

SYNTHESE

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

Les objectifs principaux sont de maîtriser les émissions des installations et suivre leurs effets sur l'environnement avec une surveillance continue entre les lancements. Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2010 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
RAPPEL DES LANCEMENTS	<p>En 2010, 6 lancements Ariane 5 ECA ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 194 : 21/05/2010 à 19h01 min ○ Vol 195 : 26/06/2010 à 18h41 min ○ Vol 196 : 04/08/2010 à 17h45 min ○ Vol 197 : 28/10/2010 à 18h51 min ○ Vol 198 : 26/11/2010 à 15h39 min ○ Vol 199 : 29/12/2010 à 18h27 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.
MODELISATION DES RETOMBÉES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION	<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 195, 198 et 199. Ces derniers restent peu significatifs et compris dans la fourchette d'incertitudes. Pour les 3 autres vols, les écarts observés sont très importants (conditions météorologiques défavorables). Malheureusement, cela n'a pas été sans conséquences sur l'implantation de nos capteurs. ▪ 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.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>AIR : CHAMP PROCHE (jusqu'à 500 mètres de la ZL3) Retombées particulières</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les mesures réalisées pour les vols Ariane 194 à 199 n'ont pas montré de particularités par rapport aux lancements des précédentes années. Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 500 mètres autour de la ZL3). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires.
<p>AIR : CHAMP MOYEN ET LOINTAIN (au-delà de 500 mètres) Retombées particulières</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les retombées en alumine et en gaz chlorhydriques restent négligeables. Par ailleurs, les concentrations maximales du champ lointain sont obtenues pour des sites variables et dépendent des conditions météorologiques. Il a été observé qu'en bord de mer, le dépôt sec des aérosols marins décroît très vite en fonction de la distance à la côte. L'influence de ces aérosols est variable car l'intensité de la source de particules marines est directement liée à la force du vent à la surface de la mer. Ces dépôts peuvent donc être plus ou moins importants selon les variations saisonnières de l'intensité du vent mais aussi de la salinité de l'eau de mer. Il est à noter que cette influence reste faible au CSG, quand il ne pleut pas. Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte restent influencés par l'air marin et c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations. Ce phénomène est régulièrement observé à Kourou et à Sinnamary.
<p>AIR : RESEAU CODEX & ANALYSEURS MOBILES Suivi en continu de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> Seuls les appareils situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) détectent régulièrement la présence de gaz chlorhydrique. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage d'Ariane 5.
<p>EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE LA KAROUABO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Les mesures ne montrent pas de modifications du milieu 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.
<p>EAUX : SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE PROCESS Eaux des carneaux de la ZL3 et eaux issues des neutraliseurs du BAF</p>	<ul style="list-style-type: none"> Pour tous les lancements, les eaux des carneaux présentent des teneurs conformes aux spécifications de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ensemble de lancement N°3 avant leur rejet dans le milieu naturel. Aucun rejet d'eaux de process du BAF vers le milieu naturel n'a été réalisé en 2010 (6 vols Ariane 5 de type ECA).

