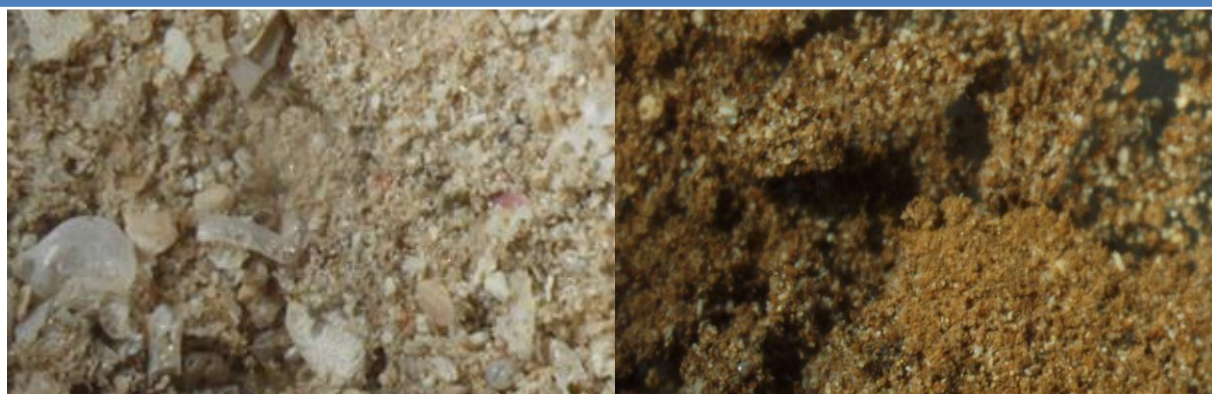




SUIVI DES DENSITES DE FLUX VERTICAUX DES PARTICULES DANS LE CANAL DE LA HAVANNAH, LA BAIE KWE ET LA RADE NORD DE PRONY

CAMPAGNE 2^{EME} SEMESTRE 2018



« Chimie de l'environnement et
Modélisation hydrodynamique »

Rapport semestriel
Mai à juillet 2018

Photos de couverture AEL : Observation au microscope d'échantillons de MES récoltés le Canal de la Havannah (à gauche) et dans la Baie Kwé (à droit).

CONTRAT DE CONSULTANCE

AEL-LEA

Proposition technique et commerciale AEL 138-VI-17-P

**Suivi des densités de flux verticaux des particules dans le
Canal de la Havannah, la Baie Kwé et la Rade Nord de Prony**

Campagne 2^{eme} semestre 2018

Période de mai à juillet 2018

Kumar-Roiné S., Moreton B., Laurent A., Fernandez JM.

	Ref AEL	Ref Client	
Identification	138-VI-17-P	L06375/0001	
Titre complet	Suivi des densités de flux verticaux des particules dans le Canal de la Havannah, la Baie Kwé et la Rade Nord de Prony. Campagne 2 ^{ème} semestre 2018. Période de mai à juillet 2018.		
Auteurs	Kumar-Roiné S., Moreton B., Laurent A., Fernandez JM.		
Résumé	<p>Dans le but de se conformer au plan de suivi règlementaire du milieu marin, il a été mis en place un programme de suivi pour un certain nombre de paramètres qui caractérisent la qualité des sédiments, dont les densités de flux verticaux de particules depuis 2006/2007. Ce rapport présente les résultats des campagnes de prélèvement du 2^{ème} semestre 2018 (mai-juillet) effectuées dans la zone d'effluence du complexe minier et industriel de Vale-NC. Le programme de surveillance semestriel du milieu marin est réalisé sur un total de 3 stations dont la répartition a été révisée en 2014. A ce jour, les stations sont réparties en Baie Kwé (St06-KW1), en Rade Nord de la Baie du Prony (St15) et dans le Canal de la Havannah (St60-NE).</p> <p>Cette campagne, caractérisée par une relative sécheresse et quelques épisodes venteux conforte partiellement les observations consignées dans les rapports précédents établissant une relation entre les conditions météorologiques et les densités des flux verticaux. En effet, les paramètres influant les apports sont : les précipitations pour la St15 <i>via</i> l'érosion et le transport des sols par le Creek de la Rade Nord et les précipitations et/ou vents des régimes S pour la St06-KW1 <i>via</i> l'effet de houle et de re-suspension des particules fines sédimentées dans la Baie Kwé. Pour la St60-NE, comme à l'accoutumé aucune corrélation pertinente ne se dégage ; les panaches latéritiques, beaucoup plus dilués à cette station, seraient conditionnés par un ensemble de mécanismes qu'il n'est pas encore possible d'explicitier.</p> <p>Depuis 2007, les ratios Ca/Fe en St60-NE et St06-KW1 enregistrés mettent en évidence un enrichissement du Canal de la Havannah et de la Baie de Kwé en matières latéritiques ce qui continue à s'exercer lors de cette campagne. Pour la St15, ceux-ci restent relativement invariables. Toutefois, pour cette campagne, les évolutions des concentrations en métaux latéritiques sont plutôt à la baisse excepté de Fe et Ni aux St60-NE dont les concentrations restent supérieures à celles recueillies lors de l'état de référence. En ce qui concerne les concentrations de Ca et S, aucune trace d'enrichissement anormal n'est discernée à St60-NE permettant de déceler l'influence de l'effluent sur la formation de gypse. <i>A contrario</i>, les concentrations en S dans les particules piégées lors de cette campagne sont également à la baisse.</p>		
FONCTION	NOMS	VISA	DATE
Rédacteur	Kumar-Roiné S.	SKR	18/12/2018
Vérificateur 1	Fernandez JM.	JMFA	20/12/2018
Vérificateur 2	Pousse C.	CP	27/12/2018
Approbateur	Fernandez JM.	JMFA	28/12/2018
EVOLUTION			
VERSION	DESCRIPTION DES MISES A JOUR		DATE
V1.0	Rapport final		31/12/2018
COPIE – DIFFUSION			
NOM	ORGANISME		
Céline Casalis	Vale-NC, Département Environnement		

Ce rapport est cité comme suit : Kumar-Roiné S., Moreton B., Laurent A., Fernandez JM. 2018. Suivi des densités de flux verticaux des particules dans le Canal de la Havannah, la Baie Kwé et la Rade Nord de Prony. Campagne 2^{ème} semestre 2018. Période de mai à juillet 2018. Contrat AEL/Vale-NC138-VI-17-P/PO-L06375/0001, 64p.

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	7
A.	CONTEXTE	7
B.	OBJECTIFS.....	7
II.	METHODOLOGIE	9
A.	SITE D'ETUDE	9
B.	ECHANTILLONNAGE	10
C.	CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDRODYNAMIQUES	12
III.	RESULTATS.....	13
A.	PARAMETRES METEOROLOGIQUES	13
B.	CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION.....	15
C.	COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION.....	25
IV.	INTERPRETATION	34
A.	INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES.....	34
B.	CALCUL DES FLUX DES MATIERES.....	41
V.	SYNTHESE	45

I. INTRODUCTION

A. CONTEXTE

Cette étude fait suite, d'une part, à la définition de « l'Etat de référence » des densités de flux verticaux de particules, déterminées pour le Canal de la Havannah, la Rade Nord et la Baie Kwé en 2007 (Fernandez *et al.*, 2007) et, d'autre part, elle assure la continuité du suivi depuis 2011 pour le Canal de la Havannah et la Baie Kwé (Fernandez *et al.*, 2012a) et depuis 2014 pour la Rade Nord (Achard *et al.*, 2015).

Si les effets de l'hyper-sédimentation sont mesurables à moyen et long termes par le calcul des taux d'accumulation (géochronologie à l'échelle pluriannuelle), pour des laps de temps plus courts, les apports sédimentaires sont quantifiables grâce à la mesure de la densité de flux vertical des particules à des échelles qui peuvent être journalière, hebdomadaire ou encore mensuelle. Cette mesure constitue un indicateur précoce de la sédimentation.

Les conséquences de l'augmentation des flux particulaires sont : la réduction de la lumière, de l'oxygène dissous et notamment l'augmentation de la pollution par les éléments métalliques associés aux particules. En effet, les particules (appelées aussi Matière En Suspension ; MES) sont reconnues comme étant le principal vecteur des polluants dans la contamination des organismes pélagiques, dont les poissons qui sont, en bout de chaîne, consommés par l'homme.

Dans le contexte de la mise en exploitation de l'usine de Vale-NC, l'étude consiste à estimer les apports en particules fines :

- D'une part, générées consécutivement aux différents travaux d'excavation et de mise en exploitation progressive de la mine en Baie Kwé et de l'usine dans la Rade Nord de Prony ; et
- D'autre part, persistantes dans les effluents industriels traités et rejetés dans le Canal de la Havannah *via* le diffuseur.

B. OBJECTIFS

Selon les zones d'étude, ont été effectués :

- Le suivi temporel des apports terrigènes issus des bassins versants de la Baie Kwé impactée par les activités d'excavation déployées sur le front de mine ;
- Le suivi temporel des apports terrigènes et anthropiques, consécutifs à l'implantation de l'usine de valorisation du minerai, dans la Rade Nord de Prony ;
- Le suivi temporel des apports industriels issus du procédé chimique au voisinage immédiat du diffuseur dans le Canal de la Havannah.

Le suivi de la zone du Canal de la Havannah a pour objet de répondre aux questions de la double rémanence supposée :

- D'une part, du gypse (CaSO_4) formé après l'étape de neutralisation par du calcaire et de la chaux des solutions d'extraction acides du Ni ;
- D'autre part, de minéraux qui pourraient être générés lors de la mise en contact de l'effluent avec l'eau de mer. Ce phénomène pourrait entraîner (par précipitation, co-précipitation et adsorption) une fraction non négligeable des métaux à la surface des sédiments.

Remarque : *Les expériences de laboratoire et la modélisation associée ont montré que seule une formation quantitativement négligeable de précipités de calcite devrait se produire (Bodeř et Pointeau, 2009). La mesure in-situ permet de discuter de cette hypothèse, dans l'état actuel du niveau des rejets.*

Ce rapport présente les résultats relatifs aux flux verticaux de particules dans la zone d'influence de l'usine Vale-NC, obtenus lors de la campagne du **deuxième semestre de 2018** et comparés aux campagnes précédentes des mouillages semestriels réalisées entre 2011-2018 et celles de l'état de référence en 2006/2007 (Kumar-Roiné *et al.*, 2018 ; Fernandez *et al.*, 2007).

II. METHODOLOGIE

La méthodologie détaillée des différentes étapes de prélèvement, traitement et d'analyses est décrite dans l'Annexe 1.

A. SITE D'ETUDE

Les sites instrumentés sont les suivants (Tableau 1 et Figure 1) :

- Zone d'influence du rejet d'effluent** : Il s'agit de la station St60-NE localisée perpendiculairement à 60 m du diffuseur qui a permis la définition de l'état de référence des flux particulaires en 2007 (Fernandez *et al.*, 2007). Elle permet d'assurer le suivi des apports induits par le diffuseur depuis 2012 (Fernandez *et al.*, 2012b).
- Zone d'influence de la mine** : Il s'agit d'une station dans l'embouchure de la rivière Kwé (St06-KW1) qui a permis la définition de l'état de référence des flux particulaires en 2006 et 2007 (Fernandez *et al.*, 2007). Elle permet d'assurer le suivi des apports induits par le bassin d'exploitation minière depuis 2011 (Fernandez *et al.*, 2012a).
- Zone d'influence de l'usine de valorisation du minerai** : Il s'agit de la station St15 située en face du Creek de la Rade Nord qui jouxte le site de l'usine. Cette station qui a également fait l'objet d'un état de référence en 2006 et 2007 (Fernandez *et al.*, 2007) permet d'assurer un suivi des apports induits par les installations industrielles depuis 2014.

Tableau 1 : Liste et position des stations de prélèvement du suivi des flux verticaux de particules dans la zone d'influence de l'usine de Vale-NC.

Localisation	Station	Station au référentiel WGS-84		Profondeur (m)
		Longitude	Latitude	
Baie Kwé	St06-KW1	E166 59.140	S22 20.747	28
Rade Nord de Prony	St15	E166 52.590	S22 20.037	25
Canal de la Havannah	St60-NE	E166 59.677	S22 22.113	39

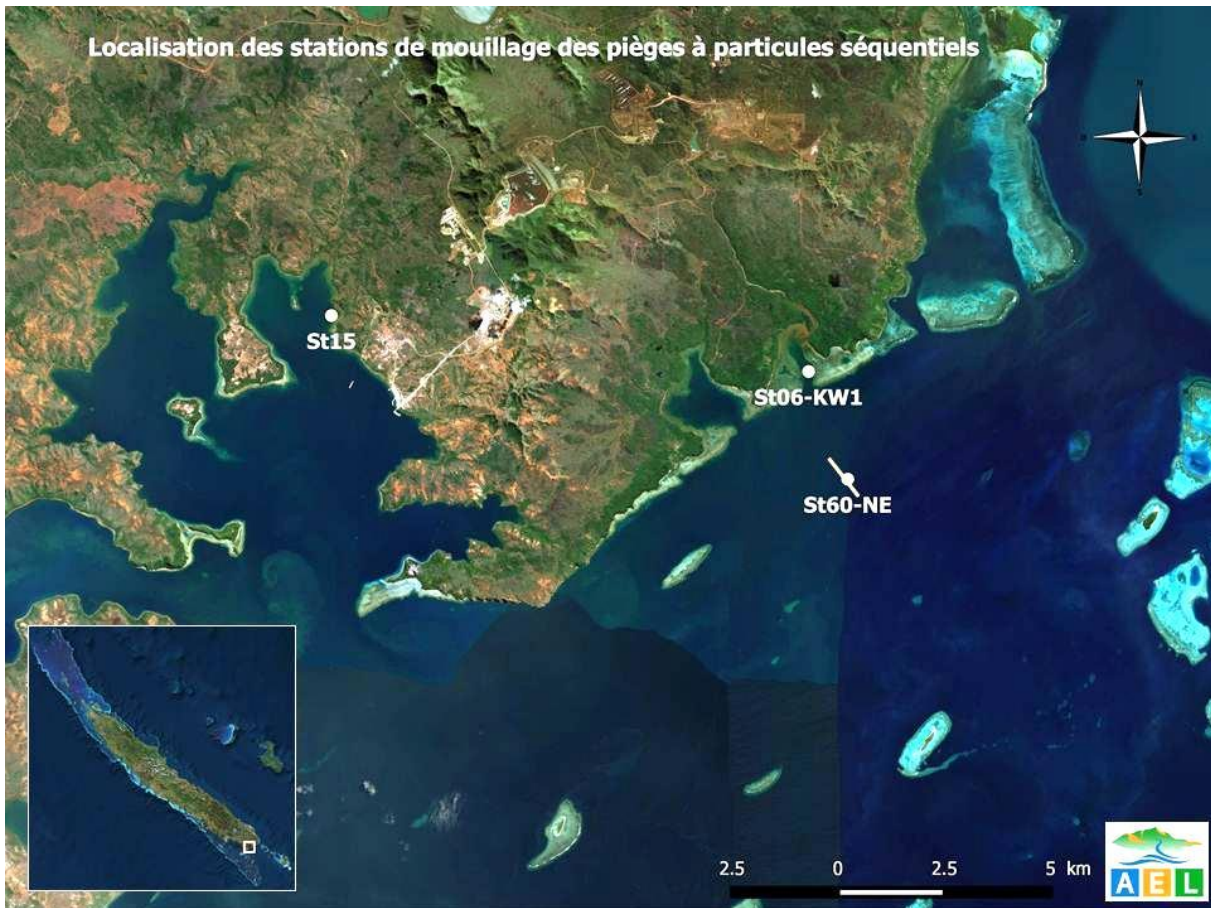


Figure 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement du suivi des flux verticaux de particules dans la zone d'influence de l'usine de Vale-NC (le trait blanc représente le diffuseur).

B. ECHANTILLONNAGE

Les opérations de terrain ont été réalisées à bord du Slavko (Casy Express) au cours de 2 sorties. La pose et la récupération des lignes de mouillage équipées chacune d'un piège à particules séquentiel ont été effectuées, respectivement, le 29 mai 2018 et 19 juillet 2018 aux stations St06-KW1, St15 et St60-NE.

Note : Suite aux anomalies techniques des largueurs acoustiques qui se sont présentées lors des campagnes précédentes, les pièges ont été immergés avec une simple ligne de mouillage lestée.

Rappel : Les pièges à particules de type séquentiel (Technicap, type PPS4/3) sont dotés d'une section efficace de 0,050 m², équipés de carrousels de 12 godets pour permettre la collecte d'une série temporelle de particules sédimentées. L'orifice du dispositif de collecte (piège) a été placé à 3 mètres au-dessus du fond afin de minimiser les effets de remise en suspension potentiels des particules qui ont déjà sédimenté. Par ailleurs, cette cote est particulièrement importante à respecter, notamment à proximité du diffuseur pour échantillonner les particules véhiculées par l'effluent, même lorsque les conditions hydrodynamiques des marées de vive-eau s'exercent. Ce prérequis s'appuie sur les résultats du traçage réalisé à la rhodamine-WT (Fernandez et al., 2009) ; la couche affectée par l'effluent n'étant que d'environ 5 m d'épaisseur lors des marées de vive-eau alors qu'elle dépasse amplement les 10 m par courants faibles des marées de morte-eau (Figure 2). Les suivis sont réalisés par des fonds supérieurs à 15 m afin de s'affranchir des phénomènes mécaniques comme la resuspension des grosses particules. Il n'est donc pris en compte dans les pièges que les fractions fines en

suspension potentiellement transportables sur de longues distances par les courants, comme le suggère la modélisation (Derex et al., 2008).

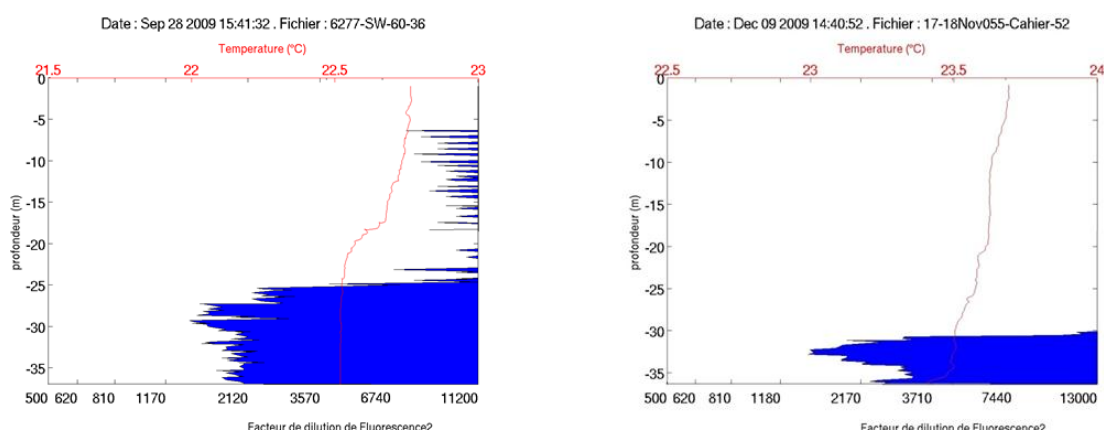


Figure 2 : Empreinte type de l'effluent par marquage à la rhodamine-WT pour des conditions courantologiques de mi-marées de morte-eau (gauche) et de vive-eau (droite) au niveau de la station St60-SW.

Pour les trois stations St06-KW1, St15 et St60-NE, la collecte des particules a été programmée pour débuter le 30 mai 2018 à 00h00 avec un pas de temps par godet de 96 heures (4 jours) ; elle s'est terminée le 16 juillet 2018 à 24h00 ; soit 48 jours après. Au total, 12 échantillons de matériel particulaire ont été prélevés pour chacun des trois sites d'immersion soit 36 échantillons (Tableau 2).

Tableau 2 : Détail de collecte des échantillons par les pièges séquentiels mouillés à St06-KW1, St15 et St60-NE.

Période de collecte	St06-KW1	St15	St60-NE
	Prélèvement	Prélèvement	Prélèvement
30 Mai - 02 Juin	001	001	001
03 Juin - 06 Juin	002	002	002
07 Juin - 10 Juin	003	003	003
11 Juin - 14 Juin	004	004	004
15 Juin - 18 Juin	005	005	005
19 Juin - 22 Juin	006	006	006
23 Juin - 26 Juin	007	007	007
27 Juin - 30 Juin	008	008	008
01 Juil. - 04 Juil.	009	009	009
05 Juil. - 08 Juil.	010	010	010
09 Juil. - 12 Juil.	011	011	011
13 Juil. - 16 Juil.	012	012	012

De retour au laboratoire, les échantillons de MES collectés dans les godets des pièges séquentiels, ont été conservés au frais (4°C) jusqu'à la phase de traitement.

C. CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

Les conditions météorologiques régnant dans la zone pendant la période d'immersion des pièges (30 mai au 16 juillet 2018) sont fortement susceptibles d'influer la quantité et la nature de MES collectée.

Ainsi, la pluviométrie journalière « RR » et les données quotidiennes de vent maximal instantané (vitesse « FXI » et direction « DXI »), enregistrées par la station météorologique de l'usine pilote Vale-NC (référence n° 98817104 ; Goro Usine), ont été exploitées pour l'interprétation des analyses.

Note : Les mesures de vent pouvant présenter des écarts, notamment aux stations St60-NE et St06-KW1 en raison de la différence de situation géographique et l'absence de reliefs, les données météorologiques provenant de la station météorologique IORO de IRD/AEL implantée sur la balise du récif loro dans le Canal de la Havannah (référence n° 658 ; loro) sont normalement exploitées pour l'interprétation des résultats. Toutefois, pour cette campagne, un dysfonctionnement, inhérent à la mesure de la force et de la direction des vents a rendu inopérante la station pendant la période d'immersion des pièges. Les données recueillies étant visiblement erronées, elles ne nous permettent pas leur utilisation pour les relations de cause à effet.

III. RESULTATS

A. PARAMETRES METEOROLOGIQUES

Les valeurs des paramètres météorologiques données par la station météorologique (GORO) sont regroupées dans l'Annexe 2.

