. La valeur minimale a été enregistrée en août 2009 sur DEB-011 et la valeur maximale a été enregistrée sur plusieurs sections en décembre 2010.
- Il n'existe pas, comme pour les autres paramètres de sections affichant une réelle tendance, à la hausse comme à la baisse. On peut juste noter que les pics de température négatifs et positifs sont mesurés aux mêmes périodes de temps.

6 CONCLUSION

Cette mission, lancée par Goro Nickel en 2008 a permis l'acquisition d'un grand nombre de données hydrologiques sur le creek Baie Nord.

Ainsi, en plus des données de hauteurs d'eau et des débits acquis sur DEB-07 depuis 2006, ces missions ont permis d'approcher les grandes caractéristiques physico-chimiques de la rivière, telles que les MES, la turbidité, la conductivité, la température, le pH...

Les indicateurs concernant les jaugeages, les mesures physico-chimiques in-situ et au laboratoire et les mesures pluviométriques sont tous bons. Seule la station limnimétrique a présenté des dysfonctionnements entre fin mai 2010 et mi-novembre 2010, entraînant une grosse perte dans les données et donc un indicateur mauvais. La mise en place d'une nouvelle station pluviométrique sur l'usine, remplaçant l'ancienne, a également occasionné presque 2 mois de perte de données d'où un indicateur moyen.

Certaines tendances ont pu être mises en évidence.

Concernant le fonctionnement hydrologique du creek baie nord :

- Plusieurs courbes de tarage ont été dessinées entre 2005 et 2010 ce qui indique que plusieurs crues importantes ont eu lieu modifiant ainsi le lit du cours d'eau.
- Les bilans hydrométriques, établies entre avril 2009 et février 2010 puis entre mars 2010 et mars 2011, montrent que le creek fonctionne différemment suivant que les années soient plus ou moins pluvieuses. Ainsi, la portion DEB-08 à DEB-010 est toujours en perte par infiltration sauf qu'en le débit sur DEB-11 est inférieur à $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ entraînant une alimentation du creek par la nappe. Les autres portions sont en générale alimentées par la nappe excepté en basses eaux sur les sections DEB-04 à DEB-07 et DEB-010 à DEB-011 où un état d'équilibre entre la nappe et la rivière s'établit.
- DEB-03 est la section présentant le plus souvent un débit spécifique d'étiage.
- Les bilans hydrométriques et les DCE montrent que l'année 2009 a été l'année la moins pluvieuse sur la période 2008-2011.

Concernant la physico-chimie du milieu :

- La turbidité et la conductivité diminue de l'amont vers l'aval du creek alors que le pH quant à lui augmente. Un apport en particules colloïdales ou dissoutes pourrait ainsi provenir de l'usine.

- Les affluents au niveau de DEB-03, DEB-06 et DEB-09 montrent un comportement différent, d'un point de vue physico-chimique, par rapport au creek principal. En effet, ces sections présentent les plus faibles valeurs de turbidité, DEB-06 a le plus faible pH et DEB-03 et DEB-06 ont les plus faibles conductivités.
- Des tendances particulières sur certaines sections sont aussi à noter. En effet :
 - En 2008 et 2010 DEB-05 affiche un pic de turbidité ;
 - Suite sans doute à de fortes pluies, DEB-03, DEB-010 et DEB-011 ont de plus grandes valeurs de turbidité, à certaines dates, mais ce ne sont pas toujours les 3 mêmes sections qui réagissent ;
 - DEB-01, DEB-05 et DEB-07 présentent les plus fortes températures. Ceci peut être expliqué sur DEB-01 par des eaux industrielles plus chaudes se déversant dans le creek ; sur DEB-05, l'affluent existant juste en amont peut également avoir des eaux plus chaudes que le creek principale ; sur DEB-07 il n'y a par contre pas d'explication possible ;
 - DEB-08 enregistre une diminution brutale de la température qui peut se traduire par la présence d'une résurgence d'eau souterraine.

