

SYNTHESE

Comme toute activité industrielle, l'activité spatiale n'est pas sans effets 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 et Soyuz, 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, dans l'arrêté d'exploiter n°1689 du 26/07/07 de l'ELS au niveau du titre 9 et dans l'arrêté d'exploiter n°2231 1D/1B du 18/10/98 de l'aire de destruction de propergol.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2011 est présentée dans le tableau ci-dessous.

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|--|--|
| <p align="center">RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES</p> | <p>En 2011, 5 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 200 : 16/02/2011 à 18h50 min ○ Vol 201 : 22/04/2011 à 18h37 min ○ Vol 202 : 20/05/2011 à 17h38 min ○ Vol 203 : 06/08/2011 à 19h52 min ○ Vol 204 : 21/09/2011 à 18h38 min <p>2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S01 : 21/10/2011 à 07h30 min ○ Vol S02 : 16/12/2011 à 23h03 min <p>1 brûlage sur l'Aire de destruction propergol a eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Segment S3 n°46: 24/11/2011 à 12h10 min |
| <p>LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE ET DE LA TRACE DES PRODUITS DE COMBUSTION</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La direction du nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment et non pas aux grandes saisons. |

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|---|---|
| <p>MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE ET DE LA TRACE DE COMBUSTION</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré de faibles écarts pour les vols 200, 201, 202, 203 et 204. Ces derniers restent peu significatifs et compris dans la fourchette d'incertitudes. ▪ Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats des mesures de terrain mettent en exergue une très large surestimation. Le modèle est par conséquent très majorant. ▪ L'utilisation du code de calcul SARRIM et des données prévisionnelles issues de CEP (ou d'ARPEGE) restent la meilleure solution, en terme de fiabilité, pour optimiser l'emplacement des capteurs quelques heures avant le lancement. ▪ La trace des produits de combustion lors des premiers lancements de Soyuz n'a pas impacté les villes riveraines le CSG. |
| <p>AIR : CHAMP PROCHE Retombées particulières</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 200 à 204 n'ont pas montré de particularité par rapport aux lancements des précédentes années. Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 533 mètres autour de la ZL3). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires. ▪ Les mesures réalisées pour les vols Soyuz 01 et 02 n'ont pas montré d'apports significatifs. Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche voire localisées sur le pas de tir. Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires ou très limitées dans le temps. ▪ Les analyseurs fixes, actifs et passifs, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. |

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|---|--|
| <p>AIR : CHAMP MOYEN ET LOINTAIN Retombées particulaires</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les retombées en alumine et en gaz chlorhydriques restent négligeables. Par ailleurs, les concentrations maximales du champ lointain sont obtenues pour des sites variables et dépendent des conditions météorologiques. ▪ Il a été observé qu'en bord de mer, le dépôt sec des aérosols marins décroît très vite en fonction de la distance à la côte. L'influence de ces aérosols est variable car l'intensité de la source de particules marines est directement liée à la force du vent à la surface de la mer. Ces dépôts peuvent donc être plus ou moins importants selon les variations saisonnières de l'intensité du vent mais aussi de la salinité de l'eau de mer. Il est à noter que cette influence reste faible au CSG, quand il ne pleut pas. Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte restent influencés par l'air marin et c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations. Ce phénomène est régulièrement observé à Kourou et à Sinnamary. ▪ Les analyseurs fixes, actifs et passifs, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ Les mesures réalisées pour le brûlage du segment S3 n°46 n'a pas montré de particularité par rapport aux brûlages précédents. Les plus fortes concentrations sont été observées en champ lointain (à une distance maximal de 9600 mètres autour de l'ADP). A noter que ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires et que restent circonscrite au domaine du CSG et n'ont pas atteinte les villes de Kourou et de Sinnamary. |

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|--|--|
| <p>AIR : RESEAU CODEX, ANALYSEURS MOBILES ET ANALYSEURS FIXES. Suivi en continu de la qualité</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Seuls les appareils situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) détectent régulièrement la présence de gaz chlorhydrique. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage d'Ariane 5. ▪ Par rapport aux vols S01 et S02 aucune trace de produits hydrazinés ou dioxyde d'azote a été enregistrée. ▪ Les analyseurs fixes, actifs et passifs, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ Par rapport au brûlage du segment S3 n°46 n'a été détectée aucune pollution en gaz chlorhydrique. |
| <p>VEGETATION Analyse des pluviollessivats (uniquement pour Ariane 5)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les teneurs en ions fluctuent de façon importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes : <ul style="list-style-type: none"> - du positionnement géographique des bacs, - de la direction prise par le nuage de combustion, - de la pluviométrie et des conditions météorologiques du moment. ▪ Pour le champ lointain, les résultats obtenus sont quasi-constants. De ce fait, les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes et indépendantes des 3 facteurs précédemment cités. ▪ 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). ▪ Que ce soit en champ proche ou en champ lointain, les échantillons ont été soumis à un apport de minéraux issus des embruns marins lors de la saison sèche. |
| <p>EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : - DE LA KAROUABO (POUR ARIANE 5) - DE LA ROCHE LENA (POUR SOYUZ)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures ne montrent pas de modifications du milieu directement attribuables aux lancements d'Ariane 5 ou Soyuz. 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. |

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|---|--|
| <p align="center">SEDIMENTS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée. ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la proportion associée à l'impact des 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. <p><i>Pour rappel, 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 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.</i></p> |
| <p align="center">PEUPELEMENTS DE POISSONS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles, montre que ce composé 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 termes d'écotoxicité. ▪ Les fluctuations enregistrées, en diversité et abondance d'espèces, suivant des fluctuations naturelles et semblent n'être pas liées aux activités du CSG. ▪ Les captures sont plus abondantes, en poids, abondance et diversification espèces et numéro d'individus pendant la saison des pluies par rapport à la saison sèche. ▪ Deux nouvelles stations ont été ouvertes sur la crique Paracou afin d'évaluer les retombes chimique des produits de combustion du lanceur Soyuz, l'étude d'état initial du peuplement piscicole de la crique met en évidence des forts fluctuations en teneur d'oxygène indépendamment le lieu échantillonné. |
| <p align="center">INVERTEBRES AQUATIQUES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Globalement les résultats du suivi de la faune des invertébrés aquatiques ne mettent pas en évidence des différences ou évolutions notables par rapport aux années précédentes. ▪ Deux nouvelles stations ont été ouvertes sur la crique Paracou afin d'évaluer les retombées chimique des gaz de combustion du lanceur Soyuz. ▪ L'étude de l'état initial de la faune d'invertébrés met en évidence une crique caractérisée par des fortes fluctuations en teneur d'oxygène indépendamment du lieu échantillonné. |

| DOMAINE DE MESURES | SYNTHESE DES RESULTATS |
|--|---|
| <p>AVIFAUNE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La mise en place des nichoirs n'est pas terminée. Les premiers résultats seront disponibles ultérieurement. ▪ Les peuplements d'oiseaux ne sont pas affectés par les activités du CSG. ▪ Les affleurements rocheux au large du CSG accueillent plusieurs peuplements d'espèces différents d'oiseaux nicheurs et hivernants. |
| <p>LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGES ET D'ARDEIDES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deux colonies ont été détectées et localisées à l'ouest de l'île Verte. ▪ Les ibis rouges et les ardéidés suivent les évolutions du trait de côte. |
| <p>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les espaces naturels littoraux confirment leur qualité exceptionnelle et les activités de recensement botanique se poursuivent. |

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| SYNTHESE | 3 |
| SOMMAIRE | 9 |
| LISTE DES TABLEAUX | 12 |
| LISTE DES FIGURES | 14 |
| 1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION | 15 |
| 2. DOCUMENTS ASSOCIES | 16 |
| 2.1. Documents applicables | 16 |
| 2.2. Documents de référence | 16 |
| 2.3. Gestionnaire technique du document..... | 18 |
| 3. SIGLES ET DEFINITIONS | 19 |
| 3.1. Définitions | 19 |
| 3.2. Sigles | 20 |
| 4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5 | 21 |
| 4.1. Rappels..... | 21 |
| 4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion | 22 |
| 4.2.1. Au moyen des radiosondages..... | 22 |
| 4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP | 23 |
| 4.2.3. Conclusions..... | 25 |
| 4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air | 26 |
| 4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain | 27 |
| 4.4.1. Objectif | 27 |
| 4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable..... | 27 |
| 4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures..... | 28 |
| 4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM | 30 |
| 4.4.5. Conclusions..... | 30 |
| 4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo | 31 |
| 4.5.1. Objectif | 31 |
| 4.5.2. Résultats..... | 31 |
| 4.5.3. Conclusions..... | 31 |
| 4.6. Mesures d’impact sur la végétation | 32 |
| 4.6.1. Objectif du suivi | 32 |
| 4.6.2. Mesures des retombées..... | 32 |
| 4.6.3. Résultats d’analyses | 32 |
| 4.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04)..... | 33 |
| 4.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)..... | 33 |
| 4.6.4. Conclusions..... | 34 |
| 4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’Impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2011 | 34 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5. | SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ..... | 35 |
| 5.1. | Rappels..... | 35 |
| 5.2. | Localisation des zones de passage de la trace de combustion..... | 36 |
| 5.2.1. | Au moyen des radiosondages..... | 36 |
| 5.2.2. | Conclusions..... | 36 |
| 5.3. | Mesures en continu de la qualité de l'air..... | 37 |
| 5.3.1. | Shelters ENVIRONNEMENT SA..... | 37 |
| 5.3.2. | Réseaux CODEX..... | 38 |
| 5.4. | Mesures complémentaires..... | 39 |
| 5.4.1. | Mesures de la qualité de l'air par badge passifs..... | 39 |
| 5.4.2. | Mesures de la qualité des eaux de la Roche LENA..... | 40 |
| 5.4.3. | Mesures sonores et vibratoires..... | 40 |
| 5.5. | Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2011.... | 42 |
| 6. | SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES SUR L'ADP | 43 |
| 6.1. | Rappels..... | 43 |
| 6.1.1. | Au moyen des radiosondages..... | 44 |
| 6.1.2. | Conclusions..... | 45 |
| 6.2. | Mesures en continu de la qualité de l'air..... | 46 |
| 6.3. | Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain..... | 47 |
| 6.3.1. | Objectif..... | 47 |
| 6.3.2. | Résultats pour les retombées particulaire, gazeuses et chimiques..... | 47 |
| 6.3.3. | Résultats pour les retombées particulières, gazeuses et chimiques..... | 48 |
| 6.3.4. | Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM..... | 49 |
| 6.4. | Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement des activités sur l'ADP..... | 49 |
| 7. | SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG | 50 |
| 7.1. | Mesure de la qualité des sédiments..... | 50 |
| 7.1.1. | Objectifs du suivi..... | 50 |
| 7.1.2. | Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium..... | 50 |
| 7.1.3. | Localisation des points de prélèvements..... | 51 |
| 7.1.4. | Les résultats pour les paramètres physico-chimiques..... | 51 |
| 7.1.5. | Résultats des analyses pour les sédiments..... | 51 |
| 7.1.5.1. | <u>Etat initial crique Paracou</u> | 54 |
| 7.1.6. | Conclusions..... | 56 |
| 7.2. | Suivi de la faune aquatique pour 2011..... | 58 |
| 7.2.1. | Objectifs du suivi de la faune aquatique..... | 58 |
| 7.2.2. | Lieux échantillonnés..... | 58 |
| 7.2.3. | Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2011..... | 59 |
| 7.2.4. | Résultat de l'étude d'état initial de la faune aquatique de l'ELS pour le 2011..... | 65 |
| 7.2.5. | Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2011..... | 68 |
| 7.2.5.1. | <u>Les poissons</u> | 68 |
| 7.2.5.2. | <u>Les invertébrés aquatiques</u> | 68 |
| 7.3. | Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2011..... | 69 |
| 7.3.1. | Nichoirs..... | 69 |
| 7.3.2. | Peuplements..... | 70 |
| 7.3.3. | Résultats du suivi de l'avifaune..... | 71 |
| 7.3.4. | Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2011..... | 71 |
| 7.3.4.1. | Objectifs du suivi..... | 71 |
| 7.3.4.2. | Résultats de l'étude..... | 71 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 7.4. | Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG | 73 |
| 7.4.1. | Ecosystèmes côtiers/insulaires | 73 |
| 7.4.2. | Ecosystèmes des savanes..... | 73 |
| 7.4.3. | Ecosystèmes forestiers | 73 |
| 7.4.4. | Ecosystèmes lacustres..... | 73 |
| 8. | CONCLUSIONS GENERALES | 74 |
| 8.1. | Par rapport aux activités liées aux lanceurs..... | 74 |
| 8.1.1. | Ariane 5 | 74 |
| 8.1.2. | Soyuz..... | 75 |
| 8.1.3. | Activités sur L'ADP..... | 75 |
| 8.2. | Par rapport au suivi de l'environnement du CSG | 76 |
| 10. | ANNEXES | 77 |
| | Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion | 77 |
| | Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion | 87 |
| | Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA | 88 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages | 22 |
| Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine | 23 |
| Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages | 24 |
| Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages. . | 25 |
| Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2011 | 26 |
| Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche | 27 |
| Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain..... | 28 |
| Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche..... | 28 |
| Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain | 29 |
| Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP) | 30 |
| Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 202 (Mai) | 31 |
| Tableau 12 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 202 en champ proche | 33 |
| Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 202 en champ lointain | 33 |
| Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages | 36 |
| Tableau 15 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2011 | 37 |
| Tableau 16 : Tableau récapitulatif des résultats moyens des badges passifs | 39 |
| Tableau 17 : Tableau récapitulatif des moyens et des écarts obtenus sur les paramètres mesurés sur les eaux de la roche LENA | 40 |
| Tableau 18 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages | 44 |
| Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine | 44 |
| Tableau 20: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2011 | 46 |
| Tableau 21 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ proche..... | 47 |
| Tableau 22: Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ lointain | 48 |
| Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP) | 49 |
| Tableau 24 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol | 50 |
| Tableau 25 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo | 51 |
| Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo | 52 |
| Tableau 27 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo | 53 |

| | |
|--|----|
| Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont et aval. | 54 |
| Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou..... | 55 |
| Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2011..... | 59 |
| Tableau 31 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus par l'étude d'état initial de la faune aquatique de l'ELS pour le 2011. | 65 |
| Tableau 32 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2011. | 71 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Comparaison des émissions sonores entre Soyuz et Ariane 5 lors d'un lancement | 41 |
| Figure 2 : Comparaison entre les émissions vibratoires durant le lancement Soyuz et le bruit de fond normal | 42 |
| Figure 3 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2011 sur la crique Karouabo. | 57 |
| Figure 4 : Installation de nichoirs sur Soyuz..... | 69 |
| Figure 5: Nichoirs sur le Centre Technique (CT)..... | 70 |
| Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A200 | 77 |
| Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A201. | 78 |
| Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A202. | 79 |
| Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A203. | 80 |
| Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A204. | 81 |
| Figure 11 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S01. | 82 |
| Figure 12 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S02. | 84 |
| Figure 13 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au brûlage du Segment S3 n°46 sur l'ADP. | 86 |
| Figure 14 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz. | 88 |

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2011 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact ses activités industrielles sur l'environnement.

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

- des 5 campagnes Ariane 5 (vols 200 à 204),
- de 1 campagne Soyuz ST-A (vol S01),
- de 1 campagne Soyuz ST-B (vol S02),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation de l'aire de destruction de propergol au Centre Spatial Guyanais (ADP).

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),
- Se conformer aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS),
- Se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'Autorisation d'Exploiter l'Aire de Destruction de Propergol (ADP),
- 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,
- 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 Soyuz,
- 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'Aire de Destruction de Propergol (ADP).

2. DOCUMENTS ASSOCIES

2.1. Documents applicables

- [DA 1] **Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007** autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyuz, sise sur la commune de Sinnamary.
- [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.
- [DA 3] **Arrêté Numéro 2231 1D/1B du 18 novembre 1998** autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter l'aire de destruction de propergol au Centre Spatial Guyanais sur le territoire de 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 et Véga – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 5] **CSG-RP-S3X-13360-CNES** – Plan de mesures Environnement Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 6] **CSG-NT-SXX-13508-CNES** – Plan de Mesures Environnement de l'Aire de destruction de propergol.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.

- [DR 9] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 12] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 13] **CSG-RP-S3X-14495-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A200 du 16 Février 2011 à 18h50 mn.
- [DR 14] **CSG-RP-S3X-14497-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A201 du 22 Avril 2011 à 18h37 mn.
- [DR 15] **CSG- RP-S3X-14501-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A202 du 20 Mai 2011 à 17h38 mn.
- [DR 16] **CSG- RP-S3X-13594-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A203 du 06 Aout 2011 à 19h52 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-13594-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A204 du 21 Septembre 2011 à 18h38 mn.
- [DR 18] **CSG- RP-SSX-14347-CNES** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S01 du 21 Octobre 2011 à 07h30mn
- [DR 19] **CSG- RP-SSX-14379-CNES** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-A Vol S02 du 16 Décembre 2011 à 23h03mn
- [DR 20] **CSG- RP-S3X-14494-CNES** – Résultat du plan de mesures environnement mis en place pour le brûlage du segment S3 n°46 sur l'aire de destruction de propegol (ADP).
- [DR 21] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 34613 / 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 des lanceurs Ariane 5 et Soyuz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2011.

[DR 22] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 33436 / CSG093)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2011.

[DR 23] **Cabinet ECOBIOS** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs, Bilan de biodiversité et Qualité des écosystèmes.

[DR 24] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 34918 / CSG093)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial des criques Paracou amont et Paracou aval – Année 2011.

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.

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

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| ADP | : | Aire de Destruction des Propergols |
| 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 ₅ | : | Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours |
| DCO | : | Demande Chimique en Oxygène |
| EAP | : | Etage d'Accélération à Poudre |
| ELA | : | Ensemble de Lancement Ariane |
| EPC | : | Etage Principal Cryogénique |
| EPS | : | Etage à Propergol Stockable |
| ELS | : | Ensemble Lancement Soyuz |
| SDP/ES | : | Service Environnement et Sauvegarde Sol du Centre Spatial Guyanais |
| HCl | : | Acide Chlorhydrique |
| HS | : | Hors Service |
| IRD | : | Institut de Recherche et Développement |
| LD | : | Limite de Détection |
| MES | : | Matières en Suspension |
| MMH | : | Mono Méthyl Hydrazine |
| NaCl | : | Chlorure de Sodium |
| N ₂ H ₄ | : | Hydrazine |
| N ₂ O ₄ | : | Peroxyde d'Azote |
| NO _x | : | Oxyde d'Azote |
| NRT | : | Réservoir de Transfert N |
| pH | : | Potentiel Hydrogène |
| PHHC | : | Peroxyde d'Hydrogène Haute Concentration |
| ppm | : | partie par million |
| SARRIM | : | « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » |
| SEI | : | Seuil des Effets Irréversibles |
| SEL | : | Seuil des Effets Létaux |
| SES | : | Seuil des Effets Significatifs |
| SMEG | : | Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane |
| SPM | : | « Single Point Monitor » |
| VLE | : | Valeur Limite d'Exposition |
| VME | : | Valeur Moyenne d'Exposition |
| ZL3 | : | Zone de Lancement numéro 3 |
| ZLS | : | Zone de Lancement Soyuz |

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

4.1. Rappels

En 2011, 5 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

| | | | | |
|-----------|---|------------|---|-----------|
| ▪ Vol 200 | : | 16/02/2011 | à | 18h50 min |
| ▪ Vol 201 | : | 22/04/2011 | à | 18h37 min |
| ▪ Vol 202 | : | 20/05/2011 | à | 17h38 min |
| ▪ Vol 203 | : | 06/08/2011 | à | 19h52 min |
| ▪ Vol 204 | : | 21/09/2011 | à | 18h38 min |

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 1 à 4, 7 à 17, 21 à 23] seront présentés dans ce partie dédiée à Ariane 5.

