

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 et dans l'arrêté d'exploiter n°1655/DEAL du 06/10/11 de l'ELVega à niveau du titre 8.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2013 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES	<p>En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min ○ Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min ○ Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min ○ Vol 215 : 29/08/2013 à 18h30 min <p>2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min ○ Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 min <p>1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 min
LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La direction du nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment et non pas aux grandes saisons.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré de faibles écarts pour les vols A212 à A215. 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 05 et 06 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 V02. 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.
<p>AIR : CHAMP PROCHE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 361 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 02, 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.

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.
<p>AIR : Réseau CODEX, analyseurs mobiles et analyseurs fixes. Suivi en continu de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seul l'appareil situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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, n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ L'appareil situé en champ proche (à 168 mètres de la ZLV) n'a pas détecté la présence de gaz chlorhydrique.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p 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.
<p align="center">EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA KAROUABO, 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 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. ▪ 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 align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée, ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la 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 sèche par rapport à la saison des pluies. ▪ 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 nichoirs 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.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les espaces naturels littoraux confirment leur qualité exceptionnelle et les activités de recensement botanique se poursuivent.

SOMMAIRE

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	8
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES FIGURES.....	13
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	14
2. DOCUMENTS ASSOCIES	15
2.1. Documents applicables	15
2.2. Documents de référence	16
2.3. Gestionnaire technique du document.....	18
3. SIGLES ET DEFINITIONS	18
3.1. Définitions	18
3.2. Sigles	19
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	21
4.1. Rappels.....	21
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	22
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	22
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	24
4.2.3. Conclusions.....	25
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	26
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	27
4.4.1. Objectif	27
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	27
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	29
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	31
4.4.5. Conclusions.....	31
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	32
4.5.1. Objectif	32
4.5.2. Résultats.....	32
4.5.3. Conclusions.....	32
4.6. Mesures d’impact sur la végétation	33
4.6.1. Objectif du suivi	33
4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013	33

5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....	34
5.1.	Rappels.....	34
5.2.	Localisation des zones de passage de la trace de combustion.....	35
5.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	35
5.2.2.	Conclusions.....	35
5.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	36
5.3.1.	Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	36
5.3.2.	Réseaux CODEX.....	37
5.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012....	37
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA.....	38
6.1.	Rappels.....	38
6.2.	Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	39
6.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	39
6.2.2.	Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP.....	40
6.2.3.	Conclusions.....	42
6.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	42
6.4.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain.....	43
6.4.1.	Objectif.....	43
6.4.2.	Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	43
6.4.3.	Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	44
6.4.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM.....	46
6.4.5.	Conclusions.....	46
6.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo.....	47
6.5.1.	Objectif.....	47
6.6.	Mesures d'impact sur la végétation.....	47
6.6.1.	Objectif du suivi.....	47
6.6.2.	Mesures des retombées.....	47
6.6.3.	Résultats d'analyses.....	48
	6.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04).....	48
	6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08).....	49
6.6.4.	Conclusions.....	49
6.7.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013	50

7.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	51
7.1.	Mesure de la qualité des sédiments	51
7.1.1.	Objectifs du suivi	51
7.1.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	51
7.1.3.	Localisation des points de prélèvements	52
7.1.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	52
7.1.5.	Résultats des analyses pour les éléments chimiques	52
7.1.6.	Conclusions	56
7.2.	Suivi de la faune aquatique pour 2013	58
7.2.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	58
7.2.2.	Lieux échantillonnés	58
7.2.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013	59
7.2.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013	64
	7.2.4.1. <u>Les poissons</u>	64
	7.2.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	64
7.2.5.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique	65
	7.2.5.1. Ariane 5 et Vega	65
	7.2.5.2. Soyuz	65
7.3.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013	66
7.3.1.	Nichoirs	66
	7.3.1.1. Peuplements	68
	7.3.1.2. Résultats du suivi de l'avifaune	68
	7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013	68
7.4.	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG	70
	7.4.1. Orchidées des savanes	70
	7.4.2. Inventaire patrimoniale de la savane Corneille	71
8.	CONCLUSIONS GENERALES	72
8.1.	Par rapport aux activités liées aux lanceurs	72
	8.1.1. Ariane 5	72
	8.1.2. Soyuz	73
	8.1.3. Vega	73
8.2.	Par rapport au suivi de l'environnement du CSG	74
9.	ANNEXES	75
	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	75
	Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	84
	Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	22
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	23
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	24
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages. .	25
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013	26
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	27
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	28
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	29
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	30
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	31
Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).	32
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	35
Tableau 13 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012	36
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	39
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	40
Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	41
Tableau 17 : 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. .	41
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.	42

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	43
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	44
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	44
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	45
Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	46
Tableau 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluvolessivats pour le lancement V02 en champ proche.	48
Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluvolessivats pour le lancement V02 en champ lointain.	49
Tableau 26 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	51
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.	52
Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.	53
Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.	55
Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.	59
Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.	57
Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.	66
Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).	67
Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212.	75
Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.	76
Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.	77
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.	78
Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.	79
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.	80
Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02.	83
Figure 11 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.	86

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2013 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact de ses activités industrielles sur l'environnement.

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

- des 4 campagnes Ariane 5 (vols A212 à A215),
- des 2 campagnes Soyuz (vol S05 et vol S06),
- de 1 campagne Vega (vol V02),
- 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),

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).
- 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

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.

2.2. Documents de référence

- [DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.
- [DR 2] **XXV-PCO-83-13609-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Vega.
- [DR 3] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.
- [DR 4] **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 5] **CG/SDP/ES/N°15 -180** - Plan de mesures environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 6] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 12] **CG/SDP/ES/N°15- 41**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2011.
- [DR 13] **CG/SDP/ES/N°15- 167**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2012.

- [DR 14] **CSG-RP-S3X-16132-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A212 du 07 Février 2013 à 18h36 mn.
- [DR 15] **CSG-RP-S3X-16133-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A213 du 05 Juin 2013 à 18h52 mn.
- [DR 16] **CSG- RP-S3X-16134-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A214 du 25 Juillet 2013 à 16h54 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-16123-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A215 du 29 Août 2013 à 17h30 mn.
- [DR 18] **CG/SDP/ES/N°15-172-** Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S05 du 25 Juin 2013 à 16h27.
- [DR 19] **CG/SDP/ES/N°15-197** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S06 du 19 Décembre 2013 à 06h12.
- [DR 20] **CG/SDP/ES/N°15-867-** Résultats du plan de mesures environnement Vega Vol V02 du 06 Mai 2013 à 23h06 mn.
- [DR 21] **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 de la propulsion des lanceurs Ariane 5 et Soyuz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2013.
- [DR 22] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2013.
- [DR 23] **Cabinet ECOBIOS (Commande n°4700038309 / CSG093)** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes & éléments de biodiversité de la base spatiale. Bilan synthétique 2013.
- [DR 24] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2013.
- [DR 25] **Cabinet ECOBIOS** –Etude du patrimoine naturel de la savane Corneille. Décembre 2013

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

4.1. *Rappels*

En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min
- Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min
- Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min
- Vol 215 : 29/08/2013 à 18h13 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 (ELA) [DA 3].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 1, 3 à 17, 21 à 23 et 25] 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).

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>
A212	Fevrier	99	95	4,3	8,8
A213	Juin	69	89	6,2	7,3
A214	Juillet	93	117	7,7	7,1
A215	Août	54	101	5,2	8,8

Pour l'année 2013, 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 Ouest (direction de la piste Agami) en Fevrier et Juillet,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Juin 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.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
A212	1,80	10,10
A213	2,50	13,20
A214	1,00	5,00
A215	2,00	8,40

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 A212 et A213, pour lesquelles des valeurs dépassants ce seuil ont été calculées. Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

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

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

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

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

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

Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2013. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 9* 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 2013, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 10% en 2013 et une valeur de 15% en 2012,
- 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.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	99	67	-32,3%
A213	69	97	40,6%
A214	93	105	12,9%
A215	54	64	18,5%

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 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.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m3)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	2,5	12,5	31,3%
A213	2,7	12,5	1,3%
A214	1,3	7,0	35,0%
A215	2,5	14,2	47,0%

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 A214 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 28,7 %).

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 2013. 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 (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
A212	ND	ND	ND	ND
A213	ND	ND	ND	ND
A214	X	ND	ND	ND
A215	X	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo. 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, seul l'appareil mobile situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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*).

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2 224	463	140	776,5
Distance de la ZL3 (m)	235	361	361	361
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2,84	1,13	1,55	1,12
Distance de la ZL3	2 425	2 789	1 874	2 790 et 10 585
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace	CL 08 : Parking ancienne RN1	CL11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace et CL20 : Piste Agami – PK10 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m³)	6 478,99	11 908,29	4 915	6 598
Distance de la ZL3 (m)	277	277	277	277
Localisation	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	94,83	194,97	76,51	39,72
Distance de la ZL3	2 425	17 153	7 498	11 123
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 03 : Kourou – Débarcadère des Iles	CL 18 : Site Agami	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 03 (Kourou – Débarcadère de Iles), 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).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
A212	Fevrier	65%	12%
A213	Juin	23%	8%
A214	Juillet	23%	13%
A215	Août	2%	16%

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 des écarts significatives sont à signaler.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 1 697 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 A213. 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* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

4.5.2. Résultats

Suite à un problème technique intervenu sur le préleveur, pour l'année 2013 une seule campagne de mesures a pu être déroulée (confer le *Tableau 11*).

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).

	pH unité pH	CONDUCTIVITE µS/cm à 25°C	CHLORURES mg/l	SODIUM mg/l	ALUMINIUM mg/l
Moyenne	6,44	28,33	5,36	0,16	3,37
Ecart type	0,16	5,00	0,55	0,03	1,83
Nombre de mesures	9	9	9	9	9

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, du pH, les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

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

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

4.6. Mesures 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 2013, suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats des produits de combustion issues des premières étage de Ariane 5 n'a eu lieu.

4.7. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2013 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 ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux.

Suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats a eu lieu en 2013.

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

5.1. *Rappels*

En 2013, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min
- Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 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, 12, 13, 18, 19, 21 à 24] seront présentés dans cette 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,

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 12 : 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>
S05	Juin	55	65	5,3	7,7
S06	Décembre	66	58	8,3	5,3

Pour l'année 2013, 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 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 13 : Tableau récapitulatif des détections pour l'année 2013

		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	VS05	29,22	20,1 ##	1,2 ##	HS	50,6 ##	1,0 ##	11,9 #	4,3 #
	VS06	31,3 ?	18,2 ?	1,9 ?	723,6 ?	74,9 ?	0,8 ?	20,3 ?	3,5 ?
shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	VS05	26,4 ###	20,0 ###	2,0 ###	HS	39,9 ###	1,1 ###	17,9 ###	4,6 ###
	VS06	25,6	19,8	1,8	750,8	57,3	1,0	23,4	3,4
shelter n°6 : zone de stockage PHHC	VS05	HS	HS	1,0 ###	HS	HS	HS	18,9 #	HS
	VS06	25,1	18,8	1,6	710,8	HS	0,9	23,4	HS
shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	VS05	28,8 ###	19,9 ###	1,4 ###	HS	42,6 ###	0,4 ###	22,8 ###	10,7 #
	VS06	25,8	19,6	1,6	765,4	45,9	1,3	20,8	6,6
shelter n°1 : Kourou	VS05	28,7	36,3	1,5	746,1	26,8	2,1	21,9	HS
	VS06	28,1	22,3	1,3	768,9	HS	HS	35,3	HS
shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	VS05	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
	VS06	20,8	22,3	HS	751,1??	63,2	0,9	16,1	4,6??

HS : Hors Service

Valeur moyenne sur 14h max ## Valeur moyenne sur 19h ### Valeur moyenne sur 34h max

? Valeur moyenne sur 41h ?? Valeur moyenne sur 44h

Les shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas enregistré 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.

Les détecteurs du réseau CODEX n'ont pas détecté de 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 2013

Le résultat des mesures de la qualité de l'air nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2013 sont non quantifiables voire négligeables. Ils sont comparables avec les résultats obtenus pour l'année 2012.

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

6.1. *Rappels*

En 2013, 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :

- Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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 2 à 4, 13, 20 à 23]** 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).

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

VOL	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
V02	Mai	73	83	6,3	10,5

Pour l'année 2013, 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 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
V02	1,3	5,2

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

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 2013, l'analyse des simulations a montré un écart de 17,8 %, et a confirmée l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	73	86	17,8%

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 20* et le *Tableau 22* 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 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 17 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	2,1	10,2	78,8%

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 ou 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 78.8 %).

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 2013. 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 ou ARPEGE 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'ELVega.

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 (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
V02	ND	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo, 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, 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 19*).

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	186
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04: Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45

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 20*).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	45
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

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 21*).

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	449
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04 : Chemin de ronde ZLVega – 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 22*).

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	250
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 23 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
V02	Mai	17%	2%

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 2%). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est supérieur (de l'ordre de 17%)

6.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour le vol V02 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 168 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 est mis en place la veille du lancement. L'échantillonnage débute quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours).

A cause de problèmes techniques intervenus pendant la précédente campagne d'échantillonnage (Vol A213), n'a pu être obtenu aucun suivi de la qualité des eaux.

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 V02 (Mai).

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 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 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 V02	Moyenne	14,80	171,95	36,47	5,35	13,29	5,29	722	3,35
	Ecart type	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Nombre de mesures	1	1	1	1	1	1	1	1

Seulement un échantillon a été récupéré en champ proche, les autres ont été trouvés reversés.

Les résultats recueillis pour les paramètres sont cohérents les uns par rapport aux autres.

La comparaison des résultats des pluviollessivats à ceux des bacs à eau met en évidence :

- L'érosion du carneau. Ce phénomène est corroboré par les concentrations élevées en Calcium et Magnésium,
- Des teneurs en ions chlorures supérieures à celles des bacs à eau, du à un apport lié au lancement.

6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 25*

Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluvolessivats pour le lancement V02 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 µS/cm à 25°C	pH unité pH
VOL V02 Moyenne	3,06	1,86	0,50	0,24	1,47	1,15	15,25	5,94
Ecart type	0,81	0,29	0,17	0,00	0,43	0,16	3,11	0,18
Nombre de mesures	4	4	4	4	4	4	4	4

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 pluvolessivats ont mis en évidence un très faible impact du nuage de combustion sur la végétation du champ proche.

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. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013

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

- l'analyse des retombes chimiques en Chlorures et Alumine en champ proche et en champ lointain,
- l'analyse de l'eau de la crique Karouabo,
- l'analyse des pluviolessivats.

Les résultats nous permettent de conclure que les impacts générés pendant le lancement Vega en 2013 sont négligeables.

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

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

7.1. Mesure de la qualité des sédiments

7.1.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 [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.

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

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

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en raison de leur caractère acide naturel. À cela, il faut ajouter le degré d'agressivité des sols (argilite) très important. Ces facteurs corrosifs entraînent un lessivage des sols, et donc, la dissolution d'éléments mobiles à très mobiles tels que (Mg, Zn, Cd, Al).

Le potentiel de transfert élevé de l'aluminium fait qu'il se décompose assez facilement en ions Al^{3+} ou en ions hydroxylés $Al(OH)_n$. Ces derniers sont alors solubilisés et transportés sous forme hydrique vers des horizons d'accumulation ou sont complexés dans le sol. Les ions Al^{3+} , fixés par le complexe absorbant, peuvent s'hydroxyler ou se polymériser en donnant des hydroxydes colloïdaux. Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer le *Tableau 26*).

Tableau 26 : 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

7.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 13 au 15 Mai 2013 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la Karouabo et le 23 Septembre pour la Paracou [DR 22 et 24]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

7.1.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques, à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 27*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 27 : 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)	pH (unités pH)	Hydrocarbures (mg/l)
CRIQUE MALMANOURY	14/05/2013 à 16h30	26,2	21	5,1	63	4,89	5,03	-
	15/05/2013 à 12h00	25,3	14	6,2	75	15,7	5,09	-
CRIQUE KAROUABO	13/05/2013 à 18h15	25,9	21	3,6	44	2,57	4,94	-
	14/05/2013 à 11h30	26,1	21	3,4	41	1,85	4,86	-
CRIQUE PARACOU AM	23/09/2013 à 12h15	25,4	27	5,7	68	-	6,25	<0,05
	23/09/2013 à 12h30	25,5	27	5,6	67	-	6,19	<0,05

Il est ainsi intéressant de noter que la température et la conductivité sont quasiment constantes sur l'ensemble des criques échantillonnées. Néanmoins, nous constatons que la teneur en oxygène fluctue d'une crique à l'autre. La Karouabo est moins oxygénée car son débit est très faible. Elle se comporte comme un milieu lentique. Pour la Malmanoury un violent orage intervenu dans la nuit du 14 au 15 mai a influencé la teneur en oxygène..

7.1.5. Résultats des analyses pour les éléments chimiques

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

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 28 : 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
pH unité pH	4,14	4,38	4,66	4,6	4,26	4,13	4,08	4,4	4,12	4,1	5,2	5,1	5,3	4,9	5
Aluminium mg/Kg MS	16667	16016	20813	4596	29124	24632	13837	47330	24838	23117	4772	5424	4354	7898	22153
Baryum mg/Kg MS	39,4	46,1	47	12,1	71,4	39,6	40	70,4	95,1	93,5	10,3	12,3	8,6	17,5	49,2
Calcium mg/Kg MS	71,9	68,3	228	106	163	224	<51,5	248	118	147	97	106	70	144	424
Cadmium mg/Kg MS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Chrome mg/Kg MS	16,9	16,2	25	7,29	28,2	52	25,1	70,2	43,8	42,7	4,04	3,03	1,86	4,68	10,41
Cobalt mg/Kg MS	0,83	0,85	1,1	0,32	1,17	1,14	0,8	6,42	3,23	3,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,6
Cuivre mg/Kg MS	<0,20	1,91	1,81	<0,20	2,87	3,52	1,92	80,9	8,68	8,5	1,01	0,49	0,2	0,71	2,4
Fer mg/Kg MS	4158	4242	6795	1575	15594	8220	2932	83961	15519	6838	705	827	591	1249	3052
Magnésium mg/Kg MS	565	529	463	179	743	360	249	973	1714	1658	<50	<50	<50	70	199
Manganèse mg/Kg MS	15,8	15,6	18,1	11,9	18,6	11,4	9,27	109	32,9	32,4	3,23	3,24	2,4	4,48	11,61
Mercure mg/Kg MS	0,06	0,07	0,06	0,02	0,07	0,08	0,05	0,09	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,09
Molybdène mg/Kg MS	0,73	0,44	0,26	<0,20	<0,20	0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nickel mg/Kg MS	3,86	6,02	8,33	3,24	9,01	13,5	11,7	29,8	18,2	17,2	7,67	3,84	2,2	3,05	5
Plomb mg/Kg MS	6,5	8,92	14,8	6,07	11,5	13,5	7,8	26,9	16,2	17	1,58	1,86	1,22	2,44	6,8
Potassium mg/Kg MS	1247	1349	1037	496	1889	684	841	1707	2817	2640	88	62	<50	87	242
Sélénium* mg/Kg MS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,15	<1,0	<1,0
Zinc mg/Kg MS	5,69	6,85	11,4	2,83	10,6	5,39	2,68	50,1	14,3	13,8	<2	<2	<2	<2	<2

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

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, par rapport à l'année 2012, 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 AV2 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 11 des 14 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.

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

Tableau 29 : 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	
		M	σ	M	σ	M	σ
pH	unité pH	4,4	0,2	4,18	0,1	5,10	0,1
Aluminium	mg/Kg MS	17 457,2	7 964,0	27 659,25	11 060,0	8 920,20	6 729,5
Baryum	mg/Kg MS	43,2	19,0	61,28	24,4	19,58	15,1
Calcium	mg/Kg MS	127,4	60,7	147,50	87,8	168,20	130,1
Cadmium	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Chrome	mg/Kg MS	18,7	7,3	47,78	14,6	4,80	3,0
Cobalt	mg/Kg MS	0,9	0,3	2,90	2,0	0,12	0,2
Cuivre	mg/Kg MS	1,3	1,1	23,76	30,2	0,96	0,8
Fer	mg/Kg MS	6 472,8	4 850,2	27 658,00	30 507,0	1 284,80	911,2
Magnésium	mg/Kg MS	495,8	183,5	824,00	619,1	53,80	77,5
Manganèse	mg/Kg MS	16,0	2,4	40,64	36,4	4,99	3,4
Mercure	mg/Kg MS	0,1	0,0	0,07	0,0	0,04	0,0
Molybdène	mg/Kg MS	0,3	0,3	0,05	0,1	N.A.	N.A.
Nickel	mg/Kg MS	6,1	2,3	18,30	6,3	4,35	1,9
Plomb	mg/Kg MS	9,6	3,3	16,10	6,2	2,78	2,0
Potassium	mg/Kg MS	1 203,6	451,9	1 512,25	882,5	95,80	79,8
Sélénium*	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,23	0,5
Zinc	mg/Kg MS	7,5	3,1	17,25	17,0	N.A.	N.A.

*= la mesure du Sélénium n'est pas accréditée

7.1.6. Conclusions

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

Ces processus sont :

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

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo, 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 3] 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 1*).

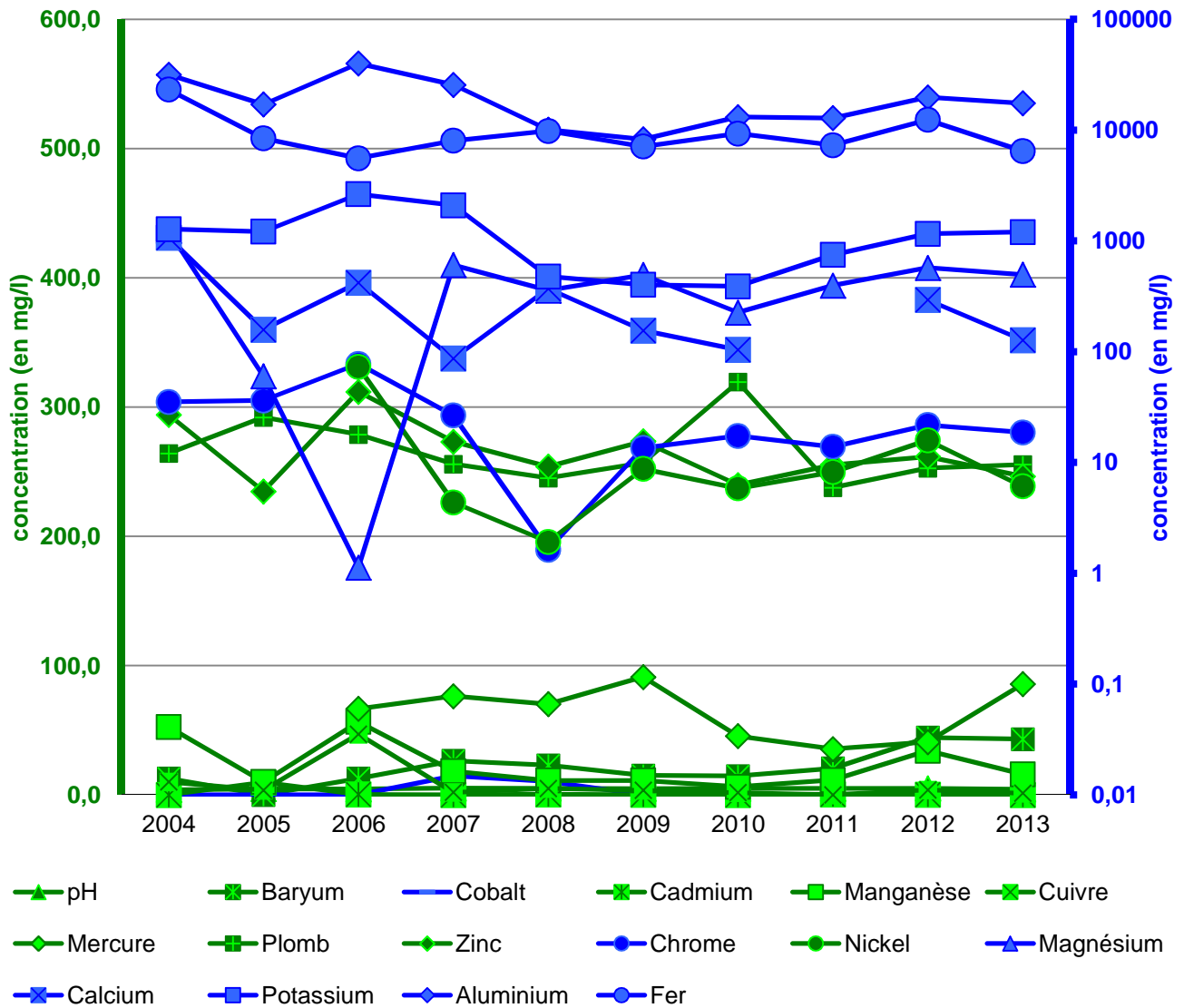


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.

7.2. Suivi de la faune aquatique pour 2013

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].

7.2.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 et Vega et les produits de combustion de la trace de Soyuz 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 2013 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'Ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

7.2.2. Lieux échantillonnés

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

- **la Karouabo.** En effet, c'est la crique la plus proche du pas de tir d'Ariane 5 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.

7.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013

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

Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<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 : 40 centimètres, 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 60 à 70 % de saturation. Concernant la Karouabo, on constate, après quatre 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 45% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison de pluie de l'ordre de 40 % de saturation). Par ailleurs, on observe un contraste jour/nuit moins marquée par rapport à l'année 2012 en faveur des teneurs du 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), 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 2013
<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>
<p>PEUPLEMENTS 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 sont compris entre celui de 2010 et celui de 2012, les observations de l'année passée restent d'actualité. • Sur la Karouabo, ce nombre continue de décroître depuis 2009. • Sur la Malmanoury, les captures sont les plus basses depuis le début du suivi. ▪ En saison sèche, les captures ont suivi des évolutions plus similaires à la saison sèche de 2011, avec quelque exception : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la Crique des Pères, on mesure une augmentation généralisée des individus et espèces par rapport à les années précédentes. • Sur la Karouabo, le nombre de capture redeviens à des valeurs proches de celles du 2011, avec une dominance en biomasse d'<i>A.falcatus</i> et <i>L.gosseii</i>. • Sur la Malmanoury les captures ont été inférieures d'un facteur 2 par rapport à 2012 et donc plus similaire à 2011, et par rapport au nombre d'espèces, on observe un nouveau maximum. La biomasse totale est divisée par trois par rapport à 2012 et plus proche à des valeurs du 2011. • Sur la Paracou en amont deux espèces déterminantes (<i>M. eleotrioides</i> et <i>N aureocephalus</i>) ont été capturées. Ce sont des espèces communes et fréquentes sur ce site. ▪ Par rapport aux années précédentes la faune piscicole se trouve, globalement, dans la lignée des années précédentes.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>PEUPELEMENTS 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 un de ses niveaux de richesse historique le plus haut en saison sèche et en saison de pluie. • La Karouabo reste dans la continuité des années précédentes. • La Malmanoury a montré des niveaux de richesse élevées en saison sèche, et des niveaux qui continuent à diminuer vis-à-vis les années précédents. ▪ Concernant la diversité : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères confirme sa stabilité • La Karouabo continue de montrer, depuis le 2006, une discontinuité saisonnière en faveur de la saison sèche. • La Malmanoury atteint des niveaux stables depuis 2009. ▪ Par rapport à la structure trophique : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères montre une large prédominance des omnivores, indépendamment de la saison. • En ce qui concerne la Karouabo, il a été observée une répartition trophique similaire à celle du 2012 en saison des pluies, et en saison sèche il a été enregistrée une forte dominance des piscivores. • Dans le 2013 la dominance des ichtyophages sur la communauté piscicole de la Malmanoury a été mise en évidence d'une façon encore plus marquée par rapport aux années précédentes.
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS II (Analyse de la condition et anatomopathologie)</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. falcatus</i> : poisson strictement piscivore. • <i>H. malabaricus</i> : poisson prédateur. • <i>T. galeatus</i> : poisson omnivore occasionnel. <p>L'analyse de la condition a été réalisée sur les exemplaires prévenants de la crique Karouabo et Malmanoury.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013 la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, est significativement supérieure sur la Malmanoury par rapport à la Karouabo. ▪ L'analyse de condition de <i>T. galeatus</i>, différente de la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, ne montre pas de différence entre la Malmanoury et la Karouabo. ▪ Deux espèces de carnivores ont présentées des infestations de nématodes en saison sèche et en saison des pluies.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013, 3 928 individus répartis en 25 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. ▪ Par rapport à la Paracou une seule campagne d'échantillonnage a été menée avec 1404 individus répartis en 19 taxons ▪ Cependant, les abondances restent assez faibles sur les 4 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la crique des Pères est la crique la plus riche, avec un total de 1170 individus et 7 taxons en saison sèche, et 358 individus et 6 taxons récoltés en saison de pluies. La Karouabo, avec 975 individus en 7 taxons et 446 individus en 10 taxons en saison de pluies. La crique des Pères se place en 3^{eme} position avec 553 individus repartis en 11 taxons dans la saison des pluies et 426 individus en 11 taxons en saison sèche. ▪ En ce qui concerne la Paracou nous ne notons pas de variations par rapport à l'année 2012. ▪ 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 24% et 100% 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, la crique des pères et la Malmanoury 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 dans des proportions faibles (14%) différemment de l'année précédent. ▪ Lors de la saison des pluies, des indications de pollution organique et/ou de déficit d'oxygène (pourcentage de oligochètes entre le 48 et le 75 % du peuplement total) sont montrésdans la composition de la faune des invertébrées aquatiques de crique des Pères et de la Karouabo.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p 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*, comme en le 2012. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, comment depuis 2011 ○ La Malmanoury est en classe III* depuis 2011. ○ La Paracou a enregistré une score de III* ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice calculé sur la crique des Pères et la Karouabo est la classe VI*, ○ La qualité de la Malmanoury reste stable. Elle reste en classe III* comme en 2012. ○ La qualité de la station Paracou en amont reste stable en classe III* depuis 2011

* 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 2013
<p align="center">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 des années précédents sont confirmées pour l'année 2013.

7.2.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013

7.2.4.1. Les poissons

On note 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. Les paramètres descripteurs sont revenues aux niveaux de 2010

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.

7.2.4.2. 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 qui restent d'actualité.

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

7.2.5.1. 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,

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 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 ou Vega.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et de communautés biologiques adaptées à des milieux désoxygénés.

7.2.5.2. Soyuz

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

7.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013

7.3.1. Nichoirs

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

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

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 2) :

- 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 2 : 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 3*).



Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).

7.3.1.1. Peuplements

En 2013, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau de la savane Corneille, de la savane Lapin et de la Roche LENA, mais aussi aux alentours des ensembles de lancement. Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou sur la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

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

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013

7.3.1.3.1. 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.

7.3.1.3.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 31*).

Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2013
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 1 500 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 2013
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 27 ans, • forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). • Le franchissement de l'île verte par la mangrove continue. • 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.

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

Les écosystèmes suivants ont été étudiés au cours de l'année 2013. L'objectif est de suivre les évolutions des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur sur le CSG:

- Ecosystème des Savane (Savane Corneille)

7.4.1. Orchidées des savanes

Le CSG est le seul territoire de Guyane qui abrite au même moment les trois espèces d'orchidées *Cyrtopodium*.

- o *C.andersoniii* strictement lithophyte est inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.cristatum* moins exigeant de *C.andersoniii* peuple les pierreries et cordons de sable, peuple les savanes ouvertes du CSG. inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.parviflorum* trouvé en plusieurs pies dans les savanes du CSG, sa survie dépend des passages réguliers de feux en saison sèche.

7.4.2. Inventaire patrimonial de la savane Corneille

Les prospections effectuées au cours de l'année 2013 sur le site de la savane Corneille ont permis de recenser plusieurs nouvelles espèces pour la Guyane, dans lesquelles l'orchidée *Veyretia rupicola* c'est le recensement le plus significatif.

Différentes espèces protégées, d'un grand intérêt patrimonial, et une remarquable richesse ont été recensées sur le site, les plus remarquables sont :

- *Fucrea foetida*, en association à *Disthengatus sp.* et *Bromelia plumierii*, témoins une ancienne occupation humaine du site,
- *Stachytarpheta angustifolia*, objet de suivi depuis la construction du pas de tir Soyuz,
- *Xyris malmeana*, *X.spathacea* et *X.savaniensis* : trois des huit espèces des *Xyris* présentes dans la savane Corneille. L'ensemble est rarissime en Guyane. Peuplement essentiellement habitat à sables blancs.
- Nombreuses traces d'anciens habitats et installations amérindiennes (fosses pédologiques et tessons)
- 270 espèces de plantes vasculaires appartenant à 86 familles différentes parmi elles 45 remarquables à divers titres.

L'ensemble des différents habitats et la grande panoplie d'espèces uniques ou rarissimes enregistrées confèrent à la savane Corneille une originalité patrimoniale exceptionnelle.

8. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2013 sont les suivantes :

8.1. *Par rapport aux activités liées aux lanceurs*

8.1.1. Ariane 5

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) 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 de 277 mètres.
- 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).

8.1.2. Soyuz

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

8.1.3. 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.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures). En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

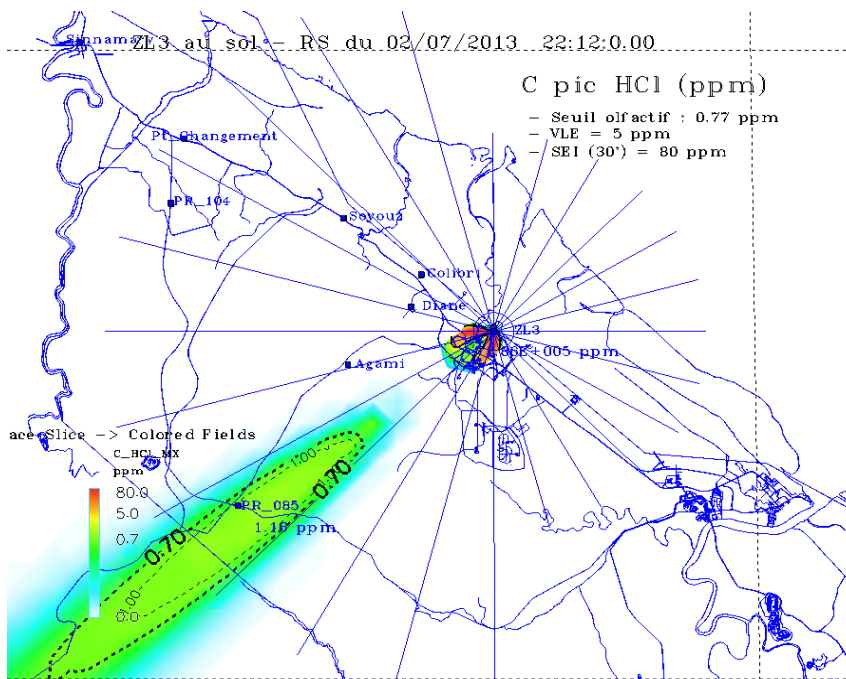
8.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- 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, les données obtenues sont stables depuis 2010.
- 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.
- Les activités de recensement des Ecosystèmes du CSG confirment la qualité exceptionnelle de ces écosystèmes en intérêt patrimonial et botanique.

9. ANNEXES

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

Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212



Alumine

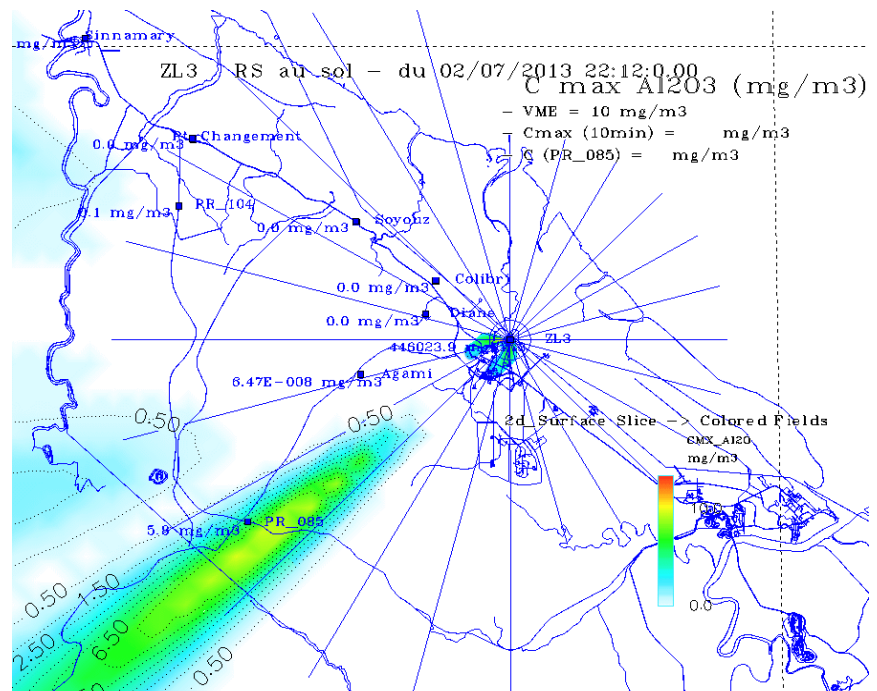


Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.

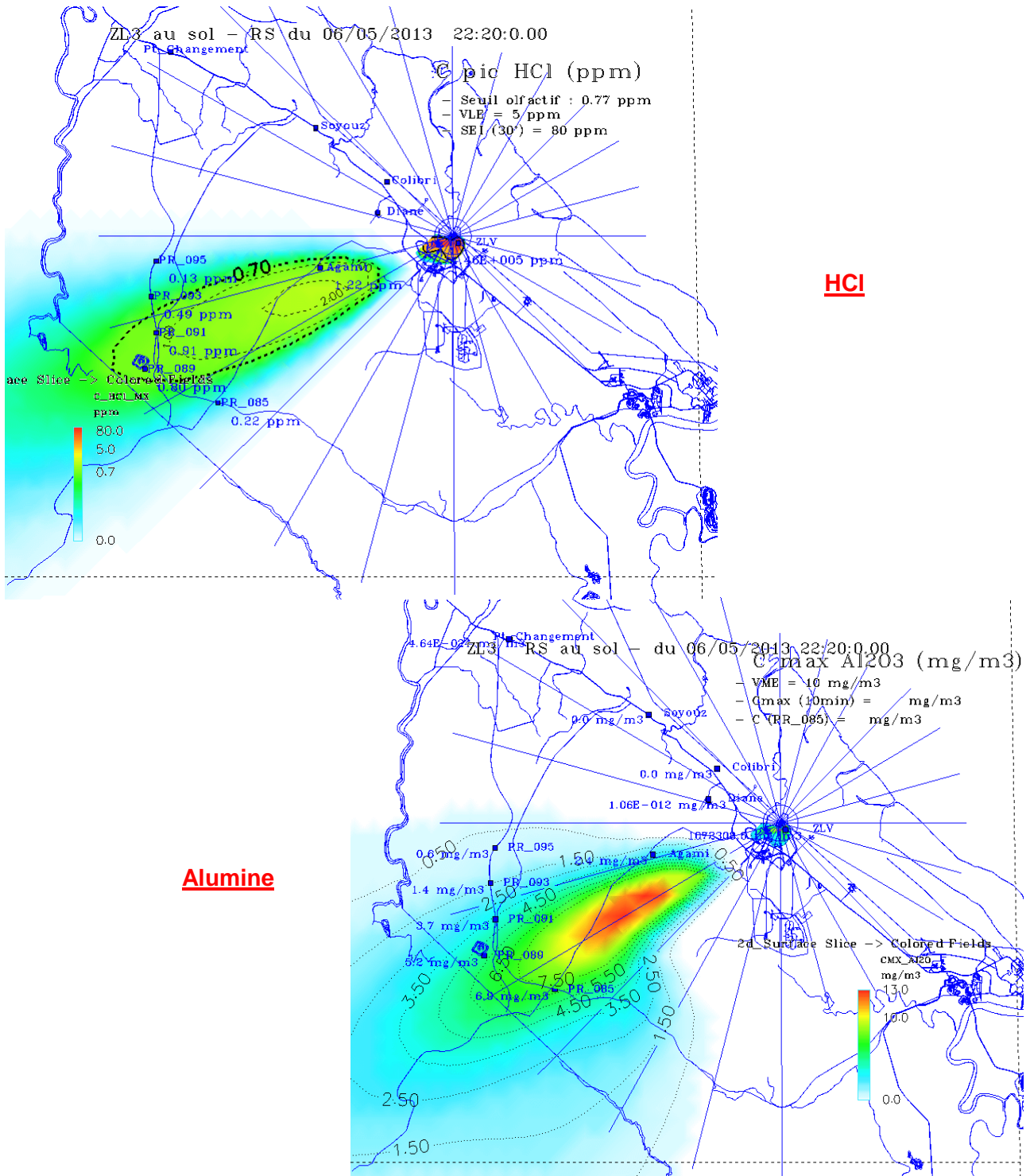


Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.