Il est toutefois nécessaire de rappeler que ce ne sont que des tendances, issues de 2 ans et demi de suivi.

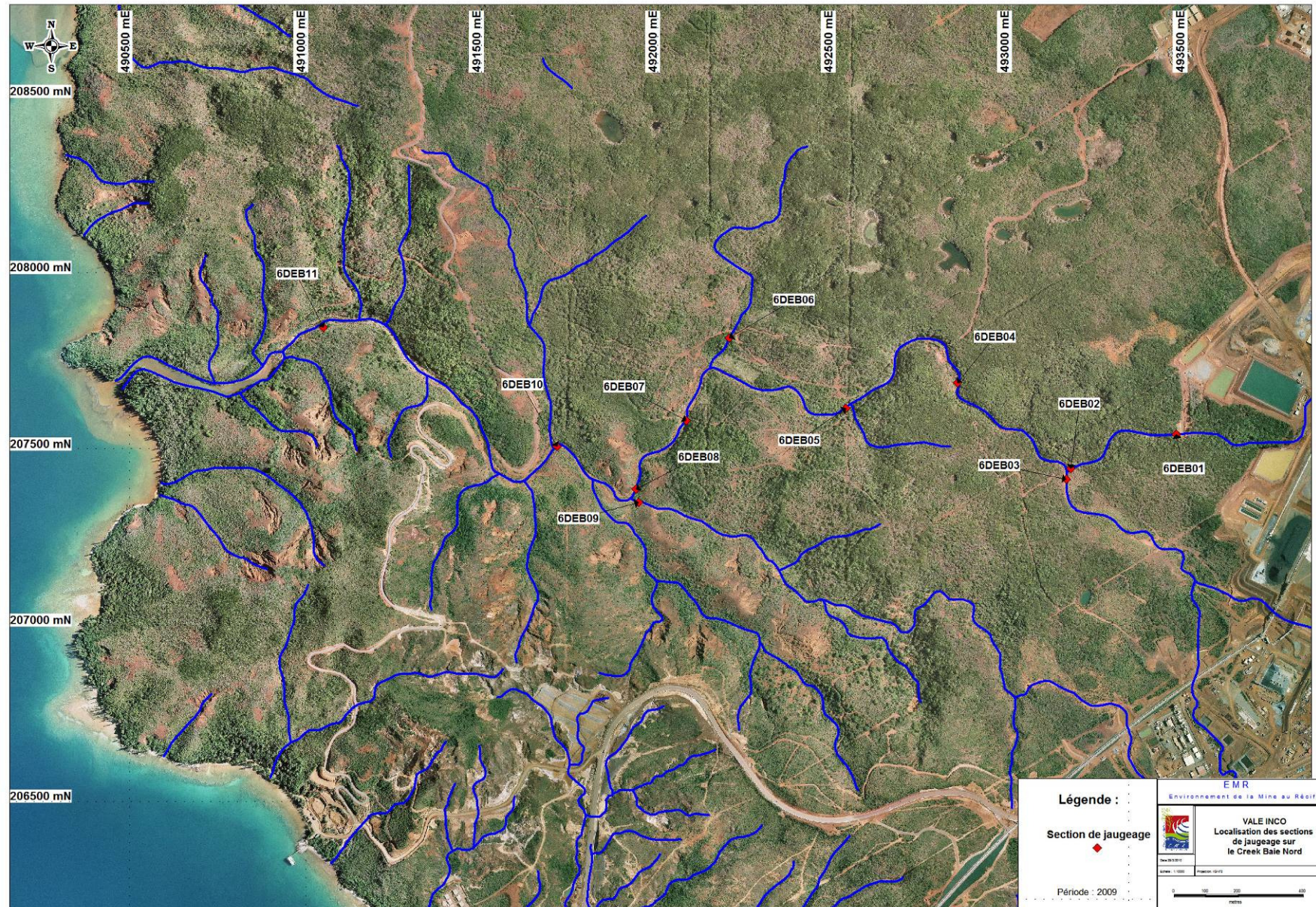
En effet, comme pour les paramètres météorologiques auxquels ils sont fortement liés, les suivis hydrologiques doivent être réalisés sur plusieurs années pour être représentatifs.

