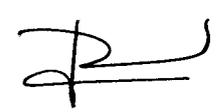


**BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES  
ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL  
GUYANAIS 2007**

|                     | Nom et Sigle                  | Date et Signature  |
|---------------------|-------------------------------|--|
| <b>Préparé par</b>  | MARIE-SAINTE S.<br><br>SDP/ES | le 26/6/09<br> |
| <b>Vérifié par</b>  | RICHARD S.<br><br>SDP/ES      | 20/04/09<br>  |
| <b>Approuvé par</b> | VEILLEUR V.<br><br>SDP/ES     | <br>27/04/09  |

**DIFFUSION**

| Destinataires       | Nombre   |
|---------------------|----------|
| AE/DP/K/MSC         | 1        |
| ADEME               | 1        |
| AE/DP/K             | 1        |
| CG/COM              | 1        |
| CG/D                | 1        |
| CG/SDP              | 1        |
| CIRAD               | 1        |
| DIREN               | 1        |
| DRIRE               | 1        |
| ECOBIOS             | 1        |
| EDF/PS              | 1        |
| ENGREF              | 1        |
| ESA/K               | 1        |
| INRA                | 1        |
| IRD                 | 1        |
| MAIRIE DE KOUROU    | 1        |
| MAIRIE DE SINNAMARY | 1        |
| ONF                 | 1        |
| ORA Guyane          | 1        |
| S.P.P.P.I           | 1        |
| SDO/SC/LB           | 1        |
| SDP/ES              | 1        |
| SDP/ES/CU           | 1        |
| SDP/ES/ENV          | 2        |
| CNES/PARIS-DP       | 1        |
| <b>CNES / DLA</b>   | <b>1</b> |

Nombre total d'exemplaires: 26

|                                  |                          |   |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| <b>Application autorisée par</b> | CHEMOUL B.<br><br>CG/SDP | <br>29/04/09 |
|----------------------------------|--------------------------|---|

## REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

| Ed/Rév. | Date       | Pages Modifiées | Objet de la modification                 |
|---------|------------|-----------------|--|
| 01/00   | 27/06/2008 | Toutes          | CREATION / RICHARD S. et MARIE-SAINTE S. |

## 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<br/>    CAMPAGNES ARIANE 5.....</b>               | <b>16</b> |
| 4.1. Rappels.....   | 16        |
| 4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....  | 17        |
| 4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air.....   | 19        |
| 4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières en champ proche et en<br>champ lointain..... | 20        |
| 4.4.1. Objectif.....  | 20        |
| 4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....   | 20        |
| 4.4.3. Résultats pour les retombées particulières en ions chlorures.....  | 21        |
| 4.4.4. Conclusions générales sur les retombées chimiques .....  | 22        |
| 4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo .....  | 23        |
| 4.5.1. Objectif.....  | 23        |
| 4.5.2. Résultats pour le vol 175 .....  | 23        |
| 4.5.3. Résultats pour le vol 179 .....  | 23        |
| 4.5.4. 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.....   | 24 |
| 4.6.1.    | Objectifs du suivi .....  | 24 |
| 4.6.2.    | Localisation des points de prélèvements.....  | 25 |
| 4.6.3.    | Analyse des eaux de surface .....   | 25 |
| 4.6.4.    | Analyse des eaux souterraines .....   | 26 |
| 4.6.5.    | Conclusions sur les mesures des eaux de surface et souterraines.....  | 27 |
| 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 ..... | 27 |
| 4.7.1.    | Objectifs .....   | 27 |
| 4.7.2.    | Résultats des analyses.....   | 28 |
| 4.7.2.1.  | <u>Eaux des carneaux</u> .....  | 28 |
| 4.7.2.2.  | <u>Eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final</u> .....   | 29 |
| 4.7.3.    | Conclusions générales sur la qualité des eaux des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF.....                                   | 29 |
| 4.8.      | Mesure de la qualité des sédiments .....  | 29 |
| 4.8.1.    | Objectifs du suivi .....  | 29 |
| 4.8.2.    | Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium.....   | 30 |
| 4.8.3.    | Localisation des points de prélèvements.....  | 30 |
| 4.8.4.    | Les résultats pour les paramètres physico-chimiques .....   | 30 |
| 4.8.5.    | Résultats des analyses pour les sédiments .....   | 31 |
| 4.8.6.    | Conclusions .....   | 34 |
| 4.9.      | Résultats de l'étude des mouvements vibratoires induits à Kourou et à Sinnamary par les lancements Ariane 5 .....                       | 35 |
| 4.9.1.    | Objectif de l'étude.....  | 35 |
| 4.9.2.    | Méthodologie et appareillage.....   | 35 |
| 4.9.3.    | Localisation des capteurs.....  | 36 |
| 4.9.4.    | Résultats des mesures.....  | 37 |
| 4.9.5.    | Conclusions .....   | 39 |
| 4.10.     | Mesures d'impact sur la végétation .....  | 39 |
| 4.10.1.   | Objectif du suivi.....  | 39 |
| 4.10.2.   | Mesures des retombées.....  | 40 |
| 4.10.3.   | Résultats d'analyses .....  | 40 |
| 4.10.3.1. | <u>Résultats en champ proche (CP4)</u> .....  | 40 |
| 4.10.3.2. | <u>Résultats en champ lointain (CL8)</u> .....  | 41 |
| 4.10.4.   | Conclusions .....   | 42 |
| 4.11.     | Suivi de la faune aquatique pour 2007 .....   | 43 |
| 4.11.1.   | Objectifs du suivi de la faune aquatique.....   | 43 |
| 4.11.2.   | Lieux échantillonnés.....   | 43 |
| 4.11.3.   | Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2007.....   | 44 |
| 4.11.4.   | Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2007.....   | 46 |
| 4.11.4.1. | <u>Les poissons</u> .....   | 46 |
| 4.11.4.2. | <u>Les invertébrés aquatiques</u> .....   | 47 |
| 4.12.     | Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2007 .....   | 47 |
| 4.12.1.   | Nouveau protocole d'étude.....  | 47 |
| 4.12.2.   | Résultats du suivi de l'avifaune .....  | 49 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.13.     | Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2007                     | 49        |
| 4.13.1.   | Objectifs du suivi  | 49        |
| 4.13.2.   | Résultats de l'étude  | 50        |
| <b>5.</b> | <b>SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE D'ESSAI DU SPECIMEN MPS P80 QM</b> | <b>51</b> |
| 5.1.      | Localisation de la zone de passage du nuage de combustion suite à l'essai du P80 QM                               | 51        |
| 5.2.      | Résultats des mesures en champ proche et lointain relatives aux retombées chimiques particulières                 | 54        |
| 5.2.1.    | Résultats pour le champ proche  | 54        |
| 5.2.2.    | Résultats pour le champ lointain  | 54        |
| 5.3.      | Mesures en temps réel des concentrations en gaz chlorhydrique   | 55        |
| 5.4.      | Suivi de la qualité des eaux du carneau avant rejet dans le milieu naturel  | 55        |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSIONS GENERALES</b>  | <b>57</b> |
| 6.1.      | Conclusions concernant les lancements Ariane 5 en 2007  | 57        |
| 6.2.      | Conclusions concernant l'essai du spécimen MPS/P80 QM   | 59        |
| 6.3.      | Conclusions   | 59        |
| <b>7.</b> | <b>ANNEXES</b>  | <b>61</b> |
| 7.1.      | Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion  | 61        |

## LISTE DES TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....                    | 18 |
| Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.....               | 20 |
| Tableau 3 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.....             | 21 |
| Tableau 4 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.....                                 | 21 |
| Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.....                               | 22 |
| Tableau 6 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 175 (mars).....             | 23 |
| Tableau 7 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 179 (novembre).....         | 23 |
| Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats des prélèvements des eaux de surface.....   | 25 |
| Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats des prélèvements des eaux souterraines.....   | 26 |
| Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA3 avant rejet au milieu naturel....                                       | 28 |
| Tableau 11 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.....                             | 30 |
| Tableau 12 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury, Karouabo et des Pères..... | 31 |
| Tableau 13 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....                   | 32 |
| Tableau 14 : Moyenne et écart type des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....            | 33 |
| Tableau 15 : Niveaux vibratoires maximaux et moyens obtenus en situation courante.....  | 37 |
| Tableau 16 : Niveaux vibratoires maximaux et moyens obtenus au cours du lancement V180 (décembre).....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| Tableau 17 : Comparaison des niveaux maximaux de vibrations atteints durant le lancement V180 aux niveaux réglementaires pour l'exploitation des carrières et l'exploitation des installations classées ICPE. .... | 38 |
| Tableau 18 : Comparaison des niveaux maximaux de vibrations atteints durant le lancement V180 au niveau maximal atteint durant le séisme du 08 juin 2006.....  | 38 |
| Tableau 19 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 176 (mai) et 180 (décembre). ....   | 41 |
| Tableau 20 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 176 (mai) et 180 (décembre). ....   | 41 |
| Tableau 21 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2007. ....  | 44 |
| Tableau 22 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2007.....  | 50 |
| Tableau 23 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel. ....  | 56 |

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Exemple de chaîne d'acquisition.....   | 35 |
| Figure 2 : Carte de localisation des capteurs pour le lancement V180.....   | 36 |
| Figure 3 : Installation d'un nichoir sur la zone témoin (CT).....   | 48 |
| Figure 4 : Vue de différents types de nichoirs.....   | 49 |
| Figure 5 : Cartes de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'acide chlorhydrique et pour l'alumine) suite à l'essai du spécimen P80 DM..... | 52 |
| Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 175.....   | 61 |
| Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 176.....   | 62 |
| Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 177.....   | 63 |
| Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 178.....   | 64 |
| Figure 10 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 179.....  | 65 |
| Figure 11 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 180.....  | 66 |

## 1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2007 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 :

- des cinq campagnes Ariane 5 ECA (vols 175, 176, 177, 179 et 180) et de la campagne Ariane 5 GS (vol 178),
- de l'ensemble des 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 MPS/P80 QM au BEAP du 04 décembre 2007.

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-10416-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane V175 du 11 mars 2007 à 19h03 mn.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10672-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V176 du 04 mai 2007 à 19h29 mn.
- [DR 9] **CSG- RP-S3X-10687-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V177 du 14 août 2007 à 20h44 mn.
- [DR 10] **CSG- RP-S3X-10690-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane Vol 178 du 05 octobre 2007 à 19h02 mn.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-10796-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V179 du 14 novembre 2007 à 19h06 mn.
- [DR 12] **CSG-RP-S3X-10797-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V180 du 21 décembre 2007 à 18h53 mn.
- [DR 13] **CSG-NT-SPL-7232-CNES** - Présentation du spécimen d'essai P80.
- [DR 14] **CSG-NT-SPX-9664-CNES** - Plan de mesures environnement au BEAP Essai MPS/P80 DM.
- [DR 15] **CSG-NT-SPX-10395-CNES** - Plan de mesures environnement au BEAP Essai MPS/P80 QM.
- [DR 16] **CSG-RP-S3X-9899-CNES** - Résultats du Plan de Mesures Environnement mis en place pour l'essai MPS/P80 DM.
- [DR 17] **CSG-RP-S3X-10798-CNES** - Résultats du Plan de mesures Environnement mis en place pour l'Essai à feu MPS/P80 QM au BEAP.

