

## SOMMAIRE

<b>1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION.....</b>	<b>9</b>
<b>2. DOCUMENTS ASSOCIES .....</b>	<b>10</b>
2.1. Documents applicables.....	10
2.2. Documents de référence.....	10
2.3. Gestionnaire technique du document.....	12
<b>3. SIGLES ET DEFINITIONS .....</b>	<b>13</b>
3.1. Définitions.....	13
3.2. Sigles .....	14
<b>4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES     CAMPAGNES ARIANE 5.....</b>	<b>16</b>
4.1. Rappels.....	16
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	17
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	17
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE.....	19
4.3. Mesures en continu de la qualité de l'air.....	20
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières en champ proche et en champ lointain.....	21
4.4.1. Objectif.....	21
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	21
4.4.3. Résultats pour les retombées particulières en ions chlorures.....	22
4.4.4. Conclusions générales sur les retombées chimiques .....	23

4.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo .....	23
4.5.1.	Objectif .....	23
4.5.2.	Résultats .....	24
4.5.3.	Conclusions générale sur la qualité des eaux de la crique Karouabo .....	24
4.6.	Mesures de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.....	25
4.6.1.	Objectifs du suivi .....	25
4.6.2.	Localisation des points de prélèvements.....	25
4.6.3.	Résultats du suivi des eaux de surface et souterraines.....	25
4.7.	Mesures de la qualité de l'eau des carneaux de l'Ensemble de Lancement numéro 3 et des neutraliseurs du Bâtiment d'Assemble Final .....	26
4.7.1.	Objectifs .....	26
4.7.2.	Résultats des analyses.....	26
4.7.2.1.	<u>Eaux des carneaux</u> .....	26
4.7.2.2.	<u>Eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final</u> .....	27
4.7.3.	Conclusions générales sur la qualité des eaux des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF .....	28
4.8.	Mesure de la qualité des sédiments .....	28
4.8.1.	Objectifs du suivi .....	28
4.8.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium.....	28
4.8.3.	Localisation des points de prélèvements.....	29
4.8.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques .....	29
4.8.5.	Résultats des analyses pour les sédiments .....	29
4.8.6.	Conclusions .....	32
4.9.	Résultats de l'étude des mouvements vibratoires induits à Kourou et à Sinnamary par les lancements Ariane 5 .....	33
4.9.1.	Objectif de l'étude.....	33
4.9.2.	Méthodologie et appareillage.....	33
4.9.2.1.	<u>Méthodologie</u> .....	33
4.9.2.2.	<u>Appareillage</u> .....	34
4.9.3.	Localisation des capteurs.....	35
4.9.4.	Résultats des mesures .....	35
4.9.4.1.	<u>Niveaux atteints durant le lancement de mars 2008</u> .....	35
4.9.4.2.	<u>Evolution des niveaux par rapport au lancement du 14 novembre 2007</u> .....	35
4.9.4.3.	<u>Comparaison entre les enregistrements durant le lancement V181 et les enregistrements         en situation courante</u> .....	35
4.9.4.4.	<u>Comparaison entre les niveaux vibratoires émis par le lancement V181 et les niveaux         réglementaires</u> .....	35
4.9.4.5.	<u>Loi d'atténuation des niveaux de vibration</u> .....	35
4.9.5.	Conclusions .....	35
4.10.	Mesures d'impact sur la végétation .....	35
4.10.1.	Objectif du suivi .....	35
4.10.2.	Mesures des retombées .....	35
4.10.3.	Résultats d'analyses .....	35
4.10.3.1.	<u>Résultats en champ proche (CP4)</u> .....	35
4.10.3.2.	<u>Résultats en champ lointain (CL8)</u> .....	35
4.10.4.	Conclusions .....	35
4.11.	Suivi de la faune aquatique pour 2008 .....	35

4.11.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique.....	35
4.11.2.	Lieux échantillonnés.....	35
4.11.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2008.....	35
4.11.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2008.....	35
4.11.4.1.	<u>Les poissons</u> .....	35
4.11.4.2.	<u>Les invertébrés aquatiques</u> .....	35
4.12.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2008.....	35
4.12.1.	Résultats du suivi de l'avifaune.....	35
4.13.	Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2008.....	35
4.13.1.	Objectifs du suivi.....	35
4.13.2.	Résultats de l'étude.....	35
<b>5.</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE ARTA 4.....</b>	<b>35</b>
5.1.	Localisation de la zone de passage du nuage de combustion suite à l'essai ARTA 4.....	35
5.2.	Résultats des mesures en champ proche et lointain relatives aux retombées chimiques particulières.....	35
5.2.1.	Résultats pour le champ proche.....	35
5.2.2.	Résultats pour le champ lointain.....	35
5.3.	Mesures en temps réel des concentrations en gaz chlorhydrique.....	35
5.4.	Suivi de la qualité des eaux du carneau avant rejet dans le milieu naturel.....	35
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>35</b>
6.1.	Conclusions concernant les lancements Ariane 5 en 2008.....	35
6.2.	Conclusions concernant l'essai ARTA 4.....	35
6.3.	Conclusions.....	35
<b>7.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>35</b>
7.1.	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion.....	35

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....	18
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....	19
Tableau 3 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.....	21
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.....	22
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.....	22
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.....	23
Tableau 7 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 186 (décembre).....	24
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA3 avant rejet au milieu naturel.....	27
Tableau 9 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.....	29
Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury, Karouabo et des Pères.....	29
Tableau 11 : Moyenne et écart type des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....	31
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....	30
Tableau 13 : Niveaux maximums de vibrations enregistrés durant le lancement V181 (mars 2008) et rappel des valeurs de V180 (novembre 2007).....	35
Tableau 14 : Comparaison des niveaux de vibrations maximaux atteints pour les vols 180 et 181 à la Maison des Roches.....	35
Tableau 15 : Comparaison des niveaux observés durant le lancement et en situation courante.....	35
Tableau 16 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 185 (août).....	35
Tableau 17 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 185 (août).....	35

Tableau 18 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2008. ....	35
Tableau 19 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2008.....	35
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des résultats des mesures de pH réalisées sur les eaux du carneau, d'infiltration et de la crique réceptrice. ....	35
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel. ....	35

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple de chaîne d'acquisition (à gauche : centrale d'acquisitions CityShark / à droite : sismomètre Lennartz) .....	34
Figure 2 : Carte de localisation des capteurs pour le lancement V181. ....	35
Figure 3 : Carte géologique montrant la localisation des capteurs pour le lancement V181. ....	35
Figure 4 : Evolution des niveaux de vibrations en fonction de la distance à la zone de lancement suivant les 2 transects (parallèle et perpendiculaire) .....	35
Figure 5 : Evolution des niveaux de vibrations exprimés en vitesse en fonction de la distance à la zone de lancement pour les lancements de novembre 2007 et de mars 2008. ....	35
Figure 6 : Evolution des niveaux de vibrations exprimés en accélération en fonction de la distance à la zone de lancement pour les lancements de novembre 2007 et de mars 2008. ....	35
Figure 7 : Installation d'un nichoir sur la zone témoin (CT). ....	35
Figure 8 : Carte de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'acide chlorhydrique) suite à l'essai ARTA 4. ....	35
Figure 9 : Carte de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'alumine) suite à l'essai ARTA 4. ....	35
Figure 10 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 181. ....	35
Figure 11 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 182. ....	35
Figure 12 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 183. ....	35
Figure 13 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 184. ....	35
Figure 14 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 185. ....	35
Figure 15 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 186. ....	35

## 1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2008 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact des activités industrielles du Centre sur l'environnement.

Il comprend une synthèse des principaux résultats et conclusions relatifs aux mesures effectuées dans le cadre :

- de la campagne Ariane 5 ES (vol 181) et des cinq campagnes Ariane 5 ECA (vols 182, 183, 184, 185 et 186),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3) et de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation du Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP),
- de l'essai du spécimen ARTA 4 au BEAP du 05 juin 2008.

Ce document est élaboré pour répondre aux objectifs suivants :

- Se conformer aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3) et le Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP).
- Confirmer les conclusions inscrites dans l'étude d'impact réalisée dans le cadre de la constitution du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement numéro 3 et de celui du BEAP.

## 2. DOCUMENTS ASSOCIES

### 2.1. Documents applicables

[DA 1] **Arrêté numéro 2216 1D/4B du 28 juillet 1992** - Arrêté numéro 2216 1D/4B du 28 juillet 1992 autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à installer et exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) au Centre Spatial Guyanais sur le territoire de la commune de Kourou.

[DA 2] **Arrêté Numéro 1632/1D/1B/ENV du 24 juillet 2006** autorisant la Société Arianespace, sise boulevard de l'Europe - BP177- 91000 Evry à exploiter l'ensemble de lancement Ariane (ELA), sur la commune de Kourou.

### 2.2. Documents de référence

[DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.

[DR 2] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.

[DR 3] **INERIS DRC-02-37656-AIRE n°656b-MRa-Cfe, décembre 2002** - Aide à la définition d'une stratégie de surveillance de la qualité de l'air dans les zones habitées autour du CSG, DRIRE Antilles - Guyane.

[DR 4] **CSG-RP-S3X-9955-CNES** - Plan de mesures environnement Ariane 5 – Centre Spatial Guyanais.

[DR 5] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.

- [DR 6] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10932-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane V181 du 09 mars 2008 à 01h03 mn.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-10933-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V182 du 18 avril 2008 à 19h14 mn.
- [DR 10] **CSG- RP-S3X-10999-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V183 du 12 juin 2008 à 19h02 mn.
- [DR 11] **CSG- RP-S3X-11027-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane Vol 184 du 07 juillet 2008 à 18h47 mn.
- [DR 12] **CSG-RP-S3X-11105-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V185 du 14 août 2008 à 17h44 mn.
- [DR 13] **CSG-RP-S3X-11221-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V186 du 20 décembre 2008 à 19h35 mn.
- [DR 14] **CSG-NT-SPX-10843-CNES** - Plan de mesure Environnement au BEAP Essai ARTA 4
- [DR 15] **CSG-RP-S3X-10997-CNES** - Résultats du plan de mesure Environnement mis en place pour l'essai ARTA 4 au BEAP
- [DR 16] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 24525 / CSG093)** - Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2008.

- [DR 17] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 4700024525 / CSG093 du 28/05/2008)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2008.
- [DR 18] **Cabinet ECOBIOS** - Impact sur l'avifaune et suivi de la qualité écologique des écosystèmes – Présentation réalisée au SPPPI du 23 janvier 2009 à Kourou
- [DR 19] **Bureau d'études GEOTER (commande numéro 4700022399 / CSG093 du 27/09/2007 et commande n°4700023246 / CSG093 du 21/11/2007)** – Etude des mouvements vibratoires induits à Kourou et Sinnamary par le tir d'un lanceur Ariane 5 (rapport GTR/CNES/1207-428)
- [DR 20] **Bureau d'études GEOTER (commande numéro 4700023756 / CSG094 du 13/02/2008)** – Etude des mouvements vibratoires induits par le lancement d'Ariane 5 du 09 mars 2008 (rapport GTR/CNES/0408-461)

### **2.3. Gestionnaire technique du document**

Le Service Environnement et Sauvegarde Sol (SDP/ES) est le gestionnaire technique de ce document.

### 3. SIGLES ET DEFINITIONS

#### 3.1. Définitions

**Abondance** : Paramètre d'ordre quantitatif servant à décrire une population. Le dénombrement exhaustif d'une population animale ou végétale, est généralement impossible, d'où le recours à des indicateurs. Par extension, l'abondance désigne un nombre d'individus, rapporté à une unité de temps ou de surface, dans une catégorie donnée.

**Ichtyofaune** : Ensemble des poissons vivants dans un espace géographique ou un habitat déterminé.

**Rémiges secondaires** : Plumes latérales disposées le long du bord de fuite des ailes, entre le corps de l'oiseau et les rémiges primaires (les plus externes).

**Seuil des Effets Irréversibles (SEI)** : Concentration maximale de polluant dans l'air, pour une durée d'exposition donnée, au dessus de laquelle des effets irréversibles peuvent apparaître chez la plupart des individus d'une population exposée

**Seuil des Effets Létaux (SEL)** : Concentration maximale de polluant dans l'air, pour une durée d'exposition donnée, au dessus de laquelle on peut observer une concentration létale de 1% au sein d'une population exposée.

**Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS)** : Concentration, pour une durée d'exposition donnée, au dessus de laquelle on peut observer une concentration létale de 5% au sein d'une population exposée.

**Transect** : Série de relevés de terrain selon des lignes plus ou moins droites.

**Valeur Moyenne d'Exposition (VME)** : Valeur moyenne admise pour la concentration de substance toxique dans l'atmosphère d'un lieu de travail pour une durée de travail de 8 heures.

**Valeur Limite d'Exposition (VLE)** : Valeur maximale de concentration de substance toxique respirable pendant au plus 15 minutes dans l'atmosphère d'un lieu de travail sans risquer d'effets irréversibles pour la santé.

### 3.2. Sigles

Al	:	Aluminium
BAF	:	Bâtiment d'Assemblage Final
BEAP	:	Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre
Cl	:	Chlore
CL	:	Champ Lointain
CNES	:	Centre National d'Etudes Spatiales
CP	:	Champ Proche
CODEX	:	Collecte de Données Environnement Extérieur au CSG (Réseau de)
CSG	:	Centre Spatial Guyanais
DBO <sub>5</sub>	:	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
DM	:	« Demonstration Motor »
EAP	:	Etage d'Accélération à Poudre
ELA	:	Ensemble de Lancement Ariane
EPC	:	Etage Principal Cryogénique
EPS	:	Etage à Propergol Stockable
SDP/ES	:	Service Environnement et Sauvegarde Sol du Centre Spatial Guyanais
HCl	:	Acide Chlorhydrique
IRD	:	Institut de Recherche et Développement
LD	:	Limite de Détection
MES	:	Matières en Suspension
MMH	:	Mono Méthyl Hydrazine
MPS	:	Moteur à Propergol Solide
NaCl	:	Chlorure de Sodium
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	:	Hydrazine
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	:	Peroxyde d'Azote
NO <sub>x</sub>	:	Oxyde d'Azote
NRT	:	Réservoir de Transfert N
pH	:	Potentiel Hydrogène
ppm	:	partie par million

P80	:	Propulseur 80 tonnes
SARRIM	:	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
SCA	:	Système de Contrôle d'Attitude
SEI	:	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	:	Seuil des Effets Létaux
SES	:	Seuil des Effets Significatifs
SMEG	:	Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane
SPM	:	« Single Point Monitor »
URT	:	Réservoir de Transfert U
VLE	:	Valeur Limite d'Exposition
VME	:	Valeur Moyenne d'Exposition
ZL3	:	Zone de Lancement numéro 3

## 4. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT RÉALISÉES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5

### 4.1. *Rappels*

En 2008, six lancements Ariane 5 ont eu lieu. Les dates et heures de lancements sont les suivantes (en heure locale) :

- V181 : 09/03/2008 à 01h03 mn,
- V182 : 18/04/2008 à 19h14 mn,
- V183 : 12/06/2008 à 19h02 mn,
- V184 : 07/07/2008 à 18h47 mn,
- V185 : 14/08/2008 à 17h44 mn,
- V186 : 20/12/2007 à 19h35 mn.

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour chacun de ces lancements, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Ariane numéro 3 (ELA3) [DA 2].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 8, DR 9, DR 10, DR 11 et DR 12] seront présentés dans ce document. Cela comprend :

- la localisation de la zone de passage du nuage de combustion,
- la comparaison entre les différentes simulations des retombées atmosphériques,
- les mesures en continu de la qualité de l'air,
- les mesures des retombées chimiques particulières et gazeuses,
- les résultats d'analyses sur les eaux de carreaux de l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3) et sur les eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final (BAF),
- les résultats d'analyses sur la qualité des eaux de la crique Karouabo,
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur la végétation : analyse des eaux des premières pluies sous le couvert végétal (pluviolessivats),
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur l'avifaune,
- les résultats de la campagne de mesures des mouvements vibratoires induits à Kourou et à Sinnamary par les lancements Ariane 5.

## **4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion**

### **4.2.1. Au moyen des radiosondages**

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'*Annexe 1* (confer le *paragraphe 7.1* du présent document) présente les modélisations de la trace du nuage de combustion des EAP au sol réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM. Ces prévisions sont basées sur les données issues de radiosondages et permettent de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales (concentrations maximales calculées en champ lointain pour le gaz chlorhydrique et l'alumine).

Les données d'entrée pour les simulations SARRIM sont les suivantes :

- Les caractéristiques du propergol,
- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide d'un radiosondage.

On retiendra les conclusions suivantes :

- Les retombées particulières d'acide chlorhydrique et d'alumine pour le vol 181 sont orientées dans la direction du Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami) pour les basses couches. En ce qui concerne les hautes couches, les vents sont orientés vers le Nord-Ouest (en direction de la station de poursuite Diane). La vitesse moyenne des vents est, respectivement, de 8,4 m/s et de 7,1 m/s.
- Les retombées particulières d'acide chlorhydrique et d'alumine pour le vol 182 sont orientées dans la direction Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami) pour les basses et les hautes couches, avec des vitesses moyennes respectives de 8,1 m/s et de 7,7 m/s.
- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 183 sont orientées dans la direction Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami). Pour les basses couches de l'atmosphère, la vitesse moyenne des vents est de 6,5 m/s, alors que dans les hautes couches, elle est de 14,1 m/s.
- Les retombées particulières d'acide chlorhydrique et d'alumine pour le vol 184 sont orientées dans la direction de Sinnamary (pour les basses couches) et vers le Nord-Ouest pour les hautes couches (en direction de la station de poursuite Diane). Les vitesses moyennes respectives sont de 7,3 m/s et de 8,4 m/s.
- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 185 sont orientées vers l'Ouest pour les basses et les hautes couches (direction comprise entre la station de poursuite Diane et le site d'observation Agami). La vitesse moyenne des vents est de 4,7 m/s.

- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 186 sont orientées dans la direction Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami) pour les basses couches de l'atmosphère et vers Sinnamary pour les couches hautes couches, avec des vitesses moyennes respectives de 6,2 m/s et de 1,8 m/s.

La direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment et non pas aux grandes saisons pour l'année 2008. On constate, en effet, que le nuage a pris la même direction :

- la même direction sud-ouest (en direction du site d'observation Agami) en mars, en avril, en juin et en décembre,
- la direction de Sinnamary en juillet,
- et la direction intermédiaire Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la route de l'Espace) en août.

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des radiosondages et les mesures *in situ*, ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol du logiciel étaient en adéquation avec la réalité bien que les résultats des simulations soient majorants.

Ainsi, les maxima atteints simulés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.**

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m <sup>2</sup> )
VOL 181	2,69	12,20
VOL 182	1,90	8,84
VOL 183	1,38	6,32
VOL 184	1,53	9,29
VOL 185	4,12	10,80
VOL 186	1,59	7,72

Il est important de noter que les concentrations restent en dessous :

- de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique,
- de la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m<sup>2</sup> pour l'alumine sauf pour les vols 181 et 186.

Concernant plus particulièrement le gaz chlorhydrique, ces valeurs sont très éloignées du SEI (Seuil des Effets Irréversibles) de 30 ppm pour 30 min.

Par ailleurs, la modélisation au moyen du code de calcul SARRIM (à partir des résultats des radiosondages) surestime les concentrations du gaz chlorhydrique et de l'alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain.

#### 4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE

Compte tenu de l'horaire spécifique de lancement du vol 181 (H0 à 01h 03min, en heure locale) et afin d'optimiser l'emplacement des capteurs en champ lointain, des simulations SARRIM ont été effectuées avec les données prévisionnelles issues du logiciel ARPEGE pour le J0 à H0. Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes de l'année 2008.

Les données d'entrée pour ces simulations SARRIM supplémentaires sont les suivantes :

- Les caractéristiques du propergol,
- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide des données prévisionnelles issues du logiciel ARPEGE pour le J0 à H0.

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2008, l'analyse des différentes simulations a montré un écart de faible importance entre la direction des retombées calculée avec les radiosondages et celle calculée avec les prévisions issues d'ARPEGE (écart moyen de l'ordre de 17°). Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des données d'ARPEGE et les mesures *in situ*, ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol (direction) du logiciel étaient en adéquation avec la réalité.

Concernant les concentrations, les maxima atteints simulés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.**

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m <sup>2</sup> )
<b>VOL 181</b>	3,63	16,70
<b>VOL 182</b>	1,86	11,40
<b>VOL 183</b>	2,74	11,80
<b>VOL 184</b>	3,00	3,99
<b>VOL 185</b>	2,10	10,00
<b>VOL 186</b>	3,37	21,00

Les concentrations restent en dessous :

- de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique,
- de la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m<sup>2</sup> pour l'alumine uniquement pour le vol 184.

La modélisation au moyen du code de calcul SARRIM (à partir des données issues d'ARPEGE) surestime très largement les teneurs en gaz chlorhydrique et en alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain mais aussi par rapport aux simulations réalisées à partir des résultats issus des radiosondages.

### **4.3. Mesures en continu de la qualité de l'air**

Pour chaque lancement, un réseau de Collecte de Données Environnement Extérieur au CSG nommé CODEX est activé. Ce dispositif vise à détecter trois types de polluants gazeux : l'acide chlorhydrique, le peroxyde d'azote et les produits hydrazinés par l'intermédiaire d'analyseurs « Single Point Monitor » (de type « Zellweger »).

La mise en place de ce réseau de détection est une obligation de l'Arrêté d'Exploiter l'ensemble ELA3.

**Remarque :** Les cassettes analytiques du peroxyde d'azote et des produits hydrazinés sont systématiquement activées, mais ne servent qu'en cas de fonctionnement dégradé du lanceur.

Ce réseau est composé de vingt quatre systèmes de détection disposés de façon fixe sur l'ensemble des villes de Kourou et de Sinnamary, sur les sites d'observation dédiés au public et sur le Centre Technique du CSG.

D'autre part, cinq appareils « Zellwegers » sont positionnés de manière mobile en fonction de la modélisation de dispersion du nuage issu de la combustion des EAP.

Les mesures en continu de la qualité de la pollution gazeuse en acide chlorhydrique, en peroxyde d'azote et dioxyde de carbone ont montré :

- Pour les vols 182 et 183 (avril et juin), qu'aucun des trois gaz suivis n'a fait l'objet d'une détection par les appareils de mesure.
- Pour les vols 181, 184 et 186 (mars, juillet et décembre), que le « Zellweger » mobile n°1, situé sur le chemin de ronde, a détecté une pollution en gaz chlorhydrique, quelques secondes après le H0. Environ 10 minutes après le H0, les concentrations en HCl sont redevenues inférieures au seuil de quantification.
- Pour le vol 185 (août), deux « Zellwegers » (les mobiles n°1 et 2) ont détectés une pollution en gaz chlorhydrique quelques secondes après le H0 (pic de 7,6 ppm pour le « Zellweger n°1 » et de 15 ppm pour le n°2). Ces appareils ont respectivement été installés à des distances de 400 mètres (point d'échantillonnage CP1) et 478 mètres (point d'échantillonnage CP4) par rapport au pas de lancement d'Ariane 5, sur le chemin de ronde.

#### **Remarques:**

- 1) Pour le vol 185, un problème d'acquisition du système est survenu (de 10h33 à 18h01 le 14 août 2008) engendrant, par conséquent, une perte de données durant les 17 premières minutes après le H0.
- 2) Pour le vol 186, suite à un problème d'acquisition du système quelques heures avant le lancement, le « Zellweger » n°2 n'a pu enregistrer aucune donnée. Par ailleurs, aucune intervention n'a pu être réalisée en raison des activités dangereuses déroulées sur le lanceur à ce moment de la chronologie.

En conclusion, seuls les appareils situés en champ proche, à moins de 1 kilomètre ont détecté la présence d'HCl.

#### **4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières en champ proche et en champ lointain**

##### 4.4.1. Objectif

Les mesures des retombées chimiques particulières ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques issues de la combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) lors des lancements Ariane 5.

Pour cela, le dispositif mis en oeuvre a pour but de mesurer les retombées sédimentables réalisées à l'aide de quarante cinq pièges à eau disposés à 1,50 mètres de hauteur (conformément à la norme AFNOR NF X 43-006).

L'ensemble des résultats présentés ci-dessous est issu de l'analyse de ces bacs à eau.

##### 4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable

En champ proche, les retombées en alumine particulaire se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 3*). Pour V186, les concentrations en champ proche en alumine sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées sur cette zone. Ces teneurs sont sensiblement plus importantes que celles relevées en champ lointain.

**Tableau 3 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.**

Vol	181	182	183	184	185	186
<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	21,57	100,59	46,07	30,41	84,68	7,76
<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	360	390	280	340	400	832
<b>Localisation</b>	CP1 - chemin de ronde	CP2 - chemin de ronde	CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde	CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde	CP1 - chemin de ronde	CP7 - sur le chemin de ronde

En champ lointain, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques (confer le *Tableau 4*).

**Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.**

Vol	181	182	183	184	185	186
<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	1,01	6,61	0,684	< 0,93	3,49	2,14
<b>Distance de la ZL3</b>	14 540 m	2 680 m	17 230 m	à partir de 440 m	9 650 m	13 920 m
<b>Localisation</b>	CL21 - route nationale n°1	CL34 - à mi-chemin entre la piste Agami et la crique Karoubo	CL25 - route nationale 1	Tout le champ lointain	CL14 - piste Agami	CL19 - piste Agami

#### 4.4.3. Résultats pour les retombées particulaires en ions chlorures

En champ proche, les retombées particulaires en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 5*). Pour V186, les concentrations en champ proche en ions chlorures sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées sur cette zone. Ces teneurs sont sensiblement plus importantes que celles relevées en champ lointain.

**Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.**

Vol	181	182	183	184	185	186
<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	3 286,30	6 959,80	10 398,30	4 623,71	5 136,20	209,76
<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	360	390	280	260	340	236
<b>Localisation</b>	CP1 - chemin de ronde	CP2 - chemin de ronde	CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde	CP2 - chemin de ronde	CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde	CP2 - chemin de ronde

En champ lointain, comme pour l'alumine, les concentrations en chlorures les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques (confer le *Tableau 6*).

**Tableau 6 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.**

Vol	181	182	183	184	185	186
<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>3</sup>)</b>	113,40	144,10	44,47	193,70	89,84	51,30
<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	14 540	26 020	2 590	13 360	2 720	1 592
<b>Localisation</b>	CL21 - route nationale 1	CL6 - gendarmerie de Sinnamary	CL34 - route de l'Espace	CL16 - Piste Agami	CL30 - route de l'Espace	CL08 - parking de l'ancienne route nationale 1

Il a été observé, au vu des résultats 2008, qu'en bord de mer, le dépôt sec des aérosols marins décroît très vite en fonction de la distance à la côte. L'influence de ces aérosols est variable car l'intensité de la source de particules marines est directement liée à la force du vent à la surface de la mer. Ces dépôts peuvent donc être plus ou moins importants selon les variations saisonnières de l'intensité du vent mais aussi de la salinité de l'eau de mer. Il est à noter que cette influence reste faible au CSG, quand il ne pleut pas. Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte restent influencés par l'air marin et c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations. Ce phénomène est régulièrement observé sur le point CL6 (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve).

#### 4.4.4. Conclusions générales sur les retombées chimiques

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 181, 182, 183, 184, 185 et 186 n'ont pas montré de particularités par rapport aux autres lancements. Les concentrations sont toutefois variables en fonction de la position des capteurs et en fonction des conditions météorologiques, mais celles-ci restent toutes inférieures aux valeurs seuils réglementaires applicables.

### 4.5. Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo

#### 4.5.1. Objectif

Positionné sur le pont de la crique Karouabo à environ 1,5 km de la zone de lancement, le préleveur automatique a été mis en place la veille du lancement V186. L'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Le *Tableau 7* présente les résultats obtenus pour le vol 186.

#### 4.5.2. Résultats

Il est à noter qu'en 2008, une seule campagne de suivi de la qualité des eaux a eu lieu (en saison des pluies). En effet, une 1<sup>ère</sup> campagne devait avoir lieu pour le vol 185 (saison sèche). Suite à un problème technique, un seul prélèvement avait été réalisé. Ce dernier n'étant pas représentatif de la qualité du cours d'eau, cette campagne a été reconduite au lancement suivant (vol 186).

**Tableau 7 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 186 (décembre).**

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en µS/cm à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	6,43	37,33	8,33	4,54	0,12
Ecart type	0,24	1,18	0,60	0,24	0,048
Nombre de mesures	24	24	24	24	24

#### 4.5.3. Conclusions générale sur la qualité des eaux de la crique Karouabo

Les analyses réalisées sur les prélèvements montrent que :

- le pH et la conductivité restent constants au cours du temps. Aucune diminution du pH n'est observée après les lancements,
- les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

En conclusion, le suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface de la crique Karouabo à partir des prélèvements semi continus n'indique aucune modification des divers paramètres suivis au cours de la phase de prélèvement. Par conséquent, les mesures ne montrent pas de modifications directement attribuables aux lancements d'Ariane 5.

Les résultats sont d'ailleurs conformes à la qualité générale des eaux douces de Guyane, à savoir que les eaux sont acides et faiblement conductrices.

## **4.6. Mesures de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines**

### 4.6.1. Objectifs du suivi

Les mesures effectuées sur la qualité des eaux de surface et souterraines ont pour but de connaître l'évolution à long terme des caractéristiques physico-chimiques des eaux à proximité de la ZL3.

### 4.6.2. Localisation des points de prélèvements

Les points de prélèvement se trouvent à trois lieux différents :

- **la zone 48** située sur le chemin de ronde à proximité de la ZL (en aval de la ZL3),
- **la zone 53** située à 150 m de la ZL dans le dévers (en aval de la ZL3),
- **la zone du BAF**, à 50 m environ du bâtiment du même nom (amont de la ZL3).

Chaque point dispose d'un système de prélèvement des eaux de surface ainsi que d'un système de prélèvement des eaux profondes (piézomètres).

### 4.6.3. Résultats du suivi des eaux de surface et souterraines

Compte tenu du devenir des eaux de process du BAF (envoi en traitement en métropole) et de la conformité du rejet des eaux des carneaux de la ZL3, aucune campagne de prélèvement des eaux souterraine n'a été réalisée en 2008.

#### **4.7. Mesures de la qualité de l'eau des carneaux de l'Ensemble de Lancement numéro 3 et des neutraliseurs du Bâtiment d'Assemble Final**

##### 4.7.1. Objectifs

Ce type de mesures a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF soit conforme à la réglementation avant de procéder à leur rejet dans le milieu naturel. Ces mesures sont spécifiées par l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter l'ELA3 [DA1, DA3]. En effet, l'article 9 impose le contrôle systématique, avant tout rejet, des Matières En Suspension Totales (MEST), de la Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de l'azote total, de l'aluminium, des nitrites et des composés hydrazinés.

En conséquence, les effluents aqueux du BAF (deux fois 3 m<sup>3</sup>) et les eaux des carneaux du pas de tir Ariane 5 (environ 1000 m<sup>3</sup>) sont analysés, traités en cas de non-conformité à la réglementation puis rejetés dans le milieu naturel, lorsque ceux-ci sont conformes.

##### 4.7.2. Résultats des analyses

###### 4.7.2.1. Eaux des carneaux

Après traitement à la soude des eaux des carneaux, les analyses des paramètres demandés réglementairement sont effectuées par le laboratoire SNECMA situé sur le Centre Spatial Guyanais, Port spatial de l'Europe. Le *Tableau 8* regroupe l'ensemble des teneurs mesurées après traitement dans les échantillons avant leur rejet dans le milieu naturel.

**Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA3 avant rejet au milieu naturel.**

PARAMETRE	UNITE	SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE DANS L'ARRETE PREFECTORAL	V181	V182	V183	V184	V185	V186
<b>pH</b>	unité pH	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	7,0	6,4	7,1	6,8	6,9	6,5
<b>MEST</b>	mg/l	≤ 35	11	5,5	24,1	6,5	9,1	21
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	≤ 25	< 3	< 0,5	< 3	< 3	0,6	< 0,5
<b>DCO</b>	mg O <sub>2</sub> /l	≤ 125	45	30	< 30	< 30	< 30	< 30
<b>Azote Total</b>	mg/l	≤ 30	1,2	< 1	1,5	2,0	0,8	1,2
<b>Aluminium</b>	mg/l	≤ 5	< 1	< 0,5	2,9	< 1	< 1	0,3
<b>Indice hydrocarbure</b>	mg/l	≤ 10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>Produits hydrazinés</b>	mg N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /l	≤ 1	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
<b>Couleur</b>	mg/Pt/l	*	-	-	-	-	-	-
<b>Nombre de jours avant analyse</b>			10	11	8	15	7	6

\* : L'arrêté d'exploiter spécifie une modification de la coloration du milieu récepteur mesurée en un point représentatif de la zone de mélange inférieure à 100 mg/Pt/l.

**Remarque :** Pour des raisons techniques (panne de l'appareillage, etc.), l'analyse de la couleur n'a pas été réalisée.

#### 4.7.2.2. Eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final

Deux types d'échantillons sont prélevés au niveau des neutraliseurs du BAF :

- les échantillons URT correspondant aux eaux des remplissages du Système de Contrôle d'Attitude (SCA) et de l'Etage à Propergol Stockable (EPS) en Mono Méthyl Hydrazine (MMH).
- les échantillons NRT correspondant aux eaux des remplissages de l'EPS en peroxyde d'azote.

Seul le lanceur du vol 181 était de type ES. De ce fait, il y a eu une production d'eaux de process (uniquement pour ce lancement). Néanmoins, ces eaux ont été collectées depuis les réservoirs NRT 202 et URT 302, et conditionnées suivant les prescriptions réglementaires en vigueur. Elles ont, par la suite, été envoyées en traitement en France métropolitaine dans un centre agréé.

Pour les cinq autres vols, il n'y a pas eu de production d'eaux de process (Ariane 5 de type ECA).

#### 4.7.3. Conclusions générales sur la qualité des eaux des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF

Pour tous les lancements, les eaux de carneaux présentent des teneurs conformes aux spécificités de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ensemble de lancement N°3 avant leur rejet dans le milieu naturel .

En 2008, aucun rejet d'eaux de process du BAF vers le milieu naturel n'a été réalisé.

### 4.8. *Mesure de la qualité des sédiments*

#### 4.8.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 **[DA1]**, des analyses des métaux et substances minérales dans la couche superficielle des sédiments doivent être réalisées une fois par an.

L'objectif de la mesure de la qualité des sédiments est de qualifier et quantifier l'éventuel impact des activités de la base spatiale, en particulier les lancements Ariane 5 (à l'origine des productions d'alumine et d'acide chlorhydrique) sur les sols et les sédiments des criques sous le vent des installations. Les mesures effectuées portent à la fois sur des mesures physico-chimiques des eaux et sur les sédiments.

#### 4.8.2. Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium

La nature des sols en Guyane est à dominante argilo latéritique. Le substrat est donc riche en argile et en oxydes notamment en alumine ( $Al_2O_3$ ). Des études ont été menées par l'Institut de Recherche et de Développement (IRD) sur la zone littorale entre les villes de Cayenne et de Kourou. Elles ont montré que l'alumine pouvait entrer en moyenne à hauteur de 20 % dans la composition du sol.

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en raison de leur caractère acide naturel. A cela, il faut ajouter le degré d'agressivité des sols (argilite) très important. Ces facteurs corrosifs entraînent un lessivage des sols, et donc, la dissolution d'éléments mobiles à très mobiles tels que (Mg, Zn, Cd, Al). Le potentiel de transfert élevé de l'aluminium fait qu'il se décompose assez facilement en ions  $Al^{3+}$  ou en ions hydroxylés  $Al(OH)_n$ . Ces derniers sont alors solubilisés et transportés sous forme hydrique vers des horizons d'accumulation ou sont complexés dans le sol. Les ions  $Al^{3+}$ , fixés par le complexe absorbant, peuvent s'hydroxyler ou se polymériser en donnant des hydroxydes colloïdaux. Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer *Tableau 9*).