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).

ANNEXES

**ANNEXE 1 : CARTE DE LOCALISATION DES 11 SITES DE JAUGEAGE
SELECTIONNES**



ANNEXE 2 : PRESENTATION DES SITES DE JAUGEAGES

- **DEB-01**

Localisation : en aval des rejets de Prony Energies

Coordonnées (IGN 72) : x = 696 338 ; y = 7 528 754

Bassin versant originel : 1,435 km²



Photo 1 : localisation du site de jaugeage de DEB-01

- **DEB-02**

Localisation : en aval de DEB-01, juste en amont de la confluence avec DEB-03

Coordonnées (IGN 72) : x = 695 801 ; y = 7 528 685

Bassin versant originel : 1,641 km²

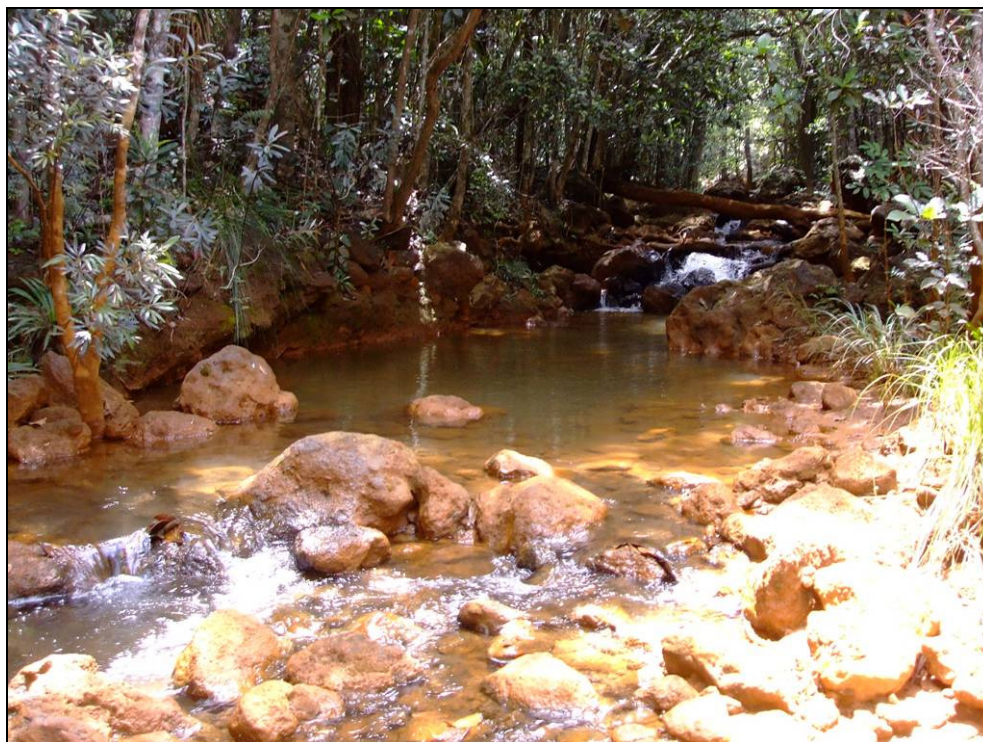


Photo 2 : localisation du site de jaugeage de DEB-02



Photo 3 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-02

- **DEB-03**

Localisation : juste en amont de la confluence avec DEB-02

Coordonnées (IGN 72) : x = 695 789 ; y = 7 528 654

Bassin versant originel : 1,567 km²



Photo 4 : localisation du site de jaugeage de DEB-03



Photo 5 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-03

- **DEB-04**

Localisation : environ 400 m en aval de la confluence entre DEB-02 et DEB-03

Coordonnées (IGN 72) : x = 695 481 ; y = 7 528 903