- [DR 18] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 20950 / 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 2007.
- [DR 19] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 20950 / CSG093)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi de la crique des Pères, de la Karouabo et de la Malmanoury – Année 2007.
- [DR 20] **Cabinet ECOBIOS** - Suivi de la colonie d'échassier (Ibis et hérons) et des écosystèmes littoraux du Centre Spatial Guyanais : résultats et analyses de la saison 2007.
- [DR 21] **Cabinet ECOBIOS** - Impact sur l'avifaune et suivi de la qualité écologique des écosystèmes – Présentation réalisée au SPPPI du 23 janvier 2009 à Kourou

### **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                                   |
| SELS   | : | Seuil des Effets Létaux 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 REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5

### 4.1. Rappels

En 2007, six lancements Ariane 5 ont eu lieu. Les dates et heure de lancements (en heure locale) sont les suivantes :

- V175 : 11/03/2007 à 19h03 mn,
- V176 : 04/05/2007 à 19h29 mn,
- V177 : 14/08/2007 à 20h44 mn,
- V178 : 05/10/2007 à 19h01 mn,
- V179 : 14/11/2007 à 19h06 mn,
- V180 : 21/12/2007 à 18h53 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 7, 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,
- 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 (pluiolessivats),
- 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**

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'Annexe 1 (confer le *paragraphe 8.1* 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 175 sont orientées vers le Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami) pour les basses et les hautes couches, avec des vitesses moyennes respectives de 9,7 m/s et de 6,6 m/s.
- Les retombées particulières d'acide chlorhydrique et d'alumine pour le vol 176 sont orientées vers le Sud-Ouest (en direction du site d'observation Agami) pour les basses et les hautes couches, avec des vitesses moyennes respectives de 8,7 m/s et de 9,6 m/s.
- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 177 sont orientées vers l'Ouest avec une direction moyenne de 94,4 degrés (direction comprise entre le site d'observation Agami et la route de l'Espace). Pour les basses couches de l'atmosphère, la vitesse moyenne des vents est de 7,6 m/s, alors que dans les hautes couches, elle est de 7,1 m/s.
- Les retombées particulières d'acide chlorhydrique et d'alumine pour le vol 178 vers l'Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la route de l'Espace) pour les basses couches. Concernant les hautes couches, les vents se dirigent vers Sinnamary (Nord-Ouest). Les vitesses moyennes respectives sont de 7,4 m/s et de 9,2 m/s.
- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 179 sont orientées vers l'Ouest (parallèlement à la route de l'Espace) pour les basses et les hautes couches de l'atmosphère, avec une vitesse moyenne de 11,3 m/s
- Les retombées en HCl et alumine du nuage pour le vol 180 sont orientées vers le Sud-Ouest (direction du site d'observation Agami) pour les basses couches de l'atmosphère puis sont dirigés vers l'Ouest (parallèlement à la route de l'Espace) en hauteur, avec des vitesses moyennes respectives de 8,8 m/s et de 8,2 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 2007. On constate, en effet, que le nuage a pris :

- la même direction sud-ouest (en direction du site d'observation Agami) en mars, en mai, en novembre et en décembre,
- la direction Ouest (parallèlement à la route de l'Espace) en novembre,
- et la direction intermédiaire Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la route de l'Espace) en août et en octobre.

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM 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 par SARRIM sont présentés dans le tableau ci-dessous.

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

|                | Concentration maximale en HCL<br>(ppm) | Concentration maximale en Alumine<br>(mg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------|--|---|
| <b>VOL 175</b> | 2,00                                   | 10,00   |
| <b>VOL 176</b> | 2,20                                   | 14,10   |
| <b>VOL 177</b> | 0,75                                   | 3,77  |
| <b>VOL 178</b> | 1,91                                   | 10,20   |
| <b>VOL 179</b> | 0,88                                   | 5,14  |
| <b>VOL 180</b> | 2,10                                   | 9,78  |

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 176 et 178.

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 surestime les concentrations du gaz chlorhydrique et de l'alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain.

#### **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 activés, 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 175, 176 et 180 (mars, mai et décembre), qu'aucun des trois gaz suivis n'a fait l'objet d'une détection par les appareils de mesure.
- Pour le vol 177 (août), que le « Zellweger » mobile n°2, situé sur le chemin de ronde, derrière le stockage d'hydrogène liquide, a détecté une pollution en gaz chlorhydrique, quelques secondes après le H0. Le pic a atteint 1,5 ppm. Environ 10 minutes après le H0, les concentrations en HCl sont redevenues inférieures au seuil de quantification.
- Pour le vol 178 (octobre), deux « Zellwegers » (les mobiles n°1 et 2) ont détectés une pollution en gaz chlorhydrique quelques secondes après le H0. Ces appareils ont respectivement été installés à des distances de 320 mètres (point d'échantillonnage CP1) et 450 mètres (point d'échantillonnage CP5) par rapport au pas de lancement d'Ariane 5, sur le chemin de ronde. Le mobile n°1 a saturé à 15 ppm tandis que le pic maximal du mobile n°2 était de 4 ppm. Environ 20 minutes après le H0, les concentrations en HCl sont redevenues inférieures au seuil de quantification.
- Pour le vol 179 (novembre), seul le « Zellweger » mobile n°2, installé sur le chemin de ronde à 290 mètres de la zone de lancement, a détecté une pollution en gaz HCl. Ce dernier a saturé à 15 ppm quelques secondes après le H0.

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 ce qui concerne le champ proche, les retombées en alumine particulaire se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 2*).

**Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.**

| Vol                                       | 175                             | 176   | 177  | 178                             | 179                             | 180                          |
|---|---------------------------------|---|--|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b> | 169,16                          | 201,75  | 107,30   | 61,92                           | 60,40                           | 54,64                        |
| <b>Distance de la ZL3 (m)</b>             | 430                             | 460   | 300  | 330                             | 290                             | 570                          |
| <b>Localisation</b>                       | CP2 - virage du chemin de ronde | CP4 - derrière le stockage LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde | CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde | CP4 - virage du chemin de ronde | CP4 - virage du chemin de ronde | CP5 - sur le chemin de ronde |

Concernant le champ lointain, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques (confer le *Tableau 3*).

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

| Vol                                       | 175                | 176                              | 177                      | 178   | 179                      | 180                      |
|---|--------------------|----------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| <b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b> | 9,10               | 0,01                             | 2,23                     | 1 276,34                                      | 2,20                     | 0,68                     |
| <b>Distance de la ZL3 (m)</b>             | 7 600              | 17 810                           | 16 530                   | 1 600   | 6 150                    | 2 680                    |
| <b>Localisation</b>                       | CL11 - piste Agami | CL2 - Hôtel des Roches de Kourou | CL24 - route nationale 1 | CL8 - parking de l'ancienne route nationale 1 | CL30 - route de l'Espace | CL34 - route de l'Espace |

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

En ce qui concerne le champ proche, les retombées particulaires en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 4*).

**Tableau 4 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.**

| Vol                                       | 175  | 176   | 177  | 178                             | 179                             | 180   |
|---|--|---|--|---------------------------------|---------------------------------|---|
| <b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b> | 17 951,50  | 3 778,30  | 3 053,50   | 7 358,80                        | 5 929,40                        | 7 356,30  |
| <b>Distance de la ZL3 (m)</b>             | 340  | 460   | 300  | 330                             | 290                             | 450   |
| <b>Localisation</b>                       | CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde | CP4 - derrière le stockage LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde | CP3 - derrière la piscine LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde | CP4 - virage du chemin de ronde | CP4 - virage du chemin de ronde | CP4 - derrière le stockage LH <sub>2</sub> sur le chemin de ronde |

Les concentrations en ions chlorures pour le champ lointain sont rarement supérieures au seuil de détection des appareils d'analyse sauf pour les vols 175, 179 et 180. Il est à noter que ce seuil de détection a été diminué au cours de l'année 2007, suite à un changement de gamme de mesure (passage de 96 mg/m<sup>2</sup> à 1,2 mg/m<sup>2</sup>). L'appareil et la méthode d'analyse n'ont pas changé.

**Remarque :** La gamme habituellement utilisée (soit 96 mg/m<sup>2</sup>) correspondait aux concentrations usuelles des eaux de consommation.

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

| Vol                                       | 175                      | 176                 | 177                  | 178                 | 179               | 180                      |
|---|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| <b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b> | 1 427,20                 | < 96                | < 1,2                | < 1,2               | 103,34            | 152,52                   |
| <b>Distance de la ZL3 (m)</b>             | 17 000                   | à partir de 4 530 m | à partir de 16 450 m | à partir de 5 860 m | 2 840             | 2 680                    |
| <b>Localisation</b>                       | CL29 - route nationale 1 | /                   |                      |                     | CL9 - piste Agami | CL34 - route de l'Espace |

Il a été observé, au vu des résultats 2007, 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. On observe aussi régulièrement des pics de concentration à la gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve pour les mêmes raisons.

Parallèlement à nos observations, une étude est menée par l'Observatoire Régional de l'Air (ORA) depuis 2006. Elle consiste à mesurer, à Sinnamary, les teneurs en ions chlorures dans l'air ambiant et dans les retombées au sol. L'exploitation et la synthèse des données acquises depuis 2006 étant en cours de réalisation, aucun résultat n'a été présenté lors de l'Assemblée Générale de cette association (AG du 15 juillet 2008). Ces derniers devraient être présentés en fin d'année 2008. Par ailleurs, il est à noter que les premiers résultats issus des données acquises en 2005 et en 2006 restent à confirmer ainsi que l'influence de certains paramètres météorologiques (pluviométrie, force et direction du vent, etc.).

Par ailleurs, l'ORA et l'UAG (Guadeloupe) ont lancé conjointement une nouvelle étude sur la caractérisation des particules en suspension dans l'atmosphère guyanaise. Une première approche est en cours avec l'observation au microscope électronique de filtres placés à Sinnamary. Aucune autre donnée n'est disponible pour le moment.

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

Les mesures réalisées concernant les vols Ariane 175, 176, 177, 178, 179 et 180 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 des lancements V175 et V179. Les échantillonnages ont débutés quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Les *Tableaux 6 et 7* présentent les résultats obtenus pour les vols 175 et 179.

##### 4.5.2. Résultats pour le vol 175

**Tableau 6 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 175 (mars).**

|                   | pH<br>En unité pH | CONDUCTIVITE<br>en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C | CHLORURES<br>en mg/l | SODIUM<br>en mg/l | ALUMINIUM<br>en mg/l |
|-------------------|-------------------|---|----------------------|-------------------|----------------------|
| Moyenne           | 5,66              | 32,96   | 7,61                 | 4,16              | 0,14                 |
| Ecart type        | 0,16              | 1,02  | 0,31                 | 0,19              | 0,026                |
| Nombre de mesures | 24                | 24  | 24                   | 24                | 24                   |

##### 4.5.3. Résultats pour le vol 179

Il est à noter qu'une campagne de prélèvement devait avoir lieu pour le vol 178. Suite à un problème d'étanchéité du système de pompage péristaltique, le préleveur installé sur le pont de la rivière Karouabo n'a pas fonctionné. Par conséquent, aucun échantillon d'eau n'a pu être prélevé. Cette campagne a donc été reconduite au lancement suivant (vol 179).

Pour le vol 179, suite à un bouchage de la ligne de prélèvement, les échantillons K10, K11 et K12 n'ont pas été réalisés.

**Tableau 7 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 179 (novembre).**

|                   | pH<br>En unité pH | CONDUCTIVITE<br>en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C | CHLORURES<br>en mg/l | SODIUM<br>en mg/l | ALUMINIUM<br>en mg/l |
|-------------------|-------------------|---|----------------------|-------------------|----------------------|
| Moyenne           | 6,22              | 35,29   | 6,32                 | 4,12              | 0,11                 |
| Ecart type        | 0,15              | 4,32  | 0,16                 | 0,068             | 0,016                |
| Nombre de mesures | 21                | 21  | 21                   | 21                | 21                   |

#### 4.5.4. 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 vol 175 et vol 179.

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.