**Tableau 9 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.**

VALEUR DE pH	CARACTERISTIQUES DE MOBILITE ET DE SPECIATION
pH < 5,5	Al <sup>3+</sup> échangeable et très mobile
5,5 < pH < 8,0	Al <sup>3+</sup> très peu mobile
pH > 8,0	Une partie de l'aluminium des hydroxydes est soluble sous forme d'ions aluminate

#### 4.8.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 1<sup>er</sup> au 3 avril 2008 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la Karouabo [DR 16]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

#### 4.8.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques, à chaque zone (amont et aval) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 10*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

**Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury, Karouabo et des Pères.**

LIEU DE PRELEVEMENT	PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE					
	pH (unité pH)	Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Oxygène dissous (mg/l)	Oxygène dissous (%)	Turbidité (NTU)
CRIQUE MALMANOURY	4,93	24,8	28	5,5	66	3,2
	5,00	29,1	28	6,4	65	3,5
CRIQUE KAROUABO	5,07	26,7	30	3,8	48	2,1
	5,15	25,7	30	2,0	25	1,9

Il est ainsi intéressant de noter que la plupart des paramètres physico-chimiques sont quasiment constants. La turbidité est toutefois différente entre les criques Malmanoury et Karouabo ; cette dernière présentant des valeurs plus faibles que celles obtenues pour la Malmanoury. Ce phénomène peut s'expliquer par un débit de l'eau plus faible sur la Karouabo que sur la Malmanoury, entraînant une sédimentation plus rapide des particules sur la Karouabo.

#### 4.8.5. Résultats des analyses pour les sédiments

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 11*).

**Tableau 11 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.**

PARAMETRE	CRIQUE KAROUABO					CRIQUE MALMANOURY				
	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2
pH unité pH	5,0	5,2	5,0	5,0	5,3	5,0	4,8	5,0	5,2	4,8
Aluminium mg/Kg MS	8 145	8 540	8 510	9 600	15 600	24 080	21 360	11 200	14 880	15 780
Baryum mg/Kg MS	16	15	4	13	67	38	36	21	23	37
Calcium mg/Kg MS	121	102	101	136	1 390	151	154	142	154	167
Cadmium mg/Kg MS	< 0,1	0,1	1,3	0,16	0,25	< 0,1	0,10	< 0,1	0,30	0,12
Chrome mg/Kg MS	< 1	< 1	1,1	1,1	2,7	17	18	11	22	16
Cobalt mg/Kg MS	6,8	9	7,1	12	17	< 1	1,2	1,2	2,9	2,9
Cuivre mg/Kg MS	< 1	< 1	< 1	2,5	7,5	1,8	3,2	1,3	3,9	3,2
Fer mg/Kg MS	5 920	6 910	8 770	9 600	17 860	2 610	5 370	4 720	18 970	9 560
Magnésium mg/Kg MS	200	202	206	252	924	343	422	520	795	1330
Manganèse mg/Kg MS	3,5	3,5	4,1	5,5	39	7	11	11	19	28
Molybdène mg/Kg MS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nickel mg/Kg MS	1,2	1,3	1,4	1,4	4,3	3,2	3,7	3	6,2	6,5
Plomb mg/Kg MS	6,1	7,8	7,3	2	13	13	14	10	24	14
Potassium mg/Kg MS	266	303	241	481	1 095	476	476	380	971	792
Sélénium mg/Kg MS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Zinc mg/Kg MS	5,7	4,7	5,1	8,4	22	6,9	8	8	15	17
Mercuré mg/Kg MS	0,06	0,08	0,10	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02

AM = Amont du pont AV = Aval du pont

Il est ainsi intéressant de noter que certains paramètres restent inférieurs aux limites de détection des appareils de mesures tels que le sélénium ou le molybdène.

D'autres sont relativement constants quel que soit le lieu de prélèvement comme par exemple le pH ou les concentrations en zinc, en mercure, en cuivre et en magnésium.

Les concentrations en aluminium, en baryum, en calcium, en chrome, en cuivre, en manganèse, en nickel et en plomb et en potassium sont d'autre part plus élevées dans la crique Malmanoury que dans la Karouabo.

D'une manière générale, il n'existe pas de variation marquée entre les points amont et ceux situés en aval, et cela quel que soit la crique étudiée. Seul le prélèvement AV2 de la crique Karouabo voit ses teneurs en métaux fortement augmenter.

Le *Tableau 12* donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les deux criques échantillonnées.

**Tableau 12 : Moyenne et écart type des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo**

PARAMETRE	CRIQUE KAROUABO		CRIQUE MALMANOURY	
	M	$\sigma$	M	$\sigma$
pH	5,10	0,1	4,96	0,1
Aluminium	10 079	2803	17 460	4 641
Baryum	23	22	31	7
Cadmium	0,45	0,57	0,17	0,1
Calcium	370	510	154	8,0
Cobalt	10,4	3,8	2,1	0,9
Chrome	1,6	0,8	16,8	3,5
Cuivre	5,0	2,5	2,7	1,0
Fer	9 812	4230	8 246	5 817
Magnésium	357	284	682	358
Manganèse	11,1	14,0	15,2	7,5
Molybdène	< 5	0,0	< 5	0,0
Nickel	1,9	1,2	4,5	1,5
Plomb	7,2	3,5	15,0	4,7
Potassium	477	320	619	224
Sélénium	< 5	0,0	< 5	0,0
Zinc	9,2	6,5	11,0	4,2
Mercure	0,07	0,02	0,05	0,01

M = moyenne

$\sigma$  = écart-type

#### 4.8.6. Conclusions

Il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la proportion associée à l'impact des lancements. En effet, à la sortie de la tuyère, l'aluminium est essentiellement sous forme de particules d'alumine  $Al_2O_3$  qui est un minéral peu soluble, comme la part d'aluminium présent dans les sols guyanais. Il se produira les mêmes phénomènes de dissolution.

Un ensemble de processus peut limiter l'acidification et les teneurs en aluminium dans les compartiments sol et eau des écosystèmes.

Ces processus sont :

- la dilution, la neutralisation de l'acidité du milieu par les anions organiques,
- les échanges d'ions hydrures ( $H^+$ ) avec les ions potassium, calcium et magnésium,
- la dissolution de kaolinite,
- la complexation d'aluminium par les molécules organiques après passage des polluants en eau libre et des échanges d'ions hydrures ( $H^+$ ) avec les ions potassium, calcium et magnésium,
- la néoformation de la kaolinite.

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo et Malmanoury, un certain nombre de ces processus agiront sur les polluants générés par les lancements.

La vase sédimentée dans le fond des marais ou en suspension, par les minéraux qu'elle contient, peut avoir, comme le sol, une certaine capacité à neutraliser les  $H^+$ . Hors, le devenir des particules d'alumine et de l'aluminium dissous déjà très présent dans le milieu dépend essentiellement du pH.

L'étude « impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel » (rapport 01/CNES/2129 - IRD) **[DR 2]** de janvier 2003 démontre que, pour déterminer au mieux l'apport en HCl et alumine lié au lancement Ariane 5, ce sont les mesures à partir des bacs à eau mis en place à chaque lancement et les prélèvements directs des eaux de rivières qui sont les plus représentatifs.

## **4.9. Résultats de l'étude des mouvements vibratoires induits à Kourou et à Sinnamary par les lancements Ariane 5**

### 4.9.1. Objectif de l'étude

Le Centre spatial guyanais s'est engagé, en 2007, dans une campagne de mesures des vibrations induites par les lancements d'Ariane 5 pour vérifier si ces vibrations étaient de nature à contribuer à l'endommagement du milieu construit dans les zones habitées proches (Kourou et Sinnamary). Cette démarche fait suite à une demande de la population lors d'une réunion d'information à Sinnamary en avril 2007 (Quels impacts ont les vibrations liées au lanceur sur les habitations ?).

Une première campagne de mesures a été effectuée par le bureau d'étude GEOTER lors du lancement du 14 novembre 2007 dans 3 bâtiments localisés au Centre Spatial, à Kourou et à Sinnamary [DR20].

Cette 2<sup>nde</sup> étude [DR20] avait pour but de compléter la 1<sup>ère</sup> campagne en :

- vérifiant les niveaux de vibrations à Kourou, à Sinnamary et au barrage de Petit Saut,
- évaluant la variabilité des niveaux d'un lancement à l'autre,
- appréciant l'atténuation des niveaux avec la distance.

Cette 2<sup>nde</sup> série de mesures de niveaux vibratoires a, elle aussi, été réalisée par le bureau d'études GEOTER (société d'expertise reconnue aussi bien au niveau national qu'international). Les mesures ont été effectuées pour le lancement V181 du 09 mars 2008, correspondant au lancement et à la mise en orbite de la charge utile la plus lourde de l'histoire d'Ariane 5.

### 4.9.2. Méthodologie et appareillage

#### 4.9.2.1. Méthodologie

La quantification des niveaux des vibrations émises par le lancement ARIANE 5 V181 a été effectuée en sept points de contrôle (confer *paragraphe 4.9.3* situé en page suivante du présent document), localisés à différentes distances de la zone de lancement (2 à 37 km) et suivant deux directions principales.

En premier lieu, une identification de différents sites de mesures a été réalisée pour choisir des points de contrôle correspondant à une localisation idéale des capteurs lors du lancement.

Les niveaux des vibrations ambiantes, à différentes périodes de la journée (en dehors du tir), ont été déterminés pour constituer un référentiel en situation courante. Les vibrations ont ensuite été enregistrées aux mêmes lieux, lors du lancement.

#### 4.9.2.2. Appareillage

La chaîne d'acquisition (confer *Figure 1*) utilisée pour enregistrer les vibrations générées par le lancement est composée de :

- sismomètres tri directionnels 1 seconde Lennartz ;
- stations d'acquisitions CityShark II de la marque LEAS.

Il est à noter que ces appareils d'acquisition peuvent enregistrer des vitesses de vibrations jusqu'à  $1,2 \cdot 10^{-2}$  m/s.

Par ailleurs, avant le lancement de V181, des mesures de bruit de fond sur l'ensemble des sites d'étude ont été réalisées.

**Figure 1** : Exemple de chaîne d'acquisition (à gauche : centrale d'acquisitions CityShark / à droite : sismomètre Lennartz) .



#### 4.9.3. Localisation des capteurs

Les sites où se sont réalisés les mesures sont les suivants (*Figure 2* en page suivante) :

- **DIAMANT** : localisé sur la zone de lancement des fusées Diamant à 1.8 Km de l'ELA3,
- **FUSEE-SONDE** : localisé sur la zone de lancement des fusées sondes à 5.4 Km de l'ELA3,
- **ROCHE-LENA** : localisé à proximité de la carrière de Roche Léna à 11.2 Km de l'ELA3,
- **PISTE AGAMI – RN1** : localisé au croisement de la piste Agami et de la RN1 à 14.9 Km de l'ELA3,
- **MAISON DES ROCHES** : localisé dans une maison de la Pointe des Roches à 17.6 Km de l'ELA3 (site commun à la campagne de mesure de novembre 2007),
- **HOTEL DU FLEUVE** : localisé dans l'hôtel du Fleuve, proche de Sinnamary, à 24.0 Km de l'ELA3,
- **PETIT-SAUT** : localisé au barrage de Petit Saut à 37 Km de l'ELA3.

**Remarque** : Le choix a été fait de placer un des points de contrôle au même lieu que lors de la précédente campagne, afin de comparer les niveaux entre les deux lancements V180 et V181.

#### 4.9.4. Résultats des mesures

##### 4.9.4.1. Niveaux atteints durant le lancement de mars 2008

Le *Tableau 13* (en page 37) présente les résultats obtenus pour V181.

Les traces des enregistrements réalisés lors du lancement du 9 mars 2008 mettent en évidence que le lancement génère des vibrations sortant du niveau de bruit de fond moyen pour tous les sites sauf pour le site du barrage de Petit Saut, où les vibrations générées par le lancement sont noyées dans les vibrations ambiantes.

Les vitesses et accélérations de vibrations maximales durant le lancement sont atteintes sur le site Diamant (le plus proche de l'ensemble de lancement Ariane 5).



**Tableau 13 : Niveaux maximums de vibrations enregistrés durant le lancement V181 (mars 2008) et rappel des valeurs de V180 (novembre 2007)**

SITE	DISTANCE PAR RAPPORT A LA ZL3 (km)	VITESSE MAXIMALE				ACCELERATION MAXIMALE				
		Direction Verticale (m/s)	Direction Nord (m/s)	Direction Est (m/s)	Maximum des 3 directions (m/s)	Direction Verticale (m/s <sup>2</sup> )	Direction Nord (m/s <sup>2</sup> )	Direction Est (m/s <sup>2</sup> )	Maximum des 3 directions (m/s <sup>2</sup> )	
V O L 1 8 1	DIAMANT	1,8	6,3E-04	6,1E-04	7,1E-04	7,1E-04	1,2E-01	1,2E-01	1,4E-01	1,4E-01
	FUSEE SONDE	5,4	1,4E-04	1,2E-04	1,1E-04	1,4E-04	4,3E-02	2,9E-02	1,9E-02	4,3E-02
	ROCHE LENA	11,2	3,7E-05	5,8E-05	9,2E-05	9,2E-05	8,5E-03	5,2E-03	7,5E-03	8,5E-03
	PISTE AGAMI -RN1	14,9	7,2E-05	1,1E-04	1,3E-04	1,3E-04	1,3E-02	1,4E-02	1,7E-02	1,7E-02
	MAISON DES ROCHES	17,6	5,4E-05	2,5E-05	3,2E-05	5,4E-05	1,0E-02	5,2E-03	5,9E-03	1,0E-02
	HOTEL DU FLEUVE	24,0	4,6E-05	2,4E-05	4,7E-05	4,7E-05	3,8E-03	2,0E-03	2,3E-03	3,8E-03
	BARRAGE DE PETIT SAUT*	37,0	6,0E-07	6,0E-07	6,0E-07	6,0E-07	1,4E-04	1,4E-04	1,4E-04	1,4E-04
V 1 O 8 L 0	BATIMENT URANUS	12,0	5,7E-04	2,3E-04	3,0E-04	5,7E-04	8,1E-02	2,3E-02	2,5E-02	8,1E-02
	MAISON DES ROCHES	17,6	1,8E-05	1,9E-05	1,0E-05	1,9E-05	4,9E-03	4,5E-03	2,5E-03	4,9E-03
	MAIRIE DE SINNAMARY	26,0	3,0E-05	2,1E-05	6,6E-05	6,6E-05	3,3E-03	2,4E-03	2,5E-03	3,3E-03

\* les résultats présentées sont les valeurs mesurées du bruit de fond du barrage

4.9.4.2. Evolution des niveaux par rapport au lancement du 14 novembre 2007

Le *Tableau 14* présente les évolutions entre les résultats obtenus pour V180 et ceux obtenus pour V181 sur un site commun aux 2 campagnes de mesures (la maison des roches à Kourou).

**Tableau 14 : Comparaison des niveaux de vibrations maximaux atteints pour les vols 180 et 181 à la Maison des Roches.**

VOL	VITESSE MAXIMALE			
	Direction Verticale (m/s)	Direction Nord (m/s)	Direction Est (m/s)	Maximum des 3 directions (m/s)
181	5,4E-05	2,5E-05	3,2E-05	5,4E-05
180	1,8E-05	1,9E-05	1,0E-05	1,9E-05
VOL	ACCELERATION MAXIMALE			
	Direction Verticale (m/s <sup>2</sup> )	Direction Nord (m/s <sup>2</sup> )	Direction Est (m/s <sup>2</sup> )	Maximum des 3 directions (m/s <sup>2</sup> )
181	1,0E-02	5,2E-03	5,9E-03	1,0E-02
180	4,9E-03	4,5E-03	2,5E-03	4,9E-03

Les niveaux de vibration enregistrés à la maison des roches durant le lancement du 9 mars 2008 (V181) sont de 1 à 3 fois supérieurs à ceux enregistrés durant le lancement du 14 novembre 2007 (V180).

Cet écart reste faible au regard des niveaux enregistrés et de la variabilité observée sur les différentes directions pour un même site. Néanmoins, il peut s'expliquer par l'augmentation de charge d'Ariane 5 entre les deux lancements, et donc de la puissance énergétique libérée lors du lancement.

Par ailleurs, sachant que l'ATV (V181) est la plus lourde charge utile jamais transportée dans toute l'histoire Ariane, il est raisonnable de penser que la puissance énergétique libérée pour ce lancement a été maximale. Il est donc vraisemblable de présumer que les niveaux de vibrations observés correspondent à des valeurs maximales.

4.9.4.3. Comparaison entre les enregistrements durant le lancement V181 et les enregistrements en situation courante

Le *Tableau 15* synthétise les niveaux de vitesse maximale enregistrés en situation courante sur des périodes d'une heure.

**Tableau 15** : Comparaison des niveaux observés durant le lancement et en situation courante.

	MAXIMUM OBSERVE DURANT LE LANCEMENT (m/s)	MAXIMUM OBSERVE EN SITUATION COURANTE (m/s)	VALEUR MOYENNE EN SITUATION COURANTE (m/s)
DIAMANT	7,1E-04	1,2E-04	6,0E-06
FUSEE SONDE	1,4E-04	1,2E-04	4,0E-06
ROCHE LENA	9,2E-05	7,1E-05	3,0E-06
PISTE AGAMI - RN1	1,3E-04	9,4E-04	1,0E-06
MAISON DES ROCHES	5,4E-04	2,4E-05	8,0E-07
HOTEL DU FLEUVE	5,4E-04	6,2E-05	3,0E-06
BARRAGE DE PETIT SAUT	Pas d'observations	6,0E-07	6,0E-07

**Remarque** : Les enregistrements en situation courante ont été réalisés en continu depuis la veille du lancement jusqu'à son lendemain pour tenir compte des variations de l'activité anthropique humaine et naturelle en fonction des heures de la journée.