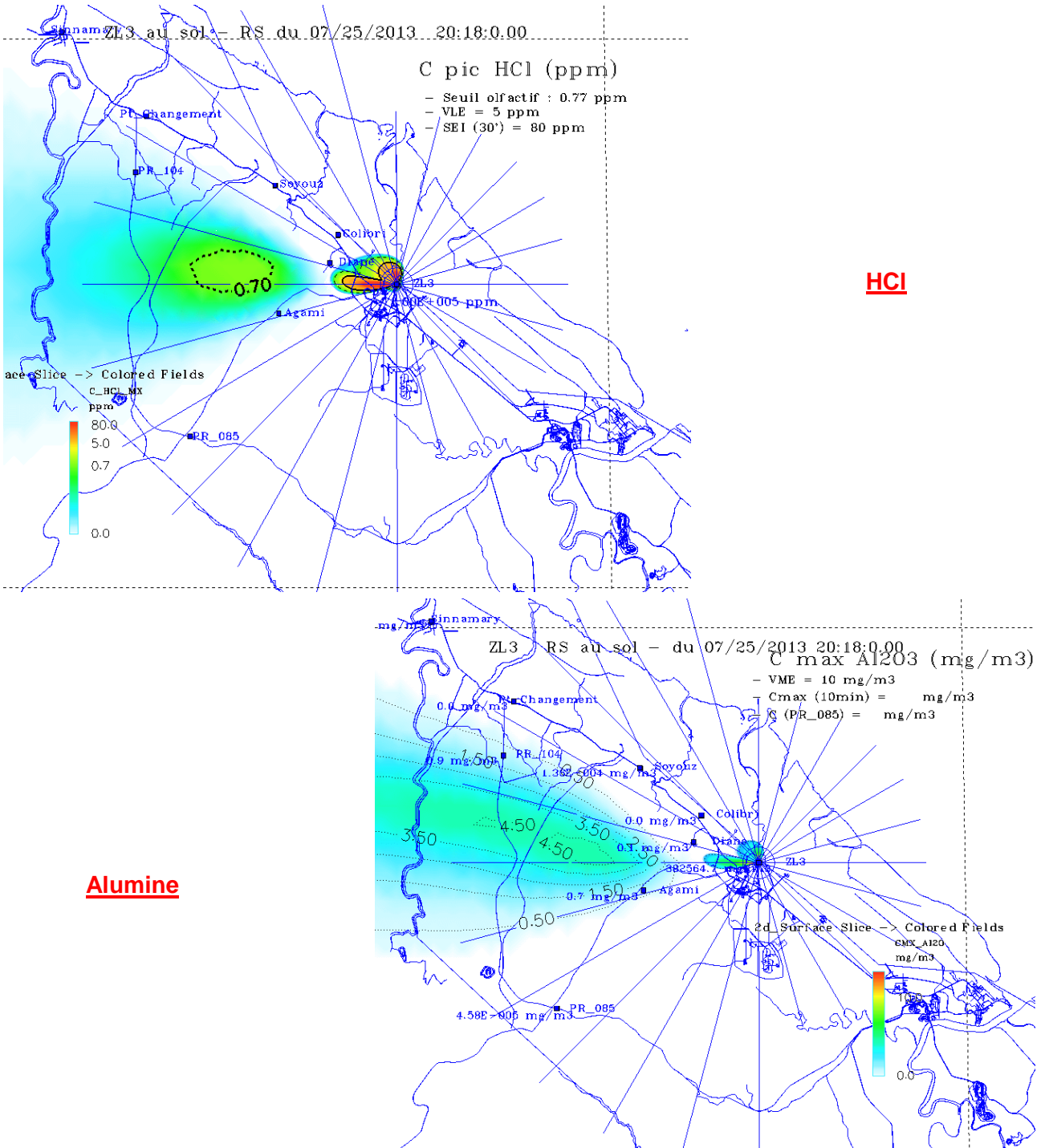
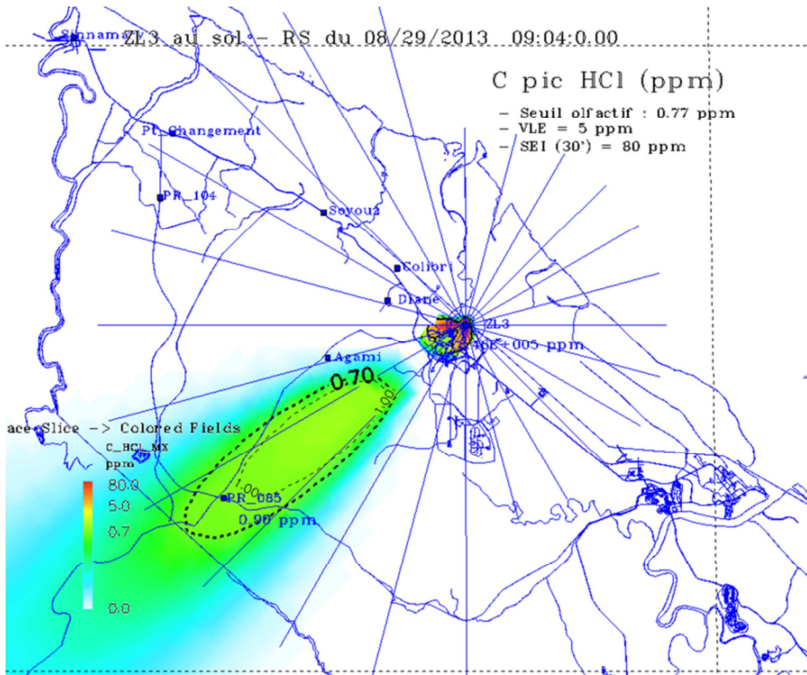


Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.



Alumine

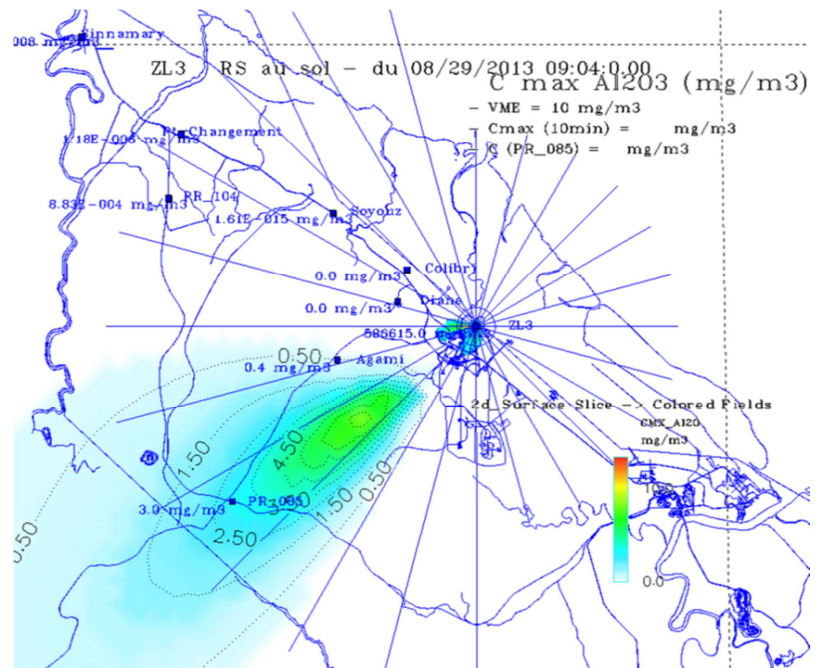
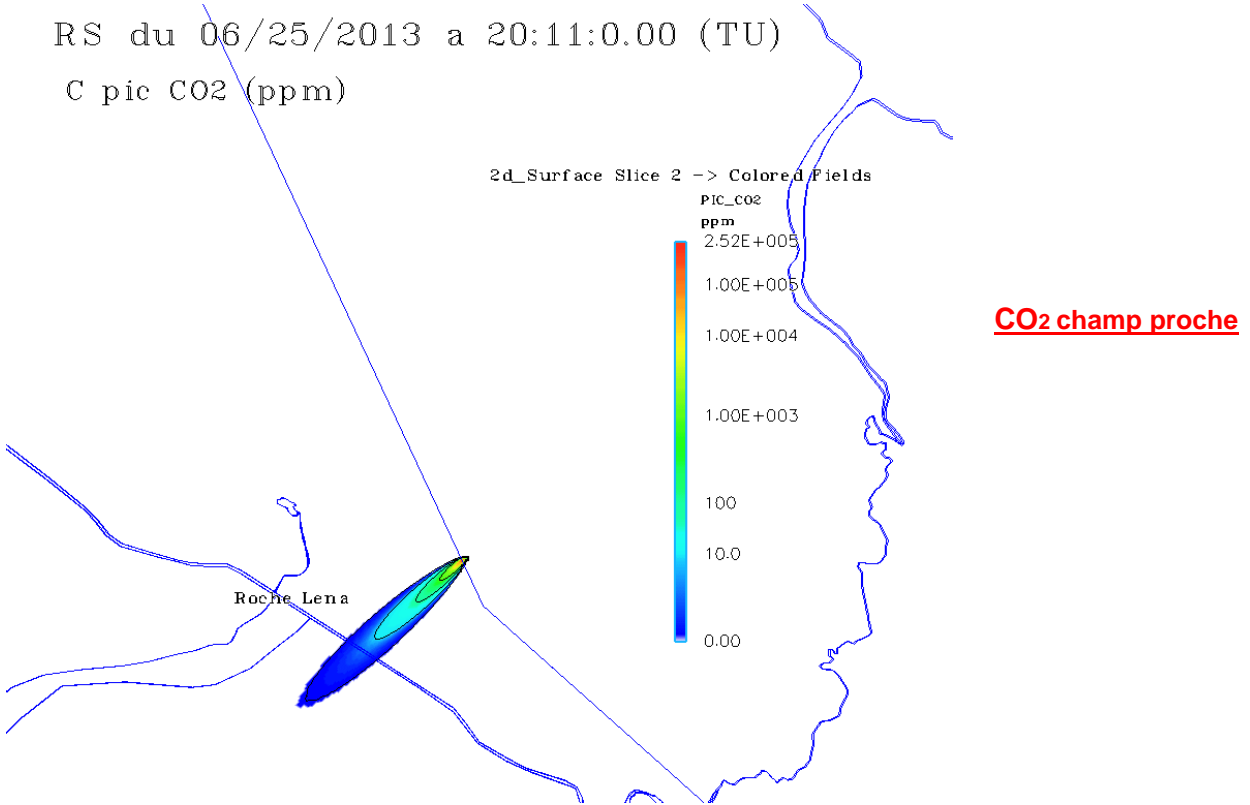
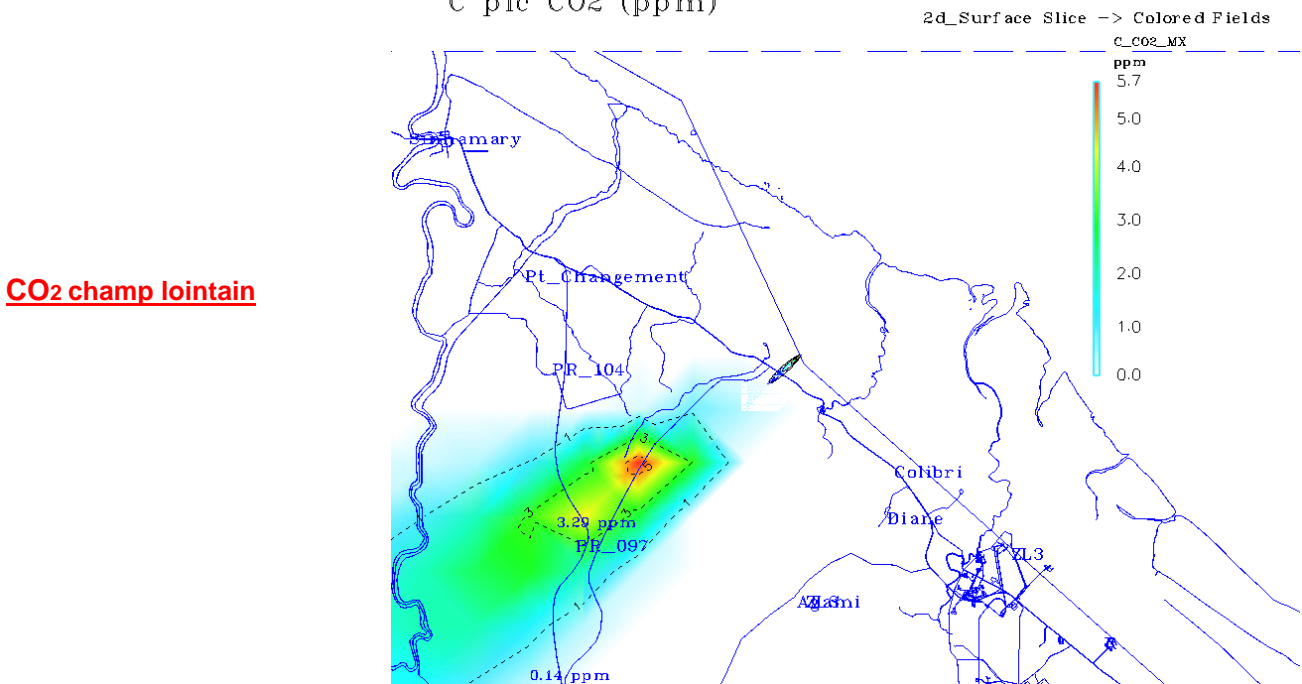


Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.

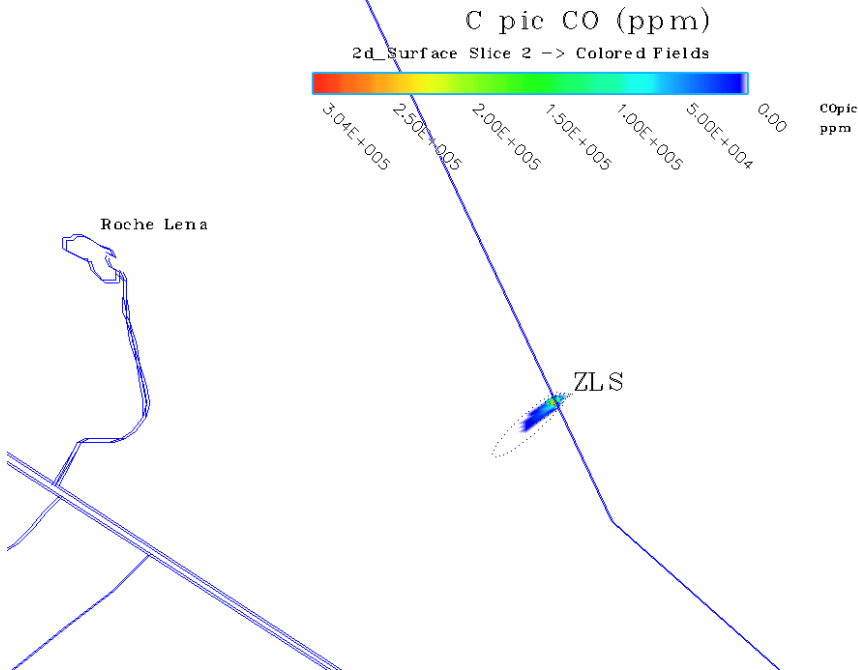
RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)

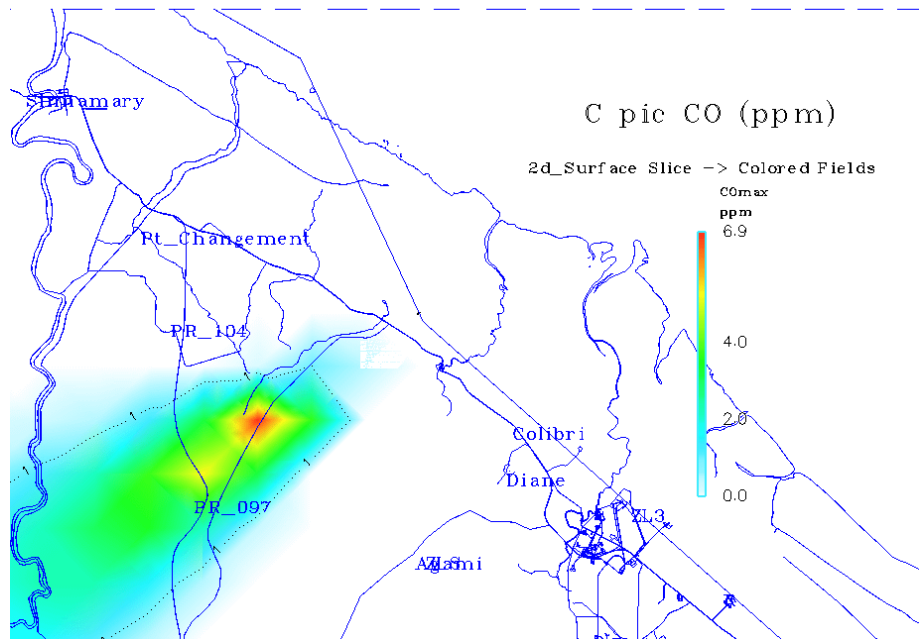


RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



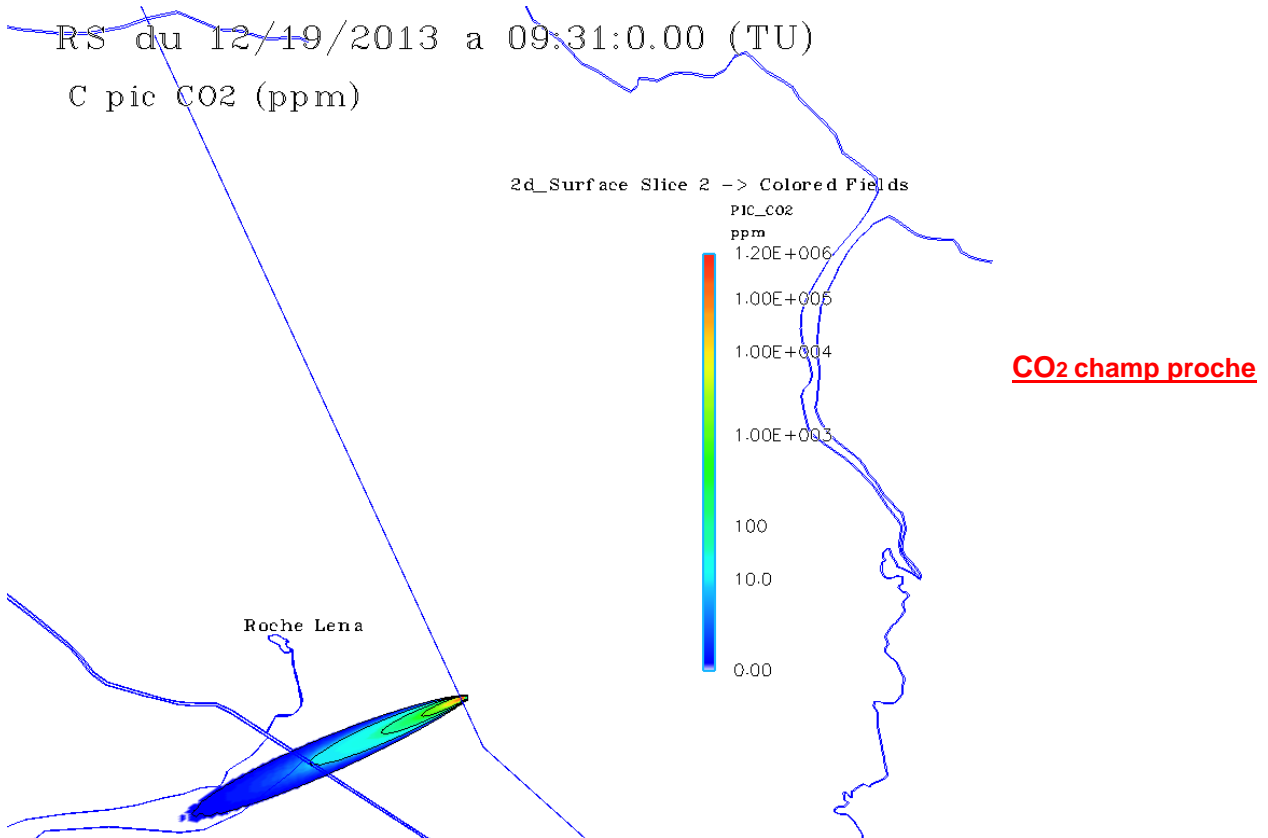
CO champ proche

RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



CO champ lointain

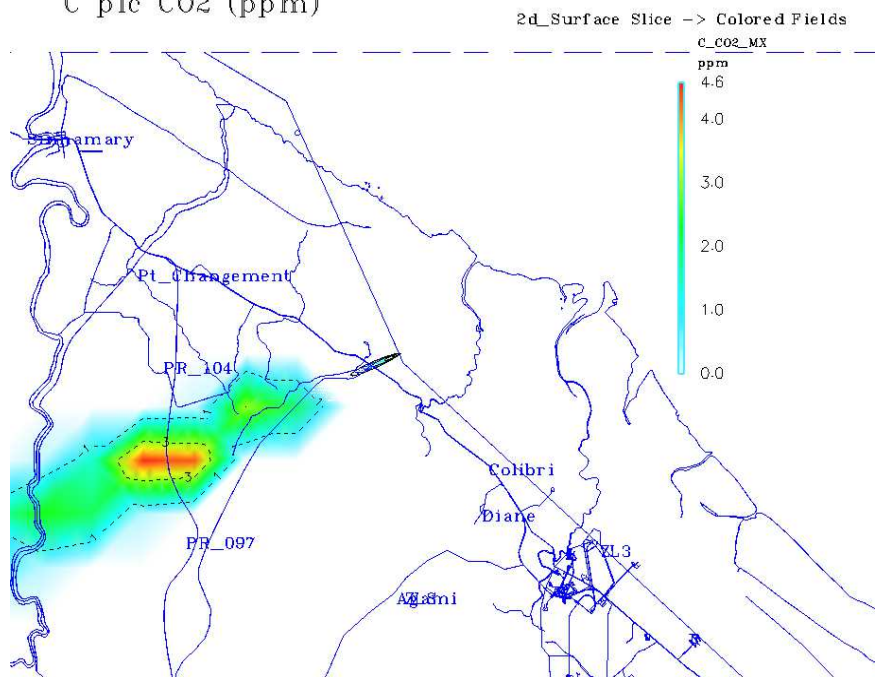
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)

C pic CO2 (ppm)

CO2 champ lointain



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

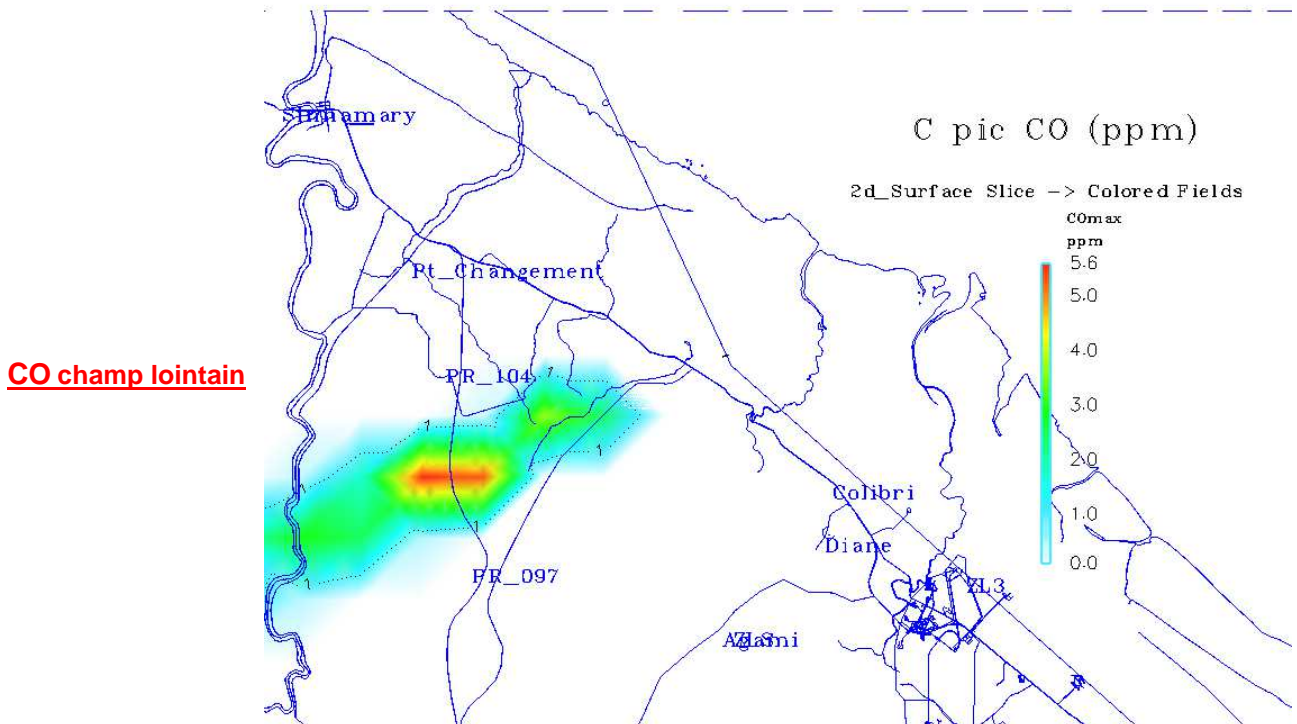
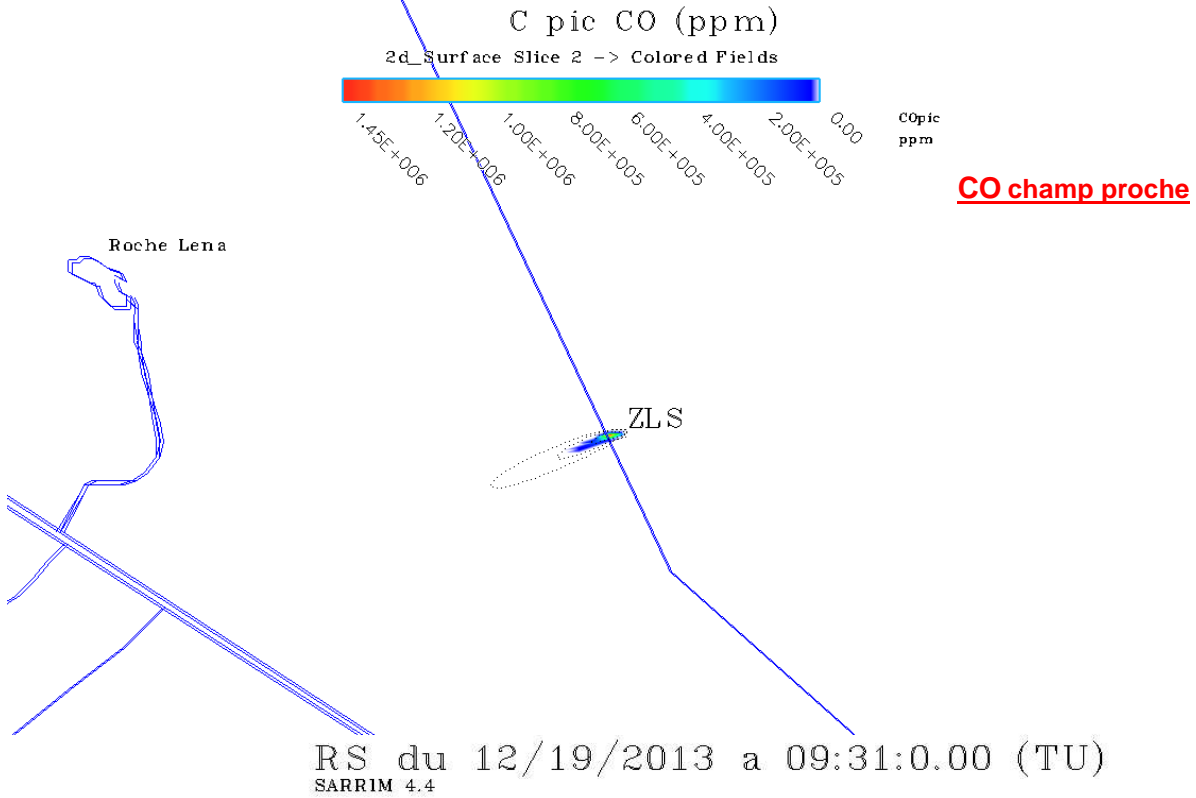
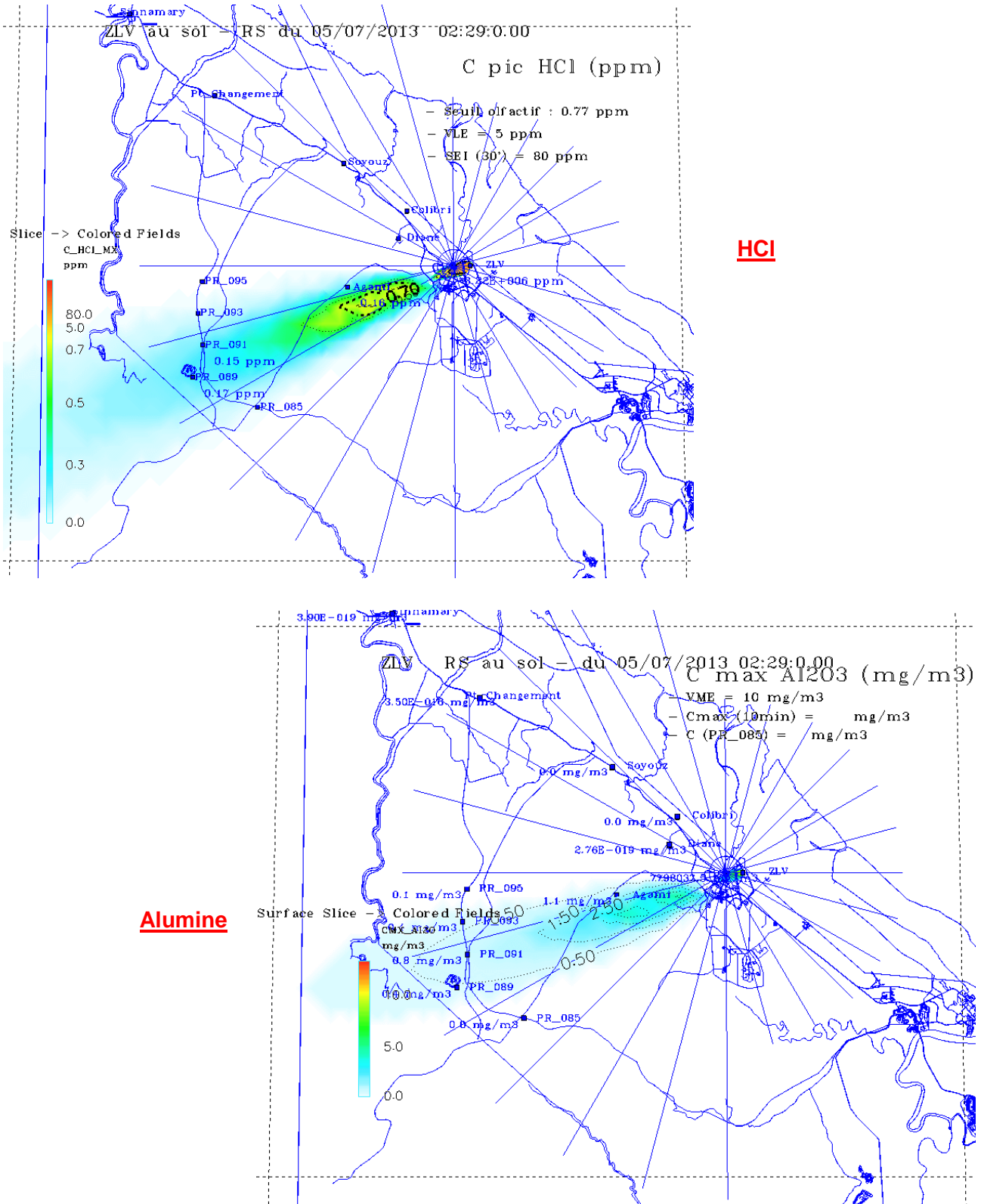


Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02



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

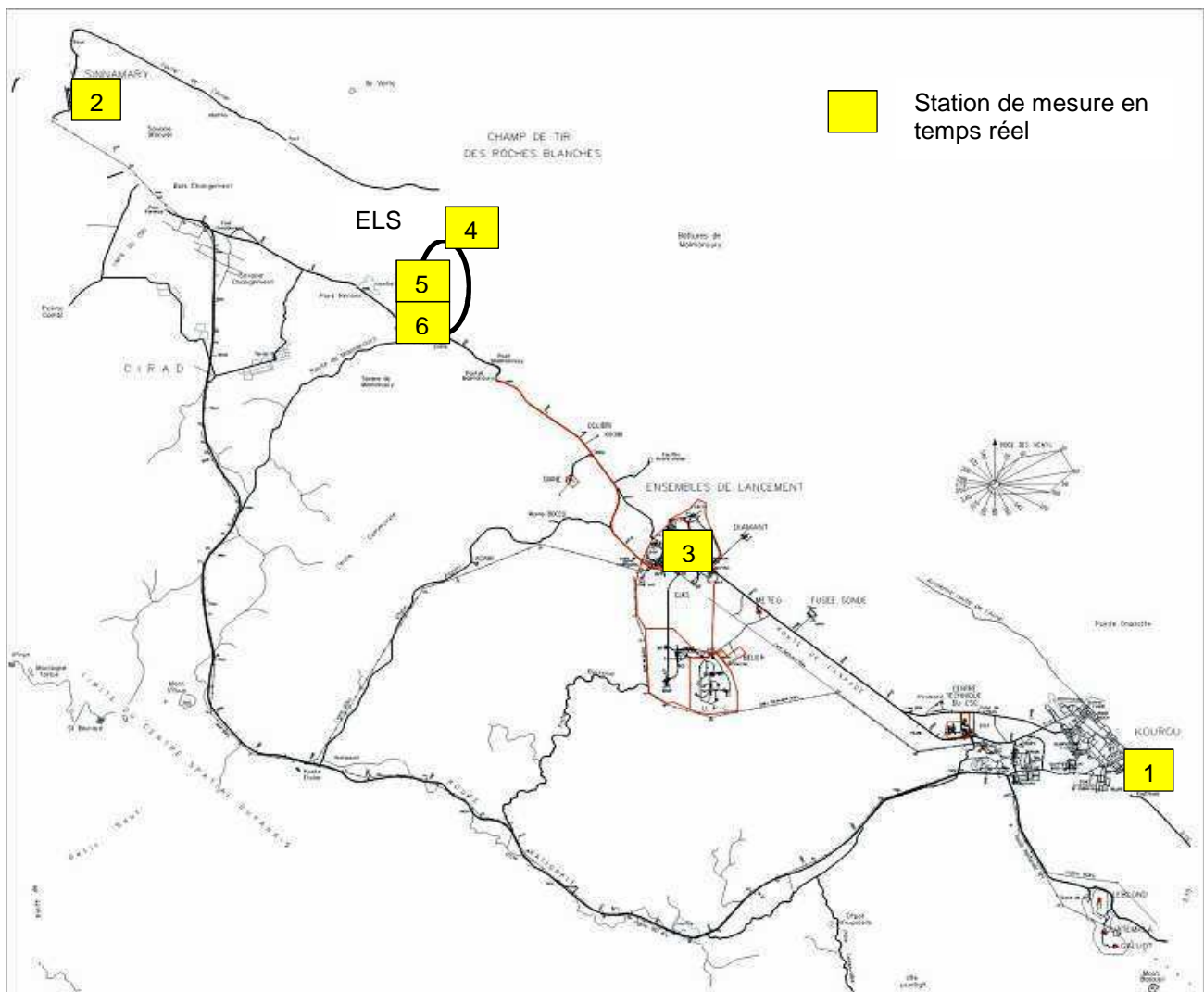
	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	8,3
V184	114,2	125,8	11,6
V185	129	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	17,7
V187	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

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
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
V212	67	99	32
V213	97	69	28
V214	105	93	12
V215	64	54	10

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 11 : 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

**BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
 ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL
 GUYANAIS 2013**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G. SDP/ES	23/06/2015
Vérifié par		
Approuvé par	RICHARD S. SDP/ES	24/06/15

DIFFUSION

Destinataires	Nombre
AE/DP/K	1
ADEME	1
CG/COM	1
CG/D	1
CG/SDP	1
CIRAD	1
DEAL	1
ECOBIOS	1
ENGREF	1
ESA/K	1
HYDRECO	1
INRA	1
IRD	1
MAIRIE DE KOUROU	1
MAIRIE DE SINNAMARY	1
ONF	1
ORA GUYANE	1
S.P.P.P.I	1
SDP/ES	1

Nombre total d'exemplaires: 19

Application autorisée par	TRINCHERO J.P. SDP/ES	24 JUIN 2015
----------------------------------	------------------------------	------------------

REPertoire DES MODIFICATIONS

Ed/Rév.	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	23/03/2015	Toutes	CREATION /DEL BUFALO G.

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 et dans l'arrêté d'exploiter n°1655/DEAL du 06/10/11 de l'ELVega à niveau du titre 8.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2013 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES</p>	<p>En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min ○ Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min ○ Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min ○ Vol 215 : 29/08/2013 à 18h30 min <p>2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min ○ Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 min <p>1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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
<p align="center">MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré de faibles écarts pour les vols A212 à A215. 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 05 et 06 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 V02. 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.
<p align="center">AIR : CHAMP PROCHE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 361 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 02, 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.

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.
<p>AIR : Réseau CODEX, analyseurs mobiles et analyseurs fixes. Suivi en continu de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seul l'appareil situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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, n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ L'appareil situé en champ proche (à 168 mètres de la ZLV) n'a pas détecté la présence de gaz chlorhydrique.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p 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.
<p align="center">EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA KAROUABO, 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 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. ▪ 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 align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée, ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la 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
PEUPLEMENTS 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 sèche par rapport à la saison des pluies. ▪ 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 nichoirs 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.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les espaces naturels littoraux confirment leur qualité exceptionnelle et les activités de recensement botanique se poursuivent.