Entre les vols, des différences de qualité s'observent. La conductivité qui est relativement plus élevée en octobre, diminue en saison des pluies du fait de la dilution par les eaux de pluies. Pour le pH, il est normalement plus faible en saison des pluies ( $\text{pH} < 6$ ) qu'en saison sèche ( $\text{pH} > 6$ ). Les phénomènes photosynthétiques accrus en saison sèche engendrent une consommation du  $\text{CO}_2$ , augmentant d'autant la valeur du pH.

Les valeurs obtenues pour la conductivité, les chlorures et le sodium montrent que la zone où est située le préleveur ne subit que l'onde de marée ; l'eau de mer ne pénétrant pas jusqu'au pont de la Karouabo.

### **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 : un est situé en amont de la ZL3 (point nommé « BAF ») et deux sont situés en aval de la ZL3 (points nommés « zone 48 » et « zone 53 »).

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

Il est à noter qu'une seule campagne de prélèvement a été réalisée pour l'année 2007. Elle a eu lieu durant la saison des pluies (les 13 et 19 juin 2007).

#### 4.6.3. Analyse des eaux de surface

Chaque échantillon prélevé a donné lieu à des analyses physico-chimiques conformément aux exigences de l'arrêté d'exploiter.

Trois zones ont été prospectées :

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

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats des prélèvements des eaux de surface.**

| DATE DE PRELEVEMENT   | LIEU DE PRELEVEMENT | PARAMETRE SUIVI  |   |                              |                        |                                |
|---|---------------------|------------------|---|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
|   |                     | pH<br>(Unité pH) | DBO <sub>5</sub><br>(mgO <sub>2</sub> /l) | DCO<br>(mgO <sub>2</sub> /l) | Azote Global<br>(mg/l) | Aluminium dissous<br>(mg Al/l) |
| 13/06/2007<br>(SAISON DES PLUIES)                                 | Zone 48 (ZL3)       | 5,2              | < 3                                       | < 30                         | < 0,5                  | 3                              |
|   | Zone 53 (ZL3)       | 5,8              | 4   | < 30                         | 1,9                    | 7                              |
|   | Zone BAF            | 6,2              | 4   | < 30                         | < 0,5                  | 1                              |
| <b>SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE<br/>DANS L'ARRETE PREFECTORAL</b> |                     | 4,0 ≤ pH ≤ 12,0  | ≤ 30                                      | ≤ 125,0                      | ≤ 30,0                 | ≤ 5,0                          |

La zone de prélèvement 48 possède un pH plus faible dans les eaux de surface que les autres sites de prélèvements. La proximité de la ZL explique ce résultat. Pour les deux autres sites, les valeurs

obtenues sont représentatives de la qualité des eaux douces guyanaises, comme pour les autres paramètres DBO<sub>5</sub>, DCO et azote global.

Les valeurs mesurées sur chacun des paramètres suivis restent inférieures aux spécifications de l'arrêté d'exploiter, sauf pour l'aluminium de la zone 53 (où l'on observe un léger dépassement qui semble dû aux incertitudes analytiques, compte tenu de la faible teneur mesurée).

Il est à noter que les concentrations en aluminium dans les eaux de surfaces sont très nettement plus élevées autour de la zone de lancement.

#### 4.6.4. Analyse des eaux souterraines

Les différentes mesures et analyses effectuées lors de cette campagne ont mis en évidence :

- des eaux de couleur jaune-marron et avec une légère turbidité lors de prélèvement
- l'absence de pellicules surnageantes, d'irisation de la surface de l'eau ou d'odeurs,
- un niveau de la surface piézométrique de la nappe typique de la saison des pluies.

Le *Tableau 9* donne les résultats obtenus pour les eaux souterraines.

**Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats des prélèvements des eaux souterraines.**

| DATE DE PRELEVEMENT   | LIEU DE PRELEVEMENT | PARAMETRE SUIVI      |                 |  |                           |                     |                             |
|---|---------------------|----------------------|-----------------|--|---------------------------|---------------------|-----------------------------|
|   |                     | Niveau piézométrique | pH (Unité pH)   | DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l) | DCO (mgO <sub>2</sub> /l) | Azote Global (mg/l) | Aluminium dissous (mg Al/l) |
| 19/06/2007<br>(SAISON DES PLUIES)                             | Zone 48 (ZL3)       | -0,10                | 6,3             | 1,4                                    | 39                        | < 0,5               | 52                          |
|   | Zone 53 (ZL3)       | -2,52                | 6,4             | < 3                                    | < 30                      | 0,5                 | 6                           |
|   | Zone BAF            | -0,01                | 6,0             | 6                                      | < 30                      | 1,1                 | 12                          |
| <b>SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE DANS L'ARRETE PREFECTORAL</b> |                     | -                    | 4,0 ≤ pH ≤ 12,0 | ≤ 30                                   | ≤ 125,0                   | ≤ 30,0              | ≤ 5,0                       |

Le pH est constant quel que soit le lieu de prélèvement. Etant donné la position du point de prélèvement « zone BAF » en amont des installations de lancement, les concentrations trouvées doivent être considérées comme celles présentes naturellement dans le milieu.

La DBO<sub>5</sub>, la DCO et l'azote global sont très faibles.

Pour l'aluminium, les valeurs sont élevées et dépassent la spécification de l'arrêté d'exploiter sur l'ensemble des points de prélèvement. Le caractère latéritique des sols guyanais explique les fortes valeurs trouvées dans les eaux souterraines ; le BAF donnant une valeur caractéristique des eaux souterraines de Guyane. Par conséquent, la valeur limite réglementaire de 5 mg/l **[DA 2]** ne semble pas adaptée aux particularités de la qualité physico-chimique des eaux de Guyane. Il est à noter que la zone 53, située dans le dévers à proximité de la ZL, est très influencée par la dilution des eaux de pluies.

#### 4.6.5. Conclusions sur les mesures des eaux de surface et souterraines

D'une manière générale, il est intéressant de noter que les eaux de surface sont plus impactées que les eaux souterraines. Les zones 48 et 53 sont nettement influencées par les lancements alors que celle du BAF sont plutôt représentatives des valeurs de qualité générales des eaux douces guyanaises.

Des non-conformités vis-à-vis de l'arrêté préfectoral sont à noter sur le paramètre aluminium aussi bien pour les eaux de surface (point « Zone 53 ») que pour les eaux souterraines (les 3 points de mesures).

### **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 est 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 ( $DBO_5$ ), 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>2</sup>) et les eaux des carneaux du pas de tir Ariane 5 (environ 1000 m<sup>2</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 10* regroupe l'ensemble des teneurs mesurées après traitement dans les échantillons avant leur rejet dans le milieu naturel.

**Tableau 10 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux des carneaux ELA3 avant rejet au milieu naturel.**

| PARAMETRE                            | UNITE                               | SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE DANS L'ARRETE PREFECTORAL | V175 | V176  | V177  | V178  | V179  | V180  |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>pH</b>                            | unité pH                            | 5,5 ≤ Ph ≤ 8,5   | 6,7  | 6,9   | 6,8   | 7,3   | 7     | 6,9   |
| <b>MEST</b>                          | mg/l                                | ≤ 35   | 14,2 | 22    | 11    | 14    | 9     | 25    |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>               | mg/l                                | ≤ 25   | 1,8  | 0,5   | < 0,5 | < 0,5 | -     | < 3   |
| <b>DCO</b>                           | mg O <sub>2</sub> /l                | ≤ 125  | < 30 | < 30  | < 30  | < 30  | < 30  | < 30  |
| <b>Azote Total</b>                   | mg/l                                | ≤ 30   | 0,7  | < 0,5 | < 0,5 | 0,6   | < 0,5 | 0,7   |
| <b>Aluminium</b>                     | mg/l                                | ≤ 5  | 0,3  | 0,9   | 1,1   | 0,8   | < 0,5 | 1,3   |
| <b>Indice hydrocarbure</b>           | mg/l                                | ≤ 10   | -    | -     | < 0,1 | -     | < 0,1 | < 0,1 |
| <b>Couleur</b>                       | mg/Pt/l                             | *  | -    | -     | -     | -     | -     | -     |
| <b>Produits hydrazinés</b>           | mg N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /l | ≤ 1  | -    | -     | -     | < 0,4 | < 0,4 | < 0,3 |
| <b>Nombre de jours avant analyse</b> |                                     |  | 10   | 11    | 7     | 11    | 13    | 12    |

\* : 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 des paramètres suivants n'a pas été réalisée :

- la « couleur » pour l'ensemble des vols,
- l'« indice hydrocarbures » pour les vols 175, 176 et 178,
- les « produits hydrazinés » pour les vols 175, 176 et 177,
- la « DBO<sub>5</sub> » pour le vol 179.

#### 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 178 était de type GS. 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 2007, 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 11*).

**Tableau 11 : 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       | $Al^{3+}$ échangeable et très mobile   |
| 5,5 < pH < 8,0 | $Al^{3+}$ 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 14 au 16 mai 2007 au niveau de la crique des Pères (sur la qualité physico-chimique des eaux uniquement), de la Malmanoury et de la Karouabo [DR 19]. 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 point de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 12*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

**Tableau 12 : 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   | 4,50                       | 25,3             | 24                   | 5,4                    | 66                  | 7,2             |
|                     | 4,7                        | 25,5             | 24                   | 5,3                    | 64                  | 4,2             |
| CRIQUE KAROUABO     | 4,42                       | 27,1             | 24                   | 2,4                    | 30                  | 3,1             |
|                     | 4,27                       | 27,4             | 22                   | 2,2                    | 28                  | 3,6             |
| CRIQUE DES PERES    | 4,25                       | 25,8             | 23                   | 4,5                    | 56                  | 5,6             |

Il est ainsi intéressant de noter que la plupart des paramètres physico-chimiques sont quasiment constants quel que soit la localisation du point de prélèvement. La turbidité est toutefois différente entre les criques Malmanoury et Karouabo ; cette dernière présentant des valeurs plus faibles que celles obtenues pour la Malmanoury.

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

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 13*).

Il est ainsi intéressant de noter que certains paramètres restent inférieurs aux limites de détection des appareils de mesures tels que le cadmium, 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 et en mercure. Les concentrations en fer, en zinc et en calcium sont d'autre part plus élevées dans la crique Malmanoury que dans la Karouabo où les valeurs sont plus stables.

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.



