

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 des programmes Ariane 5, Soyuz et Vega, 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, dans l'arrêté d'exploiter n°1655/DEAL du 06/10/11 de l'ELVega à niveau du titre 8, dans l'arrêté d'exploiter n°2261/1D/4B du 28/07/1992 de le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre et dans l'arrêté d'exploiter n°2231 1D/1B du 18/10/98 de l'aire de destruction de propergol à niveau du titre 9.

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 2012 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES</p>	<p>En 2012, 7 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 205 : 23/03/2012 à 01h34 min ○ Vol 206 : 15/05/2012 à 19h13 min ○ Vol 207 : 05/07/2012 à 18h36 min ○ Vol 208 : 02/08/2012 à 17h54 min ○ Vol 209 : 28/09/2012 à 18h18 min ○ Vol 210 : 10/11/2012 à 18h05 min ○ Vol 211 : 19/12/2012 à 18h49 min <p>2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S03 : 12/10/2012 à 15h15 min ○ Vol S04 : 02/12/2012 à 23h02 min <p>1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol V01 : 13/02/2012 à 07h00 min <p>1 essai à feu a eu lieu au BEAP (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ARTA 5 : 24/05/2012 à 13h15 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: 23/10/2012 à 11h31 min
<p>LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE 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

**MODELISATION DES RETOMBÉES
AU SOL DU NUAGE DE
COMBUSTION**

- 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 A205 à A211. 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 vols Soyuz 03 et 04 n'a pas impacté les villes riveraines du CSG.
- La comparaison entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré un faible écart pour le vol V01. Ce dernier reste peu significatif et compris dans la fourchette d'incertitude connue.
- Concernant la concentration calculée par SARRIM, la comparaison aux résultats des mesures de terrain met en exergue une très large surestimation. Le modèle est par conséquent très majorant.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>AIR : CHAMP PROCHE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 205 à 211 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 455 mètres autour de la ZL3). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires. ▪ Les analyseurs fixes, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ Pour le vol Vega 01, les plus fortes concentrations ont été observées en champ proche (à une distance maximale de 168 mètres autour de la ZLV). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires. ▪ Les mesures réalisées pour l'essai à feu ARTA 5 au BEAP n'ont pas montré de particularité par rapport aux essais des précédentes années. Les plus fortes concentrations sont été observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 359 mètres autour de le BEAP). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires. ▪ Les mesures réalisées pour le brûlage du segment S3 n°119 sont comparables aux essais des précédentes années. Les plus fortes concentrations sont été observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 144 mètres autour de l'ADP). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>AIR : CHAMP MOYEN ET LOINTAIN</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les retombées en alumine et en gaz chlorhydriques sont négligeables pour Ariane 5 et Vega. Par ailleurs, les concentrations maximales du champ lointain sont obtenues pour des sites variables. Elles 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, 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°116 n'ont pas montré de particularité par rapport aux brûlages précédents. Aucun impact n'a été mesuré en champs moyen et lointain. ▪ Les mesures réalisées pour la mise à feu d'ARTA 5 au BEAP n'ont pas montré de particularité par rapport aux mises à feu précédentes.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p style="text-align: center;">AIR : Réseau 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. ▪ Pour tous les vols Soyuz aucune émission de produits hydrazinés ou dioxyde d'azote n'a été enregistré, les lancements ayant été nominaux. ▪ Les analyseurs fixes, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz, ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ Les appareils situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZLV) n'ont pas détecté la présence de gaz chlorhydrique. ▪ Par rapport au brûlage du segment S3 n°116 n'a été détectée aucune pollution en gaz chlorhydrique. ▪ Par rapport à la mise à feu ARTA 5 au BEAP, aucune pollution en gaz chlorhydrique n'a été détectée.
<p style="text-align: center;">VEGETATION Analyse des pluviollessivats (Ariane 5 et Vega)</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.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA KAROUABO (Ariane 5 et Vega)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures ne montrent pas de modification du milieu directement attribuable aux lancements d'Ariane 5 ou Vega. 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.
<p>EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA MALMANOURY ET DE LA PARACOU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures ne montrent pas de modification du milieu directement attribuable aux activités qui se déroulent dans le CSG. 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.
<p>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 probable portion 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, ▪ L'impact généré par la pluie joue un rôle majeur dans la composition et la nature du sédiment. <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>

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
PEUPELEMENTS DE POISSONS	<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, suivent des fluctuations naturelles et semblent ne pas être liées aux activités du CSG. ▪ Les captures sont plus abondantes, en poids, abondance, diversification espèces et nombre d'individus pendant la saison des pluies par rapport à la saison sèche ▪ L'étude du peuplement piscicole de la crique Paracou confirme de fortes fluctuations en oxygène indépendamment du lieu échantillonné.
INVERTEBRES AQUATIQUES	<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. ▪ L'étude de la faune d'invertébrés de la crique Paracou met en évidence une crique caractérisée par des fortes fluctuations en teneur d'oxygène indépendamment du lieu échantillonné.
AVIFAUNE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mise en place des niochirs se poursuivent ▪ Les premiers résultats seront disponibles ultérieurement. ▪ Les peuplements d'oiseaux ne sont pas affectés par les activités du CSG.
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGES ET D'ARDEIDES	<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.

SOMMAIRE

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	10
LISTE DES TABLEAUX	14
LISTE DES FIGURES	16
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	17
2. DOCUMENTS ASSOCIES	19
2.1. Documents applicables	19
2.2. Documents de référence	20
2.3. Gestionnaire technique du document	22
3. SIGLES ET DEFINITIONS	23
3.1. Définitions	23
3.2. Sigles	24
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	26
4.1. Rappels	26
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	27
4.2.1. Au moyen des radiosondages	27
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	29
4.2.3. Conclusions	31
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	31
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	32
4.4.1. Objectif	32
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable	32
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures	35
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	37
4.4.5. Conclusions	37
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	38
4.5.1. Objectif	38
4.5.2. Résultats	38
4.5.3. Conclusions	39
4.6. Mesures d’impact sur la végétation	39
4.6.1. Objectif du suivi	39
4.6.2. Mesures des retombées	40
4.6.3. Résultats d’analyses	40
4.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04)	40
4.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)	42
4.6.4. Conclusions	43
4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2012	43

5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....	44
5.1.	Rappels.....	44
5.2.	Localisation des zones de passage de la trace de combustion.....	45
5.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	45
5.2.2.	Conclusions.....	45
5.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	46
5.3.1.	Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	46
5.3.2.	Réseaux CODEX.....	47
5.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012....	47
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA.....	48
6.1.	Rappels.....	48
6.2.	Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	49
6.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	49
6.2.2.	Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP.....	50
6.2.3.	Conclusions.....	51
6.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	52
6.4.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain.....	53
6.4.1.	Objectif.....	53
6.4.2.	Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	53
6.4.3.	Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	54
6.4.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM.....	56
6.4.5.	Conclusions.....	56
6.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo.....	57
6.5.1.	Objectif.....	57
6.5.2.	Résultats.....	57
6.5.3.	Conclusions.....	57
6.6.	Mesures d'impact sur la végétation.....	58
6.6.1.	Objectif du suivi.....	58
6.6.2.	Mesures des retombées.....	58
6.6.3.	Résultats d'analyses.....	58
6.6.3.1.	Résultats en champ proche (CP 04).....	59
6.6.3.2.	Résultats en champ lointain (CL 08).....	59
6.6.4.	Conclusions.....	60
6.7.	Mesures complémentaires.....	61
6.7.1.	Mesures de la qualité des eaux des carreaux de l'ELVega avant rejet vers le milieu naturel.....	61
6.7.2.	Mesures sonores et vibratoires.....	62
6.8.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2012	64

7.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES SUR L'ADP	65
7.1.	Rappels.....	65
7.1.1.	Au moyen des radiosondages.....	66
7.1.2.	Conclusions.....	67
7.2.	Mesures en continu de la qualité de l'air	68
7.3.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	69
7.3.1.	Objectif	69
7.3.2.	Résultats pour les retombées particulaire, gazeuses et chimiques	69
7.3.3.	Résultats pour les retombées particulières, gazeuses et chimiques	70
7.3.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	71
7.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement des activités sur l'ADP	71
8.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE ARTA 5 AU BEAP	72
8.1.	Rappels.....	72
8.2.	Résultats des mesures en champ proche et lointain relatives aux retombées chimiques particulières	73
8.2.1.	Résultats pour le champ proche	73
8.2.2.	Résultats pour le champ lointain	73
8.3.	Mesures en temps réel des concentrations en gaz chlorhydrique	73
8.4.	Suivi de la qualité des eaux du carneau avant rejet dans le milieu naturel.....	74
10.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	76
10.1.	Mesure de la qualité des sédiments	76
10.1.1.	Objectifs du suivi	76
10.1.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	76
10.1.3.	Localisation des points de prélèvements	77
10.1.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	77
10.1.5.	Résultats des analyses pour les éléments chimiques	77
10.1.6.	Conclusions.....	81
10.2.	Suivi de la faune aquatique pour 2012.....	83
10.2.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	83
10.2.2.	Lieux échantillonnés.....	83
10.2.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2012	84
10.2.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2012	89
	10.2.4.1. <u>Les poissons</u>	89
	10.2.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	89
10.2.5.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique	90
	10.2.5.1. Ariane 5 et Vega	90
	10.2.5.2. Soyuz	90
10.3.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2012	91
10.3.1.	Nichoires.....	91
	10.3.1.1. Peuplements	93
	10.3.1.2. Résultats du suivi de l'avifaune.....	93
	10.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2012	93

11. CONCLUSIONS GENERALES	96
11.1. Par rapport aux activités liées aux lanceurs	96
11.1.1. Ariane 5	96
11.1.2. Soyuz.....	97
11.1.3. Vega	98
11.1.4. Activités sur L'ADP.....	99
11.1.5. Activités ARTA 5 au BEAP.....	99
11.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG	100
12. ANNEXES	101
Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	101
Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	115
Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA	116

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	27
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	28
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	29
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. .	30
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2012	32
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	33
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.....	34
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.....	35
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	36
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	37
Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A207 (Juillet).	38
Tableau 12 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A211 (Décembre).....	38
Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A206 (saison des pluies) en champ proche.	40
Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A211 (saison sèche) en champ proche.....	41
Tableau 15 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A206 (saison des pluies) en champ lointain.....	42
Tableau 16 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A211 (saison sèche) en champ lointain.	42
Tableau 17 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	45
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012	46
Tableau 19 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	49
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	49
Tableau 21 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	50
Tableau 22 : 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. .	51
Tableau 23 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV01.	52
Tableau 24 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	53
Tableau 25 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.....	54
Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.....	54

Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	55
Tableau 28 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	56
Tableau 29 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement V01 (Février).	57
Tableau 30 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V01 en champ proche.	59
Tableau 31 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V01 en champ lointain.	59
Tableau 32 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux des carneaux ELVega avant rejet dans le milieu naturel.	61
Tableau 33 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	66
Tableau 34 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	66
Tableau 35: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2011.	68
Tableau 36 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ proche.	69
Tableau 37: Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ lointain.	70
Tableau 38 : Tableau récapitulatif des résultats des mesures de pH réalisées sur les eaux du carneau du BEAP.	74
Tableau 39 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel.	75
Tableau 41 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	76
Tableau 42 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.	77
Tableau 43 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.	78
Tableau 44 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.	80
Tableau 45 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2012.	84
Tableau 46 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2012.	94

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Emissions sonores lors du lancement V01.	62
Figure 2 : Comparaison entre les émissions vibratoires durant le lancement Vega V01 et le bruit de fond normal.....	63
Figure 3 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2012 sur la crique Karouabo.	82
Figure 4 : Installation de nichoirs sur Soyuz.....	91
Figure 5 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).....	92
Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A205	101
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A206.	102
Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A207.	103
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A208.	104
Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A209.	105
Figure 11 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A210.	106
Figure 12 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A211.	107
Figure 13 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S03.	108
Figure 14 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S04.	109
Figure 15 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V01	112
Figure 16 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au brulage du Segment S3 n°116 sur l'ADP	113
Figure 17 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite à l'essai ARTA 5 sur le BEAP.	114
Figure 18 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.	116

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2012 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 7 campagnes Ariane 5 (vols A205 à A211),
- des 2 campagnes Soyuz (vol S03 et vol S04),
- de 1 campagne Vega (vol V01),
- de 1 brûlage sur l'ADP (segment S3 n°116),
- de 1 essais à feu au BEAP (ARTA 5),
- 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 l'Ensemble de Lancement Vega (ELVega),
- 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),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation le Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP).

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 des arrêtés préfectoraux d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement Vega (ELVega).
- Se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'Autorisation d'Exploiter l'Aire de Destruction du Propergol (ADP).
- Se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'Autorisation d'Exploiter le Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP).
- Confirmer les conclusions inscrites dans l'étude d'impact réalisée dans le cadre de la constitution du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement numéro 3.
- 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'Ensemble de Lancement Vega.
- 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 du 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 le Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre.

2. DOCUMENTS ASSOCIES

2.1. Documents applicables

- [DA 1] **Arrêté Numéro 1655/DEAL du 06 Octobre 2011** autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter les installations constitutives de l'ensemble de lancement VEGA (ELVega) situées sur le territoire de la commune de Kourou au sein du Centre Spatial Guyanais.
- [DA 2] **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 3] **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 4] **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.
- [DA 5] **Arrêté Numéro 2261/1D/4B du 28 juillet 1992** autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à installes et exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) 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 du Propergol.
- [DR 7] **CSG-NT-SPX-14041-CNES** – Plan de Mesures Environnement BEAP essais ARTA 5.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 12] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 13] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 14] **CG/SDP/ES/N°15- 41**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2011.

- [DR 15] **CSG-RP-S3X-14727-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A205 du 23 Mars 2012 à 01h34 mn.
- [DR 16] **CSG-RP-S3X-14728-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A206 du 15 Mai 2012 à 19h13 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-14729-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A207 du 05 Juillet 2012 à 18h36 mn.
- [DR 18] **CSG- RP-S3X-14730-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A208 du 02 Août 2012 à 17h54 mn.
- [DR 19] **CSG- RP-S3X-15023-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A209 du 28 Septembre 2012 à 18h18 mn.
- [DR 20] **CSG- RP-S3X-15027-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A210 du 10 Novembre 2012 à 18h05 mn.
- [DR 21] **CSG- RP-S3X-15041-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A211 du 19 Décembre 2012 à 18h49 mn.
- [DR 22] **CSG- RP-SSX-14762-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-A Vol S03 du 12 Octobre 2012 à 15h15.
- [DR 23] **CG/SDP/ES/N°14-866** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-A Vol S04 du 1 Décembre 2012 à 23h02.
- [DR 24] **CSG- RP-S3X-14412-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Vega Vol V01 du 13 Février 2012 à 07h00 mn.
- [DR 25] **CSG-RP-S3X-14494-CNES** – Résultat du plan de mesures environnement mis en place pour l'Essai ARTA5 au BEAP.

[DR 26] **CSG-RP-S3X-15022-CNES** – Résultat du plan de mesures environnement mis en place pour le brûlage du segment S3 n°119 sur l'aire de destruction du propergol (ADP).

[DR 27] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (contrat HYDRECO - CNES)** - 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 Soyouz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2012.

[DR 28] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 4700036377/CSG094)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2012.

[DR 29] **Cabinet ECOBIOS (Commande n°4700036374 / CSG093)** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs, bilans de biodiversité, et étude de la qualité des écosystèmes sur la base spatiale. Opérations pour 2012.

[DR 30] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 4700036378/CSG094)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial des criques Paracou amont et Paracou aval – Année 2012.

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 du Propergol
Al	:	Aluminium
ARTA	:	Accompagnement, de Recherche et de Technologie Ariane
AOX	:	Halogène Organique Adsorbable
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
ELS	:	Ensemble de Lancement Soyuz
ELVega	:	Ensemble de Lancement Vega
EPC	:	Etage Principal Cryogénique
EPS	:	Etage à Propergol Stockable
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
MEST	:	Matières en Suspension Totales
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
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
ZLV	:	Zone de lancement Vega

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

4.1. *Rappels*

En 2012, 7 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

▪ Vol 205	:	23/03/2012	à	01h34 min
▪ Vol 206	:	15/05/2012	à	19h13 min
▪ Vol 207	:	05/07/2012	à	18h36 min
▪ Vol 208	:	02/08/2012	à	17h54 min
▪ Vol 209	:	28/09/2012	à	18h18 min
▪ Vol 210	:	10/11/2012	à	18h05 min
▪ Vol 211	:	19/12/2012	à	18h49 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 3]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 1 à 4, 8 à 21, 27 à 29]** seront présentés dans ce document.

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 les modélisations de la trace du nuage de combustion des EAP au sol réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM. Ces 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 (m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
A205	Mars	55	98	6,1	6,7
A206	Mai	82	92	9	9,4
A207	Juillet	94	94	7,2	9,1
A208	Août	107	106	7,3	6,6
A209	Septembre	65	93	7	8,1
A210	Novembre	91	126	5,7	4,9
A211	Décembre	89	102	8,1	9,5

Pour l'année 2012, 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 de la piste Agami) en Mars, Mai, Septembre, Novembre et Décembre,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Juillet et Août,
- Par ailleurs, les observations de terrain ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol du logiciel étaient cohérentes (confer le *paragraphe 4.4* du présent document).

Les concentrations maximales atteintes par les simulations SARRIM sont présentés 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.