Cela comprend :

- la direction du nuage de combustion,
- la comparaison entre les différentes simulations des retombées atmosphériques,
- les résultats des mesures en continu de la qualité de l'air,
- les résultats des mesures des retombées chimiques particulières et gazeuses au sol,
- 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).

4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

4.2.1. Au moyen des radiosondages

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'Annexe 1 présente la localisation des retombées au sol des produits de combustion des EAP au sol réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM. Ces simulations sont basées sur les données issues de radiosondages. Elles 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 du radiosondage le plus proche du H0.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

| Vol | Mois | direction des vents | | vitesse moyenne des vents | |
|--------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | <i>basses couches</i> | <i>hautes couches</i> | <i>basses couches</i> | <i>hautes couches</i> |
| V A200 | Février | Bec fin | Agami/Diane | 8,2 | 10,4 |
| V A201 | Avril | Agami | Diane | 7,6 | 10,4 |
| V A202 | Mai | Agami | Agami/Diane | 7,5 | 8,8 |
| V A203 | Août | Diane | Diane | 10,4 | 10,3 |
| V A204 | Septembre | Agami | Bec Fin | 4,6 | 2,6 |

Pour l'année 2011, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. On constate, en effet, que le nuage a pris :

- la même direction Sud-Ouest (direction du site d'observation Agami/Bec fin) en Février, Avril, Mai et Septembre,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Août.
- Par ailleurs, les observations de terrain ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol du logiciel SARRIM étaient cohérentes (confer le *paragraphe 4.4* du présent document).

Les concentrations maximales atteintes par les simulations SARRIM sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

| Vol | Concentration Maximale | |
|--------|------------------------|------------------------------|
| | HCl (ppm) | Alumine (mg/m ³) |
| V A200 | 1,2 | 22,1 |
| V A201 | 1,0 | 4,7 |
| V A202 | 1,3 | 9,6 |
| V A203 | 1,7 | 7,8 |
| V A204 | 4,2 | 16,3 |

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. Concernant la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² de l'alumine, tous les vols respectant le seuil réglementaire sauf les vols A200 à A204, pour lesquelles des valeurs dépassants cette seuil ont été calculées.

Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

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

Ainsi, la modélisation SARRIM au moyen des résultats des radiosondages surestime les concentrations du gaz chlorhydrique et de l'alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain (confer le *paragraphe 4.4* du présent document).

4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP

Afin d'optimiser l'emplacement des capteurs en champ lointain, des simulations SARRIM ont été effectuées avec les données prévisionnelles issues du logiciel ARPEGE (ou CEP) pour le J0 à H0.

Pour rappel, ARPEGE et CEP sont des modèles prévisionnels de profils thermodynamiques (programmes informatiques). Ils modélisent l'évolution de l'atmosphère avec un maillage (spatial et temporel) donné. Les résultats fournis par ces modèles permettent de prévoir le temps (conditions météorologiques) qu'il devrait faire pour les heures, jours ou semaines qui viennent.

Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2011. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 10* du présent document).

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

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

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2011, l'analyse des simulations a montré :

- Des écarte moyenne plus faible, valeur de 11%, contre la valeur du 2% du 2010
- l'efficacité des modelés CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

| Vol | Ecart direction | | |
|--------|-----------------|------------------|-----------------------------|
| | Radiosondage(°) | Prévisionnel (°) | Ecart avec Radiosondage (%) |
| V A200 | 61 | 72 | 15,3% |
| V A201 | 72 | 68 | -5,9% |
| V A202 | 79 | 88 | 10,2% |
| V A203 | 107 | 104 | -2,9% |
| V A204 | 81 | 114 | 28,9% |

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des données de CEP/ARPEGE et les mesures *in situ*, ont montré des écarts non négligeables sur la localisation des retombées au sol (direction du nuage de combustion).

Le *Tableau 7* et le

Tableau 9 du *paragraphe 4.4* présentent un récapitulatif de :

- la localisation des retombées maximales en champ lointain,
- l'option considérée pour la mise en place des capteurs (en fonction de la direction prévue par les données de CEP/ARPEGE).
- la direction prévue par le radiosondage le plus proche du H0.

Cette comparaison peut aussi être réalisée pour les concentrations (les maxims atteints étant présentés dans le tableau suivant). Cependant, seules les directions nous intéressent pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs des plans de mesures environnement.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

| Vol | Concentration Maximale prévisionnel | | |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| | HCl (ppm) | Alumine (mg/m ³) | Ecart moyen avec les radiosondages (%) |
| V A200 | 2,7 | 11,1 | 56% |
| V A201 | 2 | 11,3 | 50% |
| V A202 | 2,5 | 12,6 | 48% |
| V A203 | 1,4 | 8 | -21% |
| V A204 | 1,1 | 7,3 | -282% |

Les concentrations restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique pour tous les vols. Pour la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² de l'alumine, tous les vols respectant le seuil réglementaire sauf les vols A200 à A202. Ces valeurs maximales sont à relativiser pour les mêmes raisons que celles citées au *paragraphe 4.2.1*.

Ainsi, les modélisations SARRIM au moyen des données issues de CEP/ARPEGE surestiment très largement les concentrations en gaz chlorhydrique et en alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain (confer le *paragraphe 4.4* du présent document) mais aussi par rapport aux simulations réalisées à partir des radiosondages (écart moyen de 48,3 %).

4.2.3. Conclusions

Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen des données de CEP ou ARPEGE) ont montré de faibles écarts pour la totalité des vols effectués dans le 2011. Les capteurs ont été installés selon la bonne direction du nuage.

Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une très large surestimation. Les calculs réalisés à partir du modèle prévisionnel CEP et des radiosondages sont par conséquent majorants.

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 dioxyde 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'ELA3.

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

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

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

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu de la pollution gazeuse en acide chlorhydrique (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles). Suite à un problème technique, les données relatives au vol 202 n'ont pas été enregistrées.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2011

| Vol | Zellweger 1 CP 01 | Zellweger 2 CP 05 | Zellweger 3 CL 09 | Zellweger 4 CL 08 | Zellweger 5 CL 07 |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| VOL 200 | X | ND | ND | ND | ND |
| VOL 201 | X | ND | ND | ND | ND |
| VOL 202 | Problème Technique | | | | |
| VOL 203 | ND | ND | ND | ND | ND |
| VOL 204 | ND | X | ND | ND | ND |

Rappelle : Le point CP 01 il est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CP 05 il est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 en le milieu de la zone 47, le point CL 07 il est localisé sur le pont de la Karouabo, le point CL 08 il est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 il est localisé sur le portail de la piste Agami

Concernant les analyseurs fixes, aucune pollution en gaz chlorhydrique, en dioxyde d'azote ou en produits hydrazinés n'a été détectée.

En conclusion, seuls les appareils mobiles situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) ou dans l'axe des carneaux détectent régulièrement la présence de gaz chlorhydrique. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur.

4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses 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 œuvre 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).

Une synthèse des résultats est présentée ci-dessous

4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable

En champ proche, les retombées maximales en alumine particulaire se trouvent sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 6*).

Il est à noter que pour le vol 201, les concentrations en alumine sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées au niveau de la ZL3. En tout cas, les teneurs mesurées ne sont pas du même ordre de grandeur que celles relevées en champ lointain.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

| VOL | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| C _{max} (mg/m ³) | 878,14 | 82,48 | 550,8 | 2 098,09 | 680,86 |
| Distance de la ZL3 (m) | 361 | 361 | 361 | 361 | 533 |
| Localisation | CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50 | CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50 | CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50 | CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50 | CP 05 : Chemin de ronde ZL3 – Milieu de la zone 47 |

En champ lointain, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques du moment (confer le *Tableau 7*).

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

| VOL | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 |
|---------------------------------------|-----------------------------|---|--------------------|--|--|
| C _{max} (mg/m ³) | 6,92 | 1,35 | 3,09 | 7,08 | 5,62 |
| Distance de la ZL3 (m) | 2 439 | 2 622 | 7 551 | 5 588 | 5 498 |
| Localisation | CL 07 : Pont de la Karouabo | CL 10 : Mi-chemin entre la crique Karouabo et l'embranchement de la piste Agami | CL 18 : Site Agami | CL 35 : Piste Agami - 3km après le portail Agami | CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco) |
| Option de pose capteurs | secteur "Agami" | secteur "Agami" | secteur "Agami" | secteur "Route de l'Espace" | secteur "Route de l'Espace" |
| direction Radiosondage | Bec fin | Agami | Agami | Diane | Agami |

4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulaires en ions chlorures

En champ proche, les retombées chimiques et particulaires en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 8*).

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

| VOL | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| C _{max} (mg/m ³) | 5 377,96 | 1 845,06 | 3 004,30 | 4 249,80 | 4 019 |
| Distance de la ZL3 (m) | 277,1 | 389,1 | 445,3 | 277,1 | 533 |
| Localisation | CP 03 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 48 | CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50 | CP 04 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 47 | CP 03 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 48 | CP 05 : Chemin de ronde ZL3 – Milieu de la zone 47 |

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

Tableau 9).

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

| VOL | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|--|
| C _{max} (mg/m ²) | 236,44 | 67,01 | 71,1 | 103,99 | 113,62 |
| Distance de la ZL3 (m) | 1 589 | 2 622 | 17 027 | 5 588 | 5 498 |
| Localisation | CL 08 : Parking de l'ancienne RN1 | CL 10 : Mi-chemin entre la crique Karouabo et l'embranchement de la piste Agami | CL 28 : Sur RN1 direction Sinnamary 2 Km après carrefour piste Agami soit PK 87,1 de la RN1 | CL 35 : Piste Agami - 3km après le portail Agami | CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco) |
| Option de pose capteurs | secteur "Agami" | secteur "Agami" | secteur "Agami" | secteur "Route de l'Espace" | secteur "Route de l'Espace" |
| direction Radiosondage | Bec fin | Agami | Agami | Diane | Agami |

Il a été observé, selon les résultats 2011 qu'en bord de mer, le dépôt sec des aérosols marins décroît très vite en fonction de la distance à la côte. L'influence de ces aérosols est variable car l'intensité de la source de particules marines est directement liée à la force du vent à la surface de la mer. Ces dépôts peuvent donc être plus ou moins importants selon les variations saisonnières de l'intensité du vent mais aussi de la salinité de l'eau de mer. Il est à noter que cette influence reste faible au CSG, quand il ne pleut pas. Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte restent influencés par l'air marin et c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations. Ce phénomène est régulièrement observé sur les points CL 06 (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve), CL 04 (CMCK de Kourou) et CL 05 (Toucan).

4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM

- **En termes de direction**

La comparaison des directions réelles du nuage avec celles qui ont été obtenues par simulation SARRIM (soit à partir des radiosondages soit à partir des données prévisionnelles CEP) est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

| Vol | Ecart | |
|--------|---------------------|---------------------|
| | <i>Radiosondage</i> | <i>Prévisionnel</i> |
| V A200 | -7,0% | -26,3% |
| V A201 | 6,5% | 11,7% |
| V A202 | 1,3% | -10,0% |
| V A203 | -18,9% | -15,6% |
| V A204 | 17,3% | -16,3% |

Ainsi, n'observons pas des écarts significatifs :

- entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen de CEP ou ARPEGE,
- entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen de Radiosondages.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 200 à 204 n'ont pas montré de particularités par rapport aux années précédentes. En effet, les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 533 mètres autour de la ZL3). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires (5 ppm pour le gaz chlorhydrique et 10 ppm pour l'alumine). Au-delà, les concentrations sont soit négligeables soit inférieures aux seuils de quantification.

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

4.5.1. Objectif

L'objectif est de mesurer la qualité des eaux de la Karouabo en saison sèche et en saison de pluie. Le préleveur est tombé en panne en saison sèche. Il a été mise en place la veille du lancement 202 et a été positionné sur le pont de la crique Karouabo à environ 1,5 km de la zone de lancement. L'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Le *Tableau 11* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

4.5.2. Résultats

Une campagne de suivi de la qualité des eaux a eu lieu en saison des pluies (confer les *Tableau 11*).

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 202 (Mai).

| VOL 202 | pH (unité pH) | Conductivité (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) | Chlorures (en mg/l) | Sodium (en mg/l) | Aluminium (en mg/l) |
|-------------------|------------------|---|------------------------|---------------------|------------------------|
| Moyenne | 5,81 | 31,87 | 4,42 | 2,59 | 0,38 |
| Ecart type | 0,26 | 41,63 | 2,85 | 2,1 | 0,13 |
| Nombre de mesures | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |

4.5.3. Conclusions

Les analyses réalisées sur les prélèvements montrent que :

- le pH reste constant au cours du temps. Aucune diminution du pH n'est observée après les lancements,
- la variation de la conductivité est liée à l'échantillonnage des eaux de provenances différentes (influence de la pluie),
- les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

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

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

4.6. Mesures d'impact sur la végétation

4.6.1. 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 2011, 1 campagne de mesures a eu lieu. Elle a été menée pour le vol 202 (mai), il n'y a pas eu lieu de campagne de lancement en saison sèche.

4.6.2. 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 LH₂ (CP 04). 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 kilomètre au nord-ouest du pas de lancement (CL 08).

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

4.6.3. Résultats d'analyses

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

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

4.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04)

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

Tableau 12 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 202 en champ proche.

| ECHANTILLON | RESULTATS IRD | | | | | | | |
|----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---|---------------------|
| | Al (mg/l) | Cl (mg/l) | Ca (mg/l) | Mg (mg/l) | K (mg/l) | Na (mg/l) | Conductivité (μ S/cm à 25°C) | pH (unité pH) |
| Moyenne | 2,09 | 61,35 | 4,01 | 0,78 | 1,49 | 0,64 | 593,6 | 2,96 |
| Ecart type | 0,83 | 23,85 | 1,26 | 0,47 | 1,28 | 0,19 | 277,15 | 0,23 |
| Nombre de mesures | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Les échantillons récoltés en champ proche ont un pH quasi-constant. Cela n'est pas le cas pour les autres paramètres.

Globalement, il est à noter de fortes fluctuations de concentrations pour chaque ion (en particulier le Calcium, le Potassium et le Magnésium).

4.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 13*.

Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 202 en champ lointain.

| ECHANTILLON | RESULTATS IRD | | | | | | | |
|----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---|---------------------|
| | Al (mg/l) | Cl (mg/l) | Ca (mg/l) | Mg (mg/l) | K (mg/l) | Na (mg/l) | Conductivité (μ S/cm à 25°C) | pH (unité pH) |
| Moyenne | 0,09 | 1,46 | 0,56 | 0,24 | 1,72 | 0,87 | 14,8 | 6,04 |
| Ecart type | 0,04 | 0,15 | 0,22 | 0,00 | 0,45 | 0,10 | 2,28 | 0,11 |
| Nombre de mesures | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Pour l'ensemble des paramètres, on constate que les teneurs restent constantes. Les retombées chimiques sur la végétation sont donc négligeables.

Comme pour le point CP 04, le pH reste constant et faiblement acide.

4.6.4. Conclusions

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

Nota : Plus les valeurs de pH sont élevées, plus les valeurs de conductivités sont faibles. Les résultats obtenus pour ces deux paramètres sont ainsi cohérents les uns 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 :

- de la pluviométrie,
- de la direction des vents
- de la localisation des bacs à eau

Pour le champ lointain, les résultats obtenus sont constants. De ce fait, les retombées chimiques sur la végétation sont donc négligeables.

Comme pour le champ proche, les échantillons ont été soumis à un apport de minéraux issus de l'embrun marin lors de la saison sèche. Cependant, il est important de signaler que l'impact de ces retombées reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

4.7. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2011

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2011 sont comparables aux années précédentes. Les variations sont attribuables aux conditions météorologiques qui peuvent être différentes au moment du décollage.

Il est confirmé la fiabilité des données fournies par les modèles ARPEGE et CEP. Leur utilisation permet l'implantation des bacs à eau sur le terrain de manière optimisée.

Le suivi de la qualité des eaux de la Karouabo et des pluviolessivats ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux et sur la végétation.

5. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ

5.1. Rappels

En 2011, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S01 : 21/10/2011 à 07h30 min
- Vol S02 : 16/12/2011 à 23h02 min

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 Soyuz (ELS) [DA 1].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 18, 19, 21 à 24] seront présentés dans ce partie dédiée à Soyuz.

Cela comprend :

- la direction de la trace de combustion,
- les résultats des mesures en continu de la qualité de l'air,
- ensemble de mesures complémentaires afin de mieux caractériser et quantifier les potentielles sources d'impact lors les opérations de lancement.

5.2. Localisation des zones de passage de la trace de combustion

5.2.1. Au moyen des radiosondages

La dispersion de la trace des produits de combustion émis par Soyuz dépend des conditions météorologiques. L'Annexe 1 présente la localisation des retombées au sol des produits de combustion issus des moteurs des 1ers (blocs latéraux) et 2nd (bloc A) étages de Soyuz aux sols, réalisés pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM. Ces simulations sont basées sur les données issues de radiosondages. Elles permettent de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales (concentrations maximales calculées en champ lointain pour le monoxyde et dioxyde de carbone).

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

- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide du radiosondage le plus proche du H0.

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

| Vol | Mois | direction des vents | | vitesse moyenne des vents | |
|-------|----------|-----------------------|---|---------------------------|-----------------------|
| | | <i>basses couches</i> | <i>hautes couches</i> | <i>basses couches</i> | <i>hautes couches</i> |
| V S01 | Octobre | Roches Blanches | Roches Blanches/ Battures Malmanoury | 6,3 | 7,6 |
| V S02 | Décembre | PR 100 de la RN1 | PR 105 de la RN2 | 5,6 | 7,9 |

Pour l'année 2011, la direction prise par la trace de produits de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons.

5.2.2. Conclusions

La localisation de la trace des produits de combustion de Soyuz peut varier à chaque lancement en fonction des conditions météorologiques du moment. Les villes de Sinnamary et de Kourou n'ont pas été impactées par la dispersion de des produits de combustion de Soyuz.

5.3. Mesures en continu de la qualité de l'air

5.3.1. Shelters ENVIRONNEMENT SA

Six shelter de la marque ENVIRONNEMENT SA sont positionnés de manière fixe sur le territoire du CSG et dans les villes de Kourou et Sinnamary (confer la carte de localisation des shelters en *Annexe 3* du présent document)

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu des détections et les concentrations en : dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂), en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde de carbone (CO₂), en ozone (O₃), en hydrocarbures (HCT) et en particules (PM₁₀ et PM_{2,5}), et en situation nominale de lancement.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2011

| | | Résultats moyens (mg/m ³) | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------------------|-----------------|-----|-----------------|----------------|-----|------------------|-------------------|
| | | SO ₂ | NO ₂ | CO | CO ₂ | O ₃ | HCT | PM ₁₀ | PM _{2,5} |
| shelter n°4 : ZLS - shelter optique | V S01 | 26,5 | 20,0 | 1,4 | 791,1 | 40,5 | 0,0 | 7,3 | HS |
| | V S02 | 26,1 | 20,8 | 1,5 | 794,3 | HS | HS | 18,2 | 7,9 |
| shelter n°5 : zone de dépotage PHHC | V S01 | 27,2 | 20,4 | 1,8 | 789,1 | 36,1 | 0,5 | HS | HS |
| | V S02 | 22,8 | 17,3 | 1,7 | 763,6 | 22,3 | 0,9 | 22,1 | HS |
| shelter n°6 : zone de stockage PHHC | V S01 | HS | HS | HS | HS | HS | HS | HS | HS |
| | V S02 | 27,1 | 14,8 | 1,5 | 762,1 | 46,6 | HS | 23,6 | 5,4 |
| shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie | V S01 | 27,3 | 21,5 | 1,5 | 850,7 | 35,5 | 0,0 | 11,1 | 4,7 |
| | V S02 | 26,4 | 23,5 | HS | HS | 40,8 | HS | HS | HS |
| shelter n°1 : Kourou | V S01 | 27,4 | 33,0 | 1,5 | 816,7 | 34,5 | 3,5 | 9,2 | HS |
| | V S02 | 26,4 | 28,4 | 1,4 | 741,7 | 38,1 | 1,6 | 19,4 | HS |
| shelter n°3 : Renner | V S01 | HS | 22,1 | 1,3 | 814,7 | 34,6 | HS | 12,9 | 3,9 |
| | V S02 | 23,2 | 22,1 | HS | HS | 41,4 | HS | HS | HS |

HS : Hors Service

Les shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas enregistrées d'apports gazeux ou particulaires directement attribuables au lanceur.