Il apparaît que :

- les pics maximaux observés en période normale présentent des variations importantes (facteur supérieur à 1000) suivant le site considéré. En effet, la proximité d'activité anthropique comme la circulation routière génère des pics de vibration importants (Piste Agami - RN1). Alors que pour des sites calmes comme Petit Saut, les pics maximaux sont de faible amplitude.
- les pics maximaux observés en situation courante peuvent atteindre (et dépasser) ceux générés par le lancement pour des sites moyennement éloignés (distance supérieure à 5 km de la zone de lancement).
- à Petit Saut, l'activité ambiante couvre les vibrations émises par le lancement,

#### 4.9.4.4. Comparaison entre les niveaux vibratoires émis par le lancement V181 et les niveaux réglementaires

Les niveaux enregistrés lors du lancement V181 montrent :

- pour les sites situés à une **distance inférieure à 2 km de la zone de lancement** (notamment Diamant), des valeurs inférieures aux seuils réglementaires d'un facteur compris entre 5 et 10.
- pour les sites situés à **plus de 2 km de la zone de lancement** (tous les autres points de contrôle), les valeurs enregistrées sont inférieures d'un facteur supérieur à 10.

**Remarque** : Les seuils réglementaires sont ceux issus de la réglementation relative à l'exploitation des carrières et de la réglementation relative à l'exploitation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

#### 4.9.4.5. Loi d'atténuation des niveaux de vibration

L'objectif était de déterminer l'atténuation du niveau de vibration en fonction de la distance à la zone de lancement.

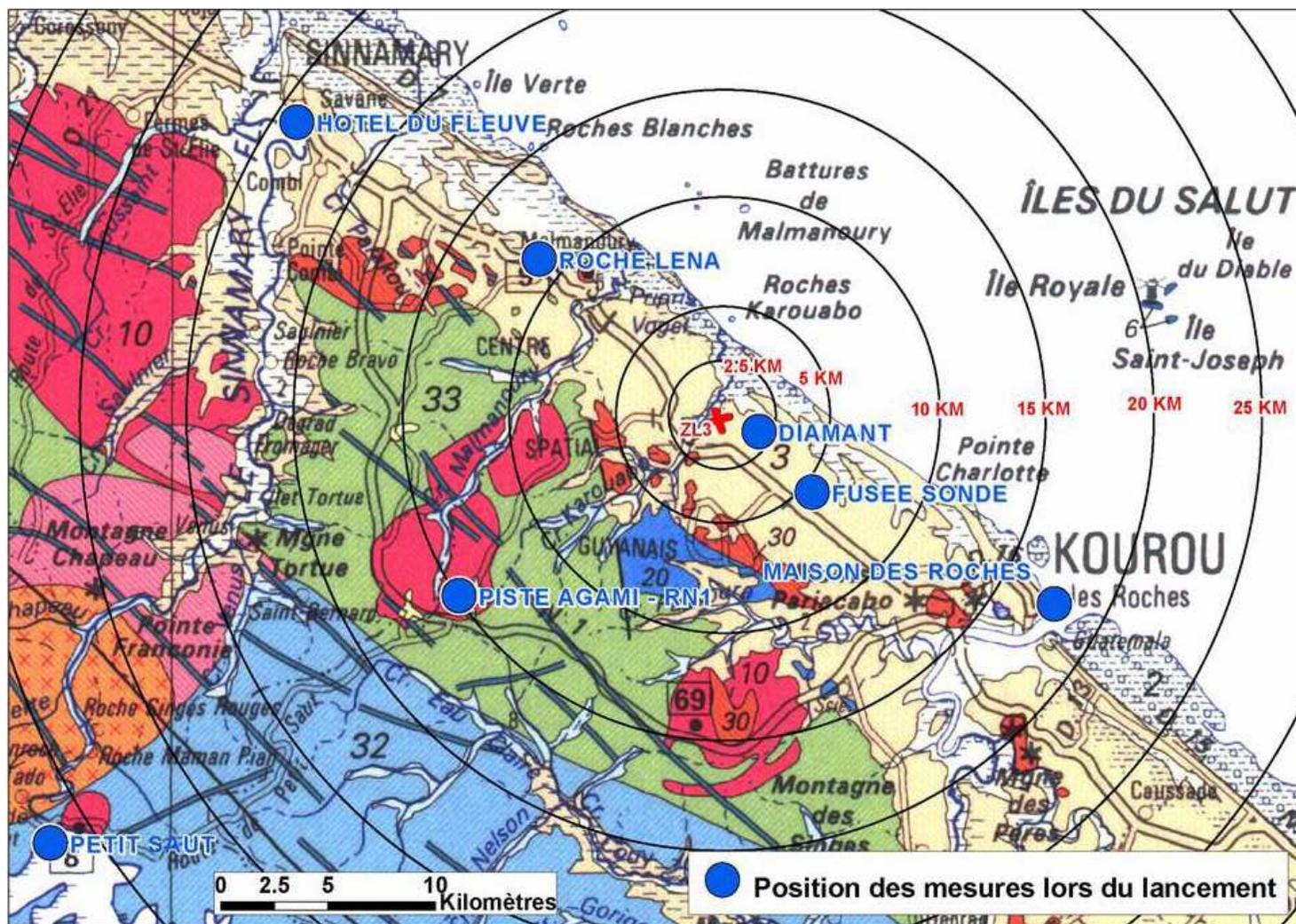
- **Homogénéité spatiale de l'atténuation**

La disposition des points de contrôle le long des deux transects (parallèle et perpendiculaire à la côte), permet de vérifier l'homogénéité spatiale de l'atténuation des niveaux de vibration suivant ces deux directions. En effet, la *Figure 3* (présentée en page suivante) montre une orientation préférentielle des structures parallèlement à la côte.

Le *transect parallèle* à la côte est composé des points de mesures situés sur Diamant; sur Fusée Sonde, au niveau de la maison Des Roches (Kourou) et de l'hôtel du Fleuve (Sinnamary).

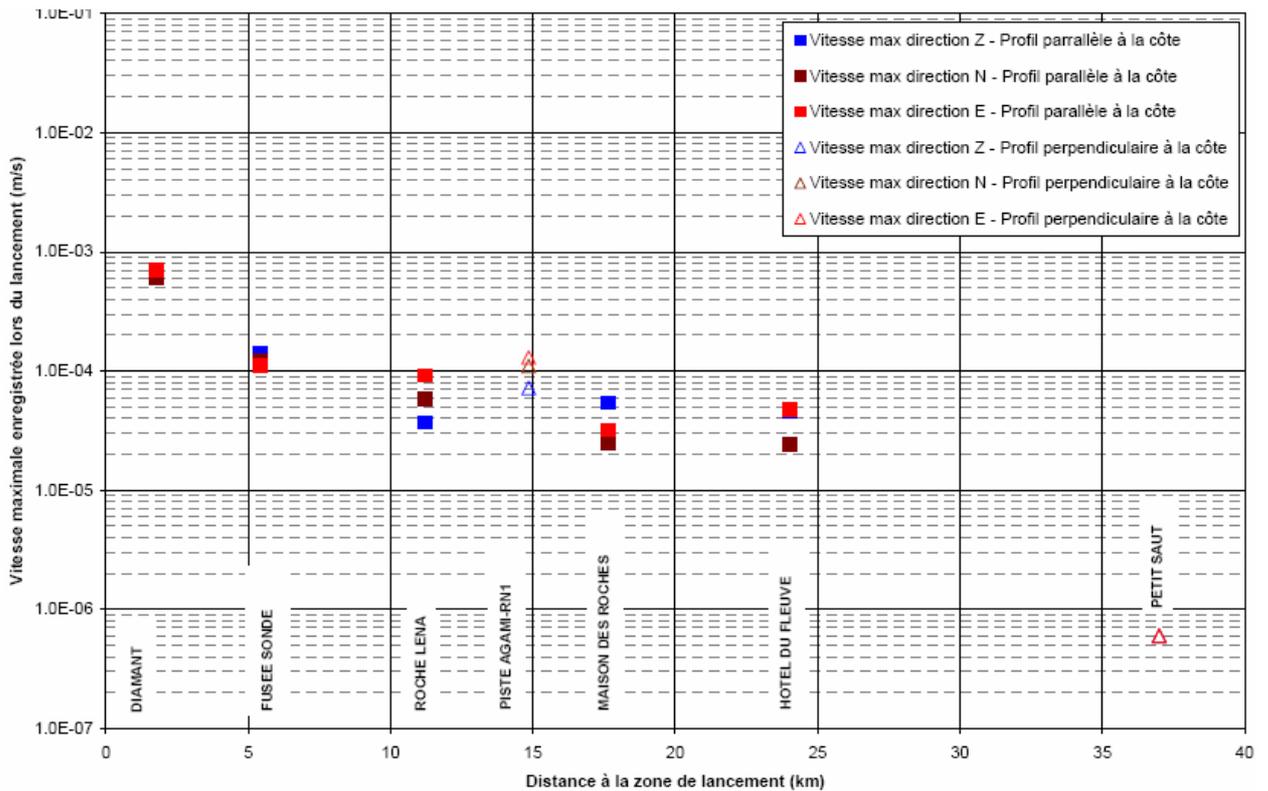
Le *profil perpendiculaire* à la côte est composé des points de contrôle suivants : Piste Agami - RN1 et Petit Saut.

**Figure 3 : Carte géologique montrant la localisation des capteurs pour le lancement V181.**



La Figure 4 est une représentation graphique des niveaux maximaux de vibrations en fonction de la distance à la zone de lancement pour les deux profils.

**Figure 4 : Evolution des niveaux de vibrations en fonction de la distance à la zone de lancement suivant les 2 transects (parallèle et perpendiculaire)**



Ce graphique met en évidence que l'orientation privilégiée des structures géologiques ne semblent pas influencer sur l'atténuation des niveaux de vibration suivant l'orientation du transect (compte tenu des observations disponibles et du niveau de précision de l'étude).

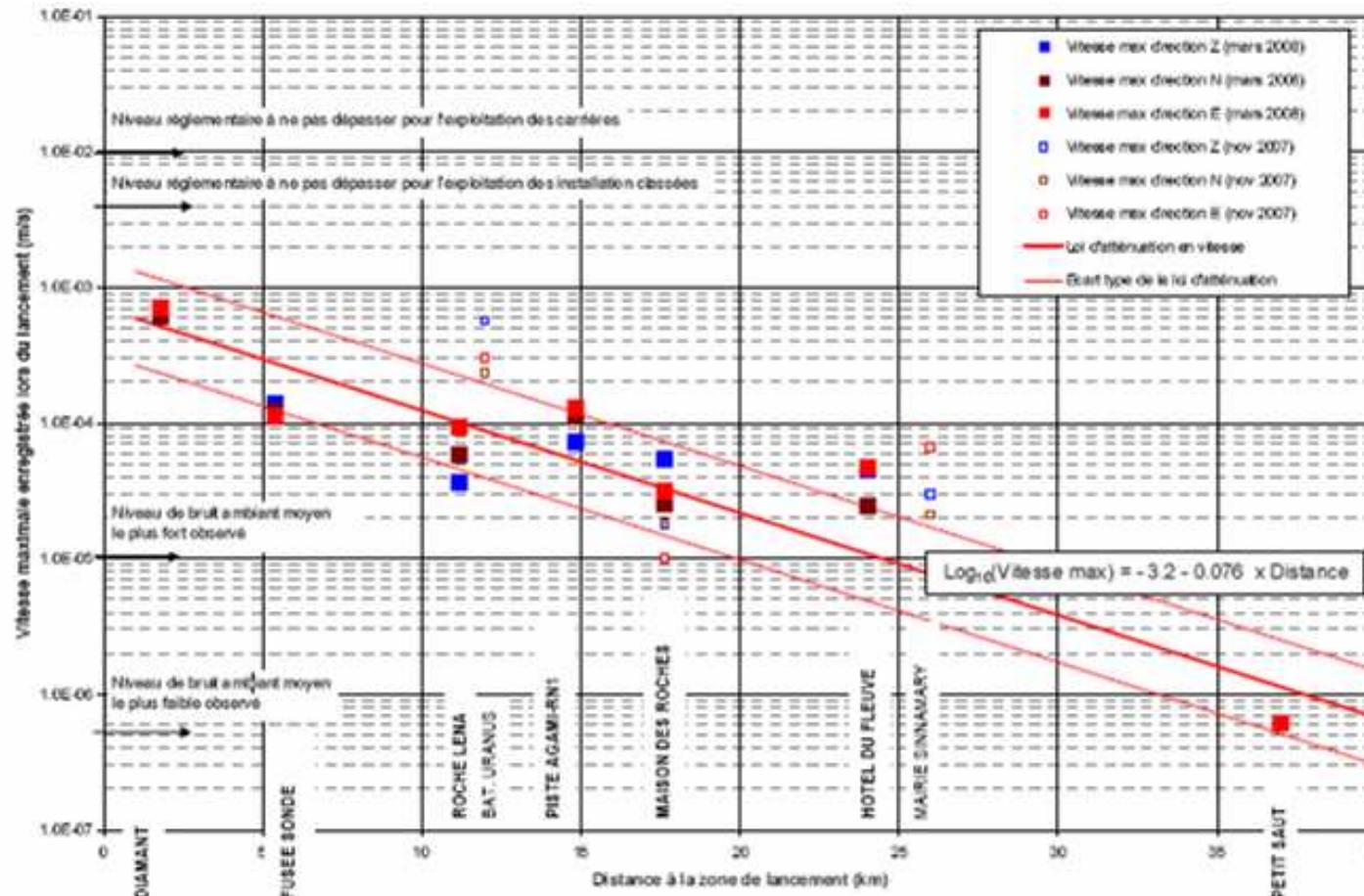
▪ **Définition d'une loi d'atténuation spécifique au lancement**

A partir des niveaux mesurés au paragraphe 4.9.4.1 du présent document (confer le *Tableau 13* en page 37), on peut déduire les paramètres d'une loi d'atténuation des vibrations en fonction de la distance (modèle du type logarithme linéaire utilisé pour représenter l'atténuation des ondes sismiques) pour des vibrations exprimées en vitesse (confer l'*Equation 1* et la *Figure 5*) ou en accélération (confer l'*Equation 2* et la *Figure 6*).

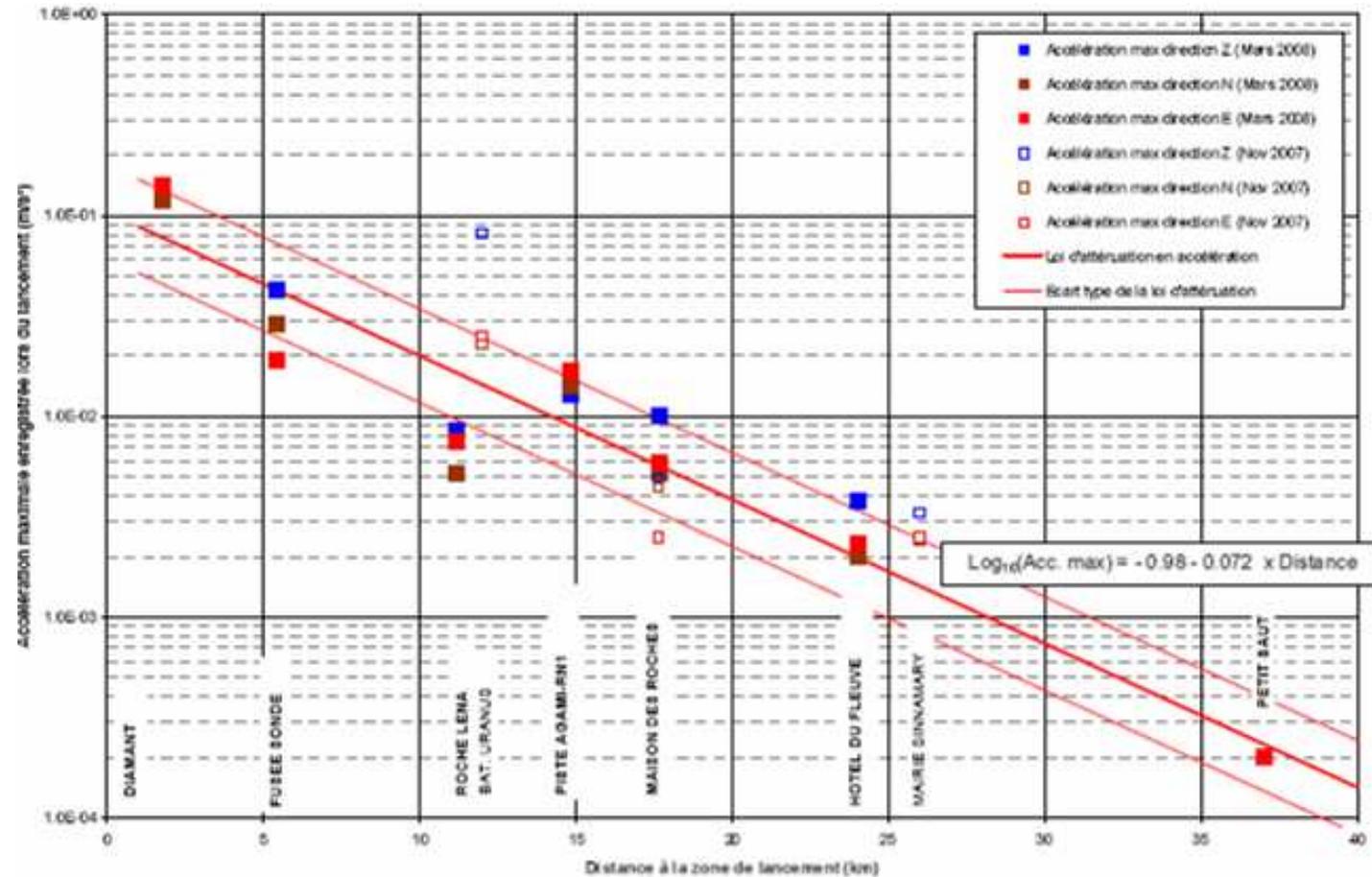
**Équation 1 : Loi d'atténuation des vibrations (exprimées en vitesse) en fonction de la distance.**

$$\log_{10}(\text{vitesse maximale}) = -3,2 - 0,076 \times \text{Distance} \quad (\pm \sigma = 0,35)$$

**Figure 5 : Evolution des niveaux de vibrations exprimés en vitesse en fonction de la distance à la zone de lancement pour les lancements de novembre 2007 et de mars 2008.**



**Figure 6 : Evolution des niveaux de vibrations exprimés en accélération en fonction de la distance à la zone de lancement pour les lancements de novembre 2007 et de mars 2008.**



**Équation 2 : Loi d'atténuation des vibrations (exprimées en accélération) en fonction de la distance.**

$$\log_{10}(\text{accélération maximale}) = -0,98 - 0,072 \times \text{Distance} \quad (\pm \sigma = 0,23)$$

Avec :

- « Distance » exprimée en kilomètre (km),
- « Vitesse maximale » exprimée en m/s,
- « Accélération maximale » exprimée en m/s<sup>2</sup>.