1. Précipitations atmosphériques

Mesurés par la station météorologique GORO (usine), la période du 30 mai au 16 juillet 2018 compte seulement 27 jours de pluies cumulant à 105,2 mm. La pluviométrie maximale ne dépassant pas les 20 mm/j, cette période a donc été marquée par une pluviométrie faible (Figure 3).

Du point de vue historique, les précipitations cumulées lors de cette campagne sont environ 2 à 9 fois moins importantes que pour la plupart des campagnes précédentes. Les seules exceptions sont : les campagnes en octobre-novembre 2006 et septembre-novembre 2017 où les précipitations enregistrées ont été 2 fois moins importantes (54,4 et 58,4 mm, respectivement) et les deux campagnes de 2015 où les relevés restent proches (148,9 et 96,0 mm) de ceux de cette campagne (Tableau 3).

2. Vitesse et direction du vent

Durant la période du 30 mai au 16 juillet 2018, les directions de vents mesurées à la station météorologique de GORO (usine) sont principalement de secteur E à S. Toutefois, plusieurs régimes variables sont observés, avec deux incursions soutenues des vents dans le secteur S à SSO au début de la période de collecte (du 01-04 juin et du 10-13 juin), suivies par quelques rotations plus brèves dans le secteur ENE à N jusqu'à la fin de cette période (Figure 3).

Quant à l'intensité des vents mesurée, la moyenne a été de $11,1 \pm 3,4$ m/s. Il est à noter que les vents avoisinants 15 m/s et plus sont mesurés sur plusieurs jours, notamment pour les dates du 07-10 juin, 19 juin et du 27 juin au 08 juillet (Figure 3).

Note : les données des régimes de vents relevés pour la présente campagne à la station météorologique GORO sont partielles ; aucun relevé n'est fourni pour le 20, 21 et 22 juin.

Pour l'ensemble de la période de mouillage, la vitesse moyenne des vents enregistrée par la station GORO est proche de celles des précédentes campagnes, exception faite pour les campagnes en 2014 dont les valeurs mesurées ne dépassent pas les 10 m/s (Tableau 3).

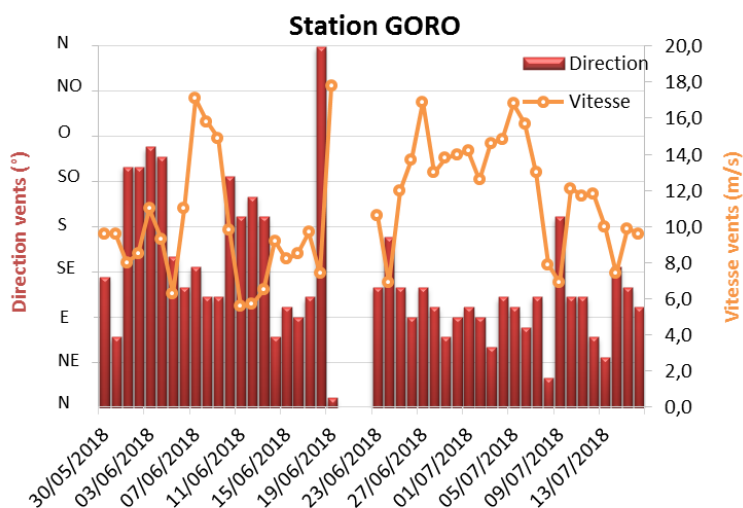
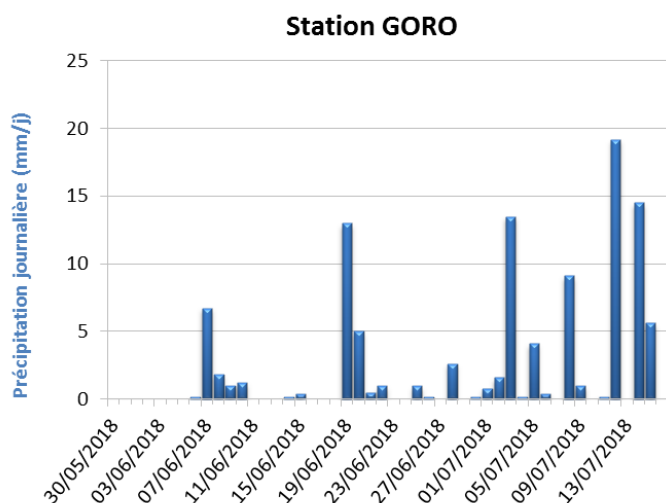


Figure 3 : Cumul journalier de précipitations et évolution de la vitesse et de la direction des vents (moyenne journalière) pour la période du 30 mai au 16 juillet 2018.



Remarque : lors des précédentes campagnes, des écarts notables entre les stations météorologiques de IORO et GORO ont été constatés notamment dans la mesure des intensités des vents ; l'altitude et la physiographie des lieux pour cette dernière expliquent la différence mesurée.

Tableau 3 : Compilation des données météorologiques lors des différentes campagnes d'immersion de pièges séquentiels aux stations St06-KW1, St15 et St60-NE.

Campagne	Semestre	Campagne	St06-KW1	St15	St60-NE	Station GORO		Station IORO
						Précipitation total (mm)*	Vitesse vents moyens (m/s)*	
2006	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	Oct. - Nov. 2006	x	x	-	54,4	ND	ND
2007	1	Févr. - Mars 2007	-	-	x	300,6	ND	ND
	2	Mars - Avr. 2007	x	x	-	272,6	ND	ND
2011	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	Juil. - Août 2011	x	-	-	273,7	11,3 ± 3,2	ND
2012	1	Janv. - Mars 2012	x	-	x	370,1	12,3 ± 2,7	IC
	2	Sept. - Oct. 2012	x	-	x	278,5	12,0 ± 2,4	ND
2013	1	Janv. - Févr. 2013	x	-	x	181,2	12,0 ± 2,1	ND
	2	Juil. - Août 2013	x	-	x	467,0	11,3 ± 3,6	ND
2014	1	Janv. - Mars 2014	x	x	PP	920,2	9,3 ± 4,0	6,6 ± 2,9
	2	Avr. - Juin 2014	-	-	x	260,9	8,3 ± 3,5	6,9 ± 2,5
2015	1	Sept. - Oct. 2014	x	x	x	199,6	7,3 ± 2,9	5,9 ± 1,8
	2	Janv. - Mars 2015	x	x	x	242,6	12,0 ± 3,7	ND
2016	1	Juil. - Sept. 2015	PP	x	x	148,9	11,6 ± 2,6	ND
	2	Oct. - Nov. 2015	x	-	-	96,0	12,4 ± 3,1	ND
2017	1	Mai - Juil. 2016	PP	x	x	241,4	10,9 ± 3,1	6,2 ± 2,5
	2	Juil. - Sept. 2016	x	-	-	247,4	10,8 ± 2,4	6,2 ± 2,5
2018	1	Oct. - Nov. 2016	x	x	x	266,8	11,3 ± 2,5	5,9 ± 2,1
	2	Avr. - Mai 2017	x	x	x	443,2	12,5 ± 4,2	7,0 ± 3,6
2019	1	Sept. - Nov. 2017	x	x	x	58,4	11,0 ± 2,1	9,7 ± 13,1 (?)
	2	Mars - Avr. 2018	x	x	x	631,3	13,6 ± 3,3	ND
2020	1	Mai - Juil. 2018	x	x	x	105,2	11,1 ± 3,4 (IC)	ND

* données de précipitations et vents couvrant uniquement les périodes de programmation des pièges (de la date d'ouverture à la date de fermeture des godets) ; x : station prélevée ; - : pas de campagne ou campagne en cours ; PP : piège perdu ou défaillant ; ND : données météorologiques non disponibles suite à un dysfonctionnement technique ; IC : collecte des données incomplète suite à un dysfonctionnement technique.

B. CARACTERISATION DES MATIERES EN SUSPENSION

Les résultats concernant les masses de matière en suspension (MES) collectées par les pièges séquentiels, la granulométrie des populations de grains, la composition minéralogique et les teneurs en carbonates sont regroupés dans l'Annexe 3.

1. Baie Kwé (St06-KW1)

Masses collectées

Avec une moyenne de $6,01 \pm 4,57$ g, les masses de MES collectées se distribuent entre environ 0,716 g (03-06 juin ; prélèvement 002) et 18,7 g (07-10 juin ; prélèvement 003) (Figure 4). Au-delà, les masses de MES n'évoluent que légèrement entre 2,00 et 8,00 g.

De même manière, les pourcentages de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) qui composent les MES ne varient que faiblement ; ils évoluent entre 80 %, ce qui correspond à la quantité la plus faible de MES collectées lors du prélèvement 002, et 87 %, piégées du 01-04 juillet et 09-12 juillet (prélèvements 009 et 011). Ainsi, avec une moyenne de $84 \pm 2 \%$, les MES piégées en St06-KW1 sont très majoritairement composées par de la fraction fine (Figure 5).

Entre les différentes campagnes conduites à St06-KW1, celle de mai-juillet 2018 se singularise avec le pourcentage moyen de fraction fine parmi les plus forts (Tableau 4).

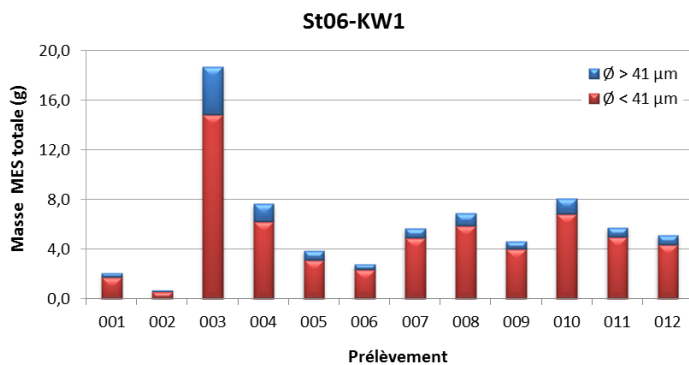


Figure 4 : Masse totale de MES piégées et composition en fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fraction grossière ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

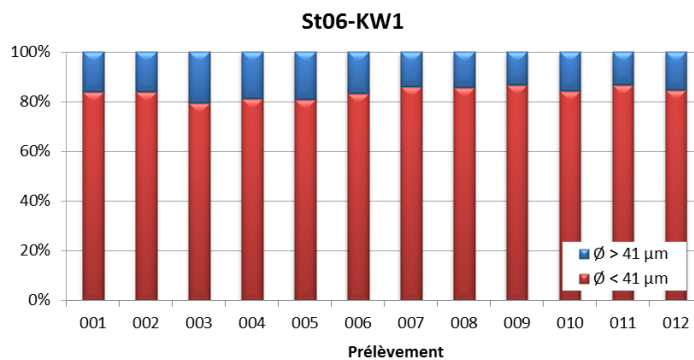


Figure 5 : Pourcentage massique en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fractions grossières ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) dans les 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

Tableau 4 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, des pourcentages massiques en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et des teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St06-KW1.

St06-KW1							
Campagne	MES totale (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)	Campagne	MES totale (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)
Oct. - Nov. 2006	$1,46 \pm 0,74$	ND	74 ± 2	Janv. - Mars 2015	$13,6 \pm 7,2$	79 ± 4	73 ± 3
Mars - Avr. 2007	$4,61 \pm 4,47$	ND	76 ± 3	Oct. - Nov. 2015	$7,77 \pm 6,10$	68 ± 6	47 ± 3
Juil. - Août 2011	$5,07 \pm 4,86$	ND	69 ± 4	Juil. - Sept. 2016	$5,74 \pm 4,58$	80 ± 2	60 ± 6
Janv. - Mars 2012	$7,89 \pm 6,64$	75 ± 3	84 ± 5	Oct. - Nov. 2016	$3,69 \pm 2,78$	79 ± 4	70 ± 5
Sept. - Oct. 2012	$5,28 \pm 2,62$	70 ± 4	67 ± 3	Avr. - Mai 2017	$9,06 \pm 8,06$	75 ± 3	71 ± 4
Janv. - Févr. 2013	$9,29 \pm 5,71$	77 ± 5	67 ± 8	Sept. - Nov. 2017	$4,08 \pm 4,61$	83 ± 2	71 ± 6
Juil. - Août 2013	$11,6 \pm 17,6$	74 ± 4	46 ± 13	Mars - Avr. 2018	$19,5 \pm 27,3$	68 ± 6	62 ± 5
Janv. - Mars 2014	$12,1 \pm 6,8$	82 ± 4	84 ± 3	Mai - Juil. 2018	$6,01 \pm 4,57$	84 ± 2	68 ± 3
Sept - Oct. 2014	$2,37 \pm 1,68$	84 ± 2	65 ± 4	-	-	-	-

ND : valeur non déterminée.

Compositions granulométriques

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St06-KW1 est composée à la fois de particules dont le mode se situe dans la classe 2,0-20 μm , à savoir, les silts fins (moyenne de $39 \pm 5 \%$ du volume total), et les silts moyens (20-40 μm) ($36 \pm 2 \%$ du volume total). La distribution des populations granulométriques montre une évolution dans le temps pour les particules 2,0-20 μm qui augmentent du prélèvement 003 au 010 au détriment des particules $\varnothing > 40 \mu\text{m}$ (Figure 6). Les quantités maximales en particules 2,0-20 μm décelées lors des prélèvements 008 et 010 correspondent à des régimes d'Alizés soutenus.

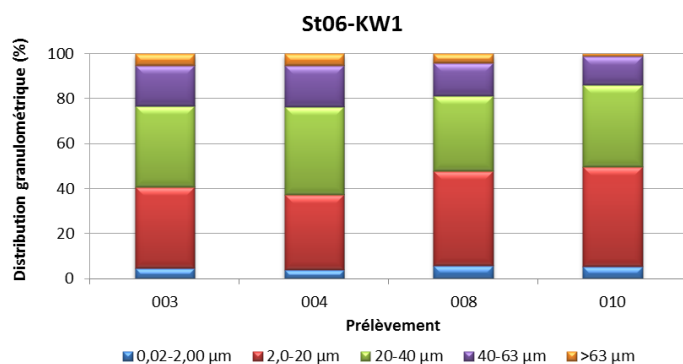


Figure 6 : Distribution granulométrique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

Remarque : la détection de particules de $\varnothing > 41 \mu\text{m}$ dans les échantillons tamisés à $41 \mu\text{m}$ peut être le résultat d'un artefact lié au mode de mesure/calcul de la granulométrie laser qui assimile à une sphère des particules de formes allongées (paillettes) qui peuvent passer à travers la maille au moment du tamisage.

Pour l'ensemble des campagnes conduites à St06-KW1, parmi les 5 classes granulométriques étudiées, le mode principal demeure la classe 2,0-20 μm (silts fins). Toutefois, depuis octobre-novembre 2016, on note un accroissement de la classe 20-40 μm (silts moyens) pour arriver à des proportions équivalentes. Globalement, l'on constate qu'entre les campagnes de juillet-août 2011 et octobre-novembre 2016, le pourcentage en particules $\varnothing < 20 \mu\text{m}$ a été en augmentation, jusqu'à doubler lors de certaines campagnes (par exemple, en 2014), au détriment des particules de taille $\varnothing > 40 \mu\text{m}$ (Tableau 5). Depuis, le pourcentage moyen est revenu proche des valeurs de l'Etat de Référence. En revanche, la proportion des silts moyens (20-40 μm) a progressé au détriment de la fraction $\varnothing > 63 \mu\text{m}$.

Compositions minéralogiques

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES collectée en St06-KW1 est majoritairement composée de minéraux d'origine marine, avec notamment la présence prépondérante des carbonates (Calcite et Aragonite). La Calcite et l'Aragonite ont été décelées dans tous les prélèvements, notamment dans les MES des godets 003 et 004. Au-delà, les proportions commencent à diminuer en faveur de minéraux d'origine terrigène (Goethite). On notera également qu'entre le prélèvement du 003 au 010, les pourcentages de fraction fine augmentent également.

L'aragonite est un des constituants des coquilles d'invertébrés ; sa présence dénote de l'influence marine à cette station. Les proportions des minéraux d'origine latéritique varient donc inversement à la calcite et l'aragonite, ce qui souligne l'alternance des influences terrigènes et marines à cette station (Tableau 6).

Tableau 5 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la distribution granulométrique dans la fraction fine ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) des MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06-KW1.

St06-KW1					
Campagne	Distribution granulométrique (%)				
	0,02 à 2,00 μm	2,0 à 20 μm	20 à 40 μm	40 à 63 μm	>63 μm
Juil. - Août 2011	8 \pm 4	32 \pm 3	24 \pm 3	15 \pm 2	21 \pm 3
Janv. - Mars 2012	8 \pm 5	50 \pm 5	27 \pm 6	11 \pm 3	4 \pm 0
Sept. - Oct. 2012	13 \pm 1	51 \pm 7	22 \pm 3	10 \pm 4	4 \pm 2
Janv. - Mars 2013	5 \pm 0	37 \pm 2	33 \pm 3	16 \pm 1	9 \pm 4
Juil. - Août 2013	13 \pm 3	53 \pm 12	22 \pm 2	8 \pm 6	3 \pm 6
Janv. - Mars 2014	26 \pm 3	56 \pm 2	15 \pm 2	3 \pm 1	0 \pm 0
Sept. - Oct. 2014	16 \pm 4	61 \pm 6	16 \pm 2	5 \pm 1	2 \pm 3
Janv. - Mars 2015	14 \pm 2	51 \pm 3	26 \pm 3	9 \pm 1	1 \pm 1
Oct. - Nov. 2015	11 \pm 5	44 \pm 7	26 \pm 3	12 \pm 4	8 \pm 6
Juil. - Sept. 2016	15 \pm 4	60 \pm 5	18 \pm 4	5 \pm 3	2 \pm 2
Oct. - Nov. 2016	8 \pm 1	51 \pm 3	30 \pm 3	9 \pm 2	2 \pm 2
Avr. - Mai 2017	4 \pm 1	37 \pm 2	29 \pm 2	14 \pm 1	16 \pm 1
Sept. - Nov. 2017	7 \pm 1	49 \pm 5	31 \pm 2	10 \pm 3	3 \pm 3
Mars - Avr. 2018	5 \pm 1	39 \pm 1	35 \pm 2	16 \pm 1	6 \pm 3
Mai - Juil. 2018	5 \pm 1	39 \pm 5	36 \pm 2	16 \pm 3	4 \pm 2

Tableau 6 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

St06-KW1				
Prélèvement	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autres*
003	62	16	15	7
004	60	15	15	10
008	58	14	20	8
010	57	14	23	6

* : Serpentine, Talc, alpha Quartz et Gibbsite.

Teneurs en carbonates

Les teneurs en carbonates dans la fraction fine ($\emptyset < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St06-KW1 se distribuent entre 60 % et 72 % avec une moyenne de 68 ± 3 %. Les seules variations des teneurs sont constatées lors de la première moitié de la période de collecte (30 mai au 22 juin ; prélèvement 001-006). Au-delà, les teneurs demeurent stables jusqu'à la fin de celle-ci, à l'image des masses de MES piégées (Figure 7). Une relation entre ces deux paramètres est démontrée par l'étude de matrice de corrélation ($R^2 = -0,9200$).

Entre les différentes campagnes conduites à St06-KW1, celle de mai-juillet 2018 présente une teneur moyenne en carbonates comparables à celles obtenues depuis 2016 (60 – 71 %). Elle reste toutefois plus élevée que celles des campagnes de juillet-août 2013 (46 ± 13 %) et octobre-novembre 2015 (47 ± 3 %) et légèrement plus basse que celles des premières campagnes d'octobre-novembre 2006 (74 ± 2) et mars-avril 2007 (76 ± 3) (Tableau 4).

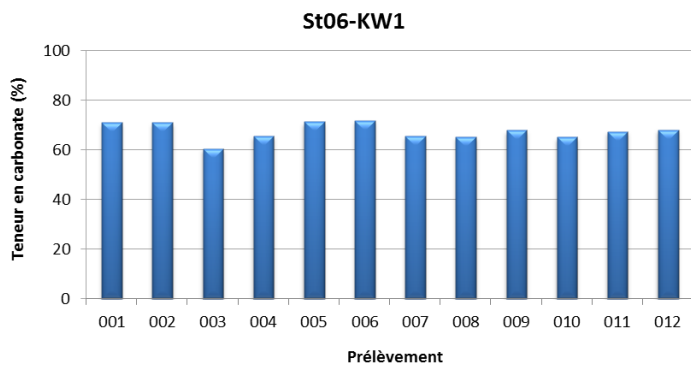


Figure 7 : Teneurs en carbonates contenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

Remarque : Une différence en fraction carbonatée est observable entre les teneurs en calcite, d'une part, mesurée par DRX semi-quantitative, et d'autre part, calculée par relation stœchiométrique à partir des concentrations en Ca et Mg (considérées comme étant exclusivement sous forme de CaCO_3 et MgCO_3 dans le contexte du sud calédonien). Cet écart est explicable par le fait que la DRX semi-quantitative caractérise seulement les minéraux cristallisés (Chaurrand, 2007 ; Achard, 2013), ce mode d'estimation ne tenant pas compte des phases amorphes de certains de ces minéraux, ni des minéraux du cortège latéritique contenant du Mg, ce qui peut alors majorer le pourcentage en carbonates calculé.

2. Rade Nord de Prony (St15)

Masses collectées

Les masses de MES collectées se distribuent entre 0,108 g et 1,78 g avec une moyenne de $0,871 \pm 0,561$ g. Les quantités de MES piégées restent en dessous du 0,400 g du 30 mai au 18 juin (prélèvement 001-005) puis s'accroissent progressivement et atteignent la valeur maximale le 09-12 juillet (prélèvement 011). Ensuite, la collecte termine avec une légère diminution des masses en MES (012 ; Figure 8).

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$), avec une moyenne de $97 \pm 1 \%$, est, d'une part, très largement dominante en St15 et, d'autre part, elle demeure très constante au fils du temps de collecte (Figure 9).

Entre les différentes campagnes conduites à St15, la masse moyenne collectée lors de cette campagne 2018 reste faible. L'on notera que la masse de MES collectées est tout de même 6 fois moins importante que celles collectées lors des premières campagnes d'octobre-novembre 2006 ($0,105 \pm 0,065$ g) et mars-avril 2007 ($0,154 \pm 0,145$ g) et 5 fois moins élevées que celle de janvier-mars 2014 ($4,43 \pm 8,90$ g).