5.3.2. Réseaux CODEX

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, le dioxyde 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'ELS.

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

Ce réseau est composé de vingt-quatre systèmes de détection disposés de façon fixe sur l'ensemble des villes de Kourou et de Sinnamary, sur le site d'observation rapproché COLIBRI et sur le Centre Technique du CSG.

Concernant les détecteurs du réseau CODEX n'ont pas détectée des produits hydrazinés ou de dioxyde d'azote.

5.4. Mesures complémentaires

5.4.1. Mesures de la qualité de l'air par badge passifs

80 badges passifs de la marque RADIELLO ont été mis en place à environ 1,50 mètres de hauteur (conformément à la norme AFNOR NF X 43-006) sur 10 sites. Les prélèvements sont basés sur le principe de diffusion moléculaire des polluants de l'air vers un matériel absorbant. Afin de quantifier les éventuelles contaminations des échantillons, 40 blancs ont été réalisés (1 blanc par composé et par site) ; ces derniers ayant subi les mêmes conditions et le même traitement que les échantillons réellement exposés.

Afin de mieux comparer les résultats entre eux et de valider les données issues du réseau des capteurs ENVIRONNEMENT SA, une étude comparative des résultats a été réalisée lors de ces premiers lancements (*Tableau 16*).

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des résultats moyens des badges passifs

| | | | Résultats moyens (mg/m ³) | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-------|---------------------------------------|-----------------|----------------|---------|---------|------------|---------|
| | | | SO ₂ | NO ₂ | O ₃ | Benzène | Toluène | EthylBenz. | Xylènes |
| Champ proche | 1 : ZLS - shelter optique | V S01 | 17,2 | 17,2 | 204,6 | 0,8 | 7,4 | 6,0 | 13,9 |
| | | V S02 | 11,0 | 12,6 | 326,0 | 0,5 | 11,8 | 9,3 | 24,9 |
| | 2 : zone de dépotage PHHC | V S01 | 17,1 | 18,6 | 203,9 | 0,8 | 5,2 | 4,5 | 9,7 |
| | | V S02 | 11,0 | 15,6 | 210,3 | 0,6 | 10,2 | 8,2 | 21,0 |
| | 3 : zone de stockage PHHC | V S01 | 17,1 | 18,5 | 203,0 | 0,8 | 5,4 | 3,4 | 9,6 |
| | | V S02 | 11,0 | 18,3 | 224,0 | 0,8 | 11,7 | 9,9 | 21,6 |
| champs moyen & lointain | 4 : Sinnamary | V S01 | 17,1 | 17,1 | 203,0 | 0,8 | 5,3 | 5,6 | 9,7 |
| | | V S02 | 11,0 | 14,8 | 167,2 | 1,6 | 28,6 | 13,0 | 36,3 |
| | 5 : Kourou | V S01 | 18,5 | 29,7 | 220,5 | 0,9 | 6,8 | 4,7 | 12,0 |
| | | V S02 | 11,5 | 13,3 | 300,2 | 1,0 | 19,6 | 7,8 | 21,7 |
| | 6 : Renner | V S01 | 17,1 | 19,3 | 202,9 | 0,8 | 6,0 | 4,7 | 8,5 |
| | | V S02 | 11,0 | 11,1 | 132,0 | 1,1 | 14,0 | 20,3 | 43,2 |
| | 7 : Carrefour Changement | V S01 | 17,1 | 17,1 | 203,0 | 0,8 | 5,7 | 4,3 | 7,3 |
| | | V S02 | 11,2 | 13,2 | 159,0 | 2,7 | 19,8 | 12,9 | 39,8 |
| | 8 : PR102 de la RN1 (entrée CIRAD) | V S01 | 17,0 | 19,3 | 202,6 | 0,9 | 5,8 | 3,4 | 8,3 |
| | | V S02 | 11,0 | 13,7 | 132,1 | 1,8 | 114,6 | 16,5 | 37,3 |
| | 9 : PR97 de la RN1 | V S01 | 17,0 | 17,0 | 202,6 | 0,9 | 5,8 | 4,6 | 9,2 |
| | | V S02 | 12,7 | 12,6 | 132,2 | 1,3 | 26,2 | 11,1 | 38,7 |
| | 10 : PR91 de la RN1 | V S01 | 17,0 | 17,0 | 202,6 | 1,0 | 6,3 | 6,0 | 9,1 |
| | | V S02 | 11,0 | 17,5 | 411,8 | 2,6 | 19,2 | 16,1 | 52,9 |

Les badges passifs RADIELLO n'ont pas enregistré d'apports gazeux directement attribuables au lanceur. Les résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus avec les capteurs ENVIRONNEMENT SA.

5.4.2. Mesures de la qualité des eaux de la Roche LENA

Lors du premier et deuxième lancement de Soyuz depuis le CSG, des analyses de la qualité des eaux de la roche LENA ont été effectuées, les résultats sont présentés dans le *Tableau 17*.

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des moyens et des écarts obtenus sur les paramètres mesurés sur les eaux de la roche LENA

| | | Résultats moyens | Ecart moyen |
|-----------------------------|-------|------------------|----------------|
| Conductivité (µs/cm) | V S01 | 51,2 | -4,3% |
| | V S02 | 53,4 | |
| MES (mg/l) | V S01 | 2,0 | 0,0% |
| | V S02 | 2,0 | |
| DCO (mg/l) | V S01 | 30,0 | 0,0% |
| | V S02 | 30,0 | |
| Hydrocarbures totaux (mg/l) | V S01 | 100,0 | 0,0% |
| | V S02 | 100,0 | |

Les valeurs mesurées sont inférieures aux prescriptions de l'arrêté préfectoral de la ZLS. Ainsi aucune dégradation de la qualité des eaux n'a été observée. La roche LENA n'a pas été impactée par ces deux premiers lancements.

5.4.3. Mesures sonores et vibratoires

A l'occasion du premier lancement Soyuz, depuis le CSG, des mesures ont été effectuées pour quantifier les vibrations et les bruits émis.

Ces mesures ont consisté à :

- quantifier les niveaux sonores et vibratoires émis par le lancement en différents points répartis le long d'un profil et à différentes distances de la zone de lancement,
- vérifier que ces niveaux ne soient pas de nature à générer des impacts sur l'environnement proche (zone de lancement, etc.), moyen et lointain (Kourou, Sinnamary, etc.),
- apprécier l'atténuation des niveaux avec la distance pour les vibrations uniquement.

Les résultats ont mis en évidence que les vibrations émises par le lanceur sont :

- 12 fois inférieures aux seuils réglementaires en ZLS
- 100 à 200 fois inférieures à Kourou et Sinnamary

Par rapport aux mesures sonores confer la figure présentée ci-dessous qui montre une comparaison avec les émissions sonores de Soyuz avec ceux d'Ariane 5.

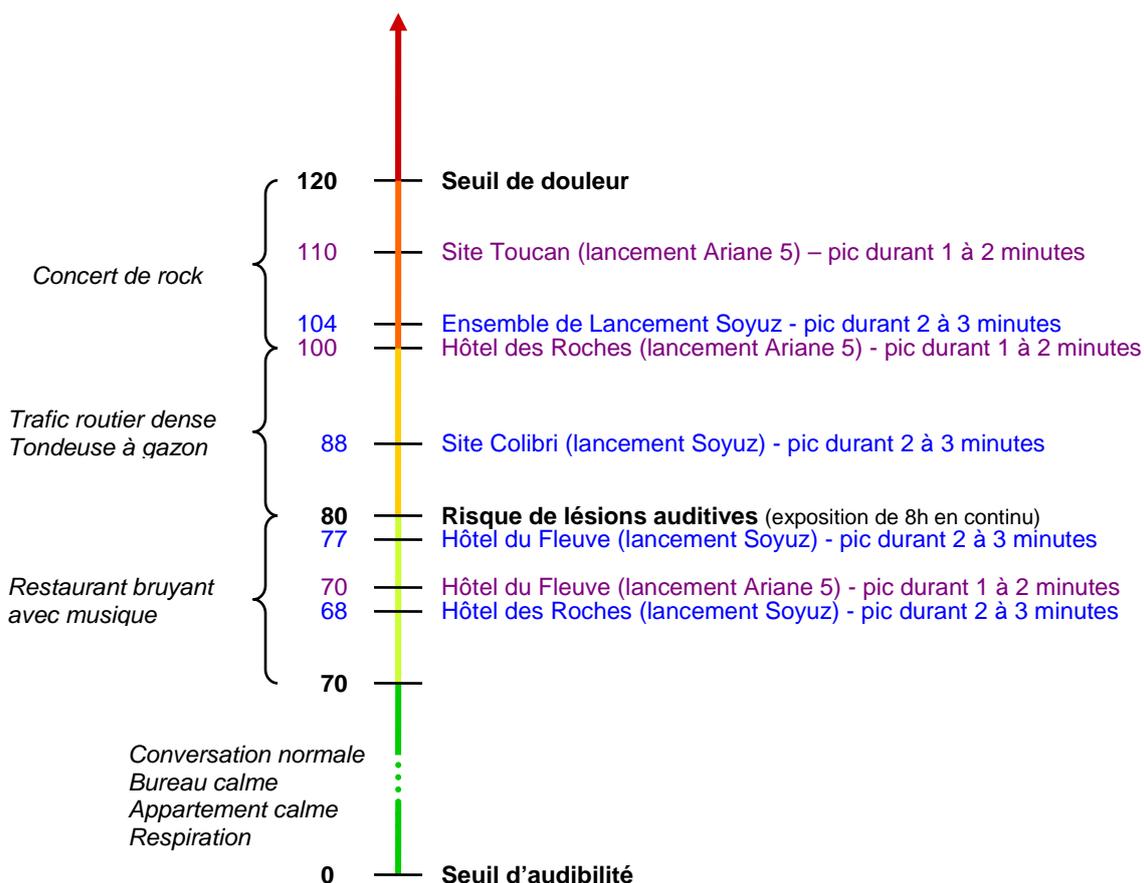


Figure 1 : Comparaison des émissions sonores entre Soyuz et Ariane 5 lors d'un lancement

Comme mis en évidence par la Figure 2 à la page suivante, les capteurs ont enregistré une émergence de 27dB sur l'ELS par rapport au niveau sonore en situation courante, constantes à l'Hôtel du fleuve de Sinnamary, inférieures de 13 dB par rapport au bruit de fond courant sur le site d'observation Colibri à 5,3 Km de la ZLS.

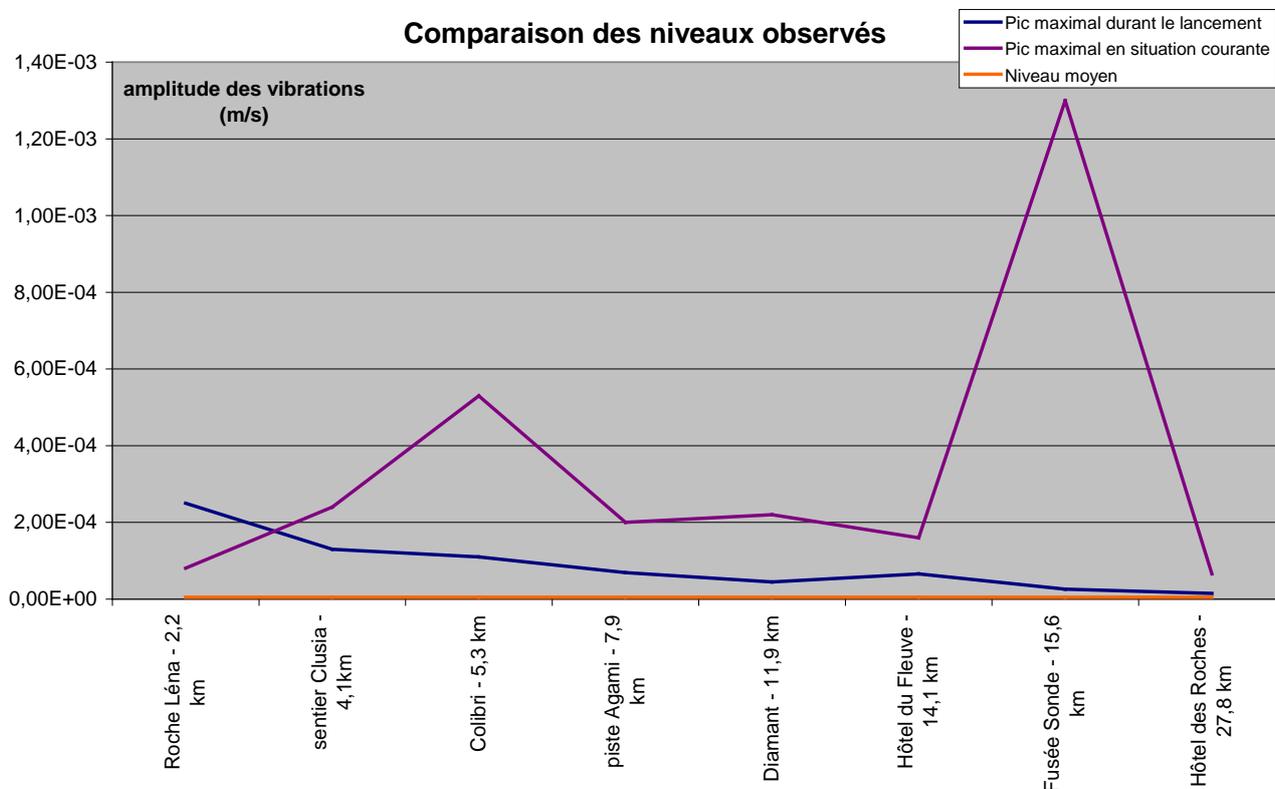


Figure 2 : Comparaison entre les émissions vibratoires durant le lancement Soyuz et le bruit de fond normal

Nous pouvons conclure que les mesures sonores et vibratoires du lancement de Soyuz n'endommagent pas le milieu environnant.

5.5. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2011

Le résultat des mesures de la qualité de l'air, de l'eau, du bruit et des vibrations nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2011 sont non quantifiables voire négligeables.

6. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES SUR L'ADP

6.1. *Rappels*

En 2011, 1 brûlage de propergol a eu lieu (en heure locale) :

- Segment S3 n°46: 24/11/2011 à 12h10 min

Un plan de mesure environnement a été réalisé pour se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Aire de destruction de Propergol (ADP) **[DA 3]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 3, 6, 20 et 21]** seront présentés dans ce document.

Cela comprend :

- Les mesures en temps réel, des 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,
- Les mesurer en champ proche et en champ lointain des 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).

6.1.1. Au moyen des radiosondages

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'Annexe 1 (confer le *paragraphe 10* du présent document) présente la localisation des retombées au sol des produits de combustion du segment S3 n°46 au sol réalisée au moyen du code de calcul SARRIM. Elle permet 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 brûlage (110 tonnes de propergol solide, durée de combustion du spécimen, etc.),
- Les caractéristiques du propergol (chaleur spécifique, etc.),
- La position géographique de l'ADP (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide d'un radiosondage,
- etc.

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

| | Mois | Direction des vents | Vitesse moyenne des vents |
|---------|----------|---------------------|---------------------------|
| S3 n°46 | Novembre | PR 83 RN1 | 5,5 |

Pour l'année 2011, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. On constate, en effet, que le nuage a pris une direction de 85°. Par ailleurs, les observations de terrain ont montré que les prévisions en termes de localisation des retombées au sol du logiciel étaient cohérentes.

Les concentrations maximales atteintes par les simulations SARRIM sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

| Activité | Concentration Maximale | |
|----------|------------------------|------------------------------|
| | HCl (ppm) | Alumine (mg/m ³) |
| S3 n°46 | 1,2 | 22,1 |

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. Concernant la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² de l'alumine, des valeurs dépassant ces seuils ont été calculées.

Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

Concernant plus particulièrement le gaz chlorhydrique, ces teneurs maximales restent éloignées du SEI (Seuil des Effets Irréversible) de 30 ppm pour 30 min.

Ainsi, les modélisations SARRIM au moyen des données issues de CEP/ARPEGE surestiment très largement les concentrations en gaz chlorhydrique et en alumine par comparaison aux données mesurées sur le terrain (confer le *paragraphe 6.3* du présent document) mais aussi par rapport aux simulations réalisées à partir des radiosondages (écart de 48,3 %).

6.1.2. Conclusions

Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du radiosondage) ont montré un faible écart (de l'ordre du 9%). Les capteurs ont été exposés au nuage de combustion issu du brûlage du segment.

6.2. 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 dioxyde 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'ELA3.

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

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

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

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu de la pollution gazeuse en acide chlorhydrique (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 20: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2011

| Activité | Zellweger 1 CP 03 | Zellweger 2 CP 10 | Zellweger 3 CL 01 | Zellweger 4 CL 05 | Zellweger 5 CL 08 |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| S3 n°46 | ND | ND | ND | ND | ND |

Rappelle : Le point CP 03 il est localisé derrière le merlon ouest à 50 mètres de l'ADP, le point CP 10 il est localisé sur le chemin de Ronde de l'ADP en la zone 23, le point CL 01 il est localisé sur le site « Agami », le point CL 05 il est localisé sur la piste « Agami » - PK12 après le portail et le Point CL 08 il est localisé sur la piste « Agami » - PK15 après le portail

Concernant les analyseurs fixes, aucune pollution en gaz chlorhydrique, n'a été détectée.

En conclusion, les appareils mobiles situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) ou en champ lointain n'ont pas détecté la présence de gaz chlorhydrique.

6.3. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain

6.3.1. Objectif

Les mesures des retombées chimiques particulières ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques issues du brûlage de propergol.

Pour cela, le dispositif mis en œuvre 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).

Une synthèse des résultats, présentée en page suivante, a été réalisée.

6.3.2. Résultats pour les retombées particulaire, gazeuses et chimiques

En champ proche, les retombées maximales en alumine particulaire et chlorures se trouvent à une distance maximale de 50 mètres (confer le *Tableau 21*).

Il est à noter que pour le brûlage du segment s3 n°46, les concentrations en chlorures sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées au niveau de la ZL3.

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ proche.

| Brûlage du segment S3 n°46 | Al (mg/m ²) | Cl (mg/m ²) | pH (en unité pH) | CE (µs/cm) |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Valeur maximale | 0,84 | 47,84 | 5,52 | 6,7 |
| Distance de l'ADP(m) | 50 | 50 | 560 | 50 |
| Localisation | CP 02 : Derrière le merlon Ouest | CP 04 : Derrière le merlon Ouest | CP 10 : Chemin de ronde Zone 23 | CP 02 : Derrière le merlon Ouest |

En champ lointain, l'ensemble des pics en alumine particulaire, chlorures, pH et conductivité électrique est plus important à celui enregistré en champ proche et concentré géographiquement (confer le *Tableau 22*).

Les concentrations des retombées de combustion les plus fortes ont eu lieu sur la piste « Agami » à l'intérieur du CSG.