SOMMAIRE

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	8
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES FIGURES.....	13
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	14
2. DOCUMENTS ASSOCIES	15
2.1. Documents applicables	15
2.2. Documents de référence	16
2.3. Gestionnaire technique du document.....	18
3. SIGLES ET DEFINITIONS	18
3.1. Définitions	18
3.2. Sigles	19
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	21
4.1. Rappels.....	21
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	22
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	22
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	24
4.2.3. Conclusions.....	25
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	26
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	27
4.4.1. Objectif	27
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	27
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	29
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	31
4.4.5. Conclusions.....	31
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	32
4.5.1. Objectif	32
4.5.2. Résultats.....	32
4.5.3. Conclusions.....	32
4.6. Mesures d’impact sur la végétation	33
4.6.1. Objectif du suivi	33
4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013	33

5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....	34
5.1.	Rappels.....	34
5.2.	Localisation des zones de passage de la trace de combustion.....	35
5.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	35
5.2.2.	Conclusions.....	35
5.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	36
5.3.1.	Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	36
5.3.2.	Réseaux CODEX.....	37
5.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012....	37
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA.....	38
6.1.	Rappels.....	38
6.2.	Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	39
6.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	39
6.2.2.	Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP.....	40
6.2.3.	Conclusions.....	42
6.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	42
6.4.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain.....	43
6.4.1.	Objectif.....	43
6.4.2.	Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	43
6.4.3.	Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	44
6.4.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM.....	46
6.4.5.	Conclusions.....	46
6.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo.....	47
6.5.1.	Objectif.....	47
6.6.	Mesures d'impact sur la végétation.....	47
6.6.1.	Objectif du suivi.....	47
6.6.2.	Mesures des retombées.....	47
6.6.3.	Résultats d'analyses.....	48
	6.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04).....	48
	6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08).....	49
6.6.4.	Conclusions.....	49
6.7.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013	50

7.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	51
7.1.	Mesure de la qualité des sédiments	51
7.1.1.	Objectifs du suivi	51
7.1.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	51
7.1.3.	Localisation des points de prélèvements	52
7.1.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	52
7.1.5.	Résultats des analyses pour les éléments chimiques	52
7.1.6.	Conclusions	56
7.2.	Suivi de la faune aquatique pour 2013	58
7.2.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	58
7.2.2.	Lieux échantillonnés	58
7.2.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013	59
7.2.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013	64
	7.2.4.1. <u>Les poissons</u>	64
	7.2.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	64
7.2.5.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique	65
	7.2.5.1. Ariane 5 et Vega	65
	7.2.5.2. Soyuz	65
7.3.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013	66
7.3.1.	Nichoirs	66
	7.3.1.1. Peuplements	68
	7.3.1.2. Résultats du suivi de l'avifaune	68
	7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013	68
7.4.	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG	70
	7.4.1. Orchidées des savanes	70
	7.4.2. Inventaire patrimoniale de la savane Corneille	71
8.	CONCLUSIONS GENERALES	72
8.1.	Par rapport aux activités liées aux lanceurs	72
	8.1.1. Ariane 5	72
	8.1.2. Soyuz	73
	8.1.3. Vega	73
8.2.	Par rapport au suivi de l'environnement du CSG	74
9.	ANNEXES	75
	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	75
	Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	84
	Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	22
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	23
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	24
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages. .	25
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013	26
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	27
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	28
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	29
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	30
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	31
Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).	32
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	35
Tableau 13 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012	36
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	39
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	40
Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	41
Tableau 17 : 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. .	41
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.	42

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	43
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	44
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	44
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	45
Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	46
Tableau 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 en champ proche.	48
Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 en champ lointain.	49
Tableau 26 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	51
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.	52
Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.	53
Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.	55
Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.	59
Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.	57
Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.	66
Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).	67
Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212.	75
Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.	76
Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.	77
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.	78
Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.	79
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.	80
Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02.	83
Figure 11 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.	86

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2013 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact de ses activités industrielles sur l'environnement.

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

- des 4 campagnes Ariane 5 (vols A212 à A215),
- des 2 campagnes Soyuz (vol S05 et vol S06),
- de 1 campagne Vega (vol V02),
- 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),

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).
- 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

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.

2.2. Documents de référence

- [DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.
- [DR 2] **XXV-PCO-83-13609-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Vega.
- [DR 3] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.
- [DR 4] **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 5] **CG/SDP/ES/N°15 -180** - Plan de mesures environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 6] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 12] **CG/SDP/ES/N°15- 41**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2011.
- [DR 13] **CG/SDP/ES/N°15- 167**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2012.

- [DR 14] **CSG-RP-S3X-16132-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A212 du 07 Février 2013 à 18h36 mn.
- [DR 15] **CSG-RP-S3X-16133-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A213 du 05 Juin 2013 à 18h52 mn.
- [DR 16] **CSG- RP-S3X-16134-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A214 du 25 Juillet 2013 à 16h54 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-16123-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A215 du 29 Août 2013 à 17h30 mn.
- [DR 18] **CG/SDP/ES/N°15-172-** Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S05 du 25 Juin 2013 à 16h27.
- [DR 19] **CG/SDP/ES/N°15-197** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S06 du 19 Décembre 2013 à 06h12.
- [DR 20] **CG/SDP/ES/N°15-867-** Résultats du plan de mesures environnement Vega Vol V02 du 06 Mai 2013 à 23h06 mn.
- [DR 21] **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 de la propulsion des lanceurs Ariane 5 et Soyuz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2013.
- [DR 22] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2013.
- [DR 23] **Cabinet ECOBIOS (Commande n°4700038309 / CSG093)** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes & éléments de biodiversité de la base spatiale. Bilan synthétique 2013.
- [DR 24] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2013.
- [DR 25] **Cabinet ECOBIOS** –Etude du patrimoine naturel de la savane Corneille. Décembre 2013

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

4.1. *Rappels*

En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min
- Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min
- Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min
- Vol 215 : 29/08/2013 à 18h13 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 (ELA) [DA 3].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 1, 3 à 17, 21 à 23 et 25] 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).

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>
A212	Fevrier	99	95	4,3	8,8
A213	Juin	69	89	6,2	7,3
A214	Juillet	93	117	7,7	7,1
A215	Août	54	101	5,2	8,8

Pour l'année 2013, 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 Ouest (direction de la piste Agami) en Fevrier et Juillet,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Juin 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.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
A212	1,80	10,10
A213	2,50	13,20
A214	1,00	5,00
A215	2,00	8,40

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 A212 et A213, pour lesquelles des valeurs dépassants ce seuil ont été calculées. Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

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

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

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

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

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

Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2013. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 9* 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 2013, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 10% en 2013 et une valeur de 15% en 2012,
- 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.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	99	67	-32,3%
A213	69	97	40,6%
A214	93	105	12,9%
A215	54	64	18,5%

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 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.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m3)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	2,5	12,5	31,3%
A213	2,7	12,5	1,3%
A214	1,3	7,0	35,0%
A215	2,5	14,2	47,0%

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 A214 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 28,7 %).

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 2013. 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 (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
A212	ND	ND	ND	ND
A213	ND	ND	ND	ND
A214	X	ND	ND	ND
A215	X	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo. 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, seul l'appareil mobile situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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*).

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2 224	463	140	776,5
Distance de la ZL3 (m)	235	361	361	361
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2,84	1,13	1,55	1,12
Distance de la ZL3	2 425	2 789	1 874	2 790 et 10 585
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace	CL 08 : Parking ancienne RN1	CL11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace et CL20 : Piste Agami – PK10 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m³)	6 478,99	11 908,29	4 915	6 598
Distance de la ZL3 (m)	277	277	277	277
Localisation	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	94,83	194,97	76,51	39,72
Distance de la ZL3	2 425	17 153	7 498	11 123
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 03 : Kourou – Débarcadère des Iles	CL 18 : Site Agami	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 03 (Kourou – Débarcadère de Iles), 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).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
A212	Fevrier	65%	12%
A213	Juin	23%	8%
A214	Juillet	23%	13%
A215	Août	2%	16%

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 des écarts significatives sont à signaler.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 1 697 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 A213. 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* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

4.5.2. Résultats

Suite à un problème technique intervenu sur le préleveur, pour l'année 2013 une seule campagne de mesures a pu être déroulée (confer le *Tableau 11*).

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).

	pH unité pH	CONDUCTIVITE µS/cm à 25°C	CHLORURES mg/l	SODIUM mg/l	ALUMINIUM mg/l
Moyenne	6,44	28,33	5,36	0,16	3,37
Ecart type	0,16	5,00	0,55	0,03	1,83
Nombre de mesures	9	9	9	9	9

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, du pH, les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

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

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

4.6. Mesures 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 2013, suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats des produits de combustion issues des premières étage de Ariane 5 n'a eu lieu.

4.7. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2013 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 ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux.

Suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats a eu lieu en 2013.

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

5.1. Rappels

En 2013, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min
- Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 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, 12, 13, 18, 19, 21 à 24] seront présentés dans cette 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,

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 12 : 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>
S05	Juin	55	65	5,3	7,7
S06	Décembre	66	58	8,3	5,3

Pour l'année 2013, 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 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 13 : Tableau récapitulatif des détections pour l'année 2013

		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	VS05	29,22	20,1 ##	1,2 ##	HS	50,6 ##	1,0 ##	11,9 #	4,3 #
	VS06	31,3 ?	18,2 ?	1,9 ?	723,6 ?	74,9 ?	0,8 ?	20,3 ?	3,5 ?
shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	VS05	26,4 ###	20,0 ###	2,0 ###	HS	39,9 ###	1,1 ###	17,9 ###	4,6 ###
	VS06	25,6	19,8	1,8	750,8	57,3	1,0	23,4	3,4
shelter n°6 : zone de stockage PHHC	VS05	HS	HS	1,0 ###	HS	HS	HS	18,9 #	HS
	VS06	25,1	18,8	1,6	710,8	HS	0,9	23,4	HS
shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	VS05	28,8 ###	19,9 ###	1,4 ###	HS	42,6 ###	0,4 ###	22,8 ###	10,7 #
	VS06	25,8	19,6	1,6	765,4	45,9	1,3	20,8	6,6
shelter n°1 : Kourou	VS05	28,7	36,3	1,5	746,1	26,8	2,1	21,9	HS
	VS06	28,1	22,3	1,3	768,9	HS	HS	35,3	HS
shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	VS05	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
	VS06	20,8	22,3	HS	751,1??	63,2	0,9	16,1	4,6??

HS : Hors Service

Valeur moyenne sur 14h max ## Valeur moyenne sur 19h ### Valeur moyenne sur 34h max

? Valeur moyenne sur 41h ?? Valeur moyenne sur 44h

Les shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas enregistré 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.

Les détecteurs du réseau CODEX n'ont pas détecté de 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 2013

Le résultat des mesures de la qualité de l'air nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2013 sont non quantifiables voire négligeables. Ils sont comparables avec les résultats obtenus pour l'année 2012.

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

6.1. *Rappels*

En 2013, 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :

- Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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 2 à 4, 13, 20 à 23]** 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).

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

VOL	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
V02	Mai	73	83	6,3	10,5

Pour l'année 2013, 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 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
V02	1,3	5,2

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

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 2013, l'analyse des simulations a montré un écart de 17,8 %, et a confirmée l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	73	86	17,8%

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 20* et le *Tableau 22* 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 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 17 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	2,1	10,2	78,8%

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 ou 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 78.8 %).

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 2013. 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 ou ARPEGE 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'ELVega.

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).

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
V02	ND	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo, 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, 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 19*).

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	186
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04: Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45

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 20*).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	45
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

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 21*).

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	449
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04 : Chemin de ronde ZLVega – 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 22*).

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	250
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 23 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
V02	Mai	17%	2%

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 2%). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est supérieur (de l'ordre de 17%)

6.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour le vol V02 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 168 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 est mis en place la veille du lancement. L'échantillonnage débute quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours).

A cause de problèmes techniques intervenus pendant la précédente campagne d'échantillonnage (Vol A213), n'a pu être obtenu aucun suivi de la qualité des eaux.

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 V02 (Mai).

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 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 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 V02	Moyenne	14,80	171,95	36,47	5,35	13,29	5,29	722	3,35
	Ecart type	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Nombre de mesures	1	1	1	1	1	1	1	1

Seulement un échantillon a été récupéré en champ proche, les autres ont été trouvés reversés.

Les résultats recueillis pour les paramètres sont cohérents les uns par rapport aux autres.

La comparaison des résultats des pluviollessivats à ceux des bacs à eau met en évidence :

- L'érosion du carneau. Ce phénomène est corroboré par les concentrations élevées en Calcium et Magnésium,
- Des teneurs en ions chlorures supérieures à celles des bacs à eau, du à un apport lié au lancement.

6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 25*

Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluvolessivats pour le lancement V02 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 μS/cm à 25°C	pH unité pH
VOL V02 Moyenne	3,06	1,86	0,50	0,24	1,47	1,15	15,25	5,94
Ecart type	0,81	0,29	0,17	0,00	0,43	0,16	3,11	0,18
Nombre de mesures	4	4	4	4	4	4	4	4

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 pluvolessivats ont mis en évidence un très faible impact du nuage de combustion sur la végétation du champ proche.

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. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013

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

- l'analyse des retombes chimiques en Chlorures et Alumine en champ proche et en champ lointain,
- l'analyse de l'eau de la crique Karouabo,
- l'analyse des pluviolessivats.

Les résultats nous permettent de conclure que les impacts générés pendant le lancement Vega en 2013 sont négligeables.

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

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

7.1. Mesure de la qualité des sédiments

7.1.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 [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.

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

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

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en raison de leur caractère acide naturel. À cela, il faut ajouter le degré d'agressivité des sols (argilite) très important. Ces facteurs corrosifs entraînent un lessivage des sols, et donc, la dissolution d'éléments mobiles à très mobiles tels que (Mg, Zn, Cd, Al).

Le potentiel de transfert élevé de l'aluminium fait qu'il se décompose assez facilement en ions Al^{3+} ou en ions hydroxylés $Al(OH)_n$. Ces derniers sont alors solubilisés et transportés sous forme hydrique vers des horizons d'accumulation ou sont complexés dans le sol. Les ions Al^{3+} , fixés par le complexe absorbant, peuvent s'hydroxyler ou se polymériser en donnant des hydroxydes colloïdaux. Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer le *Tableau 26*).

Tableau 26 : 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

7.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 13 au 15 Mai 2013 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la Karouabo et le 23 Septembre pour la Paracou [DR 22 et 24]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

7.1.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques, à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 27*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 27 : 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)	pH (unités pH)	Hydrocarbures (mg/l)
CRIQUE MALMANOURY	14/05/2013 à 16h30	26,2	21	5,1	63	4,89	5,03	-
	15/05/2013 à 12h00	25,3	14	6,2	75	15,7	5,09	-
CRIQUE KAROUABO	13/05/2013 à 18h15	25,9	21	3,6	44	2,57	4,94	-
	14/05/2013 à 11h30	26,1	21	3,4	41	1,85	4,86	-
CRIQUE PARACOU AM	23/09/2013 à 12h15	25,4	27	5,7	68	-	6,25	<0,05
	23/09/2013 à 12h30	25,5	27	5,6	67	-	6,19	<0,05

Il est ainsi intéressant de noter que la température et la conductivité sont quasiment constantes sur l'ensemble des criques échantillonnées. Néanmoins, nous constatons que la teneur en oxygène fluctue d'une crique à l'autre. La Karouabo est moins oxygénée car son débit est très faible. Elle se comporte comme un milieu lentique. Pour la Malmanoury un violent orage intervenu dans la nuit du 14 au 15 mai a influencé la teneur en oxygène..

7.1.5. Résultats des analyses pour les éléments chimiques

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

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 28 : 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
pH unité pH	4,14	4,38	4,66	4,6	4,26	4,13	4,08	4,4	4,12	4,1	5,2	5,1	5,3	4,9	5
Aluminium mg/Kg MS	16667	16016	20813	4596	29124	24632	13837	47330	24838	23117	4772	5424	4354	7898	22153
Baryum mg/Kg MS	39,4	46,1	47	12,1	71,4	39,6	40	70,4	95,1	93,5	10,3	12,3	8,6	17,5	49,2
Calcium mg/Kg MS	71,9	68,3	228	106	163	224	<51,5	248	118	147	97	106	70	144	424
Cadmium mg/Kg MS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Chrome mg/Kg MS	16,9	16,2	25	7,29	28,2	52	25,1	70,2	43,8	42,7	4,04	3,03	1,86	4,68	10,41
Cobalt mg/Kg MS	0,83	0,85	1,1	0,32	1,17	1,14	0,8	6,42	3,23	3,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,6
Cuivre mg/Kg MS	<0,20	1,91	1,81	<0,20	2,87	3,52	1,92	80,9	8,68	8,5	1,01	0,49	0,2	0,71	2,4
Fer mg/Kg MS	4158	4242	6795	1575	15594	8220	2932	83961	15519	6838	705	827	591	1249	3052
Magnésium mg/Kg MS	565	529	463	179	743	360	249	973	1714	1658	<50	<50	<50	70	199
Manganèse mg/Kg MS	15,8	15,6	18,1	11,9	18,6	11,4	9,27	109	32,9	32,4	3,23	3,24	2,4	4,48	11,61
Mercure mg/Kg MS	0,06	0,07	0,06	0,02	0,07	0,08	0,05	0,09	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,09
Molybdène mg/Kg MS	0,73	0,44	0,26	<0,20	<0,20	0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nickel mg/Kg MS	3,86	6,02	8,33	3,24	9,01	13,5	11,7	29,8	18,2	17,2	7,67	3,84	2,2	3,05	5
Plomb mg/Kg MS	6,5	8,92	14,8	6,07	11,5	13,5	7,8	26,9	16,2	17	1,58	1,86	1,22	2,44	6,8
Potassium mg/Kg MS	1247	1349	1037	496	1889	684	841	1707	2817	2640	88	62	<50	87	242
Sélénium* mg/Kg MS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,15	<1,0	<1,0
Zinc mg/Kg MS	5,69	6,85	11,4	2,83	10,6	5,39	2,68	50,1	14,3	13,8	<2	<2	<2	<2	<2

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

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, par rapport à l'année 2012, 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 AV2 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 11 des 14 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.

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

Tableau 29 : 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	
		M	σ	M	σ	M	σ
pH	unité pH	4,4	0,2	4,18	0,1	5,10	0,1
Aluminium	mg/Kg MS	17 457,2	7 964,0	27 659,25	11 060,0	8 920,20	6 729,5
Baryum	mg/Kg MS	43,2	19,0	61,28	24,4	19,58	15,1
Calcium	mg/Kg MS	127,4	60,7	147,50	87,8	168,20	130,1
Cadmium	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Chrome	mg/Kg MS	18,7	7,3	47,78	14,6	4,80	3,0
Cobalt	mg/Kg MS	0,9	0,3	2,90	2,0	0,12	0,2
Cuivre	mg/Kg MS	1,3	1,1	23,76	30,2	0,96	0,8
Fer	mg/Kg MS	6 472,8	4 850,2	27 658,00	30 507,0	1 284,80	911,2
Magnésium	mg/Kg MS	495,8	183,5	824,00	619,1	53,80	77,5
Manganèse	mg/Kg MS	16,0	2,4	40,64	36,4	4,99	3,4
Mercure	mg/Kg MS	0,1	0,0	0,07	0,0	0,04	0,0
Molybdène	mg/Kg MS	0,3	0,3	0,05	0,1	N.A.	N.A.
Nickel	mg/Kg MS	6,1	2,3	18,30	6,3	4,35	1,9
Plomb	mg/Kg MS	9,6	3,3	16,10	6,2	2,78	2,0
Potassium	mg/Kg MS	1 203,6	451,9	1 512,25	882,5	95,80	79,8
Sélénium*	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,23	0,5
Zinc	mg/Kg MS	7,5	3,1	17,25	17,0	N.A.	N.A.

*= la mesure du Sélénium n'est pas accréditée

7.1.6. Conclusions

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

Ces processus sont :

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

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo, 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 3] 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 1*).

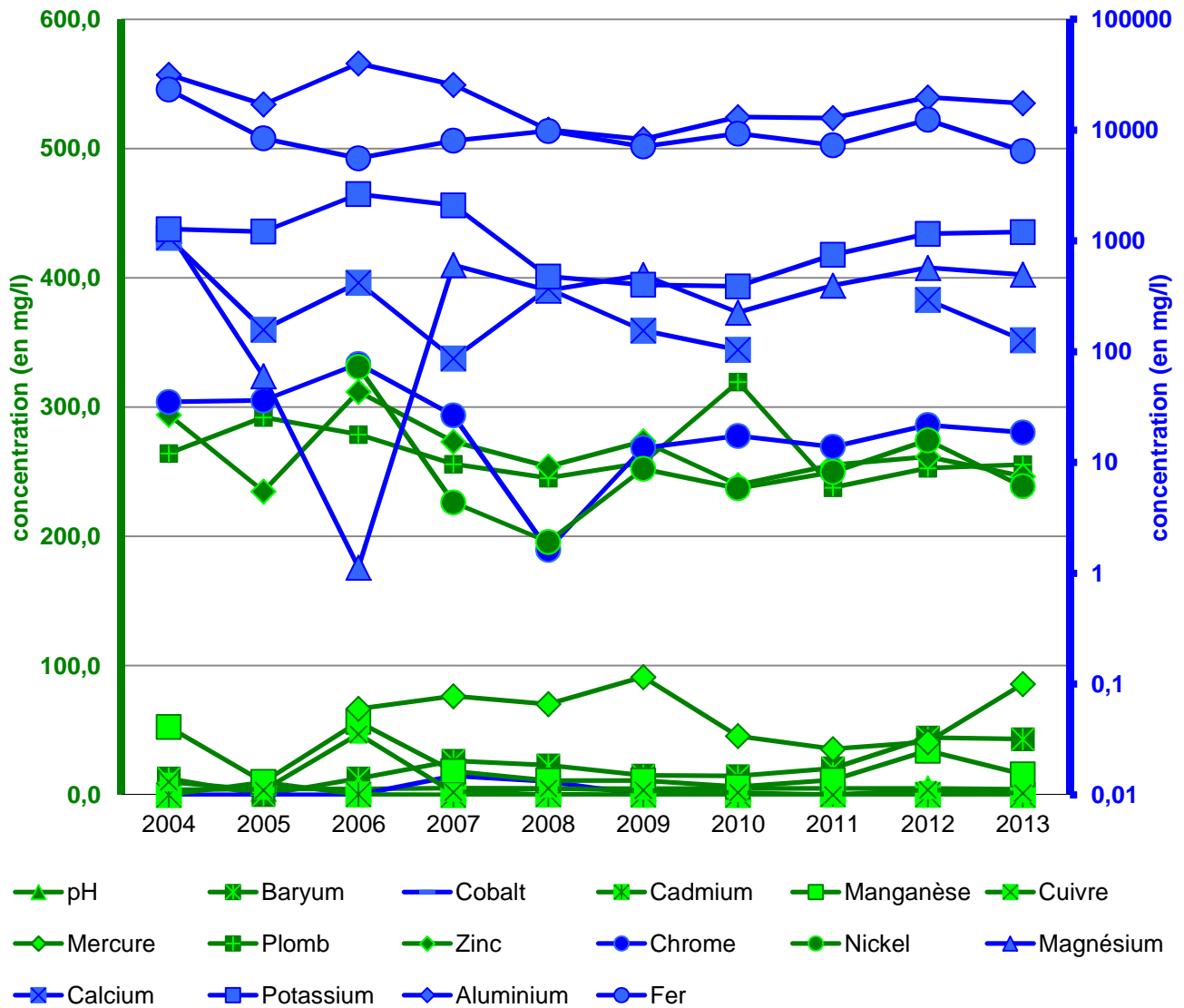


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.

7.2. Suivi de la faune aquatique pour 2013

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].

7.2.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 et Vega et les produits de combustion de la trace de Soyuz 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 2013 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'Ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

7.2.2. Lieux échantillonnés

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

- **la Karouabo.** En effet, c'est la crique la plus proche du pas de tir d'Ariane 5 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.

7.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013

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

Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<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 : 40 centimètres, 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 60 à 70 % de saturation. Concernant la Karouabo, on constate, après quatre 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 45% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison de pluie de l'ordre de 40 % de saturation). Par ailleurs, on observe un contraste jour/nuit moins marquée par rapport à l'année 2012 en faveur des teneurs du 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), 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 2013
<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>
<p>PEUPLEMENTS 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 sont compris entre celui de 2010 et celui de 2012, les observations de l'année passée restent d'actualité. • Sur la Karouabo, ce nombre continue de décroître depuis 2009. • Sur la Malmanoury, les captures sont les plus basses depuis le début du suivi. ▪ En saison sèche, les captures ont suivi des évolutions plus similaires à la saison sèche de 2011, avec quelque exception : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la Crique des Pères, on mesure une augmentation généralisée des individus et espèces par rapport à les années précédentes. • Sur la Karouabo, le nombre de capture redeviens à des valeurs proches de celles du 2011, avec une dominance en biomasse d'<i>A.falcatus</i> et <i>L.gosseii</i>. • Sur la Malmanoury les captures ont été inférieures d'un facteur 2 par rapport à 2012 et donc plus similaire à 2011, et par rapport au nombre d'espèces, on observe un nouveau maximum. La biomasse totale est divisée par trois par rapport à 2012 et plus proche à des valeurs du 2011. • Sur la Paracou en amont deux espèces déterminantes (<i>M. eleotrioides</i> et <i>N aureocephalus</i>) ont été capturées. Ce sont des espèces communes et fréquentes sur ce site. ▪ Par rapport aux années précédentes la faune piscicole se trouve, globalement, dans la lignée des années précédentes.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>PEUPELEMENTS 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 un de ses niveaux de richesse historique le plus haut en saison sèche et en saison de pluie. • La Karouabo reste dans la continuité des années précédentes. • La Malmanoury a montré des niveaux de richesse élevées en saison sèche, et des niveaux qui continuent à diminuer vis-à-vis les années précédents. ▪ Concernant la diversité : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères confirme sa stabilité • La Karouabo continue de montrer, depuis le 2006, une discontinuité saisonnière en faveur de la saison sèche. • La Malmanoury atteint des niveaux stables depuis 2009. ▪ Par rapport à la structure trophique : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères montre une large prédominance des omnivores, indépendamment de la saison. • En ce qui concerne la Karouabo, il a été observée une répartition trophique similaire à celle du 2012 en saison des pluies, et en saison sèche il a été enregistrée une forte dominance des piscivores. • Dans le 2013 la dominance des ichtyophages sur la communauté piscicole de la Malmanoury a été mise en évidence d'une façon encore plus marquée par rapport aux années précédentes.
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS II (Analyse de la condition et anatomopathologie)</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. falcatus</i> : poisson strictement piscivore. • <i>H. malabaricus</i> : poisson prédateur. • <i>T. galeatus</i> : poisson omnivore occasionnel. <p>L'analyse de la condition a été réalisée sur les exemplaires prévenants de la crique Karouabo et Malmanoury.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013 la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, est significativement supérieure sur la Malmanoury par rapport à la Karouabo. ▪ L'analyse de condition de <i>T. galeatus</i>, différente de la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, ne montre pas de différence entre la Malmanoury et la Karouabo. ▪ Deux espèces de carnivores ont présentées des infestations de nématodes en saison sèche et en saison des pluies.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013, 3 928 individus répartis en 25 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. ▪ Par rapport à la Paracou une seule campagne d'échantillonnage a été menée avec 1404 individus répartis en 19 taxons ▪ Cependant, les abondances restent assez faibles sur les 4 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la crique des Pères est la crique la plus riche, avec un total de 1170 individus et 7 taxons en saison sèche, et 358 individus et 6 taxons récoltés en saison de pluies. La Karouabo, avec 975 individus en 7 taxons et 446 individus en 10 taxons en saison de pluies. La crique des Pères se place en 3^{eme} position avec 553 individus repartis en 11 taxons dans la saison des pluies et 426 individus en 11 taxons en saison sèche. ▪ En ce qui concerne la Paracou nous ne notons pas de variations par rapport à l'année 2012. ▪ 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 24% et 100% 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, la crique des pères et la Malmanoury 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 dans des proportions faibles (14%) différemment de l'année précédent. ▪ Lors de la saison des pluies, des indications de pollution organique et/ou de déficit d'oxygène (pourcentage de oligochètes entre le 48 et le 75 % du peuplement total) sont montrésdans la composition de la faune des invertébrées aquatiques de crique des Pères et de la Karouabo.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p 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*, comme en le 2012. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, comment depuis 2011 ○ La Malmanoury est en classe III* depuis 2011. ○ La Paracou a enregistré une score de III* ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice calculé sur la crique des Pères et la Karouabo est la classe VI*, ○ La qualité de la Malmanoury reste stable. Elle reste en classe III* comme en 2012. ○ La qualité de la station Paracou en amont reste stable en classe III* depuis 2011

* 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 2013
<p align="center">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 des années précédents sont confirmées pour l'année 2013.

7.2.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013

7.2.4.1. Les poissons

On note 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. Les paramètres descripteurs sont revenues aux niveaux de 2010

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.

7.2.4.2. 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 qui restent d'actualité.

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

7.2.5.1. 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,

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 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 ou Vega.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et de communautés biologiques adaptées à des milieux désoxygénés.

7.2.5.2. Soyuz

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

7.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013

7.3.1. Nichoirs

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

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

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 2) :

- 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 2 : 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 3*).



Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).

7.3.1.1. Peuplements

En 2013, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau de la savane Corneille, de la savane Lapin et de la Roche LENA, mais aussi aux alentours des ensembles de lancement. Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou sur la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

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

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013

7.3.1.3.1. 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.

7.3.1.3.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 31*).

Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2013
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 1 500 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 2013
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 27 ans, • forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). • Le franchissement de l'île verte par la mangrove continue. • 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.

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

Les écosystèmes suivants ont été étudiés au cours de l'année 2013. L'objectif est de suivre les évolutions des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur sur le CSG:

- Ecosystème des Savane (Savane Corneille)

7.4.1. Orchidées des savanes

Le CSG est le seul territoire de Guyane qui abrite au même moment les trois espèces d'orchidées *Cyrtopodium*.

- o *C.andersoniii* strictement lithophyte est inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.cristatum* moins exigeant de *C.andersoniii* peuple les pierreries et cordons de sable, peuple les savanes ouvertes du CSG. inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.parviflorum* trouvé en plusieurs pies dans les savanes du CSG, sa survie dépend des passages réguliers de feux en saison sèche.

7.4.2. Inventaire patrimonial de la savane Corneille

Les prospections effectuées au cours de l'année 2013 sur le site de la savane Corneille ont permis de recenser plusieurs nouvelles espèces pour la Guyane, dans lesquelles l'orchidée *Veyretia rupicola* c'est le recensement le plus significatif.

Différentes espèces protégées, d'un grand intérêt patrimonial, et une remarquable richesse ont été recensées sur le site, les plus remarquables sont :

- *Fucrea foetida*, en association à *Disthengatus sp.* et *Bromelia plumierii*, témoins une ancienne occupation humaine du site,
- *Stachytarpheta angustifolia*, objet de suivi depuis la construction du pas de tir Soyuz,
- *Xyris malmeana*, *X.spathacea* et *X.savaniensis* : trois des huit espèces des *Xyris* présentes dans la savane Corneille. L'ensemble est rarissime en Guyane. Peuplement essentiellement habitat à sables blancs.
- Nombreuses traces d'anciens habitats et installations amérindiennes (fosses pédologiques et tessons)
- 270 espèces de plantes vasculaires appartenant à 86 familles différentes parmi elles 45 remarquables à divers titres.

L'ensemble des différents habitats et la grande panoplie d'espèces uniques ou rarissimes enregistrées confèrent à la savane Corneille une originalité patrimoniale exceptionnelle.

8. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2013 sont les suivantes :

8.1. *Par rapport aux activités liées aux lanceurs*

8.1.1. Ariane 5

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) 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 de 277 mètres.
- 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).

8.1.2. Soyuz

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

8.1.3. 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.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures). En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

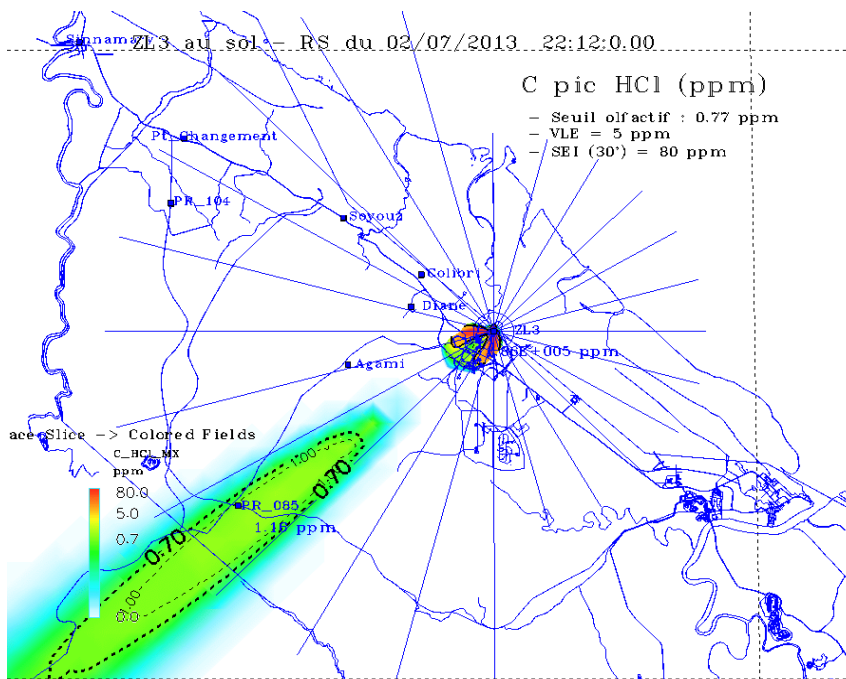
8.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- 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, les données obtenues sont stables depuis 2010.
- 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.
- Les activités de recensement des Ecosystèmes du CSG confirment la qualité exceptionnelle de ces écosystèmes en intérêt patrimonial et botanique.

9. ANNEXES

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

Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212



Alumine

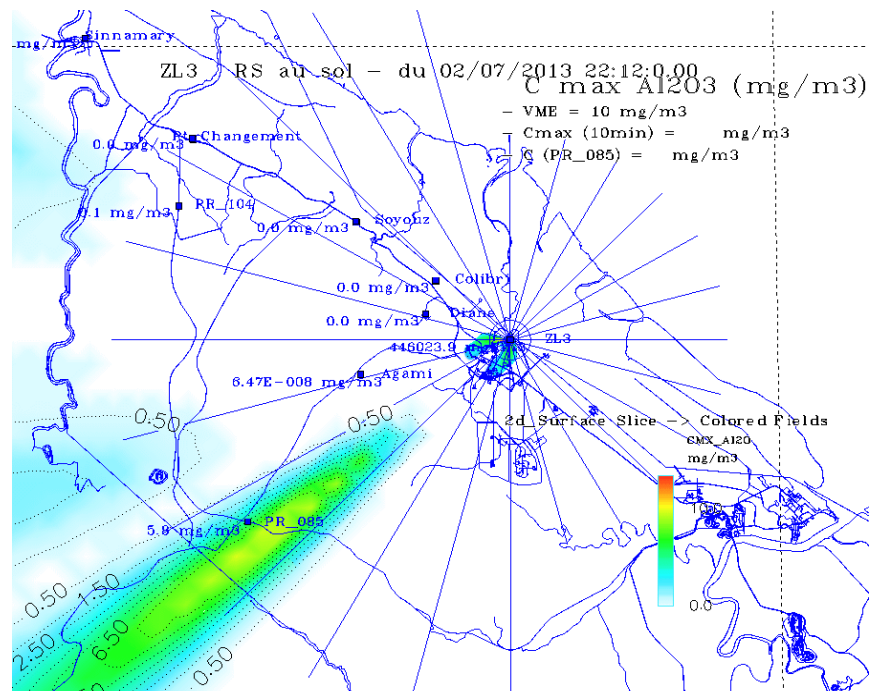


Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.

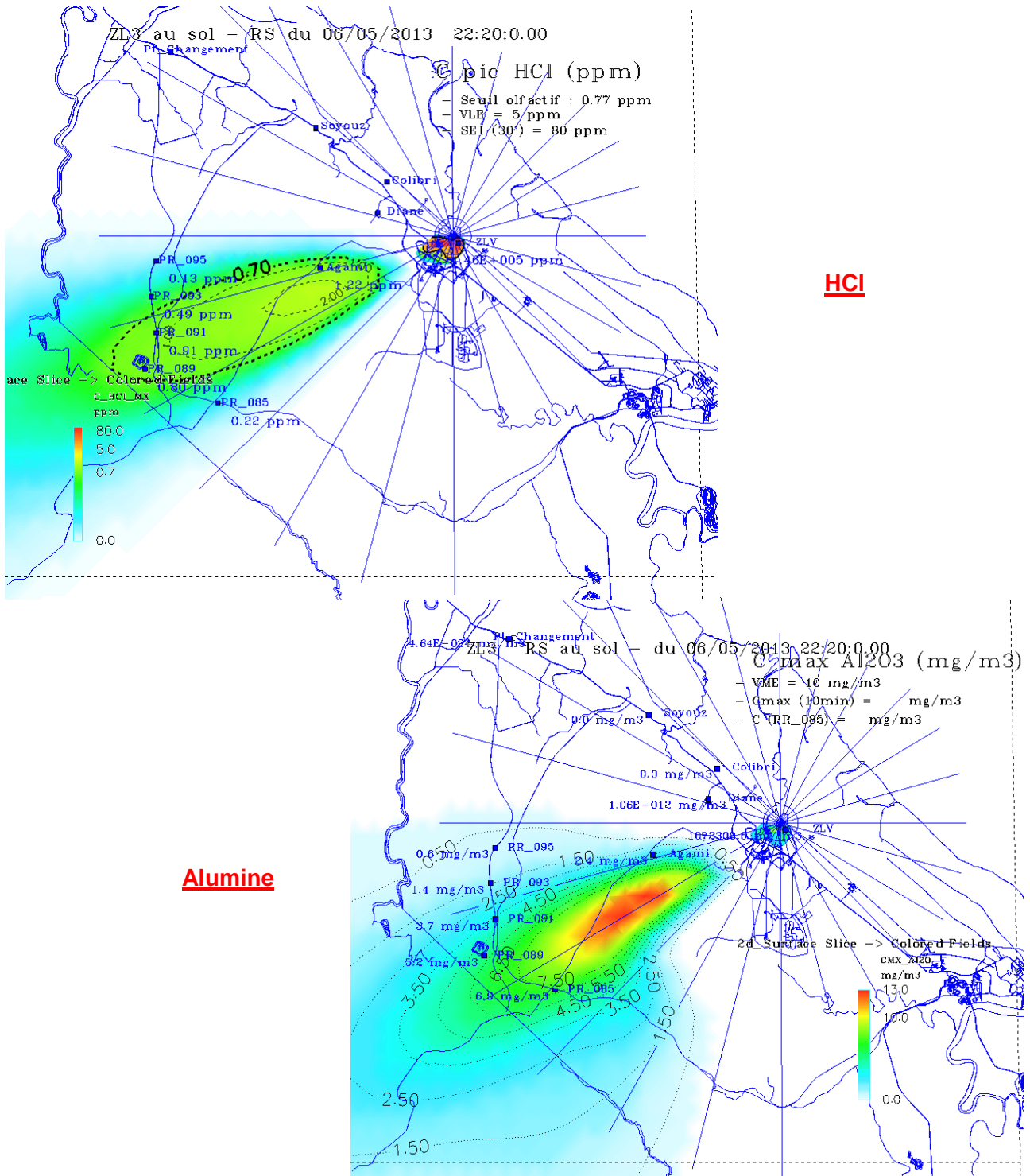


Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.