Bassin versant originel : 3,848 km²



Photo 6 : localisation du site de jaugeage de DEB-04



Photo 7 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-04

- **DEB-05**

Localisation : environ 530 m en aval de DEB-04

Coordonnées (IGN 72) : x = 695 163 ; y = 7 528 860

Bassin versant originel : 4,802 km²



Photo 8 : localisation du site de jaugeage de DEB-05



Photo 9 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-05

- **DEB-06**

Localisation : affluent en rive droite du creek principal, situé entre DEB-05 et DEB-07

Coordonnées (IGN 72) : x = 694 834 ; y = 7 529 062

Bassin versant originel : 1,040 km²

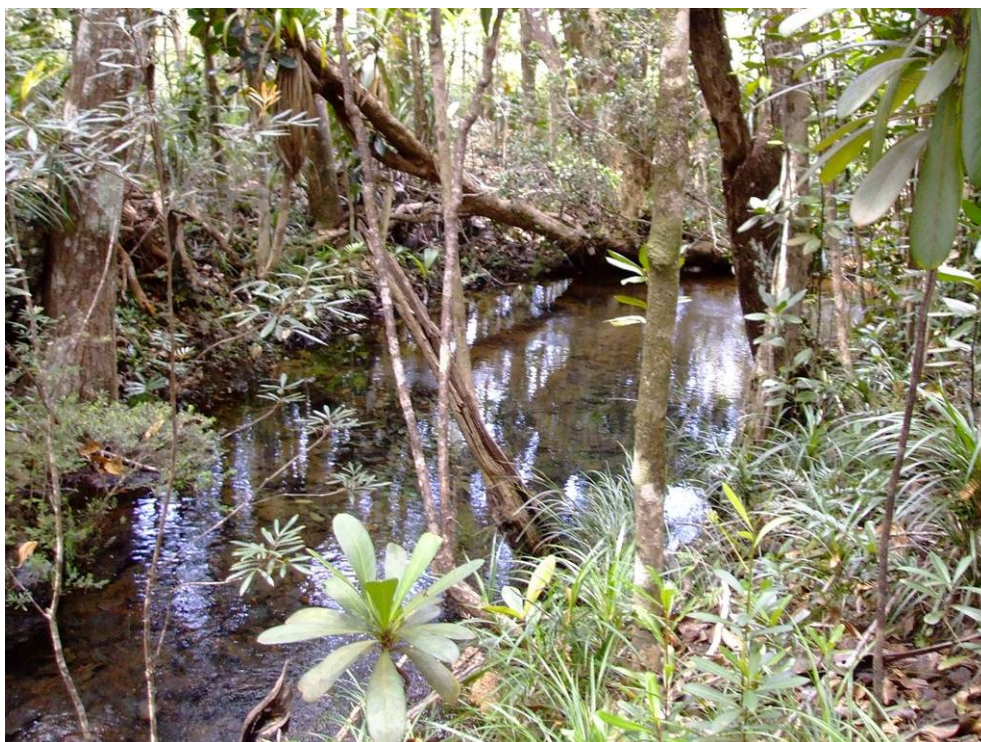


Photo 10 : localisation du site de jaugeage de DEB-06



Photo 11 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-06

- **DEB-07**

Localisation : en amont immédiat du rejet de la STP1, aussi appelé 6-BNOR

Coordonnées (IGN 72) : $x = 694\,710$; $y = 7\,528\,829$

Bassin versant originel : 6,080 km²



Photo 12 : localisation du site de jaugeage de DEB-07



Photo 13 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-07

- **DEB-08**

Localisation : 250 m en aval de DEB-07, juste en amont de la confluence avec DEB-09