Tableau 22: Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ lointain.

| Brûlage du segment S3 n°46 | Al (mg/m ²) | Cl (mg/m ²) | pH (en unité pH) | CE (µs/cm) |
|-------------------------------|--|--|---|--|
| Valeur maximale | 1,67 | 936,08 | 3,03 | 392 |
| Distance de l'ADP(m) | 9 600 | 9 600 | 9 600 | 9 600 |
| Localisation | CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail | CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail | CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail | CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail |

6.3.3. Résultats pour les retombées particulaires, gazeuses et chimiques

En champ proche, les retombées chimiques et particulaires en ions chlorures et en aluminium sédimentable se trouvent principalement autour de la zone de brûlage, surtout sur le côté ouest de l'aire de destruction des propergols (confer le *Tableau 18*).

En champ lointain les pics les plus importantes sont concentrés sur un site, la dispersion est dépendent des conditions météorologiques au moment du brûlage (confer le *Tableau 19*).

6.3.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM

- **En termes de direction**

La comparaison des directions réelles du nuage avec celles qui ont été obtenues par simulation SARRIM (soit à partir des radiosondages soit à partir des données prévisionnelles CEP) est présentée dans le ci-dessous.

Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

| Activité | Comparaison direction | | |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------|
| | Radiosondage (en °) | Réel (en °) | Ecart (en %) |
| Brûlage du segment S3 n°46 | 66 pour le Cl 90 pour l'Al | 90 | -22% Cl +5% Al |

Ainsi, nous notons des écarts non significatifs entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen du Radiosondage (écart compris entre le seuil du 25%). Les capteurs ont par conséquent correctement été implantés et soumis aux retombées des produits de combustion du brûlage du segment S3 n°46.

6.4. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement des activités sur l'ADP

Les mesures réalisées pour l'activité de Brûlage du segment S3 n°46 n'ont pas montré de particularités par rapport aux retombées en alumine. Ce n'est pas le cas des concentrations en ions chlorures où cette situation n'a jamais été rencontrée avant. La forte présence d'acide chlorhydrique semble être la conséquence de la conjonction de plusieurs facteurs entre eux, à savoir la forme et la hauteur du nuage au moment de la combustion.

Les retombées ont été observées dans le périmètre du CSG et le réseau CODEX n'a détecté aucune pollution en gaz chlorhydrique, que ce soit dans les villes de Kourou, de Sinnamary ou sur le territoire du CSG.

7. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES RÉALISÉES POUR LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ÉCOSYSTÈMES DU CSG

7.1. Mesure de la qualité des sédiments

7.1.1. 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.

7.1.2. 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. À 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 le *Tableau 24*).

Tableau 24 : 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 aluminat |

7.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 23 au 25 mai 2011 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la Karouabo [DR 22]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

7.1.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 25* ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 25 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.

| LIEU DE PRELEVEMENT | | PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE | | | | |
|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------|
| | | Température (°C) | Conductivité (µs/cm) | Oxygène dissous (mg/l) | Oxygène dissous (%) | Turbidité (NTU) |
| CRIQUE MALMANOURY | 24/05/2011 à 17h00 | 25,3 | 23 | 4,8 | 59 | 3,2 |
| | 25/05/2011 à 11h00 | 25,1 | 24 | 4,6 | 57 | 3,9 |
| CRIQUE KAURABO | 23/05/2011 à 18h00 | 26,5 | 16 | 3,3 | 42 | 7,3 |
| | 24/05/2011 à 10h00 | 26,3 | 17 | 2,4 | 29 | 4,6 |

Il est ainsi intéressant de noter que la plupart des paramètres physico-chimiques sont quasiment constants. Néanmoins, nous constatons que la crique Malmanoury est nettement plus oxygénée que la crique Karouabo. Ce phénomène s'explique par le faible débit de la Karouabo (milieu lentique).

7.1.5. Résultats des analyses pour les sédiments

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer le *Tableau 26*).

Concernant la mesure des métaux lourds les analyses ont été réalisées par SAVOIE LABO (N° d'accréditation 1-0618).

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

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.

| Paramètre | | Crique Karouabo | | | | | Malmanoury | | | | |
|-----------|----------|-----------------|-------|--------|-------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | | AM 1 | AM 2 | AM 3 | AV 1 | AV 2 | AM 1 | AM 2 | AM 3 | AV 1 | AV 2 |
| pH | Unité pH | 5,1 | 5 | 5,1 | 4,7 | 4,8 | 5,1 | 4,6 | 4,9 | 5 | 5,2 |
| Aluminium | mg/Kg MS | 16 466 | 7 478 | 17 025 | 9 528 | 13 660 | 10 328 | 25 485 | 28 019 | 18 339 | 30 303 |
| Baryum | mg/Kg MS | 27,6 | 13,8 | 21,9 | 21,6 | 18 | 12,2 | 36,4 | 43,4 | 38,1 | 49,8 |
| Calcium | mg/Kg MS | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | 513 | <100 | 219 |
| Cadmium | mg/Kg MS | <2 | 0,28 | 0,44 | 0,35 | 0,82 | 0,22 | <0,20 | 0,32 | 0,26 | <0,20 |
| Chrome | mg/Kg MS | 19,7 | 5,9 | 17,9 | 13,8 | 12 | 28,4 | 20,2 | 51,3 | 24,1 | 25,9 |
| Cobalt | mg/Kg MS | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 5,92 | 2,01 | 3,99 |
| Cuivre | mg/Kg MS | <2 | <2 | <2 | 1,96 | <2 | 4,05 | 4,05 | 37,5 | 8,03 | 5,98 |
| Fer | mg/Kg MS | 7 226 | 4 748 | 8 343 | 8 212 | 7 960 | 4 820 | 5 057 | 36 898 | 5 157 | 11 922 |
| Magnésium | mg/Kg MS | 513 | 297 | 418 | 452 | 300 | 136 | 587 | 1 243 | 1 766 | 2 352 |
| Manganèse | mg/Kg MS | 13,8 | 7,91 | 11,9 | 13,8 | 10 | 8,1 | 12,1 | 63,1 | 24,1 | 45,9 |
| Molybdène | mg/Kg MS | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Nickel | mg/Kg MS | 18 | 10,3 | 5,58 | 3,54 | 3,6 | 3,44 | 8,7 | 17,8 | 13 | 14 |
| Plomb | mg/Kg MS | 3,95 | 3,96 | 5,97 | 11,8 | 4 | 4,05 | 8,09 | 27,6 | 24,1 | 12 |
| Potassium | mg/Kg MS | 948 | 475 | 697 | 1 002 | 620 | 344 | 930 | 1 283 | 1224 | 2 014 |
| Sélénium | mg/Kg MS | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Zinc | mg/Kg MS | 9,87 | 5,93 | 10 | 11,8 | 10 | 6,08 | 12,1 | 57,2 | 14 | 29,9 |
| Mercure | mg/Kg MS | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,05 |

AM = Amont du pont AV = Aval du pont

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

D'une façon générale, les concentrations de certains minéraux (magnésium et potassium) et métaux lourds (aluminium, fer, nickel, zinc, plomb, manganèse, chrome et baryum) sont plus élevées dans la crique Malmanoury que dans la Karouabo. Par ailleurs, par rapport à l'année 2010, on observe globalement une stabilisation des concentrations sur les deux criques étudiées.

En ce qui concerne la crique Karouabo, on constate que :

- les teneurs du prélèvement AM3 sont globalement plus élevées (par comparaison aux valeurs obtenues en AM1 et en AM2),
- les valeurs sont plus importantes en amont par rapport à l'aval. Seuls le fer, le chrome et le plomb présentent des concentrations nettement plus fortes en aval.

Pour la crique Malmanoury, on observe que :

- les teneurs varient fortement d'un point de prélèvement à l'autre.
- les paramètres ont des teneurs plus importantes en amont par rapport à l'aval. Seuls le baryum, le magnésium et le mercure ont des concentrations légèrement plus fortes en aval.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les deux criques échantillonnées.

Tableau 27 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo

| Paramètre | Crique Karouabo | | Malmanoury | |
|-----------|-----------------|----------|------------|----------|
| | M | δ | M | δ |
| pH | 4,9 | 0,2 | 5,0 | 0,2 |
| Aluminium | 1 2831,4 | 4 214,7 | 22 494,8 | 8 150,6 |
| Baryum | 20,6 | 5,1 | 36,0 | 14,3 |
| Calcium | <100 | - | 366,0 | 207,9 |
| Cadmium | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,1 |
| Chrome | 13,9 | 5,4 | 30,0 | 12,3 |
| Cobalt | <2 | - | 4,0 | 2,0 |
| Cuivre | 2,0 | - | 11,9 | 14,4 |
| Fer | 7 297,8 | 1 489,4 | 12 770,8 | 13 816,0 |
| Magnésium | 396,0 | 95,3 | 1 216,8 | 888,2 |
| Manganèse | 11,5 | 2,5 | 30,7 | 23,4 |
| Molybdène | <2 | - | <2 | - |
| Nickel | 8,2 | 6,1 | 11,4 | 5,5 |
| Plomb | 5,9 | 3,4 | 15,2 | 10,2 |
| Potassium | 748,4 | 222,5 | 1 159,0 | 605,7 |
| Sélénium | <4 | - | <4 | - |
| Zinc | 9,5 | 2,2 | 23,9 | 20,6 |
| Mercure | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,02 |

7.1.5.1. Etat initial crique Paracou

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 28*).

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

Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont et aval.

| Paramètre | | Crique Paracou Amont | | | | | Crique Paracou Aval | | | | |
|------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| pH | Unité pH | 5,2 | 5,3 | 5,1 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 5,1 | 5,0 | 5,0 |
| Aluminium | mg/Kg MS | 27107 | 43002 | 68042 | 32722 | 51456 | 18611 | 23445 | 13461 | 20775 | 20128 |
| Baryum | mg/Kg MS | 19,6 | 29,9 | 21,8 | 23,7 | 17,9 | 40,5 | 25,8 | 24 | 30 | 29,9 |
| Cadmium | mg/Kg MS | <0,2 | <0,2 | <0,20 | 0,51 | 0,28 | 0,22 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 |
| Chrome | mg/Kg MS | 13,7 | 37,8 | 59,5 | 17,7 | 39,9 | 22,3 | 19,9 | 14 | 20 | 17,9 |
| Cuivre | mg/Kg MS | 1,96 | 3,98 | 5,95 | 1,97 | 1,99 | 8,1 | 1,99 | 3,99 | 2 | 3,99 |
| Manganèse | mg/Kg MS | 5,89 | 15,9 | 15,9 | 7,88 | 7,98 | 22,3 | 17,9 | 18 | 22 | 19,9 |
| Nickel | mg/Kg MS | 6,87 | 43,8 | 6,94 | 10,4 | 10,4 | 10,5 | 8,94 | 6,79 | 7,79 | 9,8 |
| Plomb | mg/Kg MS | 3,93 | 5,97 | 11,9 | 3,94 | 5,98 | 12,2 | 7,955 | 7,99 | 12 | 12 |
| Sélénium * | mg/Kg MS | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Calcium | mg/Kg MS | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | 243 | <100 | 138 | <100 | <100 |
| Magnésium | mg/Kg MS | 236 | 398 | 111 | 315 | 162 | 830 | 695 | 599 | 759 | 697 |
| Potassium | mg/Kg MS | 295 | 478 | 377 | 335 | 479 | 1580 | 1291 | 979 | 1538 | 1475 |
| Fer | mg/Kg MS | 2455 | 5594 | 24202 | 4179 | 19446 | 9154 | 12935 | 6970 | 13224 | 12595 |
| Zinc | mg/Kg MS | 11,8 | 27,9 | 23,8 | 13,8 | 14 | 30,4 | 17,9 | 18 | 30 | 23,9 |
| Cobalt | mg/Kg MS | <2 | 2 | 2 | <2 | 2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Molybdène | mg/Kg MS | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Mercure | mg/Kg MS | 0,14 | 0,05 | 0,16 | 0,09 | 0,14 | 0,19 | 0,07 | 0,06 | 0,11 | 0,07 |

* = la mesure du Sélénium n'est pas accréditée

Le tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre de la crique échantillonnée en amont et en aval.

Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou

| Paramètre | Crique Paracou | | | |
|------------|----------------|----------|----------|----------|
| | Amont | | Aval | |
| | M | δ | M | δ |
| pH | 5,1 | 0,2 | 5,0 | 0,1 |
| Aluminium | 44 465,8 | 16 171,6 | 19 284,0 | 3 694,9 |
| Baryum | 22,6 | 4,6 | 30,0 | 6,4 |
| Cadmium | 0,4 | 0,2 | 0,2 | - |
| Chrome | 33,7 | 18,6 | 18,8 | 3,1 |
| Cuivre | 3,2 | 1,8 | 4,0 | 2,5 |
| Manganèse | 10,7 | 4,8 | 20,0 | 2,1 |
| Nickel | 15,7 | 15,8 | 8,8 | 1,5 |
| Plomb | 6,3 | 3,3 | 10,4 | 2,2 |
| Sélénium * | <4 | - | <4 | - |
| Calcium | <100 | - | 190,5 | 74,2 |
| Magnésium | 244,4 | 115,4 | 716,0 | 85,6 |
| Potassium | 392,8 | 83,4 | 1 372,6 | 246,2 |
| Fer | 11 175,2 | 9 927,8 | 10 975,6 | 2 778,5 |
| Zinc | 18,3 | 7,1 | 24,0 | 6,1 |
| Cobalt | 2,0 | 0,0 | <2 | - |
| Molybdène | <2 | - | <2 | - |
| Mercuré | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |

D'autres paramètres sont relativement constants quel que soit le lieu de prélèvement comme par exemple le pH ou les concentrations en mercure.

D'une façon générale, on constate une variation générale intersite de certains métaux et une variation en concentration amont/aval de certains éléments (potassium, magnésium, fer et aluminium). On peut constater que les valeurs globales sont compatibles avec la qualité des eaux de Guyane, riches en fer et aluminium et faiblement acides.

7.1.6. Conclusions

Il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la proportion associée à l'impact des lancements. En effet, à la sortie de la tuyère, l'aluminium est essentiellement sous forme de particules d'alumine Al_2O_3 qui est un minéral peu soluble, comme la part d'aluminium présent dans les sols guyanais. Il se produira les mêmes phénomènes de dissolution. Un ensemble de processus peut limiter l'acidification et les teneurs en aluminium dans les compartiments sol et eau des écosystèmes.

Ces processus sont :

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

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo et Malmanoury, un certain nombre de ces processus agiront sur les polluants générés par les lancements. La vase sédimentée dans le fond des marais ou en suspension, par les minéraux qu'elle contient, peut avoir, comme le sol, une certaine capacité à neutraliser les H^+ . Hors, le devenir des particules d'alumine et de l'aluminium dissous, déjà très présent dans le milieu, dépend essentiellement du pH.

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

Par ailleurs, en comparant les résultats obtenus depuis 2004, il est difficile de conclure sur la bioaccumulation de ces métaux et minéraux dans le milieu (confer la *Figure 3*). Nous constatons, par exemple, que la concentration en aluminium, en fer ou en potassium varie de façon très importante d'une année à l'autre, alors que la concentration de certains métaux (comme le mercure, le plomb, le cadmium, le nickel ou le zinc) reste constante dans le temps.

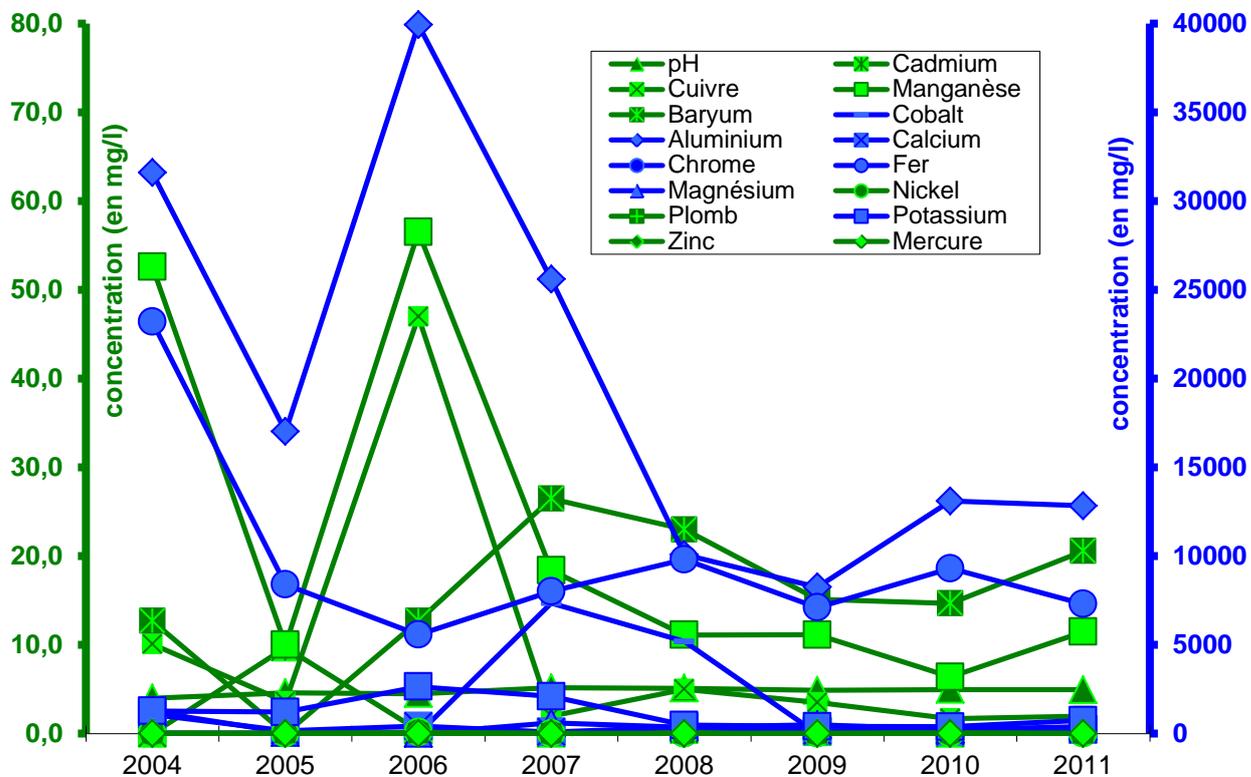


Figure 3 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2011 sur la crique Karouabo.

7.2. Suivi de la faune aquatique pour 2011

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]**.

7.2.1. 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 2011 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.

7.2.2. 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.

7.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2011

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 30* présente les principales conclusions de cette étude.

Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2011.