Cette fonction analytique introduit l'écart type  $\sigma$  le plus faible pour les données observées. Il est à noter que ce dernier reste cohérent avec la variabilité observée en un même point de contrôle pour des directions différentes.

**Remarque :** Comme le niveau de vibration généré par le lancement ne sort pas du bruit ambiant au point de contrôle de Petit Saut, le niveau des vibrations ambiantes a été utilisé dans la définition des paramètres de la loi d'atténuation. Cette valeur représente donc un niveau maximal possible à cette distance de la zone de lancement et permet de contraindre la loi d'atténuation à grande distance.

#### 4.9.5. Conclusions

La méthode d'analyse a été mise en oeuvre pour déterminer les niveaux de vibrations à partir desquels des états de dommages légers et modérés pourraient être générés.

L'étude met en évidence que le lancement d'Ariane 5 génère des vibrations qui sortent du niveau moyen de vibrations anthropiques et sont perceptibles jusqu'à des distances supérieures à 25 km (Hôtel du Fleuve). En effet, l'analyse des enregistrements met en évidence que le lancement V181 génère des vibrations qui peuvent être du même ordre de grandeur que celles observées lors du passage d'un véhicule à proximité (une dizaine de mètres environ) du capteur.

Il est important de noter que les vibrations générées par les lancements Ariane 5 ne sont plus perceptibles à partir de distances de 35 km (Petit Saut). Ces dernières sont noyées dans le bruit de fond ambiant.

Comme la charge transportée lors du lancement de mars 2008 (V181) correspond à la charge maximale jamais transportée par Ariane 5, il est raisonnable de penser que la puissance énergétique libérée lors de ce lancement a été la plus forte de toute l'histoire Ariane. Il est donc vraisemblable que les niveaux de vibrations observés lors de ce lancement correspondent à des valeurs maximales.

Ainsi, d'après les résultats des mesures, le lancement V181 a généré des niveaux vibrations nettement inférieurs aux seuils de nuisances réglementaires, pour des sites situés à plus de 2 km de la ZL3, et des niveaux raisonnablement inférieurs à ces seuils pour des sites proches (distances inférieures à 2 km par rapport à la ZL3).

La définition d'une loi d'atténuation plus générale que celle établie au paragraphe 4.9.4.5 ne paraît pas opportun compte tenu des niveaux vibratoires atteints (très inférieurs aux seuils réglementaires) sauf à des fins scientifiques (réalisation d'un échantillon de mesures plus complet). En revanche, il conviendrait de s'assurer de la stabilité de la mesure pour différents lancements, en un ou deux points stratégiques, pour caler les amplitudes et les fréquences des vibrations. A cette fin, il pourrait être utile d'implanter une ou deux stations permanentes sur le site, qui permettraient en outre d'enregistrer la sismicité naturelle et de disposer d'enregistrements spécifiques au site, lors de séismes naturels.

#### **4.10. Mesures d'impact sur la végétation**

##### **4.10.1. Objectif du suivi**

L'objectif du suivi des retombées chimiques des pluies et des pluviolessivats sur la végétation est d'évaluer le niveau de pollution auquel la végétation, située sous le vent des installations de l'ensemble de lancement numéro trois du CSG, a été soumise lors d'un lancement.

L'analyse chimique des premières pluies sous le couvert végétal nous renseigne sur la capacité d'amortissement par le milieu naturel de la pollution due aux rejets atmosphériques des EAP.

Pour l'année 2008, une campagne de mesures a eu lieu. Elle a été menée pour le vol 185 (août).

##### **4.10.2. Mesures des retombées**

Cinq bacs ont été disposés en champ proche sous le couvert végétal au niveau du chemin de ronde de la ZL3, derrière le stockage de LH<sub>2</sub> (CP4). En champ lointain, cinq autres bacs ont été disposés sous le couvert végétal sur le parking de l'ancienne Route Nationale 1, à une distance d'environ 1,6 kilomètres au nord ouest du pas de lancement (CL8).

La pose et le retrait des bacs ont été effectués dès les premières précipitations ayant suivi le lancement.

##### **4.10.3. Résultats d'analyses**

Les analyses effectuées sur les échantillons recueillis portent sur plusieurs paramètres :

- le pH,
- la conductivité,
- les concentrations en ions : aluminium, chlorures, calcium, magnésium, potassium et sodium (exprimées en mg/l).

#### 4.10.3.1. Résultats en champ proche (CP4)

Les résultats obtenus en champ proche sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 16 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 185 (août).**

ECHANTILLON	RESULTATS IRD							
	Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité (mS/cm à 25°C)	pH (unité pH)
<b>Moyenne</b>	19,10	156,12	47,53	4,42	17,75	19,10	587	3,76
<b>Ecart type</b>	10,41	35,38	9,20	1,85	7,66	10,41	111	0,06
<b>Nombre de mesures</b>	5	5	5	5	5	5	5	5

Les échantillons récoltés en champ proches ont un pH quasi-constant. Du fait des faibles valeurs de pH et des fortes teneurs en ions chlorures, la conductivité est très élevée et fluctue de façon importante.

On constate que les teneurs en ions Magnésium (Mg) et en ions Sodium (Na) sont quasi-constantes sur l'ensemble des échantillons. Les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes à chaque point de mesures.

Pour les concentrations en ions Aluminium (Al), en ions Chlorures (Cl), en ion Calcium (Ca) et en potassium (K), on observe d'importantes fluctuations.

#### 4.10.3.2. Résultats en champ lointain (CL8)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 17*.

**Tableau 17 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 185 (août).**

ECHANTILLON	RESULTATS IRD							
	Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité (mS/cm à 25°C)	pH (unité pH)
<b>Moyenne</b>	0,21	7,60	0,64	0,67	4,15	3,49	44,20	5,66
<b>Ecart type</b>	0,15	9,00	0,32	0,60	3,51	4,74	36,14	0,17
<b>Nombre de mesures</b>	5	5	5	5	5	5	5	5

Les échantillons récoltés en champ lointain ont un pH quasi-constant. Il en est de même des valeurs de conductivité (restant comprises entre 10 et 102  $\mu$ S/cm).

Il est à noter que plus les valeurs de pH sont élevées, plus les valeurs de conductivités sont faibles. Les résultats obtenus pour ces deux paramètres sont ainsi cohérents les un par rapport aux autres.

On constate que les teneurs en ions Magnésium (Mg), en ions Calcium (Ca) et en ions Aluminium (Al) sont quasi-constantes sur l'ensemble des échantillons. Les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes sur chaque point de mesures. Les très faibles valeurs obtenues montrent que les retombées sont négligeables (proches des seuils de quantification).

Pour les concentrations en ions Chlorures (Cl), en ions Potassium (K) et en ions Sodium (Na), on observe, comme pour le champ proche, des variations relativement importantes.

#### 4.10.4. Conclusions

Pour chaque série d'échantillons, le pH mesuré est constant. De fortes conductivités ont été mesurées en champ proche, dues aux importantes teneurs des échantillons en ions chlorures.

**Nota :** Plus les valeurs de pH sont élevées, plus les valeurs de conductivités sont faibles. Les résultats obtenus pour ces deux paramètres sont ainsi cohérents les un par rapport aux autres.

Globalement, les teneurs en ions fluctuent de façon plus ou moins importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes :

- du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement,
- de la pluviométrie.

Pour le champ lointain, les résultats obtenus sont quasi-constants. De ce fait, les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes et indépendantes :

- du positionnement géographique du nuage de combustion et des capteurs par rapport au pas de lancement,
- de la pluviométrie.

Il est important de signaler que l'impact de ces retombées est négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

#### **4.11. Suivi de la faune aquatique pour 2008**

La surveillance des effets sur l'environnement des activités au sol comprend « l'analyse de la présence de lésions anatomo-pathologiques et de l'accumulation de substances chimiques, dont a minima l'aluminium, dans les espèces de poissons représentatives du milieu, prélevées sur des sites sous influence directe des polluants à analyser, dont a minima la crique Karouabo, la crique Malmanoury et la crique des Pères » [DA1].

#### 4.11.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. Cette étude s'est ainsi orientée sur :

- le contrôle de la diversité, de l'abondance relative de la faune aquatique (poissons et Invertébrés aquatiques),
- la recherche de lésions anatomo-pathologiques sur les poissons,
- la détection de l'accumulation de substances chimiques (aluminium dans la chair des poissons ; teneurs en fer et aluminium dans les groupes d'invertébrés).

Le bureau d'études et de recherche en environnement HYDRECO a réalisé le suivi annuel 2008 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

#### 4.11.2. Lieux échantillonnés

Les stations échantillonnées dans le cadre de cette étude ont été :

- **la Karouabo.** En effet, c'est la crique la plus proche du pas de tir d'Ariane 5. Elle est située sous les vents dominants. Par conséquent, c'est une rivière susceptible de recevoir la part la plus importante des retombées des activités spatiales de la base.
- **la Malmanoury.** C'est une rivière placée en limite d'influence des émissions (environ sept kilomètres à vol d'oiseau de la ZL3) et sous influence des vents dominants.
- **la crique des Pères,** qui est en dehors de l'influence des polluants générés par les lancements Ariane 5. Cette crique joue le rôle de « témoin » pour l'étude et a pour avantage de présenter un peuplement diversifié.

#### 4.11.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2008

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 18* présente toutefois les principales conclusions de cette étude.

**Tableau 18 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2008.**

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2008
<p><b>PEUPELEMENTS DE POISSONS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une baisse du taux d'oxygène est observée :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ sur la crique des Pères (dû à la présence d'importantes quantités de matières organiques consommatrices d'oxygène issues du défrichement constaté en zone amont)</li> <li>○ sur la Malmanoury</li> </ul> <p>Concernant la Karouabo, une très forte différence de la teneur de l'eau en oxygène (entre le matin et le soir) est à noter. Les organismes photosynthétiques semblent en être la cause (production d'oxygène en journée via la photosynthèse, et consommation de l'oxygène la nuit via le phénomène de respiration)</p> </li> <li>▪ Le nombre de captures est plus important en saison sèche qu'en saison des pluies, et cela quelle que soit la crique prospectée. Ce phénomène semble être la conséquence de la concentration des individus dans les zones amont des criques en saison des pluies afin de fuir les zones asséchées lors de la saison sèche. Par ailleurs, il est à noter que le nombre de captures s'est stabilisé sur la Malmanoury et la crique des Pères. Pour la Karouabo, ce nombre reste en légère diminution.</li> <li>▪ Globalement, un recul de richesse est observé sur la Karouabo (notamment en saison sèche) et sur la Malmanoury (en diminution depuis 3 ans). La crique des Pères possède la plus forte richesse spécifique des 3 stations prospectées.</li> <li>▪ Il est important de signaler que les prélèvements ont été plus homogènes entre les stations que ceux des 2 années précédentes en particuliers pour les criques soumises aux éventuelles perturbations des lancements Ariane 5.</li> <li>▪ Sur les 3 criques prospectées, le sex-ratio est similaire pour les 2 saisons avec un nombre de femelles légèrement plus important lors de la saison des pluies (61% en saison des pluies ; 57% en saison sèche). Il est, tout de même, important de signaler que les valeurs restent comparables à celles habituellement observées.</li> <li>▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements situent l'année 2008 au même niveau que ceux des années 1999-2002 sur l'ensemble des 3 criques échantillonnées depuis le début du suivi. L'année 2008 est par conséquent une bonne année, avec la particularité de voir l'augmentation de la diversité de toutes les stations en fin d'année.</li> <li>▪ Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, quelques individus présentaient des parasites abdominaux. Ces derniers ont été principalement échantillonnés lors de la saison des pluies sur les 3 criques de l'étude (Malmanoury, Karouabo et crique des Pères)</li> </ul>

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2008
PEUPELEMENTS DE POISSONS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concernant le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, les trois criques présentent toujours des teneurs faibles et comparables (et cela quelle que soit la saison). Par ailleurs, les concentrations mesurées cette année n'ont jamais été aussi faibles depuis le début du suivi.</li> <li>▪ La variabilité individuelle vis-à-vis de l'aluminium est telle qu'aucune différence significative n'est mise en évidence aussi bien entre les espèces, qu'entre les régimes ou les stations.</li> </ul>
INVERTEBRES AQUATIQUES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'évolution temporelle annuelle est difficile à appréhender au vu du faible nombre d'années suivies. Il n'est ainsi pas possible de dégager des interprétations nettes.</li> <li>▪ Suite aux résultats non satisfaisants obtenus sur la crique Passoura, il a été décidé d'étudier cette année la crique Yiyi afin de déterminer si elle réunira les conditions optimales pour devenir la nouvelle crique témoin (en remplacement de la crique des Pères, actuellement notre seule référence).</li> <li>▪ Quelle que soit la saison, la Malmanoury et la crique Yiyi possèdent les plus fortes abondances et richesses. La crique des pères a, quant à elle, la plus faible abondance et sa richesse est identique à celle de la Karouabo.</li> <li>▪ Le calcul du Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais (SMEG)* sur les différentes criques a donné les résultats suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La Malmanoury se place en <b>classe II</b>.</li> <li>○ La Karouabo et la crique Yiyi sont en <b>classe III</b>.</li> <li>○ La crique des Pères, quant à elle, en <b>classe IV</b>.</li> </ul> </li> <li>❖ <i>En saison des pluies</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La Crique des Pères et la crique YiYi perdent une classe et passent respectivement en <b>classe V</b> et en <b>classe IV</b>.</li> <li>○ La Karouabo et la Malmanoury perdent 2 classes d'intégrité et passent respectivement en <b>classe V</b> et en <b>classe IV</b>.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▪ La Malmanoury est donc une crique de relativement bonne qualité qui ne semble pas impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Ces caractéristiques se rapprochent à certaines périodes d'un cours d'eau en condition naturelle.</li> <li>▪ La qualité de la Karouabo évolue en fonction des conditions climatiques et ne semble pas être impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Ce cours d'eau, dont le classement moyen est de IV, possède les caractéristiques d'un cours d'eau présentant des conditions naturelles défavorables (déficit en oxygène, excès de matière organique, courant nul, etc.) ou soumis localement à des influences anthropiques.</li> </ul>

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2008
<p><b>INVERTEBRES AQUATIQUES</b></p>	<p>Nous retiendrons ainsi la 1<sup>ère</sup> hypothèse. En effet, en saison des pluies, le niveau de l'eau de la Karouabo augmente significativement, inondant les marécages avoisinants. On voit ainsi l'apparition de débits d'eau importants. Néanmoins, cet afflux d'eau entraîne la mise en suspension de matières organiques consommatrices d'oxygène. La qualité du cours d'eau en est donc atteinte.</p> <p>Au contraire, en saison sèche, le cours d'eau présente un très faible débit à cause de la présence d'un bouchon vaseux situé à proximité de l'estuaire. Cet écoulement très réduit engendre un phénomène de stratification des masses d'eau. En surface, l'eau est très oxygénée. Cette couche est le siège d'une prolifération de la faune et de la flore aquatique. Tandis qu'en profondeur, le non renouvellement de la masse d'eau engendre un déficit d'oxygène. La faune et la flore aquatique ne peuvent donc pas se développer dans les meilleures conditions. Malgré ces conditions particulières, la qualité de la Karouabo est meilleure.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique qui a lieu sur la zone mais aussi du climat. Elle ne peut donc plus être considérée comme crique de référence.</li> <li>▪ La crique Yiyi, échantillonnée pour la première fois cette année, est un cours d'eau dont la qualité se rapproche de celle de la Malmanoury.</li> </ul>

\* Pour rappel, le SMEG permet de classer les cours d'eau en fonction de la polluo-sensibilité des invertébrés aquatiques prélevés et de leur diversité. On distingue 6 classes :

- **classe I** : criques de faible largeur ou petites rivières sans impact anthropique notable.
- **classe II** : rivières faiblement impactées, ou bien stations de prélèvement suffisamment éloignées des impacts pour présenter une récupération importante.
- **classe III** : rivières sous influence anthropique durable mais d'intensité moyenne.
- **classe IV** : cours d'eau soumis localement à des influences anthropiques répétées et intenses, ou bien présentant des conditions naturelles défavorables : déficit en oxygène, excès de matière organique, courant nul.
- **classe V** : cours d'eau sous influence de pollutions importantes, se traduisant en particuliers par un fort déficit en oxygène et/ou un substratum très modifié ; survie de quelques éphéméroptères, les moins polluo-sensibles.
- **classe VI** : cours d'eau très dégradé en continu, dépourvus de communautés polluo-sensibles.

Il est à noter que plus la classe est importante (plus on se rapproche de la classe VI), plus le milieu subi l'influence des activités anthropiques et, par conséquent, plus ce dernier est dégradé.

#### 4.11.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2008

##### 4.11.4.1. Les poissons

L'intérêt de réaliser des prélèvements lors des deux principales saisons permet de déceler des différences dans le fonctionnement des criques. Mais aussi de cerner au mieux les évolutions des populations de poissons, notamment avant les lancements des futurs lanceurs Soyouz et Véga.