Quelle que soit la campagne, les MES piégées sont majoritairement composées de fraction fine avec des moyennes variant de seulement $\pm 10 \%$ entre elles. Bien que la moyenne mesurée pour cette campagne 2018 reste dans la même gamme, elle est néanmoins la plus importante jamais mesurée (97 ± 1 ; Tableau 7).

Note : Les diverses observations effectuées lors de précédentes missions montrent que la variabilité des masses collectées à cette station, localisée au droit de l'embouchure du creek, est très dépendante, non seulement de l'intensité des précipitations mais aussi de l'orientation et de la force des vents qui conditionnent la dispersion et/ou le confinement des panaches turbides ; l'orientation SE favorisant un confinement le long de la côte nord de l'Anse de la Rade Nord. A l'inverse, l'absence de vents forts et/ou d'orientation autre que SE, permet l'expansion des panaches dans la rade.

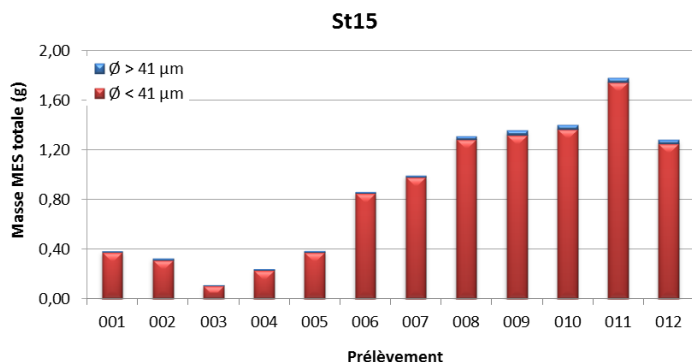


Figure 8 : Masse totale de MES piégées et composition en fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fraction grossière ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St15.

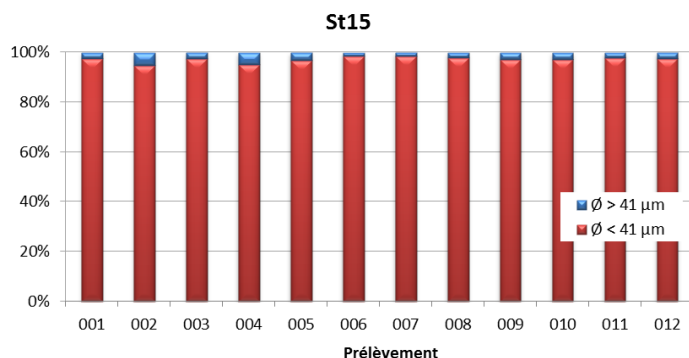


Figure 9 : Pourcentage massique en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fractions grossières ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) dans les 12 prélèvements du piège séquentiel à St15.

Tableau 7 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, des pourcentages massiques en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et des teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St15.

St15							
Campagne	MES totaux (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)	Campagne	MES totaux (g)	% $\varnothing < 41 \mu\text{m}$	Carbonate (%)
Oct. - Nov. 2006	0,105 \pm 0,065	ND	ND	Mai -Juil. 2016	1,73 \pm 1,49	76 \pm 23	19 \pm 9
Mars - Avr. 2007	0,154 \pm 0,145	ND	ND	Oct. – Nov. 2016	0,438 \pm 0,497	87 \pm 7	27 \pm 4
Janv. - Mars 2014	4,43 \pm 8,90	88 \pm 6	9 \pm 4	Avr. – Mai 2017	1,61 \pm 1,16	92 \pm 5	28 \pm 4
Sept. - Oct. 2014	0,183 \pm 0,247	77 \pm 31	25 \pm 2	Sept. – Nov. 2017	0,298 \pm 0,304	79 \pm 16	23 \pm 2
Janv. - Mars 2015	0,556 \pm 0,596	86 \pm 10	25 \pm 7	Mars – Avr. 2018	1,67 \pm 1,93	86 \pm 6	19 \pm 3
Juil. – Sept. 2015	0,261 \pm 0,268	86 \pm 10	26 \pm 2	Mai – Juil. 2018	0,871 \pm 0,561	97 \pm 1	37 \pm 2

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Compositions granulométriques

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St15 est composée majoritairement de particules dont le mode se situe dans la classe 2,0-20 μm à savoir, les silts fins (moyenne de 54 \pm 4 % du volume total), tandis que les silts moyens (20-40 μm) composent la seconde population granulométrique (22 \pm 1 % du volume total). La distribution des populations granulométriques, quant à elle, ne montre aucune variation significative dans le temps (Figure 6), outre une légère augmentation des particules de $\varnothing > 40 \mu\text{m}$ au dépend des grains de 2,0-20 μm entre les prélèvements 006 et 011 ; cette période de collecte correspond à des régimes d’Alizés soutenus.

Remarque : la détection de particules de $\varnothing > 41 \mu\text{m}$ dans les échantillons tamisés à 41 μm peut être le résultat d’un artefact lié au mode de mesure/calcul de la granulométrie laser qui assimile à une sphère des particules de formes allongées (paillettes) qui peuvent passer à travers la maille au moment du tamisage.

Pour l'ensemble des campagnes conduites à St15, parmi les 5 classes granulométriques étudiées, le mode principal demeure la classe 2,0-20 µm avec des proportions relativement stables depuis la campagne de janvier-mars 2014. Toutefois, globalement une augmentation des grains des classes 20-40 et 40-63 µm est observée au détriment de celle de 0,02-2,00 µm (Tableau 8).

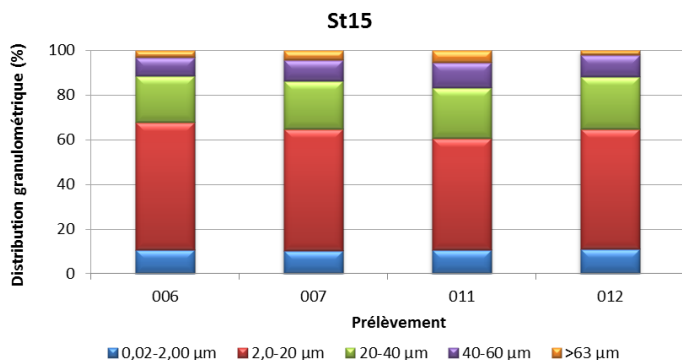


Figure 10 : Distribution granulométrique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St15.

Tableau 8 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la distribution granulométrique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.

Campagne	St15				
	Distribution granulométrique (%)				
	0,02 à 2,00 µm	2,0 à 20 µm	20 à 40 µm	40 à 63 µm	>63 µm
Janv. - Mars 2014	25 \pm 4	57 \pm 1	15 \pm 2	3 \pm 2	1 \pm 1
Sept. – Oct. 2014	14 \pm 3	56 \pm 10	18 \pm 6	8 \pm 4	4 \pm 3
Janv. - Mars 2015	24 \pm 10	55 \pm 6	11 \pm 6	5 \pm 5	4 \pm 5
Juil. - Sept. 2015	19 \pm 4	53 \pm 8	13 \pm 2	6 \pm 3	9 \pm 8
Mai - Juil. 2016	9 \pm 1	46 \pm 7	27 \pm 2	13 \pm 4	5 \pm 4
Oct. – Nov. 2016	13 \pm 2	60 \pm 5	21 \pm 3	5 \pm 3	0 \pm 1
Avr. – Mai 2017	10 \pm 2	51 \pm 5	18 \pm 2	9 \pm 2	12 \pm 3
Sept. – Nov. 2017	ND	ND	ND	ND	ND
Mars – Avr. 2018	9 \pm 1	52 \pm 2	28 \pm 1	9 \pm 1	1 \pm 1
Mai – Juil. 2018	11 \pm 0	54 \pm 4	22 \pm 1	10 \pm 2	4 \pm 1

ND : valeur non déterminée

Tableau 9 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St15.

Prélèvement	St15			
	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autres*
008	37	4	34	26
009	38	5	28	29
010	37	4	32	26
011	37	5	35	22

* : minéraux argileux, groupe des Kandites, Serpentine, Chlorite, Muscovite, Talc, alpha Quartz et Gibbsite.

Compositions minéralogiques

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées à St15 est majoritairement composée de minéraux d'origine latéritique dont notamment la Goethite ainsi que la Gibbsite et la Serpentine. Bien qu'en bien moindre

quantité, de l’Aragonite et de la Calcite, minéraux d’origine marine ont également été décelés. Comme pour les pourcentages de fraction fine, les proportions demeurent très stables ; aucune alternance entre deux influences avec les pas de collecte n’est constatée (Tableau 9).

Teneurs en carbonates

Le manque de matière dans les pas de collecte 003 et 004 n’a permis les analyses que sur les 10 autres échantillons.

Les teneurs en carbonates dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) se distribuent entre 33 % et 40 % avec une moyenne de 37 ± 2 % soulignant, de ce fait, une influence prépondérante claire et constante des apports terrigènes à cette station. Les teneurs ne montrent aucune tendance marquée en fonction du pas de prélèvement (Figure 11).

Entre les différentes campagnes conduites à St15, les teneurs moyennes montrent une variation plus importante qu’en St06-KW1. Comme pour la fraction fine, la présente campagne se singularise avec la teneur moyenne en carbonates la plus forte mesurée jusqu’ici. Cette valeur exceptionnellement élevée contraste avec celle mesurée en janvier-mars 2014 (9 ± 4 %) qui demeure la valeur la plus basse enregistrée (Tableau 7).

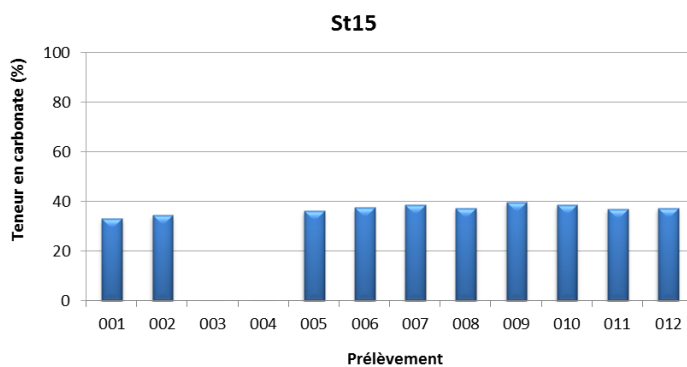


Figure 11 : Teneurs en carbonates contenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St15.

3. Canal de la Havannah (St60-NE)

Masses collectées

Les masses de MES collectées se distribuent entre 0,138 g et 4,41 g avec une moyenne de $1,67 \pm 1,27$ g. Les faibles quantités ont été collectées durant la première moitié de la période d’immersion (30 mai – 22 juin ; 001-006), tandis que les fortes quantités ont été collectées à la fin de la période d’immersion (13-16 juillet ; 012). Entre ces extrêmes, les quantités piégées ont graduellement augmenté jusqu’au 3,00 g (23 juin - 04 juillet ; 007-009) puis diminué aux environs de 2,00 g (05 au 12 juillet ; 10-11) (Figure 12).

Les MES sont composées majoritairement (58 ± 4 %) de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$). En effet, tous les prélèvements présentent une part de fraction fine élevée comprise entre 55 et 66 % sauf pour le prélèvement 002 (03-06 juin) dans lequel la fraction grossière domine la composition des particules (51 % ; Figure 13), mais la faible quantité de MES collectée rend le calcul peu précis.

Pour les différentes campagnes conduites à St60-NE, les moyennes de la masse totale collectée et le pourcentage de fraction fine obtenus pour cette campagne restent dans les valeurs usuelles (Tableau 10).

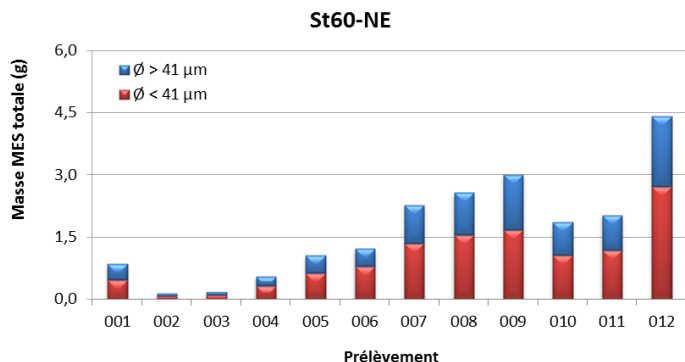


Figure 12 : Masse totale de MES piégées et composition en fraction fine ($\phi < 41 \mu m$) et fraction grossière ($\phi > 41 \mu m$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

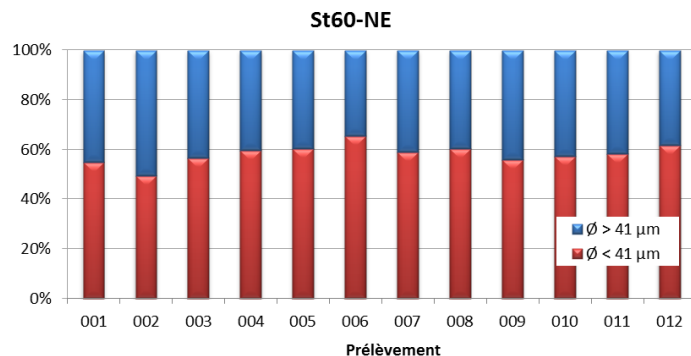


Figure 13 : Pourcentages massiques en fractions fines ($\phi < 41 \mu m$) et en fractions grossières ($\phi > 41 \mu m$) dans les 12 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

Tableau 10 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la MES totale, des pourcentages massiques en fractions fines ($\phi < 41 \mu m$) et des teneurs en carbonates dans la fraction fine lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

St60-NE							
Campagne	MES totaux (g)	% $\phi < 41 \mu m$	Carbonate (%)	Campagne	MES totaux (g)	% $\phi < 41 \mu m$	Carbonate (%)
Févr. - Mars 2007	3,95 \pm 5,02	ND	96 \pm 1	Janv. - Mars 2015	3,19 \pm 3,11	63 \pm 8	88 \pm 3
Juil. - Août 2011	ND	ND	ND	Juil. - Sept. 2015	1,98 \pm 1,84	61 \pm 6	91 \pm 6
Janv. - Mar 2012	1,92 \pm 1,77	60 \pm 18	80 \pm 3	Mai - Juil. 2016	3,42 \pm 2,03	49 \pm 6	76 \pm 9
Sept. - Oct. 2012	0,82 \pm 1,08	39 \pm 9	85 \pm 1	Oct. - Nov. 2016	2,23 \pm 3,52	28 \pm 13	91 \pm 7
Janv. - Mars 2013	2,51 \pm 2,71	49 \pm 14	77 \pm 1	Avr. - Mai 2017	3,11 \pm 2,84	61 \pm 5	91 \pm 2
Juil. - Août 2013	1,17 \pm 1,42	41 \pm 7	75 \pm 4	Sept. - Nov. 2017	1,46 \pm 1,27	59 \pm 4	86 \pm 2
Avr. - Juin 2014	1,49 \pm 1,01	74 \pm 8	83 \pm 2	Mars - Avr. 2018	3,66 \pm 3,62	62 \pm 6	77 \pm 1
Sept. - Oct. 2014	1,63 \pm 1,82	60 \pm 4	83 \pm 2	Mai - Juil. 2018	1,67 \pm 1,27	58 \pm 4	81 \pm 1

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Compositions granulométriques

La fraction fine ($\phi < 41 \mu m$) de MES collectée en St60-NE est composée de particules dont le mode se situe à la fois dans les classes 2,0-20 μm (silts fins) et 20-40 μm (silts moyens), avec une moyenne de 30 \pm 4 % et 35 \pm 1 % du volume total, respectivement. La distribution des populations granulométriques montre une évolution dans le temps pour les particules de la classe 2,0-20 μm qui augmente du prélèvement 005 au 011 au dépend de particules des classes $\phi > 40 \mu m$ tandis que les pourcentages de silts moyens (20-40 μm) restent stables (Figure 14).

Remarque : comme pour les stations St06-KW1 et St15, la détection de particules de $\phi > 41 \mu m$ dans les échantillons des fractions fines ($\phi < 41 \mu m$) peut être le fait du mode de calcul employé en granulométrie laser

et/ou encore le passage de particules de formes allongées (paillettes) à travers la maille au moment du tamisage.

Pour l'ensemble des campagnes conduites à St60-NE, il n'est pas possible de dégager, parmi les 5 classes granulométriques étudiées, une évolution temporelle particulière ; depuis la campagne de janvier-mars 2012, le mode principal des particules alterne entre les classes 2,0-20 µm et 20-40 µm. A noter que pour la campagne de septembre-octobre 2014, une très notable augmentation des grains de la classe 2,0-20 µm au détriment de celles de 20-40 µm et 40-63 µm a été mesurée. Pour cette campagne, la distribution granulométrique montre des pourcentages moyens des populations de grains grossiers ($\varnothing > 40 \mu\text{m}$) les plus hauts et de silts moyens (2,0-20 µm) les plus bas mesurés jusqu'ici (Tableau 11).

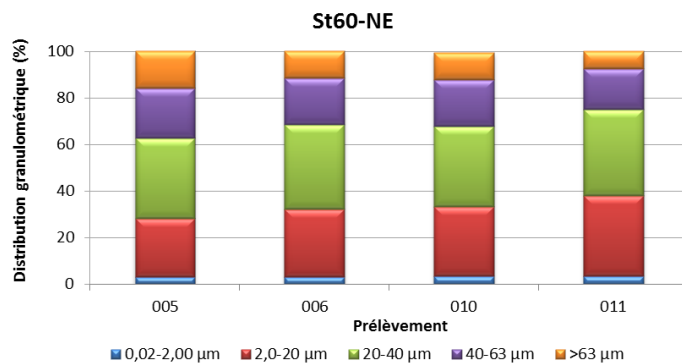


Figure 14 : Distribution granulométrique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

Tableau 11 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de la distribution granulométrique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

Campagne	St60-NE				
	Distribution granulométrique (%)				
	0,02 à 2,00 µm	2,0 à 20 µm	20 à 40 µm	40 à 63 µm	>63 µm
Janv. - Mars 2012	3 \pm 1	46 \pm 9	32 \pm 6	14 \pm 4	5 \pm 1
Sept. - Oct. 2012	2 (n=1)	40 (n=1)	23 (n=1)	17 (n=1)	18 (n=1)
Janv. - Mars 2013	5 \pm 0	36 \pm 3	33 \pm 2	16 \pm 0	10 \pm 4
Juil. - Août 2013	14 \pm 5	49 \pm 4	28 \pm 3	8 \pm 1	0 \pm 0
Avr. - Juin 2014	17 \pm 3	47 \pm 4	25 \pm 2	9 \pm 2	2 \pm 2
Sept. - Oct. 2014	5 \pm 1	72 \pm 3	17 \pm 4	4 \pm 0	1 \pm 1
Janv. - Mars 2015	12 \pm 4	44 \pm 6	26 \pm 2	11 \pm 3	7 \pm 6
Juil. - Sept. 2015	13 \pm 5	44 \pm 8	24 \pm 3	9 \pm 4	9 \pm 7
Mai - Juil. 2016	5 \pm 1	40 \pm 1	36 \pm 2	16 \pm 1	3 \pm 1
Oct. - Nov. 2016	6 \pm 2	42 \pm 12	32 \pm 4	12 \pm 3	8 \pm 15
Avr. - Mai 2017	4 \pm 1	36 \pm 8	30 \pm 3	11 \pm 7	12 \pm 12
Sept. - Nov. 2017	8 \pm 1	52 \pm 2	31 \pm 1	9 \pm 1	0 \pm 0
Mars - Avr. 2018	5 \pm 1	40 \pm 3	36 \pm 2	16 \pm 1	4 \pm 0
Mai - Juil. 2018	3 \pm 0	30 \pm 4	35 \pm 1	20 \pm 2	12 \pm 3

Compositions minéralogiques

La fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St60-NE est quasi-exclusivement composée de Calcite et notamment d'Aragonite (un des constituants des coquilles d'invertébrés), dont les proportions restent très

stables avec le pas de collecte. Malgré une présence de traces de Goethite, un minéral terrigène, ces observations soulignent les influences marines constantes et quasi exclusives régnautes, à cette station. (Tableau 12).

Tableau 12 : Composition minéralogique de la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 4 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

St60-NE				
Prélèvement	% Calcite	% Aragonite	% Goethite	% Autre
007	80	16	3	-
008	78	15	5	1
009	78	16	5	-
012	78	17	3	1

* : Talc et alpha Quartz.

Teneurs en carbonates

Le manque de matière n’a permis les analyses que sur 10 échantillons.

Les teneurs en carbonates dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées se distribuent entre 78 % et 83 %. Avec une moyenne de $81 \pm 1 \%$, les teneurs n’évoluent guère avec les pas de prélèvements (Figure 15).

Entre les différentes campagnes à St60-NE, les teneurs moyennes varient peu également. Pour cette campagne, elle est néanmoins, plus basse que celle obtenue lors de la campagne d’état de référence en 2007 ($96 \pm 1 \%$). On notera que la moyenne la plus faible obtenue depuis le début du suivi est de $75 \pm 4 \%$ (juillet-août 2013).

Ces observations soulignent que, par rapport aux deux autres stations, les apports en carbonates à St60-NE sont à la fois importants et constants et quasi exclusivement d’origine marine (Tableau 10).

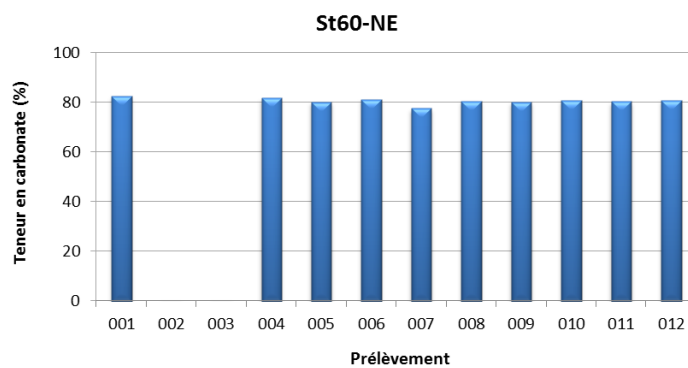


Figure 15 : Teneurs en carbonates contenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

C. COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION

Les valeurs des concentrations en métaux totaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) et en éléments majeurs (Ca et S) analysées dans les fractions fines de MES ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) collectées par les pièges séquentiels à particules sont regroupées dans l’Annexe 4.