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m3)
A205	2	8,7
A206	1,1	6,3
A207	1,1	5,6
A208	4,20	15,6
A209	1,10	6,2
A210	1,1	10,6
A211	2,8	11,6

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 pour l'alumine, tous les vols respectant le seuil réglementaire sauf les vols A208 et A210 à A211, 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

A 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 2012. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 12* 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 2012, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 15% en 2012 et une valeur de 11% de 2011,
- l'efficacité des modèles 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.

	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A205	55	69	25,5%
A206	82	88	7,3%
A207	94	91	-3,2%
A208	107	115	7,5%
A209	65	90	38,5%
A210	91	83	-8,8%
A211	89	47	-47,2%

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 maximas 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.

	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A205	2,9	15,8	63,3%
A206	2,3	10,7	89,5%
A207	3	15,9	178,3%
A208	1,70	11,1	-44,2%
A209	2,5	11,4	24,9%
A210	2,8	18,3	113,6%
A211	1,3	6,6	-48,3%

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, seul le vol A211 reste en dessous du seuil réglementaire, les autres présentent des valeurs maximales supérieures qui 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 62,4 %).

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 en 2012. Les capteurs ont été installés selon la 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, quatre 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 (détections d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2012

	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 2 CP 05	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 08	Zellweger 5 CL 07
A205	ND	ND	ND	ND	ND
A206	X	ND	ND	ND	ND
A207	X	Détruit	ND	ND	ND
A208	X	Détruit	ND	ND	ND
A209	X	Détruit	ND	ND	ND
A210	X	Détruit	ND	ND	ND
A211	X	Détruit	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, Le Zellweger 2 a été détruit le 24/05/2012. X : identifie une détection d'acide chlorhydrique, ND : identifie une Non Détection d'acide chlorhydrique.

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*).

Suite à un problème technique, les données relatives au vol A209 n'ont pas été enregistrées.

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	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211
C_{max} (mg/m²)	265,64	150,21	237,78	130,65	N.A.	207,92	152,42
Distance de la ZL3 (m)	235,7	361,9	361,9	445	N.A.	445	277
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 - milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 50	CP 04 : Chemin de ronde ZL3 - milieu zone 49	N.A.	CP 04 : Chemin de ronde ZL3 - milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 48

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	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211
C_{max} (mg/m³)	4,1	2,16	1,1	2,08	2,26	69,52	7,94
Distance de la ZL3	11 404	2 790	1 592	2 640	4 448	9 218	10 480
Localisation	CL 21 : Piste Agami – PK10 après portail	CL 11 : Intersection entre la route de l'espace	CL 08 : Parking de l'ancienne RN1	CL 12 : PK 17,7 depuis Change ment sur RTE ESPACE direction ELA	CL 16 : Piste Agami – pk 1,5 après le portail (entrée Morne Bocco)	CL 19 : Piste Agami – PK 8 après le portail	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	secteur Agami	secteur Agami	secteur Route de l'Espace	secteur Route de l'Espace	secteur Route de l'Espace	secteur Agami	secteur Agami
Comparaison avec radiosondage	25,45%	7,32%	-3,19%	7,48%	38,46%	-8,79%	-47,19%

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	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211
C_{max} (mg/m²)	1206,00	2350,00	2260,78	1344,6	1,82	10151,34	12812,26
Distance de la ZL3 (m)	235	361,90	361,9	445	1 984	277	277
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 - milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 04 : Chemin de ronde ZL3 - milieu zone 49	CP 09 : Orchidée	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 48	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 - entre zone 49 et 48

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* à la page suivante).

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

Vol	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211
C_{max} (mg/m²)	4,1	2,16	1,1	2,08	2,26	69,52	7,94
Distance de la ZL3	11 404,4	2 789,8	1 592	2 640	4 448	9 218	10 480
Localisation	CL 21 : Piste Agami – PK10 après portail	CL 11 : Intersection entre la route de l'espace	CL 08 : Parking de l'ancienne RN1	CL 12 : PK 17,7 depuis Changeme nt sur RTE ESPACE direction ELA	CL 16 : Piste Agami – pk 1,5 après le portail (entrée Morne Bocco)	CL 19 : Piste Agami – PK 8 après le portail	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	secteur Agami	secteur Agami	secteur Route de l'Espace	secteur Route de l'Espace	secteur Route de l'Espace	secteur Agami	secteur Agami
Comparaison avec radiosondage	25,45%	7,32%	-3,19%	7,48%	38,46%	-8,79%	-47,19%

Il a été observé, selon les résultats 2012 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 ci-dessous :

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

	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
A205	Mars	-24%	-4%
A206	Mai	-9%	-2%
A207	Juillet	8%	5%
A208	Août	-3%	5%
A209	Septembre	Rien à observer	
A210	Novembre	7%	-2%
A211	Décembre	62%	-15%

Ainsi, nous n'observons pas d'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 205 à 211 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 445 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 a été mise en place la veille du lancement A207 et du lancement A211. Il 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* et le *Tableau 12* présentent une synthèse des résultats obtenus pour ces vols.

4.5.2. Résultats

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

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A207 (Juillet).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en µS/cm à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	5,85	21,92	4,20	2,38	0,13
Ecart type	0,08	2,84	1,00	0,39	0,04
Nombre de mesures	24	24	24	24	24

Une campagne de suivi de la qualité des eaux a eu lieu en saison sèche (confer le *Tableau 12*)

Tableau 12 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A211 (Décembre).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en µS/cm à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	6,43	40,13	8,55	4,37	0,09
Ecart type	0,15	8,30	1,03	0,53	0,04
Nombre de mesures	24	24	24	24	24

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 et du pH sont liées à l'échantillonnage des eaux de provenances différentes (influence de la pluie et de la saison),
- 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 2012, 2 campagnes de mesures ont eu lieu. Elles ont été menées pour les vols 206 (Mai) et 211 (Décembre).

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 kilomètres 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, pour la saison des pluies sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement A206 (saison des pluies) 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 (µS/cm à 25°C)	pH (unité pH)
VOL A206 Moyenne	0,62	12,88	1,60	0,65	0,78	3,30	57,33	2,88
Ecart type	0,40	7,34	1,00	0,38	0,92	1,74	32,72	1,72
Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

Les échantillons récoltés en champ proche ont un pH quasi-constant, comme pour les autres paramètres.

Les résultats obtenus en champ proche, pour la saison sèche, sont synthétisés dans le tableau à la page suivante.

Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviocessivats pour le lancement A211 (saison sèche) 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)
VOL A211 Moyenne	16,64	149,44	29,06	4,38	12,91	3,68	586,50	3,75
Ecart type	13,16	87,04	13,43	1,46	1,56	0,92	322,50	0,14
Nombre de mesures	2	2	2	2	2	2	2	2

On note la forte influence de la pluie dans les concentrations d'ions enregistrées et des valeurs fluctuantes de la conductivité électrique, qui globalement restent plus hautes que dans la saison sèche.

4.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 15*

Tableau 15 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A206 (saison des pluies) 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)
VOL A206 Moyenne	0,04	6,17	1,44	0,68	5,38	2,58	42	6,22
Ecart type	0,02	0,53	0,41	0,24	1,45	0,17	8	0,18
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.

Les résultats obtenus en champ lointain, pour la saison des pluies sont synthétisés dans le tableau ci-dessous

Tableau 16 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement A211 (saison sèche) 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)
VOL A211 Moyenne	0,56	25,45	4,41	1,94	9,46	4,46	111	5,52
Ecart type	0,16	3,51	1,01	0,51	1,72	3,55	19	0,60
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.

Par rapport aux concentrations enregistrées en saison sèche nous notons des valeurs moyennes légèrement plus élevées et plus variables pour le pH, les concentration en ions et la conductivité électrique.

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 2012

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2012 sont comparables aux années précédentes. Les variations sont attribuables aux conditions météorologiques qui peuvent être différentes au moment du décollage.

La fiabilité des données fournies par les modèles ARPEGE et CEP est confirmée. 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 pluviollessivats ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux et sur la végétation.

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

5.1. Rappels

En 2012, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S03 : 12/10/2012 à 18h15 min
- Vol S04 : 02/12/2012 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 2].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 5, 14, 18, 22 à 23, 27 à 30] 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 17 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (en m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
S03	Octobre	109	116	10	10,6
S04	Décembre	95	80	7	3

Pour l'année 2012, la direction prise par la trace de produits de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment.

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 18 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012

		Résultats moyens							
		SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (mg/m ³)	CO ₂ (mg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	HCT (mg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)
shelter n°4 : ZLS - shelter optique	V S03	20 *	20 *	1,4 *	722,2 *	53,9 *	1 *	10,5 *	2 *
	V S04	29,5	20,7	1,1	779,5	46,5	0,4	11,3	4,3
shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	V S03	26,8	20,5	2,1	756,6	35,6	1,2	HS	HS
	V S04	27,8	20,3	2,1	746,2	39,9	1,0	7,3	HS
shelter n°6 : zone de stockage PHHC	V S03	HS	16,1 ****	1,4 ****	644,1 ****	43,1 ****	1,4 ****	67,1 ****	HS
	V S04	29,5	20,4	1,8	735,0	45,1	1,0	24,9	HS
shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	V S03	26,6	21,1	1,5	747,0	37,2	HS	HS	HS
	V S04	29,5	20,6	1,4	804,4	28,0	1,3	20,3	5,7
shelter n°1 : Kourou	V S03	30,8	22,6	HS	HS	27,1***	HS	41,5 **	HS
	V S04	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	V S03	HS	20,1	1,8	HS	40,6	HS	HS	HS
	V S04	29,5	19,0	1,5	808,5	37,9	HS	17,1	HS

HS : Hors Service

* = Valeur moyenne sur 5h ** = Valeur moyenne sur 20h

*** = Valeur moyenne sur 35h **** = Valeur moyenne sur 40h

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 car il n'y a pas eu de fonctionnement dégradé du lanceur.

5.4. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012

Le résultat des mesures de la qualité de l'air, nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2012 sont non quantifiables voire négligeables. Ils sont comparables avec les résultats obtenus pour l'année 2011.

6. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA

6.1. *Rappels*

En 2012, 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :

- Vol V01 : 13/02/2012 à 07h00 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 Vega (ELVega) [DA 1].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 3, 4, 24, 28, 29] seront présentés dans ce document.

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 (pluviolessivats).
- ensemble de mesures complémentaires afin de mieux caractériser et quantifier les potentielles sources d'impact lors les opérations de lancement.

6.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

6.2.1. Au moyen des radiosondages

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'Annexe 1 présente les modélisations de la trace du nuage de combustion du 1^{ère} étage de Vega (P80) au sol réalisé au moyen du code de calcul SARRIM. Cette simulation est basé sur le donné issue du radiosondage. Elle permette 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 19 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (en m/s)	
		Basses couches	Hautes couches	Basses couches	Hautes couches
V01	Février	56	124	4,6	5,9

Pour l'année 2012, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. Par ailleurs, les observations de terrain ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol du logiciel étaient cohérentes (confer le *paragraphe 6.4* du présent document).

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

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
V01	1,9	6,4

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, et aussi concernant la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de l'alumine.

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 6.4* du présent document).

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

A 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.

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 le lancement réalisé en 2012, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts compris dans une fourchette de 10, 7 %,
- l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 21 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

	Direction Basses couches des radiosondages (en °)	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE (en °)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V01	56	62	10,7%

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 25* et le *Tableau 27* du *paragraphe 6.4* 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 maxima 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 22 : 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.

	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V01	2,1	10,9	40,4%

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, le vol ne respecte le seuil réglementaire. Ces valeurs maximales sont à relativiser pour les mêmes raisons que celles citées au *paragraphe 6.2.1*.

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 6.4* du présent document) mais aussi par rapport aux simulations réalisées à partir des radiosondages (écart moyen de 40,4 %).

6.2.3. 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 le vol effectué en 2012. 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.

6.3. 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, quatre appareils « Zellwegers » sont positionnés de manière mobile en fonction de la modélisation de dispersion du nuage issu de la combustion du P80.

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu de la pollution gazeuse en acide chlorhydrique (détections d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles). Suite à un problème technique,

Tableau 23 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV01.

	Zellweger 1 CP 04	Zellweger 2 CP 06	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 08	Zellweger 5 CL 07
V01	ND	ND	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 04 il est localisé sur le chemin de Ronde de la ZLV en le milieu de la zone 45, le point CP 06 il est localisé sur le chemin de Ronde de la ZLV entre a zone 44 et la zone 43, 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, aucun des appareils ont détecté la présence de gaz chlorhydrique.

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

6.4.1. Objectif

Les mesures des retombées chimiques particulières ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques issues de la combustion du 1^{ère} étage de Vega (P80) lors d'un lancement Vega.

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 ci-dessous, a été réalisée.

6.4.2. 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 24*).

Tableau 24 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

Vol	V01
C_{max} (mg/m³)	28,45
Distance de la ZLVega (m)	541
Localisation	CP 06 Chemin de ronde ZLV Intersection entre zone 44 et 43

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 25*).

Tableau 25 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

Vol	V01
C_{max} (mg/m²)	24,07
Distance de la ZLVega (m)	2 060
Localisation	CL 11 Intersection Piste Agami - Route de l'Espace
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Secteur Agami
Comparaison avec radiosondage	34%

6.4.3. 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 26*).

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

Vol	V01
C_{max} (mg/m²)	118.53
Distance de la ZLVega (m)	168,5
Localisation	CP 04 Chemin de ronde ZLV – milieu Zone 45

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 27*).

Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

Vol	V01
C_{max} (mg/m²)	116.38
Distance de la ZLVega (m)	23 694
Localisation	CL 06 Hôtel du Fleuve
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Secteur Agami
Comparaison avec radiosondage	34%

Il a été observé, selon les résultats 2012 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).

6.4.4. 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 28 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
V01	Février	34%	21%

Ainsi, nous observons des écarts non significatifs entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen de CEP ou ARPEGE (écart moyen de 21%). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est supérieur (de l'ordre de 34 %)

6.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour le vol V01 n'ont pas montré de particularités par rapport aux lancements Ariane, compte tenu que le P80 de Vega contient 5,5 fois moins de propergol que les 2 EAP d'Ariane. En effet, les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 540 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.

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

6.5.1. Objectif

Positionné sur le pont de la crique Karouabo à environ 1,5 km de la zone de lancement, le préleveur automatique a été mis en place la veille du lancement V01. L'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Le *Tableau 29* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

6.5.2. Résultats

Une campagne de suivi de la qualité des eaux a eu lieu en saison des pluies (confer le *Tableau 29*).

Tableau 29 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement V01 (Février).

	pH	CONDUCTIVITE	CHLORURES	SODIUM	ALUMINIUM
	En unité pH	en $\mu\text{S/cm}$ à 25°C	en mg/l	en mg/l	en mg/l
Moyenne	5,58	19,48	3,04	1,98	0,52
Ecart type	0,22	3,06	0,59	0,26	0,07
Nombre de mesures	23	23	23	23	23

6.5.3. 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 de Vega. 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.

6.6. Mesures d'impact sur la végétation

6.6.1. 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'étude des pluviollessivats nous renseigne sur la capacité d'amortissement par le milieu naturel de la pollution due aux rejets du P80, et sur les mécanismes en cause.

Pour l'année 2012, 1 campagne de mesures a eu lieu. Elle a été menée pour le vol V01 (Février).

6.6.2. Mesures des retombées

Cinq bacs ont été disposés en champ proche sous le couvert végétal au niveau du chemin de ronde de la ZLV, 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 kilomètre au nord du pas de lancement (CL 08).

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

6.6.3. 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).

6.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04)

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

Tableau 30 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V01 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)
VOL V01 Moyenne	0,45	32,25	12,67	1,51	4,69	2,02	134	4,91
Ecart type	0,34	7,08	2,79	0,50	1,24	0,37	29	0,46
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 Chlore, le Calcium et le Potassium).

6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 31*

Tableau 31 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V01 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)
VOL V01 Moyenne	0,00	0,87	0,32	0,24	1,41	0,92	12,80	6,56
Ecart type	0,00	0,09	0,16	0,00	0,32	0,00	1,17	0,13
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.

6.6.4. Conclusions

Les mesures des pluviollessivats ont mis en évidence un très faible impact du nuage de combustion sur la végétation du champ proche. Par ailleurs, la collecte des retombées semble être dépendante

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.

6.7. Mesures complémentaires

6.7.1. Mesures de la qualité des eaux des carneaux de l'ELVega avant rejet vers le milieu naturel

Ce type de mesure a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles du carneau de l'ELVega est conforme à la réglementation avant de procéder à leurs rejets dans le milieu naturel. Ces mesures sont demandées par l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter cette installation [DA1].

Tableau 32 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux des carneaux ELVega avant rejet dans le milieu naturel

PARAMETRES MESURES	UNITE	RESULTAT DE L'ANALYSE PV C120124, C120147 ET C120216	SPECIFICATIONS DE L'ARRETE PREFECTORAL
pH	Unité pH	7,3	$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
MEST	mg/l	32	≤ 35
DBO ₅	mg/l	< 3	≤ 30
DCO	mgO ₂ /l	< 30	≤ 125
Azote global	mg/l	2	≤ 30
Aluminium	mg/l	< 1	≤ 5
Hydrocarbures totaux	mg/l	< 1	≤ 10
Produits hydrazinés	mgN ₂ H ₄ /l	< 0,1	≤ 1
AOX	mg/l	< 0,05	≤ 1

Les valeurs atteintes par les échantillons sont conformes aux spécifications pressenties dans l'arrêté préfectoral de l'ELVega. Ainsi aucune dégradation de la qualité des eaux ont été observée.

6.7.2. Mesures sonores et vibratoires

Lors du premier lancement de Vega, des mesures ont été effectuées pour quantifier les vibrations et les bruits émis lors d'un lancement Vega.