**cnes**  
CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-S3X-10968-CNES  
Ed/Rév. : 01/00 Classe : GP  
Date : 27/06/2008  
Page : 32/66

BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES  
ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL GUYANAIS 2007

**Tableau 13 : 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        | 5,4             | 5,4    | 5,1    | 5,0    | 4,9    | 5,2               | 5,7    | 5,0    | 5,3    | 5,0    |
| Aluminium mg/Kg MS | 4 450           | 22 700 | 11 500 | 30 500 | 58 800 | 38 900            | 41 060 | 39 600 | 32 900 | 24 800 |
| Baryum mg/Kg MS    | 16,5            | 9,0    | 11,5   | 38,5   | 56,9   | 29,5              | 42,0   | 40,1   | 41,5   | 22,5   |
| Cadmium mg/Kg MS   | < 0,1           | < 0,1  | < 0,1  | < 0,1  | < 0,1  | < 0,1             | < 0,1  | < 0,1  | < 0,1  | < 0,1  |
| Calcium mg/Kg MS   | 108,0           | 47,5   | 97,5   | 82,5   | 98,4   | 207               | 96     | 106    | 113    | 79     |
| Cobalt mg/Kg MS    | 2,5             | 6,0    | 10,0   | 18,0   | 37,0   | 57,5              | 4,0    | 21,6   | 18,5   | 16,0   |
| Chrome mg/Kg MS    | < 0,5           | 0,7    | 100,0  | 1,5    | 4,0    | 8,5               | 1,5    | 1,5    | 0,5    | 1,5    |
| Cuivre mg/Kg MS    | 0,5             | 0,9    | 1,0    | 2,0    | 5,5    | 55,0              | 3,5    | 2,5    | 3,5    | 1,5    |
| Fer mg/Kg MS       | 2 150           | 8 790  | 4 120  | 7 950  | 17 030 | 46 300            | 5 450  | 6 120  | 10 010 | 10 050 |
| Magnésium mg/Kg MS | 97              | 544    | 154    | 650    | 1580   | 840               | 510    | 500    | 1240   | 565    |
| Manganèse mg/Kg MS | 15,5            | 10,0   | 9,0    | 21,0   | 36,5   | 141,0             | 15,5   | 14,5   | 32,5   | 16,0   |
| Molybdène mg/Kg MS | < 1             | < 1    | < 1    | 1,5    | < 1    | < 1               | < 1    | < 1    | < 1    | 1,0    |
| Nickel mg/Kg MS    | 1,0             | 1,3    | 2,5    | 5,0    | 12,0   | 21,1              | 7,5    | 6,5    | 7,5    | 3,3    |
| Plomb mg/Kg MS     | 10,0            | 4,8    | 4,5    | 7,5    | 21,5   | 13,0              | 13,5   | 10,5   | 10,5   | 7,5    |
| Potassium mg/Kg MS | 195             | 2 260  | 415    | 2 170  | 5 420  | 1 870             | 1 630  | 1 360  | 2 580  | 1 470  |
| Sélénium mg/Kg MS  | < 1             | < 1    | < 1    | < 1    | < 1    | < 1               | < 1    | < 1    | < 1    | < 1    |
| Zinc mg/Kg MS      | 10,5            | 7,0    | 11,0   | 16,5   | 32,0   | 51,5              | 14,5   | 14,0   | 19,5   | 13,5   |
| Mercuré mg/Kg MS   | 0,04            | 0,10   | 0,14   | 0,06   | 0,05   | 0,05              | 0,17   | 0,12   | 0,08   | 0,09   |

AM = Amont du pont AV = Aval du pont

Le *Tableau 14* donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les deux criques échantillonnées.

**Tableau 14 : 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        | 5,16            | 0,21     | 5,24              | 0,26     |
| Aluminium | 25 590          | 18872    | 35 452            | 6 009    |
| Baryum    | 26,48           | 18,44    | 35,12             | 7,79     |
| Cadmium   | < 0,1           | 0        | < 0,1             | 0        |
| Calcium   | 86,78           | 21,27    | 120,20            | 44,88    |
| Cobalt    | 14,7            | 12,29    | 23,52             | 18,01    |
| Chrome    | 26,55           | 42,42    | 2,70              | 2,93     |
| Cuivre    | 1,98            | 1,83     | 13,20             | 20,91    |
| Fer       | 8 008           | 5127     | 15 586            | 15 475   |
| Magnésium | 605             | 533      | 731               | 283      |
| Manganèse | 18,40           | 10,02    | 43,90             | 49,01    |
| Molybdène | 1,50            | 0,20     | 1,00              | 0        |
| Nickel    | 4,36            | 4,07     | 9,18              | 6,16     |
| Plomb     | 9,66            | 6,25     | 11,00             | 2,14     |
| Potassium | 2 092           | 1872     | 1 782             | 434      |
| Sélénium  | < 1             | 0        | < 1               | 0        |
| Zinc      | 15,40           | 8,84     | 22,60             | 14,61    |
| Mercure   | 0,078           | 0,037    | 0,10              | 0,041    |

M = moyenne

$\sigma$  = écart-type

La teneur moyenne des sédiments en Nickel, en Manganèse, en Fer, en Cuivre, en Cobalt, en Calcium et en Aluminium est très nettement inférieure dans la Karouabo (en comparaison avec celle mesurée dans la Malmanoury).

Inversement, seule la teneur des sédiments en Chrome est plus importante dans la Karouabo par rapport à la valeur obtenue sur la Malmanoury.

Il est à noter que les teneurs en Sélénium et en Cadmium sont constantes quel que soit la crique (écart type nul). Il en est de même pour le Molybdène mais uniquement sur la crique Malmanoury.

#### 4.8.6. Conclusions

Il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles en aluminium de la proportion associée à l'impact des lancements. En effet, à la sortie de la tuyère, ce dernier 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  $H^+$ . Or, 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

L'objectif est de quantifier les niveaux des vibrations reçues au niveau des habitations voisines du CSG sur les communes de Kourou et de Sinnamary lors des lancements Ariane 5.

Cette étude 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 ?).

Elle a 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 V180 du 21 décembre 2007.

##### 4.9.2. Méthodologie et 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.

**Figure 1 : Exemple de chaîne d'acquisition.**



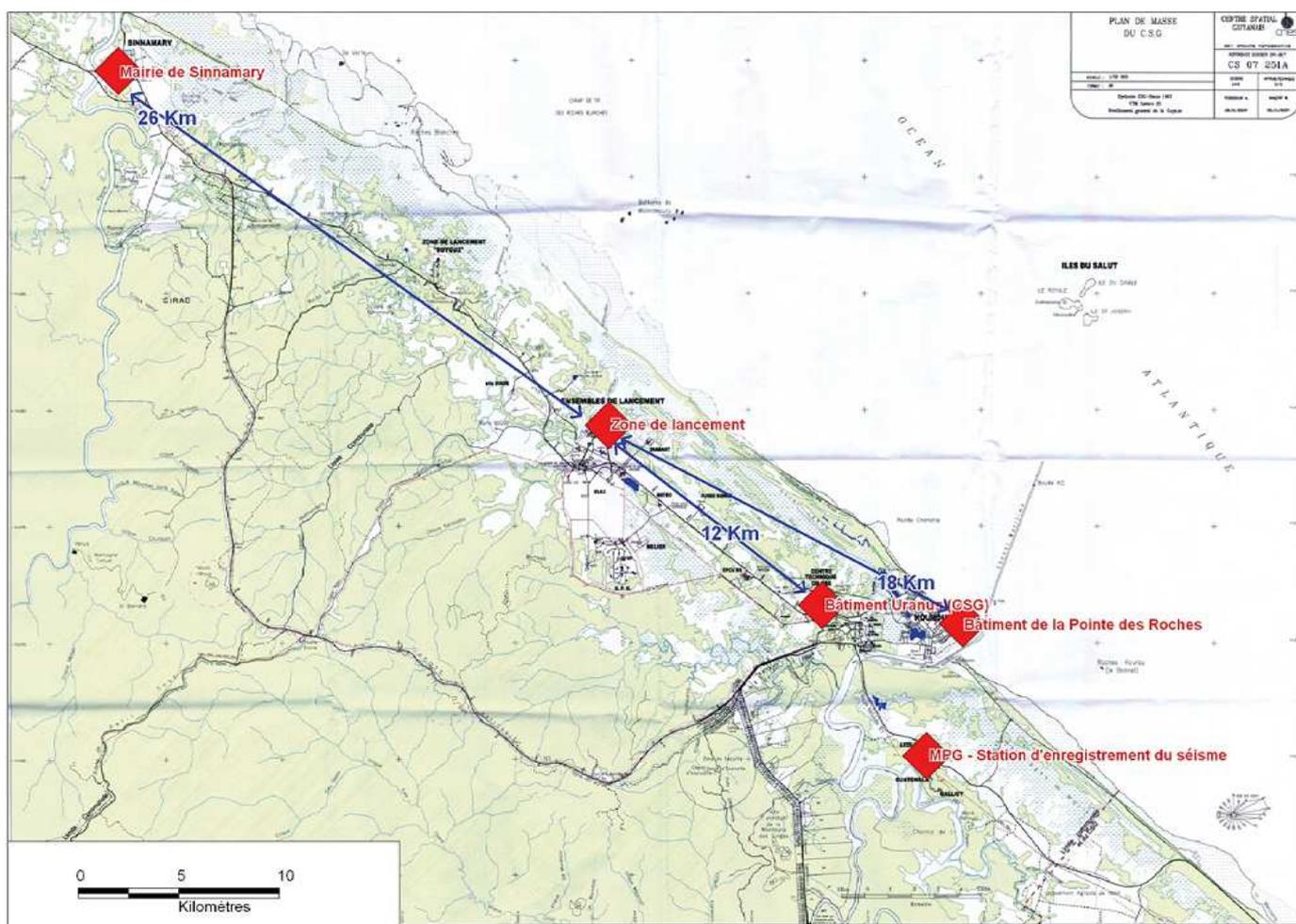
Il est à noter que ces appareils d'acquisition peuvent enregistrer des vitesses de vibrations jusqu'à  $1,2 \cdot 10^{-2}$  m/s.

Par ailleurs, avant le lancement de V180, des mesures de bruit de fond sur l'ensemble des sites d'étude ont été réalisées.

### 4.9.3. Localisation des capteurs

La Figure 2 présente l'emplacement des points de mesures.

**Figure 2** : Carte de localisation des capteurs pour le lancement V180.



Ces mesures ont été effectuées :

- Au 1<sup>er</sup> étage de la Mairie de Sinnamary,
- A proximité de la zone de lancement ZL3,
- Au 1<sup>er</sup> étage et dans l'aile Est du bâtiment URANUS du Centre Technique (zone administrative),
- Dans une maison située à proximité de la pointe des roches,
- Sur la montagne des pères (station d'enregistrement des séismes).

#### 4.9.4. Résultats des mesures

Le *Tableau 15* présente les résultats obtenus en situation courante.

**Tableau 15 : Niveaux vibratoires maximaux et moyens obtenus en situation courante.**

|                            | MESURES DE NUIT              |                           | MESURES DE JOUR              |                           |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
|                            | <i>Valeur maximale (m/s)</i> | <i>Niveau moyen (m/s)</i> | <i>Valeur maximale (m/s)</i> | <i>Niveau moyen (m/s)</i> |
| <b>BATIMENT URANUS</b>     | 2,0E-05                      | 1,0E-05                   | 1,0E-04                      | 1,0E-05                   |
| <b>MAIRIE DE SINNAMARY</b> | 1,0E-05                      | 1,0E-06                   | 6,0E-05                      | 1,0E-05                   |
| <b>MAISON DES ROCHES</b>   | 1,0E-05                      | 1,0E-06                   | 1,5E-05                      | 2,0E-06                   |

Les niveaux observés la nuit sont inférieurs d'un facteur compris entre 10 et 100 à ceux générés par le lancement V180. Les niveaux observés la journée en situation courante et en pic de vitesse, peuvent atteindre ceux générés par le tir.

Le *Tableau 16* présente les résultats obtenus au cours du lancement Ariane 5 V180.

**Tableau 16 : Niveaux vibratoires maximaux et moyens obtenus au cours du lancement V180 (décembre).**

|                            | DIRECTION (m/s) |               |              | MAXIMUM                               |
|----------------------------|-----------------|---------------|--------------|---------------------------------------|
|                            | VERTICALE       | LONGITUDINALE | TRANSVERSALE |                                       |
| <b>BATIMENT URANUS</b>     | 5,70E-04        | 2,30E-04      | 3,00E-04     | 5,7E-4<br>(bande fréquence 8 - 30 Hz) |
| <b>MAIRIE DE SINNAMARY</b> | 3,00E-05        | 2,10E-05      | 6,60E-05     | 6,6E-5<br>(fréquence < 8 Hz)          |
| <b>MAISON DES ROCHES</b>   | 1,80E-05        | 1,90E-05      | 1,00E-05     | 1,9E-05<br>(fréquence > 30 Hz)        |

Le *Tableau 17* présente une comparaison des résultats obtenus au cours du lancement Ariane 5 V180 aux seuils réglementaires.