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2011 |
|--------------------------|---|
| DESCRIPTION DE L'HABITAT | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, la profondeur moyenne des 3 criques est comparable aux valeurs relevées les années précédentes : <ul style="list-style-type: none"> ○ Crique des Pères : 6 mètres, ○ Karouabo : 5,6 mètres, ○ Malmanoury : 4,8 mètres. <p>En saison sèche, une diminution de la hauteur d'eau est à noter (entre 70 et 90 cm pour la Karouabo et la Malmanoury - environ 1,7 mètres pour la crique des Pères). Ces plus faibles profondeurs engendrent de plus faibles débits. Par ailleurs, à cause de sa localisation, la crique des Pères est très influencée par les marées (fort marnage engendrant un très fort courant lors des marées). Cette influence marine n'est pas sans conséquences sur la conductivité ; cette dernière étant deux fois plus élevée que sur les deux autres criques. Concernant la Karouabo, l'existence d'un bouchon vaseux proche de l'estuaire interdit toute intrusion d'eau salée et limite les inversions de courant.</p> ▪ Au niveau de la crique des Pères et de la Malmanoury, les taux d'oxygène dissous en saison des pluies et en saison sèche sont comparables à ceux des années précédentes avec 50 à 60 % de saturation. La situation inverse est à noter sur la crique des pères (augmentation du taux d'oxygène la nuit). Concernant la Karouabo, on constate, pour la deuxième année consécutive, que l'eau est plus oxygénée en saison des pluies qu'en saison sèche (taux d'oxygène mesuré en saison des pluies : 50% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison sèche : 30% de saturation). Par ailleurs, on observe distinctement le contraste jour/nuit avec des teneurs 2 fois moins importantes la nuit (par comparaison à celle du jour). <p>Ces fluctuations du taux d'oxygène dissous peuvent s'expliquer par le développement important de végétation aquatique durant la journée. Ce développement est particulièrement favorisé par les faibles débits, créant un milieu lentique (cas de la crique Karouabo), notamment en saison sèche ; la hauteur d'eau étant plus basse. La simple différence d'ensoleillement entre les deux saisons peut également avoir un impact sur la photosynthèse (donc le taux d'oxygène dissous).</p> |

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2011 |
|--|--|
| <p>DESCRIPTION DE L'HABITAT (SUITE)</p> | <p>Pour rappel, en Guyane, le seuil limitant en oxygène dissous est de 2 mg/l (soit environ 27% de taux d'oxygène) ; seuil pour lequel les premiers troubles se font sentir chez les poissons. Enfin, la respiration des organismes photosynthétiques durant la nuit et la proportion de matières organiques en décomposition (matières consommatrices d'oxygène) semblent être les causes des baisses de la saturation enregistrées notamment sur la Karouabo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Concernant les autres paramètres (température et conductivité), les valeurs restent comparables à celles des années précédentes. |
| <p>PEUPLEMENTS DE POISSONS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, le nombre de captures sur la crique des Pères atteint des niveaux intermédiaires entre le 2009 et le 2010. Au niveau de la Karouabo, ce nombre diminue depuis 2009. Pour la Malmanoury, les captures augmentent de nouveau. <p>En saison sèche, les captures sont restées stables et comparables sur l'ensemble des trois criques échantillonnées.</p> <p>Globalement, le nombre de captures est plus important en saison de pluies par comparaison avec la saison sèche sur la crique des Pères et sur la Malmanoury. Concernant la Karouabo, la situation inverse est observée, à savoir plus de captures en saison sèche, mais moins d'espèces capturées. Ce phénomène semble être due à la concentration des individus on saison sèche alors qu'en saison des pluies les poissons se répartissent dans les marécages inondées.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La biomasse est nettement plus importante en saison de pluies qu'en saison sèche. Par exemple sur la Malmanoury, lors de la saison des pluies; la biomasse a été multiplié par 4 (soit environ 37 kg). Néanmoins, en saison sèche, la biomasse a été divisée de moitié en comparaison de l'année dernière. Pour la Karouabo, on mesure une augmentation de 9% de la biomasse en saison des pluies suivie par une stagnation en saison sèche. Sur la crique des Pères nous observons à la fois une croissance des valeurs de biomasse en saison de pluies et un minimum, en saison sèche, en poids depuis le début du suivi. ▪ Sur la Karouabo, les mesures de la saison des pluies ont mis en évidence une diminution de la diversité des espèces pour la troisième année consécutive. Lors de la saison sèche, les niveaux obtenus sont comparables aux niveaux enregistrés en 2010, c'est-à-dire les plus importants depuis le début du suivi. D'une façon générale, la crique présente une richesse faible, inférieure à celle des deux autres criques en saison des pluies et comparables en saison sèche. |

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2011 |
|---|---|
| <p>PEUPLEMENTS DE POISSONS (SUITE) ET ANALYSE DE L'ALUMINIUM DANS LES CHAIRS</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des Pères, la Malmanoury et la Karouabo, la part de femelles est plus importante en saison sèche qu'en saison des pluies. Ces valeurs restent comparables aux observations régulièrement faites dans d'autres criques peuplées par des poissons néotropicaux. Pour rappel, lors de la saison des pluies, le nombre de femelles est plus important puisque c'est la période la plus propice à la reproduction des poissons néotropicaux. ▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements montrent que la crique des Pères se situe à un niveau supérieur à celui des deux autres criques. Malgré une baisse observée sur la Karouabo en saison des pluies, les indices confirment les tendances régulièrement observées depuis 2009. ▪ Pour une espèce déterminée, l'analyse du contenu stomacal a mis en évidence qu'il existe peu de différence significative dans le régime alimentaire pour les 3 criques. Cette année, pour la première fois, aucun poisson n'a présenté de lésions de malformations externes ou des parasites abdominaux et/ou intestinaux. Il est à noter que la présence de parasite est un phénomène connu et régulièrement observé dans les populations de poisson à forte densité ou soumise à une pression du milieu. ▪ L'analyse de la condition de certaines espèces communes aux 3 sites (<i>T. galeatus</i>, <i>H.malabaricus</i> et <i>A.falcatus</i>) montre que : <ul style="list-style-type: none"> ○ la condition de <i>H.malabaricus</i> et <i>A.falcatus</i> est constante toute au long de l'année et quelle que soit la crique prospectée. Néanmoins, la condition de cette espèce est moins bonne sur la crique témoin que sur la Karouabo et la Malmanoury, ○ La condition de <i>T.galeatus</i> montre une différence significative entre la saison des pluies et la saison sèche, l'espèce est plus grosse en la saison sèche. <i>T.galeatus</i> présente un poids supérieur dans la Malmanoury par rapport à la Karouabo. ▪ Sur les 3 criques, quelle que soit la période d'échantillonnage, le taux d'aluminium dans les muscles des poissons est indépendant du poids de l'individu. ▪ Contrairement à 2010, les teneurs en aluminium sont plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche. Il est à noter qu'il n'existe pas de différence en concentration d'aluminium sur les trois sites. ▪ La variabilité individuelle vis-à-vis de l'aluminium est telle qu'aucune différence significative n'est mise en évidence aussi bien entre les régimes, les classes de poids ou les stations. Sauf en 2011 une différence significative a été observée sur <i>P.squamosissimus</i> contrairement à l'année 2010, et la même différence significative a été observée sur <i>A.falcatus</i>. ▪ L'évolution temporelle montre que l'année 2011 est caractérisée par des valeurs intermédiaires à celles de la période 2006-2010. En revanche, la saison des pluies montre des valeurs stables ou décroissantes par rapport à la dernière saison des pluies. Ce phénomène peut s'expliquer par le lessivage des sols qui, en Guyane, contiennent de très fortes teneurs en aluminosilicates phénomène directement liée à la quantité de pluies. ▪ Il est à noter des niveaux minimums historiques, enregistrés en saison sèche sur la Malmanoury et sur la Karouabo par <i>H.malabaricus</i> et <i>T.galeatus</i>, avec des valeurs respectivement de $3,4 \pm 2,3$ et $2,2 \pm 0,6$ mg/g poids sec. |

**DIVERSITE ET
STRUCTURE DES
PEUPEMENTS
D'INVERTEBRES
AQUATIQUES**

- En 2011, 5 415 individus répartis en 25 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. Cependant, l'abondance reste assez faible sur les trois criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station.
- Globalement, en saison des pluies et en saison sèche, la Malmanoury est la crique la plus riche, avec un total de 2 249 individus et 16 taxons, et 823 individus et 8 taxons récoltés, niveaux extrêmes supérieurs et inférieurs. La crique des Pères se place en 2^{ème} position avec 1 714 individus repartis en 17 taxons et 58 individus en 6 taxons, enfin la dernière place revient à la Karouabo, avec 231 individus en 8 taxons et 231 individus repartis en 5 taxons.
- Nous notons la présence, pour la deuxième année consécutive dans la crique des Pères, d'*Argulidae* crustacé parasite des poissons (présence très rare en pleines eaux).
- Les taxons n'ont pas pu être déterminés jusqu'au niveau taxonomique «famille». Soit :
 - les connaissances ne permettaient pas une identification plus aboutie,
 - les individus n'avaient pas atteint le stade de maturité nécessaire,
 - les individus étaient trop dégradés pour observer les critères de classification.
- Concernant le type de peuplement, on constate une nette domination de la communauté des insectes sur les 3 stations prospectées et cela tout au long de l'année (entre 60% et 90% des individus collectés). Ce type de structure est régulièrement observé en Guyane. Cette caractéristique est naturelle et ne traduit pas de perturbation. A noter que sur la Malmanoury, leur contribution est de 98,4% lors de la saison des pluies.
- Les principaux indicateurs de pollution organique et/ou de déficit en oxygène dissous comme les annélides (Oligochètes) sont retrouvés en proportion relativement importantes sur la Karouabo en saison des pluies (33%) et sur la crique des Pères en saison sèche (36%).
- Il est à noter une très grande différence de peuplement entre la saison sèche et la saison des pluies. Par ailleurs, on note la présence en bonne quantité de microcrustacés qui semblent provenir des zones lenticules sur le cours amont de la Karouabo et de la Malmanoury.
- Globalement, tant en saison sèche qu'en saison des pluies, la crique Malmanoury reste la plus riche et la Karouabo présente la biodiversité la plus faible et stable sur toute l'année. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus l'année dernière.

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2011 |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">QUALITE BIOLOGIQUE</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La qualité biologique des criques est définie au moyen de 2 indices : <ul style="list-style-type: none"> ○ l'indice de Shannon (indice de la diversité) renseignant sur l'abondance et la richesse taxonomique. ▪ l'indice SMEG qui permet de déterminer la qualité des eaux en fonction de la présence (ou de l'absence) de taxons bio-indicateurs de qualité, ou au contraire, de pollution. ▪ Le calcul de l'indice de Shannon montre que : <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>En saison des pluies</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La diversité au niveau de la crique de Pères est faible (indice de Shannon 320,7 par rapport ou niveaux inférieure à 300 de la saison des pluies du 2010), ○ La Karouabo enregistre un score de 107,5, ○ La diversité au niveau de la Malmanoury est bonne, avec un indice de 593,1. ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La diversité au niveau des 3 criques est plus faible qu'en saison des pluies (baisse des valeurs entre le 50% et le 80%). Cette chute (très importante pour la Crique des Pères et la Malmanoury) ne traduit pas nécessairement une perturbation du milieu. En effet, les biocénoses benthiques sont naturellement tendance à fluctuer. Ce phénomène est principalement lié à leur biologie, encore très mal connue en Guyane. ○ Nous enregistrons une inversion de tendance sur la Karouabo, l'indice de Shannon est maximal en saison sèche (valeur de 355,8). ▪ Le calcul du Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais (SMEG)* sur les différentes criques a donné les résultats suivants : <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>En saison des pluies</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La crique des Pères prend la classe d'intégrité classe III*, contrairement à 2010 où il n'a pas été possible de lui donner une classe d'intégrité. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, ○ La Malmanoury est, quant à elle, en classe III*. ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice n'a pas pu être calculé sur la crique des Pères et la Karouabo car aucun Ephémère n'a été collecté, ○ La qualité de la Malmanoury augmente. Elle se place en classe II*. |

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2011 |
|---|--|
| <p align="center">QUALITE BIOLOGIQUE (SUITE)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les tendances de l'évolution spatio-temporelle de la zone d'étude étant bien établies ; le « monitoring environnemental » peut donc être réalisé : <ul style="list-style-type: none"> ○ La Malmanoury est donc une crique de relativement bonne qualité qui ne semble pas impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Elle est régulièrement en classe III, voire classe II. Ces caractéristiques se rapprochent de certaines périodes d'un cours d'eau en condition naturelle, ○ La qualité de la Karouabo évolue en fonction des conditions climatiques et ne semble pas être impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Ce cours d'eau, dont le classement moyen est de IV, possède les caractéristiques d'un cours d'eau présentant des conditions naturelles défavorables (déficit en oxygène, excès de matière organique, courant faible, etc.) ou soumis localement à des influences anthropiques. Nous retiendrons ainsi la 1ère hypothèse. La présence d'un bouchon vaseux à l'embouchure de la crique est une cause de cette qualité médiocre. En effet, cette dernière a les caractéristiques des milieux lentiques (faibles taux d'oxygène, faibles débits, stratification des masses d'eau, prolifération de la faune et de la flore aquatique en surface, etc.), ○ La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique qui a lieu sur la zone mais aussi du climat. Elle se maintenait en moyenne dans la classe III* jusqu'en mai 2008. Mais depuis octobre 2008, elle reste au niveau de la classe IV* jusqu'à la saison de pluies 2009. Cette année l'indice SMEG est en classe III*, valeur jamais atteinte depuis 2007. |

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

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

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

7.2.4. Résultat de l'étude d'état initial de la faune aquatique de l'ELS pour le 2011

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 31* présente les principales conclusions de cette étude.

Tableau 31 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus par l'étude d'état initial de la faune aquatique de l'ELS pour le 2011.

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE D'ETAT INITIAL DE LA FAUNE AQUATIQUE DE L'ELS POUR L'ANNEE 2011 |
|---------------------------------|--|
| DESCRIPTION DE L'HABITAT | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La crique Paracou est une crique côtière de Guyane, localisées au nord de l'ELS. ▪ L'amont est caractérisé par une largeur et une profondeur faible, une bonne différenciation des habitats disponibles et des zones de sédimentation plus ou moins importantes (de vaseux à sableux). ▪ En aval (à niveau du pont sur la RN1) la Paracou montre des caractéristiques de milieu lentique, avec une profondeur comprise entre 1,2 et 1,5 mètres, une végétation riveraine dominée par des Mocou-Moucous qui limitent le libre cours de la crique. ▪ Globalement les écosystèmes et écotones rencontrés ou large de la Paracou sont comparables à celui de la Malmanoury. |
| PEUPLEMENTS DE POISSONS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'hétérogénéité de la crique a conduit à utiliser différentes méthodes d'échantillonnage ▪ A la station amont, 563 individus ont été collectés. Le poids total de l'échantillonnage a été de 6,7 kg, représentant 38 différentes espèces. On note la présence de 9 taxons classés comme déterminants. A l'échelle de la Guyane, ces taxons permettent la classification de la station comme ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique). Les espèces principales sont <i>E.virescens</i> et <i>Hemigrammus</i> sp., on note la présence de <i>G.carapo</i>, qui démontre une adaptabilité de la communauté à un milieu périodiquement peu oxygéné, conditions non observées au moment de prélèvement. ▪ En aval moins d'individus (240) ont été collectés, le poids total de l'échantillonnage a été de 20 kg. La communauté en terme de poids et d'abondance est représentée par le binôme <i>M.thoracata</i> - <i>H.malabaricus</i>, adaptés à vivre dans un milieu peu oxygéné. ▪ Globalement, les résultats obtenus en comparaison avec la Malmanoury (à une batterie de filets) sont trois fois plus importants sur la Paracou en termes de diversité d'espèces. Par contre, les résultats sont inférieurs à ceux de la Malmanoury pour la biomasse. Ce résultat est lié à la variabilité spécifique des criques. |

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE D'ETAT INITIAL DE LA FAUNE AQUATIQUE DE L'ELS POUR L'ANNEE2011 |
|--|---|
| <p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 777 individus répartis en 16 taxons ont été échantillonnés. Cependant, l'abondance reste assez faible sur les deux stations puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la station en amont est nettement différenciée en termes de diversité et nombre. Le nombre d'individus et taxon recueilli est deux fois plus élevé par rapport à la station en aval. ▪ Les taxons n'ont pas pu être déterminés jusqu'au niveau taxonomique «famille ». Soit : <ul style="list-style-type: none"> ○ les connaissances ne permettaient pas une identification plus aboutie, ○ les individus n'avaient pas atteint le stade de maturité nécessaire, ○ les individus étaient trop dégradés pour observer les critères de classification. ▪ Concernant le type de peuplement, on constate une nette domination de la communauté des insectes dans la station amont (plus de 78% d'effectifs). Ce type de structure est régulièrement observé en Guyane. Cette caractéristique est naturelle et ne traduit pas de perturbations. ▪ Les principaux indicateurs de pollution organique et/ou de déficit en oxygène dissous comme les annélides (Oligochètes) sont retrouvés en proportion relativement importantes (42%) le taux d'oxygène enregistré confirme cette observation (0,9 mg/l) Aussi dans ces conditions la quasi-totalité d'individus échantillonnés appartient à la classe des insectes dans le deux stations. ▪ Comme observée sur la Karouabo et sur la Malmanoury, la présence de microcrustacés démontre la présence de zone lenticule en aval. |

| PARAMETRE SUIVI | RESULTATS DE L'ETUDE D'ETAT INITIAL DE LA FAUNE AQUATIQUE DE L'ELS POUR LE 2011 |
|-------------------------------|---|
| QUALITE BIOLOGIQUE | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La qualité biologique des criques est définie au moyen de deux indices : <ul style="list-style-type: none"> ○ l'indice de Shannon (indice de la diversité) renseignant sur l'abondance et la richesse taxonomique, ○ l'indice SMEG qui permet de déterminer la qualité des eaux en fonction de la présence (ou de l'absence) de taxons bio-indicateurs de qualité, ou au contraire, de pollution. ▪ Le calcul des différents indices montre que : <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>En station amont</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Nous enregistrons une valeur de l'indice de Shannon de 283,3 démontrant que la communauté benthique est indifférenciée. ○ Une valeur de Classe IV*, démontrant des conditions influencées par l'impact anthropique ou des conditions naturelles défavorables. Nous retiendrons ainsi la 2ème hypothèse. Les espèces adaptées à vivre dans des milieux peu oxygénés. Ces conditions naturelles très sélectives ont été observées sur toutes les stations. A noter que la biologie des taxons en Guyane est encore mal connue. Aucune activité et impact anthropique n'ont été observés dans la zone. ❖ <i>En station aval</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La valeur atteinte par l'indice de Shannon sur la station en aval est très faible (111,9). ○ L'indice SMEG est de Classe V* pour cette station. Ce score s'explique d'une part par la présence de la RN1 et d'autre part par les caractéristiques naturelles de la station (très faible disponibilité d'oxygène). ▪ Pour la partie aval les résultats obtenus montrent que le fonctionnement de la Paracou se rapproche de celui de la Karouabo ; ces deux cours d'eau étant des milieux lentiques. |

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

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

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

7.2.5. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2011

7.2.5.1. Les poissons

L'intérêt de réaliser des prélèvements lors des deux principales saisons permet de déceler des différences dans le fonctionnement des criques. Il permet également de cerner au mieux les évolutions des populations de poissons.

L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, montre que ce métal n'est pas bioaccumulable (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons n'est pas un facteur d'inquiétude.

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 mg/g de matière sèche) pour atteindre le seuil de l'OMS.

Par ailleurs, le fait qu'il n'existe pas de différence de concentrations entre les 3 criques nous indique que l'aluminium n'est pas localisé mais généralisée. Il n'est, par conséquent, pas attribuable aux lancements Ariane 5.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et des communautés biologiques adaptée à des milieux désoxygénées. La présence des macrophyte en aval provoque des grandes variations nyctémérales de la qualité des eaux.

7.2.5.2. 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.

7.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2011

7.3.1. Nichoirs

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

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

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 4) :

- 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,
- Soyuz.

Figure 4 : Installation de nichoirs sur Soyuz.



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

Il est à noter qu'à ce jour, il a été observé que les nichoirs installés au Centre Technique sont régulièrement occupés par les oiseaux (*Figure 5*).



Figure 5: Nichoirs sur le Centre Technique (CT).

7.3.2. Peuplements

En 2011, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau de la savane Corneille, de la savane Lapin et de la Roche LENA, mais aussi aux alentours des ensembles de lancement. Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou sur la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

Les sites étudiés ont donc tous confirmé la richesse des peuplements d'oiseaux dans ces savanes, bosquets ou forêt non dégradés et protégés.

7.3.3. Résultats du suivi de l'avifaune

Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles ultérieurement.

Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

7.3.4. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2011

7.3.4.1. Objectifs du suivi

L'étude menée [DR 23] 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.

7.3.4.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 32*).