1. Baie Kwé (St06-KW1)

Concentration en métaux et calcium

Les plus faibles et fortes concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni ont été mesurées au milieu de la période d'immersion, à savoir du 15 au 22 juin (005-006) et le 27-30 juin (008), respectivement. Le prélèvement 003 montre les valeurs parmi les plus fortes pour tous les métaux. Inversement, pour le Ca, les teneurs y sont parmi les minimales mesurées le 07-10 juin (003) ainsi que le 27-30 juin (008) ; la plus forte concentration a été mesurée le 15-22 juin (005-006).

Parmi les 3 stations étudiées, ces évolutions dans le temps sont plus marquées à la station St06-KW1, exception faite pour le Ca dont les variations sont moindres (Tableau 13).

Comme cela avait été observé lors des précédentes campagnes, la matrice de corrélation montre la similarité d'évolution des concentrations massiques pour Co, Cr, Fe, Ni et Mn avec un coefficient de corrélation de Pearson $R^2 > 0,9900$. Elle montre logiquement aussi une corrélation significative, mais négative, entre le Ca et les 5 métaux (Tableau 14).

Tableau 13 : Concentrations en métaux et calcium obtenues (moyennes, écart-types et valeurs extrêmes) dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

St06-KW1						
Eléments (mg/kg ps)	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Min	222 098	40,2	1 515	63 364	342	801
Max	267 052	63,3	2 471	99 799	548	1 300
Moyenne	249 671	51,6	2 001	81 583	448	1 056
Ecart-type	13 443	8,8	335	12 926	74	178
CV (%)	5	17	17	16	17	17

Tableau 14 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium obtenues dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

St06-KW1						
Eléments	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	1,000	-0,885	-0,854	-0,831	-0,863	-0,864
Co		1,000	0,993	0,987	0,997	0,995
Cr			1,000	0,995	0,990	0,999
Fe				1,000	0,988	0,993
Mn					1,000	0,991
Ni						1,000

Entre les différentes campagnes conduites à St06-KW1, les concentrations moyennes des éléments, et dans une moindre mesure le Ca, sont variables. Les comparaisons montrent que les concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni obtenues lors de cette campagne 2018 sont comparables aux moyennes enregistrées en 2007 pour l'état de référence. Quant à la concentration moyenne en Ca, elle est légèrement plus faible que celle mesurée en 2007. En revanche, elle est largement supérieure à celle obtenue en juillet-août 2013. Cette campagne est, à ce jour, celle qui présente les concentrations métalliques les plus élevées à St06-KW1, tandis que celle de janvier-

mars 2014 regroupe les plus basses. Les concentrations obtenues pour cette campagne représentent les deuxièmes plus faibles (Tableau 15).

Tableau 15 : Compilation des données moyennes \pm écart-types des concentrations en métaux et calcium obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St06-KW1.

Campagne	St06-KW1					
	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Mars – Avr. 2007	290 310 (n=1)	58,0 (n=1)	2 667 (n=1)	68 940 (n=1)	577 (n=1)	1 142 (n=1)
Juil. - Août 2011	256 455 \pm 19 652	82,9 \pm 10,2	2 945 \pm 287	81 853 \pm 6 980	703 \pm 75	1 460 \pm 132
Janv. - Mars 2012	239 104 \pm 5 873	101 \pm 10	3 414 \pm 302	103 323 \pm 6 769	822 \pm 77	1 885 \pm 144
Sept. - Oct. 2012	264 386 \pm 8 238	106 \pm 15	3 874 \pm 547	111 616 \pm 11 753	840 \pm 95	1 829 \pm 201
Janv. - Mars 2013	236 752 \pm 14 017	127 \pm 19	4 634 \pm 547	123 394 \pm 15 208	1 123 \pm 162	2 258 \pm 321
Juil. - Août 2013	164 585 \pm 51 369	215 \pm 77	7 111 \pm 2 797	189 733 \pm 55 033	1 688 \pm 656	3 540 \pm 1 392
Janv. - Mars 2014	308 430 \pm 13 137	46,1 \pm 18,4	1 259 \pm 257	31 190 \pm 8 848	471 \pm 210	588 \pm 195
Sept. - Oct. 2014	242 858 \pm 15 301	115 \pm 19	3 829 \pm 581	132 978 \pm 17 334	885 \pm 147	1 999 \pm 258
Janv. - Mars 2015	271 510 \pm 10 830	82,8 \pm 12,1	3 007 \pm 354	85 407 \pm 11 481	735 \pm 94	1 563 \pm 233
Oct. - Nov. 2015	165 560 \pm 11 919	108 \pm 34	4 126 \pm 1 307	101 619 \pm 24 237	940 \pm 267	1 882 \pm 421
Juil. - Sept. 2016	219 412 \pm 25 986	109 \pm 23	3 083 \pm 692	136 205 \pm 22 923	974 \pm 208	2 148 \pm 403
Oct. – Nov. 2016	260 620 \pm 20 111	86,3 \pm 18,3	3 085 \pm 557	116 993 \pm 22 213	723 \pm 149	1 770 \pm 370
Avr. – Mai 2017	270 681 \pm 14 894	80,8 \pm 12,9	2 928 \pm 429	110 875 \pm 19 017	690 \pm 102	1 716 \pm 296
Sept. – Nov. 2017	264 210 \pm 24 159	95,0 \pm 13,6	3 422 \pm 417	120 591 \pm 12 247	742 \pm 101	1 791 \pm 224
Mars – Avr. 2018	228 717 \pm 18 985	86,7 \pm 81,8	3 279 \pm 743	113 470 \pm 23 892	783 \pm 206	1 766 \pm 450
Mai – Juil. 2018	249 671 \pm 13 443	51,6 \pm 8,8	2 001 \pm 335	81 583 \pm 12 926	448 \pm 74	1056 \pm 178

Normalisation du calcium par le fer

Les valeurs du rapport Ca/Fe obtenues en St06-KW1 se distribuent entre 2,41 et 4,18 avec une moyenne de 3,16 \pm 0,69. Suivant les évolutions déjà constatées pour les éléments, le plus fort ratio a été obtenu du 15 au 22 juin (005-006) et les plus faibles le 27-30 juin (008). Ainsi, représentant l'influence des pôles marin (Ca) et terrigène (Fe), cette évolution des ratios traduit la mise en place de périodes d'empreintes terrigène et marine alternées à cette station (Tableau 16).

Entre les différentes campagnes conduites à St06-KW1, à l'exception de la campagne de janvier-mars 2014, l'évolution à la baisse des moyennes du ratio Ca/Fe permet de conclure à une influence terrigène grandissante depuis la campagne de l'état de référence en 2007 ; le rapport minimal ayant été cependant relevé lors de la campagne de juillet-août 2013. Toutefois, depuis la campagne d'octobre-novembre 2016, les ratios semblent s'être stabilisés et virent même à la hausse lors de cette campagne pour se rapprocher du taux initial établi lors de l'état de référence (Tableau 17).

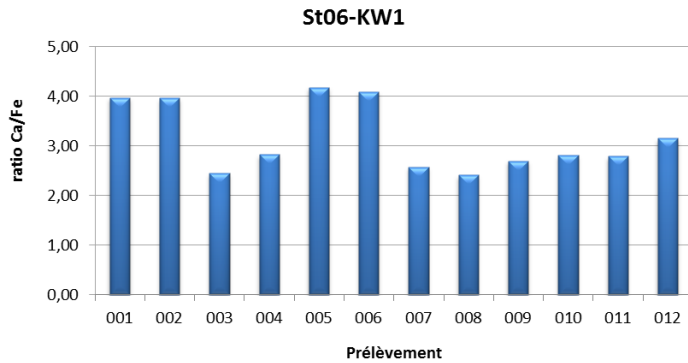


Tableau 16 : Normalisation des concentrations en calcium par le fer mesurées dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 12 prélèvements du piège séquentiel à St06-KW1.

Tableau 17 : Compilation des données moyennes \pm écart-types de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d’immersion des pièges à St06-KW1.

St06-KW1			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Mars – Avr. 2007	4,21 (n=1)	Janv. - Mars 2015	3,24 \pm 0,53
Juil. - Août 2011	3,17 \pm 0,50	Oct. - Nov. 2015	1,72 \pm 0,44
Janv. - Mars 2012	2,32 \pm 0,18	Juil. - Sept. 2016	1,68 \pm 0,48
Sept. - Oct. 2012	2,40 \pm 0,31	Oct. – Nov. 2016	2,32 \pm 0,53
Janv. - Mars 2013	1,95 \pm 0,33	Avr. – Mai 2017	2,52 \pm 0,53
Juil. - Août 2013	0,98 \pm 0,46	Sept. – Nov. 2017	2,21 \pm 0,31
Janv. - Mars 2014	10,7 \pm 3,13	Mars – Avr. 2018	2,11 \pm 0,49
Sept. - Oct. 2014	1,86 \pm 0,27	Mai – Juil. 2018	3,16 \pm 0,69

- : pas de campagne.

2. Rade Nord de Prony (St15)

Concentrations en métaux et calcium

Le manque de matière n’a permis les analyses que sur 10 échantillons.

Parmi les 3 stations étudiées, la St15 se distingue par les concentrations moyennes en Co, Cr, Fe, Mn et Ni les plus hautes, et la concentration moyenne en Ca la plus basse. En ce qui concerne l’évolution des concentrations dans le temps, elles sont peu dispersées (Tableau 18).

Bien que les concentrations évoluent peu entre les prélèvements, la matrice de corrélation confirme une similarité d’évolution des concentrations massiques pour Co, Cr et Fe ($R^2 > 0,9000$). En revanche, pour le Ni et notamment pour le Mn, le coefficient de corrélation est moins marqué, ce qui pourrait indiquer un terme source composite pour ces deux éléments (Tableau 19).

Entre les différentes campagnes conduites à St15, les concentrations moyennes sont peu homogènes, notamment celles de Ca. Les comparaisons montrent, d’une part, que les concentrations obtenues en Co, Cr, Fe, Mn et Ni, lors de cette campagne, sont en baisse importante par rapport à celles obtenues en 2007 (Etat de référence) et, d’autre part, qu’elles n’ont jamais été aussi basses. Comparées aux campagnes de janvier-mars 2014 et 2015, qui sont à ce jour celles qui présentent les concentrations métalliques les plus hautes, les valeurs de 2018 montrent une diminution bien marquée (d’ordre de 2 à 4). Quant à la concentration moyenne en Ca, elle représente la maximale enregistrée jusqu’au présent (Tableau 20).

Tableau 18 : Concentrations en métaux et calcium obtenues (moyennes, écart-types et valeurs extrêmes) dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St15.

St15						
Eléments (mg/kg ps)	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Min	117 259	115	4 087	146 471	984	2 016
Max	141 784	128	4 587	162 859	1 209	2 199
Moyenne	131 705	122	4 357	154 270	1 126	2 096
Ecart-type	7 255	4	167	5 575	72	52
CV (%)	6	4	4	4	6	2

Tableau 19 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium obtenues dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St15.

St15						
Eléments	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	1,000	0,217	-0,015	-0,262	0,739	-0,313
Co		1,000	0,925	0,795	0,413	0,394
Cr			1,000	0,906	0,069	0,633
Fe				1,000	-0,053	0,752
Mn					1,000	-0,434
Ni						1,000

Tableau 20 : Compilation des données moyennes \pm écart-types des concentrations en métaux et calcium obtenues dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.

St15						
Campagne	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Mars – Avr. 2007	61 870 (n=1)	208 (n=1)	8 500 (n=1)	205 660 (n=1)	1 949 (n=1)	2 742 (n=1)
Janv. - Mars 2014	11 118 \pm 153	295 \pm 27	13 796 \pm 1 654	245 119 \pm 15 893	2 368 \pm 547	3 927 \pm 665
Sept. – Oct. 2014	87 180 \pm 6 927	265 \pm 23	8 111 \pm 535	217 647 \pm 12 561	1 881 \pm 191	2 798 \pm 177
Janv. - Mars 2015	78 349 \pm 29 017	440 \pm 14	14 204 \pm 757	290 374 \pm 11 196	3 788 \pm 569	5 012 \pm 266
Juil. - Sept. 2015	85 568 \pm 10 844	228 \pm 18	8 016 \pm 728	177 466 \pm 13 141	2 148 \pm 207	2 751 \pm 248
Mai - Juil. 2016	60 636 \pm 34 192	195 \pm 37	5 682 \pm 1 080	170 877 \pm 75 892	1 981 \pm 303	3 101 \pm 569
Oct. – Nov. 2016	91 451 \pm 16 898	178 \pm 33	6 057 \pm 1 016	198 270 \pm 35 176	1 861 \pm 511	2 339 \pm 383
Avr.- Mai 2017	101 352 \pm 17 811	184 \pm 21	8 150 \pm 859	231 480 \pm 23 743	1 246 \pm 174	2 501 \pm 281
Sept. – Nov. 2017	76 373 \pm 7 445	221 \pm 4	7 797 \pm 163	192 953 \pm 51 953	1 687 \pm 85	2 614 \pm 61
Mars – Avr. 2018	62 558 \pm 11 186	206 \pm 14	8 004 \pm 556	225 530 \pm 12 942	1 999 \pm 186	2 599 \pm 130
Mai – Juil. 2018	131 705 \pm 7 255	122 \pm 4	4 357 \pm 167	154 270 \pm 5 575	1 126 \pm 72	2096 \pm 52

Normalisation du calcium par le fer

Les valeurs du rapport Ca/Fe obtenues en St15, peu variables, se distribuent entre 0,740 et 0,907 avec une moyenne de $0,855 \pm 0,061$; les minimales correspondant aux prélèvements 001 et 002 (30 mai-06 juin) et les maximales aux pas de collecte qui ont suivi (Figure 16).

Entre les différentes campagnes conduites à St15, les ratios faibles calculés confirment que l'influence terrigène est amplement dominante et relativement constante; le ratio minimal, c'est-à-dire l'influence terrigène maximale, ayant été relevé lors de la campagne de janvier-mars 2014. On notera que la présente campagne 2018 se singularise par le ratio maximal (Tableau 21), donc l'influence terrigène minimale depuis 2007.

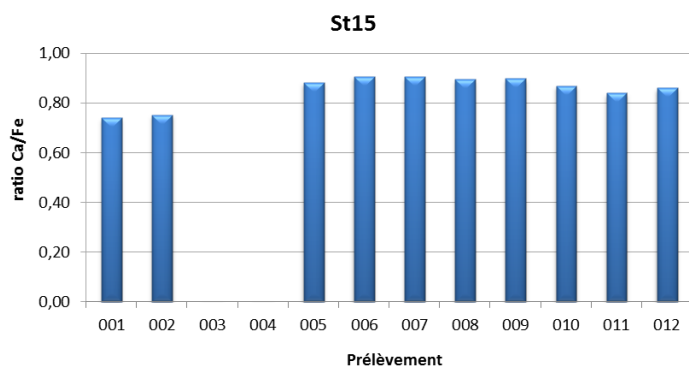


Figure 16 : Normalisation des concentrations en calcium par le fer mesurées dans la fraction fine (Ø < 41 µm) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St15.

Tableau 21 : Compilation des données moyennes ± écart-types de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à particules à St15.

St15			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Mars - Avr. 2007	0,301 (n=1)	Oct. – Nov. 2016	0,464 ± 0,052
Janv. - Mars 2014	0,050 ± 0,081	Avr. – Mai 2017	0,448 ± 0,115
Sept. – Oct. 2014	0,401 ± 0,023	Sept. – Nov. 2017	0,418 ± 0,107
Janv. - Mars 2015	0,273 ± 0,106	Mars – Avr. 2018	0,280 ± 0,064
Juil. - Sept. 2015	0,481 ± 0,041	Mai – Juil. 2018	0,855 ± 0,061
Mai - Juil. 2016	0,459 ± 0,323	-	-

3. Canal de la Havannah (St60-NE)

Concentrations en métaux et calcium

Le manque de matière n'a permis les analyses que sur 10 échantillons.

Parmi les 3 stations étudiées, la St60-NE présente les concentrations en métaux les plus faibles et en Ca, la plus forte (Tableau 22). Ces concentrations varient peu, notamment celle du Ca. Les plus fortes quantités en Co, Cr, Fe, et Ni ont été mesurées dans les particules piégées du 11-14 juin (004), tandis que les faibles s'observent sur le reste des pas de prélèvement. En revanche, pour Mn, elles ont été mesurées le 19-22 juin (006) et le 30 mai-02 juin (001), respectivement.

Bien qu'un peu moins robuste en raison du nombre d'échantillons plus réduit, la matrice de corrélation montre, toutefois, une similarité certaine dans l'évolution des concentrations massiques de Ni vis-à-vis de Co, Cr et Fe ($R^2 > 0,8400$). Cette tendance est également marquée pour le Cr vis-à-vis de Co et Fe ($R^2 > 0,8150$). Inversement, aucun type de corrélation n'est constaté pour le Ca, ni pour le Mn (Tableau 23).

Tableau 22 : Concentrations en métaux et calcium obtenues (moyennes, écart-types et valeurs extrêmes) dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

St60-NE						
Eléments (mg/kg ps)	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Min	291 059	13,9	462	18 432	136	244
Max	310 881	16,7	553	22 231	172	294
Moyenne	302 748	15,7	497	19 765	149	264
Ecart-type	5 187	0,8	30	1 210	11	16
CV (%)	2	5	6	6	7	6

Tableau 23 : Matrice de corrélation inter-éléments des concentrations de métaux et du calcium obtenues dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

St60-NE						
Eléments	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Ca	1,000	-0,294	-0,107	0,065	0,180	-0,080
Co		1,000	0,815	0,703	0,582	0,850
Cr			1,000	0,974	0,386	0,985
Fe				1,000	0,396	0,954
Mn					1,000	0,441
Ni						1,000

Tableau 24 : Compilation des données moyennes \pm écart-types des concentrations en métaux et calcium obtenues dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges à St60-NE.

Campagne	St60-NE					
	Eléments (mg/kg ps)					
	Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
Févr. - Mars 2007	340 410 (n=1)	11,0 (n=1)	332 (n=1)	9 910 (n=1)	109 (n=1)	136 (n=1)
Juil. - Août 2011	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Janv. - Mar 2012	293 760 \pm 16 723	25,6 \pm 6,6	662 \pm 72	20 959 \pm 2 895	254 \pm 123	423 \pm 78
Sept. - Oct. 2012	345 918 \pm 19 677	29,0 \pm 5,0	566 \pm 23	18 347 \pm 1 641	189 \pm 49	345 \pm 68
Janv. - Mars 2013	306 914 \pm 5 219	21,3 \pm 2,6	834 \pm 58	26 131 \pm 2 022	262 \pm 25	478 \pm 39
Juil. - Août 2013	280 315 \pm 16 630	35,5 \pm 10,5	921 \pm 179	32 693 \pm 6 925	358 \pm 93	558 \pm 106
Avr. - Juin 2014	302 211 \pm 9 477	19,6 \pm 2,3	569 \pm 41	17 740 \pm 1 958	195 \pm 32	322 \pm 36
Sept. - Oct. 2014	313 173 \pm 7 856	24,8 \pm 3,8	725 \pm 101	25 695 \pm 4 668	204 \pm 30	386 \pm 64
Janv. - Mars 2015	325 637 \pm 9 166	31,6 \pm 6,5	848 \pm 174	28 754 \pm 5 415	329 \pm 61	506 \pm 95
Juil. - Sept. 2015	347 224 \pm 3 5214	25,6 \pm 3,8	702 \pm 63	22 628 \pm 2 287	298 \pm 38	416 \pm 41
Mai - Juil. 2016	279 965 \pm 3 4471	25,9 \pm 5,2	439 \pm 51	22 735 \pm 2 589	251 \pm 35	365 \pm 52
Oct. - Nov. 2016	342 228 \pm 27 452	17,1 \pm 1,5	461 \pm 33	17 288 \pm 1 125	143 \pm 16,3	252 \pm 17,2
Avr. - Mai 2017	349 128 \pm 7 429	33,2 \pm 5,87	643 \pm 58,9	19 309 \pm 2 487	302 \pm 76,9	397 \pm 32,1
Sept. - Nov. 2017	322 239 \pm 9 420	23,8 \pm 3,4	589 \pm 44	22 557 \pm 1 566	361 \pm 269	335 \pm 29
Mars - Avr. 2018	287 342 \pm 4 920	23,3 \pm 0,9	621 \pm 29	24 993 \pm 1 291	219 \pm 42	365 \pm 25
Mai - Juil. 2018	302 748 \pm 5 187	15,7 \pm 0,8	497 \pm 30	19 765 \pm 1 210	149 \pm 11	264 \pm 16

ND : valeur non déterminée.

Entre les différentes campagnes conduites à St60-NE, les concentrations moyennes des éléments varient peu, plus particulièrement pour le Ca. Les comparaisons montrent tout de même que les concentrations moyennes en Fe et Ni, voire Cr obtenues lors de cette campagne 2018, sont supérieures à celles enregistrées en 2007 pour l'état de référence, tandis que les concentrations d'autres métaux restent comparables. En revanche, elles sont en baisse par rapport à celles mesurées lors des campagnes précédentes et plus particulièrement à celle de juillet-août 2013, campagne qui est à ce jour celle qui présente les concentrations métalliques les plus hautes à St60-NE. Réciproquement, elles se rapprochent celles de janvier-mars 2014 et octobre-novembre 2016, campagnes qui regroupent les concentrations moyennes parmi les plus basses relevées (Tableau 24).

Normalisation du calcium par le fer

Les valeurs du rapport Ca/Fe obtenues en St60-NE se distribuent entre 13,8 et 16,5 avec une moyenne de 15,4 ± 0,9 ; la plus basse valeur ayant été obtenue lors des prélèvements du 11-14 juin (004) après laquelle le ratio augmente progressivement jusqu'au maximum enregistré lors du dernier pas de collecte (13-16 juillet ; 012). Ces ratios élevés confirment que l'influence marine est largement dominante corroborant ainsi les résultats de teneurs en carbonates (Figure 17).