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.),
- pour les vibrations uniquement, apprécier l'atténuation des niveaux avec la distance.

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

- 8 fois inférieures aux seuils règlementaires en ZLV
- 800 à 200 fois inférieures à Kourou et Sinnamary

Par rapport à les mesures sonores confer la figure présentée ci-dessous :

- Les capteurs ont enregistré un pic de 41dB sur l'ELVega,
- Inférieur de 16 dB par rapport au bruit de fond à l'Hôtel du fleuve de Sinnamary,
- Inférieur de 16 dB par rapport au bruit de fond sur les autres sites.

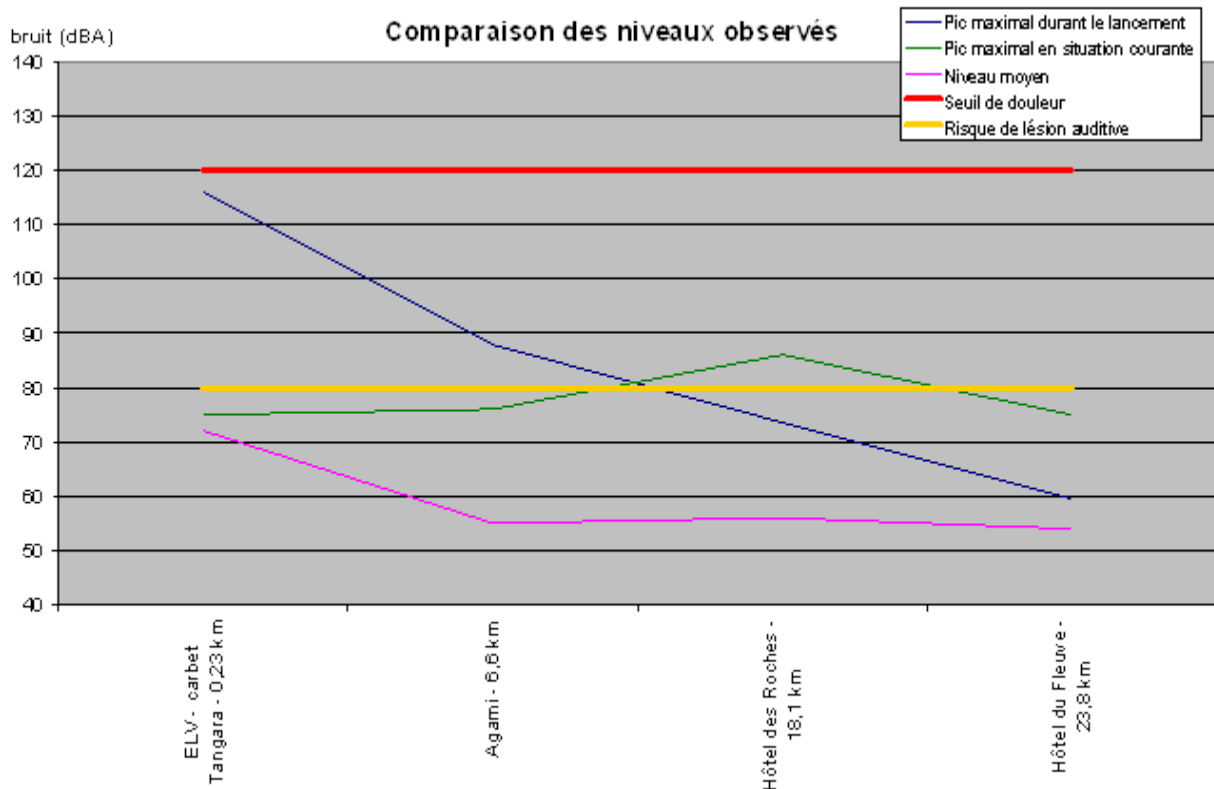


Figure 1 : Emissions sonores lors du lancement V01.

Nous pouvons conclure que les activités liées au lancement de Vega n'apportent pas d'endommagement au milieu environnant l'ELVega

Concernant les vibrations (*Figure 2*), les résultats montrent qu'elles sont :

- 8 fois inférieures aux seuils règlementaires en ZLV
- 800 à 200 fois inférieures à Kourou et Sinnamary

Comparaison des niveaux observés

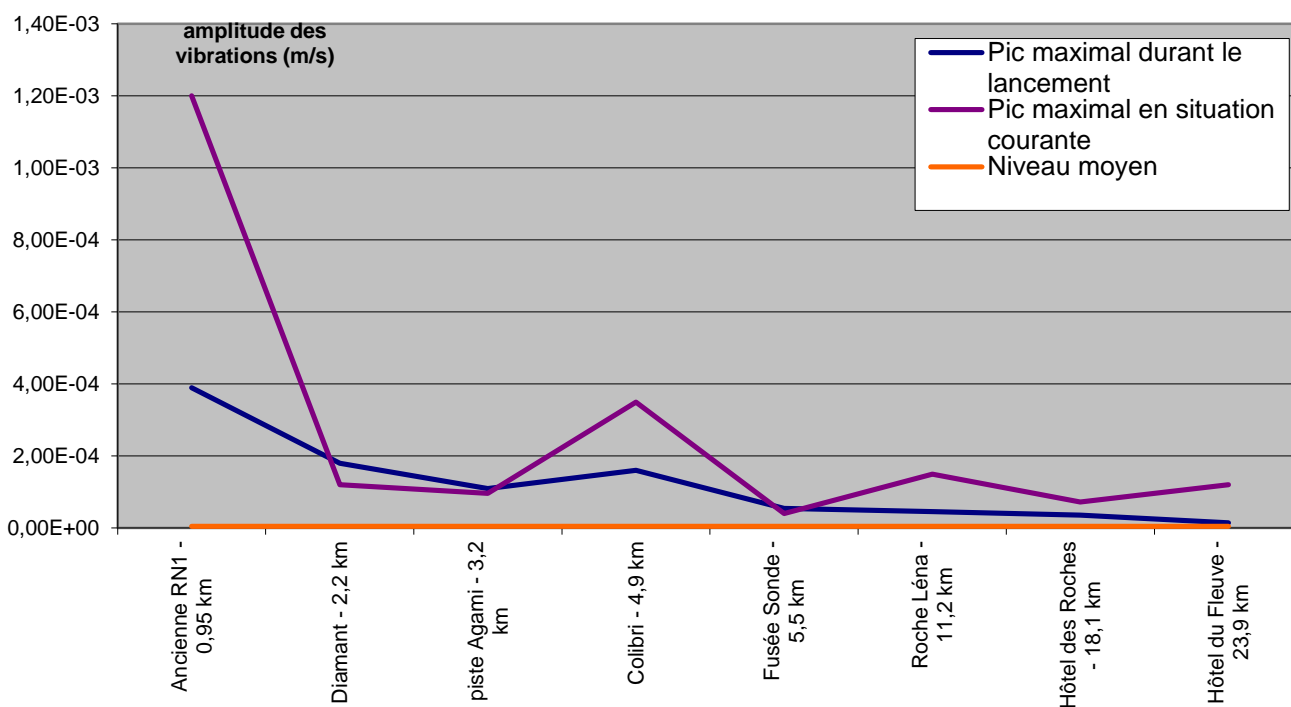


Figure 2 : Comparaison entre les émissions vibratoires durant le lancement Vega V01 et le bruit de fond normal.

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

6.8. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2012

L'ensemble des résultats des mesures mise en place lors du premier lancement Vega ont porté sur :

- l'analyse des retombes chimiques en Chlorures et Alumine en champ proche et en champ lointain,
- l'analyse des eaux des carneaux,
- l'analyse de l'eau de la crique Karouabo,
- l'analyse des pluvolessivats,
- l'enregistrement du bruit et des vibrations lors du décollage du V01.

Les résultats nous permettent de conclure que les impacts générés pendant le lancement Vega en 2012 sont non quantifiables voire négligeables.

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

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

7.1. *Rappels*

En 2012, 1 brûlage de propergol a eu lieu (en heure locale) :

- Segment S3 n°119 le 23/10/2012 à 11h31 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 4]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 3, 6, 26 et 27]** 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 corréler les mesures avec le logiciel « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM).

7.1.1. 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*12 du présent document) présente la localisation des retombées au sol des produits de combustion du segment S3 n°119 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 33 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (en m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
Seg:S3 n°119	Octobre	105	néant	6,7	néant

Pour l'année 2012, 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 105°. 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 34 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
Seg:S3 n°119	1,8	10

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 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* 7.3 du présent document) mais aussi par rapport aux simulations réalisées à partir des radiosondages (écart de 48,3 %).

7.1.2. 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.

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

Pour chaque brûlage, 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'ADP.

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

	Zellweger 1 CP 02	Zellweger 3 CP 01	Zellweger 4 CP 09	Zellweger 5 CP 08
Seg:S3 n°119	ND	X	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 il est localisé derrière le merlon ouest à 144 mètres de l'ADP, le point CP 02 il est localisé à côté des bouteilles gaz à 133 mètres de l'ADP, le point CP 09 il est localisé sur le chemin de ronde Zone 23 à 540 mètres de l'ADP, le point CP 08 il est localisé sur le chemin de ronde Zone 24 à 515 mètres de l'ADP.

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

En conclusion, seul l'appareil mobile situé en champ proche (à moins de 1 kilomètre de l'ADP) a détecté la présence de gaz chlorhydrique. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le brûlage.

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

7.3.1. 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.

7.3.2. 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 36*).

Il est à noter que pour le brûlage du segment s3 n°119, les concentrations en chlorures sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées au niveau de la ZL3.

Tableau 36 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ proche.

Brûlage du segment S3 n°119	Al (mg/m ²)	Cl (mg/m ²)	pH (en unité pH)	CE (µs/cm)
Valeur maximale	75,29	290,05	4,94	68,8
Distance de l'ADP(m)	114	114	114	114
Localisation	CP 01 : Derrière le merlon Ouest	CP 01 : Derrière le merlon Ouest	CP 01 : Derrière le merlon Ouest	CP 01 : Derrière le merlon Ouest

En champ lointain, les concentrations en alumine particulaire, chlorures, pH et la conductivité électrique sont inférieurs à celles mesurées en champ proche et distribuées géographiquement (confer le *Tableau 37*).

Les concentrations des retombées de combustion les plus fortes ont eu lieu sur l'ADP, à l'intérieur du CSG.

Tableau 37: Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour les paramètres en champ lointain.

Brûlage du segment S3 n°119	Al (mg/m ²)	Cl (mg/m ²)	pH (en unité pH)	CE (µs/cm)
Valeur maximale	3,20	96,61	5,60	4,1
Distance de l'ADP(m)	10 155	13 105	10 155	15 435
Localisation	CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail	CL 24 : Route d'accès au barrage de Petit Saut	CL 06 : Piste Agami – PK 13 après le portail	CL 22 : PR 97 de la RN1

7.3.3. 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 36*).

En champ lointain les pics les plus importants sont concentrés sur un site, la dispersion est dépendent des conditions météorologiques au moment du brûlage (confer le *Tableau 37*).

7.3.4. 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) montre que il n'y a pas eu des écarts entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen du Radiosondage.

Les capteurs ont par conséquent correctement été implantés et soumis aux retombées des produits de combustion du brûlage du segment S3 n°119

7.4. 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°119 n'ont pas montré de particularités par rapport aux précédents. Les teneurs en chlorures semblent 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 et aussi les conditions météorologiques au moment du brûlage.

Les retombées ont été observées dans le périmètre du CSG. 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.

8. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE ARTA 5 AU BEAP

8.1. *Rappels*

En 2012, 1 essai à feu a eu lieu (en heure locale) :

- ARTA 5 le 24/05/2012 à 13h15 min

Un plan de mesure environnement a été réalisé pour se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) **[DA 5]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 3, 7, 25, 27]** 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 mesures 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 corréler les mesures avec le logiciel « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM).
- Suivre la qualité des eaux du carneau avant leur rejet.

8.2. Résultats des mesures en champ proche et lointain relatives aux retombées chimiques particulières

8.2.1. Résultats pour le champ proche

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

- les points de prélèvement les plus proches du BEAP (plateforme supérieure et inférieure) ont permis de détecter des concentrations en ions chlorures pouvant aller jusqu'à 810,6 mg/m² (maximum enregistré au point CP 06) ; comparativement il a été détecté un maximum de 10 151,34 mg/m² pour le vol 210, soit 12 fois plus. Par ailleurs, il est à noter que les concentrations en ions chlorures sont cohérentes avec les valeurs de pH et de conductivité mesurées. En effet, plus le pH est faible, plus les concentrations en chlorures et la conductivité sont élevées
- la concentration maximale en alumine total relevée est de 118,28 mg/m². Cette teneur a été atteinte sur le point d'échantillonnage CP 06 (placé sur la plateforme du BEAP). Pour le vol 182, le maximum atteint a été mesuré à 207,92 mg/m², soit 1,75 fois plus.

8.2.2. Résultats pour le champ lointain

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

- les valeurs de pH, ions chlorures et Alumine sont stables, sauf les valeurs enregistrées aux points CL 07, 12, 13 et 14 implantées à proximité de la piste « Agami » et à proximité du carrefour « Bec fin ».

8.3. Mesures en temps réel des concentrations en gaz chlorhydrique

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

Ainsi, pour l'essai du spécimen ARTA 5, aucune détection n'a eu lieu. Pour information, le Zellweger n°2 (implanté à 350 du BEAP) a été intégralement détruit suite au décrochage et à la projection de matières incandescentes du carneau vers l'analyseur.

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

Le suivi de la qualité des eaux contenues dans le carneau du BEAP a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles est conforme à la réglementation **[DA 5]**

L'article 5 de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter le BEAP **[DA 5]** impose en effet le contrôle systématique des Matières En Suspension Totales (MEST), du pH, de la Demande Biologique en Oxygène (DBO₅), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de l'Azote total, des hydrocarbures totaux et des huiles et graisses.

Suite à la réalisation de l'essai ARTA 5, une mesure de pH a été réalisée afin d'estimer la quantité de réactif à déverser dans le carneau (mesure du 30 Mai 2012). Une fois le traitement effectué, une seconde analyse a été programmée (05 juin 2012). Cette dernière a mis en évidence une valeur de pH conforme à l'arrêté d'exploiter le BEAP. Un récapitulatif des mesures de pH est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 38 : Tableau récapitulatif des résultats des mesures de pH réalisées sur les eaux du carneau du BEAP.

	DATE DE PRELEVEMENT	VALEUR DE pH (unité pH) <i>Eau du carneau</i>
AVANT TRAITEMENT A LA SOUDE	24-mai-12	2,7
APRES TRAITEMENT A LA SOUDE	5-juin-12	7,1

Tableau 39 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau du BEAP avant rejet dans le milieu naturel.

PARAMETRE A MESURER	UNITE	RESULTAT DES ANALYSES EN LABORATOIRE	SPECIFICATION
pH	Unité pH	6,3	$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
MEST	mg/l	1,9	≤ 30
DBO₅	mg O ₂ /l	< 3	≤ 30
DCO	mg O ₂ /l	< 30	≤ 90
AZOTE TOTAL	mg/l	<1	≤ 10
HYDROCARBURES TOTAUX	mg/l	<1	< 5
HUILES ET GRAISSES	mg/l	2	< 20

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

10. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG

10.1. Mesure de la qualité des sédiments

10.1.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 [DA 3], 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 et Vega (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.

10.1.2. 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. A cela, il faut ajouter le degré d'agressivité des sols (argilite) très important. Ces facteurs corrosifs entraînent un lessivage des sols, et donc, la dissolution d'éléments mobiles à très mobiles tels que (Mg, Zn, Cd, Al).

Le potentiel de transfert élevé de l'aluminium fait qu'il se décompose assez facilement en ions Al^{3+} ou en ions hydroxylés $Al(OH)_n$. Ces derniers sont alors solubilisés et transportés sous forme hydrique vers des horizons d'accumulation ou sont complexés dans le sol. Les ions Al^{3+} , fixés par le complexe absorbant, peuvent s'hydroxyler ou se polymériser en donnant des hydroxydes colloïdaux. Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer le *Tableau 40*).

Tableau 40 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.

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

10.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 02 au 11 Mai 2012 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la Karouabo et de la Paracou [DR 28 et 30]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

10.1.4. 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 41*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 41 : 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	11/05/2012 à 15h30	25,7	24	5,2	65	4,2
	11/05/2012 à 11h00	25,4	24	4,9	60	4,3
CRIQUE KAROUBO	09/05/2012 à 16h30	29,1	23	3,5	47	3,4
	10/05/2012 à 10h00	26,4	23	2,3	28	2,5
CRIQUE PARACOU AM	02/05/2012 à 17h30	25,7	27	6,5	80	N.A.
CRIQUE PARACOU AV	03/05/2012 à 10h00	26,1	25	3	36	N.A.

Il est ainsi intéressant de noter que les paramètres de la température et de la conductivité sont quasiment constants sur l'ensemble des criques échantillonnées. Néanmoins, nous constatons que la dissolution d'Oxygène fluctue d'une crique à l'autre et aussi dans la même crique, voire le cas de la Paracou. Ce phénomène s'explique par le faible débit, cas de la Karouabo (milieu lentique), et aussi par le biotope de la station échantillonnée.

10.1.5. Résultats des analyses pour les éléments chimiques

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 42*).

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

Il est intéressant de noter que certains paramètres restent inférieurs aux limites de détection des appareils de mesures.

Tableau 42 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.