Tableau 32 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2011.

| PARAMETRES SUIVIS | RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2011 |
|--|--|
| SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGE ET D'ARDEIDES | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Colonie la plus importante en terme d'effectif de grands échassiers de rivage en Guyane française (1 900 couples). |
| LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA COLONIE | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Glissement progressif vers l'ouest en relation avec l'évolution des bancs de vase et avec la croissance de la mangrove, ▪ Population répartie dans le secteur ouest de la Roche Blanche, ▪ Identification de deux colonies par rapport à l'année 2010. |

| PARAMETRES SUIVIS | RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2011 |
|--|--|
| <p>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies : <ul style="list-style-type: none"> ○ présence d'un fin cordon sableux depuis l'estuaire du Kourou jusqu'à l'ouest de l'embouchure de la crique Karouabo, ○ les battures de la Karouabo sont toujours en mer, ○ à partir de l'Est de la Karouabo, la plage de sable se confond progressivement avec le front d'érosion du banc de vase : ces conditions constituent un biotope de choix pour les grands échassiers (hérons, ibis, tantale), ○ présence de marais d'eau douce à l'arrière de la mangrove entre les criques Karouabo et Malmanoury (biotope jamais encore prospecté sur le territoire), ○ forte réduction naturelle des vasières entre les battures de la Malmanoury et le site des Roches blanches (possibilité de réduction des effectifs des nicheurs dans le futur). Dégagement progressif des battures des Roches Blanches qui retrouvent une situation « marine » depuis 25 ans, ○ forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). ▪ Réapparition de l'île verte. Mais, cette dernière reste entourée par la mangrove. <ul style="list-style-type: none"> ○ la mangrove favorable s'étend entre les estuaires de la crique Malmanoury et du Sinnamary et offre de très vastes étendues de zones d'alimentation. |

Ces résultats montrent que la colonie se porte bien. Elle est toujours la colonie la plus importante de Guyane. Par ailleurs, on compte environ 2 600 couples de « petites » aigrettes (*Egretta thula*, *E. caerulea* et *E. tricolor*), 50 couples de Grandes Aigrettes (*Ardea alba*) et 5 à 7 couples de Spatules rosées (*Ajaia ajaja*). Une attention particulière sera apportée, dans les années à venir, à l'évolution de ces espèces du fait de la réduction des vasières entre les battures de la Malmanoury et le site des Roches blanches. Cette situation pourrait les défavoriser.

Par ailleurs, on note la présence d'espèces fréquentant les grandes vasières comme les Becs-en-ciseau (*Rynchops niger*), les Sternes pierregarins, les Bécasseaux semipalmés, Bécasseaux maubèches, Tournepierres, les Pluviers argentés, les Courlis corlieu, etc.

Il a pu être nouvellement vérifié la nidification des Sternes fuligineuses. Cette observation témoigne de la grande importance du rôle joué par le CSG en représentant par cette espèce, le second site de nidification après l'île du Connétable.

7.4. Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG

Les écosystèmes suivants ont été étudiés au cours de l'année 2011. L'objectif est de suivre les évolutions des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur:

- Ecosystèmes côtiers/insulaires (Roche Agave),
- Ecosystèmes des savanes (Savane Diane, Savane Corneille et Savane Lapin),
- Ecosystèmes forestiers/bosquets (Bosquets Diane, Sources de la Karouabo),
- Ecosystèmes lacustres (Roche LENA).

7.4.1. Ecosystèmes côtiers/insulaires

Le patrimoine végétal est en bon état. Sont présents *Fucraea foetida* et *Cereus hexagonus*.

7.4.2. Ecosystèmes des savanes

- Savane Diane :
 - *Cyrtopodium cristatum* : Découverte de 2 noyaux comptant un total de 27 pieds vivants, amélioration de la description de l'habitat. Suite à la constatation de la disparition de l'autre station historique connue (Matiti), le site de la Savane Diane présente une importance capitale pour la présence de cette espèce en Guyane (mise en place future d'un plan de gestion).
 - *Cyrtopodium parviflorum* et *Palicourea rigida*: en conséquence des études liées à la distribution de *C.cristatum*, a été enregistré la présence de cette 2 rare espèces en Guyane.
- Savane Corneille :
 - Découverte d'un petit site accueillant un pied de *C. cristatum*.
- Savane Lapin :
 - *Ananas ananoides* : des études de distinction génotypique sont en cours afin de mieux connaître les origines des peuplements vivant sur le CSG.
- Savane Kikiwi:
 - Présence de pieds de Cactus cierge.

7.4.3. Ecosystèmes forestiers

- A proximité de l'EPCU S5, de EVA et des bosquets de Diane, la présence de grosses populations de *Disteganthus cf. lateralis* ont été observées. Des études génétiques sont en cours afin de mieux caractériser la distribution de cette espèce en Guyane.
- Dans les sources de la Karouabo ont été découvertes d'importantes populations de :
 - *Bactris nancibaensis*, endémique en Guyane et protégé. Suite à ce recensement, des prospections ultérieures se poursuivront en recherchant *Bromelia agavifolia*,
 - *Asterogyne guianense*, endémique en Guyane et protégé, des explorations se dérouleront afin de recenser d'autres peuplements.

7.4.4. Ecosystèmes lacustres

- Roche Lena :
 - Présence d'un pied de l'espèce protégée du Cactus Cierge.
 - *Ophioglossum cf. nudicale* : des études d'identification sont menées à l'Université de Berkeley afin de mieux comprendre la population. Un plan de gestion de cette population menacée pourrait être mis en place.

8. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2011 sont les suivantes :

8.1. *Par rapport aux activités liées aux lanceurs*

8.1.1. Ariane 5

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) ou le site d'observation Agami, suivant les conditions météorologiques.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) a permis de détecter la présence de gaz chlorhydrique en champ proche (mobile n°1). A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur. Pour rappel, 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 retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles à non quantifiables sous le nuage de combustion.
- L'optimisation de l'emplacement des capteurs par le biais des simulations SARRIM (réalisées à partir des données prévisionnelles CEP) reste la meilleure méthode actuellement disponible.
- Aucune contamination des eaux de la Karouabo, consécutive au lancement, n'est enregistrée (très faibles teneurs en aluminium). Ainsi, la qualité des eaux est conforme à la qualité générale des eaux douces de Guyane (eaux acides et faiblement conductrices).
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures). En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

8.1.2. Soyuz

- La trace de combustion issue de la combustion des moteurs du 1^{ère} (blocs latéraux) et 2^{ème} (bloc A) étages est fonction des conditions météorologiques.
- Le réseau de contrôle de la qualité de l'air CODEX n'a mis en évidence aucune pollution en gaz chlorhydrique, produits hydrazinés et azotés lors les activités de lancement.
- Le réseau de contrôle en continu de qualité de l'air ENVIRONNEMENT SA n'a pas mise en évidence de variation en teneurs de gaz ou particules sur la ville de Kourou, sur la ville de Sinnamary et sur L'ELS.
- Une série de mesures complémentaires ont été mise en œuvre pour les premiers lancements afin de mieux caractériser les possibles impacts sur l'environnement au large de l'ELS et sur les villes voisines. Les résultats sont comparables à ceux obtenus avec les réseaux de mesures.

8.1.3. Activités sur L'ADP

- Le nuage de combustion issu du brûlage du segment S3 n°46 est orienté vers le PK 83 de la RN1 l'espace (direction Bec Fin) en fonction des conditions météorologiques.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) n'a détecté aucune présence de gaz chlorhydrique en champ proche.
- Les retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement en champ lointain (site AGAMI) et ne dépassent pas le périmètre du CSG, cette différence est imputable à la hauteur de stabilisation assez basse, par rapport aux essais ARTA précédents.
- L'optimisation de l'emplacement des capteurs par le biais des simulations SARRIM (réalisées à partir des données prévisionnelles CEP) reste la meilleure méthode actuellement disponible.

8.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- 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. Par ailleurs, l'évolution temporelle de la concentration des métaux sur la Karouabo ne met pas en évidence de bioaccumulation imputable aux lancements Ariane 5.
- A partir des mesures de la faune aquatique, les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium présent dans les muscles. Les teneurs en aluminium sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Il est à noter que sur la Karouabo la concentration de la saison sèche est du même ordre de grandeur que sur la Malmanoury. 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, les classes de poids ou les stations.
- De façon globale pour les poissons, le nombre de captures, la diversité, la biomasse, la richesse et les conditions sont très nettement supérieurs en saison sèche qu'en saison des pluies.
- Le suivi de la population des invertébrés aquatiques confirme le statut de « zone en limite d'influence des émissions » pour la Malmanoury. Quelle que soit la saison, cette dernière reste de bonne qualité. Ce n'est pas le cas de la Karouabo dont la qualité varie fortement avec la saisonnalité. Elle n'est cependant pas impactée par les lancements Ariane 5. La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique qui a lieu sur la zone mais aussi du climat. Jusqu'en mai 2008, ses eaux étaient de bonne qualité. Mais, à partir d'octobre 2008, cette qualité se dégrade fortement.
- Concernant le suivi de la colonie d'Ibis Rouge, la zone de nidification située sur le Centre Spatial Guyanais demeure le principal site de reproduction de cette espèce en Guyane. La position géographique des peuplements reste en relation avec l'évolution naturelle de la mangrove. Par ailleurs, des observations réalisées durant l'année tendent à prouver l'excellente qualité de divers écosystèmes du CSG (découverte d'espèces nouvelles pour la Guyane notamment).
- Concernant le suivi de l'avifaune, les nichoirs sont en cours de mise en place afin d'étudier l'impact de l'alumine et de l'acide chlorhydrique sur l'épaisseur des coquilles d'œuf. Néanmoins, les premières observations laissent présager des résultats prometteurs pour ce nouveau protocole.
- Concernant le suivi des populations botaniques d'intérêt majeur résidents sur le CSG, le suivi et le recensement se poursuivent. Ils confirment la grande valeur botanique du CSG et la qualité exceptionnelle des populations végétales qui l'habitent.
- Par rapport à l'état de conservation des écosystèmes observés et d'accord avec les d'observations effectuées, nous pouvons confirmer les résultats issus des années précédentes, à savoir que l'impact généré sur l'environnement par les activités du CSG est négligeable.

10. ANNEXES

Annexe 1 – Localisation des zones de passage des nuages de combustion

Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A200

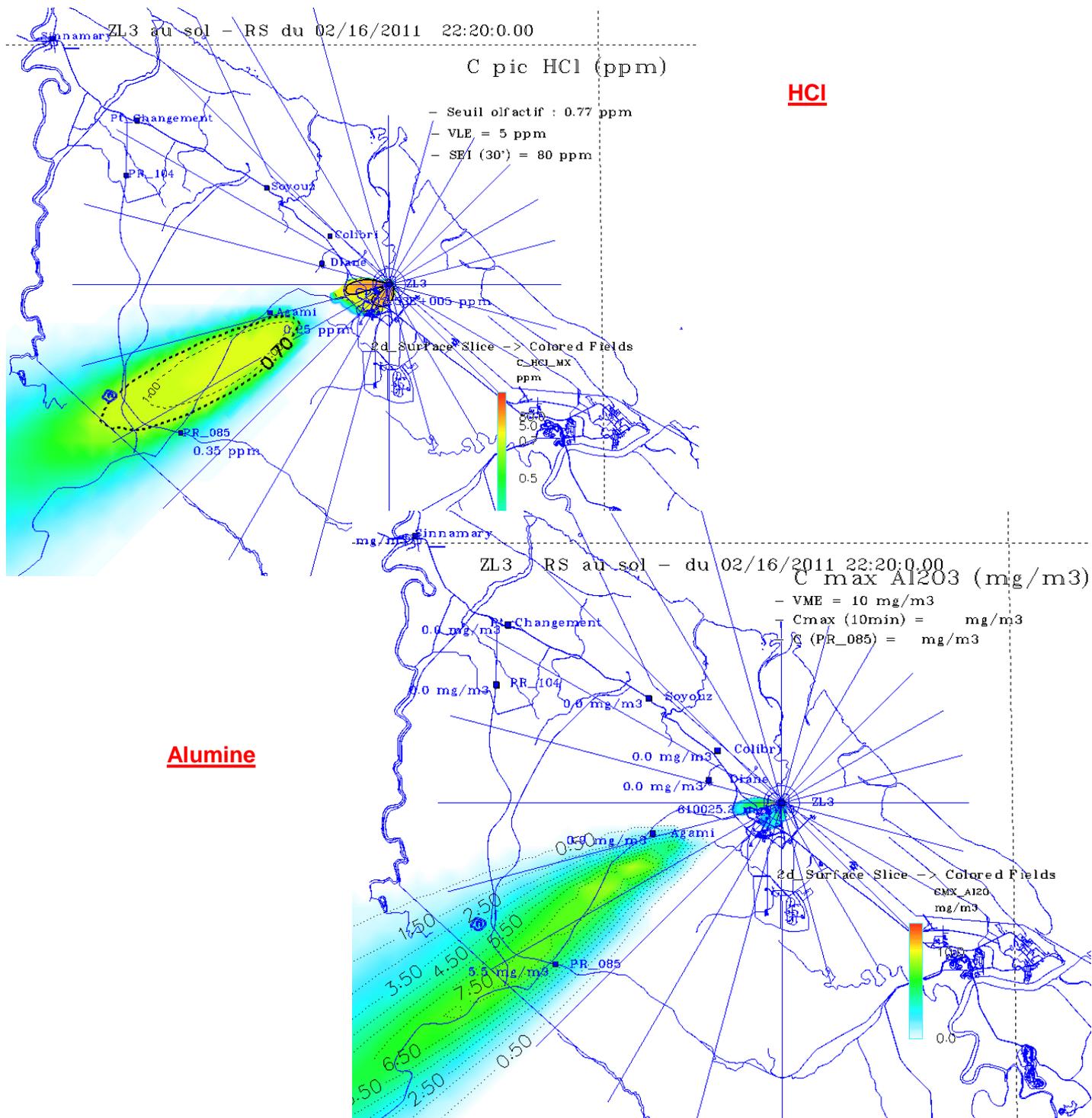


Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A201.

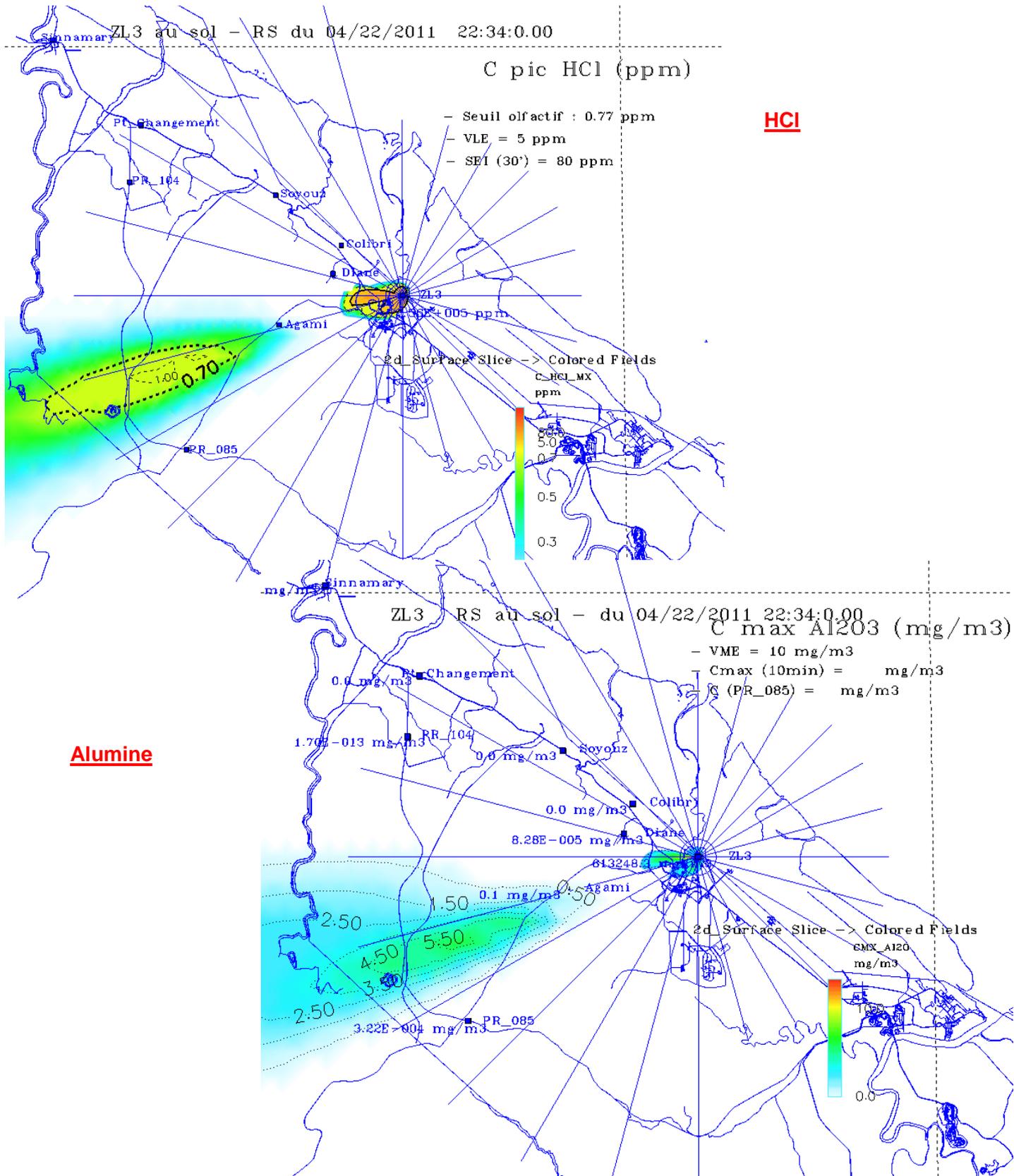


Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A202.

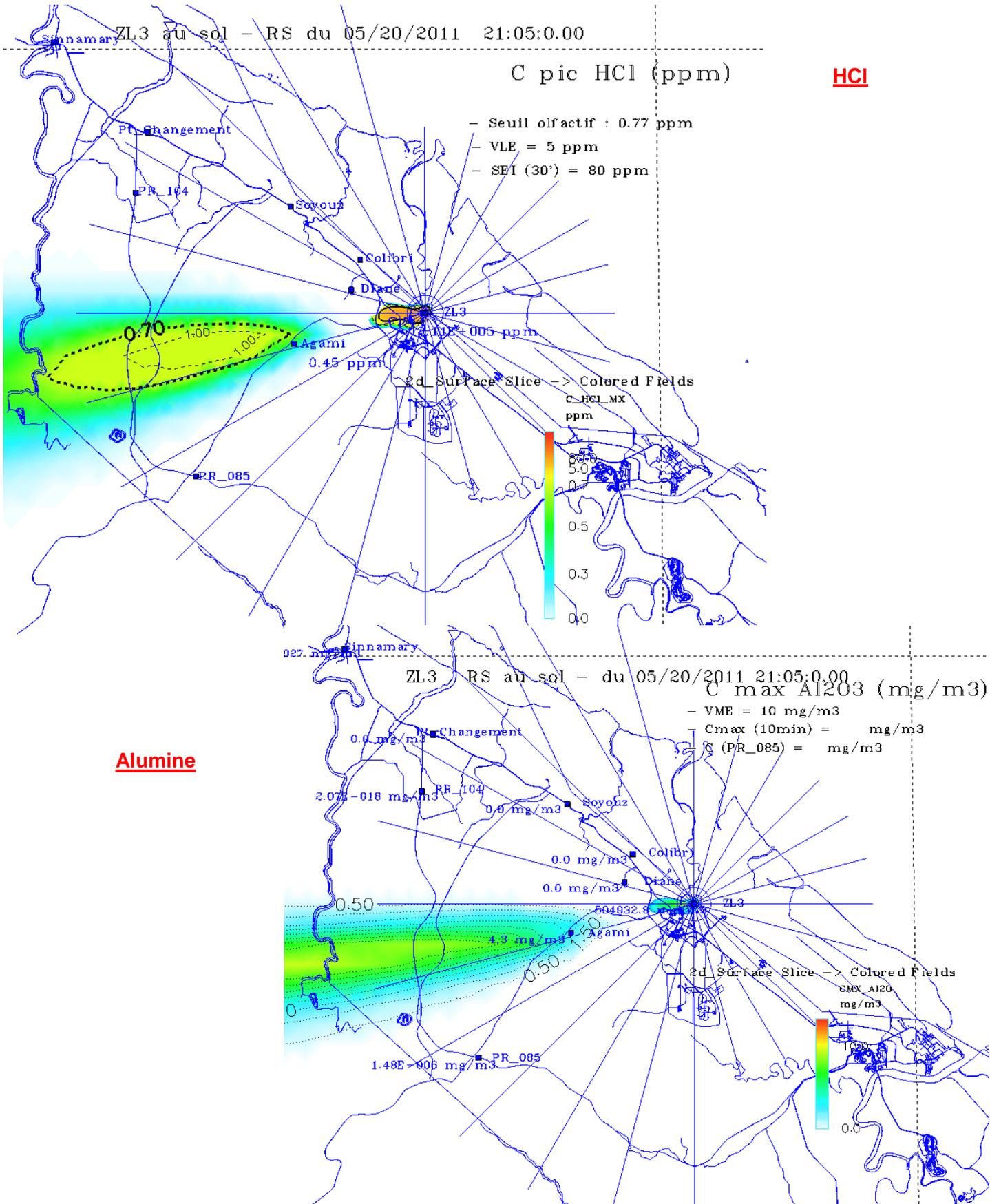


Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A203.