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée. Par ailleurs, aucune bioaccumulation des métaux n'a été détectée. ▪ Par ailleurs, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la proportion associée à l'impact des lancements. La vase sédimentée dans le fond des marais ou en suspension, par les minéraux qu'elle contient, peut avoir, comme le sol, une certaine capacité à neutraliser les H⁺. Or, le devenir des particules d'alumine et de l'aluminium dissous déjà très présent dans le milieu dépend essentiellement du pH. <p><i>Pour rappel, l'étude « impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel » (rapport 01/CNES/2129 - IRD) de janvier 2003 démontre que, pour déterminer au mieux l'apport en HCl et alumine lié au lancement Ariane 5, ce sont les mesures à partir des bacs à eau mis en place à chaque lancement et les prélèvements directs des eaux de rivières qui sont les plus représentatifs.</i></p>
<p align="center">VEGETATION</p> <p>Analyse des pluviollessivats</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les teneurs en ions fluctuent de façon importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes : <ul style="list-style-type: none"> - du positionnement géographique des bacs, - de la direction prise par le nuage de combustion, - de la pluviométrie et des conditions météorologiques du moment. ▪ Pour le champ lointain, les résultats obtenus sont quasi-constants. De ce fait, les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes et indépendantes des 3 facteurs précédemment cités. ▪ Il est important de signaler que l'impact de ces retombées est négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification). ▪ Que ce soit en champ proche ou en champ lointain, les échantillons ont été soumis à un apport de minéraux issus des embruns marins lors de la saison sèche.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Globalement, le nombre de captures est plus important en saison des pluies qu'en saison sèche sur la crique des Pères. Concernant la Karouabo et la Malmanoury, la situation inverse est observée. Ce phénomène semble être la conséquence de la concentration des individus dans les zones amont des criques en saison des pluies afin de fuir les zones asséchées lors de la saison sèche. ▪ En 2010, la richesse de la crique des Pères est la plus élevée depuis 4 ans. Sur la Karouabo, les mesures de la saison des pluies ont mis en évidence une diminution de la diversité des espèces (même niveau que celui de 2008). Lors de la saison sèche, la richesse a été la plus importante depuis le début du suivi. Enfin, en saison des pluies, la Malmanoury a atteint un niveau minimum qu'elle avait quitté en 2004. La saison sèche présente par contre une richesse d'un niveau habituel. ▪ Sur les 3 criques prospectées, le sex-ratio (ratio mâles / femelles) est similaire pour les 2 saisons avec un nombre de femelles plus important lors de la saison sèche. Ces valeurs restent comparables à celles habituellement observées. ▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements montrent que la crique des Pères se situe à un niveau supérieur à celui des 2 autres criques. Malgré une baisse observée sur la Karouabo en saison des pluies, les indices restent plutôt stables sur l'année et par comparaison à l'année 2009. ▪ Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, quelques individus présentaient des parasites nématodes (abdominaux et/ou intestinaux). Ces derniers ont été principalement échantillonnés sur la Karouabo. Il est à noter que la présence de parasite est un phénomène connu et régulièrement observé dans les populations de poissons à forte densité ou soumises à une pression du milieu. ▪ Sur les 3 criques, quelle que soit la période d'échantillonnage, le taux d'aluminium dans les muscles des poissons est indépendant du poids de l'individu. Par ailleurs, 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. ▪ L'évolution temporelle montre que l'année 2010 est caractérisée par un retour à des concentrations faibles et similaires à celles de la période 2002-2005 ou de l'année 2008. En revanche, la saison des pluies montre des valeurs qui augmentent à des niveaux qui, bien qu'inférieurs à ceux de la saison des pluies de l'année 2009, sont élevés. Ce phénomène peut s'expliquer par le lessivage des sols qui, en Guyane, contiennent de très fortes teneurs en aluminosilicates.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
INVERTEBRES AQUATIQUES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tant en saison des pluies qu'en saison sèche, la Malmanoury est la crique la plus riche. La Karouabo se place en 2^{nde} position. Enfin, la dernière place revient à la crique des Pères. ▪ Les prélèvements montrent que les 3 criques abritent une biodiversité assez médiocre. L'abondance reste assez faible par comparaison à certaines autres criques similaires de Guyane. Il est à noter une très grande différence de peuplement entre la saison sèche et la saison des pluies. Par ailleurs, on dénote la présence en bonne quantité de microcrustacés qui semblent provenir des zones lenticules sur le cours amont de la Karouabo et de la Malmanoury. ▪ La Malmanoury est une crique de relativement bonne qualité qui ne semble pas impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. A certaines périodes, ces caractéristiques se rapprochent de celles d'un cours d'eau en condition naturelle. ▪ La qualité de la Karouabo évolue en fonction des conditions climatiques et ne semble pas être impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Ce cours d'eau possède les caractéristiques d'un cours d'eau présentant des conditions naturelles défavorables (déficit en oxygène, excès de matière organique, courant nul, etc.). ▪ La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique mais aussi du climat.
AVIFAUNE : NICHOURS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les niohirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2013. ▪ Les premières observations montrent une très bonne appropriation des niohirs par les oiseaux, notamment sur le site témoin (Centre Technique).
AVIFAUNE : PEUPELEMENTS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGES ET D'ARDEIDES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La colonie d'Ibis rouges reste la plus importante en terme d'effectif de grands échassiers de rivage en Guyane française ▪ A noter un glissement progressif vers l'ouest en relation avec l'évolution des bancs de vase et avec la croissance de la mangrove. La colonie est répartie dans le secteur de l'île verte et des Roches Blanches.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les conditions environnementales sont toujours favorables aux colonies ▪ On observe une 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)

SOMMAIRE

1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION	13
2. DOCUMENTS ASSOCIES	13
2.1. Documents applicables	13
2.2. Documents de référence	14
2.3. Gestionnaire technique du document.....	15
3. SIGLES ET DEFINITIONS	16
3.1. Définitions	16
3.2. Sigles	17
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5.....	18
4.1. Rappels.....	18
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion.....	19
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	19
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP	20
4.2.3. Conclusions.....	22
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air	22
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières et gazeuses en champ proche et en champ lointain	23
4.4.1. Objectif	23
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable.....	24
4.4.3. Résultats pour les retombées gazeuses et particulières en ions chlorures.....	25
4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM	26
4.4.5. Conclusions.....	27
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo	27
4.5.1. Objectif	27
4.5.2. Résultats.....	27
4.5.3. Conclusions	28
4.6. Mesures de la qualité de l’eau des carneaux de l’Ensemble de Lancement numéro 3 et des neutraliseurs du Bâtiment d’Assemble Final	29
4.6.1. Objectifs.....	29
4.6.2. Résultats des analyses	29
4.6.2.1. <u>Eaux des carneaux</u>	29
4.6.2.2. <u>Eaux de process du Bâtiment d’Assemblage Final</u>	30
4.6.3. Conclusions générales sur la qualité des eaux des carneaux de l’ELA3 et des neutraliseurs du BAF	31
4.7. Mesure de la qualité des sédiments.....	31
4.7.1. Objectifs du suivi	31
4.7.2. Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium	31
4.7.3. Localisation des points de prélèvements	32
4.7.4. Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	32
4.7.5. Résultats des analyses pour les sédiments	32
4.7.6. Conclusions.....	35