**Tableau 17 : Comparaison des niveaux maximaux de vibrations atteints durant le lancement V180 aux niveaux réglementaires pour l'exploitation des carrières et l'exploitation des installations classées ICPE.**

|                        | MAXIMUM<br>OBSERVE DURANT<br>LE LANCEMENT<br>(m/s) | MAXIMUM<br>REGLEMENTAIRE<br>POUR TIR EN<br>CARRIERE (m/s) | FACTEUR D'ECART | MAXIMUM<br>REGLEMENTAIRE<br>POUR<br>L'EXPLOITATION<br>D'UNE ICPE (m/s) | FACTEUR D'ECART |
|------------------------|--|---|-----------------|--|-----------------|
| BATIMENT URANUS        | 5,7E-04  | 1,0E-02   | 20              | 5.0E-3   | 10              |
| MAIRIE DE<br>SINNAMARY | 6,6E-05  |   | 200             | 3.0E-3   | 50              |
| MAISON DES<br>ROCHES   | 1,9E-05  |   | 500             | 5.0E-3   | 300             |

▪ **Vibrations générées lors des tirs de carrières (arrêté du 22 septembre 1994) :**

Les niveaux engendrés par le tir montrent des valeurs très inférieures à ce seuil (facteur compris entre 20 et 500).

▪ **Vibrations émises dans l'environnement par les ICPE (circulaire du 23 juillet 1896) :**

Les niveaux enregistrés lors du tir montrent des valeurs inférieures à ces seuils (facteur compris entre 10 et 300).

Le *Tableau 18* présente une comparaison des résultats obtenus au cours du lancement Ariane 5 V180 au pic de vitesse mesuré à la montagne des Pères durant le séisme de 2006.

**Tableau 18 : Comparaison des niveaux maximaux de vibrations atteints durant le lancement V180 au niveau maximal atteint durant le séisme du 08 juin 2006.**

|                        | MAXIMUM<br>OBSERVE DURANT<br>LE LANCEMENT<br>(m/s) | MAXIMUM DE<br>VITESSE MESURE<br>(m/s) | FACTEUR D'ECART |
|------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| BATIMENT URANUS        | 5,7E-04  | 6,4E-03                               | 10              |
| MAIRIE DE<br>SINNAMARY | 6,6E-05  |                                       | -               |
| MAISON DES<br>ROCHES   | 1,9E-05  |                                       | 300             |

Les niveaux générés par le tir sont inférieurs dans un rapport qui varie de 10 à 300. Il est à noter que le facteur le plus faible (10) semble être dû à une amplification par le sous-sol du bâtiment Uranus (comme le montrent les rapports spectraux réalisés au sol, à proximité dudit bâtiment)

#### 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. Ces niveaux sont de l'ordre de  $10^{-2}$  m/s à  $10^{-1}$  m/s.

Les niveaux de vibrations générés par le tir sont inférieurs d'au moins un facteur 50 aux niveaux pris comme seuils d'apparition de dommages léger. L'inspection visuelle des 3 bâtiments, réalisée lors du repli du matériel a d'ailleurs permis de constater qu'aucun dommage, même léger n'avait été induit par le lancement.

L'étude met donc en évidence qu'un tir du lanceur Ariane 5 génère des vibrations qui sont perceptibles et mesurables. Ces vibrations mesurées montrent des pics du même ordre de grandeur que les niveaux maximaux observés en journée en situation courante.

### **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 pluviollessivats 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 2007, deux campagnes de mesures ont eu lieu. Elles ont été menées pour les vols 176 (mai) et 180 (décembre).

#### 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).

Les limites de détections sont les suivantes :

- Ca = 0,01 mg/l,
- Mg = 0,003 mg/l,
- K = 0,03 mg/l,
- Na = 0,002 mg/l,
- Al = 0,04 mg/l,
- Cl = 0,1 mg/l.

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

Les résultats obtenus en champ proche, pour les 2 lancements, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 19 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour les lancements 176 (mai) et 180 (décembre).**

| ECHANTILLON | RESULTATS IRD     |              |              |              |             |              |                                |                  |      |
|-------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------------|------------------|------|
|             | Al<br>(mg/l)      | Cl<br>(mg/l) | Ca<br>(mg/l) | Mg<br>(mg/l) | K<br>(mg/l) | Na<br>(mg/l) | Conductivité<br>(mS/cm à 25°C) | pH<br>(unité pH) |      |
| VOL<br>176  | Moyenne           | 16,02        | 85,80        | 7,94         | 1,22        | 3,60         | 1,10                           | 585              | 2,95 |
|             | Ecart type        | 3,89         | 19,42        | 1,30         | 0           | 0,52         | 0,092                          | 147              | 0,14 |
|             | Nombre de mesures | 5            | 5            | 5            | 5           | 5            | 5                              | 5                | 5    |
| VOL<br>180  | Moyenne           | 37,03        | 53 314       | 32,39        | 7,53        | 39,18        | 6,67                           | 15 266           | 1,62 |
|             | Ecart type        | 15,80        | 28 333       | 17,52        | 4,52        | 37,23        | 1,79                           | 8 700            | 0,21 |
|             | Nombre de mesures | 5            | 5            | 5            | 5           | 5            | 5                              | 5                | 5    |

Les échantillons récoltés en champ proche ont un pH quasi-constant. Pour le vol 180, du fait des faibles valeurs de pH et des fortes teneurs en ions chlorures, la conductivité est très élevée et fluctue de façon importante.

Pour l'ensemble des vols, on observe des fluctuations des concentrations en ions significatifs sauf les ions Magnésium (Mg), Potassium (K) et Sodium (Na) dont les teneurs restent constantes sur le vol 176 (écarts type nuls ou très proches de zéro).

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

Les résultats obtenus en champ lointain, pour les 2 vols, sont synthétisés dans le *Tableau 20*.

**Tableau 20 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour les lancements 176 (mai) et 180 (décembre).**

| ECHANTILLON | RESULTATS IRD     |              |              |              |             |              |                                |                  |       |
|-------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------------|------------------|-------|
|             | Al<br>(mg/l)      | Cl<br>(mg/l) | Ca<br>(mg/l) | Mg<br>(mg/l) | K<br>(mg/l) | Na<br>(mg/l) | Conductivité<br>(mS/cm à 25°C) | pH<br>(unité pH) |       |
| VOL<br>176  | Moyenne           | 0,04         | 1,18         | ISQ*         | 0,24        | 0,39         | 0,46                           | 7,40             | 5,47  |
|             | Ecart type        | 0            | 0,089        | 0            | 0           | 0            | 0                              | 0,49             | 0,083 |
|             | Nombre de mesures | 5            | 5            | 5            | 5           | 5            | 5                              | 5                | 5     |
| VOL<br>180  | Moyenne           | 0,068        | 230          | 1,60         | 0,83        | 3,29         | 2,85                           | 46,80            | 6,28  |
|             | Ecart type        | 0,022        | 61           | 0,36         | 0,12        | 1,58         | 0,69                           | 9,99             | 0,16  |
|             | Nombre de mesures | 5            | 5            | 5            | 5           | 5            | 5                              | 5                | 5     |

ISQ : Inférieur au Seuil de quantification

Les échantillons récoltés en champ lointain ont un pH et une conductivité constants.

Pour les deux lancements, nous constatons que la teneur des différents ions (Aluminium, Chlorures, Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium) est constante sur l'ensemble des échantillons (écart type nul ou très proche de zéro).

#### 4.10.4. Conclusions

Pour chaque série d'échantillons, le pH et la conductivité mesurés sont constants sauf pour le vol 180. De fortes conductivités ont été mesurées en champ proche, dues aux importantes teneurs des échantillons en ions chlorures. Par comparaison des valeurs obtenues en champ proche et en champ lointain pour chacun des vols, on observe des valeurs de pH du même ordre de grandeur.

**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 2007**

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 2007 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 2007

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 21* présente toutefois les principales conclusions de cette étude.

**Tableau 21 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2007.**

| PARAMETRE SUIVI                      | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2007   |
|--------------------------------------|---|
| <p><b>PEUPEMENTS DE POISSONS</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le nombre de captures est plus important en saison sèche qu'en saison des pluies, et cela quelle que soit la crique prospectée. Il est à noter que ce nombre a augmenté de façon moins significative sur la crique des Pères (seulement 25 % d'augmentation contre 86 % sur la Karouabo et 50 % sur le Malmanoury).</li> <li>▪ Les criques soumises aux éventuelles perturbations des lancements Ariane 5 montrent que les perturbations observées jusqu'en 2006 semblent s'expliquer par l'influence répétée d'évènements climatiques non négligeables (assèchements...).</li> <li>▪ L'ensemble des indices situe l'année 2007 au même niveau que ceux des années 1999-2002 et indique ainsi une des meilleures années en terme de diversité et de régularité des peuplements sur l'ensemble des trois criques échantillonnées depuis le début du suivi.</li> <li>▪ Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, un certain nombre de parasites abdominaux a été observé chez quelques individus échantillonnés notamment sur la Karouabo.</li> <li>▪ Concernant le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, les trois criques présentent toujours des teneurs faibles et comparables. Néanmoins, les valeurs enregistrées en 2007 sont :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2 à 3 fois plus fortes que celles des quatre dernières années</li> <li>○ mais restent de même niveau que celles de la période 1998-2001.</li> </ul> </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> <li>▪ Seule la saison des pluies présente des taux moyens en aluminium légèrement plus élevés que la saison sèche.</li> </ul> |

| PARAMETRE SUIVI                          | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2007   |
|--|---|
| <p><b>INVERTEBRES<br/>AQUATIQUES</b></p> | <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>▪ Il est à noter une très forte augmentation de la diversité en juin 2007, sur les trois stations de prélèvement.</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>○ Les trois criques traditionnellement suivies (criques des Pères, Malmanoury et Karouabo) sont en <b>classe III</b>,</li> <li>○ La Passoura est, quant à elle, en <b>classe V</b>.</li> </ul> </li> <li>❖ <i>En saison des pluies</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La Crique des Père gagne une classe et passe en <b>classe II</b>,</li> <li>○ La Malmanoury est stable et reste en <b>classe III</b>,</li> <li>○ La Karouabo, quant à elle, perd deux classes d'intégrité et se retrouve avec la Passoura en <b>classe V</b>.</li> </ul> </li> </ul> </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 défavorable : 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 dégradés 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 2007

##### 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. Jusqu'à présent les prélèvements étaient réalisés en saison des pluies. Les prélèvements de saison sèche ont permis de mettre en évidence, depuis 2006, une richesse élevée dans la Karouabo (richesse jamais enregistrée jusqu'alors) à l'inverse de la Malmanoury où elle est inférieure à celle de 1998 (année où les niveaux avaient été particulièrement faibles liés à la sécheresse engendrée par El Niño).

Il est donc intéressant de continuer ces prélèvements bi-annuels afin 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, notamment en termes d'impacts saisonniers (vérification des hypothèses émises lors de la saison sèche).

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.

Il devient également nécessaire d'effectuer des mesures sur une ou plusieurs autres criques comparables à la Crique des Pères ou à la Karouabo afin de déterminer avec précision celle qui réunira les conditions optimales pour devenir la crique témoin.

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 2007**

Les mesures visant à déterminer les effets sur l'environnement des lancements comprennent également un suivi des retombées des particules d'alumine sur différents peuplements d'oiseaux. En 2007, une nouvelle étude a été lancée.

#### 4.12.1. Nouveau protocole d'étude

Cela fait maintenant plus de 10 ans que le CNES/CSG collecte des données sur l'étude du taux d'alumine résiduel retenue par les plumes d'oiseaux (plumes couvrantes et couvertes). Les résultats étant reproductibles et répétitifs d'un lancement à l'autre, une étude plus fine a été lancée **[DR21]**.