Entre les différentes campagnes conduites à St60-NE, l'évolution du ratio Ca/Fe moyen permet de constater que l'influence de la signature terrigène a augmenté à cette station depuis la campagne de l'état de référence en 2007 ; le ratio minimal (8,99 ± 2,26) ayant été relevé lors de la campagne de juillet-août 2013. Depuis, les ratios moyens oscillent entre 10,0 et 20,0 (Tableau 26).

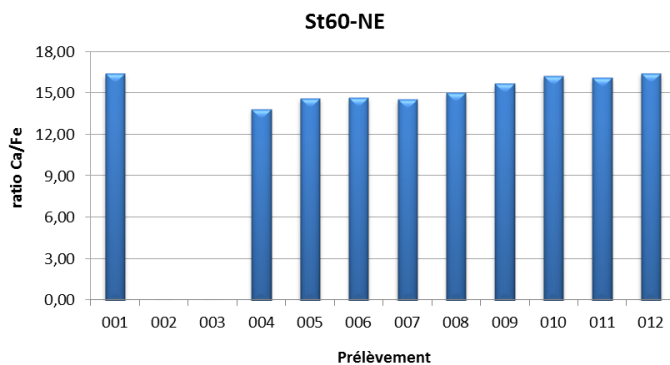


Figure 17 : Normalisation des concentrations en calcium par le fer mesurées dans la fraction fine (Ø < 41 µm) des 10 prélèvements du piège séquentiel à St60-NE.

Tableau 25 : Compilation des données moyennes ± écart-types de normalisation du calcium par le fer obtenues dans les fractions fines (Ø < 41 µm) de MES collectées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à particules à St60-NE.

St60-NE			
Campagne	Ca/Fe	Campagne	Ca/Fe
Févr. - Mars 2007	34,4 (n=1)	Janv. - Mars 2015	11,7 ± 2,2
Juil. - Août 2011	ND	Juil. - Sept. 2015	15,4 ± 1,5
Janv. - Mar 2012	14,3 ± 2,4	Mai - Juil. 2016	12,5 ± 2,4
Sept. - Oct. 2012	19,0 ± 2,7	Oct. - Nov. 2016	19,8 ± 1,2
Janv. - Mars 2013	11,8 ± 1,0	Avr. - Mai 2017	18,4 ± 2,4
Juil. - Août 2013	8,99 ± 2,26	Sept. - Nov. 2017	14,4 ± 1,1
Avr. - Juin 2014	17,2 ± 1,8	Mars - Avr. 2018	11,5 ± 0,6
Sept. - Oct. 2014	12,5 ± 1,8	Mai - Juil. 2018	15,4 ± 0,9

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Concentrations en soufre

Les concentrations en S dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des MES collectées en St60-NE se distribuent entre 2070 mg/kg ps et 2459 mg/kg ps avec une moyenne de 2236 ± 113 mg/kg ps. La plus faible et la plus forte concentration ont été mesurées, respectivement, le 19-22 juin (006) et 13-16 juillet (012) (Figure 18).

Il est à noter qu’aucune relation significative n’est constatée entre le S et le Ca ($R^2 = 0,2732$) ; les apports en carbonates naturels du milieu semblent gouverner ce rapport et ne permet pas de suivre l’évolution des concentrations du gypse (CaSO_4) évacué par le diffuseur dans le milieu.

Entre les différentes campagnes conduites à St60-NE, les concentrations moyennes en S montrent peu de variations. Depuis la campagne d’état de référence en 2007, les concentrations moyennes sont du même ordre de grandeur voire inférieure, comme cela est le cas pour cette campagne. L’exception est toutefois faite pour la campagne de avril-juin 2014 qui, à ce jour, a présenté les concentrations en S les plus variables à St60-NE. (Tableau 26).

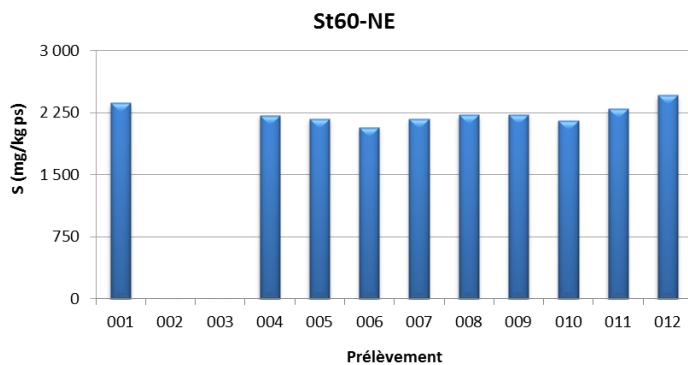


Figure 18 : Concentrations en soufre mesurées dans la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) des 10 prélèvements de MES collectés par le piège séquentiel à particules à St60-NE.

Tableau 26 : Compilation des moyennes \pm écart-types des concentrations en soufre obtenues dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d’immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

St60-NE			
Campagne	S (mg/kg ps)	Campagne	S (mg/kg ps)
Févr. - Mars 2007	ND	Janv. - Mars 2015	$2\ 887 \pm 74$
Juil. - Août 2011	ND	Juil. – Sept. 2015	$2\ 776 \pm 168$
Janv. - Mars 2012	$2\ 903 \pm 183$	Mai - Juil. 2016	$2\ 746 \pm 83$
Sept. - Oct. 2012	$3\ 001 \pm 131$	Oct. – Nov. 2016	$2\ 639 \pm 503$
Janv. - Mars 2013	$3\ 113 \pm 284$	Avr. – Mai 2017	$2\ 808 \pm 118$
Juil. - Août 2013	$2\ 656 \pm 556$	Sept. – Nov. 2017	$2\ 816 \pm 238$
Avr. - Juin 2014	$3\ 812 \pm 834$	Mars – Avr. 2018	$3\ 325 \pm 357$
Sept. - Oct. 2014	$2\ 805 \pm 161$	Mai – Juil. 2018	$2\ 236 \pm 113$

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

IV. INTERPRETATION

A. INFLUENCE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES

Les quantités de MES collectées et les concentrations en éléments sont indirectement influencées par les taux de précipitations (phénomène d'érosion des bassins versants) et/ou l'action mécanique induite par les conditions météorologiques telles que la direction et la force des vents (phénomène de remise en suspension et dispersion ou confinement du panache). Selon les stations suivies, les Figure 19, Figure 20 et Figure 21 apportent une vue d'ensemble afin de tenter d'explicitier les différents épisodes et les observations marquantes en rapport avec les conditions hydro-climatiques.

Rappel : En temps normal, les données de mesure de force et direction de vents provenant de la station météorologique IORO, située au milieu du Canal de la Havannah, sont exploitées pour l'interprétation des résultats. Toutefois, pour cette campagne, les données collectées à cette station étant visiblement erronées, elles ont été écartées et substituées par celles enregistrées par la station météorologique de GORO (usine). Cette dernière située à l'intérieur des terres de la Baie du Prony n'est toutefois pas la mieux placée pour indiquer avec précision les conditions hydro-climatiques agissant aux stations ST06-KW1 et ST60-NE ; les précédentes campagnes ont montré des écarts notables, mais constants, entre ces deux stations météorologiques dues aux effets de relief. Il est également à noter que pour cette campagne les données de mesure de force et direction de vents du 20-22 juin sont incomplètes.

1. Baie Kwé (St06-KW1)

L'immersion du piège à particules séquentiel à St06-KW1 du 30 mai au 16 juillet avec un pas de temps de 96 h a permis de révéler les observations suivantes (Figure 19) :

- Du 30 mai-02 juin (001) au 11-14 juin (004) – les 30 mai-02 juin (001) et 03-06 juin (002), les quantités de MES piégées et les concentrations de Ni sont parmi les plus faibles et augmentent subitement le 07-10 juin (003) à des niveaux maximaux, puis, elles diminuent aussitôt à partir du 11-14 juin (004). Quant aux ratios Ca/Fe, ils évoluent de manière opposée ; la valeur la plus forte est mesurée dès les premiers pas de collecte 001 et 002 et baisse au niveau le plus faible dans le prélèvement 003, puis n'augmente que légèrement dans le prélèvement 004. Ces prélèvements correspondent à une période de régime des vents instable alternant entre les alizés et le S-OSO avec un cumul de précipitations nul à faible (0 à 10,7 mm pour le prélèvement 003). On constate notamment, un accroissement des vitesses des alizés ($14,4 \pm 3,2$ m/s) les 07-09 juin (003), suivi par l'installation des régimes modérés (5,6 à 9,8 m/s) dans le secteur S-SO les 10-13 juin (003 et 004) ce qui semble avoir influencé les flux des particules terrigènes dans ces deux collectes.
- Du 15-18 juin (005) au 13-16 juillet (012) – les 15-18 juin (005) et 19-22 juin (006), les quantités de MES piégées et les concentrations de Ni continuent à diminuer. Ensuite, elles évoluent à la hausse pour rester plus ou moins constantes jusqu'à la fin de la période de l'immersion (007 à 012). Les ratios Ca/Fe suivent les évolutions miroir, c'est-à-dire de façon inversée. Lors des prélèvements 005 et 006, les vents ont brusquement basculé dans le secteur N et s'intensifient (17,8 m/s ; 006) ; ces périodes sont accompagnées par une augmentation des flux carbonatés. Par la suite, les Alizés s'installent durablement et s'intensifient aussitôt (007-011) ; ils ne tombent pratiquement pas en dessous de 10,0 m/s. La mise en place d'Alizés inverse la tendance en faveur des apports terrigènes mais leur vitesse

ne semble qu'avoir vaguement perturbé les flux de particules puisque les concentrations de Ni demeurent stables jusqu'au prélèvement 012.

Pour cette campagne, marquée par une relative sécheresse et quelques épisodes venteux, peu de lien est mis en évidence entre le flux des particules et les facteurs météorologiques. Cependant, à la lumière des observations recueillies lors des études antérieures effectuées avec les données météorologiques de la station IORO, et en raison de la localisation de la station St06-KW1 (fond de chenal formé entre des récifs enserrant la Baie Kwé et ouvert vers le sud), les différents flux de particules s'organisent comme suit :

- **Origine terrigène** : elle est souvent influencée par l'effet combiné de la direction du vent et sa vitesse, et accessoirement par les précipitations. Comme cela a précédemment été démontré, les vents de secteur S-SO d'intensité modérée ont pour effet de remobiliser des particules terrigènes sédimentées (prélèvements 003 et 004) ou favoriser l'expansion d'un panache turbide sortant de la rivière Kwé qui serait alors confiné en fond de baie. Ainsi, d'après plusieurs observations recueillies lors des campagnes antérieures marquées par une forte pluviométrie, le transport des particules liées aux précipitations jusqu'à la St06-KW1 dépend étroitement des régimes des vents. *A contrario*, les vents des secteurs E, N et O ne favorisent pas la formation d'un clapot pour engendrer des remises en suspension.
- **Origine marine** : elle est favorisée par temps sec et par des vents, principalement d'un large secteur S (et notamment de SO) et d'intensité moyenne, qui contribuent au déplacement des masses d'eaux océaniques enrichies en particules carbonatées et en tests de micro-organismes marins, comme les foraminifères. Par ailleurs, les vents de secteur S sont également capables de mettre en suspension les particules grossières par la houle créée, conséquence de l'altération mécanique du platier corallien qui délimite la Baie Kwe et le Canal de la Havannah. Les vents du secteur N, quant à eux, même forts ne contribueraient pas au déplacement des masses d'eaux enrichies en particules carbonatées à la St06-KW1. En effet, l'accroissement du ratio Ca/Fe lors des prélèvements 005 et 006 serait davantage à relier à la baisse significativement des apports terrigènes ; cette observation repose sur les augmentations des concentrations faibles des métaux latéritiques enregistrées lors de ce prélèvement.

Note : Pour mieux caractériser l'effet des précipitations sur les flux verticaux des particules, les apports du creek devraient être inclus dans ces études. En effet, d'après [Drouzy \(2016\)](#), le débit d'eau douce dans la Baie Kwé est un des facteurs les plus influents sur le mélange vertical du panache. L'intensité du débit régit à la fois la distance et la rapidité de dispersion dans l'espace (par poussée mécanique de l'eau) et le mélange de deux masses d'eaux de densités différentes (l'eau salée étant plus dense que l'eau dessalée).

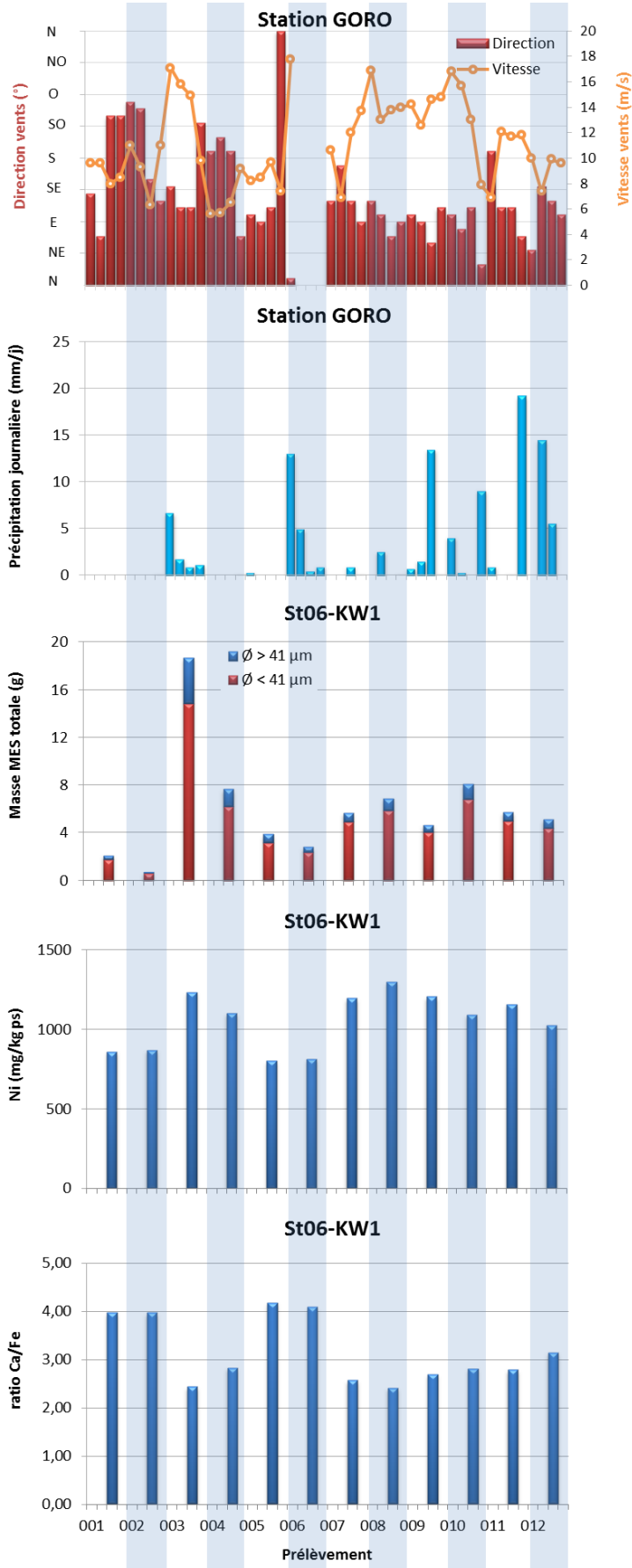


Figure 19 : Diagramme combiné de la direction et la vitesse moyennes journalières des vents, du cumul journalier des précipitations, des masses totales de MES piégées, de la composition en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fractions grossières ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) ainsi que des concentrations en nickel et des ratios Ca/Fe mesurés dans les fractions fines piégées à St06-KW1.

2. Rade Nord de Prony (St15)

L'immersion du piège à particules séquentiel à St15 du 30 mai au 16 juillet avec un pas de temps de 96 h a permis de révéler les observations suivantes (Figure 20) :

- Du 30 mai-02 juin (001) au 15-18 juin (005) – les quantités de MES piégées sont infinitésimales, notamment pour les prélèvements du 07 au 14 juin (003 et 004), qui contiennent peu de matière, les analyses élémentaires n'ont pas pu être effectuées. Concernant les concentrations de Ni, elles évoluent peu tandis que les ratios Ca/Fe, évoluent de manière légèrement plus contrastée et de manière inverse ; les ratios minimaux recueillis dans les prélèvements 001 et 002 augmentent dans le prélèvement 005. Ces prélèvements correspondent à une période relativement sèche avec un cumul de précipitation nul à faible (0 à 10,7 mm pour le prélèvement 003). En revanche, il est associé à une période de régime des vents instables alternant entre les Alizés et le S-OSO (001-004) avec une intensification des Alizés ($14,4 \pm 3,2$ m/s) du 07-09 juin (003), virant au N le 18 juin (005). Toutefois, cette instabilité ne semble que peu influencer les flux des particules terrigènes ; les évolutions des ratios Ca/Fe seraient davantage à relier avec les variations des concentrations en Ca ($R^2 = 0,8732$).
- Du 19-22 juin (006) au 13-16 juillet (012) – à partir du 19-22 juin (006), des épisodes pluvieux de faible intensité (cumul de 1,2 à 20,4 mm selon le pas de collecte) se généralisent, et sont suivis par une installation pérenne des Alizés mais de force modérée à forte (6,9 à 16,9 m/s ; 007-011). L'impact sur la quantité de MES piégées est ressentie aussitôt avec une hausse significative jusqu'à la fin de la période d'immersion. Cette augmentation n'a pourtant pas eu de conséquence sur les concentrations de Ni et sur les ratios Ca/Fe ; ils demeurent invariants.

Pour cette campagne, marquée par une relative sécheresse et quelques épisodes venteux, aucune corrélation directe n'a pu être mise en évidence entre le flux des particules et les facteurs météorologiques. Cependant, à la lumière des observations recueillies lors des études antérieures et en raison de sa localisation (station située au droit de l'embouchure du Creek de la Rade Nord et en contrebas d'un talus formé d'une couche de sédiment fluide non consolidée), les différents flux de particules peuvent être décrits comme suit :

- **Origine terrigène** : il est influencé par l'effet combiné de la pluviométrie et la direction du vent et sa vitesse. En raison de sa dimension réduite, la baie du Creek de la Rade Nord reçoit les particules latéritiques entraînées par les précipitations *via* le creek qui y débouche. Le transport de ces particules à l'emplacement du piège est cependant relativement dépendant de l'action des régimes de vents ; d'après les résultats des précédentes campagnes, ceux du secteur SE plaqueraient le panache le long de la ligne de côte nord de la baie. Les forts vents d'un large secteur S (de SO à SE) peuvent remettre en suspension les particules légères déposées par faible profondeur (3 m) sur le haut du talus. Les vents de composante O, quant à eux, peuvent remobiliser plus en profondeur les particules plus riches en Ni déposées sur le talus, mais apportent également des débris carbonatés du large. Caractérisé par la stabilité des concentrations de Ni sur l'ensemble des pas de collecte, le flux de matière terrigène demeure constant pour cette campagne ; la latence de sédimentation des particules fines et/ou la lente dynamique de renouvellement des masses d'eau dans la Rade Nord expliqueraient ce constat.
- **Origine marine** : en général, cette influence est peu marquée à cette station. En effet, les valeurs de ratios Ca/Fe obtenues sont faibles. La contribution marine, bien que peu évolutive, est principalement engendrée par les vents de secteur N mais également par les vents d'O faibles à modérés qui apportent des tests carbonatés du large en présence de faible pluviométrie.

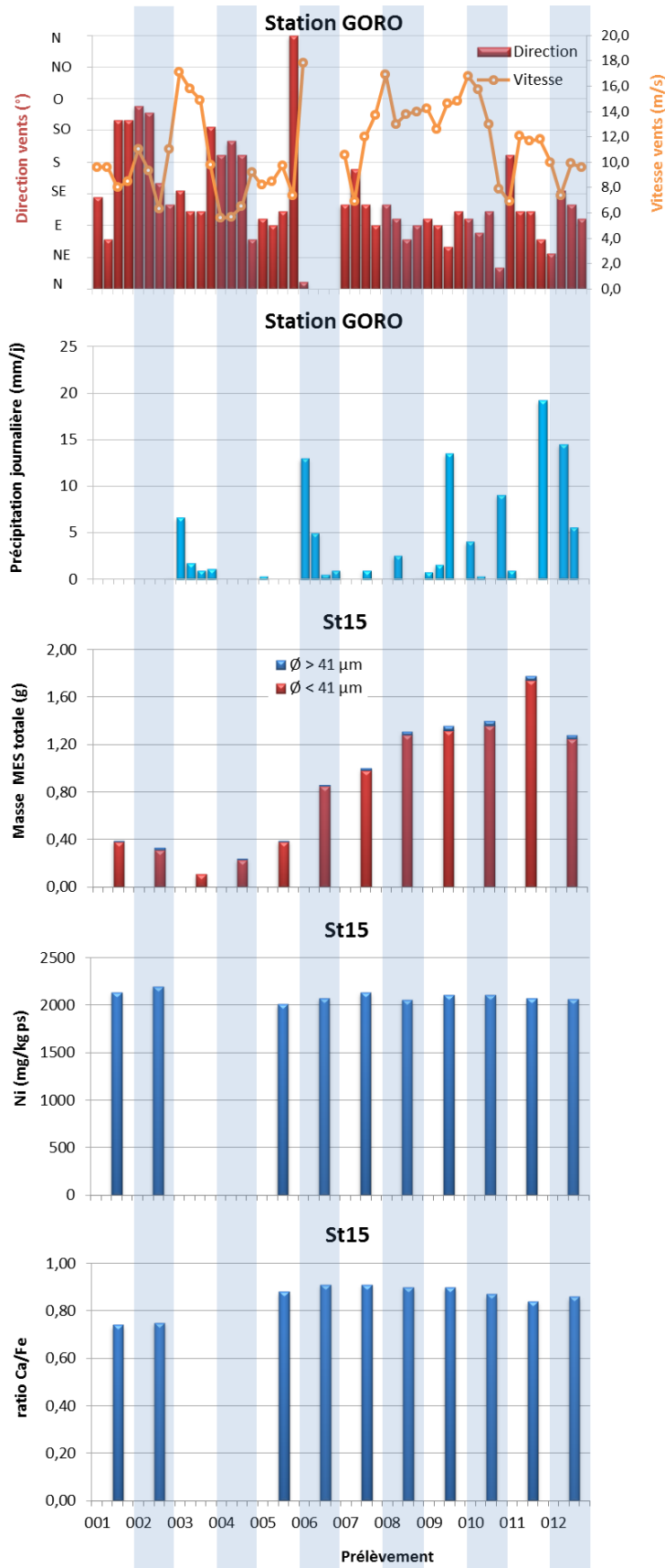


Figure 20 : Diagramme combiné de la direction et la vitesse moyennes journalières des vents, du cumul journalier des précipitations, des masses totales de MES piégées, de la composition en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fractions grossières ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) ainsi que des concentrations en nickel et des ratios Ca/Fe mesurés dans les fractions fines piégées à St15.