PARAMETRE	CRIQUE KAROUABO					CRIQUE MALMANOURY					CRIQUE PARACOU									
	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AV6	AV7	AV8	AV9	AV10
pH unité pH	5	5,1	5,1	4,9	5,2	5	4,9	5,1	4,9	4,8	4,9	5,3	5,3	5,1	5,1	5,3	5	5,1	5,1	5,1
Aluminium mg/Kg MS	14928	19236	7054	45900	11563	17359	37959	26426	33110	13072	516	4923	56184	31840	36235	27 258	27 559	17 763	16 968	29 163
Baryum mg/Kg MS	35,6	45,4	12,3	103	25,5	37,4	86,9	79,1	74,7	33,2	<4	6	121	51,1	49,2	37,8	37,4	35,4	28,1	49,3
Calcium mg/Kg MS	<49,7	68,5	<49,7	1320,1	77,2	65,7	104	903	234	74,2	<100	<100	1370	275	187	111	122	217	100	217
Cadmium mg/Kg MS	<0,04	<0,04	1,57	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,2	2	<0,2	<0,2	<0,20	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	14,8
Chrome mg/Kg MS	24,5	17,1	9,74	40	17,4	20,6	44,7	57,5	35,9	18	1,61	4,4	27,8	31,4	31,5	23,9	25,6	19,7	18,3	27,6
Cobalt mg/Kg MS	0,8	1,05	0,34	3,53	0,65	1,06	2,2	6,21	3,71	2,4	0,6	1	17,9	5,31	5,71	4,97	4,33	3,35	3,01	4,93
Cuivre mg/Kg MS	1,09	1,47	0,2	13,7	2,97	1,38	4,21	38,2	3,71	3,6	1	1	7,94	6,68	4,73	3,98	3,35	3,15	2,21	3,74
Fer mg/Kg MS	8759	5698	3598	36583	7266	5712	4794	22388	5897	9540	442	440	22235	13443	15045	7859	9567	3801	4513	6148
Magnésium mg/Kg MS	519	587	123	1244	386	545	1060	1856	2062	1352	<100	<100	1231	1022	1063	716	689	532	481	788
Manganèse mg/Kg MS	0,01	13,3	4,97	140	12,9	10,8	21,4	142,3	45,9	38,8	1	2,8	832	31,4	33,5	25,9	23,6	18,7	18,7	23,6
Mercure mg/Kg MS	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	0,02	0,03	0,19	0,08	0,07	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05
Molybdène mg/Kg MS	0,28	<0,20	<0,20	0,41	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,28	<4	4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nickel mg/Kg MS	11,3	10,1	4,97	40	12,9	9,41	22,2	47	20,3	15,6	1,2	2,2	10,9	14,7	11,4	9,75	8,46	7,29	7,22	9,46
Plomb mg/Kg MS	6,36	7,44	3,78	13,3	13,5	7,41	17,2	27,2	21,1	8,4	0,48	1,68	20	15,7	15,8	11,9	21,8	27,7	14,1	28,4
Potassium mg/Kg MS	996	1093	211	2577	912	851	1777	1808	2029	1214	<100	104	2422	2241	2481	1651	1673	906	963	1616
Sélénium mg/Kg MS	<0,99	<1,01	<0,99	2,55	<0,99	<1,00	2,2	4,8	1,39	<0,99	<1	<1	1,15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zinc mg/Kg MS	4,17	4,22	<0,20	30,8	5,34	2,2	13	38,4	21,7	11,2	<2	2	41,7	35,4	35,4	19,9	21,7	15,8	12	19,7

AM = Amont du pont AV = Aval du pont *= la mesure du Sélénium n'est pas accrédité

D'autres paramètres sont relativement constants quel que soit le lieu de prélèvement comme par exemple le pH ou les concentrations en Calcium, Zinc et Aluminium.

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 2011, on observe globalement une stabilisation des concentrations sur l'ensemble des criques étudiées.

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

- les teneurs du prélèvement AV1 sont globalement plus élevées (par comparaison aux valeurs obtenues au niveau des autres points),
- les valeurs sont plus importantes en aval par rapport à l'amont. Tous les éléments ont été enregistrés en grandes concentrations,
- il n'y a pas de variation significative du pH entre les stations en amont et en aval.

Pour la crique Malmanoury, on observe que :

- la station AM3 se différencie significativement des autres stations pour 10 des 16 métaux analysés (en écartant les métaux qui ont des concentrations non détectables),
- les paramètres restant varient en concentration d'un site à l'autre.

Pour la crique Paracou AM, on observe que :

- les concentrations varient en fonction de la composition et de la qualité du sédiment,
- la valeur du pH est stable sur l'ensemble des échantillons.

Pour la Paracou AV, on observe que :

- les concentrations des métaux analysés sont homogènes et faibles sur l'ensemble des échantillons,
- le Calcium, Magnésium et Potassium ont des concentrations plus élevées par rapport aux autres métaux analysés mais elles sont homogènes.

Le tableau à la page suivante donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les trois criques échantillonnées.

Tableau 43 : Moyenne (M) et écart type (σ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.

PARAMETRE		CRIQUE KAROUABO		CRIQUE MALMANOURY		CRIQUE PARACOU AM		CRIQUE PARACOU AV	
		M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
pH	unité pH	5,06	0,10	4,94	0,10	5,14	0,15	5,12	0,10
Aluminium	mg/Kg MS	19 736,20	13 678,84	25 585,20	9 324,07	25 939,60	20 705,51	23 742,20	5 252,70
Baryum	mg/Kg MS	44,36	31,30	62,26	22,40	56,83	41,21	37,60	6,81
Calcium	mg/Kg MS	293,16	514,41	276,18	319,19	366,40	513,08	153,40	52,39
Cadmium	mg/Kg MS	0,31	0,63	N.A.	N.A.	0,40	0,80	2,96	5,92
Chrome	mg/Kg MS	21,75	10,25	35,34	14,81	19,34	13,43	23,02	3,51
Cobalt	mg/Kg MS	1,27	1,15	3,12	1,76	6,10	6,27	4,12	0,81
Cuivre	mg/Kg MS	3,89	4,99	10,22	14,02	4,27	2,86	3,29	0,61
Fer	mg/Kg MS	12 380,80	12 221,48	9 666,20	6 564,16	10 321,00	8 593,43	6 377,60	2 122,98
Magnésium	mg/Kg MS	571,80	371,70	1 375,00	546,26	663,20	546,01	641,20	115,77
Manganèse	mg/Kg MS	34,24	53,12	51,84	46,90	180,14	326,22	22,10	2,90
Mercure	mg/Kg MS	0,03	0,01	0,04	0,01	0,08	0,06	0,05	0,01
Molybdène	mg/Kg MS	0,01	0,17	0,06	0,11	0,80	1,60	N.A.	N.A.
Nickel	mg/Kg MS	15,85	12,36	22,90	12,83	8,08	5,38	8,44	1,06
Plomb	mg/Kg MS	8,88	3,88	16,26	7,54	10,73	8,04	20,78	6,79
Potassium	mg/Kg MS	1 157,80	774,77	1 535,80	435,44	1 449,60	1 144,35	1 361,80	349,83
Sélénium	mg/Kg MS	0,51	1,02	1,68	1,77	0,23	0,46	N.A.	N.A.
Zinc	mg/Kg MS	11,13	11,36	17,30	12,23	22,90	15,59	17,82	3,49

10.1.6. 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, Malmanoury et Paracou, 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 n'y a pas d'accumulation de ces métaux et minéraux dans le milieu (confer la *Figure 3*).

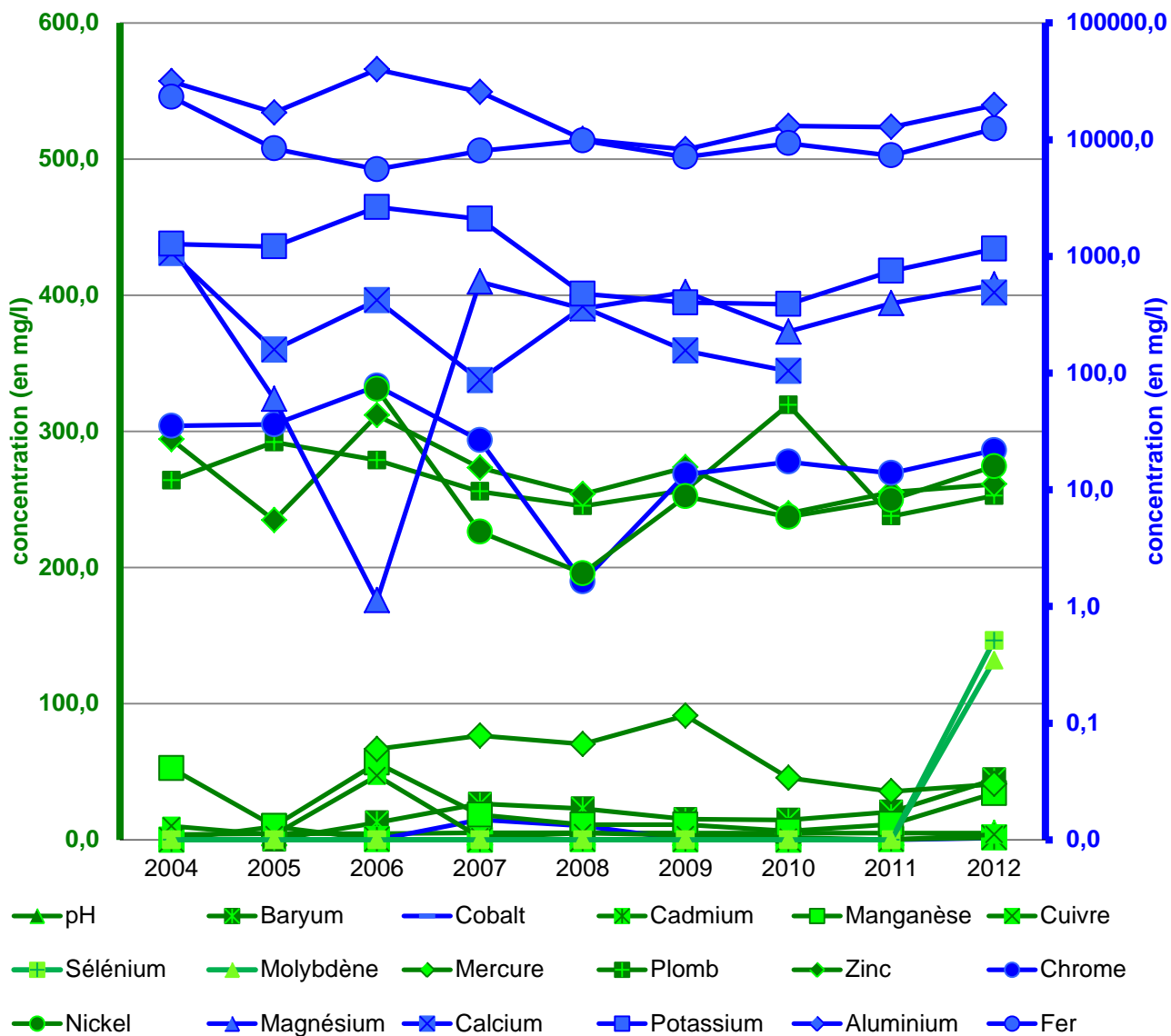


Figure 3 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2012 sur la crique Karouabo.

10.2. Suivi de la faune aquatique pour 2012

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 » **[DA3]**.

10.2.1. 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 2012 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.

10.2.2. 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 et Vega. 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 ZLV) 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 et Vega. Cette crique joue le rôle de « témoin » pour l'étude et a pour avantage de présenter un peuplement diversifié.
- **La crique Paracou,** C'est la crique la plus proche du pas de tir de Soyuz, elle est située sous les vents dominants. Par conséquent, c'est une rivière susceptible de recevoir la part plus importante des retombées de Soyuz.

10.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2012

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 44* présente les principales conclusions de cette étude.

Tableau 44 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2012.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2012
<p>DESCRIPTION DE L'HABITAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, la profondeur moyenne des criques est la suivante: <ul style="list-style-type: none"> • Crique des Pères : 5,3 mètres, comparable à l'année précédente, • Karouabo : 5 mètres, comparable à l'année précédente, • Malmanoury : 4,2 mètres, comparable à l'année précédente, • Paracou amont : 40 centimètres, comparable à l'année précédente, • Paracou aval : 1,3 mètres, comparable à l'année précédente. <p>En saison sèche, une diminution de la hauteur d'eau est à noter (entre 60 et 90 cm pour la Karouabo et la Malmanoury - 1,5 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 conséquence sur la conductivité ; cette dernière étant deux fois plus élevée que sur les 2 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. En ce qui concerne la Paracou la distribution de ses habitats caractéristiques des petites criques côtières guyanaises est confirmée.</p> <p>Au niveau de la crique des Pères et de la Malmanoury, le taux d'oxygène dissous en saison des pluies et en saison sèche est comparable à celui des années précédentes avec 50 à 60 % de saturation. Concernant la Karouabo, on constate, après deux années consécutives, l'inversion du taux d'oxygénation saison sèche/saison de pluie à avantage de la saison sèche (taux d'oxygène mesuré en saison sèche de l'ordre de 50% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison de pluie de l'ordre de 30 % de saturation). Par ailleurs, on observe distinctement le contraste jour/nuit avec des teneurs 2 fois plus importantes le jour (par comparaison à celle de la nuit).</p> <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 et de la Paracou en aval), 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 2012
<p>DESCRIPTION DE L'HABITAT (suite)</p>	<p>Pour rappel, en Guyane, le seuil limitant 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 issues du défrichement par exemple) 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>PEUPELEMENTS DE POISSONS I (Captures, Richesse et Diversité)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Par rapport au nombre de captures en saison des pluies: <ul style="list-style-type: none"> • Sur la crique des Pères le nombre est compris entre celui de 2010 et celui de 2011. • Sur la Karouabo, ce nombre continue de décroître depuis 2009. • Sur la Malmanoury, les captures restent comparables à la saison de pluies du 2011. • Sur la Paracou en amont par rapport à l'année 2011, aucun taxon déterminant n'a été récolté. Cette typologie de peuplement apparemment déséquilibré est régulièrement observée en saison des pluies dans les petites masses d'eau de la forêt guyanaise. • Sur la Paracou en aval, la communauté piscicole est largement dominée par <i>H.malabaricus</i> et <i>A.falcatus</i>. ▪ En saison sèche, les captures ont suivi des évolutions différentes par rapport à la saison sèche de 2011 : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la Crique des Pères, on mesure une valeur équivalente par rapport à 2011 tant en abondance qu'en biomasse. • Sur la Karouabo, le nombre de capture est le plus élevé depuis 1998, et les valeurs de biomasse atteintes sont comparables à celles de 2007. • Sur la Malmanoury les captures ont été supérieures d'un facteur 2,5 par rapport à 2011, et par rapport à la biomasse un nouveau maximum a été atteint. • Sur la Paracou en amont trois espèces déterminantes (<i>L.gossei</i>, <i>K.guianensis</i> et <i>N.aureocephalus</i>) ont été capturées. Ce sont des espèces communes et fréquentes en Guyane. • Sur la Paracou en aval, il n'y a pas de différences par rapport à 2011. ▪ Par rapport aux captures on enregistre une homogénéité sur l'ensemble Karouabo, Malmanoury et Crique des Pères depuis le 2010. En ce qui concerne la crique Paracou : <ul style="list-style-type: none"> • en amont, on note une augmentation en abondance, biomasse et richesse. • en aval on note les résultats obtenues en 2012 sont équivalents à ceux de 2011.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2012
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS I (Suite)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En ce qui concerne la richesse : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères a atteint son niveau de richesse historique le plus bas en saison sèche et en saison de pluie. • La Karouabo a atteint à la fois sa valeur de richesse historique la plus haute en saison sèche et la valeur la plus basse en saison des pluies. • La Malmanoury a atteint des niveaux stables en saison sèche depuis 2009, et des niveaux comparables au 2011 par rapport à la saison des pluies. ▪ Concernant la diversité : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères confirme les valeurs atteintes depuis 2006 (avec l'exception du 2011). • La Karouabo montre depuis le 2006, une discontinuité saisonnière, plus marquée en 2012. • La Malmanoury a atteint des niveaux stables depuis 2009. ▪ Par rapport à la structure trophique : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères montre une bonne répartition et diversification des régimes alimentaires. • En ce qui concerne la Karouabo et la Malmanoury la communauté piscicole reste dominée par des ichtyophages, comme mis en évidence depuis plusieurs années.
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS II (Analyse de la condition et anatomo-pathologie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Des analyses comparatives de la condition ont été effectuées par rapport à la saison des pluies et par rapport à la saison sèche. Les espèces qui ont été utilisées sont : <ul style="list-style-type: none"> • <i>A .falcatatus</i> : poisson strictement piscivore. • <i>H .malabaricus</i> : poisson prédateur. • <i>T .galeatus</i> : poisson omnivore occasionnel. ▪ En ce qui concerne la saison de pluie, il a été possible d'effectuer une comparaison entre la Malmanoury et la crique des Pères. Les deux stations présentent des différences significatives qui favorisent les conditions des peuplements de la Malmanoury par rapport à la crique des Pères. ▪ Par rapport à la saison sèche il a été possible d'effectuer une comparaison entre la Malmanoury et la Karouabo. Les deux stations analysées ne présentent pas de différences significatives entre elles. ▪ Par rapport à la recherche des anomalies anatomo-pathologiques aucun échantillon n'a présenté des anomalies morphologiques. Seulement 4 exemplaires, 1 sur la Karouabo et 3 sur la Malmanoury, ont présenté des infestations par des nématodes et uniquement en saison sèche.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2012
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2012, 5 434 individus répartis en 29 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 4 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la Malmanoury est la crique la plus riche, avec un total de 1 434 individus et 25 taxons, et 901 individus et 12 taxons récoltés en saison de pluies. La Karouabo, avec 1 503 individus en 22 taxons et 622 individus en 12 taxons en la saison de pluies. La crique des Pères se place en 3^{ème} position avec 556 individus repartis en 17 taxons et 323 individus en 6 taxons en saison de pluies. Concernant la Paracou nous notons l'observation de 5 nouveaux taxons par rapport à 2011. ▪ Les taxons n'ont pas pu être déterminés jusqu'au niveau taxonomique «familial». 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 sur les 4 stations prospectées et cela tout au long de l'année (entre 78% et 90% des individus collectés). Ce type de structure est régulièrement observé en Guyane. Cette caractéristique est naturelle et ne traduit pas de perturbations. A noter que sur la Karouabo en saison des pluies, les insectes constituent la totalité de la de la communauté des invertébrées. ▪ Sur la Paracou les principaux indicateurs de pollution organique et/ou de déficit en oxygène dissous comme les annélides (Oligochètes) sont retrouvés en proportions variables. Le pic maximal a été enregistrées en aval avec un 42% en saison sèche, le faible teneur en oxygène enregistrée au moment du prélèvement nous confirme cette observation. ▪ Comme pour le 2011 aucun plécoptère n'a été enregistré en saison sèche et en saison des pluies sur la crique des Pères, Malmanoury et Karouabo.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2012
<p style="text-align: center;">QUALITE BIOLOGIQUE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La qualité biologique des criques est définie au moyen de 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 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 IV*, contrairement à 2011 où il avait enregistré une score de III*. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, comment en 2011 ○ La Malmanoury est en classe III*. ○ La Paracou en amont a enregistré une score de III* (au niveau de la station aval il n'a pas été possible de lui attribuer un score). ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice atteint par la Paracou au niveau de la station aval est la classe V*, ○ L'indice calculé sur la crique des Pères et la Karouabo est la classe IV*, ○ La qualité de la Malmanoury augmente. Elle se place en classe III*. ○ La qualité de la station Paracou en amont reste stable en classe III*

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

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

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

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2012
<p>QUALITE BIOLOGIQUE (suite)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Globalement, l'abondance a augmenté depuis 2007 contrairement à la diversité qui semble diminuer progressivement. Ce genre de tendance semble être lié à des facteurs externes (déficit hydrique et manque de courant par exemple). ▪ On constate une alternance bien différenciée entre la saison des pluies et la saison sèche. ▪ Les conclusions générales de 2011 sont confirmées pour l'année 2012.