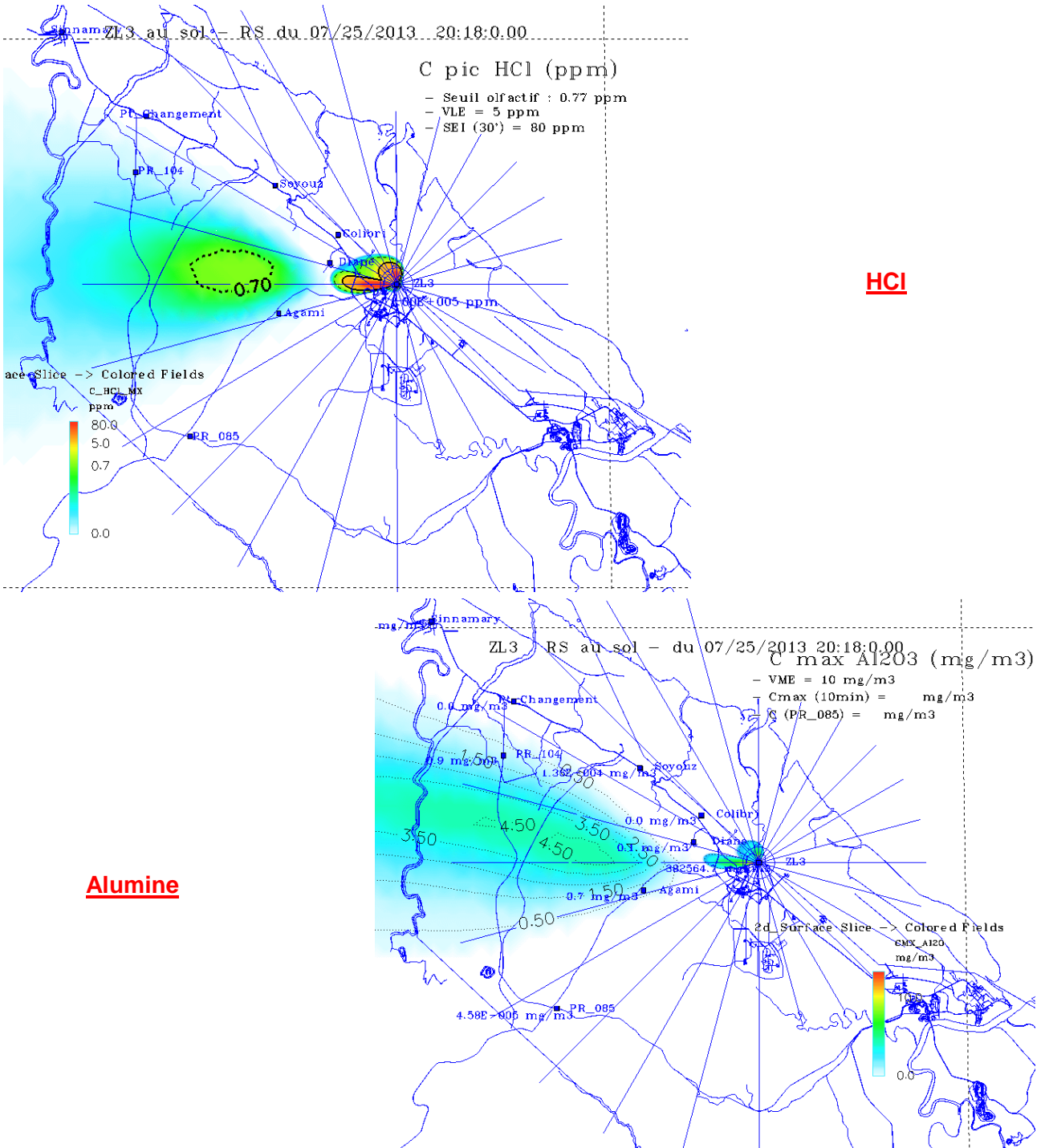
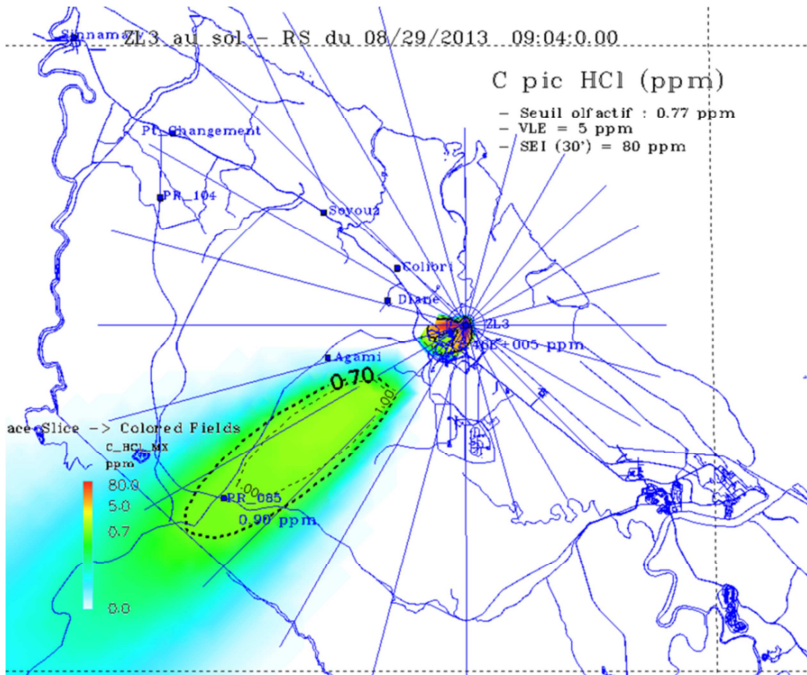


Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.



Alumine

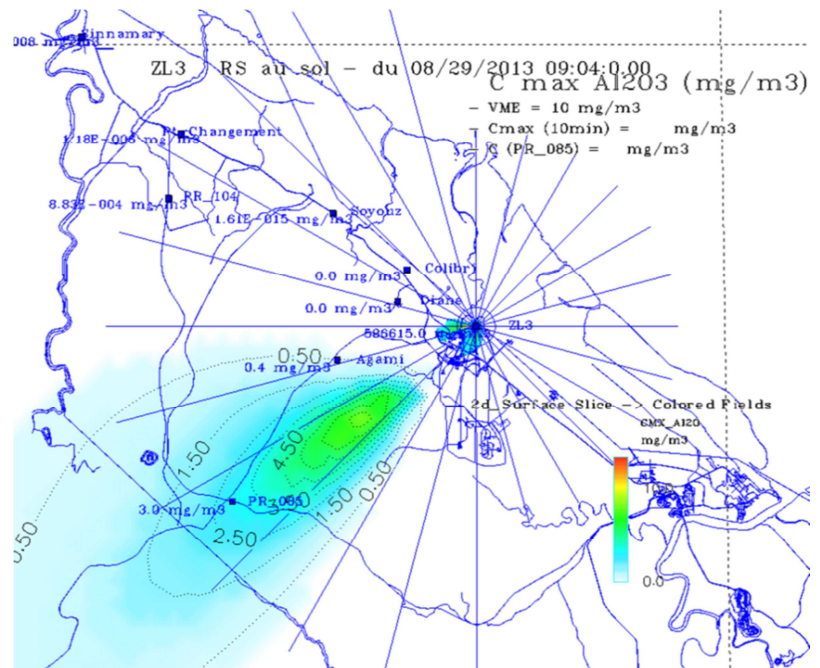
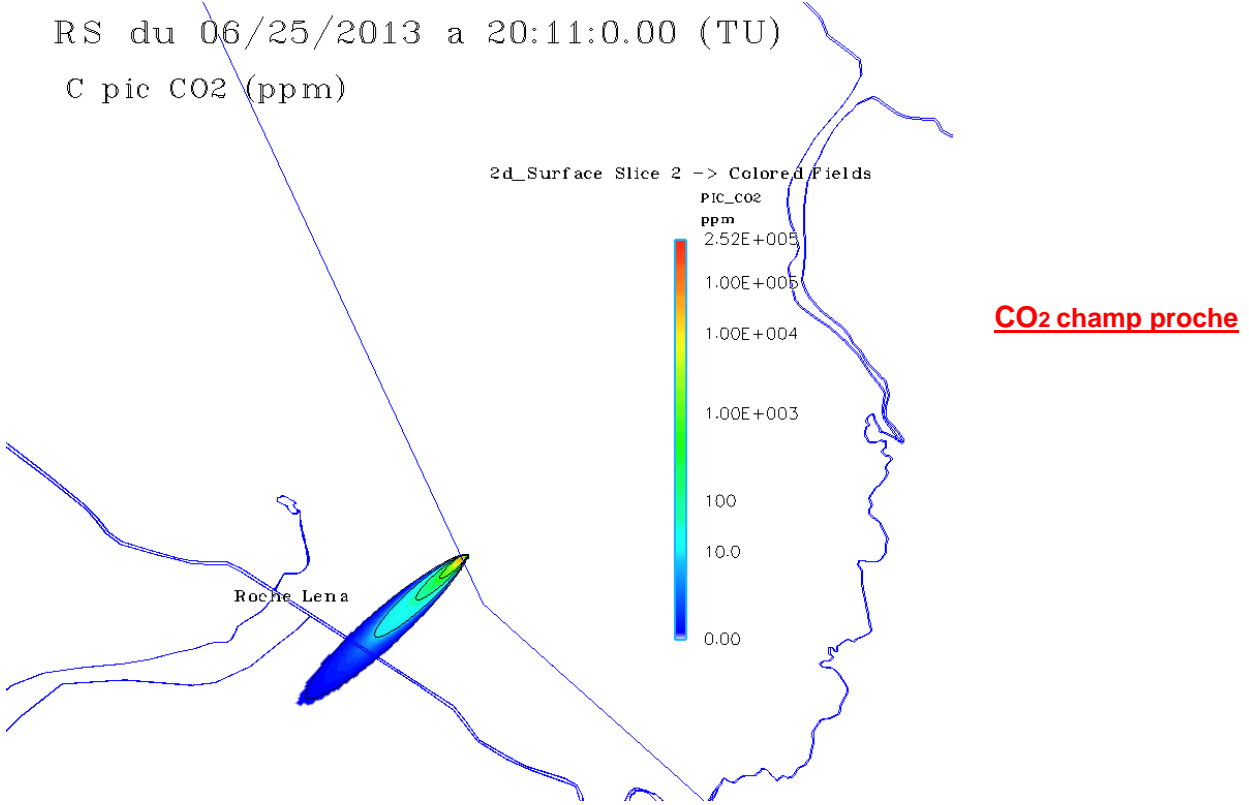
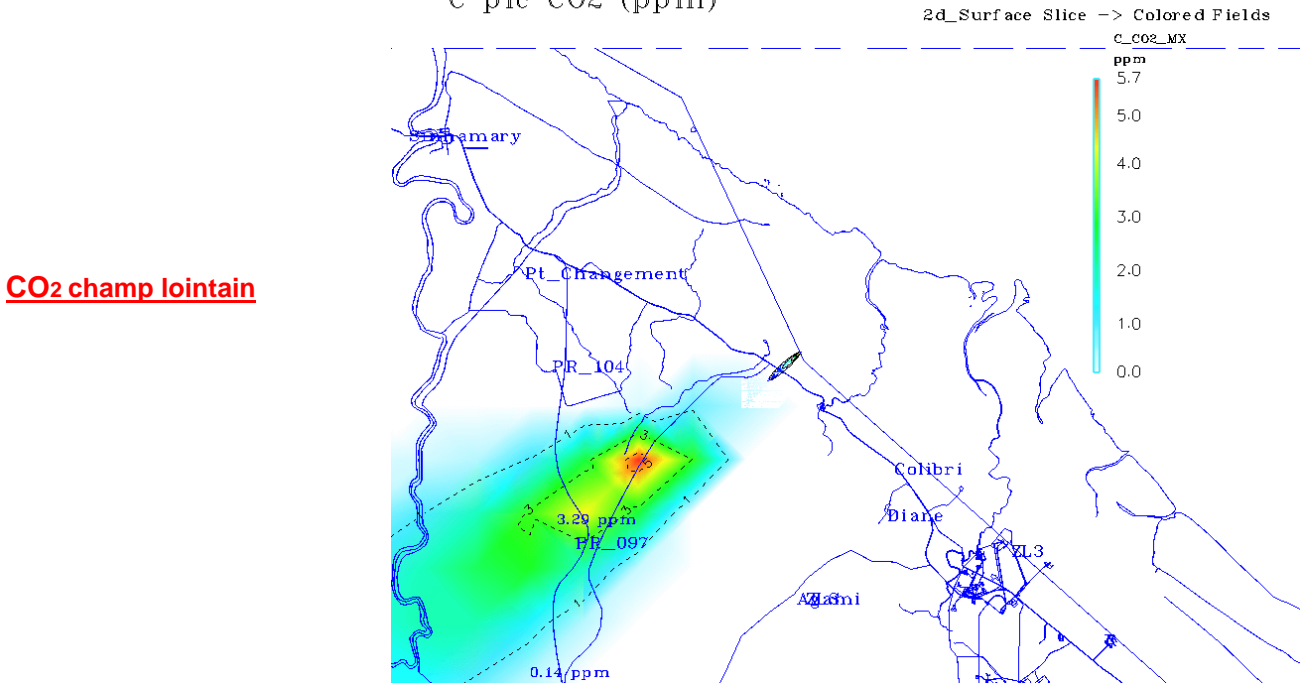


Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.

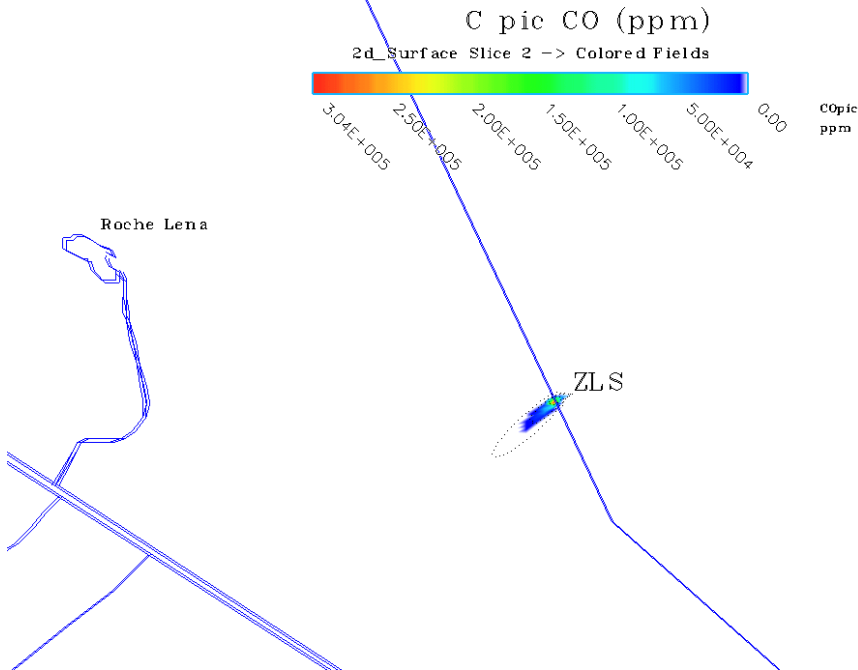
RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



CO champ proche

RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

CO champ lointain

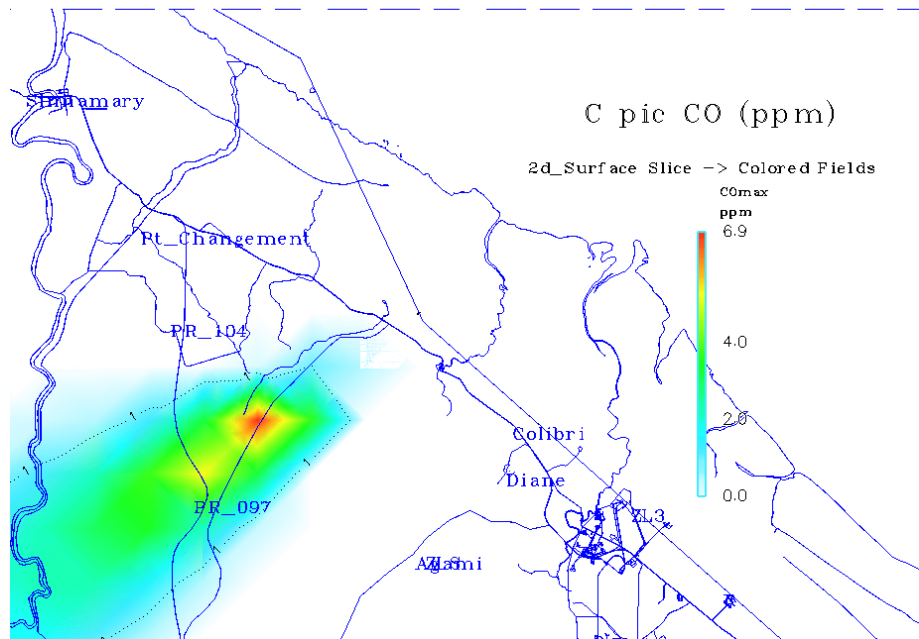
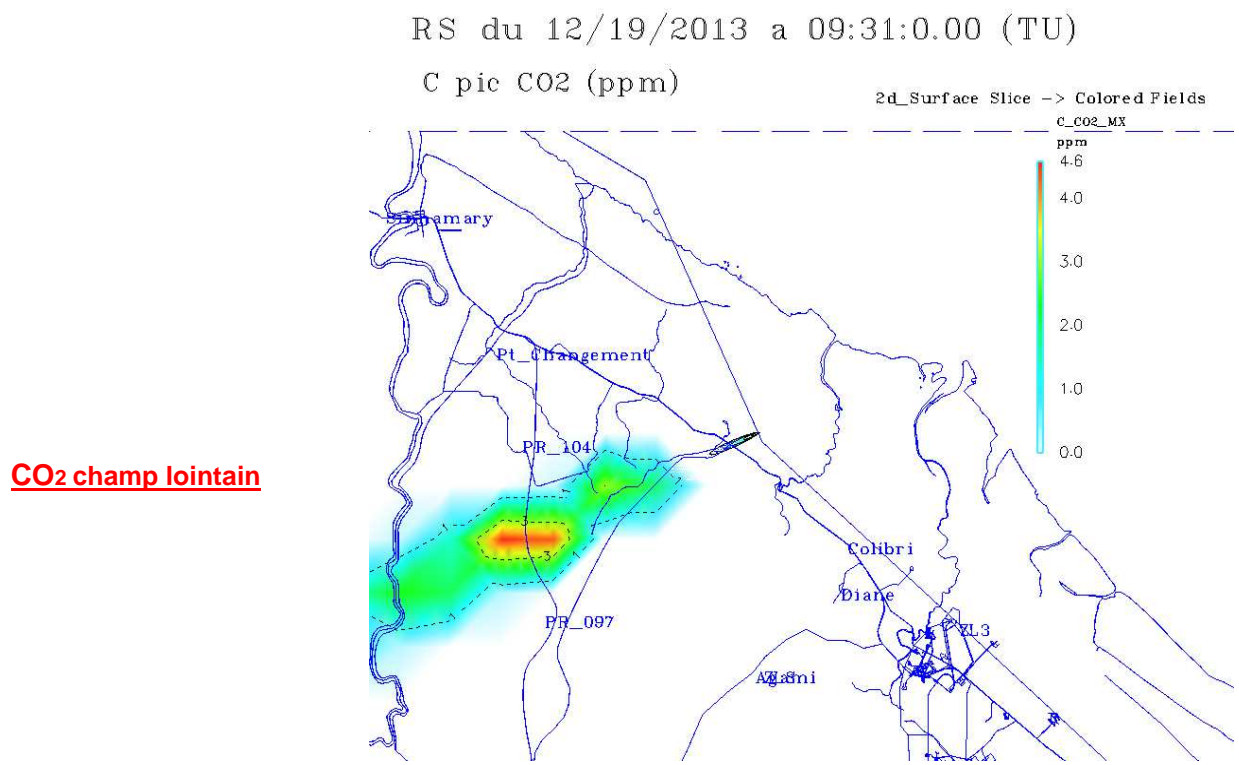
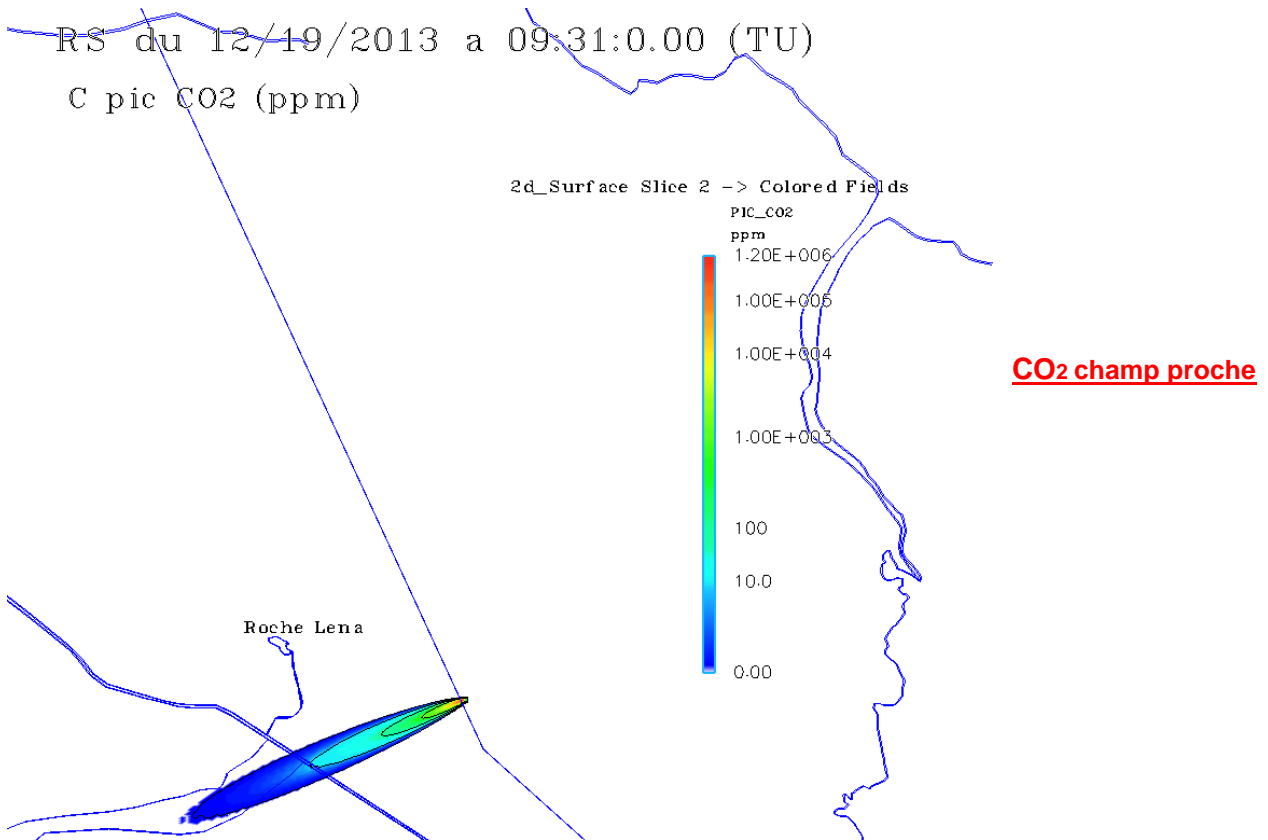
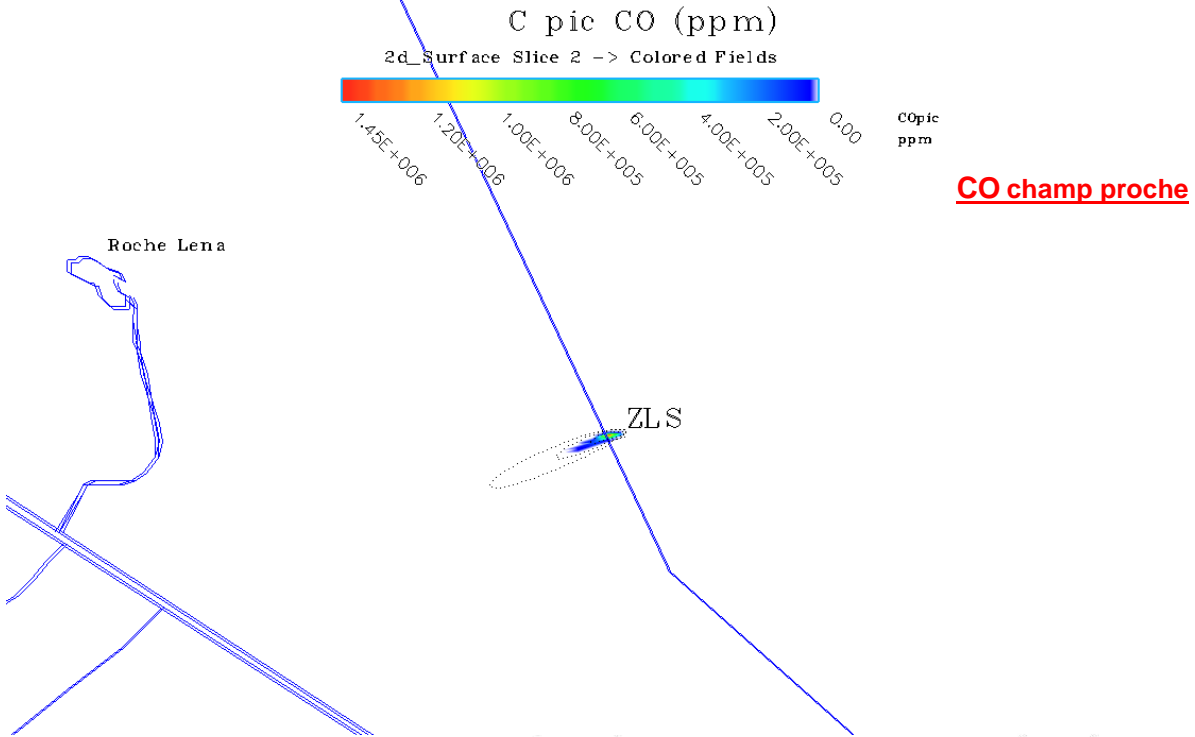


Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4

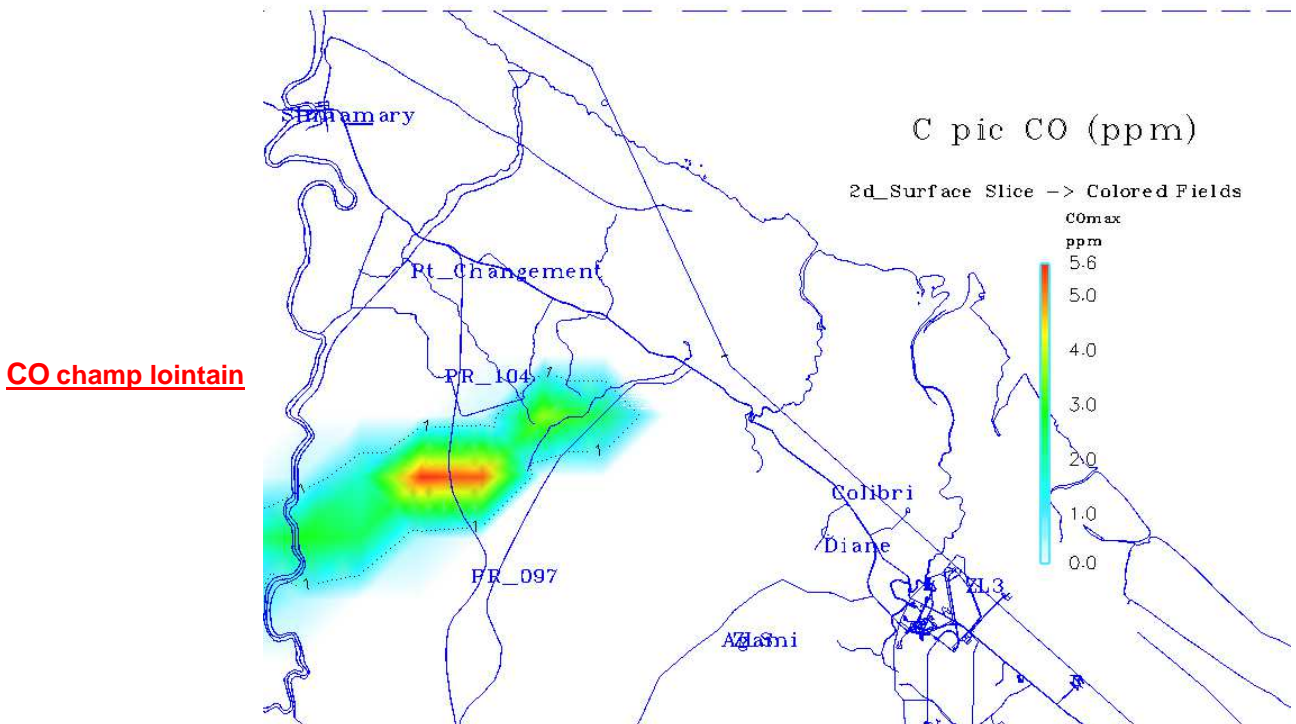
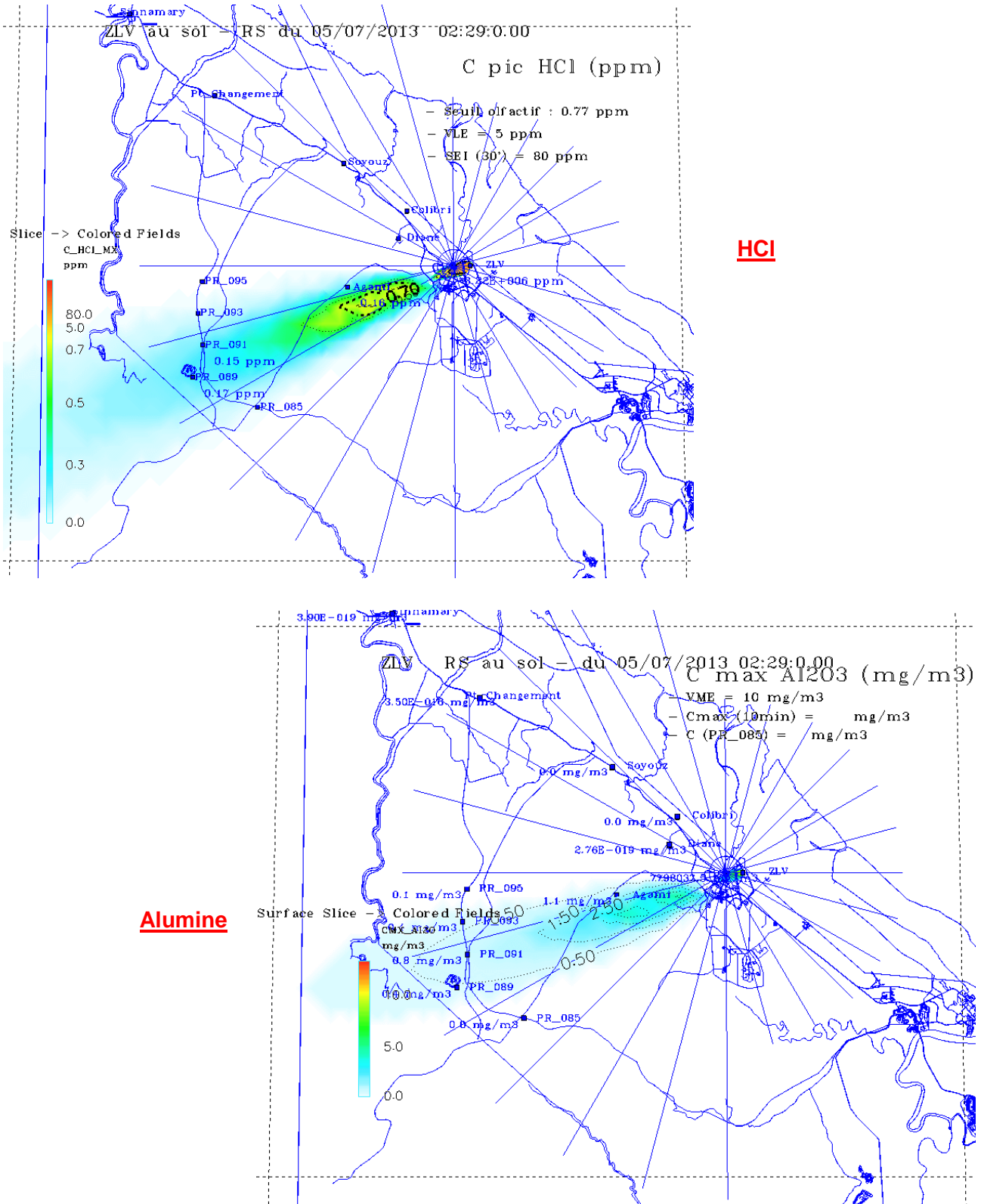


Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02



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

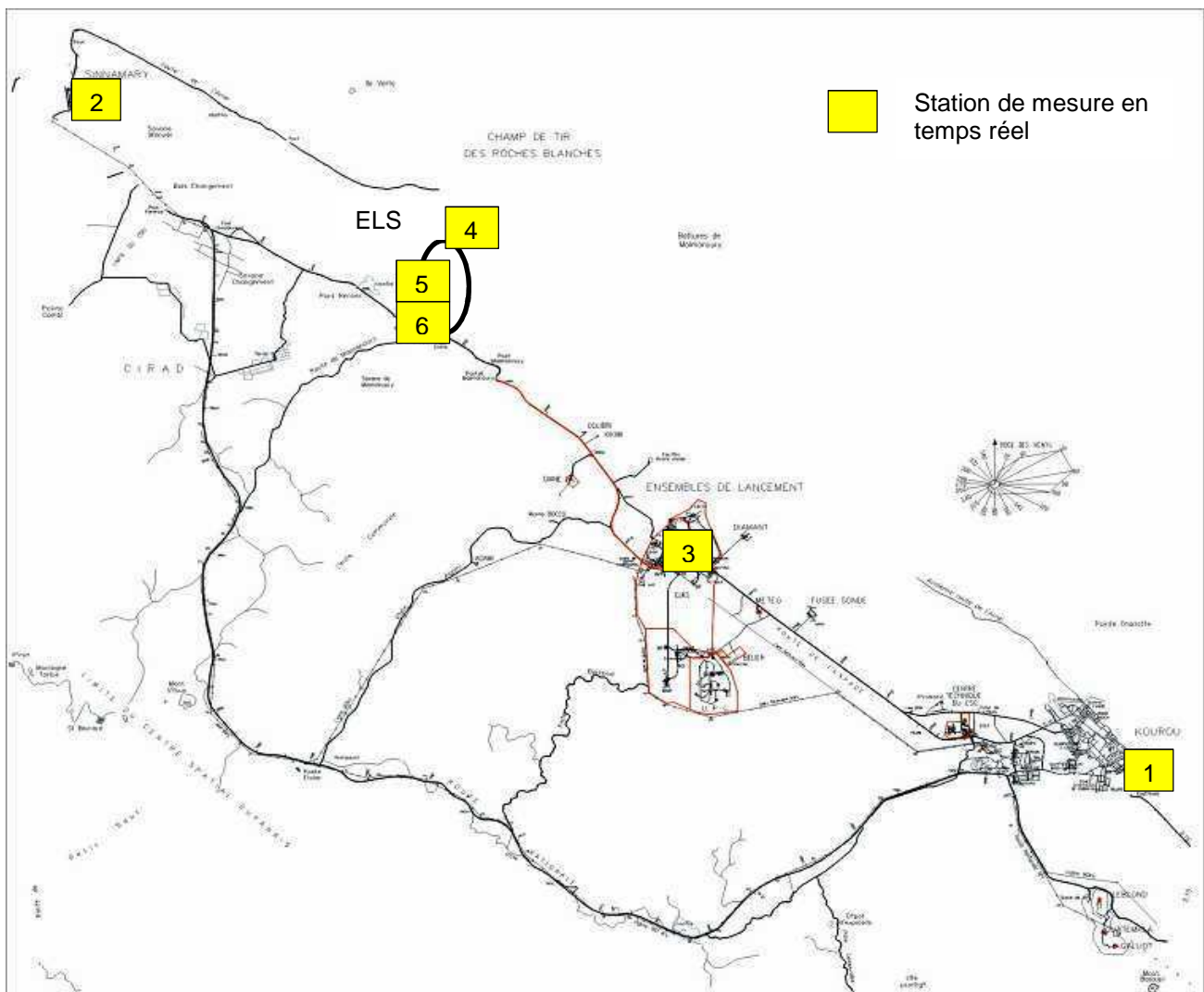
	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	8,3
V184	114,2	125,8	11,6
V185	129	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	17,7
V187	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

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
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
V212	67	99	32
V213	97	69	28
V214	105	93	12
V215	64	54	10

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 11 : 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

**BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
 ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL
 GUYANAIS 2013**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G. SDP/ES	23/06/2015
Vérifié par		
Approuvé par	RICHARD S. SDP/ES	24/06/15

DIFFUSION

Destinataires	Nombre
AE/DP/K	1
ADEME	1
CG/COM	1
CG/D	1
CG/SDP	1
CIRAD	1
DEAL	1
ECOBIOS	1
ENGREF	1
ESA/K	1
HYDRECO	1
INRA	1
IRD	1
MAIRIE DE KOUROU	1
MAIRIE DE SINNAMARY	1
ONF	1
ORA GUYANE	1
S.P.P.P.I	1
SDP/ES	1

Nombre total d'exemplaires: 19

Application autorisée par	TRINCHERO J.P. SDP/ES	24 JUIN 2015
----------------------------------	------------------------------	------------------

REPertoire DES MODIFICATIONS

Ed/Rév.	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	23/03/2015	Toutes	CREATION /DEL BUFALO G.

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 et dans l'arrêté d'exploiter n°1655/DEAL du 06/10/11 de l'ELVega à niveau du titre 8.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2013 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES	En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale): <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min ○ Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min ○ Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min ○ Vol 215 : 29/08/2013 à 18h30 min 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min ○ Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 min 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 min
LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La direction du nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment et non pas aux grandes saisons.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center">MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré de faibles écarts pour les vols A212 à A215. 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 05 et 06 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 V02. 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.
<p align="center">AIR : CHAMP PROCHE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 361 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 02, 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.

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.
<p>AIR : Réseau CODEX, analyseurs mobiles et analyseurs fixes. Suivi en continu de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seul l'appareil situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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, n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ L'appareil situé en champ proche (à 168 mètres de la ZLV) n'a pas détecté la présence de gaz chlorhydrique.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p 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.
<p align="center">EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA KAROUABO, 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 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. ▪ 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 align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée, ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la 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 sèche par rapport à la saison des pluies. ▪ 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.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les espaces naturels littoraux confirment leur qualité exceptionnelle et les activités de recensement botanique se poursuivent.