3. Canal de la Havannah (St60-NE)

L'immersion du piège séquentiel à particules à St60-NE du 30 mai au 16 juillet, avec un pas de temps de 96 h a permis de révéler les observations suivantes (Figure 21) :

- Du 30 mai-02 juin (001) au 07-10 juin (003) – en dépit des régimes de vents variables, les quantités de MES piégées le 04-10 juin (002 et 003) s'affaiblissent par rapport à celle piégée le 30 mai-02 juin (001). Contenant peu de matière, les analyses élémentaires n'ont pas pu être effectuées sur les prélèvements 002 et 003.
- Du 11-14 juin (004) au 13-16 juillet (012) – du 11 juin au 04 juillet (004-009), les quantités de MES piégées augmentent progressivement puis diminuent du 05-12 juillet (010-011), pour finalement atteindre la valeur maximale le 13-16 juillet (012). Comparativement, les évolutions observées pour les concentrations de Ni et des ratios de Ca/Fe sont bien modiques et uniformes avec une baisse suivie d'une hausse constante, respectivement, du prélèvement 004 au 012. Ainsi, les importantes fluctuations observées pour la quantité de MES lors de ces prélèvements devraient être la conséquence de phénomènes distincts. Les analyses ne permettent pas non plus de distinguer clairement les corrélations entre les fluctuations dans les régimes de vents (direction et vitesse) et les valeurs de Ca/Fe et Ni, hormis le fait que les Alizés pourraient favoriser les apports carbonatés à cette station.

Peu, voire aucune corrélation entre le flux des particules et les facteurs météorologiques se dégage ; les flux et la sédimentation des particules à cette station pouvant être régis par d'autres mécanismes tels que les courants de marées. En raison de sa localisation (station située dans le Canal de la Havannah, à 60 m au nord-est de l'émissaire) il est probable que le flux de particules :

- **d'origine terrigène** ne serait pas directement influencé par les précipitations ou de manière peu significative. En effet, en raison de son éloignement à la côte et de l'intense hydrodynamisme régnant dans le Canal, il est peu probable que les particules latéritiques arrachées aux bassins versants de l'extrême sud calédonien par les précipitations puissent être transportées jusqu'à la station St60-NE, sauf cas exceptionnel combinant une très intense pluviométrie et le régime des vents favorables au transport des particules vers le large.
- **d'origine marine** semble, d'après les ratios Ca/Fe obtenus, être favorisé par les vents du secteur E à SE qui balayent le complexe système récifal et favorisent la circulation des eaux enrichies en tests de micro-organismes.

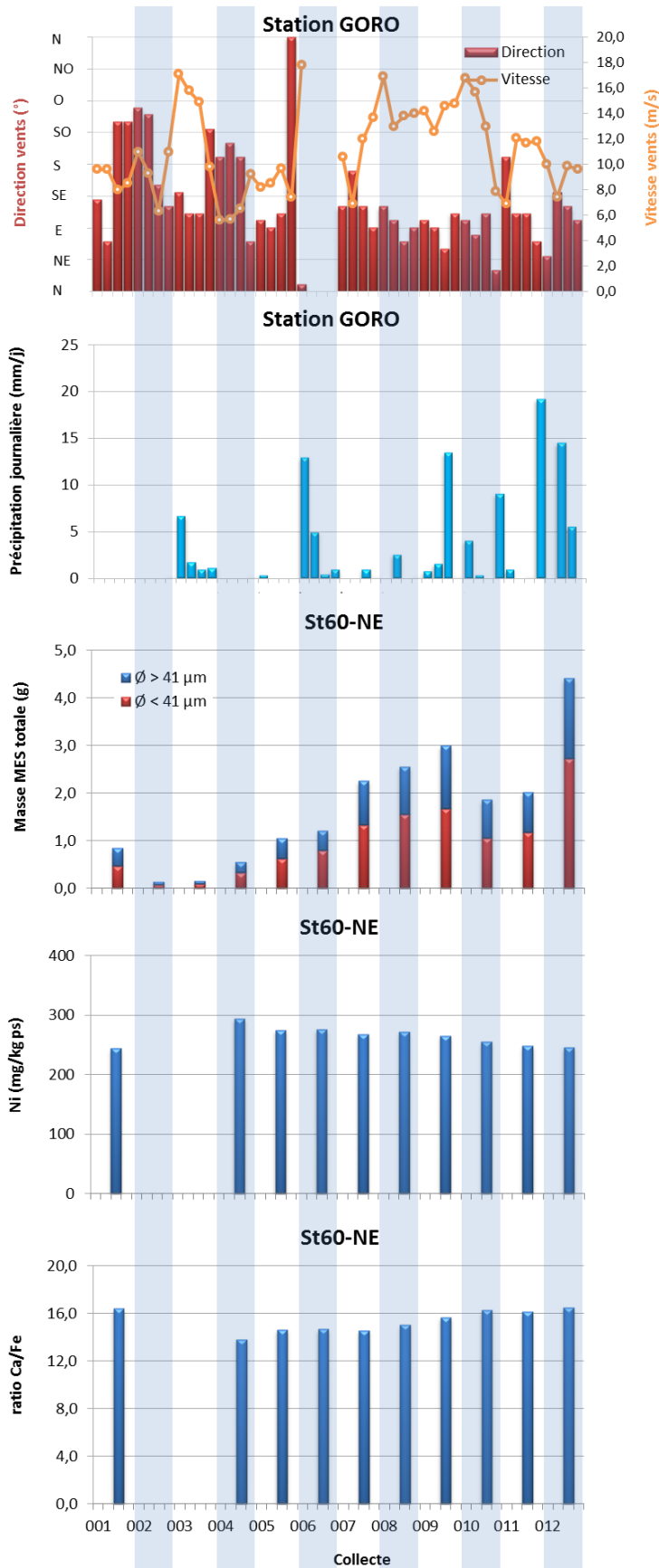


Figure 21 : Diagramme combiné de la direction et la vitesse moyennes journalières des vents, du cumul journalier des précipitations, des masses totales de MES piégées, de la composition en fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) et fractions grossières ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$) ainsi que des concentrations en nickel et des ratios Ca/Fe mesurés dans les fractions fines piégées à St60-NE.

B. CALCUL DES FLUX DES MATIERES

Les valeurs de densité de flux verticaux des MES et des flux métalliques sont regroupées dans l'Annexe 5.

1. Baie Kwé (St06-KW1)

Flux de matière en suspension

La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de $30,1 \pm 22,8$ g/m²/j, valeur qui est supérieure à celle enregistrée en 2006 pour l'état de référence. Entre les différentes campagnes, les densités moyennes de flux peuvent varier fortement sans montrer une tendance particulière ; la maximale étant mesurée lors de la campagne de mars-avril 2018 (Tableau 27). Durant cette campagne, un vent d'intensité supérieure à la normale ($13,6 \pm 3,3$ m/s) a été enregistré, ce qui est à mettre en lien avec cette forte densité de flux. En effet, du fait de l'emplacement de la station St06-KW1, le flux des MES mesuré est directement dépendant de l'effet combiné de la direction du vent, sa vitesse et accessoirement des précipitations. Ceci est particulièrement mis en évidence par la campagne de janvier-mars 2014 où les 920,2 mm de pluie n'ont pas conduit à piéger une quantité supérieure à celle de la campagne de mars-avril 2018 dont la pluviométrie a été plus faible (631,3 mm). Pour la campagne de 2014, des vents beaucoup plus faibles ($9,3 \pm 4,0$ m/s) n'auraient pas favorisé, d'une part, l'expansion du panache turbide jusqu'à l'emplacement du piège, et d'autre part, la formation d'un clapot suffisant pour engendrer des remises en suspension des particules, d'où la valeur inférieure.

Tableau 27 : Compilation des moyennes \pm écart-types des flux en matière particulaire totale et des cumuls de masses de MES totales piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-KW1.

St06-KW1					
Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégées (g/m ²)	Campagne	Densités de flux de MES (g/m ² /j)	Cumul de masse de MES piégées (g/m ²)
Oct. - Nov. 2006	14,6 \pm 7,4	350	Janv. - Mars 2015	66,3 \pm 36,1	3 181
Mars - Avr. 2007	46,1 \pm 44,7	1 106	Oct. - Nov. 2015	38,8 \pm 30,5	1 864
Juil. - Août 2011	27,1 \pm 30,0	1 299	Juil. - Sept. 2016	28,7 \pm 22,9	1 379
Janv. - Mars 2012	39,5 \pm 33,2	1 894	Oct. - Nov. 2016	18,5 \pm 13,9	886
Sept. - Oct. 2012	26,4 \pm 13,1	1 267	Avr. - Mai 2017	45,3 \pm 40,3	2 173
Janv. - Févr. 2013	46,5 \pm 28,5	2 231	Sept. - Nov. 2017	20,4 \pm 23,0	979
Juil. - Août 2013	58,1 \pm 87,8	2 786	Mars - Avr. 2018	97,7 \pm 136,6	4 690
Janv. - Mars 2014	60,7 \pm 34,1	2 914	Mai - Juil. 2018	30,1 \pm 22,8	1 443
Sept - Oct. 2014	11,8 \pm 8,41	569	-	-	-

Eléments métalliques

Illustré par le cas du Ni, les flux métalliques moyens lors de cette campagne sont de $34,0 \pm 29,3$ mg ps/m²/j. D'une campagne à l'autre, les valeurs moyennes varient fortement, le flux maximum a été calculé pour juillet-août 2013 (282 ± 626 mg ps/m²/j). Ensuite, les flux en Ni diminuent fortement et ne dépassent pas le seuil de 102 mg ps/m²/j jusqu'à la campagne de mars-avril 2018 (Figure 22). Pour ces campagnes, on notera que les précipitations relevées ont été de 467,0 mm contre 631,3 m, respectivement. En dépit d'une plus haute pluviométrie, le flux métallique moyen pour cette dernière campagne demeure comparable à celui de juillet-août 2013.

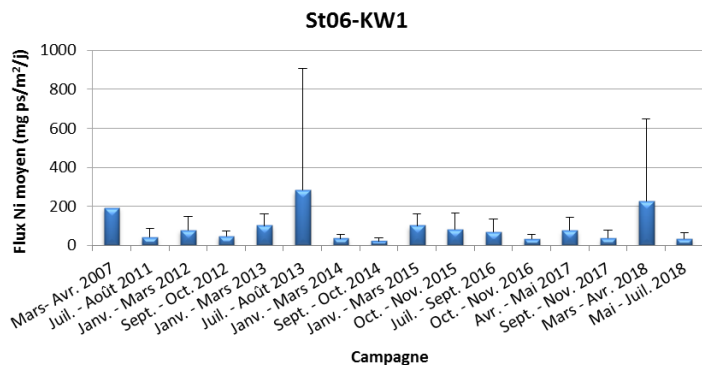


Figure 22 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en nickel dans les fractions fines ($\phi < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-KW1.

2. Rade Nord de Prony (St15)

Flux de matière en suspension

La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de $4,35 \pm 2,81 \text{ g/m}^2/\text{j}$. Entre les différentes campagnes conduites à St15, les densités moyennes de flux sont aussi variables. Pour cette campagne 2018, la moyenne est environ 4 fois plus élevée que celle enregistrée en 2006 pour l'état de référence. Il est à noter que la valeur moyenne exceptionnelle de janvier-mars 2014 ($22,2 \pm 44,5 \text{ g/m}^2/\text{j}$) est à mettre en lien avec les précipitations, elles aussi exceptionnelles (920,2 mm) combinées à la faible intensité de vents ($9,3 \pm 4,0 \text{ m/s}$) (Tableau 3 et Tableau 28) qui a probablement permis l'expansion du panache de manière homogène dans toute la baie.

Tableau 28 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en matière particulaire total et des cumuls de masses de MES totales piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.

St15					
Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)	Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)
Oct. – Nov. 2006	$1,05 \pm 0,64$	25,2	Mai - Juil. 2016	$8,67 \pm 7,44$	416
Mars - Avr. 2007	$1,55 \pm 1,45$	37,1	Oct. – Nov. 2016	$2,19 \pm 2,48$	105
Janv. - Mars 2014	$22,2 \pm 44,5$	1 063	Avr.- Mai 2017	$8,05 \pm 5,78$	386
Sept. – Oct. 2014	$0,91 \pm 1,23$	43,8	Sept. – Nov. 2017	$5,95 \pm 6,08$	71
Janv. - Mars 2015	$2,78 \pm 2,98$	134	Mars – Avr. 2018	$8,34 \pm 9,63$	400
Juil. - Sept. 2015	$1,31 \pm 1,34$	62,7	Mai – Juil. 2018	$4,35 \pm 2,81$	209

- : pas de campagne.

Éléments métalliques

Illustré par le cas du Ni, les flux métalliques moyens lors de cette campagne sont de $10,6 \pm 5,2 \text{ mg ps/m}^2/\text{j}$. Entre les campagnes, les valeurs moyennes montrent une très forte variation. Ainsi, en janvier-mars 2014, la valeur moyenne est maximale ($85,8 \pm 165 \text{ mg ps/m}^2/\text{j}$) puis, elle diminue et demeure en dessous de la valeur de $27,0 \text{ mg ps/m}^2/\text{j}$. La valeur maximale de 2014 est à relier avec la pluviométrie exceptionnelle de 920,2 mm mesurée lors de la campagne (Figure 23).

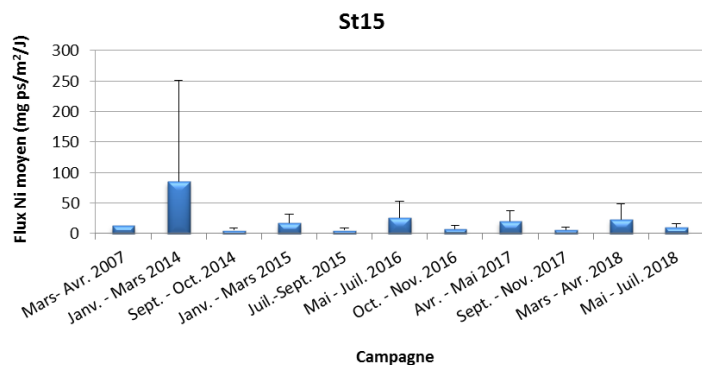


Figure 23 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St15.

3. Canal de la Havannah (St60-NE)

Flux de matière en suspension

La densité de flux moyen mesurée lors de cette campagne est de $8,37 \pm 6,34 \text{ g/m}^2/\text{j}$. Entre les différentes campagnes, les densités moyennes de flux sont également variables. Les comparaisons montrent que les moyennes obtenues depuis 2012 demeurent toutefois inférieures à celle enregistrée en 2007 pour l'état de référence (Tableau 29).

Tableau 29 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en matière particulaire totale et des cumuls de masses de MES totales piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

St60-NE					
Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)	Campagne	Densités de flux de MES ($\text{g/m}^2/\text{j}$)	Cumul de masse de MES piégés (g/m^2)
Févr. - Mars 2007	$31,6 \pm 40,1$	949	Janv. - Mars 2015	$16,0 \pm 15,6$	766
Juil. - Août 2011	ND	ND	Juil. - Sept. 2015	$9,88 \pm 9,20$	474
Janv. - Mar 2012	$9,61 \pm 8,87$	461	Mai - Juil. 2016	$17,1 \pm 10,2$	822
Sept. - Oct. 2012	$4,10 \pm 5,39$	197	Oct. - Nov. 2016	$11,1 \pm 17,6$	535
Janv. - Mars 2013	$12,6 \pm 13,6$	603	Avr. - Mai 2017	$15,5 \pm 14,2$	745
Juil. - Août 2013	$5,85 \pm 7,09$	281	Sept. - Nov. 2017	$7,28 \pm 6,36$	350
Avr. - Juin 2014	$7,43 \pm 5,05$	356	Mars - Avr. 2018	$18,3 \pm 18,1$	897
Sept. - Oct. 2014	$8,13 \pm 9,08$	390	Mai - Juil. 2018	$8,37 \pm 6,34$	402

ND : valeur non déterminée ; - : pas de campagne.

Éléments métalliques

Les flux moyens de Ni lors de cette campagne sont de $2,58 \pm 1,44 \text{ mg ps/m}^2/\text{j}$, valeur équivalente à celle obtenue en 2007 lors de l'état de référence. Entre les différentes campagnes, la variation des moyennes est modérée et ne dépasse qu'exceptionnellement la valeur de $5,00 \text{ mg ps/m}^2/\text{j}$ (Figure 24).

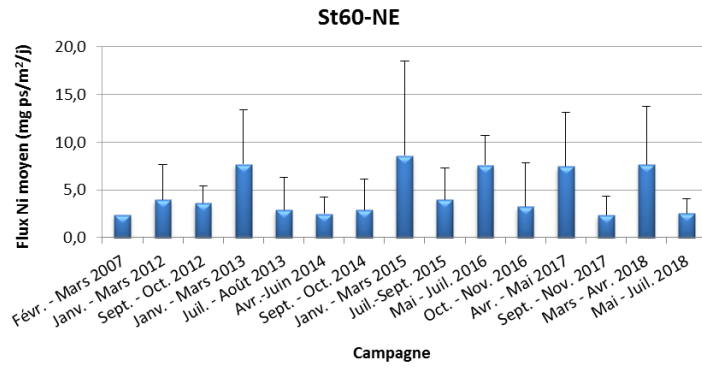


Figure 24 : Compilation des moyennes ± écart-types des flux en nickel dans les fractions fines ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de MES piégées lors des différentes campagnes d'immersion des pièges séquentiels à St60-NE.

V. SYNTHÈSE

La campagne de suivi des densités de flux verticaux de particules du deuxième semestre de 2018 s'est déroulée du 30 mai au 16 juillet aux stations St06-KW1, St15 et St60-NE avec une ligne de mouillage simplement lestée. Cette campagne est caractérisée par une relative sécheresse et quelques épisodes venteux.

Les principales observations relevées sur les 3 stations sont les suivantes :

- Les particules terrigènes piégées à la station St06-KW1 proviennent d'une même formation géologique. Comme souvent observées, la quantité et la nature de matière piégée est majoritairement influencée par les variations de direction et vitesse du vent, entraînant des courants et du clapot, et occasionnellement, par l'intensité des précipitations. Par ailleurs, la station subit des influences terrigènes et marines alternées. Globalement, entre 2007 (état de référence) et 2013, la diminution importante du ratio moyen Ca/Fe permet de constater une influence grandissante du terme source terrigène. Cette observation est étayée également par les valeurs moyennes des concentrations en métaux qui sont en augmentation sauf pour cette campagne où les concentrations obtenues en Co, Cr, Fe, Mn et Ni ainsi que le ratio Ca/Fe sont, soit comparables aux moyennes enregistrées en 2007, soit les ont rattrapé. A noter également, la campagne de juillet-août 2013 présente à ce jour les concentrations métalliques et la densité du flux en Ni les plus hautes à St06-KW1. Depuis, une stabilisation des apports terrigènes est manifeste. Toutefois, les conditions exceptionnelles de la première campagne de 2018 avec une forte pluviométrie et de forts vents omniprésents ont eu des conséquences sur la densité du flux en Ni ; elle constitue la deuxième plus forte valeur mesurée depuis 2007, ce qui est à relier avec la plus forte masse moyenne de MES piégée. Pour cette campagne, avec peu de perturbations météorologiques, la densité de flux en Ni revient dans la grandeur d'ordre habituelle.
- Les particules terrigènes piégées à la station St15 proviennent probablement de différents termes sources différenciables par les compositions en Mn. Cette observation concorde avec celle relevée à la même station (pour Fe et Mn) lors des campagnes précédentes (Kumar-Roiné *et al.*, 2018). La St15 se trouve donc dans une zone de convergence de plusieurs petits bassins versants où alternent les termes sources en apports terrigènes. Comme souvent observé, les concentrations en métaux latéritiques (exemple de Ni) restent particulièrement stables entre les pas de prélèvements, ce qui pourrait être expliqué par la latence des phénomènes de sédimentation des particules fines et/ou à la faible dynamique de renouvellement des masses d'eau dans la Rade Nord. Ceci est notamment le cas pour cette campagne où peu de perturbations météorologiques se sont produites. En effet, sous des conditions météorologiques exceptionnelles, il a été observé lors des campagnes précédentes, l'action combinée des précipitations et de la direction de vents sur la dispersion ou le confinement de la couche turbide issue du Creek, en direction ou à l'opposé de cette station de mouillage du piège. Quant à l'apport marin, très modeste à St15, il serait favorisé par les vents modérés d'un large secteur N à O qui contribuent au déplacement des particules détritiques carbonatées provenant des formations récifales et de tests de micro-organismes en particulier. De surcroît, la relative stabilité des valeurs moyennes du ratio Ca/Fe depuis 2007 (état de référence), permet de constater que la forte influence terrigène continue de s'exercer à St15, même pour cette campagne où les valeurs moyennes des concentrations en Co, Cr, Fe, Mn et Ni sont bien inférieures à celles relevées en 2007. Par ailleurs, elles représentent, sans exception, les minimales enregistrées jusqu'au présent. Il est également à noter que la campagne de janvier-mars 2014 présente à ce jour les densités du flux en Ni les plus hautes à St15 ; cette observation est à relier avec la plus forte masse moyenne de MES piégée qui serait la conséquence directe des précipitations exceptionnelles (920,2 mm).