L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, montre qu'il n'est pas bioaccumulable (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en terme d'écotoxicité. L'OMS préconise une valeur limite de 60 mg d'aluminium absorbé par jour. Il faudrait consommer 15 kg de poissons issus des criques échantillonnées par jour (le taux maximum rencontré étant de 18,4 µg/g de matière sèche) pour atteindre le seuil de l'OMS.

A cause de la mobilité des poissons, il serait intéressant d'effectuer des mesures dans les zones amont des criques où les concentrations en aluminium pourraient être différentes de celles des zones actuellement suivies.

Par ailleurs, la poursuite des prélèvements bi-annuels s'avère indispensable et minimale :

- pour connaître le fonctionnement de la faune aquatique au travers des cycles annuels et/ou stationnels,
- mais surtout, pour mieux cibler les éventuels impacts des lancements d'Ariane 5 sur l'ensemble de la faune aquatique, les eaux et les sols.

Pour y parvenir, il faudra veiller à effectuer des analyses plus nombreuses par station et campagne, et analyser, si possible, les mêmes espèces afin de comparer les deux campagnes entre elles.

#### 4.11.4.2. Les invertébrés aquatiques

Afin de mieux comprendre la composition et le fonctionnement des peuplements d'invertébrés aquatiques des différentes criques suivies, il est important de poursuivre le suivi actuellement en place lors des deux saisons extrêmes du climat guyanais sur plusieurs années.

Par ailleurs, une année supplémentaire de suivi de la crique Yiyi est nécessaire afin de déterminer si elle peut remplacer la crique des Pères en tant que cours d'eau de référence.

Une étude détaillée, réalisée lors d'une période de tir et reconduite lors de deux autres lancements, permettrait de :

- récolter les données minimales pour établir des comparaisons,
- de vérifier si les processus de colonisation des invertébrés aquatiques de la Karouabo s'effectuent, comme dans les autres criques, aux mêmes conditions hydrologiques et d'habitats similaires.

#### **4.12. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2008**

Après plus de 10 ans de collecte des données sur l'étude du taux d'alumine résiduel retenue par les plumes d'oiseaux (plumes couvrantes et couvertes), une nouvelle étude a été lancée en 2007. Inspiré des recherches menées sur l'impact des pluies acides en Europe, en Amérique du Nord, en Angleterre et au Pays-Bas, ce protocole est basé sur la mesure de l'épaisseur des coquilles d'œufs. En effet, il s'est avéré que les oeufs semblaient être sensibles à l'action des particules d'alumine du milieu. En cas de pluie acide, l'alumine présente dans le sol se libère plus facilement et rentre alors en concurrence avec le calcium indispensable dans le processus de fabrication des coquilles d'œufs et de croissance des jeunes poussins au nid.

Cinq espèces d'oiseaux sentinelles seront particulièrement suivies : les Hirondelles chalybées (*Progne chalybea*), les Hirondelles à ailes blanches (*Tachycineta albiventer*), les troglodytes (*Troglodytes musculus*), les Tyrans kikiwi (*Pitangus sulphuratus*) et les Chouettes effraie (*Tyto alba*).

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 3) :

- le Centre Technique (CT) en zone témoin,
- en proximité des zones de lancement Ariane 5 (ZL3) et Vega (ZLV),
- le bourg de Kourou étendu à Matiti,
- la commune de Sinnamary et les fermes proches,
- Soyouz.



**Figure 7 : Installation d'un nichoir sur la zone témoin (CT).**

Il est important de noter que l'objectif est de saturer le milieu en nichoirs de sorte que les oiseaux se détournent petit à petit des cavités naturelles auxquelles ils sont accoutumés pour les coloniser

##### **4.12.1. Résultats du suivi de l'avifaune**

Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2010.

#### **4.13. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2008**

##### 4.13.1. Objectifs du suivi

L'étude menée [DR 17] a pour objectifs de :

- mesurer l'évolution de la population nicheuse d'ibis rouges ainsi que l'évolution des effectifs reproducteurs d'ibis et des autres grands oiseaux de rivage associés sur la frange littorale du CSG,
- localiser géographiquement l'implantation de la colonie,
- suivre l'évolution des bancs de vase et des palétuviers qui les occupent.

##### 4.13.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (*Tableau 19*).

**Tableau 19 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2008.**

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2008
SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGE ET D'ARDEIDES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colonie la plus importante en terme d'effectif de grands échassiers de rivage en Guyane française</li> </ul>
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA COLONIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Glissement progressif vers l'ouest en relation avec l'évolution des bancs de vase et avec la croissance de la mangrove</li> <li>▪ Localisation de la colonie à proximité de l'île verte</li> </ul>
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies</li> <li>▪ Forte réduction naturelle des vasières entre Kourou et le site des Roches blanches (possibilité de réduction des effectifs des nicheurs dans le futur)</li> </ul>

Ces résultats montrent que la colonie, toujours située dans la zone de l'île verte, se porte bien. Elle est toujours la colonie la plus importante de Guyane (90% des effectifs). Une attention particulière sera apportée dans les années à venir du fait de la réduction des vasières entre Kourou et les roches blanches qui pourrait la défavoriser.

## 5. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT RÉALISÉES POUR LA CAMPAGNE ARTA 4

L'essai ARTA 4 au Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) a été réalisé le 05 juin 2008 à 13 heures 40 minutes (heures locale).

Un plan de mesures environnement a été mis en place au BEAP **[DR14]** afin de pouvoir évaluer son impact sur l'environnement et pour répondre à certaines obligations de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter le BEAP du Centre Spatial Guyanais (CSG) **[DA 1]**.

Les objectifs de ce plan de mesures sont en particulier **[DR 14]** :

- de mesurer en temps réel, les concentrations atmosphériques en acide Chlorhydrique (HCl) sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur le Centre Technique, sur les sites d'observation et en cinq points définis,
- de mesurer en champ proche et en champ lointain les teneurs en ions chlorures, en alumine dissous et particulaire, dues aux retombées chimiques sous forme gazeuse (ou particulaire), issues des gaz de combustion et de corréler les mesures avec le logiciel « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM),
- de suivre la qualité des eaux du carneau avant leur rejet.

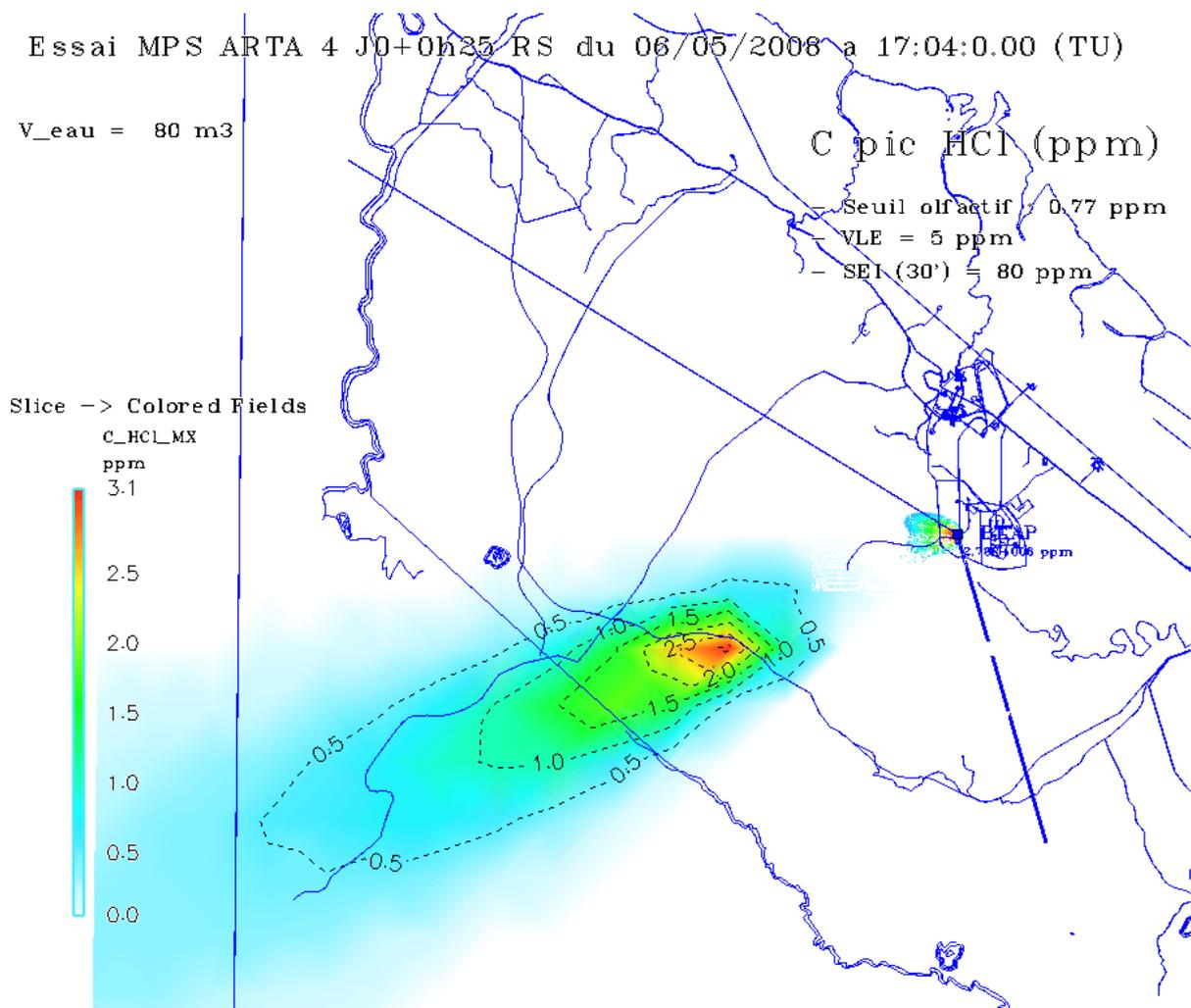
### 5.1. Localisation de la zone de passage du nuage de combustion suite à l'essai ARTA 4

Le nuage de combustion lié à l'essai ARTA 4 est orienté vers le Sud - Ouest par rapport au BEAP (confer *Figure 8* et *9*).

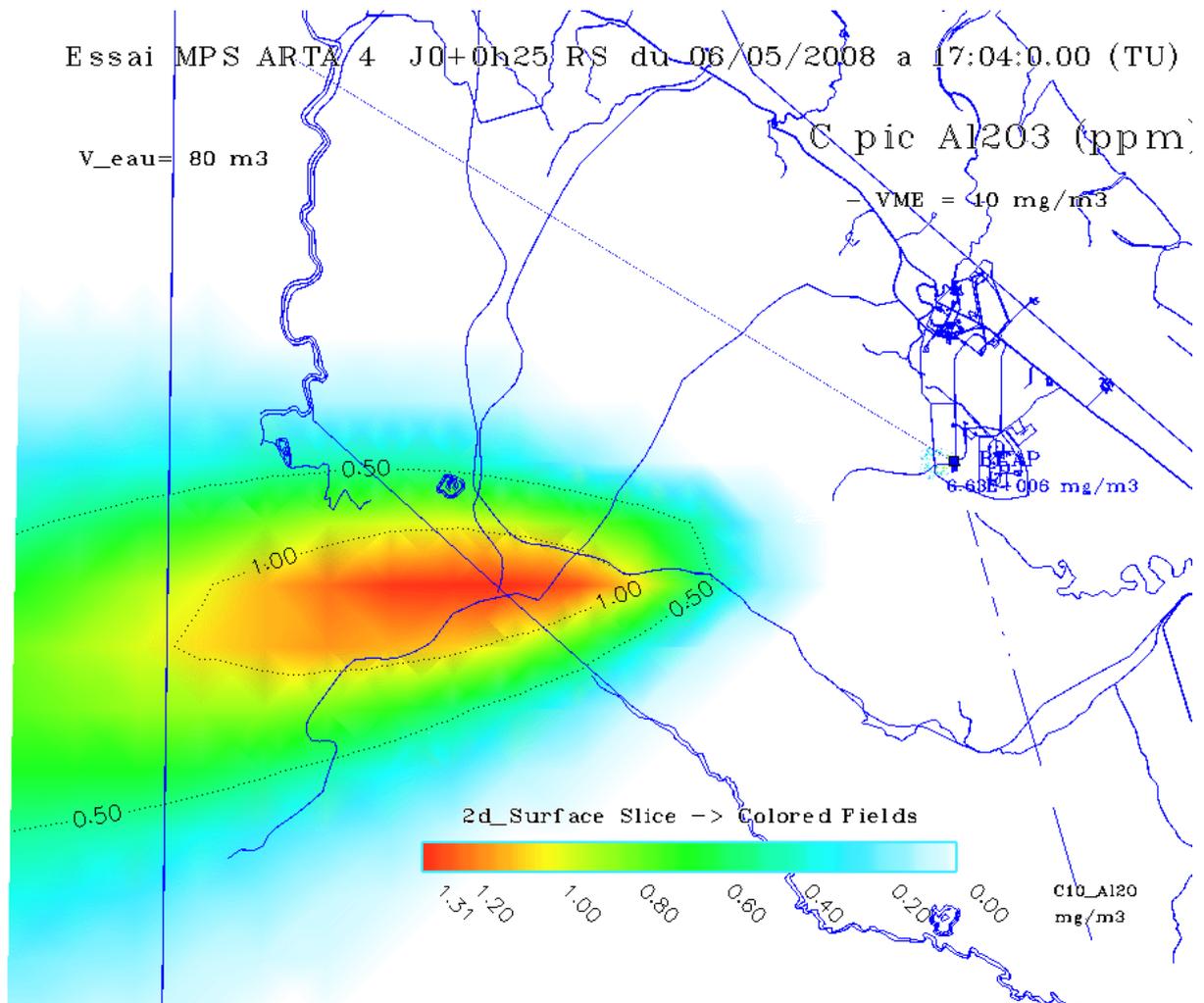
Les concentrations d'acide chlorhydrique sur dix minutes sont dix fois inférieures à la Valeur Limite d'Exposition (VLE) de l'acide chlorhydrique. De même, les valeurs pour l'alumine sont largement inférieures à la Valeur Moyenne d'Exposition (VME) pour l'alumine sous forme particulaire.

**Remarque :** La VLE pour l'acide chlorhydrique est égale à 5 ppm. Pour l'alumine, la VME est de 10 mg/m<sup>3</sup> (sous forme de poussières).

**Figure 8 : Carte de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'acide chlorhydrique) suite à l'essai ARTA 4.**



**Figure 9 : Carte de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'alumine) suite à l'essai ARTA 4.**



La simulation montre que le maximum atteint par l'acide chlorhydrique est de 3,1 ppm, valeur n'atteignant pas la VLE égale à 5 ppm. Pour l'alumine, le maximum simulé est de 1,31 ppm, valeur inférieure à la VME fixée à 10 ppm.

## **5.2. Résultats des mesures en champ proche et lointain relatives aux retombées chimiques particulières**

### **5.2.1. Résultats pour le champ proche**

Les analyses de l'eau contenue dans les bacs à eau placés en champ proche montrent que :

- les points de prélèvement les plus proches du BEAP (plateforme supérieure et inférieure) ont permis de détecter des concentrations en ions chlorures pouvant aller jusqu'à 423,8 mg/m<sup>2</sup> (maximum enregistré au point CP1) ; comparativement il a été détecté un maximum de 10 398,30 mg/m<sup>2</sup> pour le vol 183, soit 25 fois plus. Par ailleurs, il est à noter que les concentrations en ions chlorures sont cohérentes avec les valeurs de pH et de conductivité mesurées. En effet, plus le pH est faible, plus les concentrations en chlorures et la conductivité sont élevées
- la concentration maximale en alumine total relevée est de 28,02 mg/m<sup>2</sup>. Cette teneur a été atteinte sur le point d'échantillonnage CP1 (placé sur la plateforme du BEAP). Pour le vol 182, le maximum atteint a été mesuré à 100,59 mg/m<sup>2</sup>, soit 3,6 fois plus.

### **5.2.2. Résultats pour le champ lointain**

En ce qui concerne les bacs à eau positionnés en champ lointain, les résultats montrent que :

- les valeurs de pH sont stables,
- les concentrations en ions chlorures et en alumine restent très faibles voir inférieures à la limite de détection des appareils.

## **5.3. Mesures en temps réel des concentrations en gaz chlorhydrique**

Pour la réalisation de cet essai, cinq détecteurs mobiles ont été installés à proximité du BEAP. Ils sont dédiés au suivi des concentrations atmosphériques en gaz chlorhydrique.

Ainsi, pour l'essai du spécimen ARTA 4, seul le Zellweger n°2 a détecté de pollution au gaz HCl.

#### 5.4. Suivi de la qualité des eaux du carneau avant rejet dans le milieu naturel

Le suivi de la qualité des eaux contenues dans le carneau du BEAP a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles est conforme à la réglementation [DA 1].

L'article 5 de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter le BEAP [DA 1] impose en effet le contrôle systématique des Matières En Suspension Totales (MEST), du pH, de la Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de l'Azote total, des hydrocarbures totaux et des huiles et graisses.

Suite à la réalisation de l'essai ARTA 4, une mesure de pH a été réalisée afin d'estimer la quantité de réactif à déverser dans le carneau (mesure du 05 juin 2008). Une fois le traitement effectué, une seconde analyse a été programmée (11 juin 2008). Cette dernière a mis en évidence une valeur de pH non-conforme à l'arrêté d'exploiter le BEAP. Cette forte variation du pH semble être dû au lavage du BEAP qui a eu lieu entre le 05 et le 11 juin 2008.