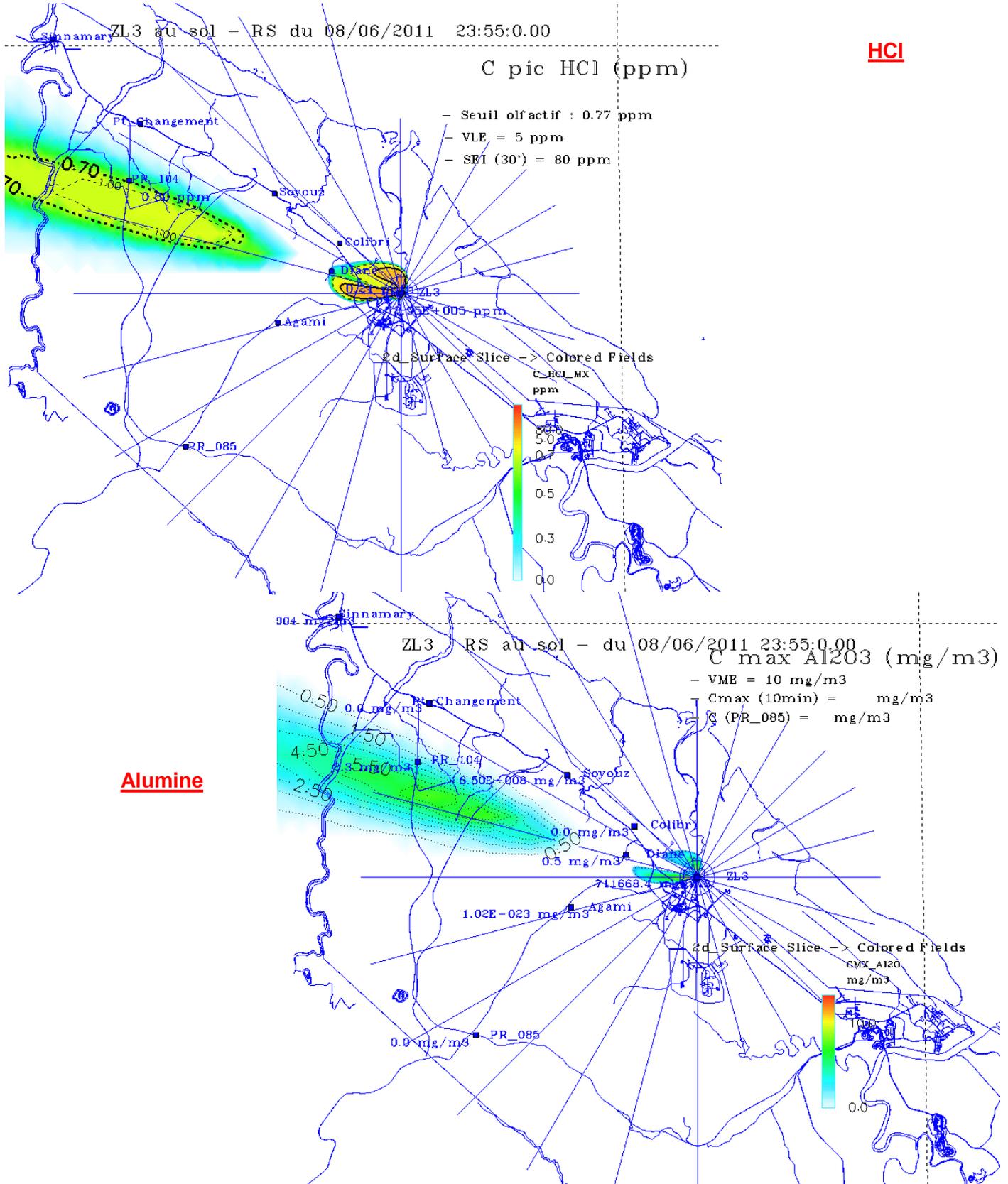


Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A204.

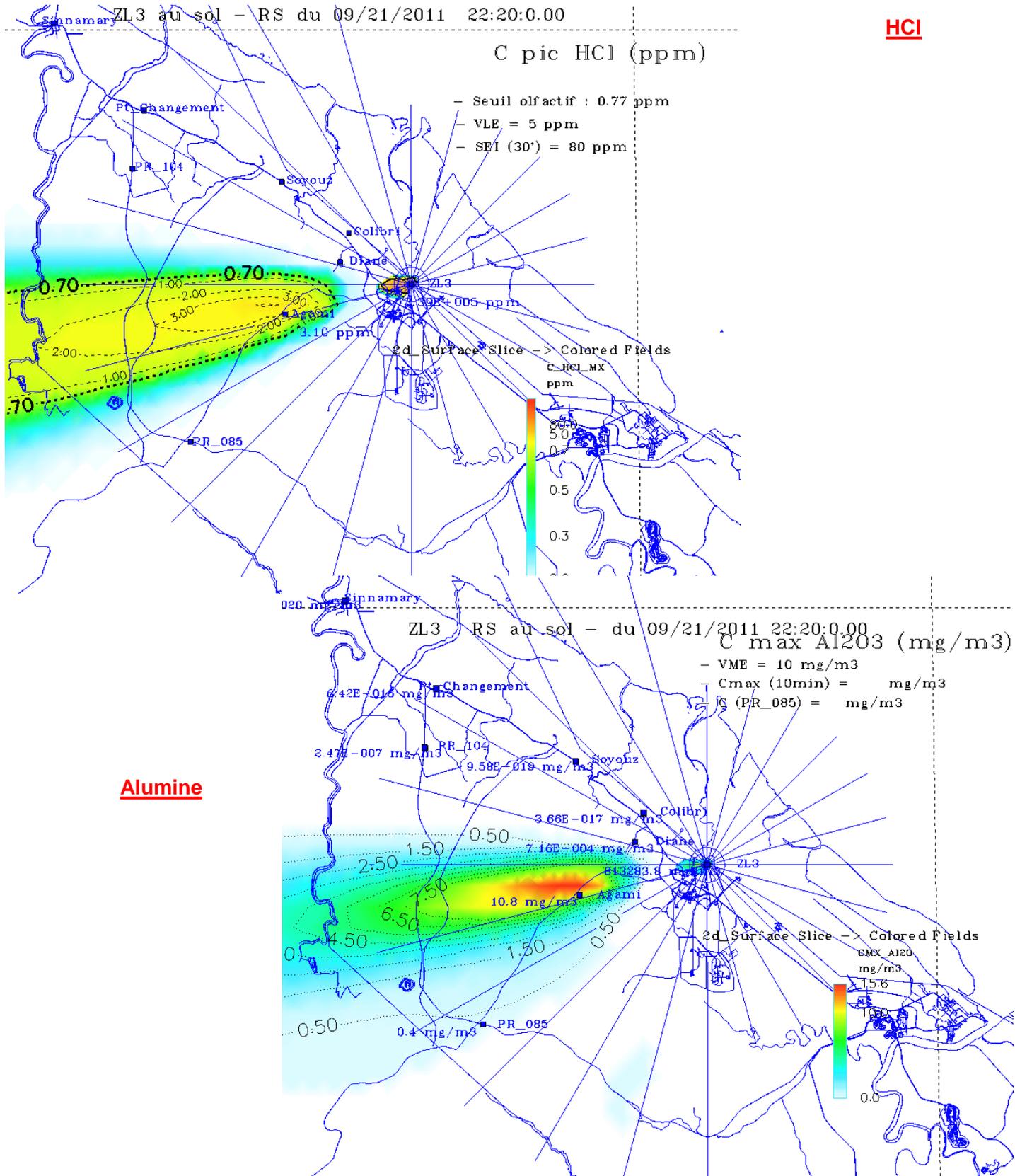
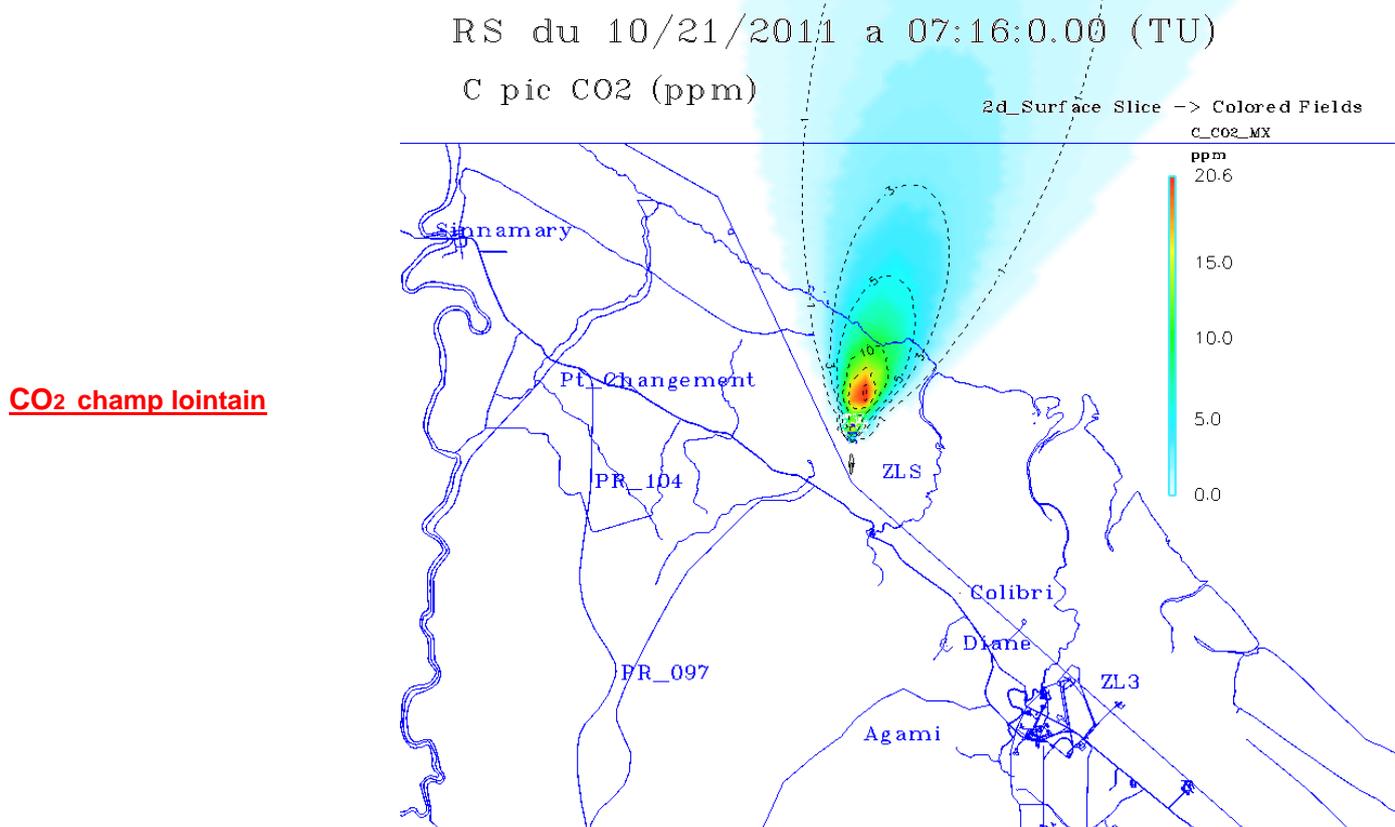
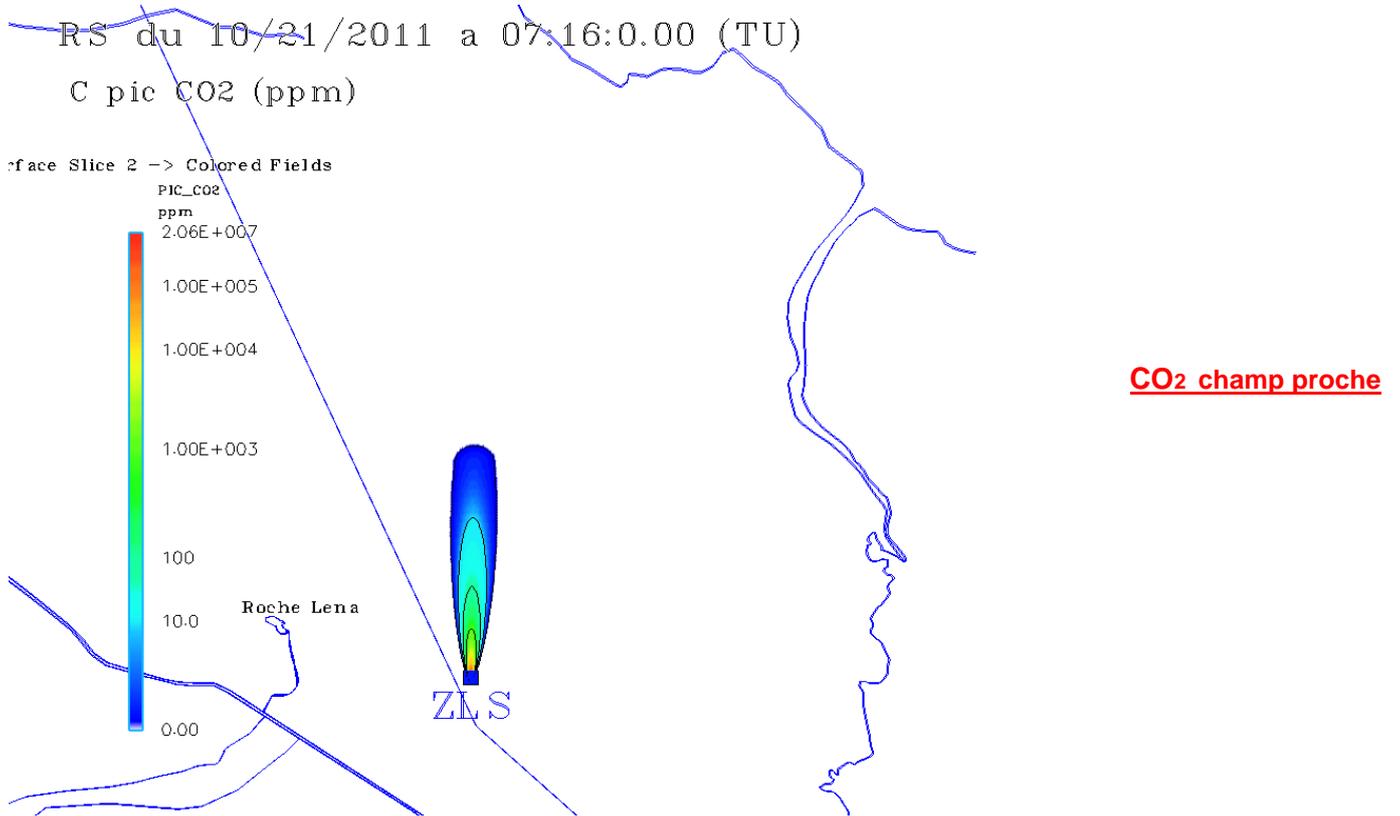


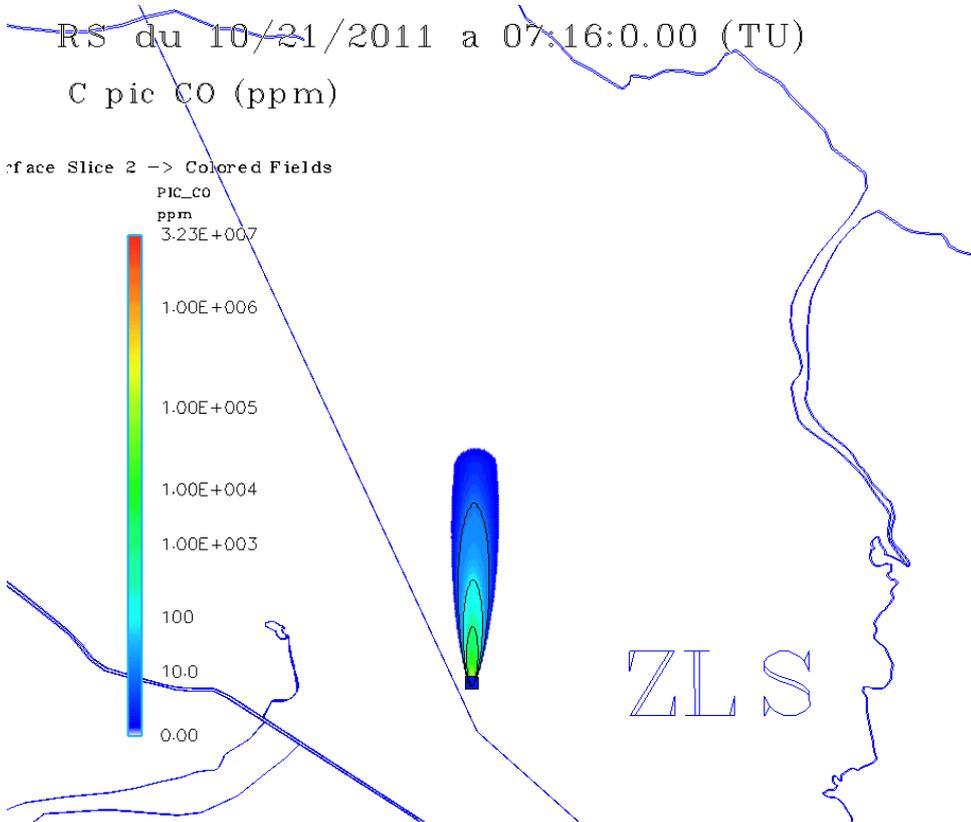
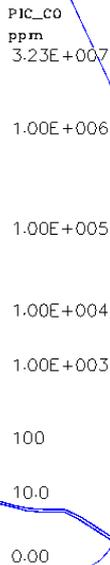
Figure 11 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S01.