- Les particules terrigènes piégées à St60-NE ne proviennent pas exclusivement, pour cette station, d'un seul terme source et dont l'influence alternerait avec les apports marins. Dans ce système dit « ouvert » où interagissent plusieurs facteurs simultanément, peu, voire aucune corrélation pertinente ne peut être établie entre les paramètres météorologiques et les particules piégées. Il semblerait que l'origine de ces particules latéritiques ne soit pas uniquement en lien direct avec le lessivage des sols de la côte sud de Nouvelle Calédonie. Il est également probable que, sous l'effet de vents soutenus, les mécanismes d'érosion de la ligne de côte et du complexe récifal dans son ensemble, contribuent, plus ou moins directement, à l'alimentation en apports terrigènes et marins. Cependant, en dépit d'une empreinte océanique forte, depuis 2007 (état de référence), les ratios moyens Ca/Fe ont évolué vers des valeurs tendant à prendre en compte une influence grandissante du terme « source terrigène ». Cette observation repose sur les augmentations des valeurs moyennes des concentrations en métaux. Pour cette campagne, cette accroissement n'est que représentée par le Fe et Ni tandis que les concentrations d'autres métaux restent comparables. Cette hausse semble liée à un ensemble de mécanismes qu'il n'est pas encore pertinent d'explicitier (érosion de la côte, contribution des rejets de l'émissaire marin ?). Il est à noter que la campagne de juillet-août 2013 présente à ce jour les concentrations métalliques les plus hautes à St60-NE. Depuis les valeurs semblent se stabiliser et tendent même à la baisse ce qui est le cas pour cette campagne. En ce qui concerne les concentrations de Ca et S à St60-NE, aucune trace d'enrichissement anormal n'est discernée permettant de déceler l'influence de l'effluent ; les concentrations en S comme pour les métaux latéritiques sont en baisse par rapport aux concentrations relevées des campagnes précédentes. Afin de consolider ces hypothèses, ne disposant pas de valeur de référence en 2007, il serait judicieux d'analyser des MES provenant d'un mouillage témoin. Ce mouillage peut être envisagé à la station St09 qui sert, par ailleurs, de témoins pour le suivi des concentrations en métaux dissous avec les passeurs de DGT (THOË).

REFERENCES

- Achard, R. 2013. Dynamique des contaminants inorganiques dans les sédiments de dragage : rôle spécifique de la matière organique.
- Bodeï S., Pointeau V. 2009. Bilan de la réactivité géochimique de l'effluent. Modélisation chimie-transport en champs proche du diffuseur. DEN/DTN/SMTM/LMTE/NT/2009/05 (Convention IRD/Goro-Ni n° 1124), 58p.
- CCB 2009 : Convention pour la conservation de la biodiversité (CCB, 2009).
- Chaurrand, P. 2007. Apport de la cristalochimie et de la spéciation du chrome et du vanadium à la modélisation de l'altération de granulats artificiels (sous produits d'aciérie)
- Derex P., Douillet P., Le Gendre R. 2008. Modélisation et simulation du transport des formes dissoutes et particulaires. Modèle de transport. Simulation annuelle du rejet. Convention IRD/Goro-Nickel n°1124, 196p.
- Drouzy M., 2016. Modélisation hydrodynamique de la Baie Kwé; Première partie : Simulation de dispersion du panache en conditions forcées. Contrat Vale-NC/AEL 100-VI-16-P, 57p.
- Fernandez JM., Chevillon C., Dolbecq M., Legendre R., Belhandouz A., Lamoureux J.P. 2007. Etat de référence : Distribution superficielle des sédiments, flux sédimentaires et taux d'accumulation dans la Baie du Prony (Rades Nord et Nord-Est) et dans la Baie Kwé. Contrat AEL/Vale-NC n°1230, 55p.
- Fernandez JM., Douillet P., Moreton B., Dolbecq M., Damien P., Le Grand H. 2009. Validation du modèle de transport en phase dissoute par traçage à la rhodamine-WT. Contrat IRD/Vale-NC n° 2131, 152p.
- Fernandez JM., Le Grand H., Dolbecq M., Creuzil J. 2012a. Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la baie Kwé : mission de juillet et août 2011. Rapport AEL 110308-VI-11, 44p.
- Fernandez JM., Moreton B., Le Grand H. 2012b. Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah (diffuseur) et la baie Kwé : mission de janvier et février 2012. Contrat Vale-NC/AEL n° 2684, Rapport AEL 110308-VI-11, 53p.
- Kumar-Roiné S., Moreton B., Laurent A., Fernandez JM. 2018. Suivi des densités de flux verticaux des particules dans la Canal de la Havannah, la Baie Kwé et la Rade Nord de Prony. Campagne 1^{er} semestre 2018. Période de mars à avril 2018. Contrat AEL/Vale-NC138-VI-17-P/PO-L06375/0001, 65p.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS DE PRELEVEMENT DU SUIVI DES FLUX VERTICAUX DE PARTICULES DANS LA ZONE D'INFLUENCE DE L'USINE DE VALE-NC (LE TRAIT BLANC REPRESENTE LE DIFFUSEUR).....	10
FIGURE 2 : EMPREINTE TYPE DE L'EFFLUENT PAR MARQUAGE A LA RHODAMINE-WT POUR DES CONDITIONS COURANTOLOGIQUES DE MI-MAREES DE MORTE-EAU (GAUCHE) ET DE VIVE-EAU (DROITE) AU NIVEAU DE LA STATION ST60-SW.	11
FIGURE 3 : CUMUL JOURNALIER DE PRECIPITATIONS ET EVOLUTION DE LA VITESSE ET DE LA DIRECTION DES VENTS (MOYENNE JOURNALIERE) POUR LA PERIODE DU 30 MAI AU 16 JUILLET 2018.	14
FIGURE 5 : MASSE TOTALE DE MES PIEGEES ET COMPOSITION EN FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTION GROSSIERE ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST06-KW1.	16
FIGURE 6 : POURCENTAGE MASSIQUE EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTIONS GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DANS LES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST06-KW1.	16
FIGURE 7 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST06-KW1.	17
FIGURE 8 : TENEURS EN CARBONATES CONTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST06-KW1.	19
FIGURE 9 : MASSE TOTALE DE MES PIEGEES ET COMPOSITION EN FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTION GROSSIERE ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST15.	20
FIGURE 10 : POURCENTAGE MASSIQUE EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTIONS GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DANS LES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST15.....	20
FIGURE 11 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST15.	21
FIGURE 12 : TENEURS EN CARBONATES CONTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST15.....	22
FIGURE 13 : MASSE TOTALE DE MES PIEGEES ET COMPOSITION EN FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTION GROSSIERE ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST60-NE.....	23
FIGURE 14 : POURCENTAGES MASSIQUES EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET EN FRACTIONS GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) DANS LES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST60-NE.	23
FIGURE 15 : DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST60-NE.	24
FIGURE 16 : TENEURS EN CARBONATES CONTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST60-NE.	25
FIGURE 17 : NORMALISATION DES CONCENTRATIONS EN CALCIUM PAR LE FER MESUREES DANS LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST15.....	30
FIGURE 18 : NORMALISATION DES CONCENTRATIONS EN CALCIUM PAR LE FER MESUREES DANS LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A ST60-NE.	32
FIGURE 19 : CONCENTRATIONS EN SOUFRE MESUREES DANS LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DE MES COLLECTES PAR LE PIEGE SEQUENTIEL A PARTICULES A ST60-NE.	33
FIGURE 20 : DIAGRAMME COMBINE DE LA DIRECTION ET LA VITESSE MOYENNES JOURNALIERES DES VENTS, DU CUMUL JOURNALIER DES PRECIPITATIONS, DES MASSES TOTALES DE MES PIEGEES, DE LA COMPOSITION EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTIONS GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) AINSI QUE DES CONCENTRATIONS EN NICKEL ET DES RATIOS CA/FE MESURES DANS LES FRACTIONS FINES PIEGEES A ST06-KW1.	36
FIGURE 21 : DIAGRAMME COMBINE DE LA DIRECTION ET LA VITESSE MOYENNES JOURNALIERES DES VENTS, DU CUMUL JOURNALIER DES PRECIPITATIONS, DES MASSES TOTALES DE MES PIEGEES, DE LA COMPOSITION EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTIONS	

GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) AINSI QUE DES CONCENTRATIONS EN NICKEL ET DES RATIOS Ca/Fe MESURES DANS LES FRACTIONS FINES PIEGEES A ST15. 38

FIGURE 22 : DIAGRAMME COMBINE DE LA DIRECTION ET LA VITESSE MOYENNES JOURNALIERES DES VENTS, DU CUMUL JOURNALIER DES PRECIPITATIONS, DES MASSES TOTALES DE MES PIEGEES, DE LA COMPOSITION EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET FRACTIONS GROSSIERES ($\varnothing > 41 \mu\text{M}$) AINSI QUE DES CONCENTRATIONS EN NICKEL ET DES RATIOS Ca/Fe MESURES DANS LES FRACTIONS FINES PIEGEES A ST60-NE..... 40

FIGURE 23 : COMPILATION DES MOYENNES \pm ECART-TYPES DES FLUX EN NICKEL DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A ST60-KW1. 42

FIGURE 24 : COMPILATION DES MOYENNES \pm ECART-TYPES DES FLUX EN NICKEL DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A ST15..... 43

FIGURE 25 : COMPILATION DES MOYENNES \pm ECART-TYPES DES FLUX EN NICKEL DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A ST60-NE. 44

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE ET POSITION DES STATIONS DE PRELEVEMENT DU SUIVI DES FLUX VERTICAUX DE PARTICULES DANS LA ZONE D'INFLUENCE DE L'USINE DE VALE-NC.	9
TABLEAU 2 : DETAIL DE COLLECTE DES ECHANTILLONS PAR LES PIEGES SEQUENTIELS MOUILLES A St06-KW1, St15 ET St60-NE. ...	11
TABLEAU 3 : COMPILATION DES DONNEES METEOROLOGIQUES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DE PIEGES SEQUENTIELS AUX STATIONS St06-KW1, St15 ET St60-NE.....	15
TABLEAU 4 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA MES TOTALE, DES POURCENTAGES MASSIQUES EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET DES TENEURS EN CARBONATES DANS LA FRACTION FINE LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St06-KW1.....	16
TABLEAU 5 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DANS LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St06-KW1... ..	18
TABLEAU 6 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St06-KW1.....	18
TABLEAU 7 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA MES TOTALE, DES POURCENTAGES MASSIQUES EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET DES TENEURS EN CARBONATES DANS LA FRACTION FINE LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St15.	20
TABLEAU 8 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St15.	21
TABLEAU 9 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St15.	21
TABLEAU 10 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA MES TOTALE, DES POURCENTAGES MASSIQUES EN FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) ET DES TENEURS EN CARBONATES DANS LA FRACTION FINE LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St60-NE.....	23
TABLEAU 11 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE LA DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St60-NE.	24
TABLEAU 12 : COMPOSITION MINERALOGIQUE DE LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 4 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St60-NE.	25
TABLEAU 13 : CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES (MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES) DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St06-KW1.....	26
TABLEAU 14 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St06-KW1.....	26
TABLEAU 15 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St06-KW1.....	27
TABLEAU 16 : NORMALISATION DES CONCENTRATIONS EN CALCIUM PAR LE FER MESUREES DANS LA FRACTION FINE ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 12 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St06-KW1.	28
TABLEAU 17 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE NORMALISATION DU CALCIUM PAR LE FER OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES A St06-KW1.....	28
TABLEAU 18 : CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES (MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES) DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St15.	29
TABLEAU 19 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St15.	29

TABLEAU 20 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St15. 29

TABLEAU 21 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE NORMALISATION DU CALCIUM PAR LE FER OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A PARTICULES A St15..... 30

TABLEAU 22 : CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES (MOYENNES, ECART-TYPES ET VALEURS EXTREMES) DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St60-NE..... 31

TABLEAU 23 : MATRICE DE CORRELATION INTER-ELEMENTS DES CONCENTRATIONS DE METAUX ET DU CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DES 10 PRELEVEMENTS DU PIEGE SEQUENTIEL A St60-NE..... 31

TABLEAU 24 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DES CONCENTRATIONS EN METAUX ET CALCIUM OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES A St60-NE. 31

TABLEAU 25 : COMPILATION DES DONNEES MOYENNES ± ECART-TYPES DE NORMALISATION DU CALCIUM PAR LE FER OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES COLLECTEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A PARTICULES A St60-NE..... 32

TABLEAU 26 : COMPILATION DES MOYENNES ± ECART-TYPES DES CONCENTRATIONS EN SOUFRE OBTENUES DANS LES FRACTIONS FINES ($\varnothing < 41 \mu\text{M}$) DE MES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St60-NE. 33

TABLEAU 27 : COMPILATION DES MOYENNES ± ECART-TYPES DES FLUX EN MATIERE PARTICULAIRE TOTALE ET DES CUMULS DE MASSES DE MES TOTALES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St60-KW1..... 41

TABLEAU 28 : COMPILATION DES MOYENNES ± ECART-TYPES DES FLUX EN MATIERE PARTICULAIRE TOTAL ET DES CUMULS DE MASSES DE MES TOTALES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St15..... 42

TABLEAU 29 : COMPILATION DES MOYENNES ± ECART-TYPES DES FLUX EN MATIERE PARTICULAIRE TOTALE ET DES CUMULS DE MASSES DE MES TOTALES PIEGEES LORS DES DIFFERENTES CAMPAGNES D'IMMERSION DES PIEGES SEQUENTIELS A St60-NE..... 43

ANNEXES

ANNEXE 1.....	53
ANNEXE 2.....	54
ANNEXE 3.....	55
ANNEXE 4.....	61
ANNEXE 5.....	63

ANNEXE 1

METHODOLOGIE

IMMERSION DES PIEGES A SEDIMENT SEQUENTIELS

Les flux verticaux de particules apportées par le réseau hydrologique sont estimés par collecte de séries temporelles d'échantillons de matière en suspension (MES). Cette opération est assurée par le déploiement de pièges à particules de type séquentiel de 0,05 m² de section efficace (Technicap, type PPS4/3) qui sont grésés sur une ligne de mouillage. La collecte séquentielle est réalisée avec un pas de temps programmé de 96 heures (4 jours), soit un total de 12 échantillons pour 48 jours. Une fois réceptionnés au laboratoire, les prélèvements de MES sont séchés, conditionnés puis conservés dans des sachets à usage unique.

TAMISAGE

Les MES piégées sont tamisées afin de séparer la fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) de la fraction grossière ($\varnothing > 41 \mu\text{m}$). Les analyses suivantes sont effectuées uniquement sur les fractions fines.

TENEUR EN CARBONATE

La teneur en carbonates est calculée par relation stœchiométrique à partir des concentrations de Ca et Mg établies en mg/kg après attaque totale (fusion alcaline) des fractions fines ($\varnothing < 41\mu\text{m}$) de MES.

GRANULOMETRIE

L'étude de la distribution des populations de particules fines (silts et argiles) est réalisée sur quatre échantillons de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) par granulométrie laser (Malvern master Sizer 2000). La granulométrie laser est réalisée à l'Université de Nouvelle-Calédonie.

MINERALOGIE

Les déterminations minéralogiques sont effectuées par diffraction de rayons X (DRX) sur quatre échantillons de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$). Cette analyse a été confiée à l'ALS Metallurgy basé en Australie.

DOSAGE ELEMENTAIRE

Le dosage élémentaire, nécessaire pour le suivi des flux de polluants, est réalisé par la méthode dite « minéralisation eau régale ». Les échantillons de fraction fine ($\varnothing < 41 \mu\text{m}$) sont attaqués avec de l'acide à haute température en conditions hyperbares. Le Ca, Mg, S et 5 métaux (Co, Cr, Fe, Mn et Ni) sont analysés par ICP-OES. Des échantillons de référence (MESS-3 et PACS-2) ont été attaqués selon le même protocole pour la validation des résultats de mesures.

DOSAGE DES HCT

L'analyse des hydrocarbures totaux est effectuée sur le sédiment brut par la norme NF EN ISO 9377-2. Ce dosage n'a pas pu être conduit en raison du manque de masse récoltée dans les godets des pièges séquentiels à particules.

EVALUATION DES FLUX DE MES

Une fois les MES caractérisées, les influences terrigène et marine (ratio de Ca/Fe) ainsi que les flux sont estimés (g/m²/j) et confrontés aux différents régimes météorologiques.

ANNEXE 2

VARIABLES METEOROLOGIQUES

Valeurs journalières des paramètres météorologiques (cumul de précipitations et moyenne de vitesse et direction de vents maximales instantanées) collectées par la station météorologique « GORO ».

Prélèvement	GORO					Prélèvement	GORO				
	Date	RR	FXI	DXI	Régime		Date	RR	FXI	DXI	Régime
1	30/05/2018	0,0	9,6	130	SE	7	23/06/2018	0,0	10,6	120	ESE
	31/05/2018	0,0	9,6	70	ENE		24/06/2018	0,0	6,9	170	S
	01/06/2018	0,0	8,0	240	OSO		25/06/2018	1,0	12,0	120	ESE
	02/06/2018	0,0	8,5	240	OSO		26/06/2018	0,2	13,7	90	E
2	03/06/2018	0,0	11,0	260	OSO	8	27/06/2018	0,0	16,9	120	ESE
	04/06/2018	0,0	9,3	250	OSO		28/06/2018	2,6	13,0	100	E
	05/06/2018	0,0	6,3	150	SSE		29/06/2018	0,0	13,8	70	ENE
	06/06/2018	0,2	11,0	120	ESE		30/06/2018	0,2	14,0	90	E
3	07/06/2018	6,7	17,1	140	SE	9	01/07/2018	0,8	14,2	100	E
	08/06/2018	1,8	15,8	110	ESE		02/07/2018	1,6	12,6	90	E
	09/06/2018	1,0	14,9	110	ESE		03/07/2018	13,5	14,6	60	ENE
	10/06/2018	1,2	9,8	230	SO		04/07/2018	0,2	14,8	110	ESE
4	11/06/2018	0,0	5,6	190	S	10	05/07/2018	4,1	16,8	100	E
	12/06/2018	0,0	5,7	210	SSO		06/07/2018	0,4	15,7	80	E
	13/06/2018	0,0	6,5	190	S		07/07/2018	0,0	13,0	110	ESE
	14/06/2018	0,2	9,2	70	ENE		08/07/2018	9,1	7,9	30	NNE
5	15/06/2018	0,4	8,2	100	E	11	09/07/2018	1,0	6,9	190	S
	16/06/2018	0,0	8,5	90	E		10/07/2018	0,0	12,1	110	ESE
	17/06/2018	0,0	9,7	110	ESE		11/07/2018	0,2	11,7	110	ESE
	18/06/2018	0,0	7,4	360	N		12/07/2018	19,2	11,8	70	ENE
6	19/06/2018	13,0	17,8	10	N	12	13/07/2018	0,0	10,0	50	NE
	20/06/2018	5,0	-	-	-		14/07/2018	14,5	7,4	140	SE
	21/06/2018	0,5	-	-	-		15/07/2018	5,6	9,9	120	ESE
	22/06/2018	1,0	-	-	-		16/07/2018	0,0	9,6	100	E

- : données manquantes.

ANNEXE 3

CARACTERISATION DES MES

Masse de MES collectées à St06-KW1, St15 et St60-NE par le piège à particules séquentiel.

Période de collecte	Prélèvement	St06-KW1	St15	St60-NE
		Masse Ech. Total (g)	Masse Ech. Total (g)	Masse Ech. Total (g)
30 Mai - 03 Juin	001	2,11	0,39	0,85
04 Juin - 07 Juin	002	0,72	0,33	0,14
08 Juin - 11 Juin	003	18,70	0,11	0,17
12 Juin - 15 Juin	004	7,67	0,24	0,55
16 Juin -19 Juin	005	3,90	0,39	1,05
20 Juin - 23 Juin	006	2,81	0,86	1,22
24 Juin - 27 Juin	007	5,70	1,00	2,27
28 Juin -01 Juil.	008	6,89	1,31	2,57
02 Juil. -05 Juil.	009	4,65	1,36	3,00
06 Juil. -09 Juil.	010	8,11	1,40	1,86
10 Juil. -13 Juil.	011	5,75	1,78	2,03
14 Juil. -17 Juil.	012	5,16	1,28	4,41

Teneurs en carbonates des fractions fines de MES collectées à St06-KW1, St15 et St60-NE par le piège à particules séquentiel.

Période de collecte	Prélèvement	St06-KW1	St15	St60-NE
		% CO3 total	% CO3 total	% CO3 total
30 Mai - 03 Juin	001	71	33	83
04 Juin - 07 Juin	002	71	34	ND
08 Juin - 11 Juin	003	60	ND	ND
12 Juin - 15 Juin	004	66	ND	82
16 Juin -19 Juin	005	71	36	80
20 Juin - 23 Juin	006	72	38	81
24 Juin - 27 Juin	007	66	39	78
28 Juin -01 Juil.	008	65	37	81
02 Juil. -05 Juil.	009	68	40	80
06 Juil. -09 Juil.	010	65	39	81
10 Juil. -13 Juil.	011	67	37	80
14 Juil. -17 Juil.	012	68	37	81

ND : valeur non déterminée par manque de matière pour la réalisation des analyses.

Composition granulométrique des fractions fines de MES collectées à St06-KW1 et St60-NE par le piège à particules séquentiel.