Inspirée des recherches menées sur l'impact des pluies acides en Europe, en Amérique du Nord, en Angleterre et au Pays-Bas, l'étude est basée sur la mesure de l'épaisseur des coquilles d'œufs. En effet, il s'est avéré que les œufs semblaient 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. Cette étude est donc particulièrement révélatrice des impacts potentiels sur la physiologie des espèces sauvages du CSG.

Par ailleurs, cette méthode est très simple d'exécution et transparente notamment par l'utilisation :

- de nichoirs disposés pour la plupart à proximité de lieux d'habitation
- d'un micromètre pour l'évaluation de l'épaisseur des coquilles d'œufs prélevées

La mise en place des nichoirs (environ 400) s'échelonne sur 3 ans et concerne 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 3 : Installation d'un nichoir sur la zone témoin (CT).**

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. Une phase d'adaptation sera, par conséquent, nécessaire pour attirer les oiseaux dans leurs habitats artificiels.

Elles accueilleront 5 espèces d'oiseaux sentinelles :

- les Hirondelles chalybées (*Progne chalybea*),
- les Hirondelles à ailes blanches (*Tachycineta albiventer*),
- les troglodytes (*Troglodytes musculus*),
- les Tyrans kikiwi (*Pitangus sulphuratus*)
- les Chouettes effraie (*Tyto alba*).



Les nichoirs seront adaptés à chaque espèce (*Figure 4* : petit modèle pour l'hirondelle – gros modèle réservé à la Chouette effraie).

**Figure 4 : Vue de différents types de nichoirs.**



D'un point de vue scientifique, l'opération ouvre en effet la voie à une étude plus fine du métabolisme des oiseaux, avec des retombées importantes en matière de connaissance de l'avifaune.

D'un point de vue didactique, elle s'intégrera à une série de dispositifs de sensibilisation à l'observation et la protection de l'environnement.

#### 4.12.2. Résultats du suivi de l'avifaune

Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2009-2010.

### ***4.13. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2007***

#### 4.13.1. Objectifs du suivi

L'étude menée [DR 20] 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 22*).

**Tableau 22 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2007.**

| PARAMETRES SUIVIS   | RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2007  |
|---|---|
| <b>SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGE ET D'ARDEIDES</b> | <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>   |
| <b>LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA COLONIE</b>                      | <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>   |
| <b>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</b>                     | <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 D'ESSAI DU SPECIMEN MPS P80 QM

Le tir de développement du spécimen MPS/P80 QM au Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) a été réalisé le 04 décembre 2007 à 12 heures 35 minutes. Cet essai s'inscrit dans le programme de développement et de qualification du Moteur à Propergol Solide (MPS) P80 qui sera mis en œuvre pour le premier étage du futur lanceur européen VEGA.

Un plan de mesures environnement a été mis en place pour l'essai à feu P80 QM au BEAP [DR 17] 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 15] :

- 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 corrélérer les mesures avec le logiciel « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM),
- de suivre la qualité des eaux du carneau avant leur rejet.

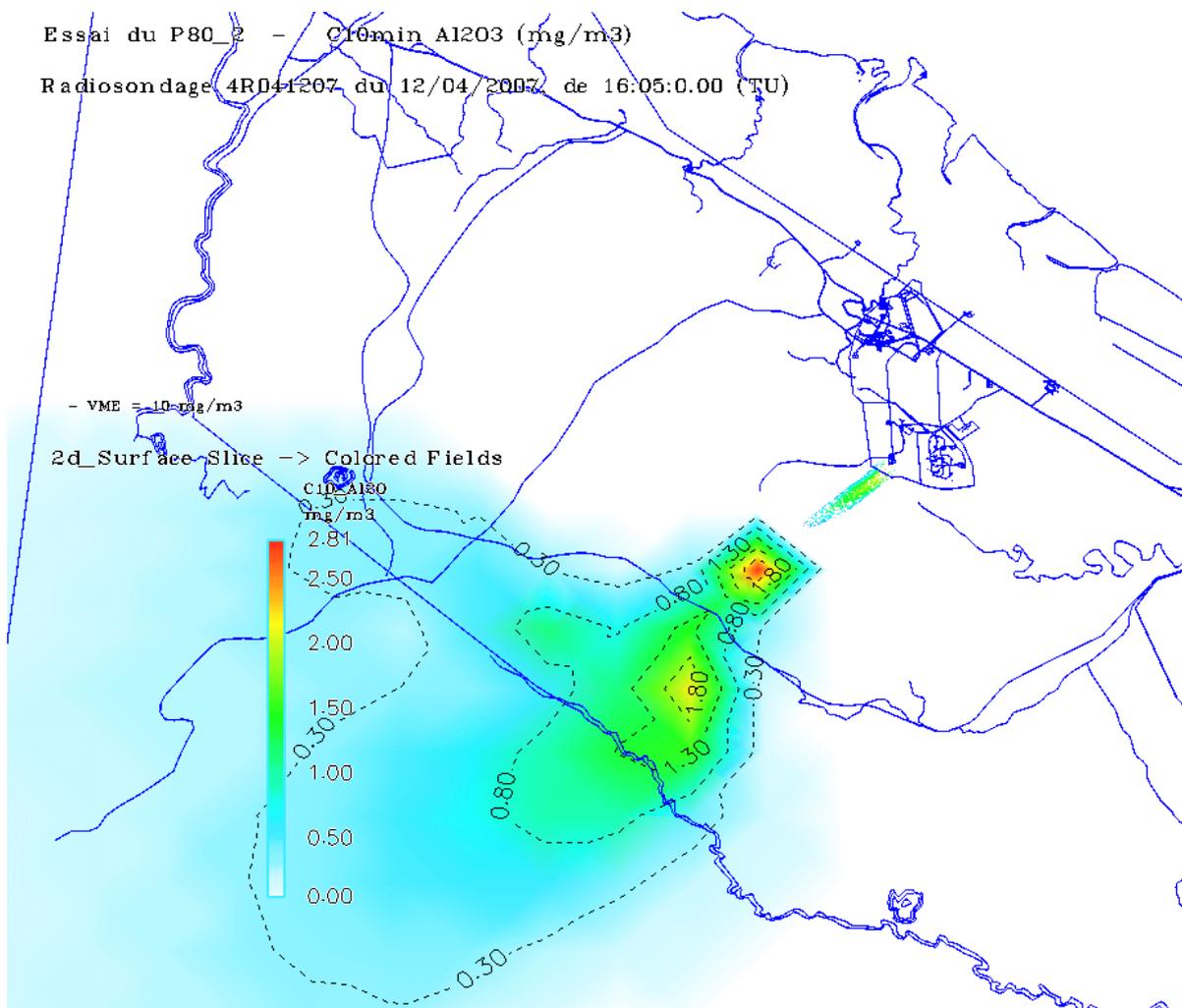
### 5.1. Localisation de la zone de passage du nuage de combustion suite à l'essai du P80 QM

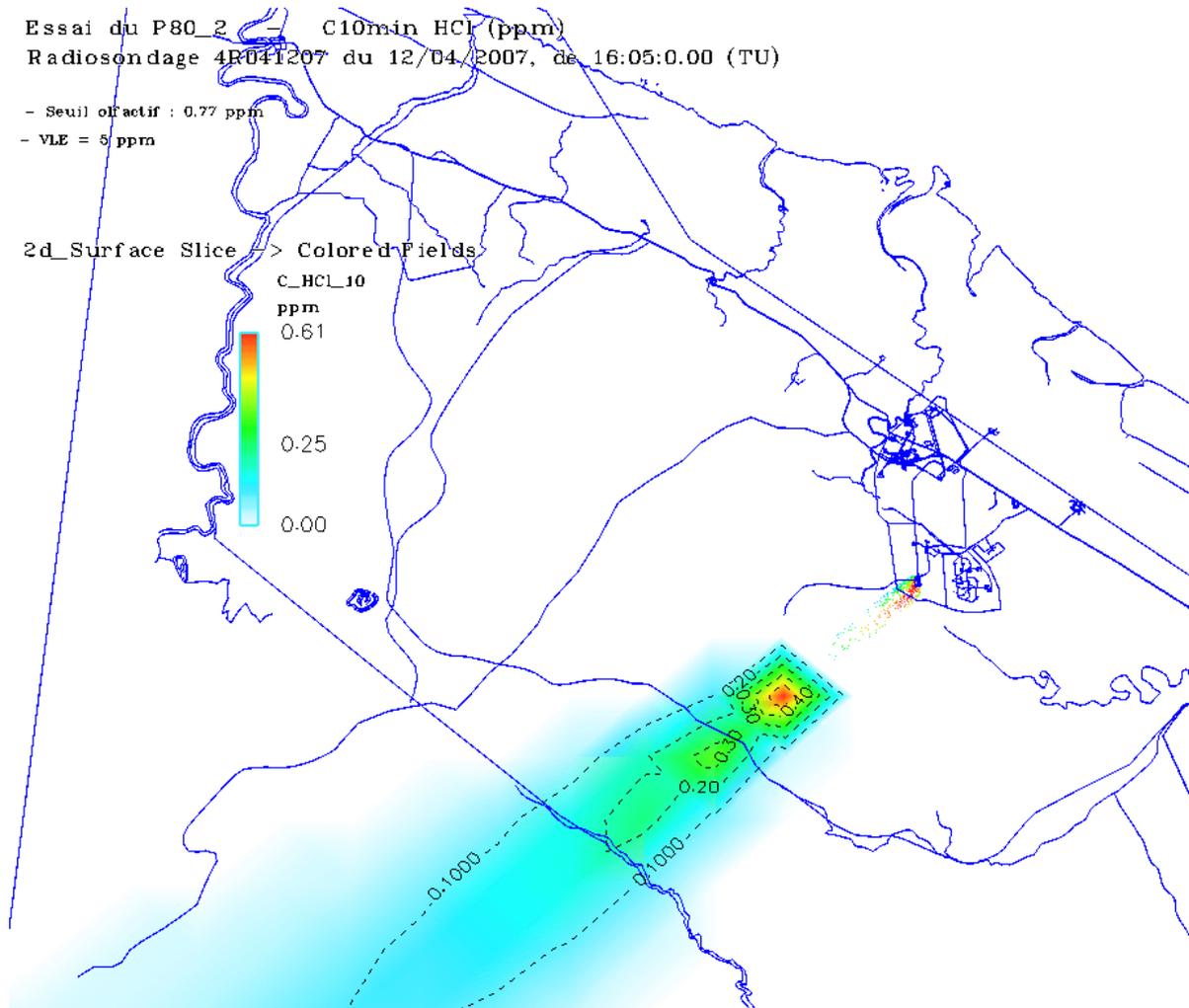
Le nuage de combustion lié à l'essai du spécimen P80 est orienté vers le Sud - Ouest par rapport au BEAP (confer *Figure 5*).

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 5 : Cartes de localisation de passage du nuage de combustion (représentation pour l'acide chlorhydrique et pour l'alumine) suite à l'essai du spécimen P80 DM.**





La simulation montre que le maximum atteint par l'acide chlorhydrique est de 0,61 ppm, valeur n'atteignant ni le seuil olfactif fixé à 0,77 ppm ni la VLE égale à 5 ppm. Pour l'alumine, le maximum simulé est de 2,81 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 pouvant aller jusqu'à 1 102 mg/m<sup>2</sup> pour les ions chlorures et 99,31 mg/m<sup>2</sup> pour l'alumine ; comparativement il a été détecté un maximum de 17 951 mg/m<sup>2</sup> en ions chlorures (soit 16 fois plus) et 202 mg/m<sup>2</sup> pour l'alumine (soit 2 fois plus) respectivement sur les vols 175 et 176.

### 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 inférieures à la limite de détection des appareils sauf pour le point CL10 (situé au PR 95 de la route nationale n°1 soit à 8,5 km du BEAP),

Au vu des résultats, nous pouvons conclure que le nuage issu de la combustion du P80 a survolé le point de mesures CL10 (observation de concentrations en aluminium et en chlorures plus importantes que celles mesurées sur les autres points).