10.2.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2012

10.2.4.1. Les poissons

Par rapport à l'année 2011 nous notons une bonne différenciation entre la crique des Pères et l'ensemble Karouabo-Malmanoury. Les communautés piscicoles des différentes stations restent bien établies et de plus en plus différenciées entre la saison de pluies et la saison sèche en ce qui concerne l'abondance, la diversité et la biomasse. (On tend vers une condition comparable à celles des premières années 2000).

Concernant la Paracou, les captures nous confirment sa ressemblance avec la Malmanoury. La forte présence de piscivores et un milieu peu oxygéné sont les composantes principales. L'échantillonnage de 9 taxons déterminants est indicateur d'un environnement de bonne qualité.

10.2.4.2. Les invertébrés aquatiques

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

Les échantillonnages nous confirment les conclusions des années précédentes.

En ce qui concerne la Paracou, les observations en 2012 nous permettent d'améliorer les connaissances par rapport à la structure et à la qualité de la communauté.

10.2.5. Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique

10.2.5.1. Ariane 5 et Vega

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, notamment avant les lancements Soyuz et Vega.

L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, montre que ce composé n'est pas bioaccumulable. Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en termes d'écotoxicité.

L'OMS préconise une valeur limite de 60 mg d'aluminium absorbé par jour. Il faudrait consommer 15 kg de poissons issus des criques échantillonnées par jour (le taux maximum rencontré étant de 18,4 µg/g de matière sèche) pour atteindre le seuil de l'OMS.

Par ailleurs, le fait qu'il n'existe pas de différence de concentrations entre les 3 criques nous indique que la « contamination » d'aluminium n'est pas localisée mais généralisée. Elle n'est, par conséquent, pas attribuable aux lancements Ariane 5.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et de communautés biologiques adaptées à des milieux désoxygénés. La présence des macrophytes suggère de grandes variations nyctémérales à cause des processus de respiration physiologiques dans les plantes.

10.2.5.2. Soyuz

Aucun impact des activités liées au lanceur n'a été relevé sur l'ichtyofaune et sur la communauté des invertébrés aquatiques.

10.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2012

10.3.1. 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,
- Soyouz.

Figure 4 : Installation de nichoirs sur Soyouz.



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).

10.3.1.1. Peuplements

En 2012, 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.

10.3.1.2. 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.

10.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2012

10.3.1.3.1. 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.

10.3.1.3.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 45*).

Tableau 45 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2012.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2012
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 (approximativement 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 ▪ Stabilisation des deux colonies identifiées en 2011
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<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 parti 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 d'arrière 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 26 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 car cette situation pourrait les défavoriser.

Par ailleurs, on dénote 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 la grande importance par cette espèce, du rôle joué par le CSG en représentant le second site de nidification après l'Île du Connétable.

11. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2012 sont les suivantes :

11.1. Par rapport aux activités liées aux lanceurs

11.1.1. 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) et 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 la fois 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/ARPEGE) 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).

11.1.2. Soyuz

- La trace de combustion issu des moteurs du 1er (blocs latéraux) et 2nd (bloc A) est, en général orienté, en dépendant des conditions météorologiques.
- Le réseau de control de qualité de l'air CODEX n'a mise en évidence aucune pollution en teneur de gaz chlorhydrique et produit hydrazinés lors les activités de lancement.
- Le réseau de control en continue de qualité de l'air ENVIRONNEMENT SA, n'a pas mise en évidence aucune variation en teneures de gaz ou particules sois sur la ville de Kourou, sur la ville de Sinnamary que sur L'ELS.

11.1.3. Vega

- Le nuage de combustion issu de la combustion du 1^{ère} étage P80 lors du décollage du lanceur Vega est 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) 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 à proximité de la ZLV (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles, à la fois 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 / ARPEGE) 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).
- Une série de mesures complémentaires, notamment des mesures sonores et vibratoires et la qualité des eaux des carneaux, ont été mise en œuvre pour le premier lancement afin de mieux caractériser les possibles impacts sur l'environnement à proximité de l'ELVega et sur les villes voisines, les résultats sont négligeables voire non détectables.

11.1.4. Activités sur L'ADP

- Le nuage de combustion issu du brûlage du segment S3 n°116 est orienté vers le PK 97 de la RN1 l'espace en suivant les conditions météorologiques.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) a détecté la présence de gaz chlorhydrique en champ proche à niveau du Zellweger n°3. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après la fin du brûlage. Pour rappel, les gaz de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé à la zone de l'ADP sur une distance inférieure à 1 kilomètre.
- Les retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement en champ proche (CP 01 à 144 mètres de l'ADP) et ne dépassent pas le périmètre du CSG
- 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.

11.1.5. Activités ARTA 5 au BEAP

- Le nuage de combustion issu de l'essai à feu ARTA 5 est orienté vers le mont Venus (PR 90 de la RN1) en suivant les 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. Il y a eu la destruction du Zellweger n°2.
- Les retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement en champ proche (Plateforme du BEAP), des concentrations élevées, ne dépassent pas le périmètre du CSG, ont été enregistrées en champ lointain.
- 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.

11.2. 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 ou Vega.
- 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 et Vega. 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.
- 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.

12. 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 A205

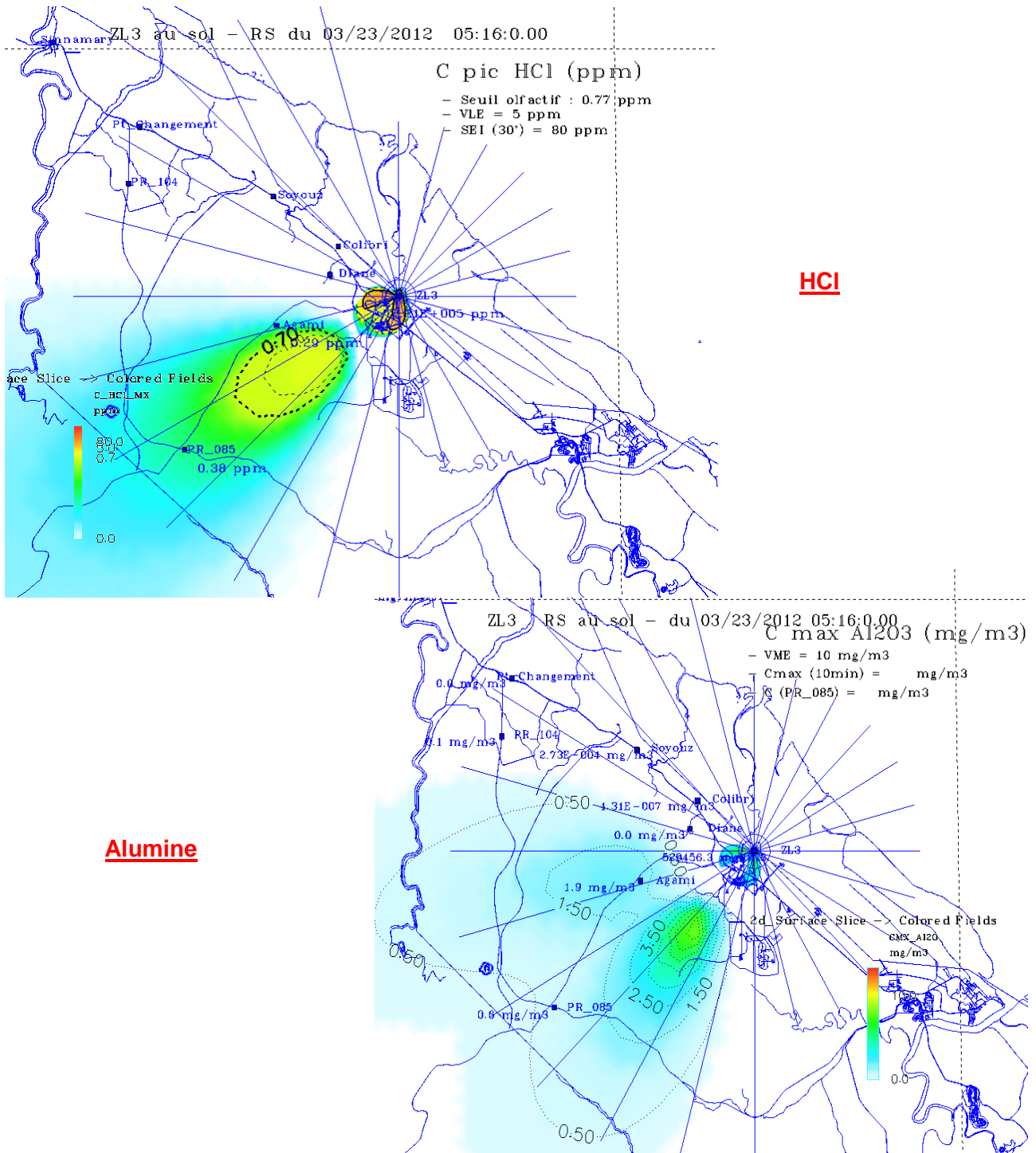


Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A206.

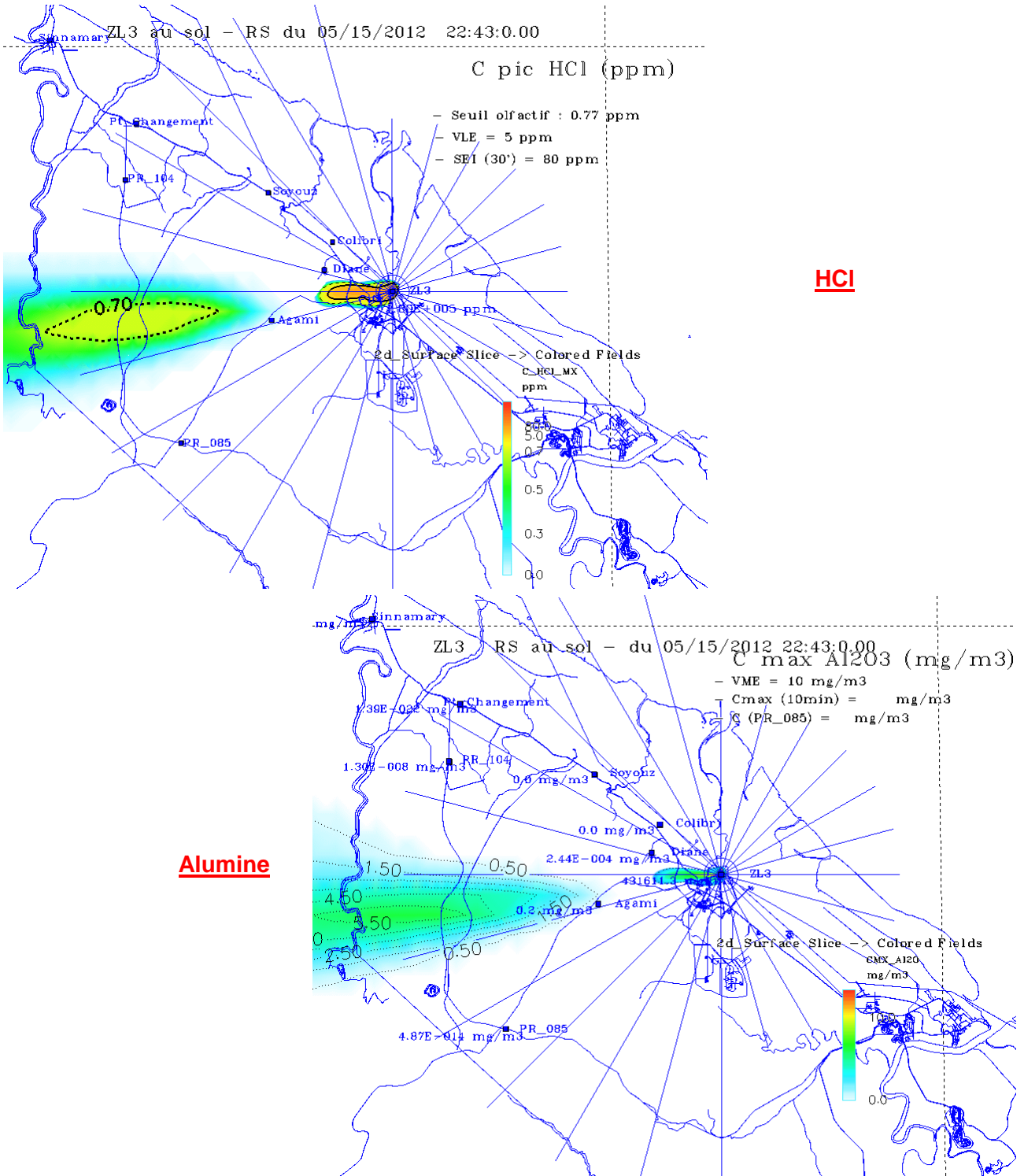


Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A207.

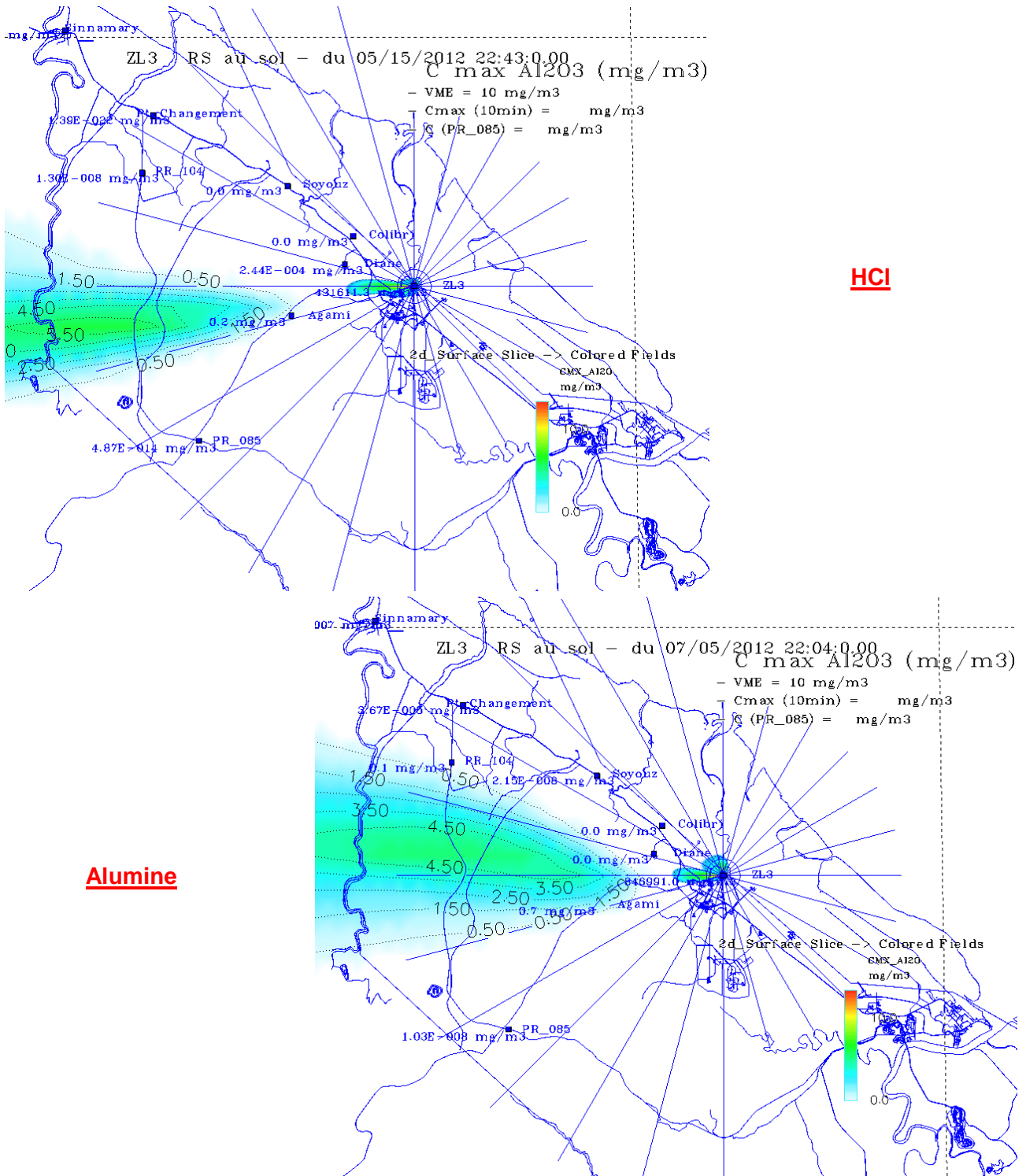


Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A208.