SOMMAIRE

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	8
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES FIGURES.....	13
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	14
2. DOCUMENTS ASSOCIES	15
2.1. Documents applicables	15
2.2. Documents de référence	16
2.3. Gestionnaire technique du document.....	18
3. SIGLES ET DEFINITIONS	18
3.1. Définitions	18
3.2. Sigles	19
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	21
4.1. Rappels.....	21
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	22
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	22
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	24
4.2.3. Conclusions.....	25
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	26
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	27
4.4.1. Objectif	27
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	27
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	29
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	31
4.4.5. Conclusions.....	31
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	32
4.5.1. Objectif	32
4.5.2. Résultats.....	32
4.5.3. Conclusions.....	32
4.6. Mesures d’impact sur la végétation	33
4.6.1. Objectif du suivi	33
4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013	33

5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....	34
5.1.	Rappels.....	34
5.2.	Localisation des zones de passage de la trace de combustion.....	35
5.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	35
5.2.2.	Conclusions.....	35
5.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	36
5.3.1.	Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	36
5.3.2.	Réseaux CODEX.....	37
5.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012....	37
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA.....	38
6.1.	Rappels.....	38
6.2.	Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	39
6.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	39
6.2.2.	Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP.....	40
6.2.3.	Conclusions.....	42
6.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	42
6.4.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain.....	43
6.4.1.	Objectif.....	43
6.4.2.	Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	43
6.4.3.	Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	44
6.4.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM.....	46
6.4.5.	Conclusions.....	46
6.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo.....	47
6.5.1.	Objectif.....	47
6.6.	Mesures d'impact sur la végétation.....	47
6.6.1.	Objectif du suivi.....	47
6.6.2.	Mesures des retombées.....	47
6.6.3.	Résultats d'analyses.....	48
	6.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04).....	48
	6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08).....	49
6.6.4.	Conclusions.....	49
6.7.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013	50

7.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	51
7.1.	Mesure de la qualité des sédiments	51
7.1.1.	Objectifs du suivi	51
7.1.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	51
7.1.3.	Localisation des points de prélèvements	52
7.1.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	52
7.1.5.	Résultats des analyses pour les éléments chimiques	52
7.1.6.	Conclusions	56
7.2.	Suivi de la faune aquatique pour 2013	58
7.2.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	58
7.2.2.	Lieux échantillonnés	58
7.2.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013	59
7.2.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013	64
	7.2.4.1. <u>Les poissons</u>	64
	7.2.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	64
7.2.5.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique	65
	7.2.5.1. Ariane 5 et Vega	65
	7.2.5.2. Soyuz	65
7.3.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013	66
7.3.1.	Nichoirs	66
	7.3.1.1. Peuplements	68
	7.3.1.2. Résultats du suivi de l'avifaune	68
	7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013	68
7.4.	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG	70
	7.4.1. Orchidées des savanes	70
	7.4.2. Inventaire patrimoniale de la savane Corneille	71
8.	CONCLUSIONS GENERALES	72
8.1.	Par rapport aux activités liées aux lanceurs	72
	8.1.1. Ariane 5	72
	8.1.2. Soyuz	73
	8.1.3. Vega	73
8.2.	Par rapport au suivi de l'environnement du CSG	74
9.	ANNEXES	75
	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	75
	Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	84
	Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	22
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	23
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	24
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages. .	25
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013	26
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	27
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	28
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	29
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	30
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	31
Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).	32
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	35
Tableau 13 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012	36
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	39
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	40
Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	41
Tableau 17 : 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. .	41
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.	42

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	43
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	44
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	44
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	45
Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	46
Tableau 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement V02 en champ proche.	48
Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement V02 en champ lointain.	49
Tableau 26 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	51
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.	52
Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.	53
Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.	55
Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.	59
Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.	57
Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.	66
Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).	67
Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212	75
Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.	76
Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.	77
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.	78
Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.	79
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.	80
Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02	83
Figure 11 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.	86

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2013 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact de ses activités industrielles sur l'environnement.

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

- des 4 campagnes Ariane 5 (vols A212 à A215),
- des 2 campagnes Soyuz (vol S05 et vol S06),
- de 1 campagne Vega (vol V02),
- 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),

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).
- 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

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.

2.2. Documents de référence

- [DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.
- [DR 2] **XXV-PCO-83-13609-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Vega.
- [DR 3] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.
- [DR 4] **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 5] **CG/SDP/ES/N°15 -180** - Plan de mesures environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 6] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 12] **CG/SDP/ES/N°15- 41**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2011.
- [DR 13] **CG/SDP/ES/N°15- 167**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2012.

- [DR 14] **CSG-RP-S3X-16132-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A212 du 07 Février 2013 à 18h36 mn.
- [DR 15] **CSG-RP-S3X-16133-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A213 du 05 Juin 2013 à 18h52 mn.
- [DR 16] **CSG- RP-S3X-16134-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A214 du 25 Juillet 2013 à 16h54 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-16123-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A215 du 29 Août 2013 à 17h30 mn.
- [DR 18] **CG/SDP/ES/N°15-172-** Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S05 du 25 Juin 2013 à 16h27.
- [DR 19] **CG/SDP/ES/N°15-197** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S06 du 19 Décembre 2013 à 06h12.
- [DR 20] **CG/SDP/ES/N°15-867-** Résultats du plan de mesures environnement Vega Vol V02 du 06 Mai 2013 à 23h06 mn.
- [DR 21] **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 de la propulsion des lanceurs Ariane 5 et Soyuz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2013.
- [DR 22] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2013.
- [DR 23] **Cabinet ECOBIOS (Commande n°4700038309 / CSG093)** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes & éléments de biodiversité de la base spatiale. Bilan synthétique 2013.
- [DR 24] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2013.
- [DR 25] **Cabinet ECOBIOS** –Etude du patrimoine naturel de la savane Corneille. Décembre 2013

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 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min
- Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min
- Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min
- Vol 215 : 29/08/2013 à 18h13 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 (ELA) [DA 3].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 1, 3 à 17, 21 à 23 et 25] 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).

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>
A212	Fevrier	99	95	4,3	8,8
A213	Juin	69	89	6,2	7,3
A214	Juillet	93	117	7,7	7,1
A215	Août	54	101	5,2	8,8

Pour l'année 2013, 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 Ouest (direction de la piste Agami) en Fevrier et Juillet,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Juin 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.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
A212	1,80	10,10
A213	2,50	13,20
A214	1,00	5,00
A215	2,00	8,40

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 A212 et A213, pour lesquelles des valeurs dépassants ce seuil ont été calculées. Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

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

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

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

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

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

Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2013. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 9* 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 2013, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 10% en 2013 et une valeur de 15% en 2012,
- 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.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	99	67	-32,3%
A213	69	97	40,6%
A214	93	105	12,9%
A215	54	64	18,5%

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 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.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m3)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	2,5	12,5	31,3%
A213	2,7	12,5	1,3%
A214	1,3	7,0	35,0%
A215	2,5	14,2	47,0%

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 A214 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 28,7 %).

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 2013. 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 (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
A212	ND	ND	ND	ND
A213	ND	ND	ND	ND
A214	X	ND	ND	ND
A215	X	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo. 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, seul l'appareil mobile situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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*).

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2 224	463	140	776,5
Distance de la ZL3 (m)	235	361	361	361
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2,84	1,13	1,55	1,12
Distance de la ZL3	2 425	2 789	1 874	2 790 et 10 585
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace	CL 08 : Parking ancienne RN1	CL11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace et CL20 : Piste Agami – PK10 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m³)	6 478,99	11 908,29	4 915	6 598
Distance de la ZL3 (m)	277	277	277	277
Localisation	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	94,83	194,97	76,51	39,72
Distance de la ZL3	2 425	17 153	7 498	11 123
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 03 : Kourou – Débarcadère des Iles	CL 18 : Site Agami	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 03 (Kourou – Débarcadère de Iles), 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).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
A212	Fevrier	65%	12%
A213	Juin	23%	8%
A214	Juillet	23%	13%
A215	Août	2%	16%

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 des écarts significatives sont à signaler.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 1 697 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 A213. 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* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

4.5.2. Résultats

Suite à un problème technique intervenu sur le préleveur, pour l'année 2013 une seule campagne de mesures a pu être déroulée (confer le *Tableau 11*).

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).

	pH unité pH	CONDUCTIVITE µS/cm à 25°C	CHLORURES mg/l	SODIUM mg/l	ALUMINIUM mg/l
Moyenne	6,44	28,33	5,36	0,16	3,37
Ecart type	0,16	5,00	0,55	0,03	1,83
Nombre de mesures	9	9	9	9	9

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, du pH, les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

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

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

4.6. Mesures 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 2013, suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats des produits de combustion issues des premières étage de Ariane 5 n'a eu lieu.

4.7. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2013 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 ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux.

Suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats a eu lieu en 2013.

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

5.1. Rappels

En 2013, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min
- Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 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, 12, 13, 18, 19, 21 à 24] seront présentés dans cette 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,

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 12 : 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>
S05	Juin	55	65	5,3	7,7
S06	Décembre	66	58	8,3	5,3

Pour l'année 2013, 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 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 13 : Tableau récapitulatif des détections pour l'année 2013

		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	VS05	29,22	20,1 ##	1,2 ##	HS	50,6 ##	1,0 ##	11,9 #	4,3 #
	VS06	31,3 ?	18,2 ?	1,9 ?	723,6 ?	74,9 ?	0,8 ?	20,3 ?	3,5 ?
shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	VS05	26,4 ###	20,0 ###	2,0 ###	HS	39,9 ###	1,1 ###	17,9 ###	4,6 ###
	VS06	25,6	19,8	1,8	750,8	57,3	1,0	23,4	3,4
shelter n°6 : zone de stockage PHHC	VS05	HS	HS	1,0 ###	HS	HS	HS	18,9 #	HS
	VS06	25,1	18,8	1,6	710,8	HS	0,9	23,4	HS
shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	VS05	28,8 ###	19,9 ###	1,4 ###	HS	42,6 ###	0,4 ###	22,8 ###	10,7 #
	VS06	25,8	19,6	1,6	765,4	45,9	1,3	20,8	6,6
shelter n°1 : Kourou	VS05	28,7	36,3	1,5	746,1	26,8	2,1	21,9	HS
	VS06	28,1	22,3	1,3	768,9	HS	HS	35,3	HS
shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	VS05	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
	VS06	20,8	22,3	HS	751,1??	63,2	0,9	16,1	4,6??

HS : Hors Service

Valeur moyenne sur 14h max ## Valeur moyenne sur 19h ### Valeur moyenne sur 34h max

? Valeur moyenne sur 41h ?? Valeur moyenne sur 44h

Les shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas enregistré 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.

Les détecteurs du réseau CODEX n'ont pas détecté de 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 2013

Le résultat des mesures de la qualité de l'air nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2013 sont non quantifiables voire négligeables. Ils sont comparables avec les résultats obtenus pour l'année 2012.

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

6.1. *Rappels*

En 2013, 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :

- Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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 2 à 4, 13, 20 à 23]** 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).

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

VOL	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
V02	Mai	73	83	6,3	10,5

Pour l'année 2013, 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 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
V02	1,3	5,2

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

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 2013, l'analyse des simulations a montré un écart de 17,8 %, et a confirmée l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	73	86	17,8%

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 20* et le *Tableau 22* 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 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 17 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	2,1	10,2	78,8%

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 ou 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 78.8 %).

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 2013. 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 ou ARPEGE 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'ELVega.

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).

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
V02	ND	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo, 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, 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 19*).

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	186
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04: Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45

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 20*).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	45
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

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 21*).

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	449
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04 : Chemin de ronde ZLVega – 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 22*).

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	250
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 23 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
V02	Mai	17%	2%

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 2%). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est supérieur (de l'ordre de 17%)

6.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour le vol V02 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 168 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 est mis en place la veille du lancement. L'échantillonnage débute quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours).

A cause de problèmes techniques intervenus pendant la précédente campagne d'échantillonnage (Vol A213), n'a pu être obtenu aucun suivi de la qualité des eaux.

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 V02 (Mai).

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 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 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 V02	Moyenne	14,80	171,95	36,47	5,35	13,29	5,29	722	3,35
	Ecart type	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Nombre de mesures	1	1	1	1	1	1	1	1

Seulement un échantillon a été récupéré en champ proche, les autres ont été trouvés reversés.

Les résultats recueillis pour les paramètres sont cohérents les uns par rapport aux autres.

La comparaison des résultats des pluviollessivats à ceux des bacs à eau met en évidence :

- L'érosion du carneau. Ce phénomène est corroboré par les concentrations élevées en Calcium et Magnésium,
- Des teneurs en ions chlorures supérieures à celles des bacs à eau, du à un apport lié au lancement.

6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 25*

Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement V02 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 μS/cm à 25°C	pH unité pH
VOL V02 Moyenne	3,06	1,86	0,50	0,24	1,47	1,15	15,25	5,94
Ecart type	0,81	0,29	0,17	0,00	0,43	0,16	3,11	0,18
Nombre de mesures	4	4	4	4	4	4	4	4

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 pluiolessivats ont mis en évidence un très faible impact du nuage de combustion sur la végétation du champ proche.

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. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013

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

- l'analyse des retombes chimiques en Chlorures et Alumine en champ proche et en champ lointain,
- l'analyse de l'eau de la crique Karouabo,
- l'analyse des pluviolessivats.

Les résultats nous permettent de conclure que les impacts générés pendant le lancement Vega en 2013 sont négligeables.

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

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

7.1. Mesure de la qualité des sédiments

7.1.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 [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.

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

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

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en raison de leur caractère acide naturel. 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 26*).

Tableau 26 : 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

7.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 13 au 15 Mai 2013 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la Karouabo et le 23 Septembre pour la Paracou [DR 22 et 24]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

7.1.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques, à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 27*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 27 : 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)	pH (unités pH)	Hydrocarbures (mg/l)
CRIQUE MALMANOURY	14/05/2013 à 16h30	26,2	21	5,1	63	4,89	5,03	-
	15/05/2013 à 12h00	25,3	14	6,2	75	15,7	5,09	-
CRIQUE KAROUABO	13/05/2013 à 18h15	25,9	21	3,6	44	2,57	4,94	-
	14/05/2013 à 11h30	26,1	21	3,4	41	1,85	4,86	-
CRIQUE PARACOU AM	23/09/2013 à 12h15	25,4	27	5,7	68	-	6,25	<0,05
	23/09/2013 à 12h30	25,5	27	5,6	67	-	6,19	<0,05

Il est ainsi intéressant de noter que la température et la conductivité sont quasiment constantes sur l'ensemble des criques échantillonnées. Néanmoins, nous constatons que la teneur en oxygène fluctue d'une crique à l'autre. La Karouabo est moins oxygénée car son débit est très faible. Elle se comporte comme un milieu lentique. Pour la Malmanoury un violent orage intervenu dans la nuit du 14 au 15 mai a influencé la teneur en oxygène..

7.1.5. Résultats des analyses pour les éléments chimiques

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

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 28 : 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
pH unité pH	4,14	4,38	4,66	4,6	4,26	4,13	4,08	4,4	4,12	4,1	5,2	5,1	5,3	4,9	5
Aluminium mg/Kg MS	16667	16016	20813	4596	29124	24632	13837	47330	24838	23117	4772	5424	4354	7898	22153
Baryum mg/Kg MS	39,4	46,1	47	12,1	71,4	39,6	40	70,4	95,1	93,5	10,3	12,3	8,6	17,5	49,2
Calcium mg/Kg MS	71,9	68,3	228	106	163	224	<51,5	248	118	147	97	106	70	144	424
Cadmium mg/Kg MS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Chrome mg/Kg MS	16,9	16,2	25	7,29	28,2	52	25,1	70,2	43,8	42,7	4,04	3,03	1,86	4,68	10,41
Cobalt mg/Kg MS	0,83	0,85	1,1	0,32	1,17	1,14	0,8	6,42	3,23	3,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,6
Cuivre mg/Kg MS	<0,20	1,91	1,81	<0,20	2,87	3,52	1,92	80,9	8,68	8,5	1,01	0,49	0,2	0,71	2,4
Fer mg/Kg MS	4158	4242	6795	1575	15594	8220	2932	83961	15519	6838	705	827	591	1249	3052
Magnésium mg/Kg MS	565	529	463	179	743	360	249	973	1714	1658	<50	<50	<50	70	199
Manganèse mg/Kg MS	15,8	15,6	18,1	11,9	18,6	11,4	9,27	109	32,9	32,4	3,23	3,24	2,4	4,48	11,61
Mercure mg/Kg MS	0,06	0,07	0,06	0,02	0,07	0,08	0,05	0,09	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,09
Molybdène mg/Kg MS	0,73	0,44	0,26	<0,20	<0,20	0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nickel mg/Kg MS	3,86	6,02	8,33	3,24	9,01	13,5	11,7	29,8	18,2	17,2	7,67	3,84	2,2	3,05	5
Plomb mg/Kg MS	6,5	8,92	14,8	6,07	11,5	13,5	7,8	26,9	16,2	17	1,58	1,86	1,22	2,44	6,8
Potassium mg/Kg MS	1247	1349	1037	496	1889	684	841	1707	2817	2640	88	62	<50	87	242
Sélénium* mg/Kg MS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,15	<1,0	<1,0
Zinc mg/Kg MS	5,69	6,85	11,4	2,83	10,6	5,39	2,68	50,1	14,3	13,8	<2	<2	<2	<2	<2

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

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, par rapport à l'année 2012, 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 AV2 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 11 des 14 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.

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

Tableau 29 : 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	
		M	σ	M	σ	M	σ
pH	unité pH	4,4	0,2	4,18	0,1	5,10	0,1
Aluminium	mg/Kg MS	17 457,2	7 964,0	27 659,25	11 060,0	8 920,20	6 729,5
Baryum	mg/Kg MS	43,2	19,0	61,28	24,4	19,58	15,1
Calcium	mg/Kg MS	127,4	60,7	147,50	87,8	168,20	130,1
Cadmium	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Chrome	mg/Kg MS	18,7	7,3	47,78	14,6	4,80	3,0
Cobalt	mg/Kg MS	0,9	0,3	2,90	2,0	0,12	0,2
Cuivre	mg/Kg MS	1,3	1,1	23,76	30,2	0,96	0,8
Fer	mg/Kg MS	6 472,8	4 850,2	27 658,00	30 507,0	1 284,80	911,2
Magnésium	mg/Kg MS	495,8	183,5	824,00	619,1	53,80	77,5
Manganèse	mg/Kg MS	16,0	2,4	40,64	36,4	4,99	3,4
Mercure	mg/Kg MS	0,1	0,0	0,07	0,0	0,04	0,0
Molybdène	mg/Kg MS	0,3	0,3	0,05	0,1	N.A.	N.A.
Nickel	mg/Kg MS	6,1	2,3	18,30	6,3	4,35	1,9
Plomb	mg/Kg MS	9,6	3,3	16,10	6,2	2,78	2,0
Potassium	mg/Kg MS	1 203,6	451,9	1 512,25	882,5	95,80	79,8
Sélénium*	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,23	0,5
Zinc	mg/Kg MS	7,5	3,1	17,25	17,0	N.A.	N.A.

*= la mesure du Sélénium n'est pas accréditée

7.1.6. Conclusions

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

Ces processus sont :

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

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo, 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 3] 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 1*).

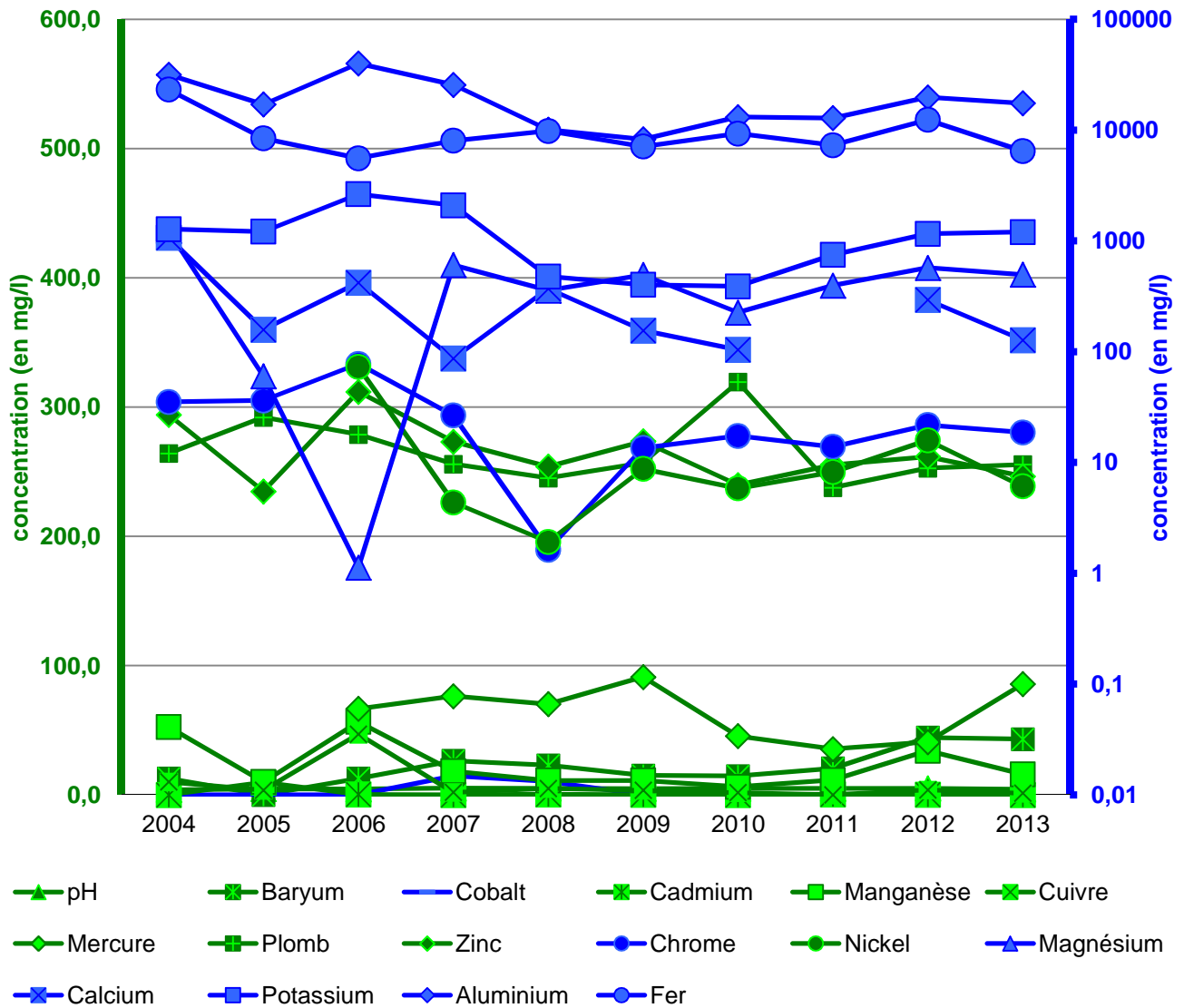


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.

7.2. Suivi de la faune aquatique pour 2013

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].

7.2.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 et Vega et les produits de combustion de la trace de Soyuz 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 2013 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'Ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

7.2.2. Lieux échantillonnés

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

- **la Karouabo.** En effet, c'est la crique la plus proche du pas de tir d'Ariane 5 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.

7.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013

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

Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<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 : 40 centimètres, 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 60 à 70 % de saturation. Concernant la Karouabo, on constate, après quatre 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 45% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison de pluie de l'ordre de 40 % de saturation). Par ailleurs, on observe un contraste jour/nuit moins marquée par rapport à l'année 2012 en faveur des teneurs du 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), 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 2013
<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>
<p>PEUPLEMENTS 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 sont compris entre celui de 2010 et celui de 2012, les observations de l'année passée restent d'actualité. • Sur la Karouabo, ce nombre continue de décroître depuis 2009. • Sur la Malmanoury, les captures sont les plus basses depuis le début du suivi. ▪ En saison sèche, les captures ont suivi des évolutions plus similaires à la saison sèche de 2011, avec quelque exception : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la Crique des Pères, on mesure une augmentation généralisée des individus et espèces par rapport à les années précédentes. • Sur la Karouabo, le nombre de capture redeviens à des valeurs proches de celles du 2011, avec une dominance en biomasse d'<i>A.falcatus</i> et <i>L.gosseii</i>. • Sur la Malmanoury les captures ont été inférieures d'un facteur 2 par rapport à 2012 et donc plus similaire à 2011, et par rapport au nombre d'espèces, on observe un nouveau maximum. La biomasse totale est divisée par trois par rapport à 2012 et plus proche à des valeurs du 2011. • Sur la Paracou en amont deux espèces déterminantes (<i>M. eleotrioides</i> et <i>N aureocephalus</i>) ont été capturées. Ce sont des espèces communes et fréquentes sur ce site. ▪ Par rapport aux années précédentes la faune piscicole se trouve, globalement, dans la lignée des années précédentes.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<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 un de ses niveaux de richesse historique le plus haut en saison sèche et en saison de pluie. • La Karouabo reste dans la continuité des années précédentes. • La Malmanoury a montré des niveaux de richesse élevées en saison sèche, et des niveaux qui continuent à diminuer vis-à-vis les années précédents. ▪ Concernant la diversité : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères confirme sa stabilité • La Karouabo continue de montrer, depuis le 2006, une discontinuité saisonnière en faveur de la saison sèche. • La Malmanoury atteint des niveaux stables depuis 2009. ▪ Par rapport à la structure trophique : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères montre une large prédominance des omnivores, indépendamment de la saison. • En ce qui concerne la Karouabo, il a été observée une répartition trophique similaire à celle du 2012 en saison des pluies, et en saison sèche il a été enregistrée une forte dominance des piscivores. • Dans le 2013 la dominance des ichtyophages sur la communauté piscicole de la Malmanoury a été mise en évidence d'une façon encore plus marquée par rapport aux années précédentes.
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS II (Analyse de la condition et anatomopathologie)</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. falcatus</i> : poisson strictement piscivore. • <i>H. malabaricus</i> : poisson prédateur. • <i>T. galeatus</i> : poisson omnivore occasionnel. <p>L'analyse de la condition a été réalisée sur les exemplaires prévenants de la crique Karouabo et Malmanoury.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013 la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, est significativement supérieure sur la Malmanoury par rapport à la Karouabo. ▪ L'analyse de condition de <i>T. galeatus</i>, différente de la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, ne montre pas de différence entre la Malmanoury et la Karouabo. ▪ Deux espèces de carnivores ont présentées des infestations de nématodes en saison sèche et en saison des pluies.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013, 3 928 individus répartis en 25 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. ▪ Par rapport à la Paracou une seule campagne d'échantillonnage a été menée avec 1404 individus répartis en 19 taxons ▪ Cependant, les abondances restent assez faibles sur les 4 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la crique des Pères est la crique la plus riche, avec un total de 1170 individus et 7 taxons en saison sèche, et 358 individus et 6 taxons récoltés en saison de pluies. La Karouabo, avec 975 individus en 7 taxons et 446 individus en 10 taxons en saison de pluies. La crique des Pères se place en 3^{eme} position avec 553 individus repartis en 11 taxons dans la saison des pluies et 426 individus en 11 taxons en saison sèche. ▪ En ce qui concerne la Paracou nous ne notons pas de variations par rapport à l'année 2012. ▪ 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 24% et 100% 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, la crique des pères et la Malmanoury 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 dans des proportions faibles (14%) différemment de l'année précédent. ▪ Lors de la saison des pluies, des indications de pollution organique et/ou de déficit d'oxygène (pourcentage de oligochètes entre le 48 et le 75 % du peuplement total) sont montrésdans la composition de la faune des invertébrées aquatiques de crique des Pères et de la Karouabo.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p 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*, comme en le 2012. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, comment depuis 2011 ○ La Malmanoury est en classe III* depuis 2011. ○ La Paracou a enregistré une score de III* ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice calculé sur la crique des Pères et la Karouabo est la classe VI*, ○ La qualité de la Malmanoury reste stable. Elle reste en classe III* comme en 2012. ○ La qualité de la station Paracou en amont reste stable en classe III* depuis 2011

* 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 2013
<p align="center">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 des années précédents sont confirmées pour l'année 2013.

7.2.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013

7.2.4.1. Les poissons

On note 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. Les paramètres descripteurs sont revenues aux niveaux de 2010

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.

7.2.4.2. 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 qui restent d'actualité.

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

7.2.5.1. 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,

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 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 ou Vega.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et de communautés biologiques adaptées à des milieux désoxygénés.

7.2.5.2. Soyuz

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

7.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013

7.3.1. Nichoirs

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

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

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 2) :

- 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 2 : 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 3*).



Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).

7.3.1.1. Peuplements

En 2013, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau de la savane Corneille, de la savane Lapin et de la Roche LENA, mais aussi aux alentours des ensembles de lancement. Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou sur la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

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

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013

7.3.1.3.1. 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.

7.3.1.3.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 31*).

Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2013
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 1 500 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 2013
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 27 ans, • forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). • Le franchissement de l'île verte par la mangrove continue. • 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.

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

Les écosystèmes suivants ont été étudiés au cours de l'année 2013. L'objectif est de suivre les évolutions des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur sur le CSG:

- Ecosystème des Savane (Savane Corneille)

7.4.1. Orchidées des savanes

Le CSG est le seul territoire de Guyane qui abrite au même moment les trois espèces d'orchidées *Cyrtopodium*.

- o *C.andersoniii* strictement lithophyte est inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.cristatum* moins exigeant de *C.andersoniii* peuple les pierreries et cordons de sable, peuple les savanes ouvertes du CSG. inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.parviflorum* trouvé en plusieurs pies dans les savanes du CSG, sa survie dépend des passages réguliers de feux en saison sèche.

7.4.2. Inventaire patrimonial de la savane Corneille

Les prospections effectuées au cours de l'année 2013 sur le site de la savane Corneille ont permis de recenser plusieurs nouvelles espèces pour la Guyane, dans lesquelles l'orchidée *Veyretia rupicola* c'est le recensement le plus significatif.

Différentes espèces protégées, d'un grand intérêt patrimonial, et une remarquable richesse ont été recensées sur le site, les plus remarquables sont :

- *Fucrea foetida*, en association à *Disthengatus sp.* et *Bromelia plumierii*, témoins une ancienne occupation humaine du site,
- *Stachytarpheta angustifolia*, objet de suivi depuis la construction du pas de tir Soyuz,
- *Xyris malmeana*, *X.spathacea* et *X.savaniensis* : trois des huit espèces des *Xyris* présentes dans la savane Corneille. L'ensemble est rarissime en Guyane. Peuplement essentiellement habitat à sables blancs.
- Nombreuses traces d'anciens habitats et installations amérindiennes (fosses pédologiques et tessons)
- 270 espèces de plantes vasculaires appartenant à 86 familles différentes parmi elles 45 remarquables à divers titres.

L'ensemble des différents habitats et la grande panoplie d'espèces uniques ou rarissimes enregistrées confèrent à la savane Corneille une originalité patrimoniale exceptionnelle.

8. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2013 sont les suivantes :

8.1. *Par rapport aux activités liées aux lanceurs*

8.1.1. Ariane 5

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) 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 de 277 mètres.
- 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).

8.1.2. Soyuz

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

8.1.3. 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.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures). En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

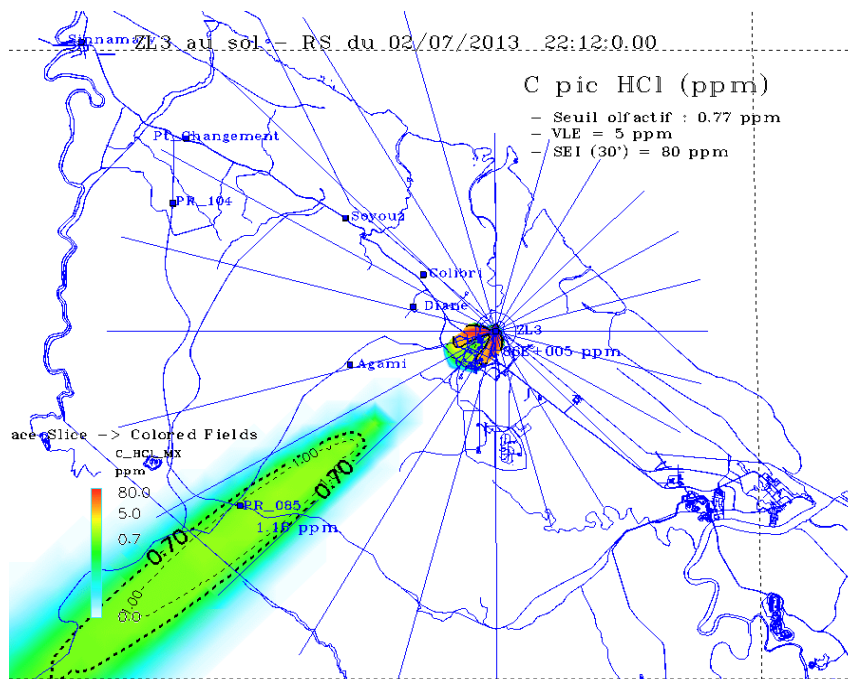
8.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- 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, les données obtenues sont stables depuis 2010.
- 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.
- Les activités de recensement des Ecosystèmes du CSG confirment la qualité exceptionnelle de ces écosystèmes en intérêt patrimonial et botanique.

9. ANNEXES

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

Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212



Alumine

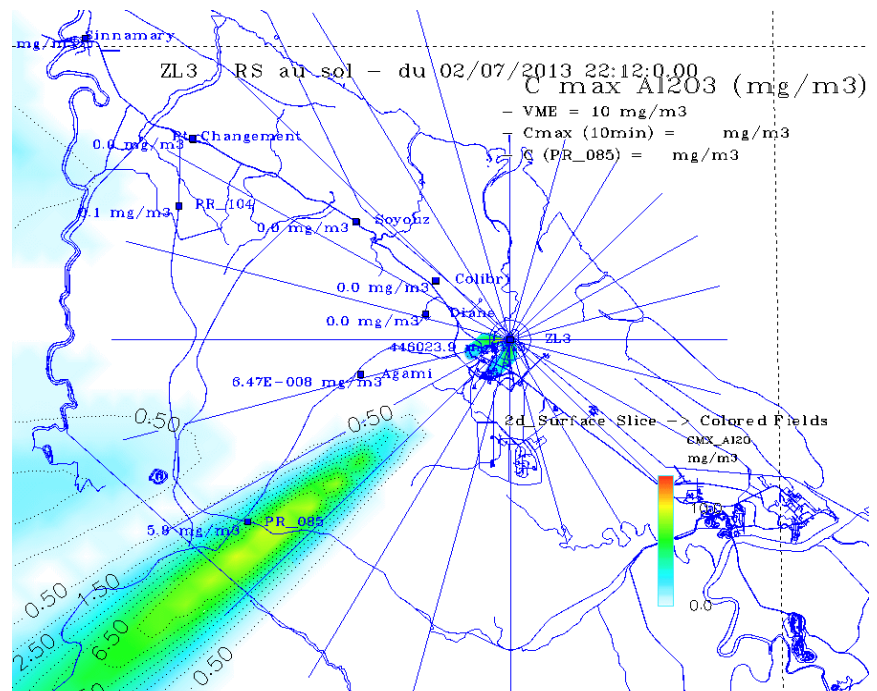


Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.

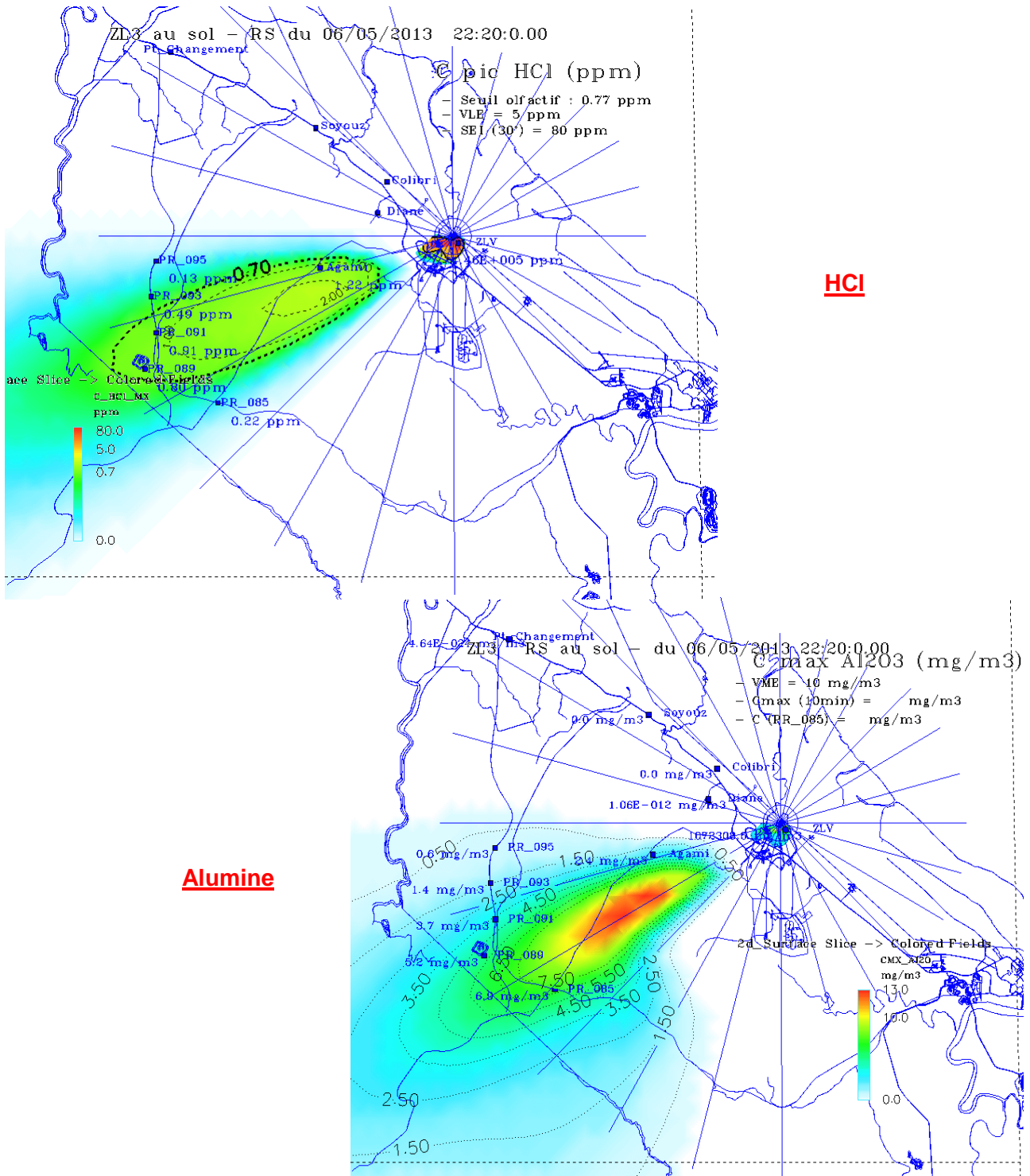


Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.