Coordonnées (IGN 72) : x = 694 565 ; y = 7 528 634

Bassin versant originel : 6,163 km²



Photo 14 : localisation du site de jaugeage de DEB-08



Photo 15 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-08

- **DEB-09**

Localisation : affluent en rive gauche du creek principal, en amont de la confluence avec DEB-08

Coordonnées (IGN 72) : x = 694 574 ; y = 7 528 597

Bassin versant originel : 1,030 km²

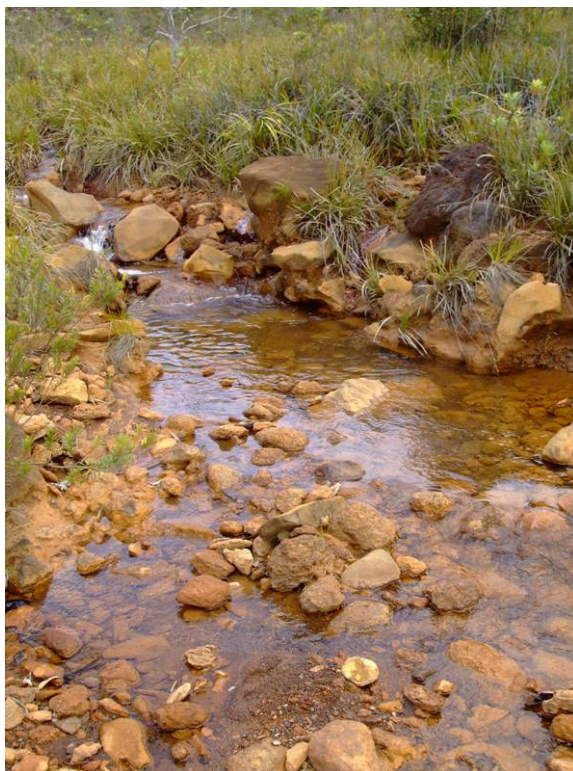


Photo 16 : localisation du site de jaugeage de DEB-09

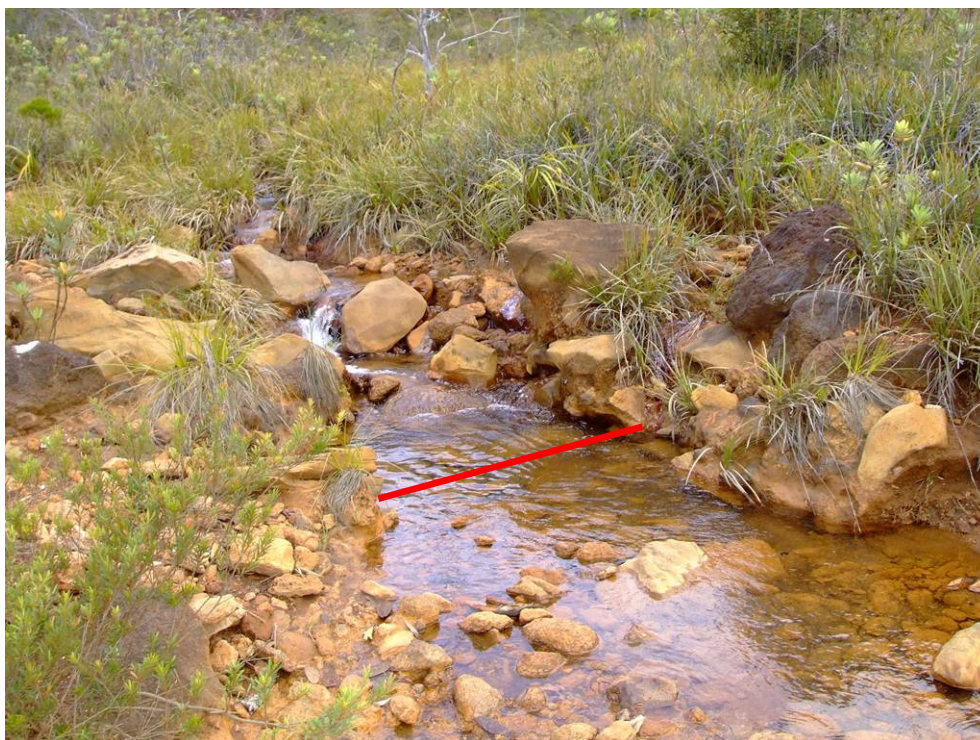


Photo 17 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-09

- **DEB-10**