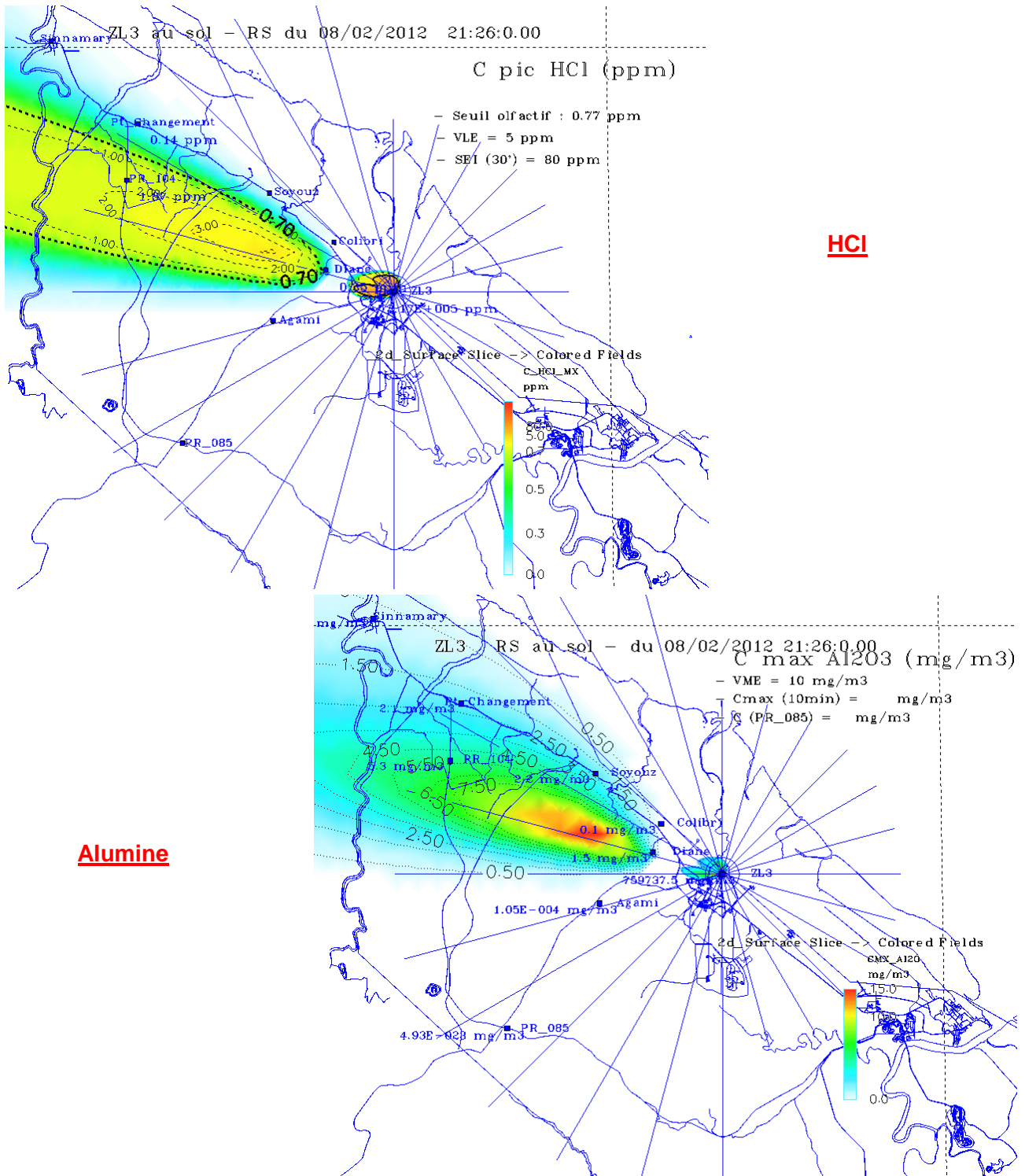


Figure 11 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A210.

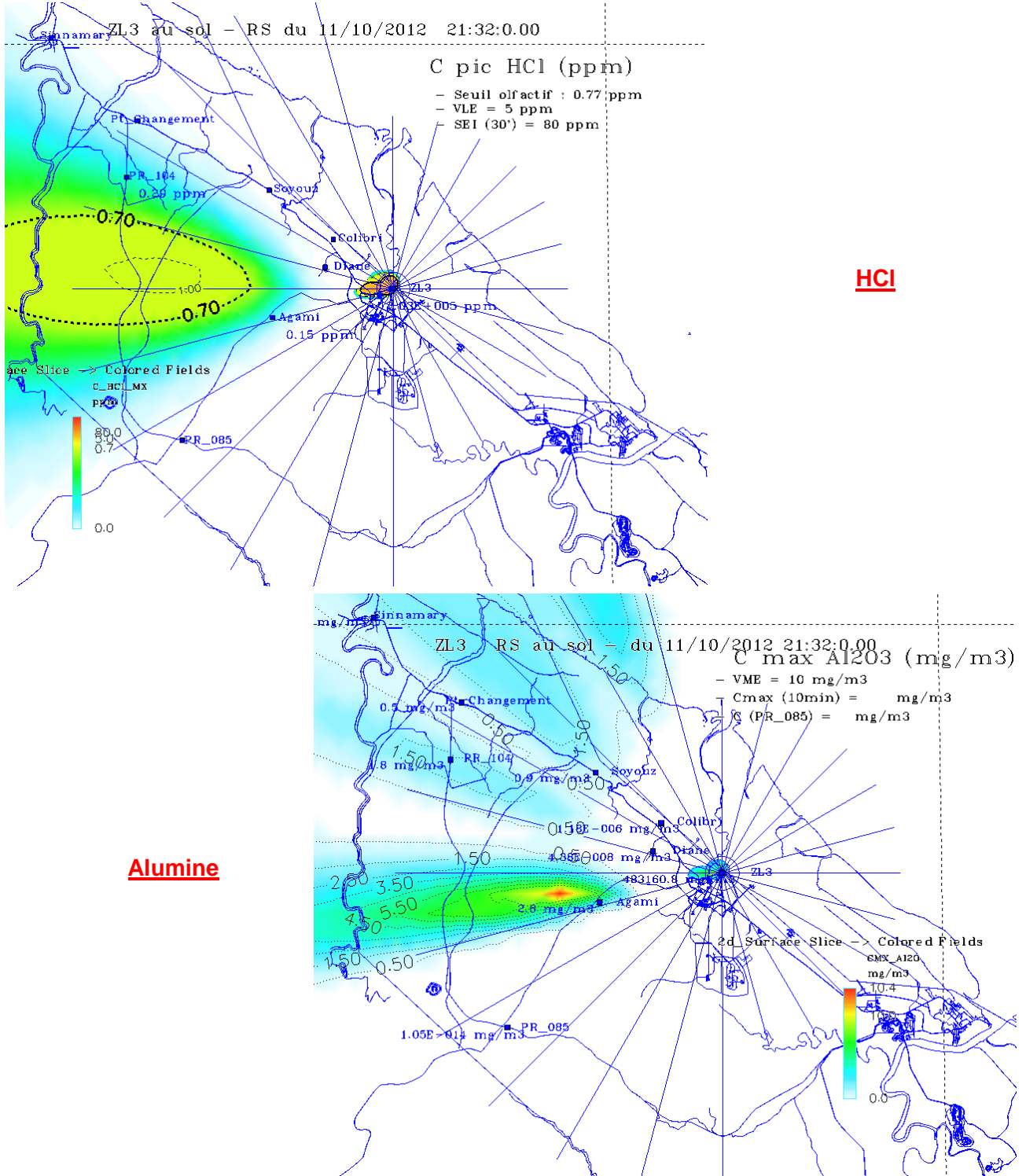


Figure 12 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A211.

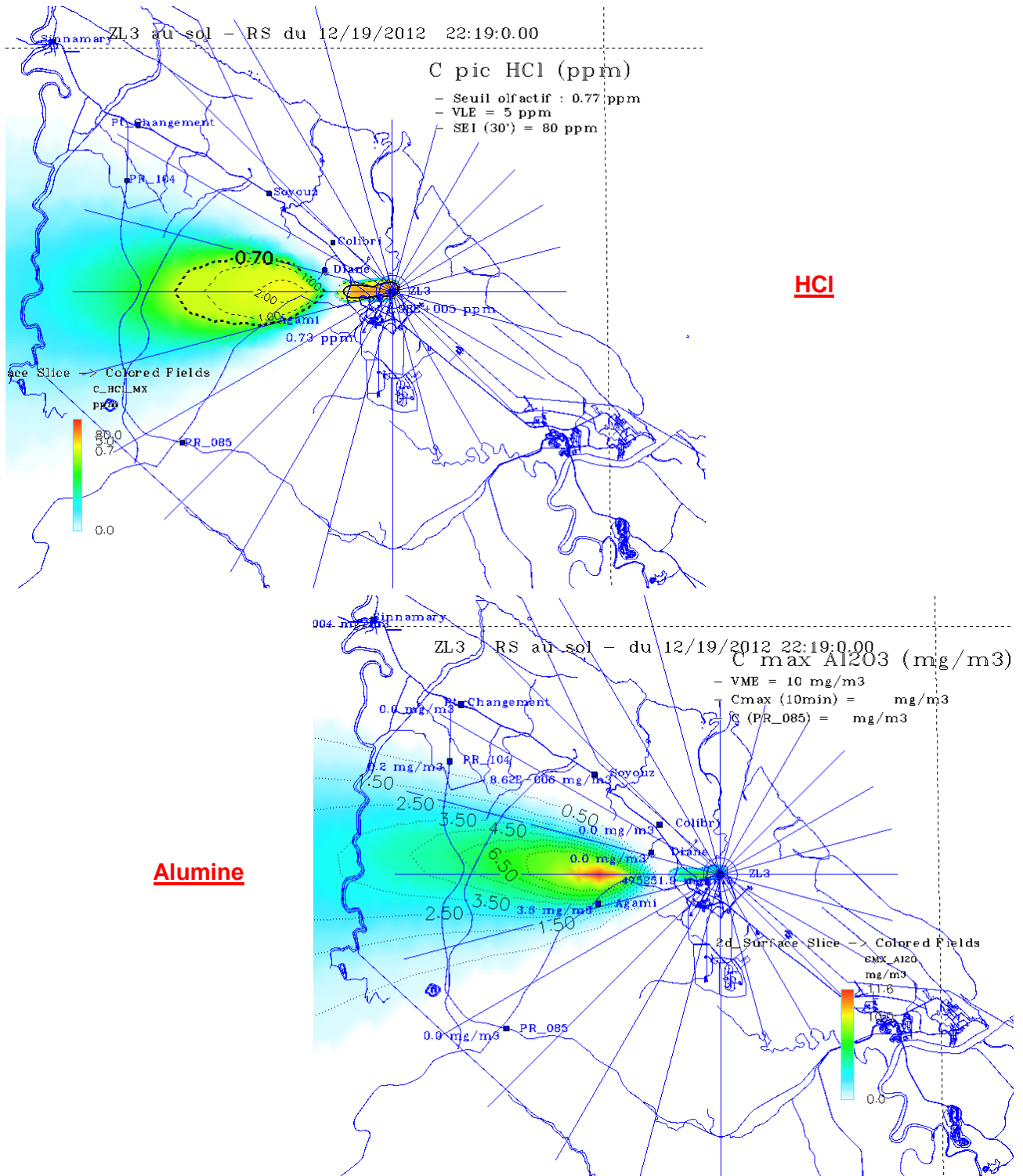
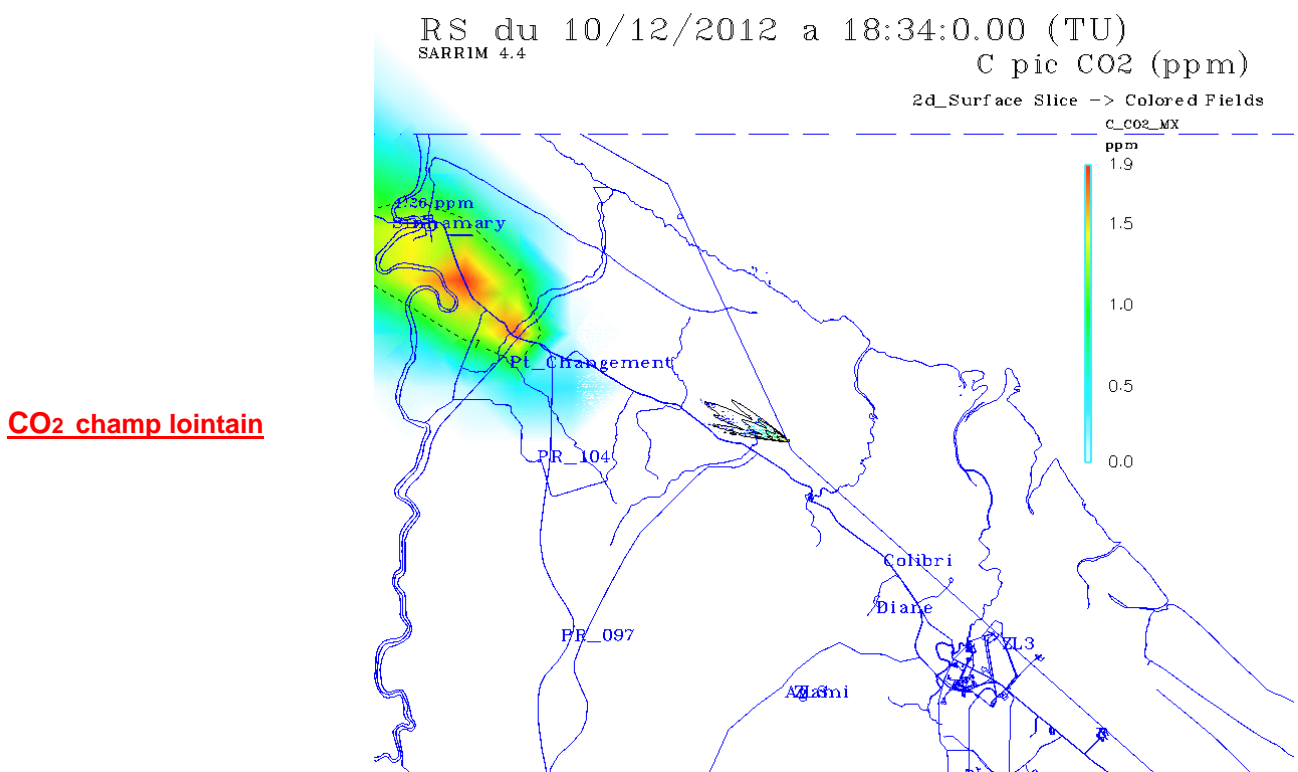
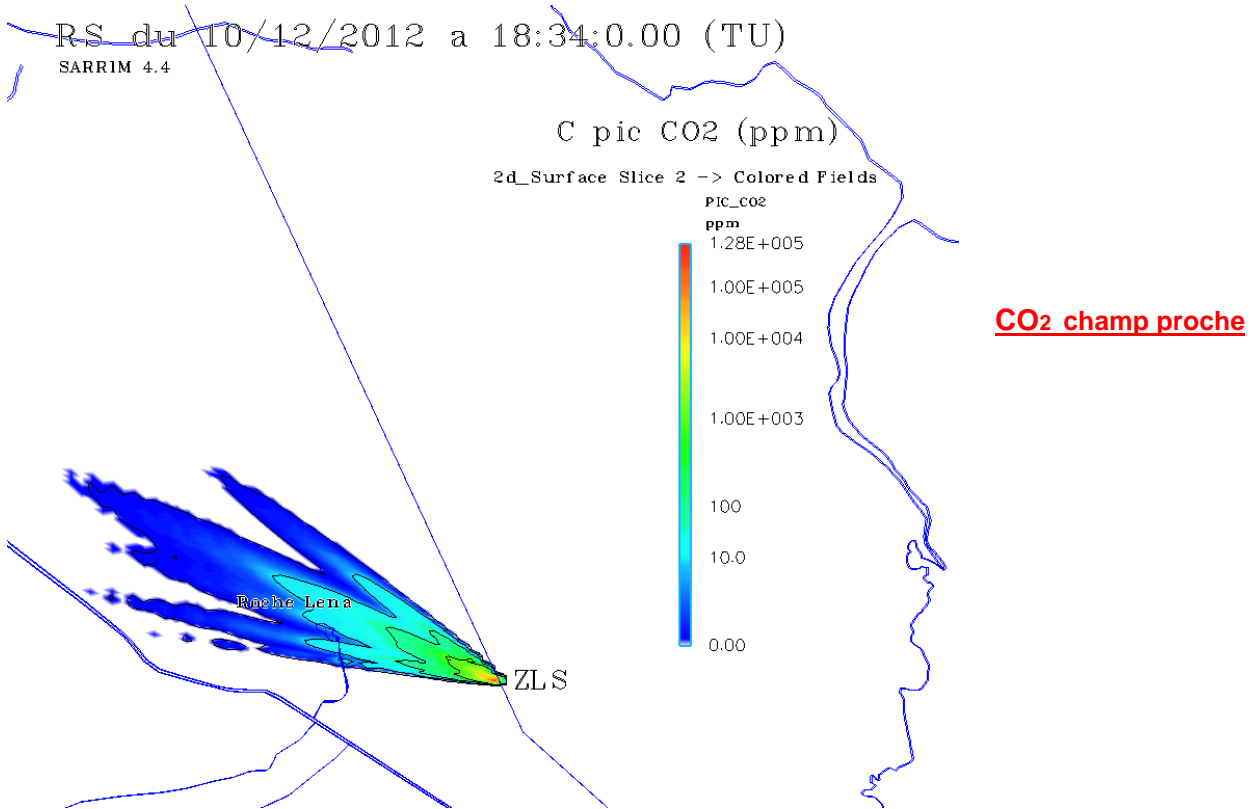
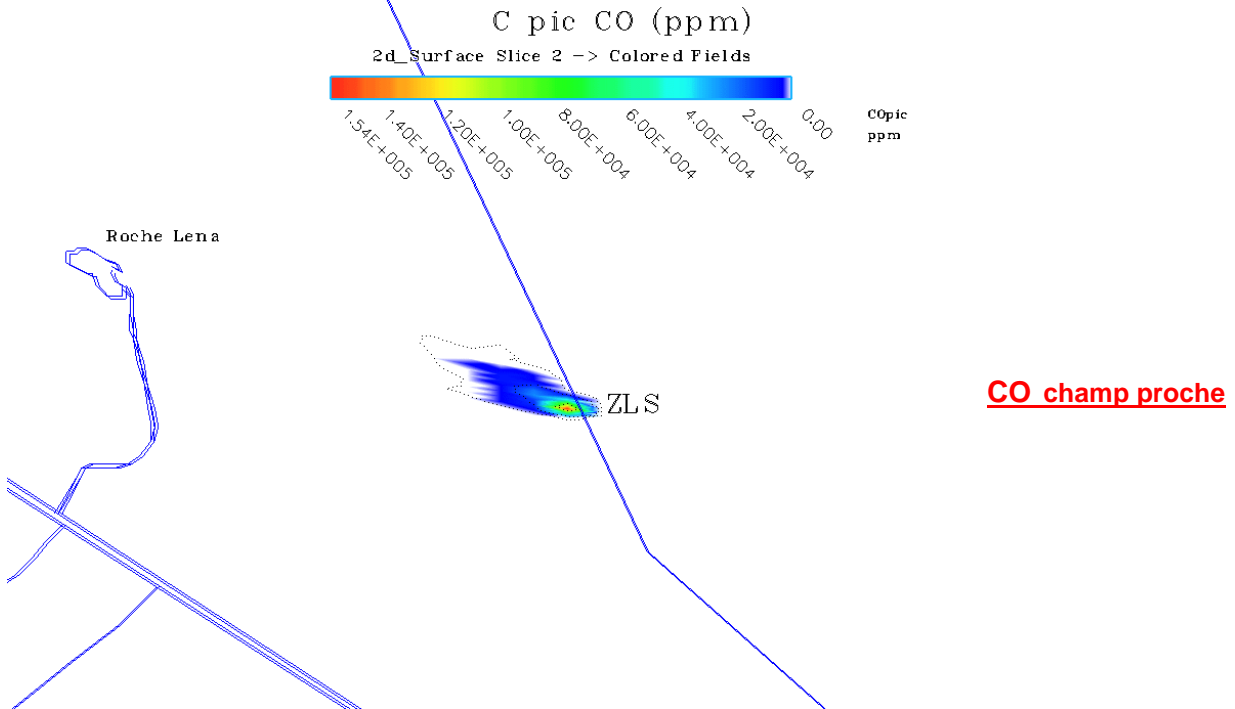