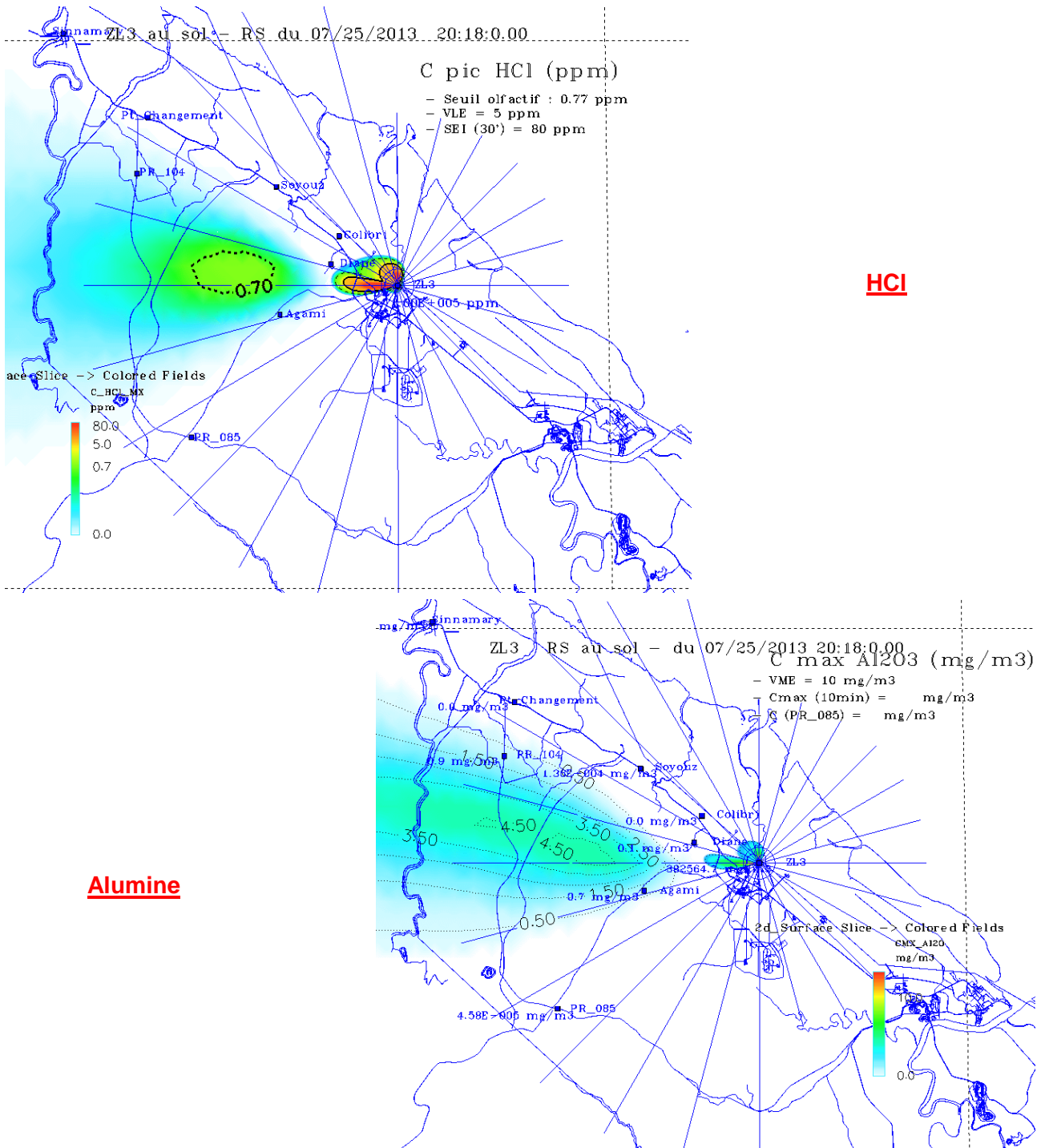
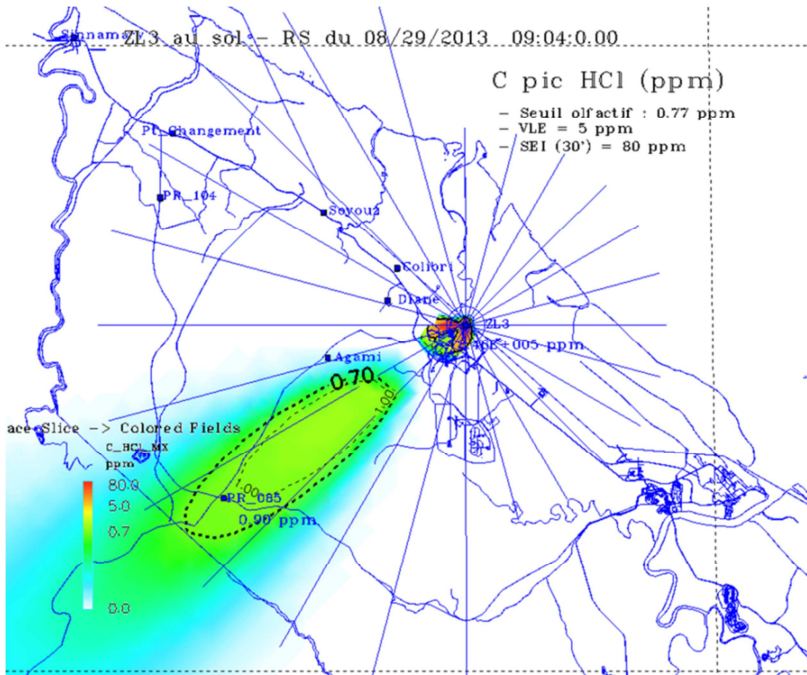


Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.



Alumine

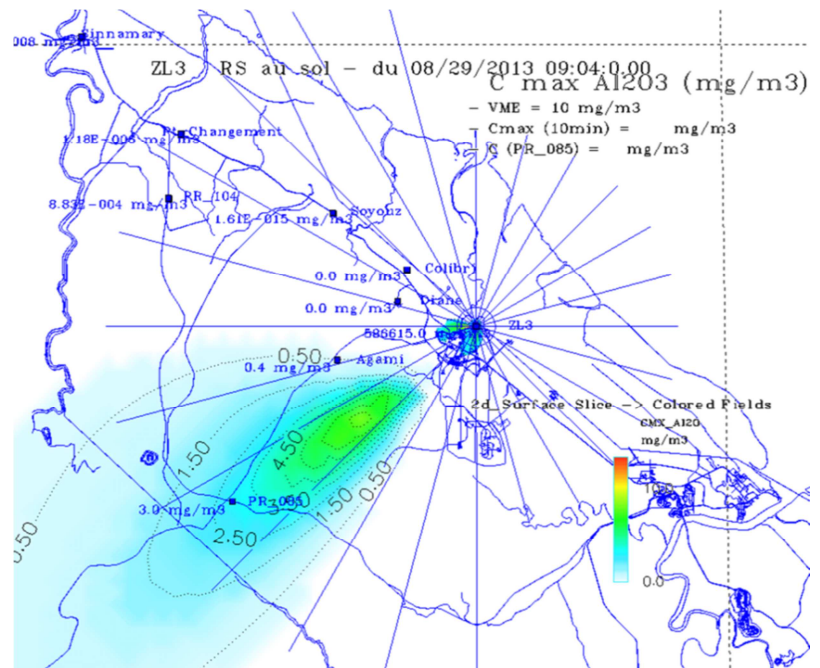
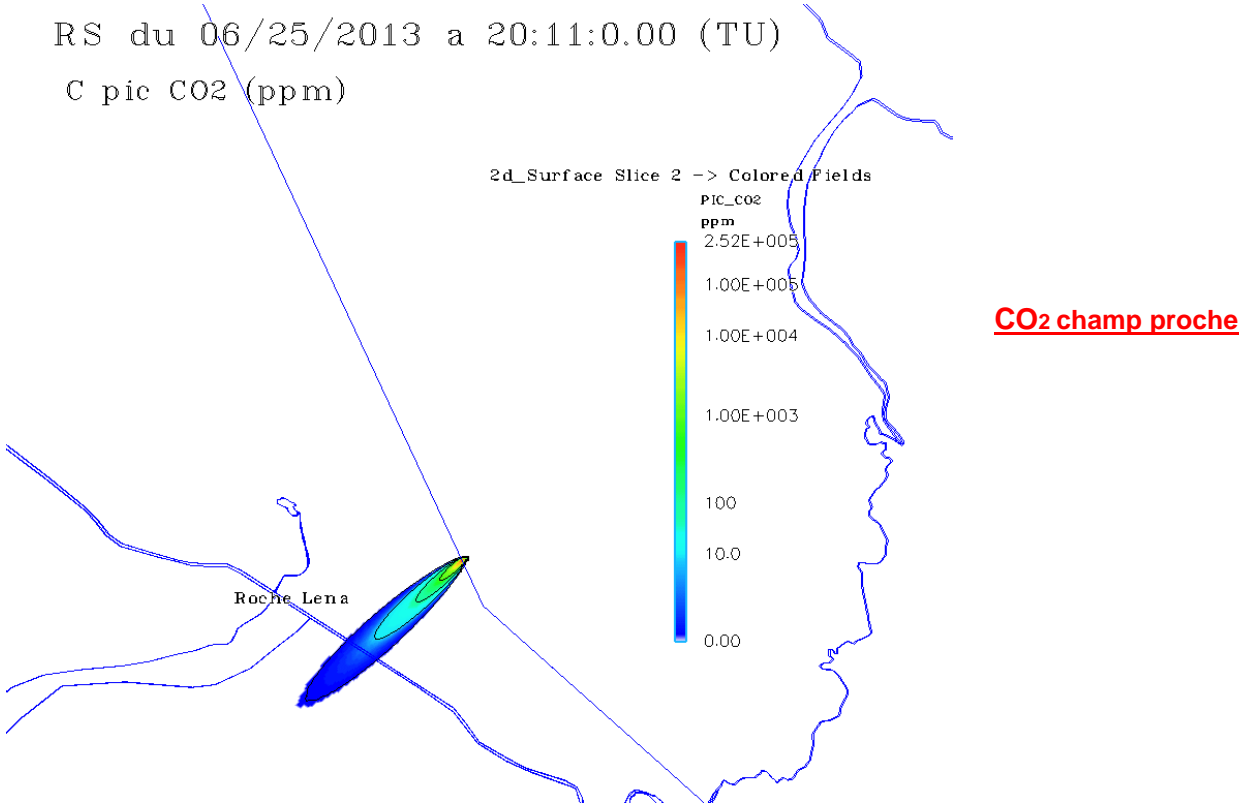
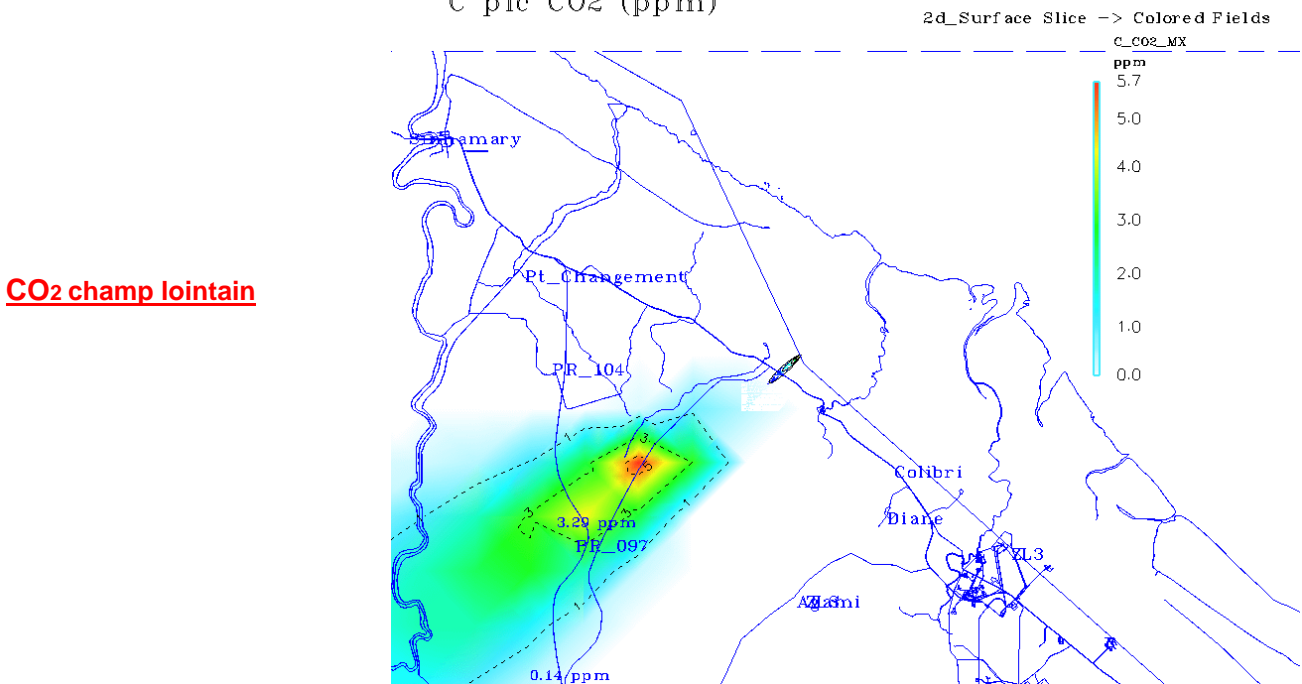


Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.

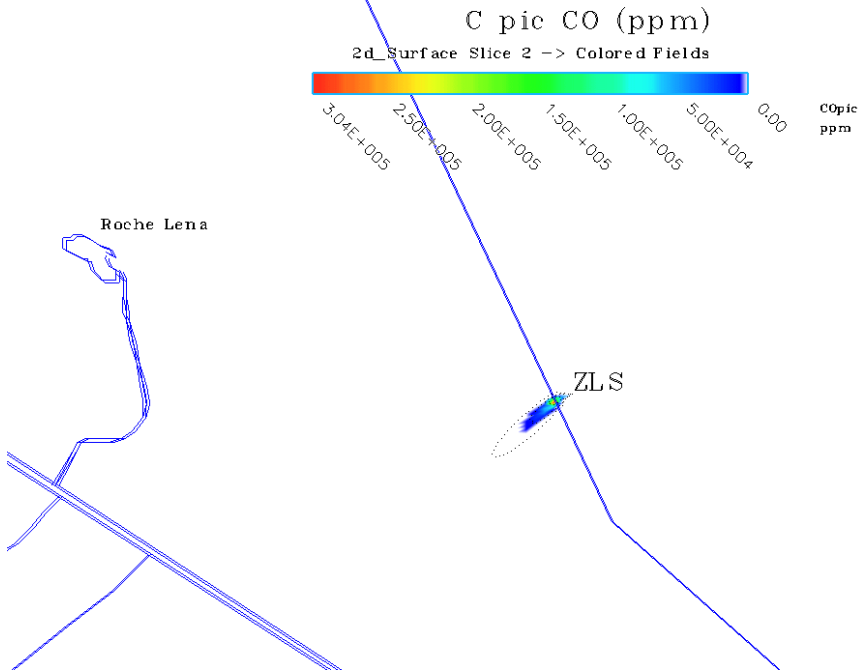
RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



CO champ proche

RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

CO champ lointain

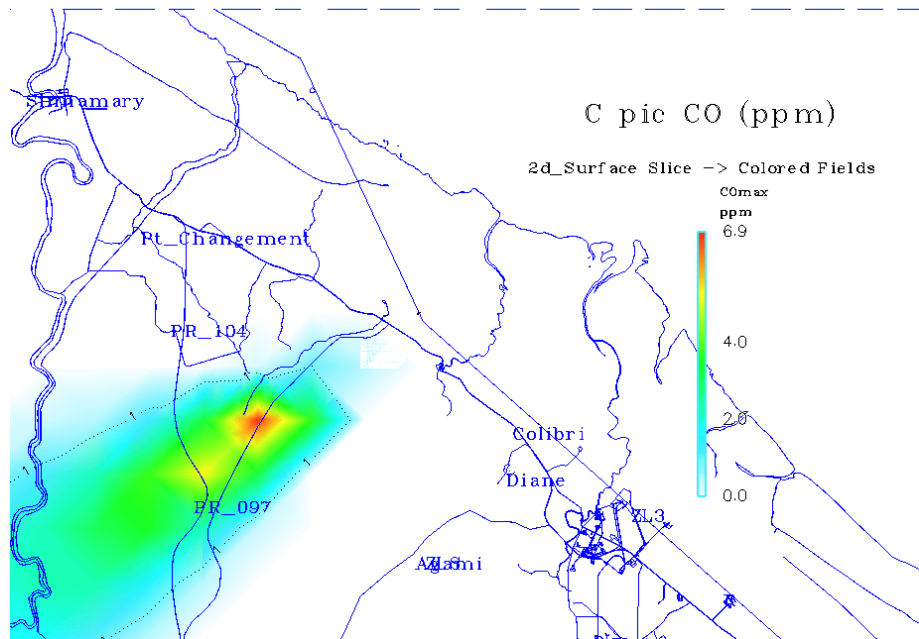
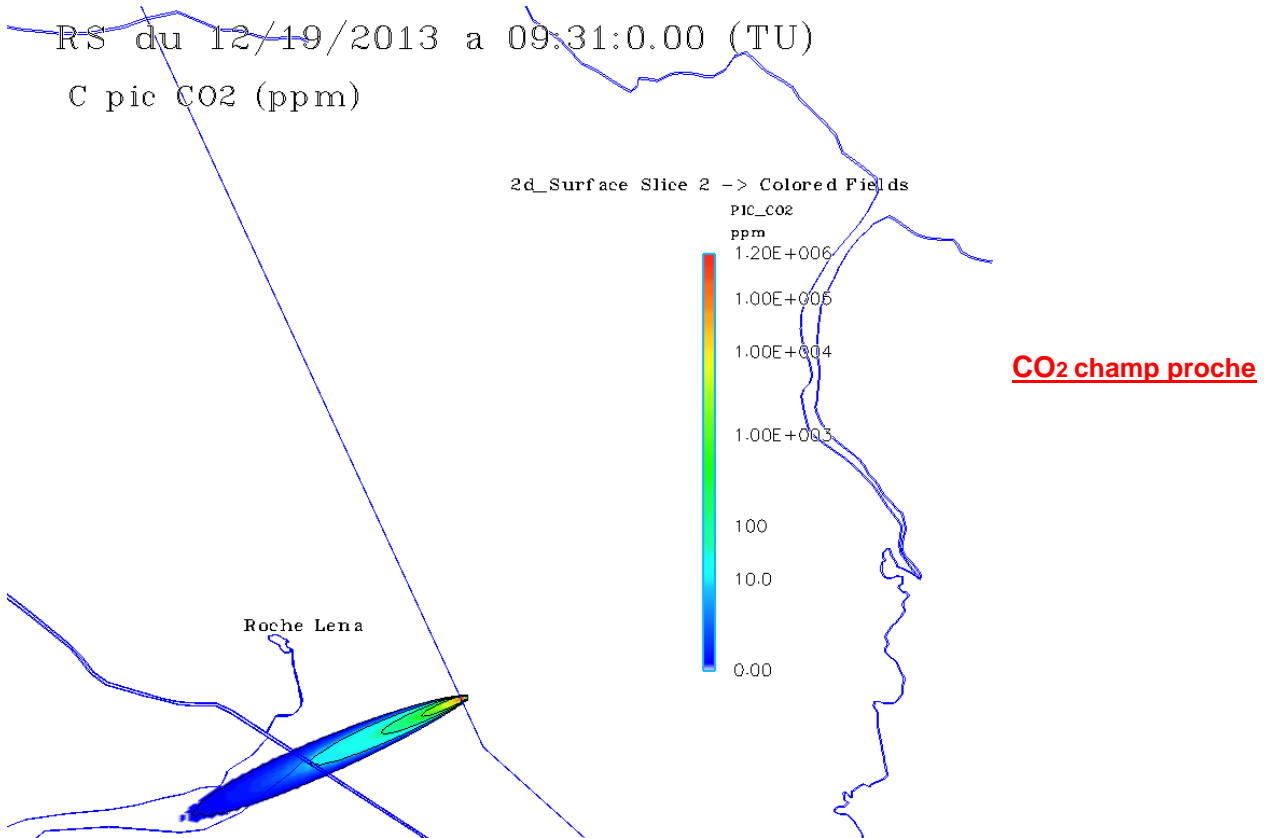


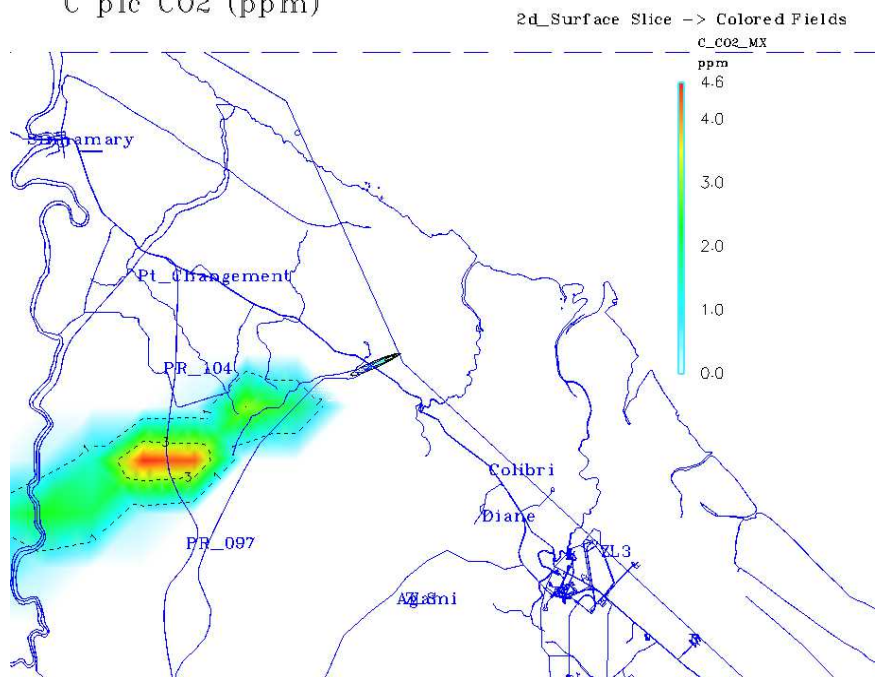
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.



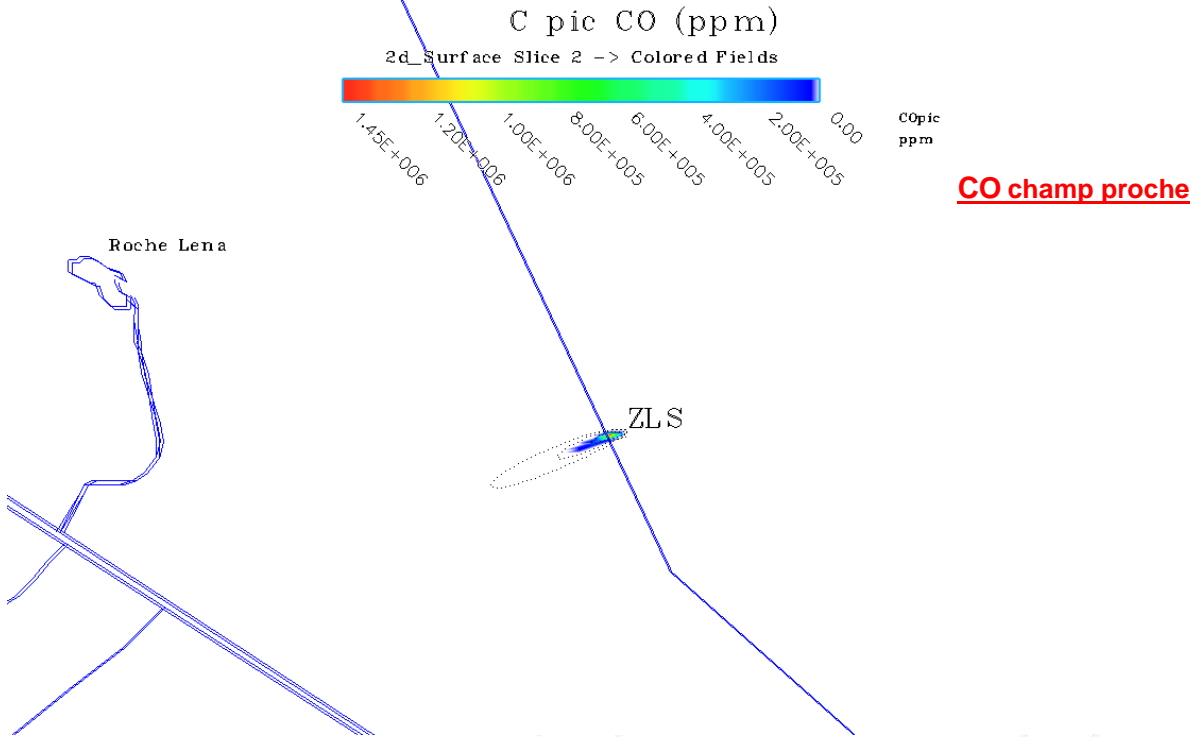
RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)

C pic CO2 (ppm)

CO2 champ lointain



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
SARRIM 4.4

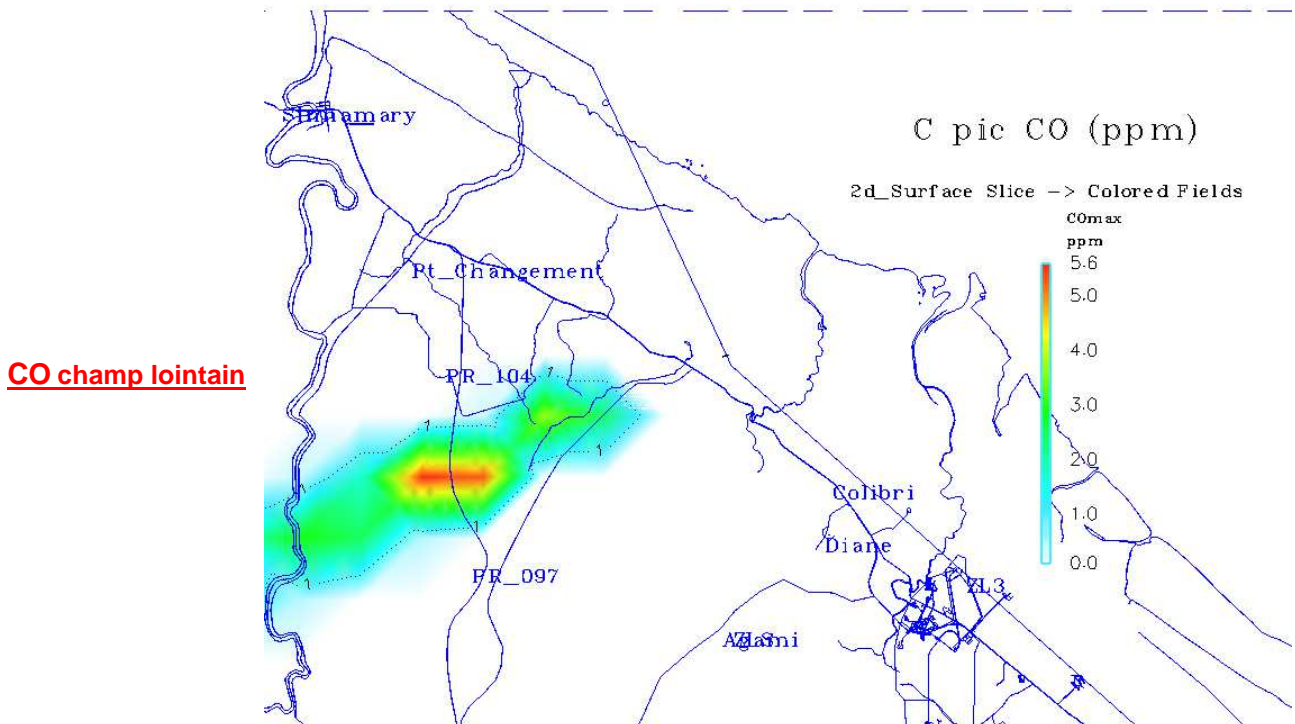
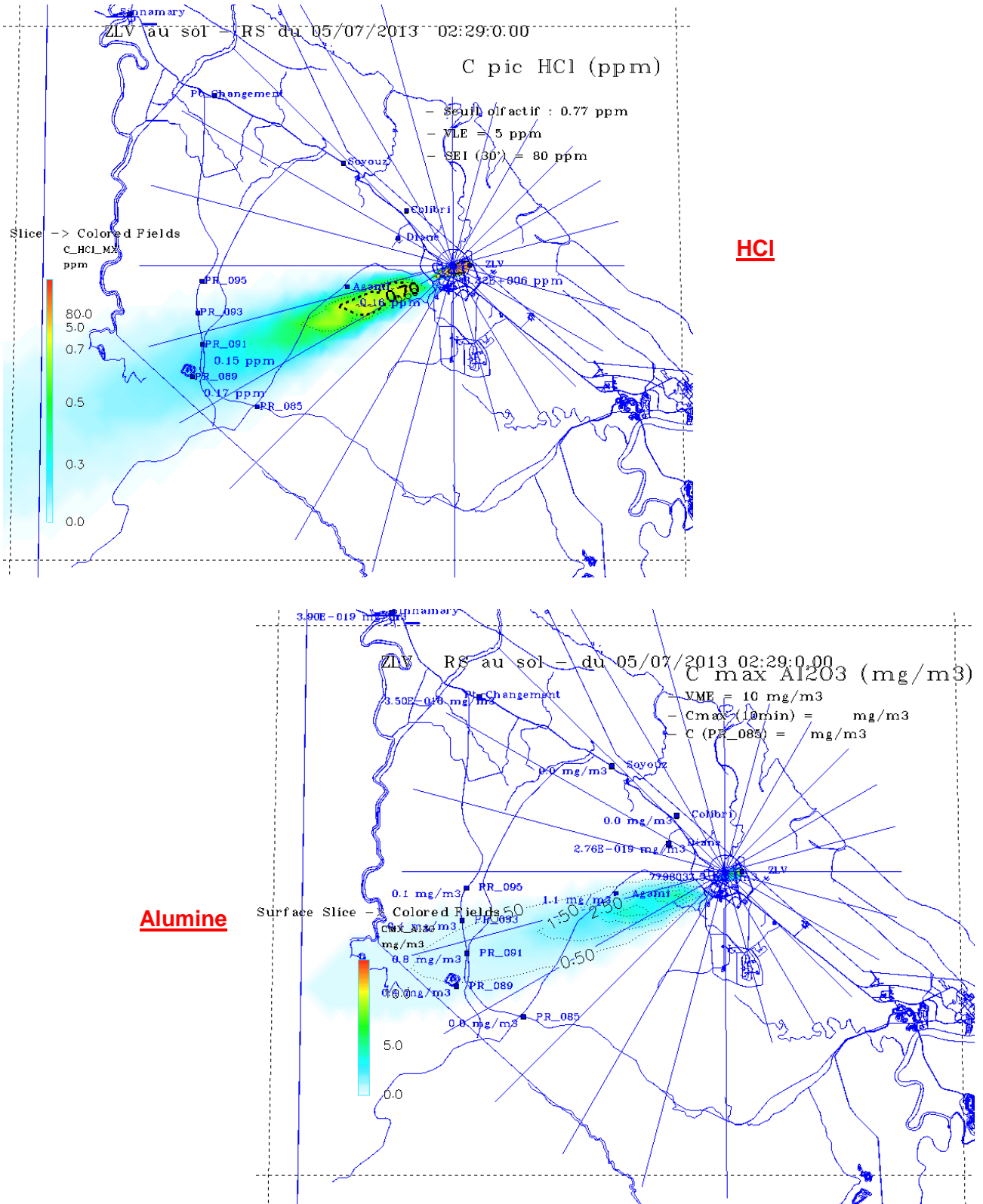


Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02



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

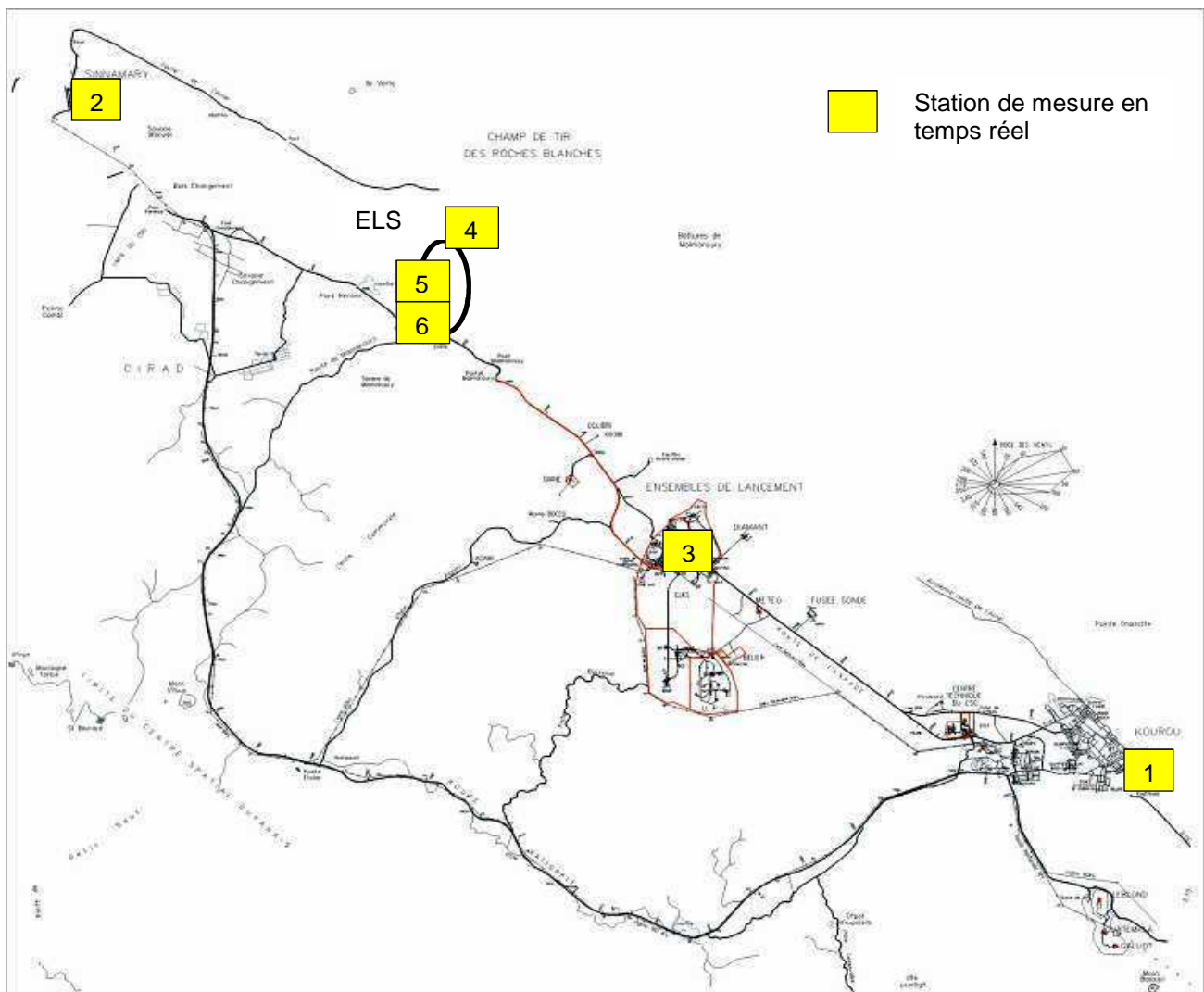
	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	8,3
V184	114,2	125,8	11,6
V185	129	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	17,7
V187	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

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
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
V212	67	99	32
V213	97	69	28
V214	105	93	12
V215	64	54	10

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 11 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyouz.



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

**BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
 ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL
 GUYANAIS 2013**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G. SDP/ES	23/06/2015
Vérifié par		
Approuvé par	RICHARD S. SDP/ES	24/06/15

DIFFUSION

Destinataires	Nombre
AE/DP/K	1
ADEME	1
CG/COM	1
CG/D	1
CG/SDP	1
CIRAD	1
DEAL	1
ECOBIOS	1
ENGREF	1
ESA/K	1
HYDRECO	1
INRA	1
IRD	1
MAIRIE DE KOUROU	1
MAIRIE DE SINNAMARY	1
ONF	1
ORA GUYANE	1
S.P.P.P.I	1
SDP/ES	1

Nombre total d'exemplaires: 19

Application autorisée par	TRINCHERO J.P. SDP/ES	24 JUIN 2015
----------------------------------	------------------------------	------------------

REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

Ed/Rév.	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	23/03/2015	Toutes	CREATION /DEL BUFALO G.

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 et dans l'arrêté d'exploiter n°1655/DEAL du 06/10/11 de l'ELVega à niveau du titre 8.

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2013 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>RAPPEL DES LANCEMENTS ET ACTIVITEES</p>	<p>En 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min ○ Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min ○ Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min ○ Vol 215 : 29/08/2013 à 18h30 min <p>2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min ○ Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 min <p>1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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
<p align="center">MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen du code de calcul SARRIM) ont ainsi montré de faibles écarts pour les vols A212 à A215. 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 05 et 06 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 V02. 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.
<p align="center">AIR : CHAMP PROCHE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 361 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 02, 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.

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.
<p>AIR : Réseau CODEX, analyseurs mobiles et analyseurs fixes. Suivi en continu de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seul l'appareil situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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, n'ont détecté aucune pollution imputable au lanceur. ▪ L'appareil situé en champ proche (à 168 mètres de la ZLV) n'a pas détecté la présence de gaz chlorhydrique.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p 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.
<p align="center">EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX : DE LA KAROUABO, 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 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. ▪ 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 align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée, ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la 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
PEUPLEMENTS 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 sèche par rapport à la saison des pluies. ▪ 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 nichoirs 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.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les espaces naturels littoraux confirment leur qualité exceptionnelle et les activités de recensement botanique se poursuivent.

SOMMAIRE

SYNTHESE	3
SOMMAIRE	8
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES FIGURES	13
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	14
2. DOCUMENTS ASSOCIES	15
2.1. Documents applicables	15
2.2. Documents de référence	16
2.3. Gestionnaire technique du document.....	18
3. SIGLES ET DEFINITIONS	18
3.1. Définitions	18
3.2. Sigles	19
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	21
4.1. Rappels.....	21
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	22
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	22
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	24
4.2.3. Conclusions.....	25
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	26
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	27
4.4.1. Objectif	27
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	27
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	29
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	31
4.4.5. Conclusions.....	31
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	32
4.5.1. Objectif	32
4.5.2. Résultats.....	32
4.5.3. Conclusions.....	32
4.6. Mesures d’impact sur la végétation	33
4.6.1. Objectif du suivi	33
4.7. Conclusions générales sur le suivi de l’impact sur l’environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013	33

5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....	34
5.1.	Rappels.....	34
5.2.	Localisation des zones de passage de la trace de combustion.....	35
5.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	35
5.2.2.	Conclusions.....	35
5.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	36
5.3.1.	Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	36
5.3.2.	Réseaux CODEX.....	37
5.4.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Soyuz pour 2012....	37
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES VEGA.....	38
6.1.	Rappels.....	38
6.2.	Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	39
6.2.1.	Au moyen des radiosondages.....	39
6.2.2.	Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP.....	40
6.2.3.	Conclusions.....	42
6.3.	Mesures en continu de la qualité de l'air.....	42
6.4.	Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain.....	43
6.4.1.	Objectif.....	43
6.4.2.	Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	43
6.4.3.	Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	44
6.4.4.	Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM.....	46
6.4.5.	Conclusions.....	46
6.5.	Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo.....	47
6.5.1.	Objectif.....	47
6.6.	Mesures d'impact sur la végétation.....	47
6.6.1.	Objectif du suivi.....	47
6.6.2.	Mesures des retombées.....	47
6.6.3.	Résultats d'analyses.....	48
	6.6.3.1. Résultats en champ proche (CP 04).....	48
	6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08).....	49
6.6.4.	Conclusions.....	49
6.7.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013	50

7.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	51
7.1.	Mesure de la qualité des sédiments	51
7.1.1.	Objectifs du suivi	51
7.1.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	51
7.1.3.	Localisation des points de prélèvements	52
7.1.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	52
7.1.5.	Résultats des analyses pour les éléments chimiques	52
7.1.6.	Conclusions	56
7.2.	Suivi de la faune aquatique pour 2013	58
7.2.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	58
7.2.2.	Lieux échantillonnés	58
7.2.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013	59
7.2.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013	64
	7.2.4.1. <u>Les poissons</u>	64
	7.2.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	64
7.2.5.	Conclusions générales sur le suivi de l'impact des lanceurs sur la faune aquatique	65
	7.2.5.1. Ariane 5 et Vega	65
	7.2.5.2. Soyuz	65
7.3.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013	66
7.3.1.	Nichoirs	66
	7.3.1.1. Peuplements	68
	7.3.1.2. Résultats du suivi de l'avifaune	68
	7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013	68
7.4.	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs sur le CSG	70
	7.4.1. Orchidées des savanes	70
	7.4.2. Inventaire patrimoniale de la savane Corneille	71
8.	CONCLUSIONS GENERALES	72
8.1.	Par rapport aux activités liées aux lanceurs	72
	8.1.1. Ariane 5	72
	8.1.2. Soyuz	73
	8.1.3. Vega	73
8.2.	Par rapport au suivi de l'environnement du CSG	74
9.	ANNEXES	75
	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	75
	Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	84
	Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	22
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	23
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	24
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages. .	25
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013	26
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	27
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	28
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	29
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	30
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	31
Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).	32
Tableau 12 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	35
Tableau 13 : Tableau récapitulatif des détections l'année 2012	36
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	39
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.	40
Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.	41
Tableau 17 : 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. .	41
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.	42

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.	43
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	44
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	44
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	45
Tableau 23 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).	46
Tableau 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement V02 en champ proche.	48
Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement V02 en champ lointain.	49
Tableau 26 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	51
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.	52
Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury, Karouabo et de la Paracou.	53
Tableau 29 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury, la Karouabo et de la Paracou.	55
Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.	59
Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.	57
Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.	66
Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).	67
Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212.	75
Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.	76
Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.	77
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.	78
Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.	79
Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.	80
Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02.	83
Figure 11 : Localisation des Shelters ENVIRONNEMENT SA lors d'un lancement Soyuz.	86

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2013 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact de ses activités industrielles sur l'environnement.