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

Pour la réalisation de cet essai, huit analyseurs de type SPM fixes ont été activés afin de suivre en continu la teneur atmosphérique en gaz chlorhydrique. Ce dispositif fixe a été complété par la mise en place de cinq détecteurs mobiles également dédiés au suivi des concentrations atmosphériques en gaz chlorhydrique.

Ainsi, pour l'essai du spécimen P80 QM, aucun des Zellwegers mis en place n'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.

Les résultats des analyses faites sur des échantillons prélevés dans le carneau après neutralisation et sont récapitulés dans le *Tableau 23*.

**Tableau 23 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel.**

| PARAMETRES A MESURER        | UNITE                | RESULTATS DES ANALYSES (BULLETINS<br>NUMERO C080022 ET C080146) | SPECIFICATIONS                |
|-----------------------------|----------------------|---|-------------------------------|
| <b>pH</b>                   | Unité pH             | 6,2   | $5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ |
| <b>MEST</b>                 | mg/l                 | 5,0   | $\leq 30$                     |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>      | mg O <sub>2</sub> /l | < 0,5   | $\leq 30$                     |
| <b>DCO</b>                  | mg O <sub>2</sub> /l | < 30  | $\leq 90$                     |
| <b>AZOTE TOTAL</b>          | mg/l                 | 0,8   | $\leq 10$                     |
| <b>HYDROCARBURES TOTAUX</b> | mg/l                 | < 0,1   | < 5                           |
| <b>HUILES ET GRAISSES</b>   | mg/l                 | 2   | < 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 2007

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2007 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 177, 178 et 179 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 1 kilomètre.
- 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, voire 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 2007.
- Contrairement au champ lointain, la teneur en ions des pluviollessivats 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.
- Concernant le suivi de l'avifaune, un nouveau protocole a été mis en place (mesure de l'épaisseur des coquilles d'œufs). Il permet de mesurer indirectement l'impact de l'alumine issu de la combustion des EAP sur le mécanisme de formation des coquilles et l'accroissement des poussins au nid (et, par conséquent, sur la reproduction). Les premiers résultats seront disponibles en 2009 - 2010.

- 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. 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 parmi les plus importants depuis que le suivi est réalisé.
- 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 qualité moyenne. 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, gagne en classe d'intégrité : la qualité de l'eau est meilleure en saison des pluies qu'en saison sèche. Elle semble être faiblement impactée par des pollutions.

En 2007, d'autres prélèvements ont été réalisés sur la Passoura afin d'évaluer son potentiel de « crique témoin » (en remplacement de la crique des Pères). La qualité de l'eau de cette dernière est médiocre quelle que soit la saison. C'est un cours d'eau sous influence de pollutions importantes.

- Les analyses des eaux de surface tendent à prouver que celles-ci sont plus impactées par les activités de lancement que les eaux souterraines. Des non-conformités vis-à-vis de l'arrêté préfectoral sont à noter sur le paramètre aluminium aussi bien pour les eaux de surface (point « Zone 53 ») que pour les eaux souterraines (les 3 points de mesures).
- 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.
- 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 reste en relation avec l'évolution naturelle de la mangrove.

## **6.2. Conclusions concernant l'essai du spécimen MPS/P80 QM**

Les principales conclusions relatives à l'essai à feu du spécimen MPS/P80 QM 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.
- 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'expert dirigé par l'IRD proposait de :

- réaliser une étude globale et mettre en cohérence les acquis
- chercher des partenariats avec des organismes de recherche pour mettre en place un programme de recherches (bio-indicateurs, suivi du milieu, Données d'Observation de la Terre...) dans les domaines présentant un manque de données pour mieux appréhender les processus d'interaction complexes du milieu naturel à toutes variations de mesures ponctuelles constatées.

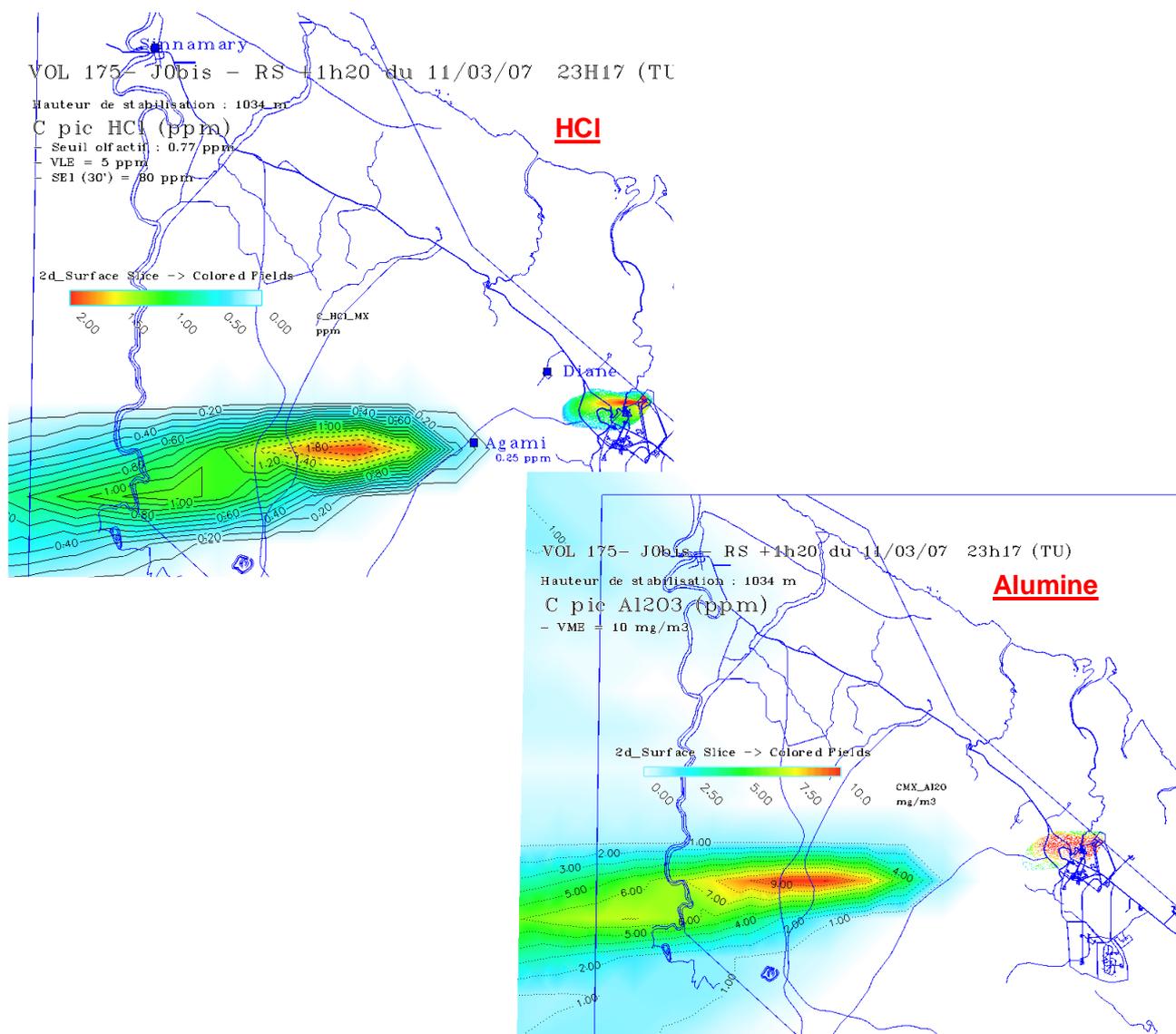
Ce rapport montrait également qu'il manquait des éléments sur les processus de transfert par exemple.

Cette voie a été choisie et une prise de contact avec la communauté scientifique devrait permettre la mise en place d'une thèse sur l'impact à long terme des activités du spatial et plus particulièrement, sur le devenir des produits de combustion issus du nuage.