Figure 13 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S03.



RS du 10/12/2012 a 18:34:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



RS du 10/12/2012 a 18:34:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

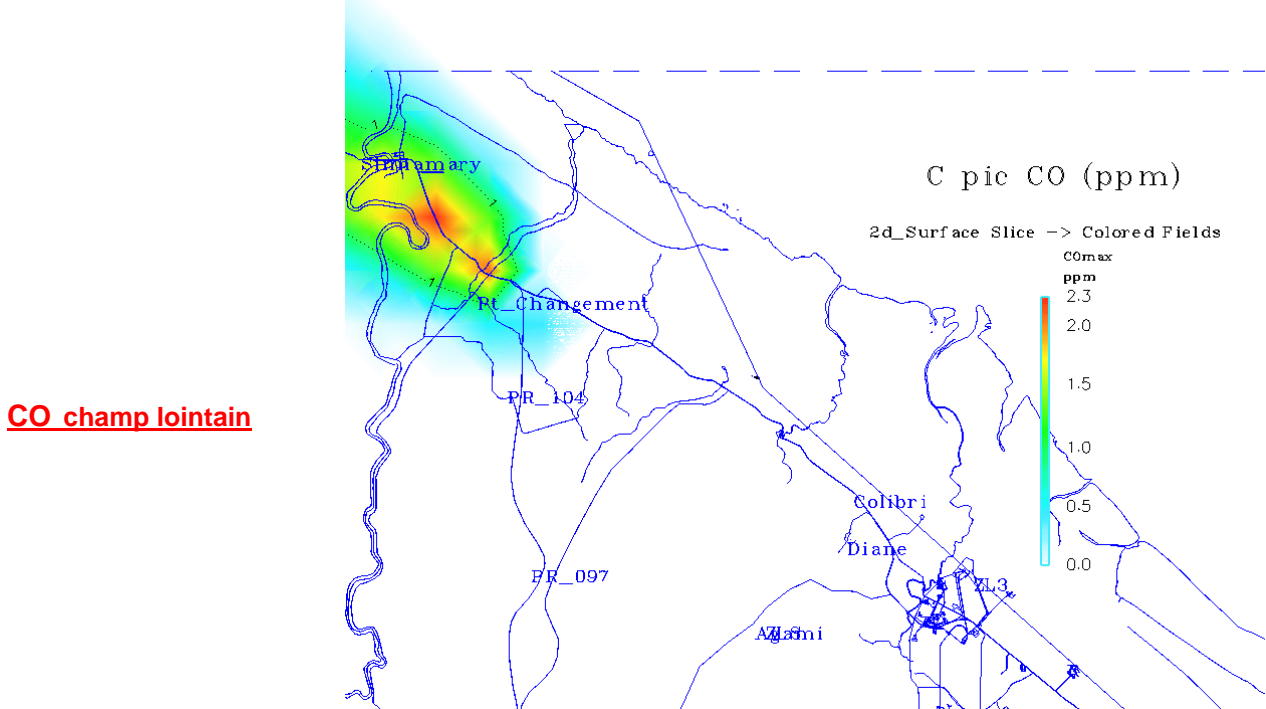
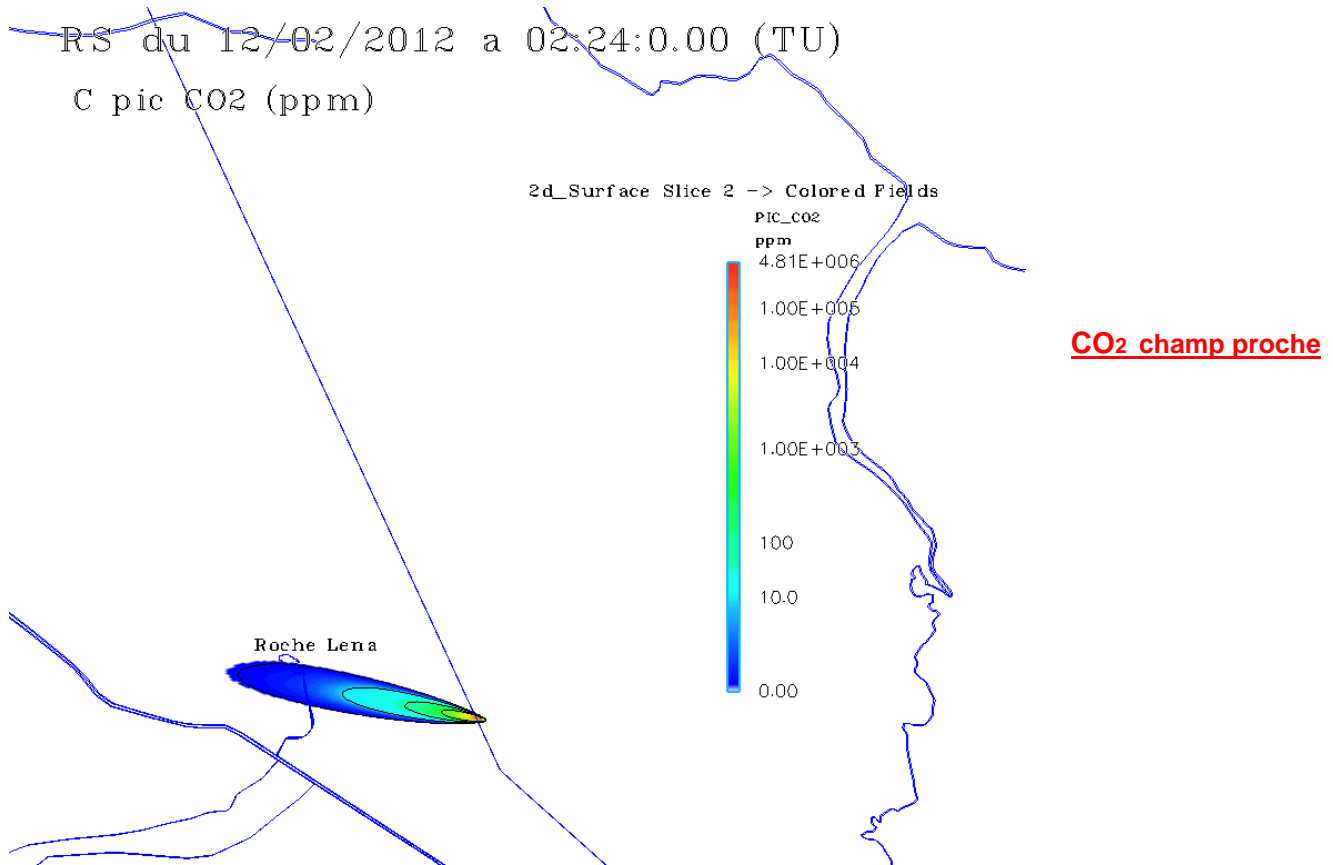
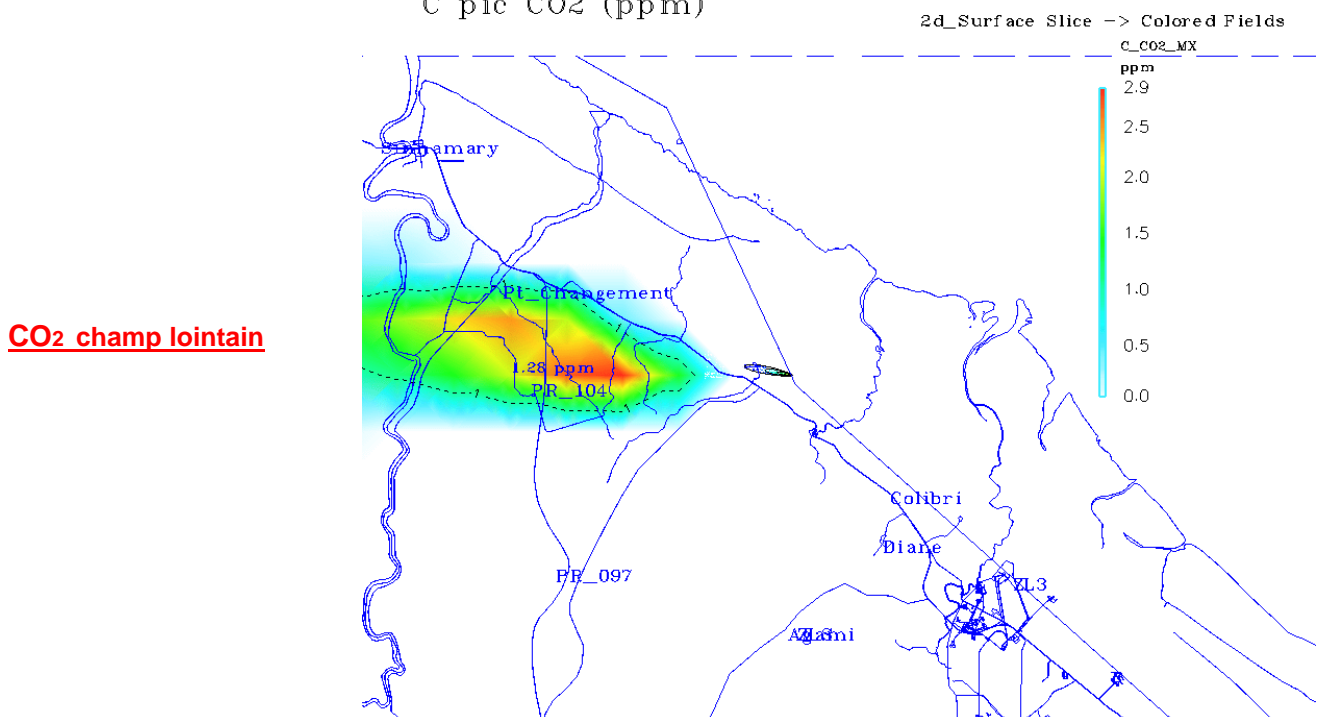


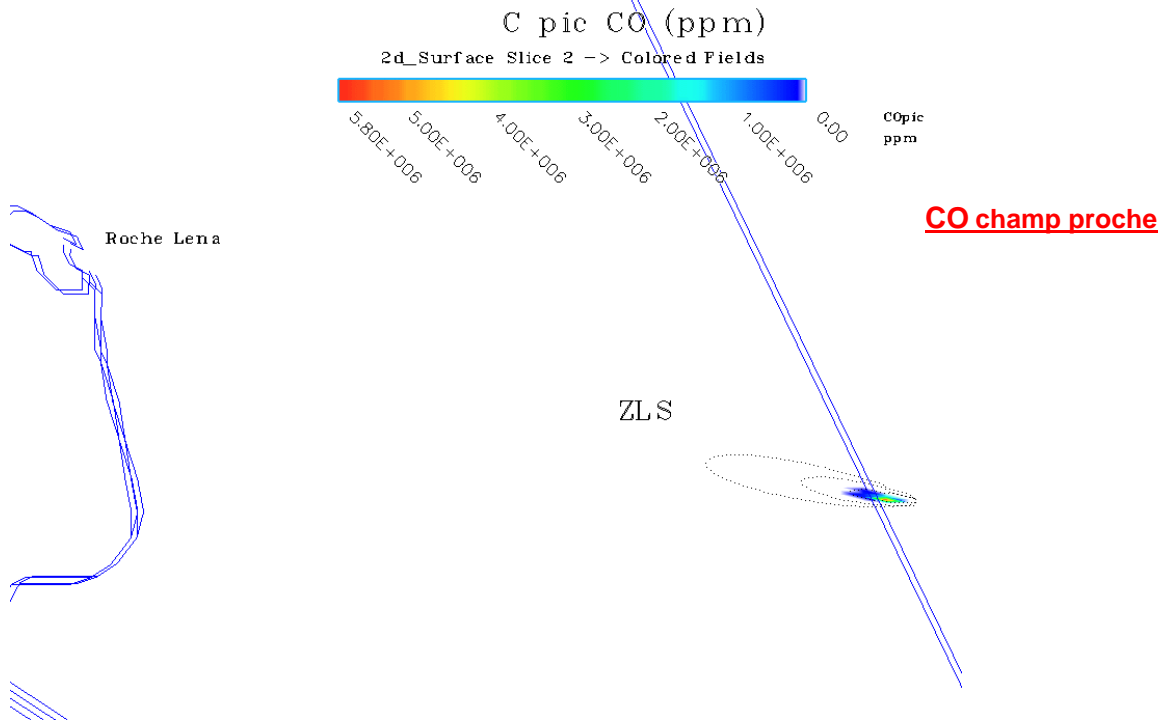
Figure 14 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S04.