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

- des 4 campagnes Ariane 5 (vols A212 à A215),
- des 2 campagnes Soyuz (vol S05 et vol S06),
- de 1 campagne Vega (vol V02),
- 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),

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).
- 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

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.

2.2. Documents de référence

- [DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.
- [DR 2] **XXV-PCO-83-13609-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Vega.
- [DR 3] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.
- [DR 4] **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 5] **CG/SDP/ES/N°15 -180** - Plan de mesures environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 6] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-13648-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2010.
- [DR 12] **CG/SDP/ES/N°15- 41**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2011.
- [DR 13] **CG/SDP/ES/N°15- 167**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2012.

- [DR 14] **CSG-RP-S3X-16132-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane 5 vol A212 du 07 Février 2013 à 18h36 mn.
- [DR 15] **CSG-RP-S3X-16133-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A213 du 05 Juin 2013 à 18h52 mn.
- [DR 16] **CSG- RP-S3X-16134-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A214 du 25 Juillet 2013 à 16h54 mn.
- [DR 17] **CSG- RP-S3X-16123-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 Vol A215 du 29 Août 2013 à 17h30 mn.
- [DR 18] **CG/SDP/ES/N°15-172-** Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S05 du 25 Juin 2013 à 16h27.
- [DR 19] **CG/SDP/ES/N°15-197** – Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S06 du 19 Décembre 2013 à 06h12.
- [DR 20] **CG/SDP/ES/N°15-867-** Résultats du plan de mesures environnement Vega Vol V02 du 06 Mai 2013 à 23h06 mn.
- [DR 21] **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 de la propulsion des lanceurs Ariane 5 et Soyuz sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2013.
- [DR 22] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2013.
- [DR 23] **Cabinet ECOBIOS (Commande n°4700038309 / CSG093)** – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes & éléments de biodiversité de la base spatiale. Bilan synthétique 2013.
- [DR 24] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2013.
- [DR 25] **Cabinet ECOBIOS** –Etude du patrimoine naturel de la savane Corneille. Décembre 2013

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 2013, 4 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol 212 : 07/02/2013 à 18h36 min
- Vol 213 : 05/06/2013 à 18h52 min
- Vol 214 : 25/07/2013 à 16h54 min
- Vol 215 : 29/08/2013 à 18h13 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 (ELA) [DA 3].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 1, 3 à 17, 21 à 23 et 25] 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).

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>
A212	Fevrier	99	95	4,3	8,8
A213	Juin	69	89	6,2	7,3
A214	Juillet	93	117	7,7	7,1
A215	Août	54	101	5,2	8,8

Pour l'année 2013, 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 Ouest (direction de la piste Agami) en Fevrier et Juillet,
- et la direction intermédiaire Nord/ Nord-Ouest (direction comprise entre le site d'observation Agami et la station de poursuite des satellites DIANE) en Juin 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.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
A212	1,80	10,10
A213	2,50	13,20
A214	1,00	5,00
A215	2,00	8,40

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 A212 et A213, pour lesquelles des valeurs dépassants ce seuil ont été calculées. Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG. Les valeurs modélisées par SARRIM, qui correspondent aux valeurs maximales du centre du nuage, sont donc à relativiser.

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

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

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

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

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

Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2013. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 9* 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 2013, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 10% en 2013 et une valeur de 15% en 2012,
- 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.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	99	67	-32,3%
A213	69	97	40,6%
A214	93	105	12,9%
A215	54	64	18,5%

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 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.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
A212	2,5	12,5	31,3%
A213	2,7	12,5	1,3%
A214	1,3	7,0	35,0%
A215	2,5	14,2	47,0%

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 A214 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 28,7 %).

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 2013. 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 (détectations d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2013

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
A212	ND	ND	ND	ND
A213	ND	ND	ND	ND
A214	X	ND	ND	ND
A215	X	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo. 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, seul l'appareil mobile situé en champ proche (à 277 mètres de la ZL3) détecte 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*).

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2 224	463	140	776,5
Distance de la ZL3 (m)	235	361	361	361
Localisation	CP 02 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50	CP 01 : Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 49 et 50

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	2,84	1,13	1,55	1,12
Distance de la ZL3	2 425	2 789	1 874	2 790 et 10 585
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace	CL 08 : Parking ancienne RN1	CL11 : Intersection Piste Agami - Route de l'Espace et CL20 : Piste Agami – PK10 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m³)	6 478,99	11 908,29	4 915	6 598
Distance de la ZL3 (m)	277	277	277	277
Localisation	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP 03 : Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49

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	A212	A213	A214	A215
C_{max} (mg/m²)	94,83	194,97	76,51	39,72
Distance de la ZL3	2 425	17 153	7 498	11 123
Localisation	CL 07 : Pont Karouabo	CL 03 : Kourou – Débarcadère des Iles	CL 18 : Site Agami	CL 21 : Piste Agami – PK11 après portail
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Agami	Route de l'Espace	Route de l'Espace	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	-32,32%	40,58%	12,90%	18,52%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 03 (Kourou – Débarcadère de Iles), 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).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
A212	Fevrier	65%	12%
A213	Juin	23%	8%
A214	Juillet	23%	13%
A215	Août	2%	16%

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 des écarts significatives sont à signaler.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 212 à 215 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 1 697 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 A213. 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* présente une synthèse des résultats obtenus pour ce vol.

4.5.2. Résultats

Suite à un problème technique intervenu sur le préleveur, pour l'année 2013 une seule campagne de mesures a pu être déroulée (confer le *Tableau 11*).

Tableau 11 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement A213 (Juillet).

	pH unité pH	CONDUCTIVITE µS/cm à 25°C	CHLORURES mg/l	SODIUM mg/l	ALUMINIUM mg/l
Moyenne	6,44	28,33	5,36	0,16	3,37
Ecart type	0,16	5,00	0,55	0,03	1,83
Nombre de mesures	9	9	9	9	9

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, du pH, les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps.

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

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

4.6. Mesures 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 2013, suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats des produits de combustion issues des premières étage de Ariane 5 n'a eu lieu.

4.7. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur Ariane 5 pour le 2013

Les résultats pour les vols Ariane 5 de 2013 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 ont confirmé que le lanceur a un impact minimal voire négligeable sur la qualité des eaux.

Suite à des problèmes techniques aucune campagne d'échantillonnage des pluviollessivats a eu lieu en 2013.

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

5.1. Rappels

En 2013, 2 lancements Soyuz ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol S05 : 25/06/2013 à 15h54 min
- Vol S06 : 19/12/2013 à 06h12 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, 12, 13, 18, 19, 21 à 24] seront présentés dans cette 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,

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 12 : 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>
S05	Juin	55	65	5,3	7,7
S06	Décembre	66	58	8,3	5,3

Pour l'année 2013, 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 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 13 : Tableau récapitulatif des détections pour l'année 2013

		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	VS05	29,22	20,1 ##	1,2 ##	HS	50,6 ##	1,0 ##	11,9 #	4,3 #
	VS06	31,3 ?	18,2 ?	1,9 ?	723,6 ?	74,9 ?	0,8 ?	20,3 ?	3,5 ?
shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	VS05	26,4 ###	20,0 ###	2,0 ###	HS	39,9 ###	1,1 ###	17,9 ###	4,6 ###
	VS06	25,6	19,8	1,8	750,8	57,3	1,0	23,4	3,4
shelter n°6 : zone de stockage PHHC	VS05	HS	HS	1,0 ###	HS	HS	HS	18,9 #	HS
	VS06	25,1	18,8	1,6	710,8	HS	0,9	23,4	HS
shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	VS05	28,8 ###	19,9 ###	1,4 ###	HS	42,6 ###	0,4 ###	22,8 ###	10,7 #
	VS06	25,8	19,6	1,6	765,4	45,9	1,3	20,8	6,6
shelter n°1 : Kourou	VS05	28,7	36,3	1,5	746,1	26,8	2,1	21,9	HS
	VS06	28,1	22,3	1,3	768,9	HS	HS	35,3	HS
shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	VS05	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
	VS06	20,8	22,3	HS	751,1??	63,2	0,9	16,1	4,6??

HS : Hors Service

Valeur moyenne sur 14h max ## Valeur moyenne sur 19h ### Valeur moyenne sur 34h max

? Valeur moyenne sur 41h ?? Valeur moyenne sur 44h

Les shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas enregistré 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.

Les détecteurs du réseau CODEX n'ont pas détecté de 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 2013

Le résultat des mesures de la qualité de l'air nous permettent de conclure que les impacts générés pendant les lancements Soyuz en 2013 sont non quantifiables voire négligeables. Ils sont comparables avec les résultats obtenus pour l'année 2012.

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

6.1. *Rappels*

En 2013, 1 lancement Vega a eu lieu (en heure locale) :

- Vol V02 : 06/05/2013 à 23h06 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 2 à 4, 13, 20 à 23]** 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).

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

VOL	MOIS	DIRECTION DES VENTS (en °)		VITESSE MOYENNE DES VENTS (m/s)	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
V02	Mai	73	83	6,3	10,5

Pour l'année 2013, 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 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.

VOL	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
V02	1,3	5,2

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

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 2013, l'analyse des simulations a montré un écart de 17,8 %, et a confirmée l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain.

Tableau 16 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et des radiosondages.

VOL	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP/ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	73	86	17,8%

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 20* et le *Tableau 22* 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 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 17 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

VOL	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
V02	2,1	10,2	78,8%

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 ou 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 78.8 %).

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 2013. 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 ou ARPEGE 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'ELVega.

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).

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour le vol VV02.

VOL	Zellweger 1 CP 01	Zellweger 3 CL 09	Zellweger 4 CL 14	Zellweger 5 CL 05
V02	ND	ND	ND	ND

Rappelle : Le point CP 01 est localisé sur le chemin de Ronde de la ZL3 entre la zone 49 et la zone 50, le point CL 08 est localisé sur le Parking de l'ancienne RN1 et le Point CL 09 est localisé sur le portail de la piste Agami, le point CL 14 est localisé sur le pont de la Karouabo, 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, 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 19*).

Tableau 19 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	186
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04: Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45

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 20*).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	45
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

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 21*).

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	449
Distance de la ZLVega (m)	168
Localisation	CP 04 : Chemin de ronde ZLVega – 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 22*).

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.

Vol	V02
C_{max} (mg/m²)	250
Distance de la ZLVega (m)	3 682
Localisation	CL 16 : Piste Agami – PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	Route de l'Espace
Comparaison avec radiosondage	17,81%

Il a été observé, selon les résultats 2013 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 23 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).

VOL	MOIS	ECARTS DES VENTS	
		<i>Radiosondage</i>	<i>Prévisionnel</i>
V02	Mai	17%	2%

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 2%). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est supérieur (de l'ordre de 17%)

6.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour le vol V02 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 168 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 est mis en place la veille du lancement. L'échantillonnage débute quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours).

A cause de problèmes techniques intervenus pendant la précédente campagne d'échantillonnage (Vol A213), n'a pu être obtenu aucun suivi de la qualité des eaux.

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 V02 (Mai).

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 24 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement V02 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 V02	Moyenne	14,80	171,95	36,47	5,35	13,29	5,29	722	3,35
	Ecart type	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Nombre de mesures	1	1	1	1	1	1	1	1

Seulement un échantillon a été récupéré en champ proche, les autres ont été trouvés reversés.

Les résultats recueillis pour les paramètres sont cohérents les uns par rapport aux autres.

La comparaison des résultats des pluviollessivats à ceux des bacs à eau met en évidence :

- L'érosion du carneau. Ce phénomène est corroboré par les concentrations élevées en Calcium et Magnésium,
- Des teneurs en ions chlorures supérieures à celles des bacs à eau, du à un apport lié au lancement.

6.6.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 25*

Tableau 25 : Tableau des résultats obtenus pour les pluvolessivats pour le lancement V02 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 μS/cm à 25°C	pH unité pH
VOL V02 Moyenne	3,06	1,86	0,50	0,24	1,47	1,15	15,25	5,94
Ecart type	0,81	0,29	0,17	0,00	0,43	0,16	3,11	0,18
Nombre de mesures	4	4	4	4	4	4	4	4

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 pluvolessivats ont mis en évidence un très faible impact du nuage de combustion sur la végétation du champ proche.

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. Conclusions générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement du lanceur VEGA pour le 2013

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

- l'analyse des retombes chimiques en Chlorures et Alumine en champ proche et en champ lointain,
- l'analyse de l'eau de la crique Karouabo,
- l'analyse des pluviolessivats.

Les résultats nous permettent de conclure que les impacts générés pendant le lancement Vega en 2013 sont négligeables.

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

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

7.1. Mesure de la qualité des sédiments

7.1.1. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 10.1.3 de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 [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.

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

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

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en raison de leur caractère acide naturel. À cela, il faut ajouter le degré d'agressivité des sols (argilite) très important. Ces facteurs corrosifs entraînent un lessivage des sols, et donc, la dissolution d'éléments mobiles à très mobiles tels que (Mg, Zn, Cd, Al).

Le potentiel de transfert élevé de l'aluminium fait qu'il se décompose assez facilement en ions Al^{3+} ou en ions hydroxylés $Al(OH)_n$. Ces derniers sont alors solubilisés et transportés sous forme hydrique vers des horizons d'accumulation ou sont complexés dans le sol. Les ions Al^{3+} , fixés par le complexe absorbant, peuvent s'hydroxyler ou se polymériser en donnant des hydroxydes colloïdaux. Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer le *Tableau 26*).

Tableau 26 : 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

7.1.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 13 au 15 Mai 2013 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la Karouabo et le 23 Septembre pour la Paracou [DR 22 et 24]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

7.1.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées dans l'eau des criques, à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments. Ces paramètres, présentés dans le *Tableau 27*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 27 : 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)	pH (unités pH)	Hydrocarbures (mg/l)
CRIQUE MALMANOURY	14/05/2013 à 16h30	26,2	21	5,1	63	4,89	5,03	-
	15/05/2013 à 12h00	25,3	14	6,2	75	15,7	5,09	-
CRIQUE KAROUABO	13/05/2013 à 18h15	25,9	21	3,6	44	2,57	4,94	-
	14/05/2013 à 11h30	26,1	21	3,4	41	1,85	4,86	-
CRIQUE PARACOU AM	23/09/2013 à 12h15	25,4	27	5,7	68	-	6,25	<0,05
	23/09/2013 à 12h30	25,5	27	5,6	67	-	6,19	<0,05

Il est ainsi intéressant de noter que la température et la conductivité sont quasiment constantes sur l'ensemble des criques échantillonnées. Néanmoins, nous constatons que la teneur en oxygène fluctue d'une crique à l'autre. La Karouabo est moins oxygénée car son débit est très faible. Elle se comporte comme un milieu lentique. Pour la Malmanoury un violent orage intervenu dans la nuit du 14 au 15 mai a influencé la teneur en oxygène..

7.1.5. Résultats des analyses pour les éléments chimiques

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

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 28 : 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
pH unité pH	4,14	4,38	4,66	4,6	4,26	4,13	4,08	4,4	4,12	4,1	5,2	5,1	5,3	4,9	5
Aluminium mg/Kg MS	16667	16016	20813	4596	29124	24632	13837	47330	24838	23117	4772	5424	4354	7898	22153
Baryum mg/Kg MS	39,4	46,1	47	12,1	71,4	39,6	40	70,4	95,1	93,5	10,3	12,3	8,6	17,5	49,2
Calcium mg/Kg MS	71,9	68,3	228	106	163	224	<51,5	248	118	147	97	106	70	144	424
Cadmium mg/Kg MS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Chrome mg/Kg MS	16,9	16,2	25	7,29	28,2	52	25,1	70,2	43,8	42,7	4,04	3,03	1,86	4,68	10,41
Cobalt mg/Kg MS	0,83	0,85	1,1	0,32	1,17	1,14	0,8	6,42	3,23	3,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,6
Cuivre mg/Kg MS	<0,20	1,91	1,81	<0,20	2,87	3,52	1,92	80,9	8,68	8,5	1,01	0,49	0,2	0,71	2,4
Fer mg/Kg MS	4158	4242	6795	1575	15594	8220	2932	83961	15519	6838	705	827	591	1249	3052
Magnésium mg/Kg MS	565	529	463	179	743	360	249	973	1714	1658	<50	<50	<50	70	199
Manganèse mg/Kg MS	15,8	15,6	18,1	11,9	18,6	11,4	9,27	109	32,9	32,4	3,23	3,24	2,4	4,48	11,61
Mercure mg/Kg MS	0,06	0,07	0,06	0,02	0,07	0,08	0,05	0,09	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,09
Molybdène mg/Kg MS	0,73	0,44	0,26	<0,20	<0,20	0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nickel mg/Kg MS	3,86	6,02	8,33	3,24	9,01	13,5	11,7	29,8	18,2	17,2	7,67	3,84	2,2	3,05	5
Plomb mg/Kg MS	6,5	8,92	14,8	6,07	11,5	13,5	7,8	26,9	16,2	17	1,58	1,86	1,22	2,44	6,8
Potassium mg/Kg MS	1247	1349	1037	496	1889	684	841	1707	2817	2640	88	62	<50	87	242
Sélénium* mg/Kg MS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,15	<1,0	<1,0
Zinc mg/Kg MS	5,69	6,85	11,4	2,83	10,6	5,39	2,68	50,1	14,3	13,8	<2	<2	<2	<2	<2

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

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, par rapport à l'année 2012, 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 AV2 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 11 des 14 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.

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

Tableau 29 : 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	
		M	σ	M	σ	M	σ
pH	unité pH	4,4	0,2	4,18	0,1	5,10	0,1
Aluminium	mg/Kg MS	17 457,2	7 964,0	27 659,25	11 060,0	8 920,20	6 729,5
Baryum	mg/Kg MS	43,2	19,0	61,28	24,4	19,58	15,1
Calcium	mg/Kg MS	127,4	60,7	147,50	87,8	168,20	130,1
Cadmium	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Chrome	mg/Kg MS	18,7	7,3	47,78	14,6	4,80	3,0
Cobalt	mg/Kg MS	0,9	0,3	2,90	2,0	0,12	0,2
Cuivre	mg/Kg MS	1,3	1,1	23,76	30,2	0,96	0,8
Fer	mg/Kg MS	6 472,8	4 850,2	27 658,00	30 507,0	1 284,80	911,2
Magnésium	mg/Kg MS	495,8	183,5	824,00	619,1	53,80	77,5
Manganèse	mg/Kg MS	16,0	2,4	40,64	36,4	4,99	3,4
Mercure	mg/Kg MS	0,1	0,0	0,07	0,0	0,04	0,0
Molybdène	mg/Kg MS	0,3	0,3	0,05	0,1	N.A.	N.A.
Nickel	mg/Kg MS	6,1	2,3	18,30	6,3	4,35	1,9
Plomb	mg/Kg MS	9,6	3,3	16,10	6,2	2,78	2,0
Potassium	mg/Kg MS	1 203,6	451,9	1 512,25	882,5	95,80	79,8
Sélénium*	mg/Kg MS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,23	0,5
Zinc	mg/Kg MS	7,5	3,1	17,25	17,0	N.A.	N.A.

*= la mesure du Sélénium n'est pas accréditée

7.1.6. Conclusions

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

Ces processus sont :

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

Les sédiments étant prélevés dans les criques Karouabo, 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 3] 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 1*).

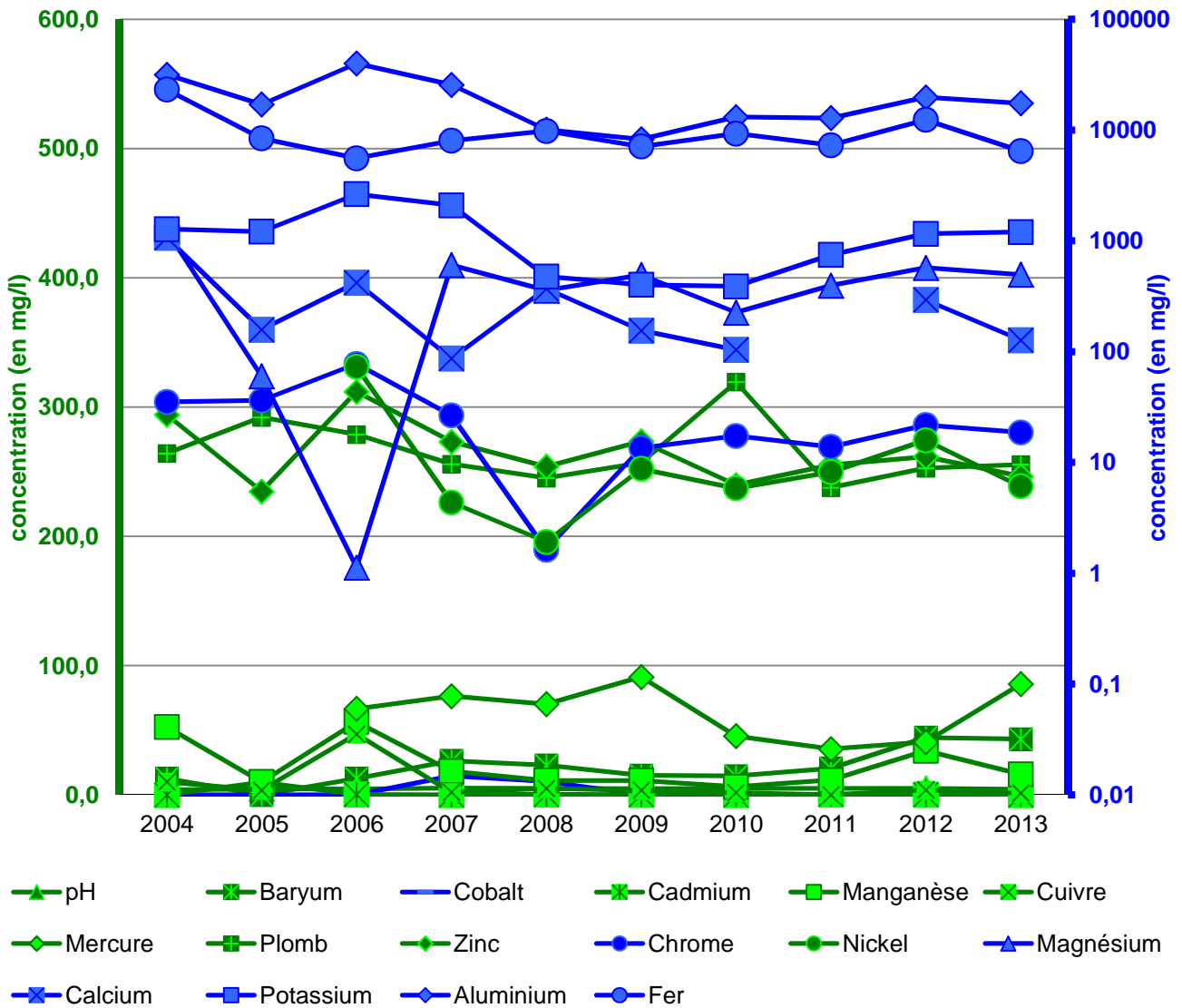


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2013 sur la crique Karouabo.

7.2. Suivi de la faune aquatique pour 2013

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].

7.2.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 et Vega et les produits de combustion de la trace de Soyuz 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 2013 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'Ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

7.2.2. Lieux échantillonnés

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

- **la Karouabo.** En effet, c'est la crique la plus proche du pas de tir d'Ariane 5 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.

7.2.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2013

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

Tableau 30 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2013.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<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 : 40 centimètres, 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 60 à 70 % de saturation. Concernant la Karouabo, on constate, après quatre 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 45% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison de pluie de l'ordre de 40 % de saturation). Par ailleurs, on observe un contraste jour/nuit moins marquée par rapport à l'année 2012 en faveur des teneurs du 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), 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 2013
<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>
<p>PEUPLEMENTS 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 sont compris entre celui de 2010 et celui de 2012, les observations de l'année passée restent d'actualité. • Sur la Karouabo, ce nombre continue de décroître depuis 2009. • Sur la Malmanoury, les captures sont les plus basses depuis le début du suivi. ▪ En saison sèche, les captures ont suivi des évolutions plus similaires à la saison sèche de 2011, avec quelque exception : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la Crique des Pères, on mesure une augmentation généralisée des individus et espèces par rapport à les années précédentes. • Sur la Karouabo, le nombre de capture redeviens à des valeurs proches de celles du 2011, avec une dominance en biomasse d'<i>A.falcatus</i> et <i>L.gossei</i>. • Sur la Malmanoury les captures ont été inférieures d'un facteur 2 par rapport à 2012 et donc plus similaire à 2011, et par rapport au nombre d'espèces, on observe un nouveau maximum. La biomasse totale est divisée par trois par rapport à 2012 et plus proche à des valeurs du 2011. • Sur la Paracou en amont deux espèces déterminantes (<i>M. eleotrioides</i> et <i>N aureocephalus</i>) ont été capturées. Ce sont des espèces communes et fréquentes sur ce site. ▪ Par rapport aux années précédentes la faune piscicole se trouve, globalement, dans la lignée des années précédentes.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>PEUPELEMENTS 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 un de ses niveaux de richesse historique le plus haut en saison sèche et en saison de pluie. • La Karouabo reste dans la continuité des années précédentes. • La Malmanoury a montré des niveaux de richesse élevées en saison sèche, et des niveaux qui continuent à diminuer vis-à-vis les années précédents. ▪ Concernant la diversité : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères confirme sa stabilité • La Karouabo continue de montrer, depuis le 2006, une discontinuité saisonnière en faveur de la saison sèche. • La Malmanoury atteint des niveaux stables depuis 2009. ▪ Par rapport à la structure trophique : <ul style="list-style-type: none"> • La crique des Pères montre une large prédominance des omnivores, indépendamment de la saison. • En ce qui concerne la Karouabo, il a été observée une répartition trophique similaire à celle du 2012 en saison des pluies, et en saison sèche il a été enregistrée une forte dominance des piscivores. • Dans le 2013 la dominance des ichtyophages sur la communauté piscicole de la Malmanoury a été mise en évidence d'une façon encore plus marquée par rapport aux années précédentes.
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS II (Analyse de la condition et anatomopathologie)</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. falcatus</i> : poisson strictement piscivore. • <i>H. malabaricus</i> : poisson prédateur. • <i>T. galeatus</i> : poisson omnivore occasionnel. <p>L'analyse de la condition a été réalisée sur les exemplaires prévenants de la crique Karouabo et Malmanoury.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013 la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, est significativement supérieure sur la Malmanoury par rapport à la Karouabo. ▪ L'analyse de condition de <i>T. galeatus</i>, différente de la condition de <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>, ne montre pas de différence entre la Malmanoury et la Karouabo. ▪ Deux espèces de carnivores ont présentées des infestations de nématodes en saison sèche et en saison des pluies.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2013, 3 928 individus répartis en 25 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. ▪ Par rapport à la Paracou une seule campagne d'échantillonnage a été menée avec 1404 individus répartis en 19 taxons ▪ Cependant, les abondances restent assez faibles sur les 4 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. ▪ Globalement, la crique des Pères est la crique la plus riche, avec un total de 1170 individus et 7 taxons en saison sèche, et 358 individus et 6 taxons récoltés en saison de pluies. La Karouabo, avec 975 individus en 7 taxons et 446 individus en 10 taxons en saison de pluies. La crique des Pères se place en 3^{eme} position avec 553 individus repartis en 11 taxons dans la saison des pluies et 426 individus en 11 taxons en saison sèche. ▪ En ce qui concerne la Paracou nous ne notons pas de variations par rapport à l'année 2012. ▪ 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 24% et 100% 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, la crique des pères et la Malmanoury 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 dans des proportions faibles (14%) différemment de l'année précédent. ▪ Lors de la saison des pluies, des indications de pollution organique et/ou de déficit d'oxygène (pourcentage de oligochètes entre le 48 et le 75 % du peuplement total) sont montrés dans la composition de la faune des invertébrées aquatiques de crique des Pères et de la Karouabo.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2013
<p 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*, comme en le 2012. ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV*, comment depuis 2011 ○ La Malmanoury est en classe III* depuis 2011. ○ La Paracou a enregistré une score de III* ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice calculé sur la crique des Pères et la Karouabo est la classe VI*, ○ La qualité de la Malmanoury reste stable. Elle reste en classe III* comme en 2012. ○ La qualité de la station Paracou en amont reste stable en classe III* depuis 2011

* 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 2013
<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 des années précédents sont confirmées pour l'année 2013.

7.2.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2013

7.2.4.1. Les poissons

On note 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. Les paramètres descripteurs sont revenues aux niveaux de 2010

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.

7.2.4.2. 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 qui restent d'actualité.

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

7.2.5.1. 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,

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 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 ou Vega.

La crique Paracou est caractérisée par la forte présence de piscivores et de communautés biologiques adaptées à des milieux désoxygénés.

7.2.5.2. Soyuz

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

7.3. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2013

7.3.1. Nichoirs

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

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

Depuis 2007, des nichoirs (environ 400) sont en cours de mise en place sur 5 zones (Figure 2) :

- 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 2 : 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 3*).



Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).

7.3.1.1. Peuplements

En 2013, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau de la savane Corneille, de la savane Lapin et de la Roche LENA, mais aussi aux alentours des ensembles de lancement. Il n'a pas été observé d'effets des lancements sur le comportement des oiseaux ou sur la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus.

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

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2013

7.3.1.3.1. 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.

7.3.1.3.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 31*).

Tableau 31 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2013.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2013
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 1 500 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 2013
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 27 ans, • forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). • Le franchissement de l'île verte par la mangrove continue. • 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.

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

Les écosystèmes suivants ont été étudiés au cours de l'année 2013. L'objectif est de suivre les évolutions des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur sur le CSG:

- Ecosystème des Savane (Savane Corneille)

7.4.1. Orchidées des savanes

Le CSG est le seul territoire de Guyane qui abrite au même moment les trois espèces d'orchidées *Cyrtopodium*.

- o *C.andersoniii* strictement lithophyte est inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.cristatum* moins exigeant de *C.andersoniii* peuple les pierreries et cordons de sable, peuple les savanes ouvertes du CSG. inscrit dans la liste d'espèces protégées de Guyane.
- o *C.parviflorum* trouvé en plusieurs pies dans les savanes du CSG, sa survie dépend des passages réguliers de feux en saison sèche.

7.4.2. Inventaire patrimonial de la savane Corneille

Les prospections effectuées au cours de l'année 2013 sur le site de la savane Corneille ont permis de recenser plusieurs nouvelles espèces pour la Guyane, dans lesquelles l'orchidée *Veyretia rupicola* c'est le recensement le plus significatif.

Différentes espèces protégées, d'un grand intérêt patrimonial, et une remarquable richesse ont été recensées sur le site, les plus remarquables sont :

- *Fucrea foetida*, en association à *Disthengatus sp.* et *Bromelia plumierii*, témoins une ancienne occupation humaine du site,
- *Stachytarpheta angustifolia*, objet de suivi depuis la construction du pas de tir Soyuz,
- *Xyris malmeana*, *X.spathacea* et *X.savaniensis* : trois des huit espèces des *Xyris* présentes dans la savane Corneille. L'ensemble est rarissime en Guyane. Peuplement essentiellement habitat à sables blancs.
- Nombreuses traces d'anciens habitats et installations amérindiennes (fosses pédologiques et tessons)
- 270 espèces de plantes vasculaires appartenant à 86 familles différentes parmi elles 45 remarquables à divers titres.

L'ensemble des différents habitats et la grande panoplie d'espèces uniques ou rarissimes enregistrées confèrent à la savane Corneille une originalité patrimoniale exceptionnelle.

8. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2013 sont les suivantes :

8.1. *Par rapport aux activités liées aux lanceurs*

8.1.1. Ariane 5

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) 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 de 277 mètres.
- 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).

8.1.2. Soyuz

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

8.1.3. 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.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures). En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

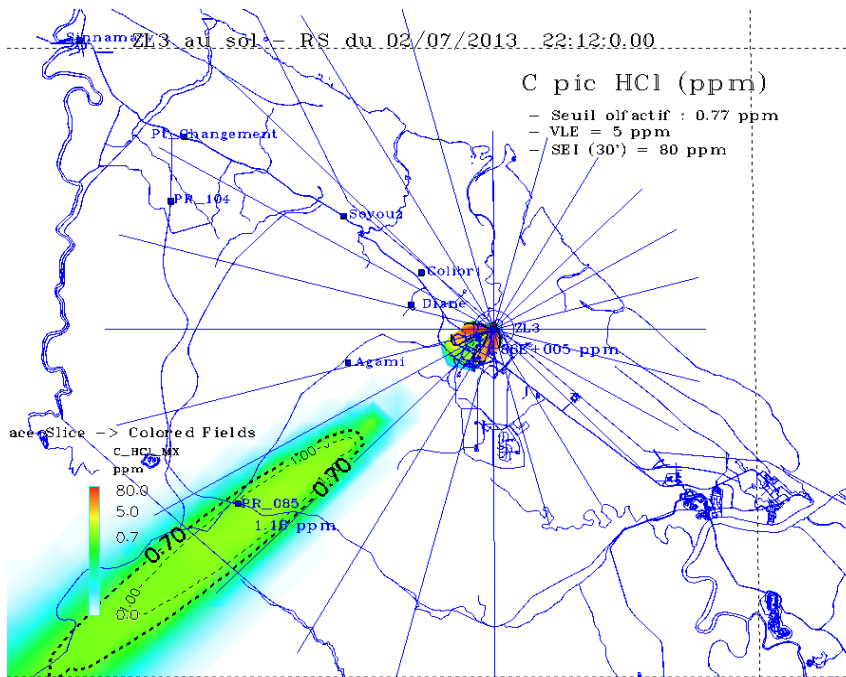
8.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- 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, les données obtenues sont stables depuis 2010.
- 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.
- Les activités de recensement des Ecosystèmes du CSG confirment la qualité exceptionnelle de ces écosystèmes en intérêt patrimonial et botanique.

9. ANNEXES

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

Figure 4 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A212



Alumine

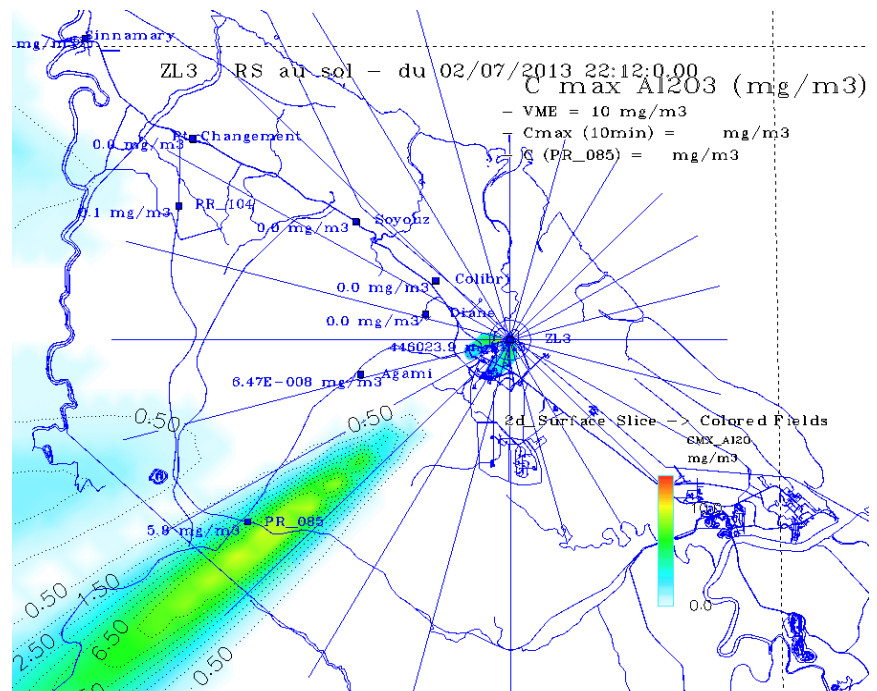


Figure 5 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A213.