RS du 10/21/2011 a 07:16:0.00 (TU)

C pic CO (ppm)

Surface Slice 2 -> Colored Fields

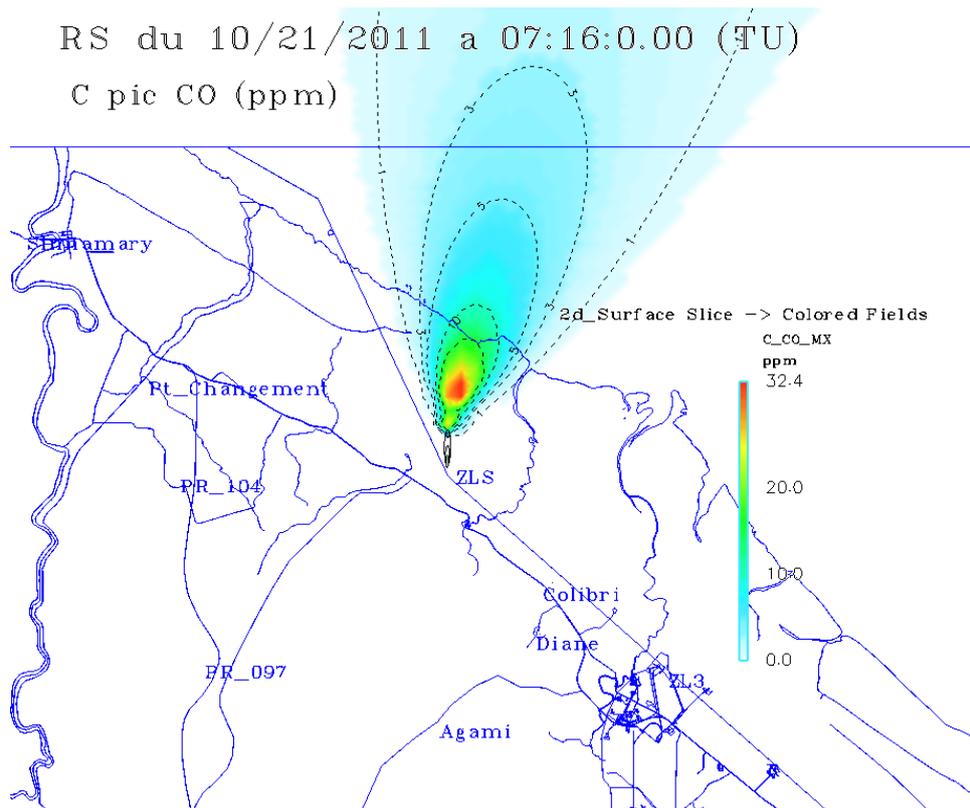


CO champ proche

RS du 10/21/2011 a 07:16:0.00 (TU)

C pic CO (ppm)

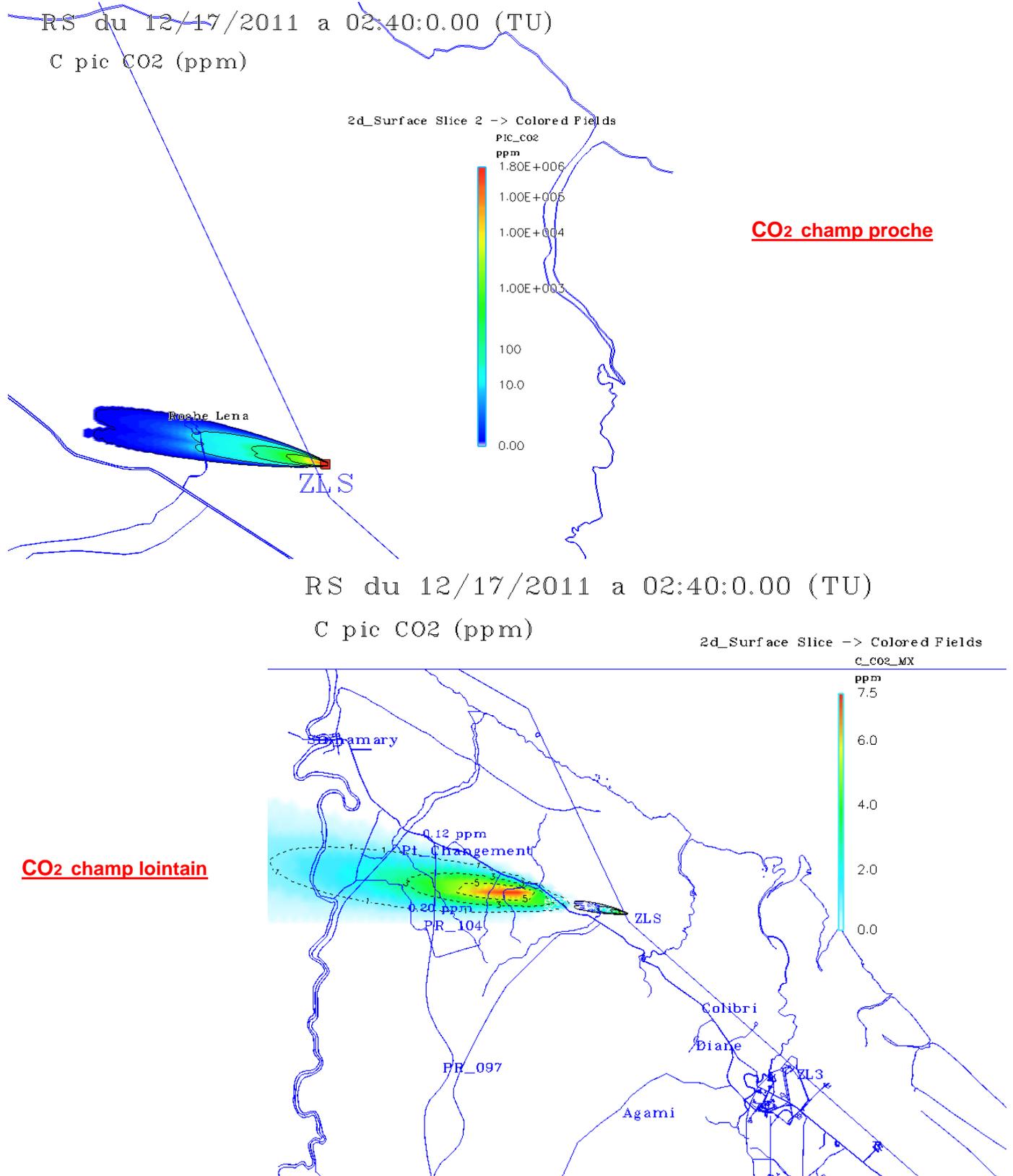
CO champ lointain



2d_Surface Slice -> Colored Fields

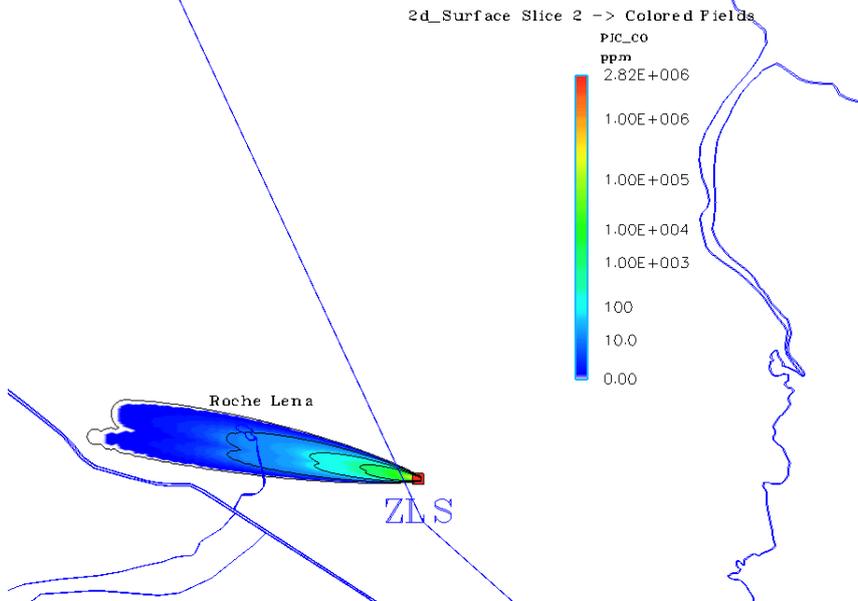


Figure 12 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S02.



RS du 12/17/2011 a 02:40:0.00 (TU)

C pic CO (ppm)



RS du 12/17/2011 a 02:40:0.00 (TU)

C pic CO (ppm)

CO champ lointain

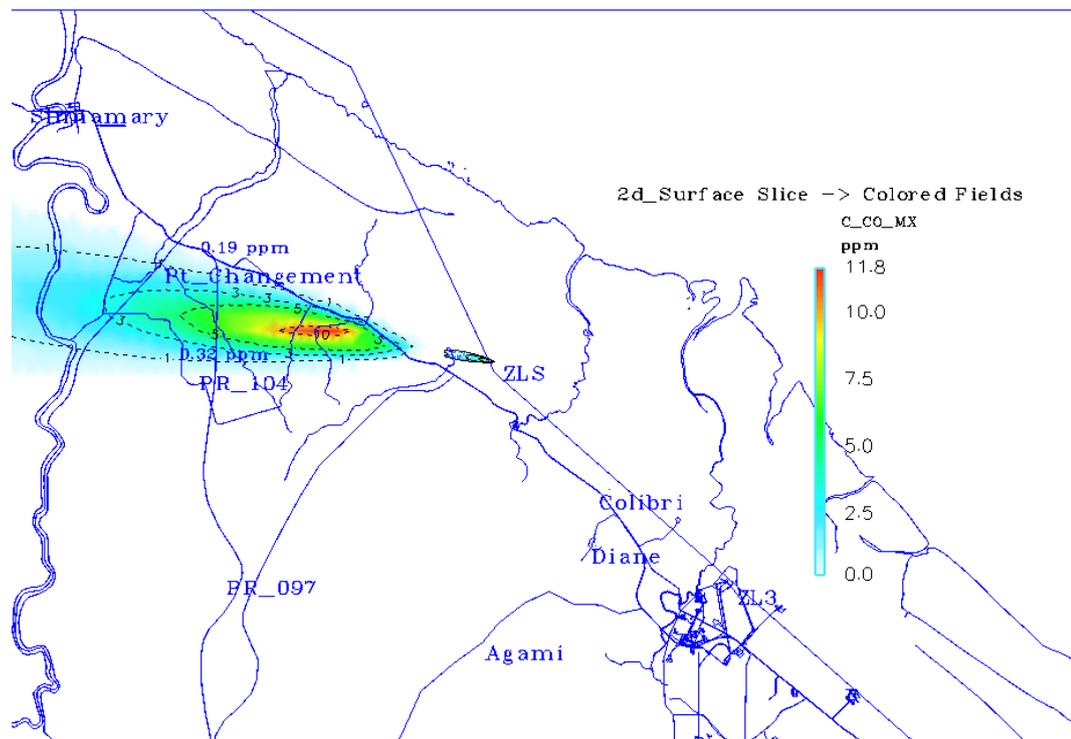
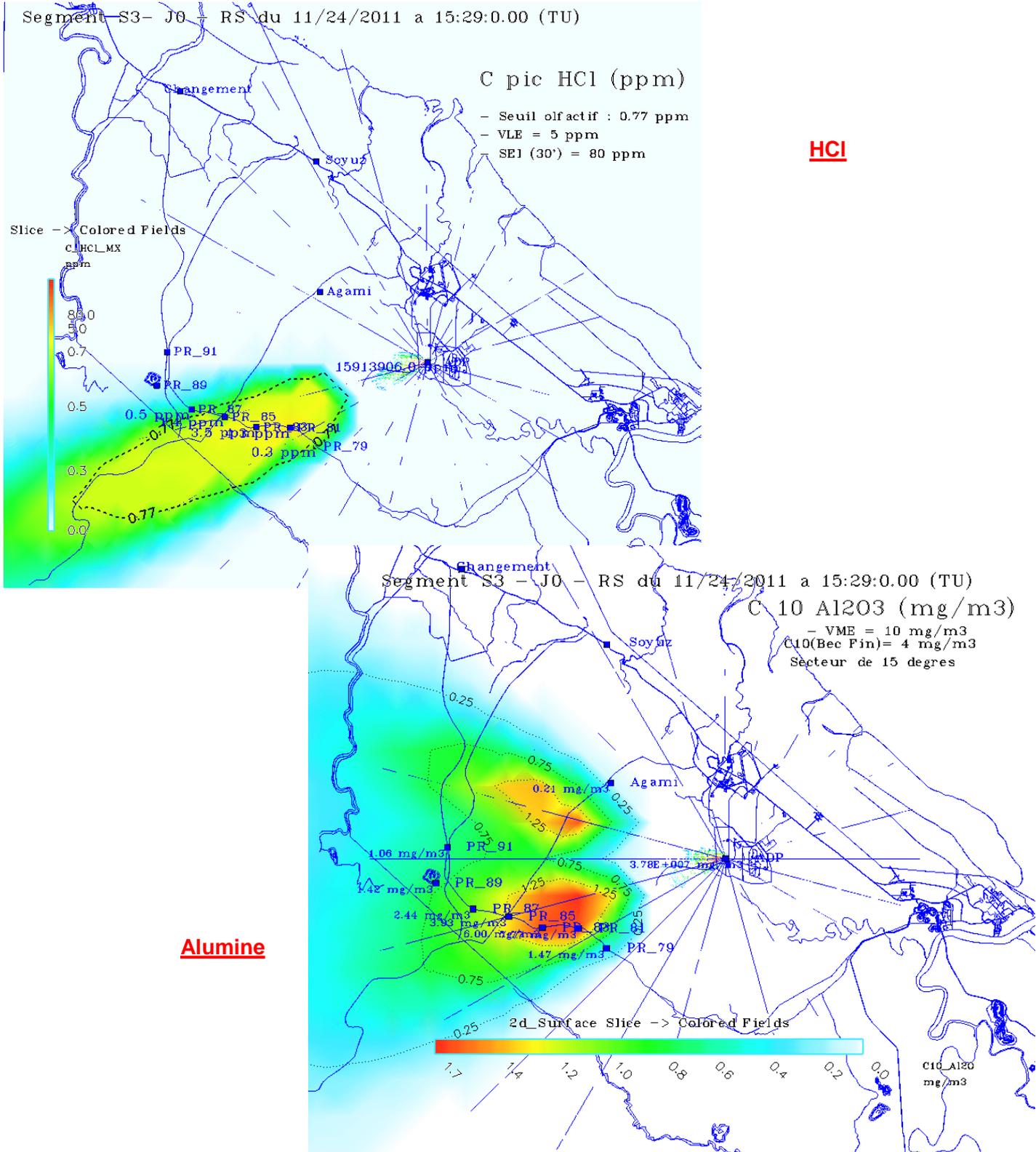


Figure 13 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au brûlage du Segment S3 n°46 sur l'ADP.



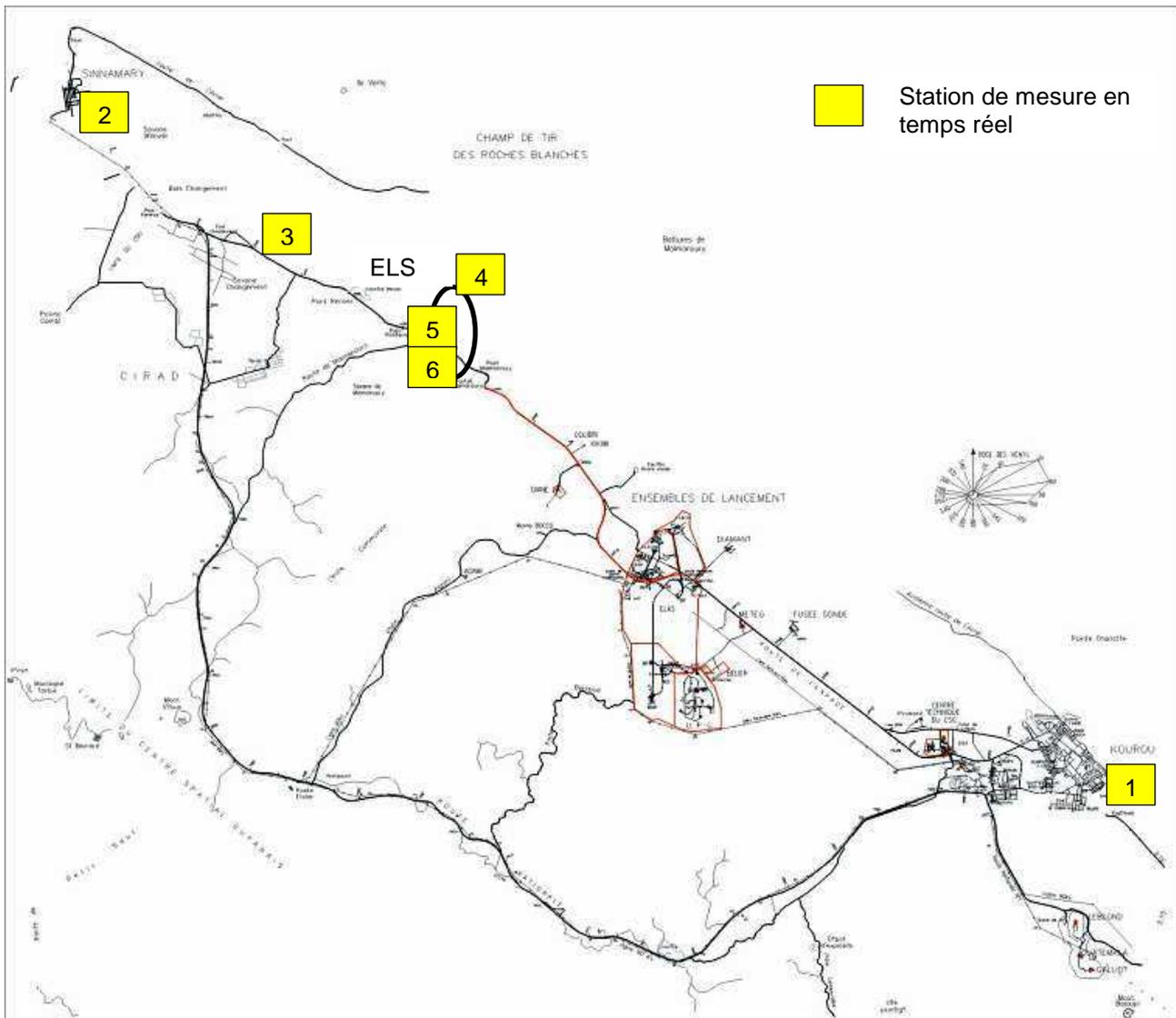
Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion

| | Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions ARPEGE (en °) | Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °) | écart (en °) |
|--------|--|---|--------------|
| V181 | 71,3 | 50,1 | 21,2 |
| V182 | 77 | 56,1 | 20,9 |
| V183 | 63,2 | 71,5 | 8,3 |
| V184 | 114,2 | 125,8 | 11,6 |
| V185 | 129 | 92,8 | 36,2 |
| V186 | 44,8 | 62,5 | 17,7 |
| V187 | 52 | 40,6 | 11,4 |
| V188 | 78,6 | 85,5 | 6,9 |
| V189 | 73,4 | 79,8 | 6,4 |
| V190 | 99,6 | 130,6 | 31 |
| V191 | 87,4 | 102,4 | 15 |
| V192 | 98 | 92 | 6 |
| V193 | 74 | 96,4 | 22,4 |
| V194 * | 89 | 181,7 | 92,7 |
| V195 | 91,6 | 120 | 28,4 |
| V196 | 103,8 | 65,8 | 38 |
| V197 | 76,4 | 47 | 29,4 |
| V198 | 99 | 111,3 | 12,3 |
| V199 | 52,2 | 56 | 3,8 |
| V200 | 72 | 61 | 11 |
| V201 | 68 | 72 | 4 |
| V202 | 88 | 79 | 9 |
| V203 | 104 | 107 | 3 |
| V204 | 114 | 81 | 33 |

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 14 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.



Rappelle : Le shelter 01 est implanté à Kourou – Hôtel des Roches. Le shelter 02 est implanté à Sinnamary – Gendarmerie. Le Shelter 03 est implanté à proximité de la carrière RENNER. Le Shelter 4 est implanté sur le shelter optique de la ZLS. Le Shelter 5 est implanté sur la zone de dépôtage PHHC de la ZLS ; Le Shelter 6 est implanté sur la Zone de Stockage PHHC de la ZLS