RS du 12/02/2012 a 02:24:0.00 (TU)
C pic CO2 (ppm)



RS du 12/02/2012 a 02:24:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



RS du 12/02/2012 a 02:24:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

CO champ lointain

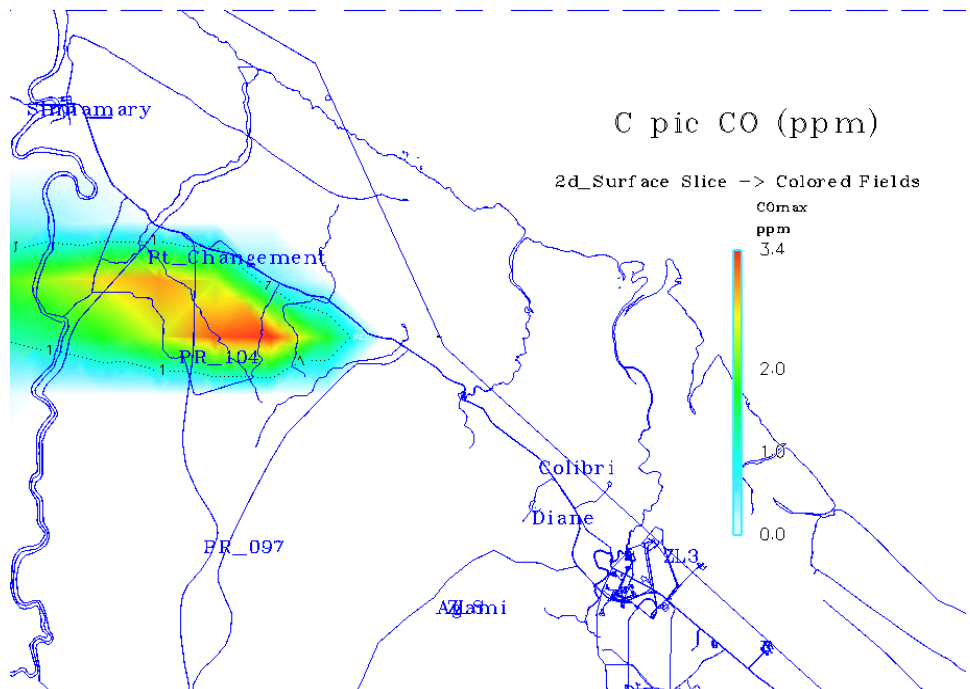
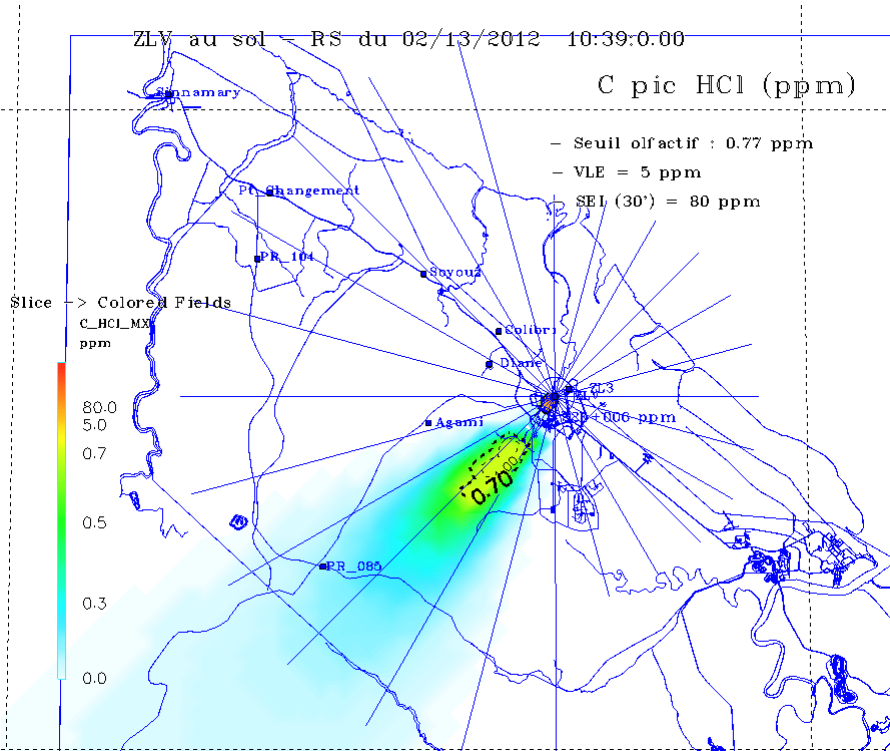


Figure 15 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V01



Alumine

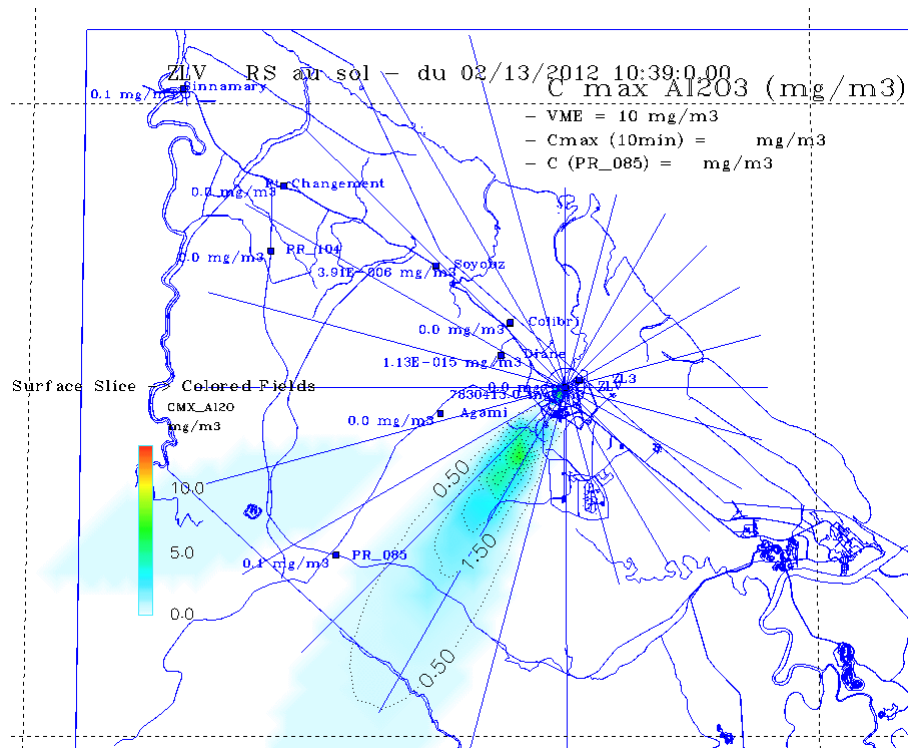


Figure 16 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au brulage du Segment S3 n°116 sur l'ADP

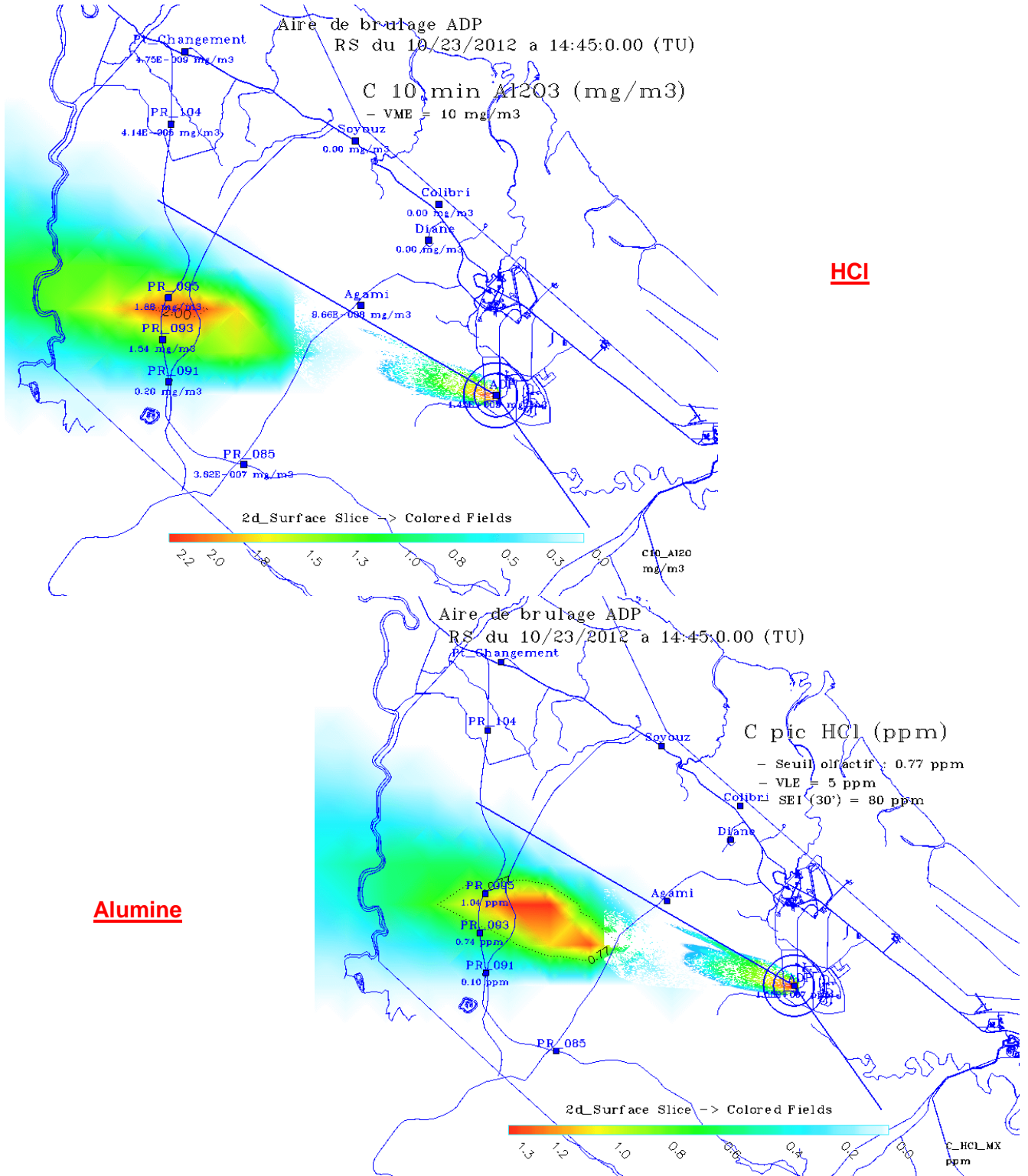
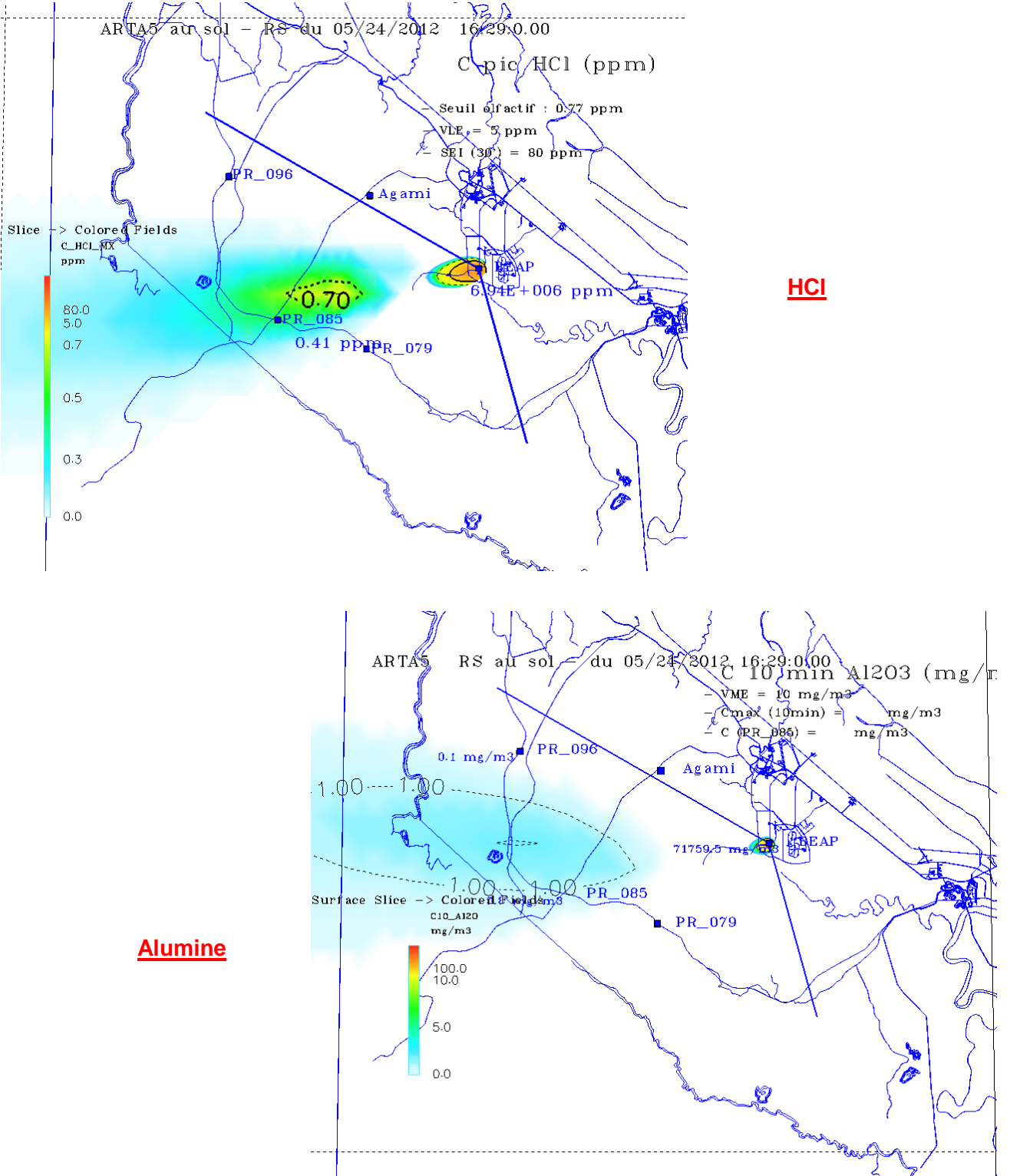


Figure 17 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite à l'essai ARTA 5 sur le BEAP.



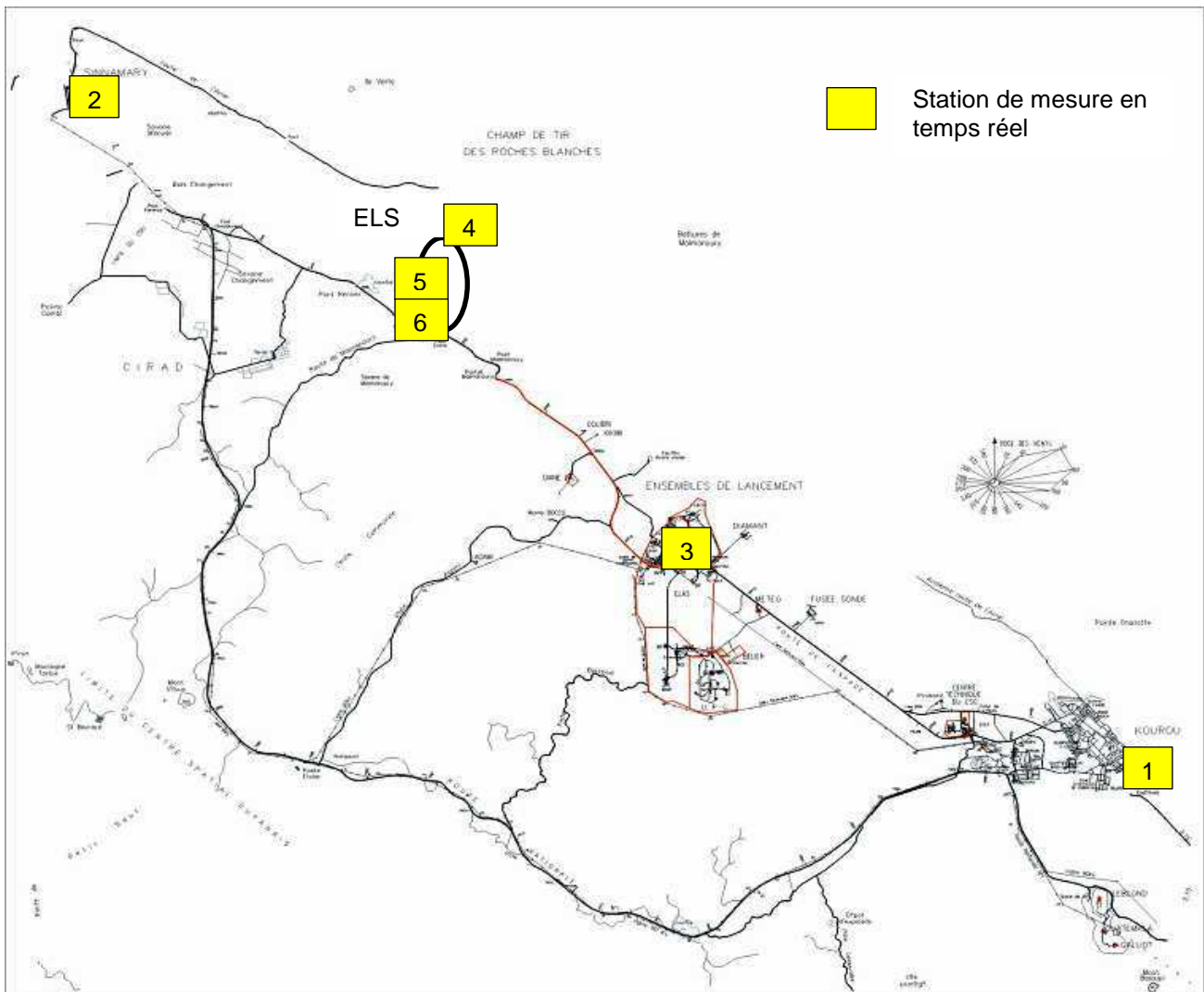
Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion

	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
V205	69	55	14
V206	88	82	6
V207	91	94	3
V208	115	107	8
V209	90	65	25
V210	83	91	8
V211	47	89	42

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 18 : 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 sur le Laboratoire de Chimie S3G. 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