Un récapitulatif des mesures de pH est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 20 : Tableau récapitulatif des résultats des mesures de pH réalisées sur les eaux du carneau, d'infiltration et de la crique réceptrice.**

		DATE DE PRELEVEMENT	VALEUR DE pH (unité pH)
			<i>Eau du carneau *</i>
<b>AVANT TRAITEMENT A LA SOUDE</b>		<b>05-juin-08 **</b>	2,1
<b>T R A I T E M E N T P R I M A I R E S E C O N D I T I O N N E</b>	<i>Avant lavage du BEAP</i>	<b>11-juin-08</b>	5,1
	<i>Après lavage du BEAP</i>	<b>16-juin-08 ***</b>	4,31
		<b>17-juin-08</b>	-
		<b>20-juin-08</b>	5,02
		<b>2-juil.-08</b>	5,74

\* : mesures réalisées in situ.

\*\* : mesure effectuée avant ajout de NaOH dans les eaux du carneau.

\*\*\* : entre le 11 et le 16 juin le BEAP a été nettoyé et les eaux d'infiltration ont rempli le carneau.

Après obtention de l'accord de la DRIRE, un prélèvement d'échantillons d'eau pour analyse finale a été effectué le 02 juillet 2008 pour déterminer l'ensemble des paramètres figurant dans l'arrêté d'exploiter le BEAP. Les résultats sont présentés dans le *Tableau 21*.

**Tableau 21** : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel.

PARAMETRE A MESURER	UNITE	RESULTAT DES ANALYSES EN LABORATOIRE	SPECIFICATION
pH	Unité pH	5,84	$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
MEST	mg/l	3	$\leq 30$
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	< 5	$\leq 30$
DCO	mg O <sub>2</sub> /l	< 30	$\leq 90$
AZOTE TOTAL	mg/l	1,3	$\leq 10$
HYDROCARBURES TOTAUX	mg/l	< 0,1	< 5
HUILES ET GRAISSES	mg/l	< 1	< 20

Les résultats étant conformes aux spécifications de l'arrêté préfectoral, les eaux du carneau ont fait l'objet d'un déversement dans l'exutoire naturel (crique avoisinant le BEAP).

## 6. CONCLUSIONS GENERALES

### 6.1. Conclusions concernant les lancements Ariane 5 en 2008

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2008 sont les suivantes :

- Les nuages de combustion issus de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 sont, en général, orientés vers le site Diane ou le site d'observation Agami.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) a permis de détecter une pollution au gaz chlorhydrique en champ proche pour les vols 181, 184, 185 et 186 et aucune présence de gaz toxiques en champ lointain. Les gaz de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé dans l'axe des carneaux sur une distance inférieure à 500 mètres.
- Les particules récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau retombent essentiellement à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles, voir non quantifiables, sous la trace du nuage de combustion.
- Les eaux de la Karouabo sont caractérisées par une très faible minéralisation (ions chlorure et sodium à l'état de traces). Aucune contamination des eaux, consécutive au lancement, n'est enregistrée (très faibles teneurs en aluminium). Ainsi, la qualité des eaux de la crique Karouabo est conforme à la qualité générale des eaux douces de Guyane (eaux acides et faiblement conductrices).
- Pour l'ensemble des lancements, les eaux de carneaux présentent des teneurs conformes aux spécificités de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ensemble de lancement N°3 avant leur rejet dans le milieu naturel. Concernant les eaux de process du BAF, aucun rejet vers le milieu naturel n'a été réalisé en 2008 (envoi en traitement en métropole).
- Pour l'analyse des sédiments, les résultats sont indicatifs. En effet, il est très difficile de dissocier des teneurs mesurées, la proportion associée à l'impact des lancements en raison des nombreux processus naturels interférant sur la mesure. En effet, à la sortie de la tuyère, l'aluminium est essentiellement sous forme de particules d'alumine  $Al_2O_3$  qui est un minéral peu soluble. Il se produira les mêmes phénomènes de dissolution dans le milieu plus ou moins rapidement. L'étude « impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel » (rapport 01/CNES/2129 - IRD) de janvier 2003 démontre que pour déterminer au mieux l'apport en aluminium et en alumine lié au lancement Ariane 5, ce sont les mesures à partir des bacs à eau mis en place à chaque lancement et les prélèvements directs des eaux de rivières qui sont les plus représentatives. Il est toutefois intéressant de noter qu'il n'y a pas de variations entre les points amont et les points situés en aval des installations de lancement.

- Contrairement au champ lointain, la teneur en ions des pluiolessivats fluctue de façon importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement mais aussi de la pluviométrie.
- A partir des mesures de la faune aquatique, les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre les poids des poissons et le taux d'aluminium présent dans les muscles ; sachant que les teneurs mesurées en 2008 sont les plus faibles jamais mesurées depuis le début du suivi. D'autre part, le suivi réalisé en saison sèche et en saison des pluies a permis d'obtenir des niveaux de captures et des indices (de diversité et de régularité) comparables à ceux obtenus les années précédentes. L'année 2008 est par conséquent une bonne année, avec la particularité de voir l'augmentation de la diversité de toutes les stations en fin d'année.
- Le suivi de la population des invertébrés aquatiques confirme le statut de « zone en limite d'influence des émissions » pour la Malmanoury. Quelle que soit la saison, cette dernière reste de bonne qualité. Ce n'est pas le cas de la Karouabo qui passe d'une qualité moyenne en saison sèche à une qualité médiocre au cours de la saison des pluies. La crique des Pères, quant à elle, perd en classe d'intégrité : la qualité de l'eau est meilleure en saison sèche qu'en saison des pluies. Elle semble être impactée par les activités anthropiques de la zone (agriculture notamment).

En 2008, des prélèvements ont été réalisés sur la crique Yiyi afin d'évaluer son potentiel de « crique témoin » (en remplacement de la crique des Pères). La qualité de l'eau de cette dernière est moyenne. Le cours d'eau semble avoir des caractéristiques proches de celles de la Malmanoury. Une année supplémentaire de suivi de cette crique est nécessaire.

- Concernant le suivi de l'avifaune, un nouveau protocole a été mis en place. Il permet de mesurer l'épaisseur des coquilles d'œufs et l'impact de l'alumine issu de la combustion des EAP, sur le mécanisme de formation de ces coquilles et, par conséquent, sur la reproduction. Les premiers résultats seront disponibles en 2010.
- Concernant le suivi des échassiers (colonie d'Ibis Rouge), la colonie de nidification située sur le Centre Spatial Guyanais demeure le principal site de nidification de cette espèce en Guyane. La position géographique des peuplements n'a pas changé depuis 2005 et reste en relation avec l'évolution naturelle de la mangrove.

## 6.2. Conclusions concernant l'essai ARTA 4

Les principales conclusions relatives à l'essai ARTA 4 sont :

- les retombées chimiques particulières en alumine ont été localisées et observées sur une distance d'environ 900 mètres autour du BEAP, distance plus importante que pour un lancement Ariane 5, le spécimen étant fixe. En champ lointain, les teneurs sont inférieures au seuil de détection.
- les retombées en ions chlorures sont marquées au niveau de la plate forme du BEAP. En champ lointain, ces dernières ne sont plus quantifiables.
- les analyses des eaux du carneau du BEAP ont été conformes aux spécifications de l'arrêté préfectoral avant rejet dans le milieu naturel.

## 6.3. Conclusions

Comme toute activité industrielle, l'activité spatiale n'est pas sans impact sur l'environnement. Les plans de mesures mis en place à chaque lancement permettent d'en évaluer l'impact. Dans le cadre d'Ariane 5, bien que la phase de lancement ne constitue pas une activité au sens des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, la coordination et la surveillance des effets sur l'environnement est de la responsabilité du CNES. Un programme d'auto surveillance a donc été intégré dans l'arrêté d'exploiter n°1632 du 24/07/06 des ELA au niveau du titre 8.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements.

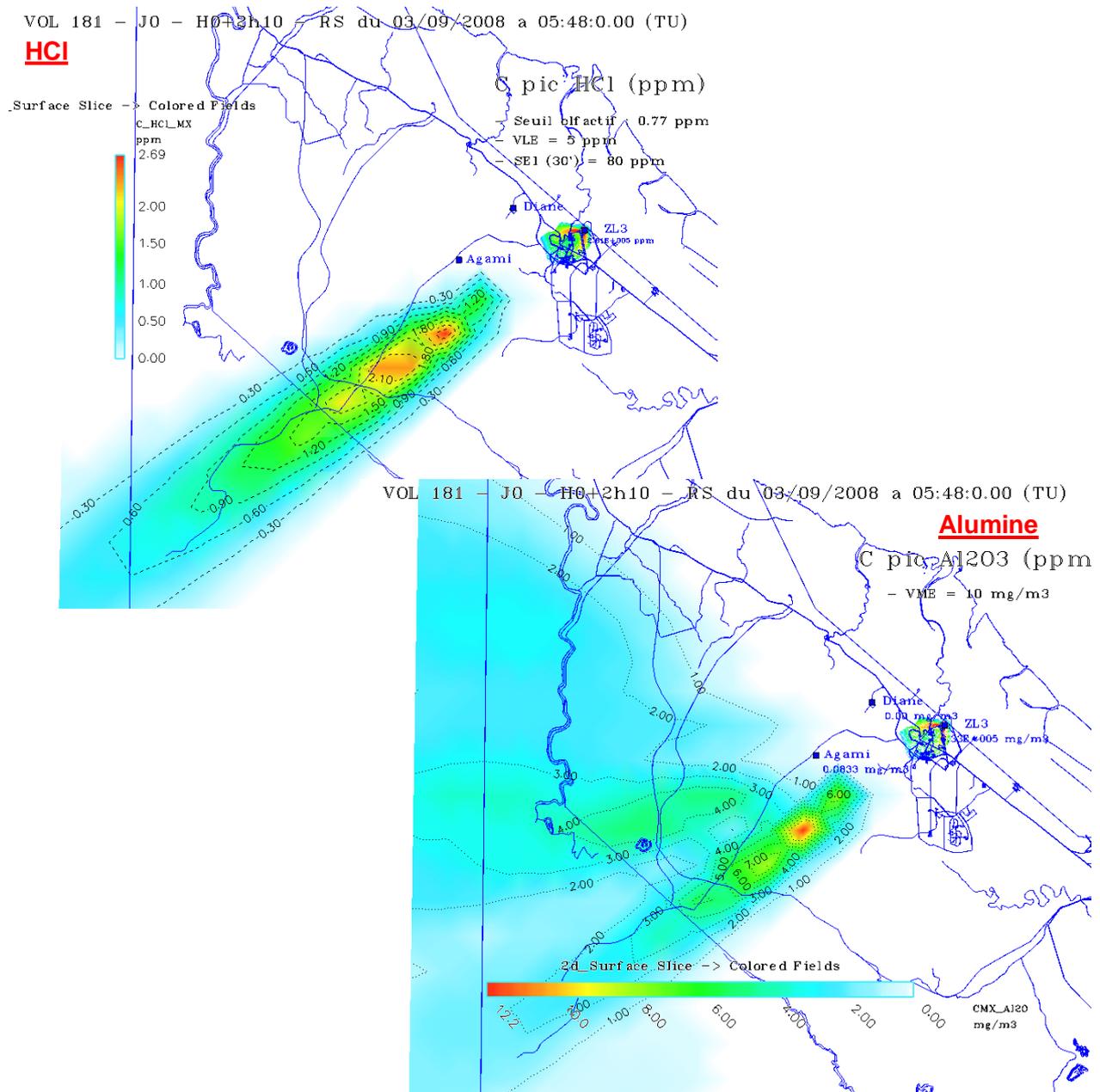
Les premières études ont débuté dès le vol 501 en juin 1996. Douze ans plus tard, on n'attend plus de voies de progrès significatifs sur la modélisation et la métrologie.

Pour interpréter la mesure et lier les impacts aux évolutions observées du milieu, un rapport d'expertise propose un projet de recherche sur les processus de transfert. Il devrait permettre l'obtention de données sur l'impact à long terme des activités du spatial et plus particulièrement sur le devenir des produits de combustion issus du nuage.

## 7. ANNEXES

### 7.1. Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion

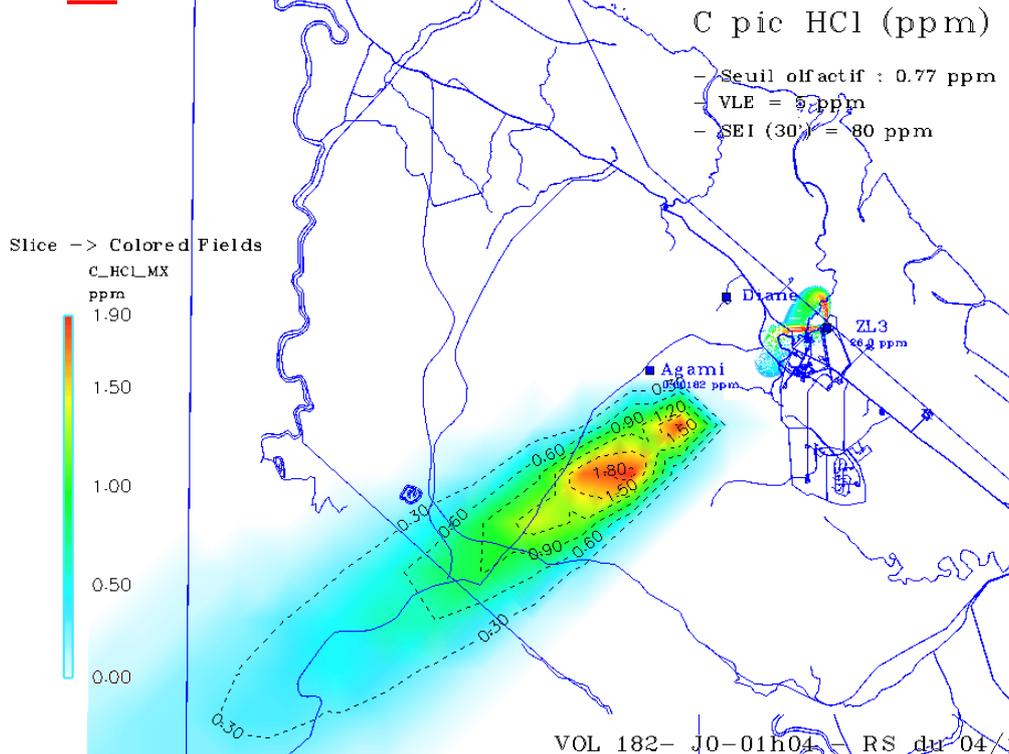
**Figure 10** : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 181.



**Figure 11 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 182.**

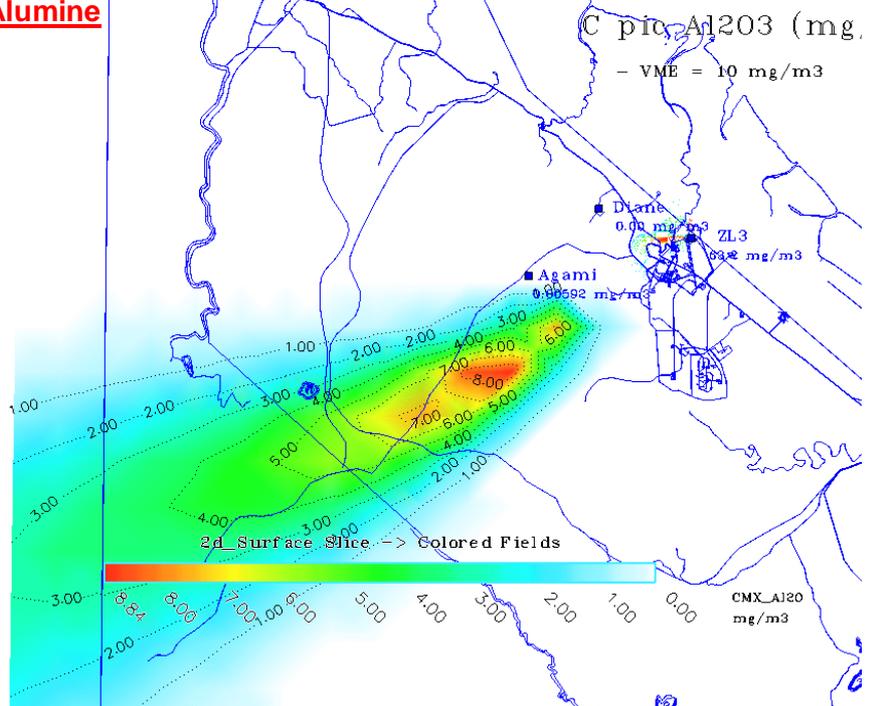
VOL 182 - J0-01h04 - RS du 04/18/2008 a 23:21:0.00 (TU)

**HCl**



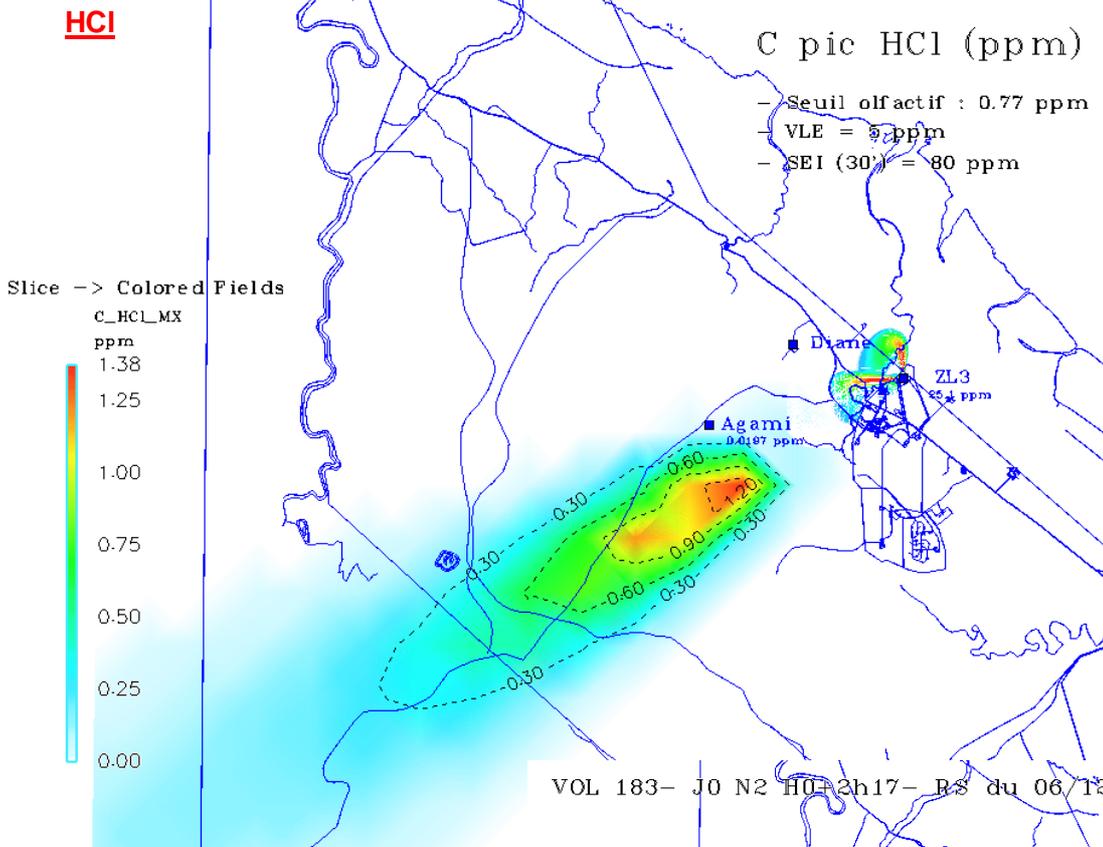
VOL 182- J0-01h04 - RS du 04/18/2008 a 23:21:0.00 (TU)