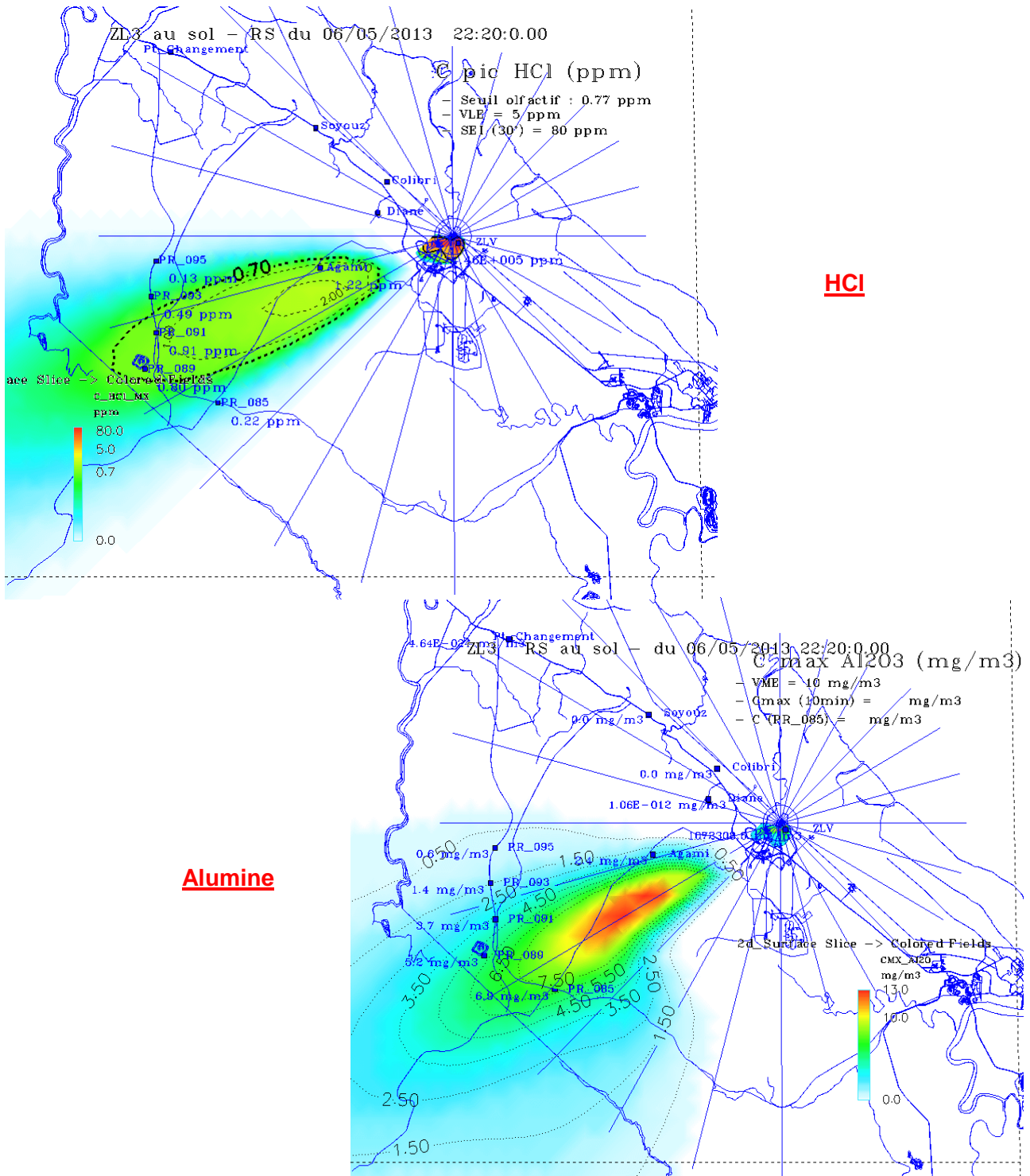


Figure 6 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A214.

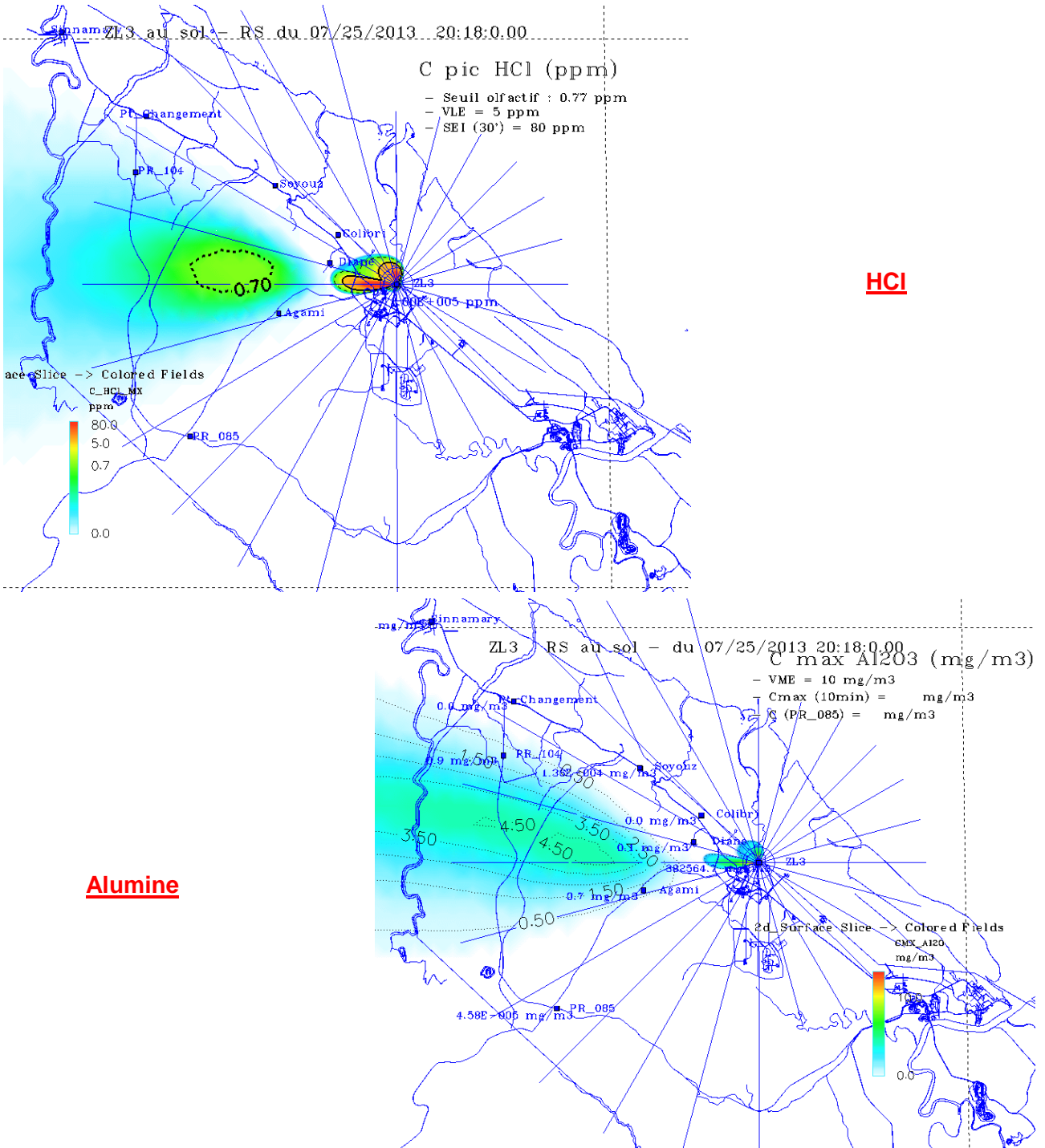
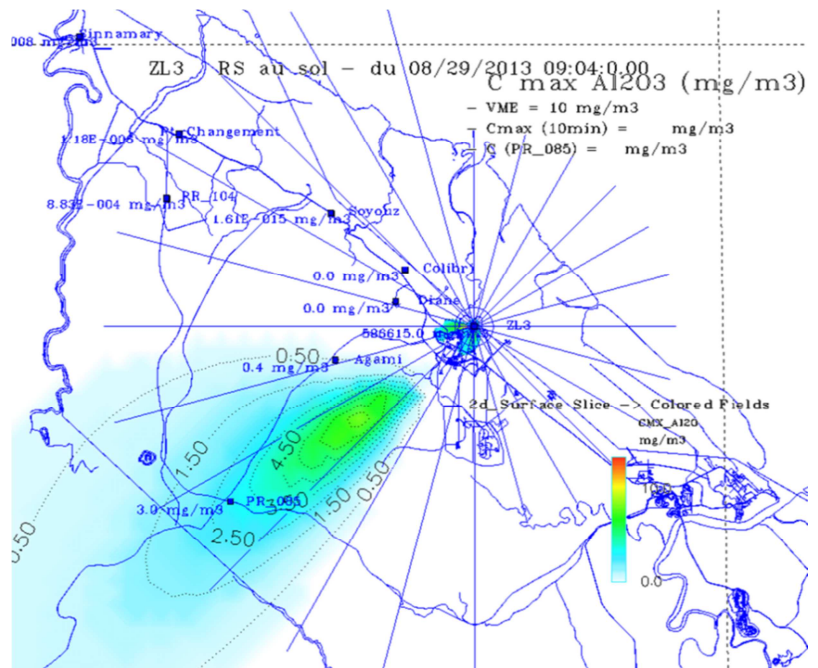
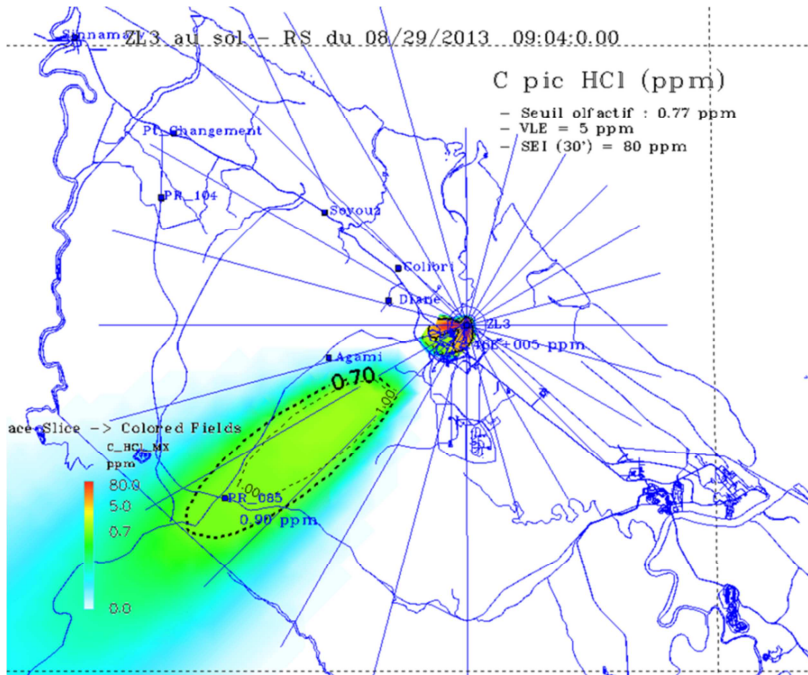


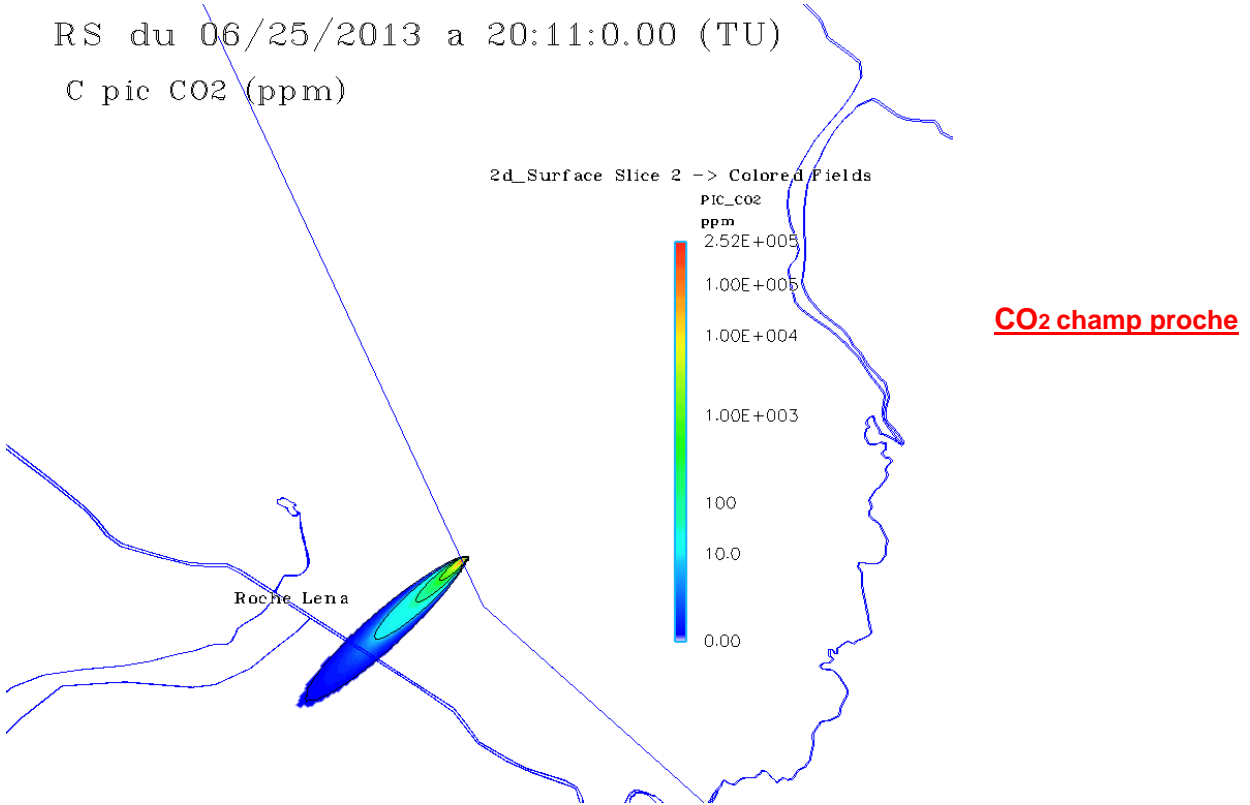
Figure 7 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol A215.



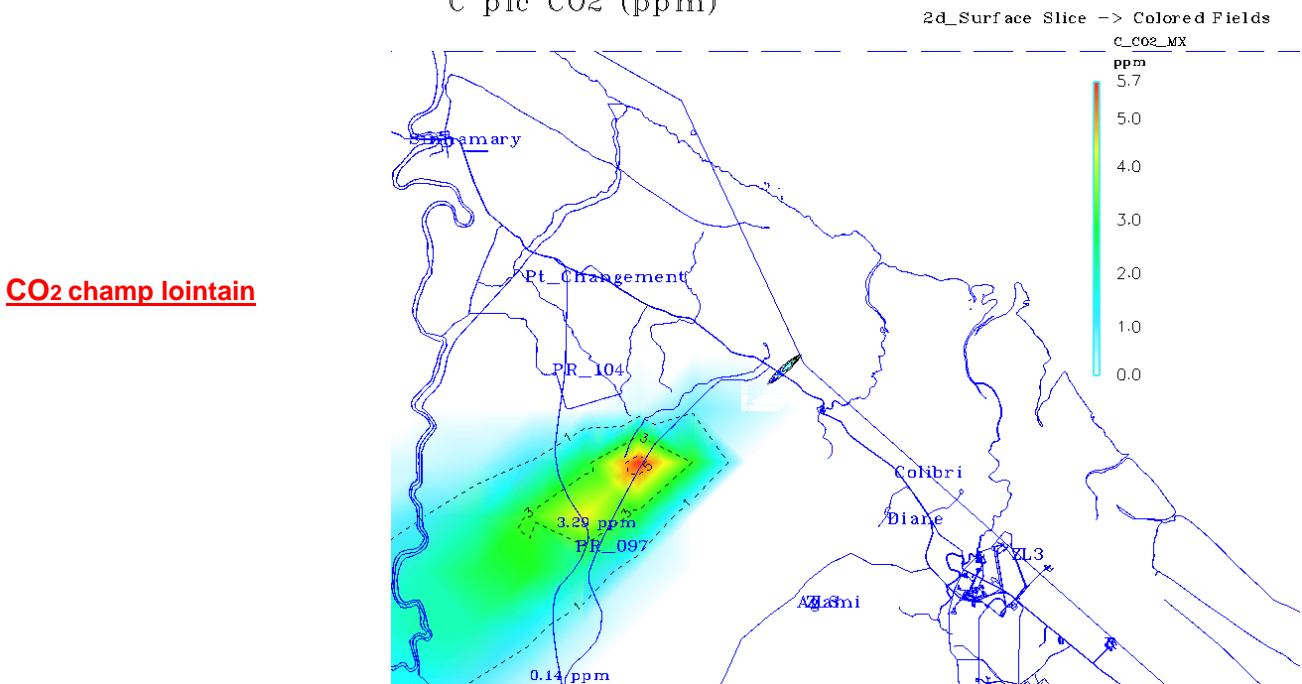
Alumine

Figure 8 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S05.

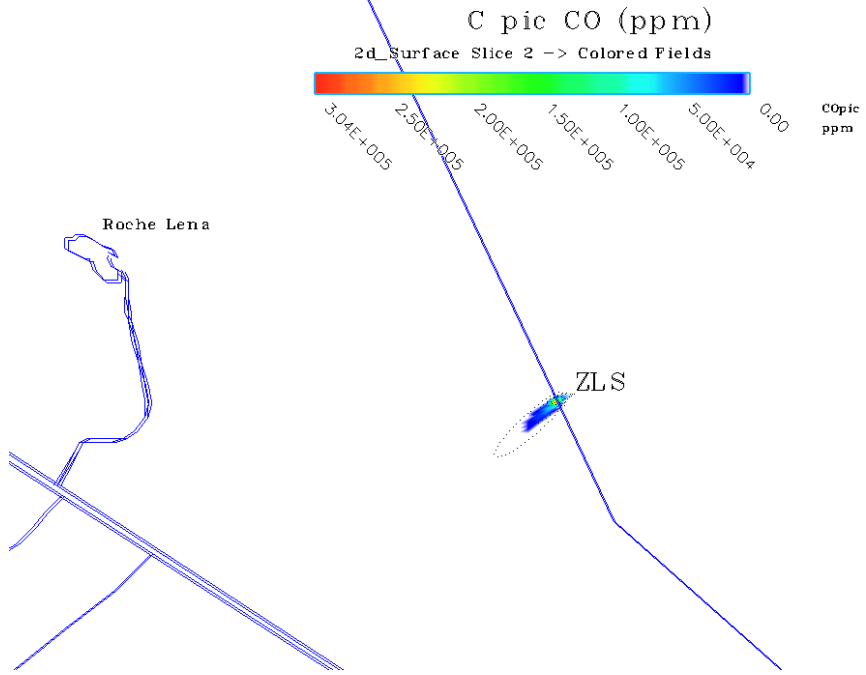
RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)



RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 C pic CO2 (ppm)

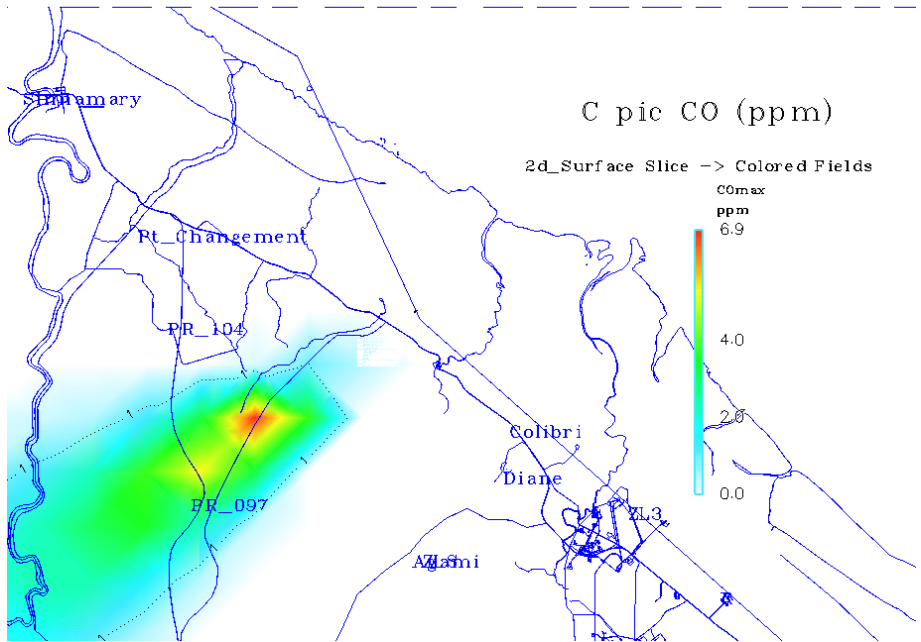


RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4



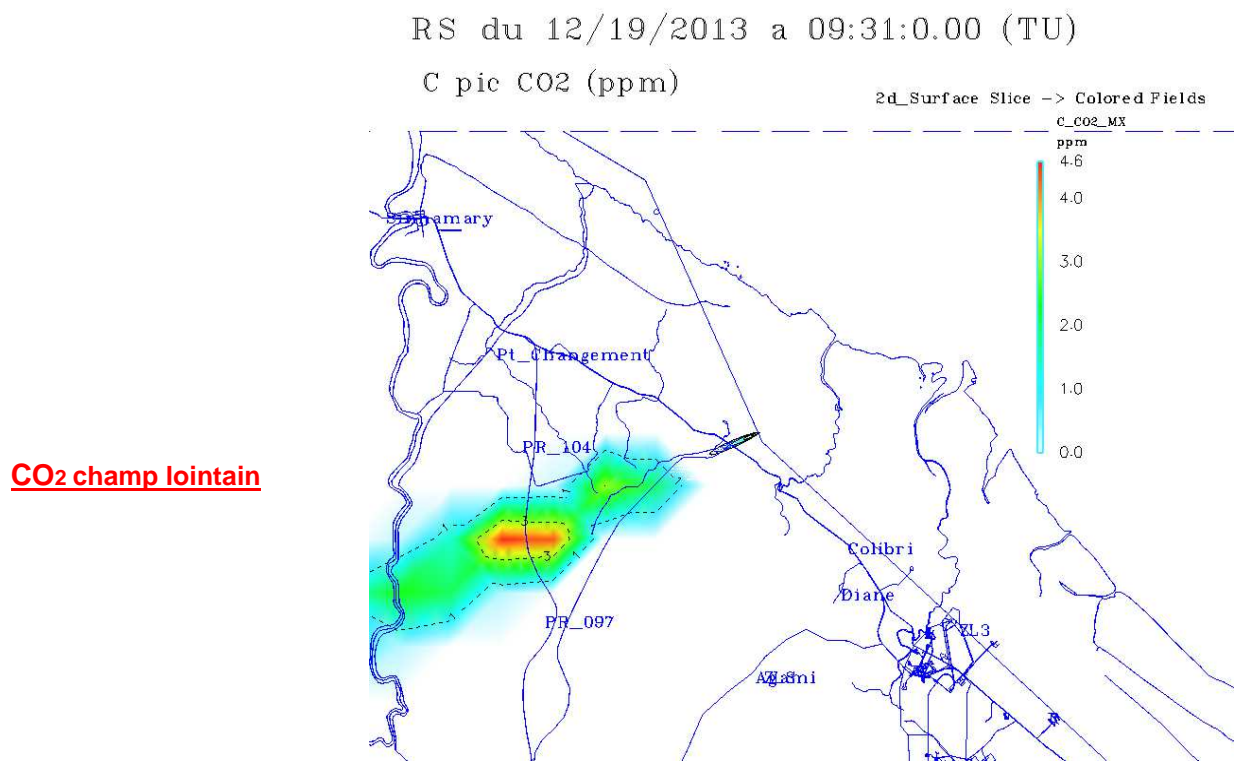
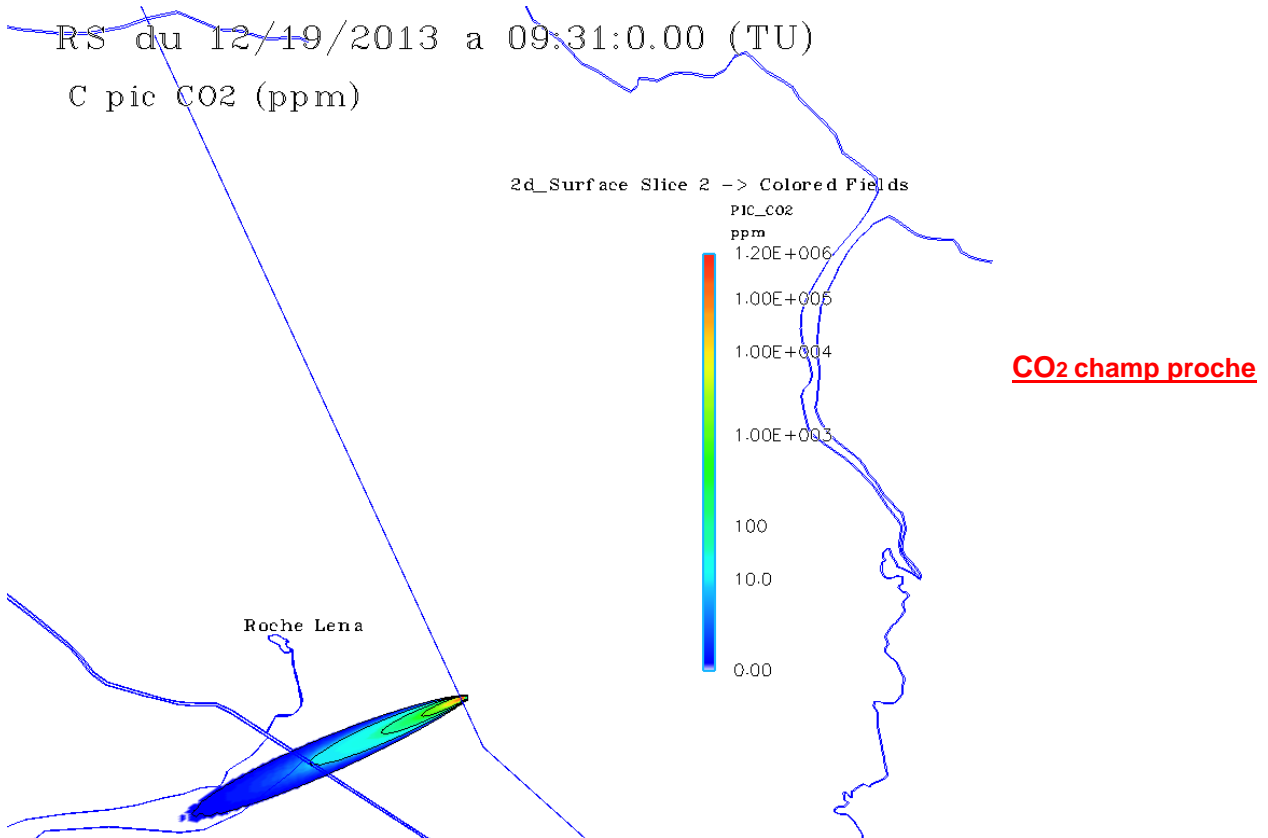
CO champ proche

RS du 06/25/2013 a 20:11:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4

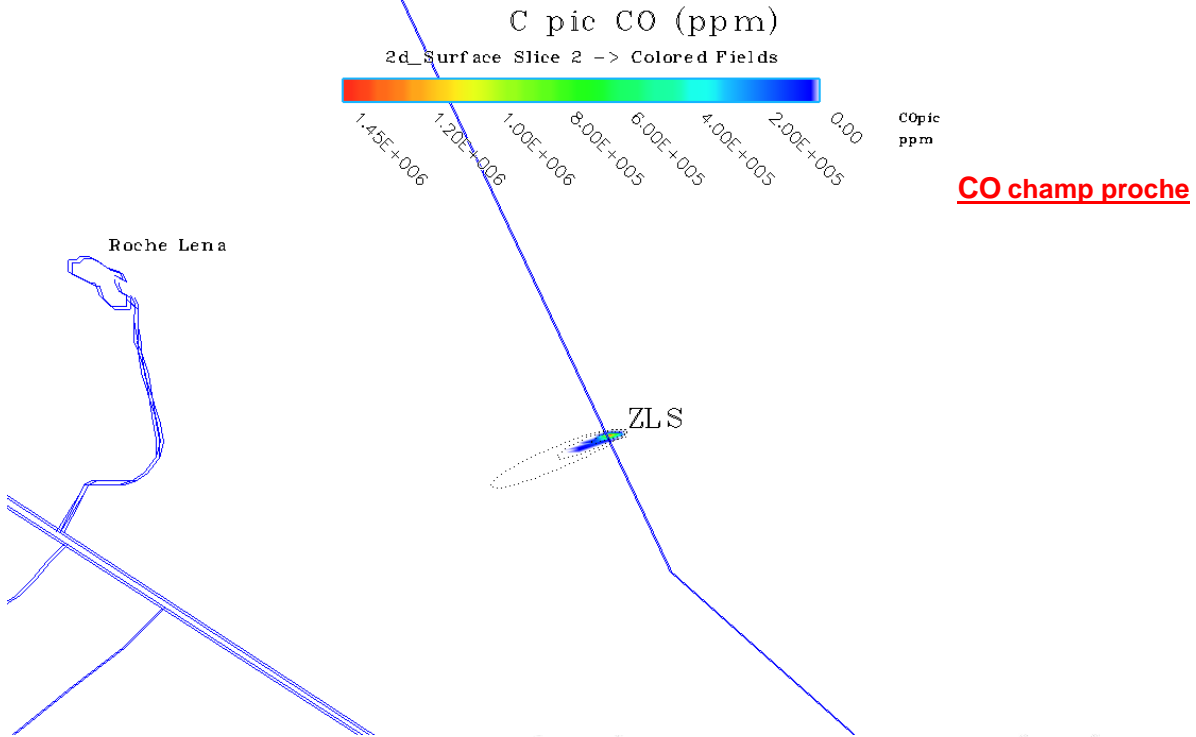


CO champ lointain

Figure 9 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol S06.



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4



RS du 12/19/2013 a 09:31:0.00 (TU)
 SARRIM 4.4

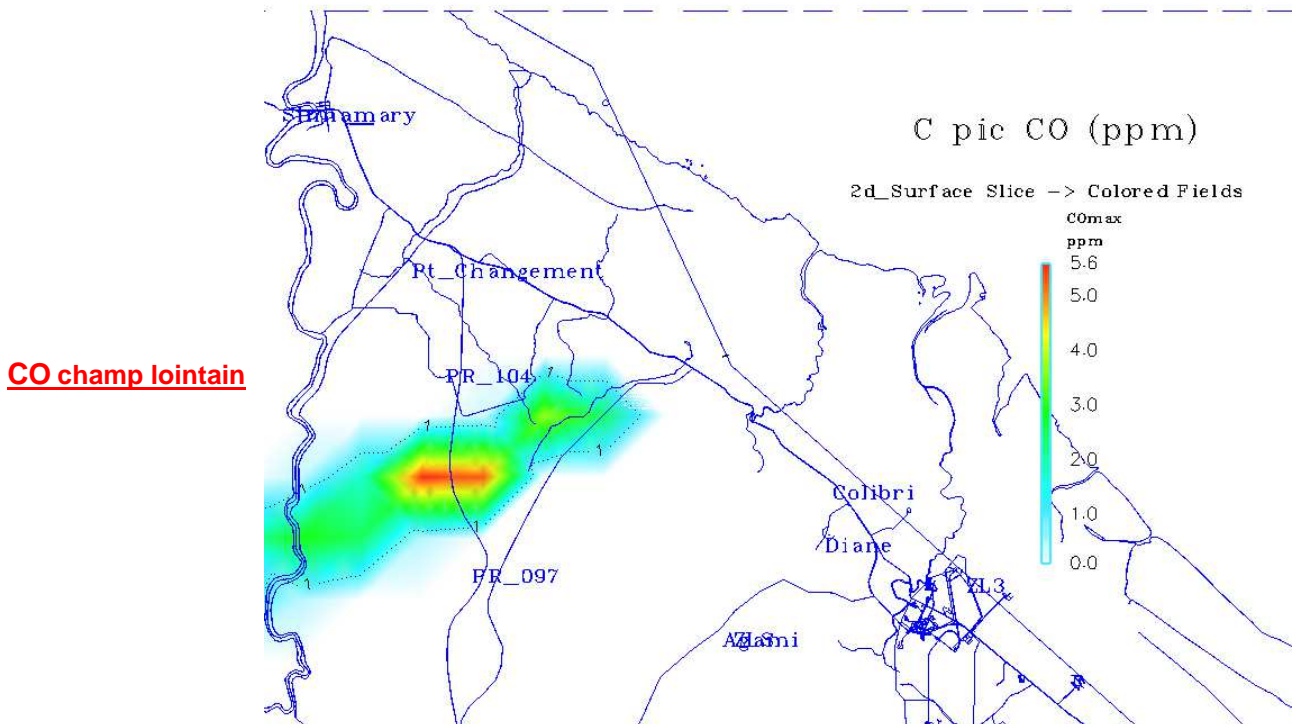
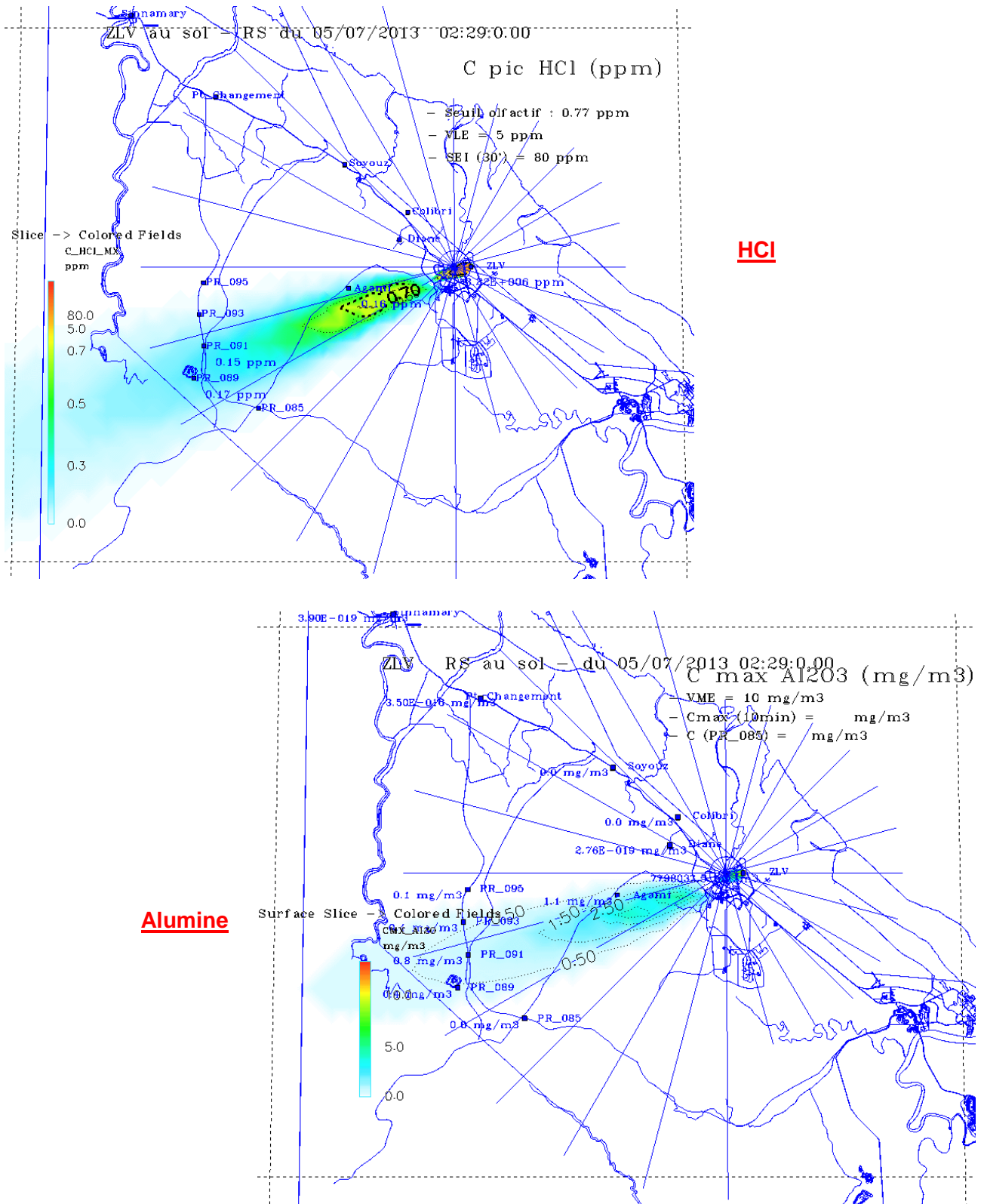


Figure 10 : Cartes de localisation des retombées au sol des produits de combustion suite au vol V02



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

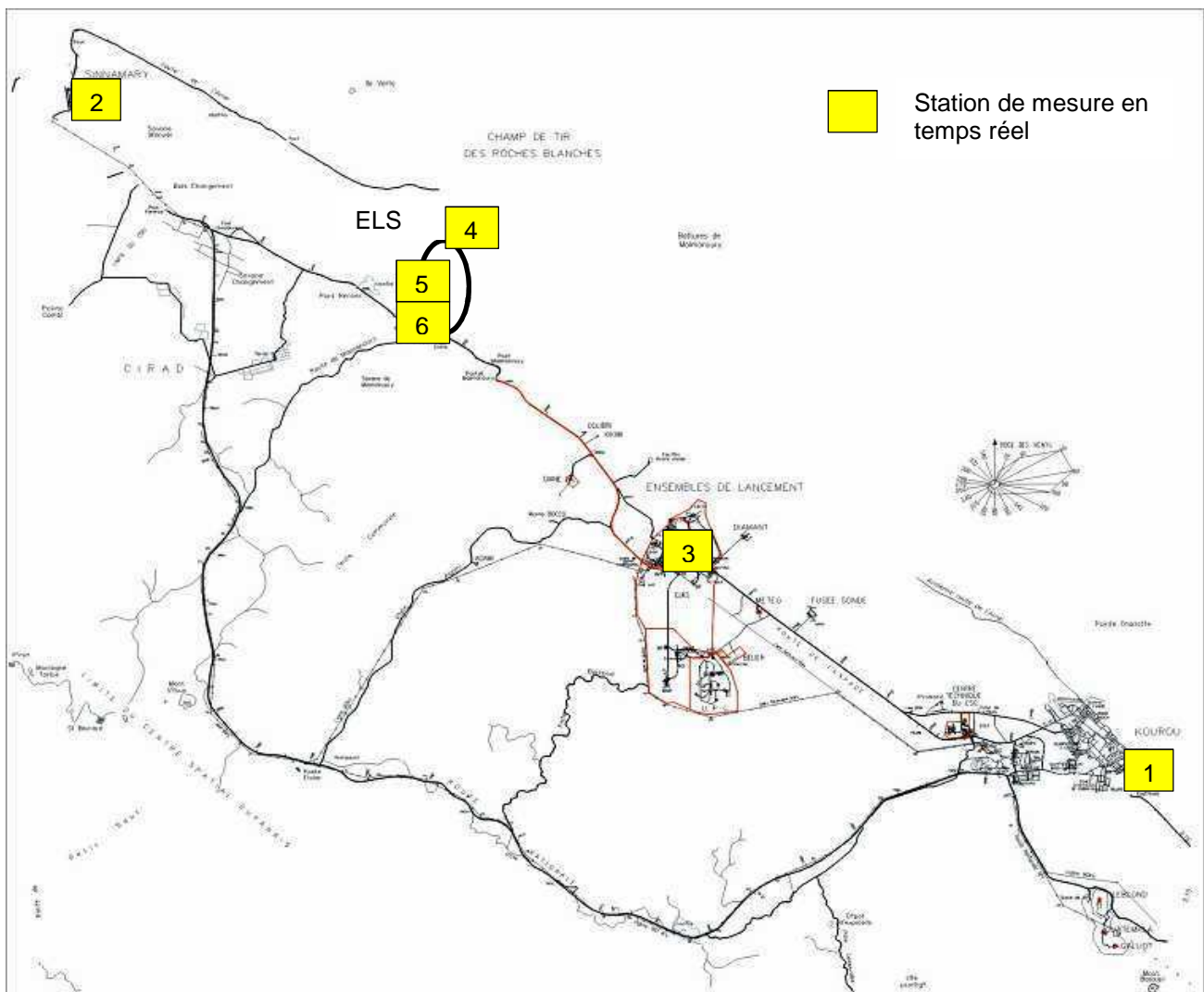
	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	8,3
V184	114,2	125,8	11,6
V185	129	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	17,7
V187	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

* : lancement éliminé de l'étude statistique.

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en°)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)
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
V212	67	99	32
V213	97	69	28
V214	105	93	12
V215	64	54	10

Annexe 3 – Carte de localisation Shelters ENVIRONNEMENT SA

Figure 11 : 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