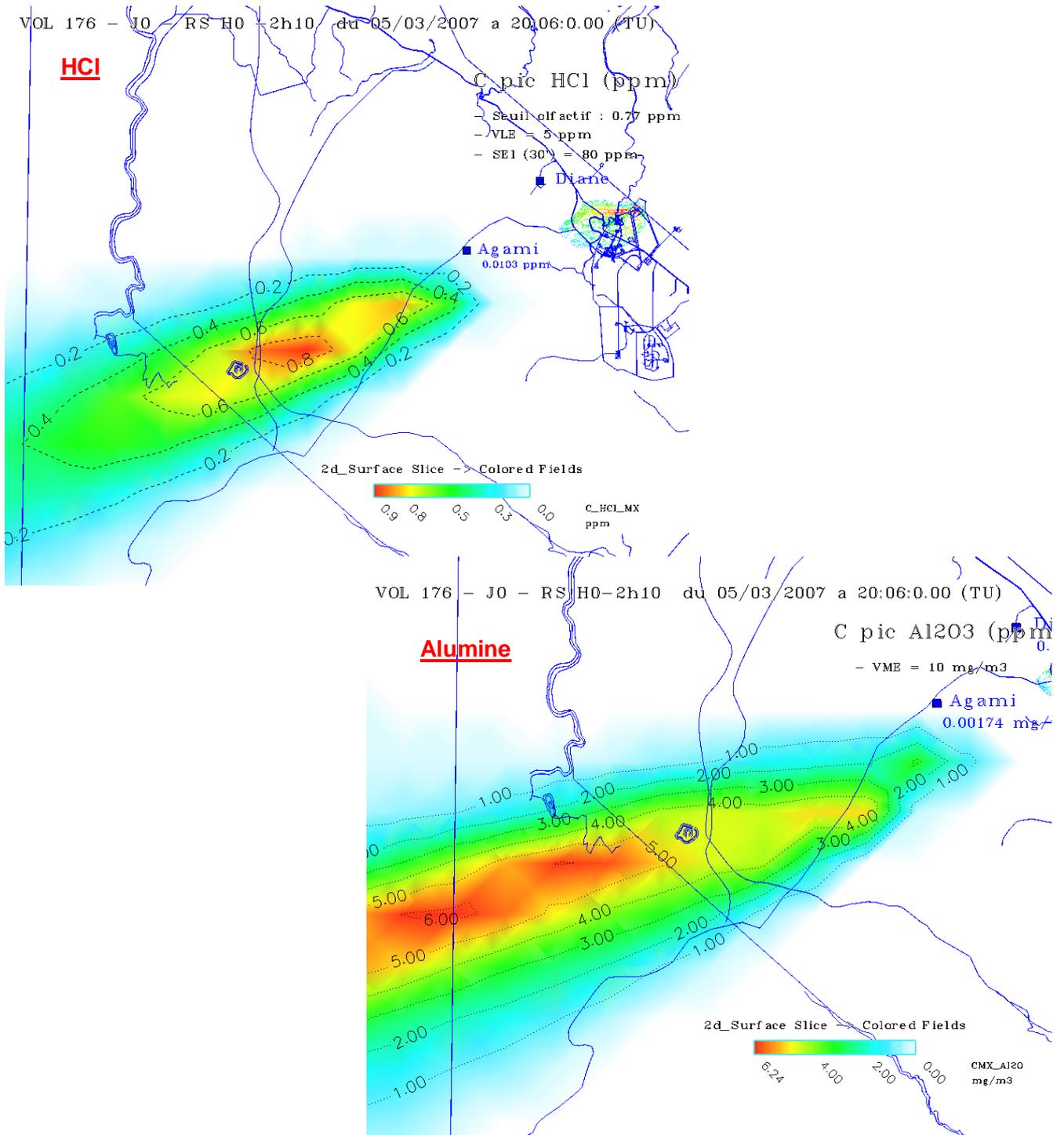
## 7. ANNEXES

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

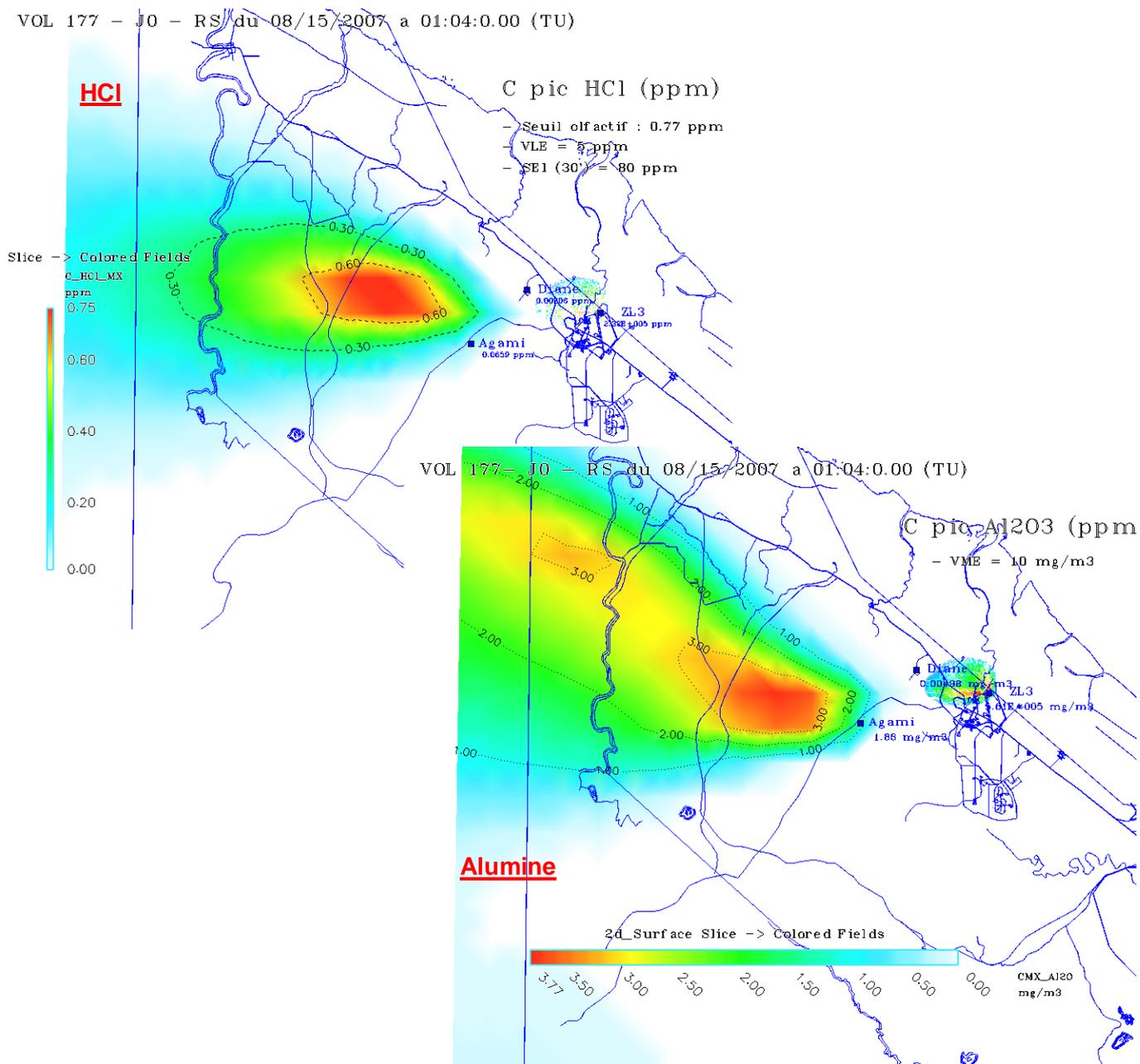
**Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 175.**



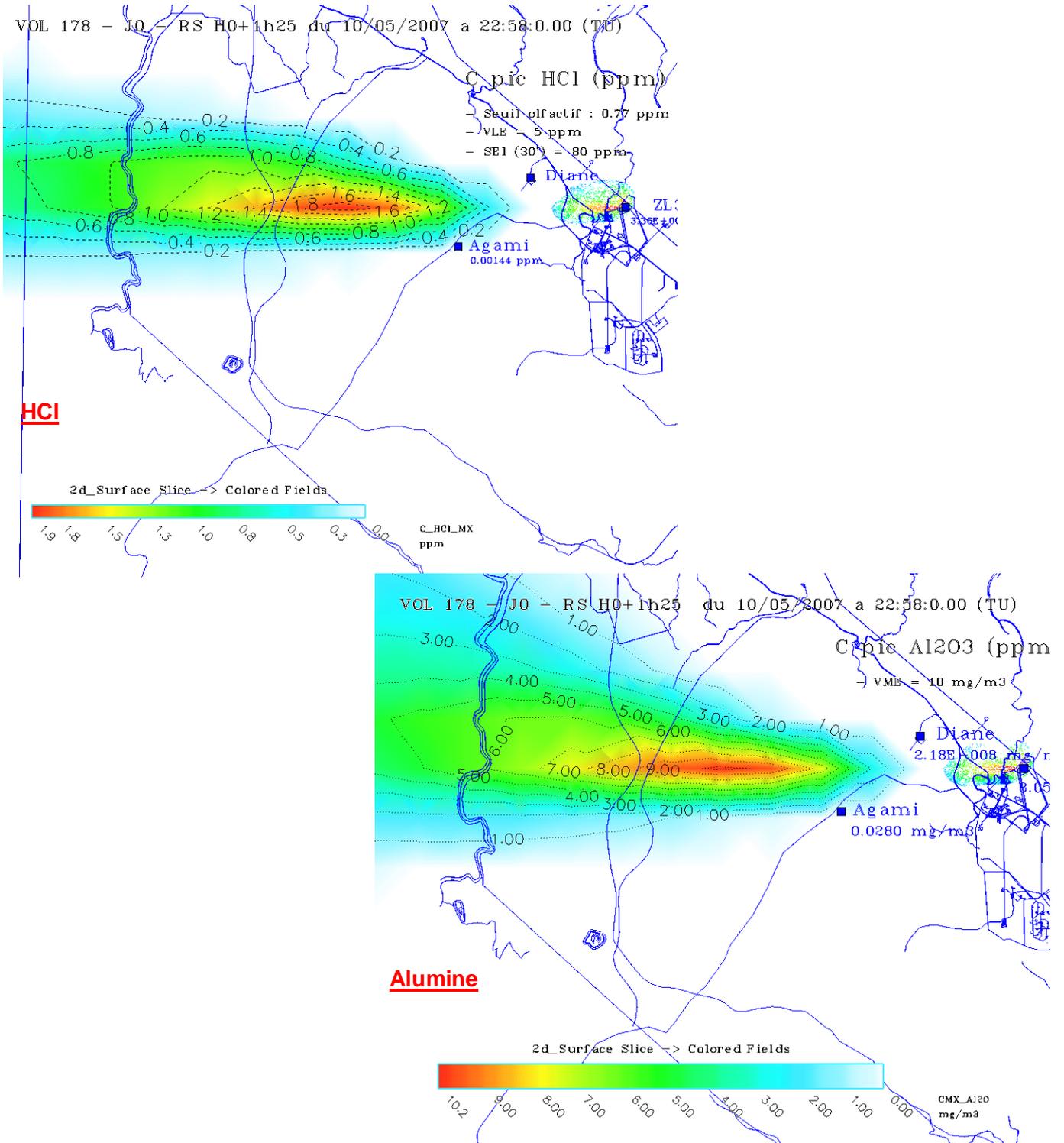
**Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 176.**



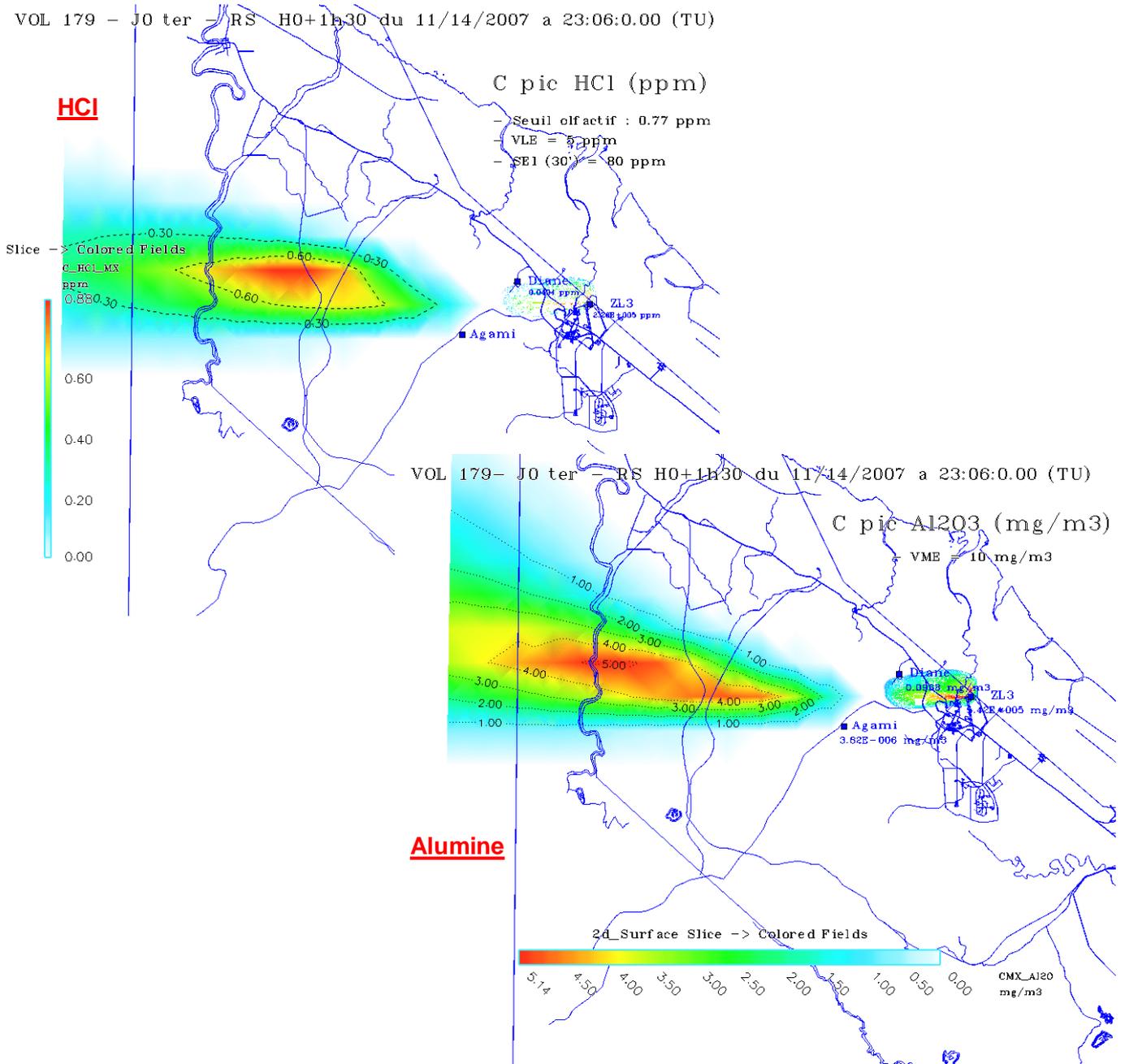
**Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 177.**



**Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 178.**



**Figure 10 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 179.**



**Figure 11 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 180.**