**Alumine**

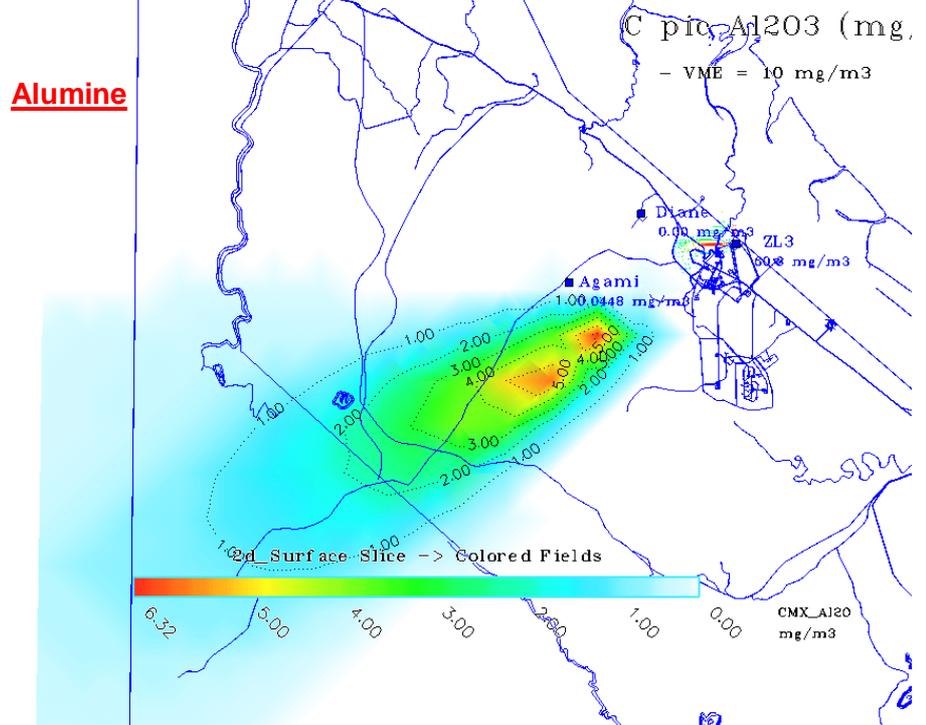


**Figure 12 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 183.**

VOL 183 - J0 N2 H0+2h17 - RS du 06/12/2008 a 23:21:0.00 (TU)

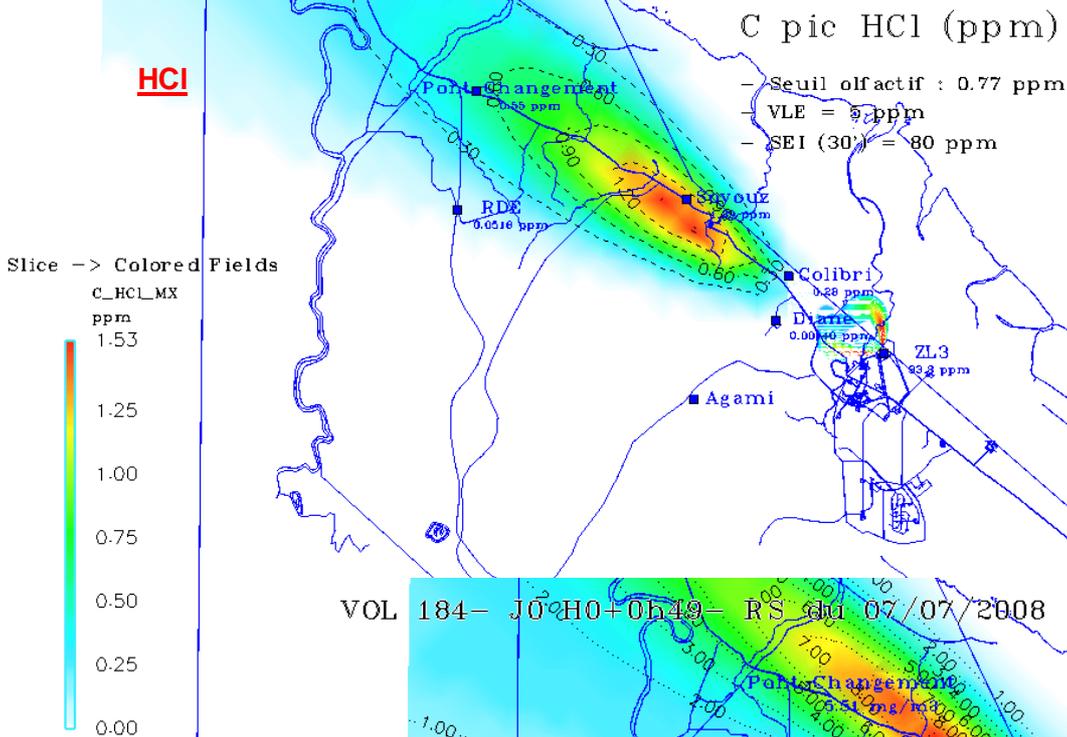


VOL 183- J0 N2 H0+2h17- RS du 06/12/2008 a 23:21:0.00 (TU)

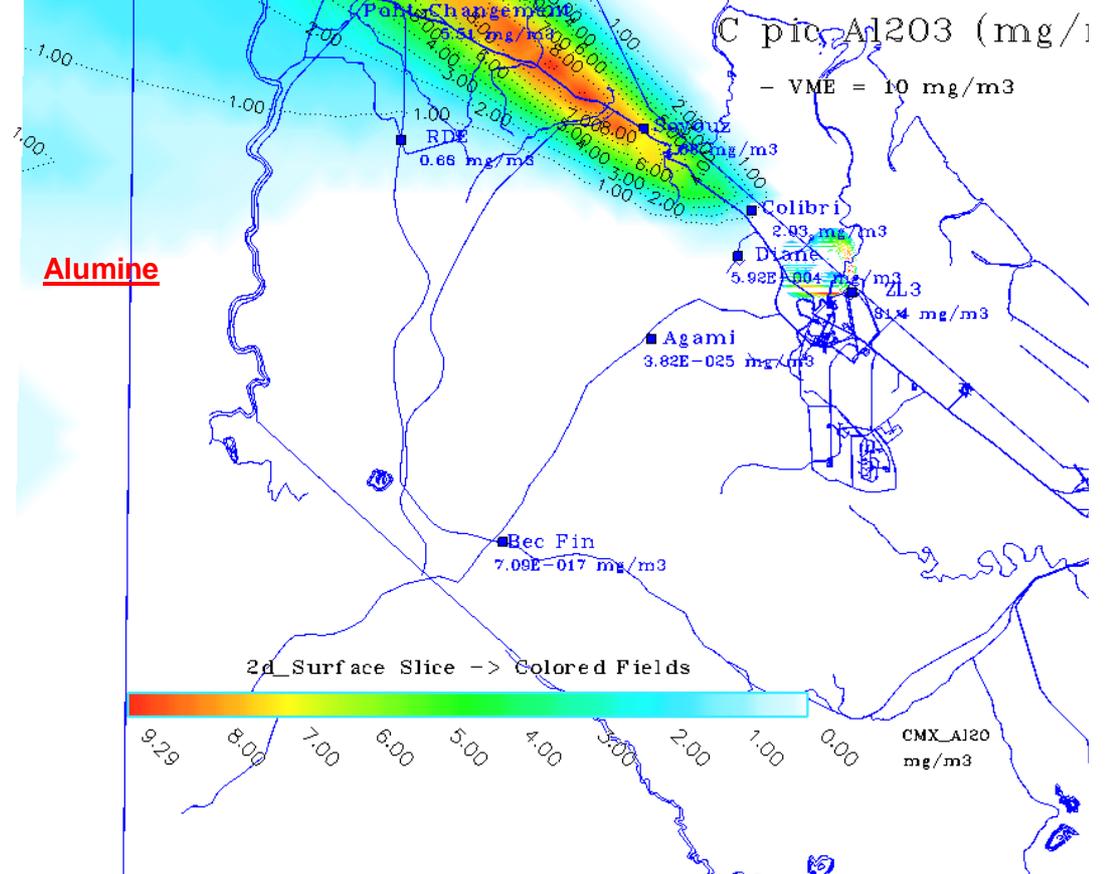


**Figure 13 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 184.**

VOL 184 - J0 H0-00h49 - RS du 07/07/2008 a 22:36:0.00 (TU)

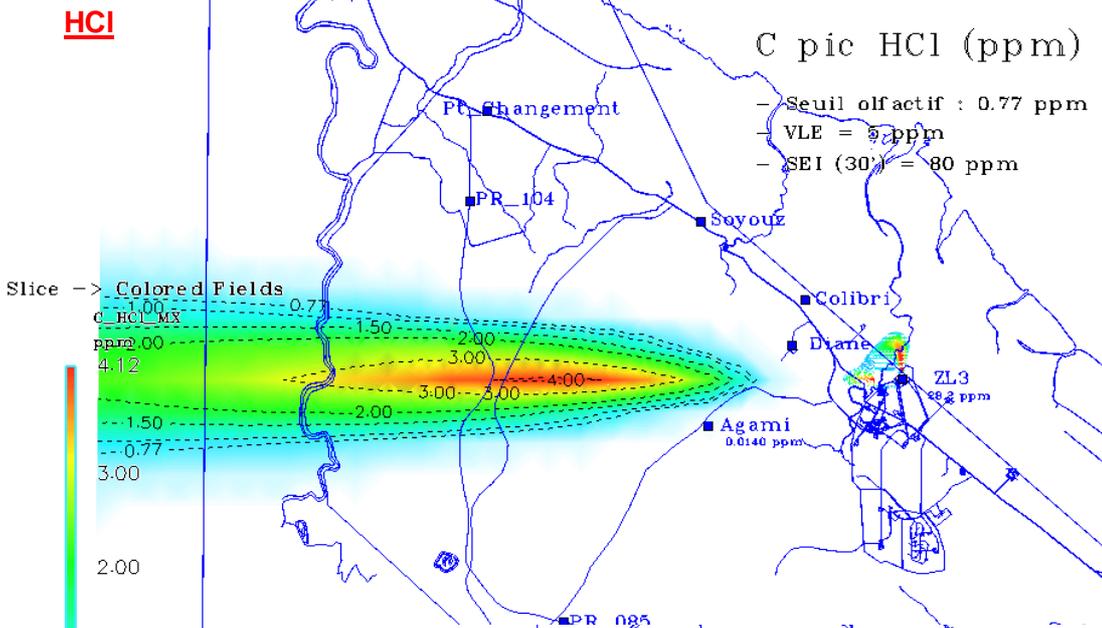


VOL 184- J0 H0+00h49- RS du 07/07/2008 a 22:36:0.00 (TU)



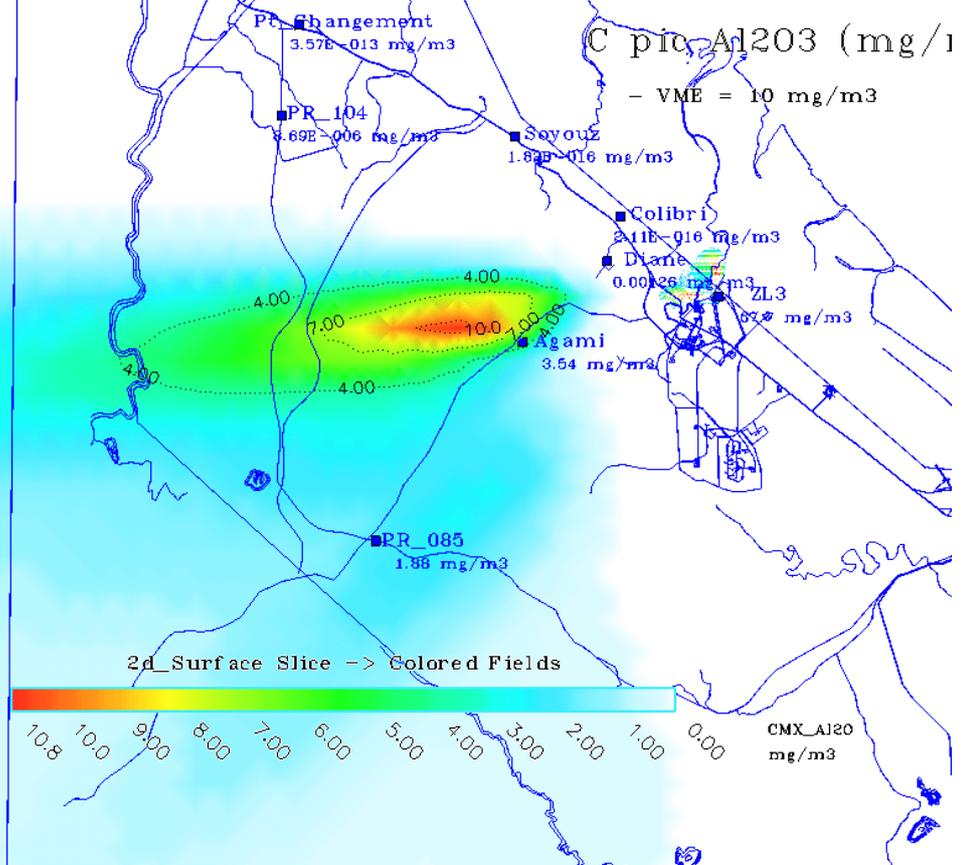
**Figure 14 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 185.**

VOL 185 - JO H0+01h02 - RS du 08/14/2008 a 22:12:0.00 (TU)



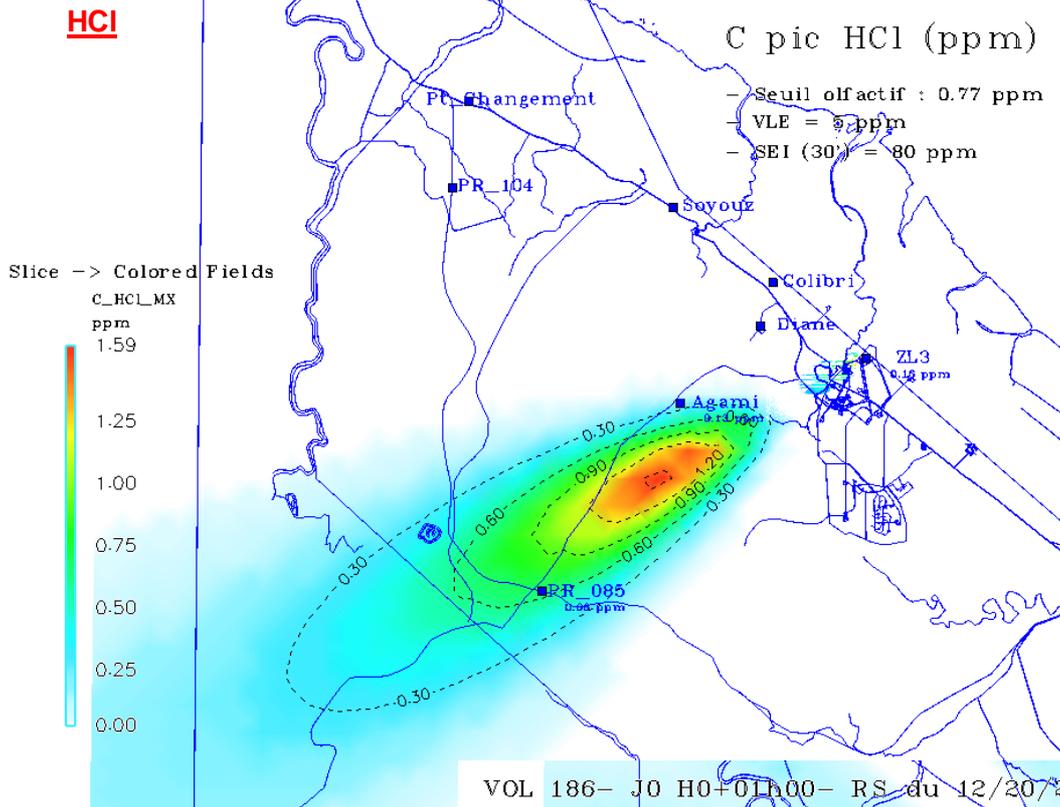
VOL 185- JO H0+01h38- RS du 08/14/2008 a 22:12:0.00 (TU)

**Alumine**



**Figure 15 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 186.**

VOL 186 - JO H0+01h00 - RS du 12/20/2008 a 23:50:0.00 (TU)



VOL 186- JO H0+01h00- RS du 12/20/2008 a 23:50:0.00 (TU)

**Alumine**