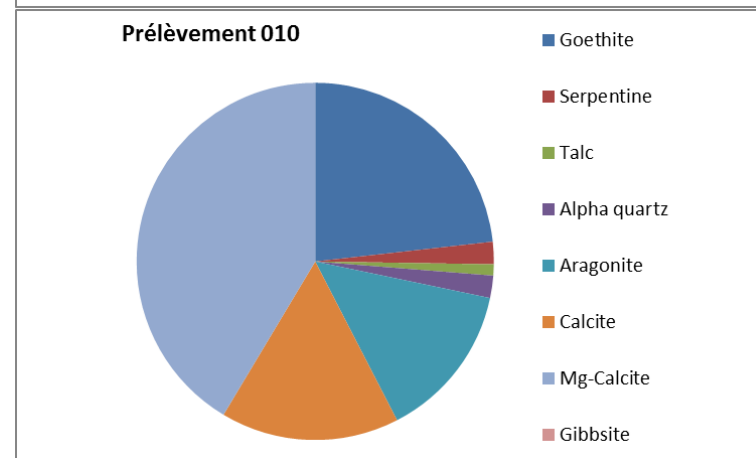
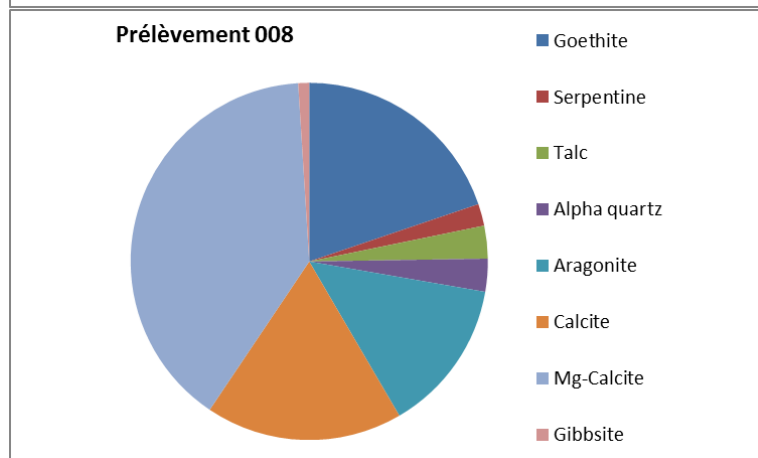
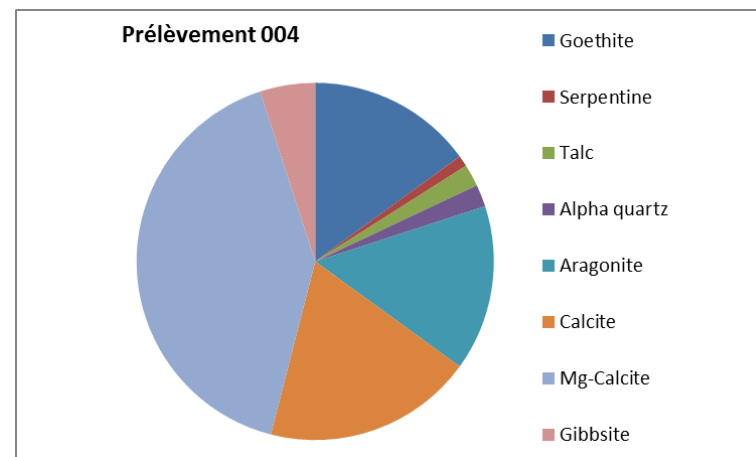
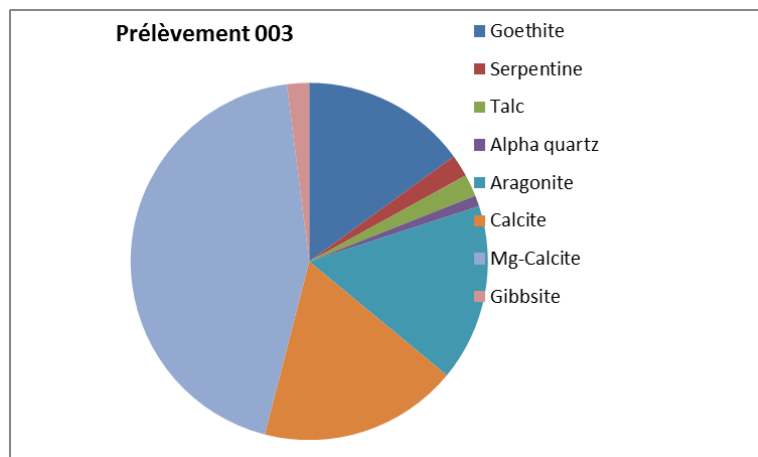
St06-KW1								
Période de collecte	Prélèvement	% Classe de taille (µm)						
		0,02 à 2,00	2,0 à 20	20 à 40	40 à 50	50 à 63	63,0 à 200	200,0 à 2000
07 Juin – 10 Juin	003	5	36	36	10	8	5	0
11 Juin - 14 Juin	004	4	33	39	11	7	5	1
27 Juin – 30 Juin	008	6	42	33	9	6	4	0
05 Juil. – 08 Juil.	010	6	44	36	8	5	1	0

St15								
Période de collecte	Prélèvement	% Classe de taille (µm)						
		0,02 à 2,00	2,0 à 20	20 à 40	40 à 50	50 à 63	63,0 à 200	200,0 à 2000
19 Juin – 22 Juin	006	11	57	21	5	3	3	0
23 Juin – 26 Juin	007	10	55	22	5	4	4	0
09 Juil. – 12 Juil.	011	11	50	22	6	5	5	0
13 Juil. – 16 Juil.	012	11	54	24	6	4	2	0

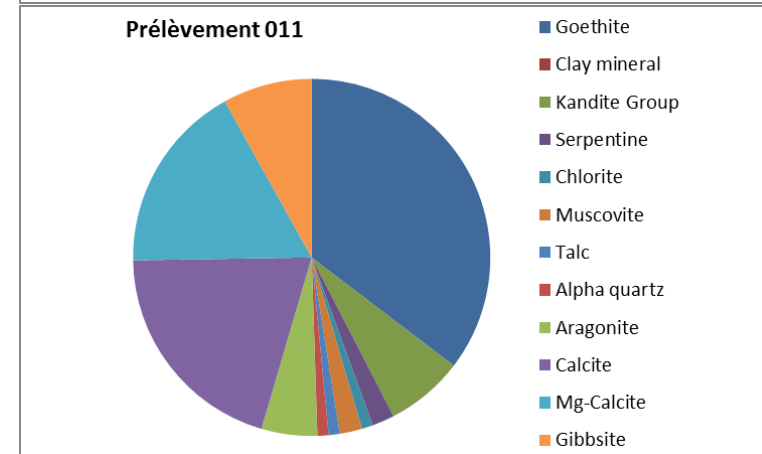
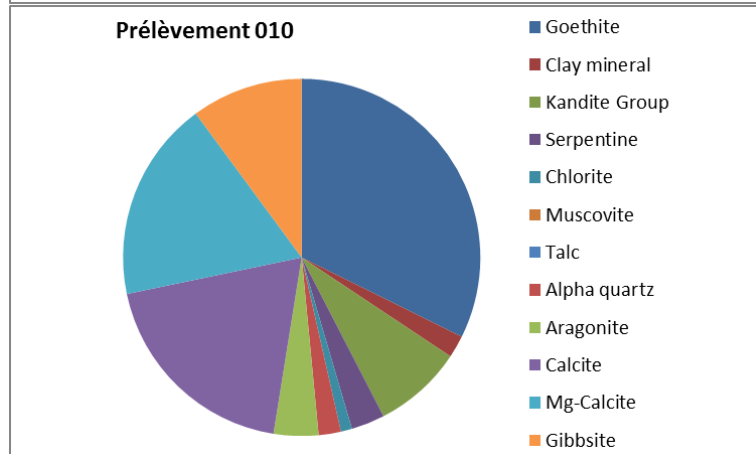
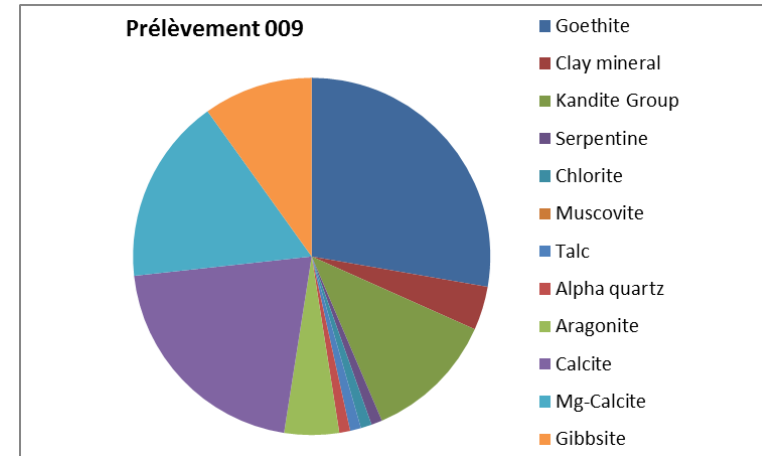
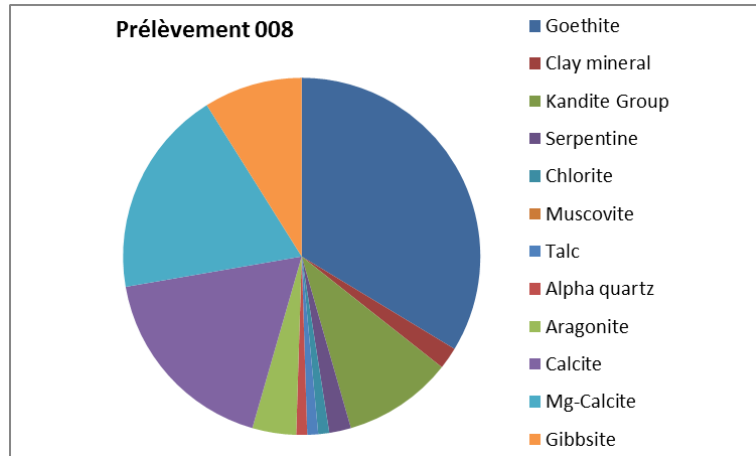
St60-NE								
Période de collecte	Prélèvement	% Classe de taille (µm)						
		0,02 à 2,00	2,0 à 20	20 à 40	40 à 50	50 à 63	63,0 à 200	200,0 à 2000
15 Juin – 18 Juin	005	3	25	34	12	10	15	1
19 Juin – 22 Juin	006	3	29	36	11	9	11	1
05 Juil. – 08 Juil.	010	4	30	34	11	9	12	0
09 Juil. – 12 Juil.	011	4	35	37	10	7	7	1

Composition minéralogique des fractions fines de MES collectées à St06-KW1, ST15 et St60-NE par le à particules piège séquentiel.

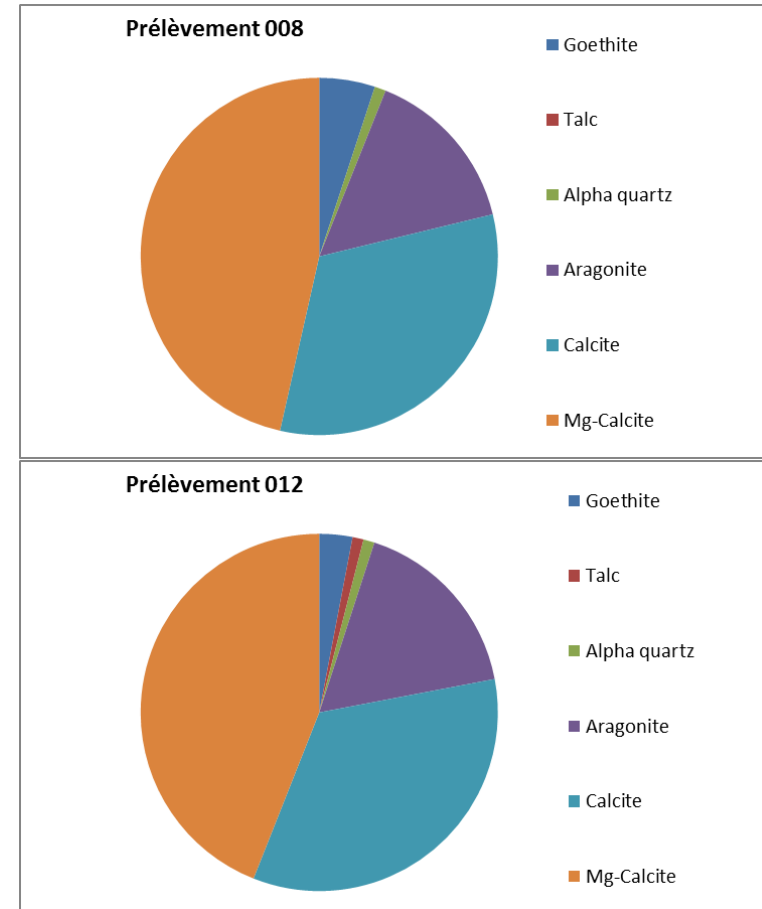
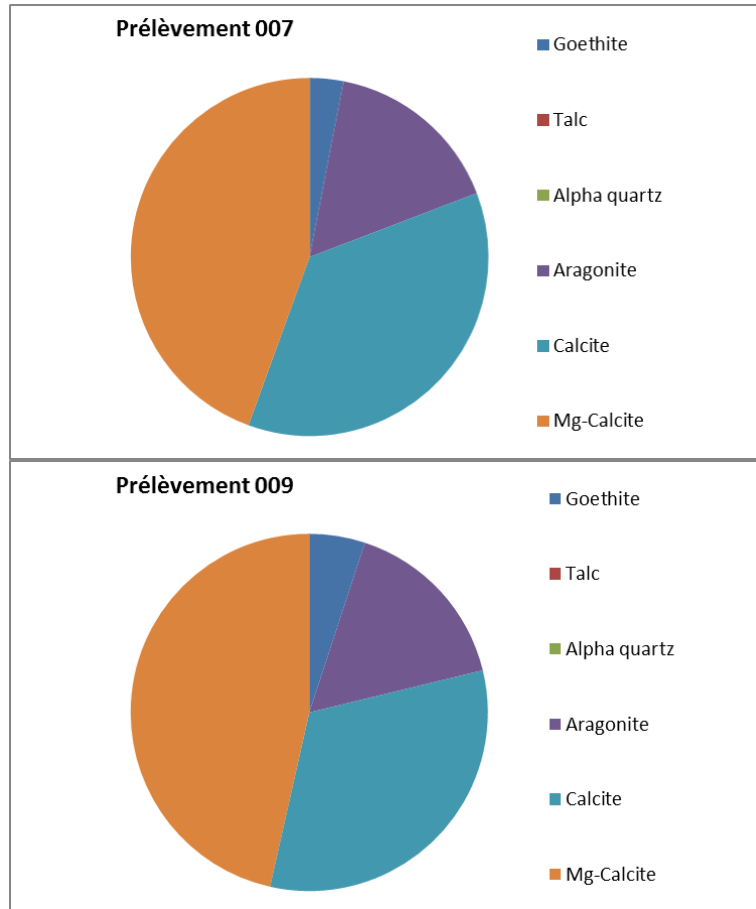
St06-KW1



St15



St60-NE



ANNEXE 4

COMPOSITION GEOCHIMIQUE DES MES

Concentrations en métaux totaux et en calcium dans les fractions fines de MES collectées à St06-KW1 et St15 par le piège à particules séquentiel.

St06-KW1							
Période de collecte	Prélèvement	Elément (mg/kg ps)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
30 Mai - 03 Juin	001	263 523	40,3	1 623	66 402	342	859
04 Juin - 07 Juin	002	264 093	41,8	1 654	66 599	367	871
08 Juin - 11 Juin	003	222 098	61,5	2 307	90 919	523	1 236
12 Juin - 15 Juin	004	243 017	55,2	2 118	85 985	474	1 104
16 Juin -19 Juin	005	264 884	40,2	1 515	63 364	350	801
20 Juin - 23 Juin	006	267 052	40,3	1 545	65 320	357	814
24 Juin - 27 Juin	007	241 750	57,7	2 262	93 949	505	1 196
28 Juin -01 Juil.	008	240 349	63,3	2 471	99 799	548	1 300
02 Juil. -05 Juil.	009	250 010	58,3	2 290	92 670	505	1 208
06 Juil. -09 Juil.	010	239 919	53,2	2 086	85 383	458	1 094
10 Juil. -13 Juil.	011	248 104	56,9	2 197	88 950	494	1 160
14 Juil. -17 Juil.	012	251 250	50,7	1 940	79 656	451	1 028

St15							
Période de collecte	Prélèvement	Elément (mg/kg ps)					
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
30 Mai - 03 Juin	001	117 259	121	4 369	158 352	1 065	2 134
04 Juin - 07 Juin	002	122 428	124	4 587	162 859	984	2 199
08 Juin - 11 Juin	003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12 Juin - 15 Juin	004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 Juin -19 Juin	005	129 391	117	4 205	146 471	1 078	2 016
20 Juin - 23 Juin	006	133 515	115	4 087	147 210	1 084	2 073
24 Juin - 27 Juin	007	137 547	120	4 293	151 848	1 148	2 135
28 Juin -01 Juil.	008	132 745	119	4 232	148 194	1 135	2 059
02 Juil. -05 Juil.	009	141 784	127	4 538	157 805	1 194	2 106
06 Juil. -09 Juil.	010	137 342	128	4 541	158 038	1 180	2 108
10 Juil. -13 Juil.	011	132 074	127	4 452	157 275	1 209	2 070
14 Juil. -17 Juil.	012	132 969	120	4 268	154 646	1 186	2 062

ND : valeur non déterminée par manque de matière pour la réalisation des analyses.

Concentrations en métaux totaux, calcium et en soufre dans les fractions fines de MES collectées à St60-NE par le piège à particules séquentiel.

St60-NE								
Période de collecte	Prélèvement	Elément (mg/kg ps)						
		Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni	S
30 Mai - 03 Juin	001	310 881	13,9	465	18 942	136	244	2 367
04 Juin - 07 Juin	002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
08 Juin - 11 Juin	003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12 Juin - 15 Juin	004	307 552	16,7	553	22 231	153	294	2 219
16 Juin -19 Juin	005	300 829	15,6	511	20 543	152	275	2 177
20 Juin - 23 Juin	006	305 308	16,6	519	20 811	172	276	2 070
24 Juin - 27 Juin	007	291 059	16,0	513	20 024	141	268	2 173
28 Juin -01 Juil.	008	302 340	16,2	511	20 135	144	272	2 221
02 Juil. -05 Juil.	009	301 026	16,0	490	19 187	143	265	2 225
06 Juil. -09 Juil.	010	303 601	15,7	475	18 649	159	255	2 151
10 Juil. -13 Juil.	011	301 431	15,2	468	18 691	142	248	2 300
14 Juil. -17 Juil.	012	303 456	15,0	462	18 432	147	246	2 459

ANNEXE 5

VALEURS DE DENSITE DE FLUX DE MES ET DE FLUX DES ELEMENTS PARTICULAIRES

Flux de MES total et flux de métaux et de calcium particulaires dans les MES à St06-KW1, St15 et St60-NE.

St06-KW1								
Période de collecte	Prélèvement	Flux MES (g/m ² /j)	Flux élémentaire (mg ps/m ² /j)					
			Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
30 Mai - 03 Juin	001	10,6	2 783	0,43	17	701	3,6	9,1
04 Juin - 07 Juin	002	3,6	945	0,15	6	238	1,3	3,1
08 Juin - 11 Juin	003	93,5	20 762	5,75	216	8 499	48,9	115,5
12 Juin - 15 Juin	004	38,4	9 321	2,12	81	3 298	18,2	42,3
16 Juin -19 Juin	005	19,5	5 166	0,78	30	1 236	6,8	15,6
20 Juin - 23 Juin	006	14,1	3 758	0,57	21,7	919	5,0	11,5
24 Juin - 27 Juin	007	28,5	6 890	1,64	64	2 677	14,4	34,1
28 Juin -01 Juil.	008	34,4	8 275	2,18	85	3 436	18,9	44,8
02 Juil. -05 Juil.	009	23,3	5 815	1,36	53	2 155	11,7	28,1
06 Juil. -09 Juil.	010	40,5	9 726	2,15	85	3 461	18,6	44,4
10 Juil. -13 Juil.	011	28,8	7 137	1,64	63	2 559	14,2	33,4
14 Juil. -17 Juil.	012	25,8	6 480	1,31	50	2 054	11,6	26,5

St15								
Période de collecte	Prélèvement	Flux MES (g/m ² /j)	Flux élémentaire (mg ps/m ² /j)					
			Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
30 Mai - 03 Juin	001	1,93	227	0,23	8	306	2,1	4,1
04 Juin - 07 Juin	002	1,65	202	0,20	8	268	1,6	3,6
08 Juin - 11 Juin	003	0,54	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12 Juin - 15 Juin	004	1,21	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 Juin -19 Juin	005	1,95	253	0,23	8	286	2,1	3,9
20 Juin - 23 Juin	006	4,31	576	0,50	17,6	635	4,7	8,9
24 Juin - 27 Juin	007	4,98	685	0,60	21	756	5,7	10,6
28 Juin -01 Juil.	008	6,55	870	0,78	28	971	7,4	13,5
02 Juil. -05 Juil.	009	6,79	963	0,86	31	1 072	8,1	14,3
06 Juil. -09 Juil.	010	7,02	964	0,90	32	1 109	8,3	14,8
10 Juil. -13 Juil.	011	8,91	1 177	1,13	40	1 402	10,8	18,4
14 Juil. -17 Juil.	012	6,41	852	0,77	27	991	7,6	13,2

ND : valeur non déterminée par manque de matière pour la réalisation des analyses.

St60-NE								
Période de collecte	Prélèvement	Flux MES (g/m ² /j)	Flux élémentaire (mg ps/m ² /j)					
			Ca	Co	Cr	Fe	Mn	Ni
30 Mai - 03 Juin	001	4,23	1 315	0,06	2	80	0,6	1,0
04 Juin - 07 Juin	002	0,6880	ND	ND	ND	ND	ND	ND
08 Juin - 11 Juin	003	0,8495	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12 Juin - 15 Juin	004	2,76	848	0,05	2	61	0,4	0,8
16 Juin -19 Juin	005	5,24	1 575	0,08	3	108	0,8	1,4
20 Juin - 23 Juin	006	6,08	1 856	0,10	3,2	127	1,0	1,7
24 Juin - 27 Juin	007	11,3	3 299	0,18	6	227	1,6	3,0
28 Juin -01 Juil.	008	12,8	3 879	0,21	7	258	1,8	3,5
02 Juil. -05 Juil.	009	15,0	4 515	0,24	7	288	2,1	4,0
06 Juil. -09 Juil.	010	9,31	2 827	0,15	4	174	1,5	2,4
10 Juil. -13 Juil.	011	10,1	3 052	0,15	5	189	1,4	2,5
14 Juil. -17 Juil.	012	22,0	6 688	0,33	10	406	3,2	5,4

ND : valeur non déterminée par manque de matière pour la réalisation des analyses.