Localisation : 250 m en aval de DEB-08, au niveau d'un ancien site de mesure ORSTOM

Coordonnées (IGN 72) : x = 694 342 ; y = 7 528 758

Bassin versant originel : 7,604 km²



Photo 18 : localisation du site de jaugeage de DEB-10



Photo 19 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-10

- **DEB-11**

Localisation : 900 m en aval de DEB-10 et 700 m en amont de l'embouchure du creek

Coordonnées (IGN 72) : x = 693 680 ; y = 7 529 099

Bassin versant originel : 8,761 km²

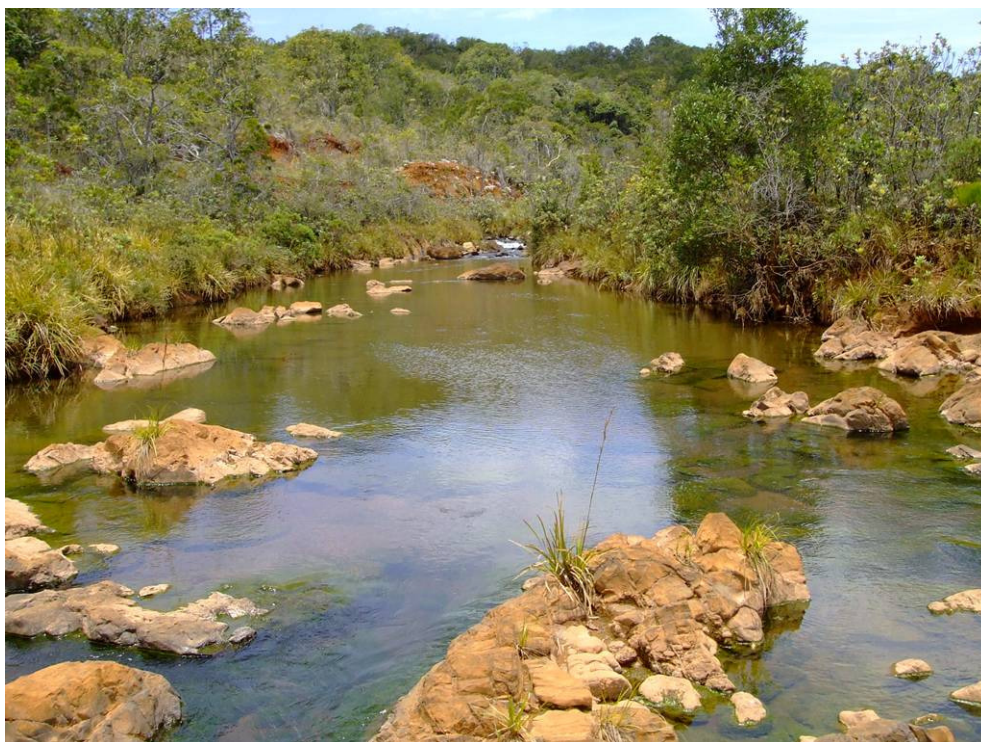


Photo 20 : localisation du site de jaugeage de DEB-11



Photo 21 : matérialisation de la section de jaugeage de DEB-11

ANNEXE 3 : CD DE DONNEES BRUTES ET TRAITEES