4.8.	Mesures d'impact sur la végétation	36
4.8.1.	Objectif du suivi	36
4.8.2.	Mesures des retombées	37
4.8.3.	Résultats d'analyses	37
	4.8.3.1. <u>Résultats en champ proche (CP 04)</u>	37
	4.8.3.2. <u>Résultats en champ lointain (CL 08)</u>	38
4.8.4.	Conclusions	38
4.9.	Suivi de la faune aquatique pour 2010	39
4.9.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	39
4.9.2.	Lieux échantillonnés	39
4.9.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2010	40
4.9.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2010	45
	4.9.4.1. <u>Les poissons</u>	45
	4.9.4.2. <u>Les invertébrés aquatiques</u>	46
4.10.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2010	46
4.10.1.	Nidaires	46
4.10.2.	Peuplements	47
4.10.3.	Résultats du suivi de l'avifaune	48
4.11.	Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2010 ..	48
4.11.1.	Objectifs du suivi	48
4.11.2.	Résultats de l'étude	48

5. CONCLUSIONS GENERALES50

6. ANNEXES52

6.1.	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	52
6.2.	Annexe 2 – Résultats de l'étude comparative des directions du nuage de combustion	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.....	19
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales calculées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....	20
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) calculées par SARRIM au moyen des données CEP et des radiosondages.....	21
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.	21
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2010.	23
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ proche.....	24
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales obtenues pour le paramètre alumine particulaire en champ lointain.	24
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ proche.	25
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les retombées en ions chlorures en champ lointain.	25
Tableau 10 : Ecarts entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données de CEP).....	26
Tableau 11 : Ecarts entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles calculées (pour l'acide chlorhydrique en champ lointain).....	26
Tableau 12 : Ecarts entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles calculées (pour l'alumine en champ lointain).....	26
Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 195 (juin).....	28
Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 198 (novembre).	28
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA 3 avant rejet au milieu naturel. ..	30
Tableau 16 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.....	32

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.....	32
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....	33
Tableau 19 : Moyenne (M) et écart type (σ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....	34
Tableau 20 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 194 et 198.	37
Tableau 21 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 194 et 198.	38
Tableau 22 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2010.	40
Tableau 23 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2010.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2010 sur la crique Karouabo.....	36
Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.....	46
Figure 3 : Nichoirs sur le Centre Technique (CT).....	47
Figure 4 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 194.....	52
Figure 5 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 195.....	53
Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 196.....	54
Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 197.....	55
Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 198.....	56
Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 199.....	57

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2010 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact ses activités industrielles du sur l'environnement.

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

- des six campagnes Ariane 5 ECA (vols 194 à 199),
- de certains résultats des autres obligations réglementaires de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploitation l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3).

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).
- 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.

2. DOCUMENTS ASSOCIES

2.1. Documents applicables

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

2.2. Documents de référence

- [DR 1] **OA5-PCO-83-7376-CNES** - Préparation du plan de mesures environnement Ariane 5.
- [DR 2] **Rapport IRD 01/CNES/2129, janvier 2003** - Impact des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel.
- [DR 3] **INERIS DRC-02-37656-AIRE n°56b-MRa-Cfe, décembre 2002** - Aide à la définition d'une stratégie de surveillance de la qualité de l'air dans les zones habitées autour du CSG, DRIRE Antilles - Guyane.
- [DR 4] **CSG-RP-S3X-9955-CNES** - Plan de mesures environnement Ariane 5 et Véga – Centre Spatial Guyanais.
- [DR 5] **CSG-RP-S3X-9544-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2005.
- [DR 6] **CSG-RP-S3X-10128-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2006.
- [DR 7] **CSG-RP-S3X-10968-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2007.
- [DR 8] **CSG-RP-S3X-11541-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2008.
- [DR 9] **CSG-RP-S3X-12495-CNES**- Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG 2009.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-13555-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane V194 du 24 mai 2010 à 19h01 mn.
- [DR 11] **CSG-RP-S3X-13558-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V195 du 26 juin 2010 à 18h41 mn.
- [DR 12] **CSG- RP-S3X-13559-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V196 du 04 aout 2010 à 17h45 mn.
- [DR 13] **CSG- RP-S3X-13594-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V197 du 28 octobre 2010 à 18h51 mn.

[DR 14] **CSG-RP-S3X-13595-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V198 du 26 novembre 2010 à 15h39 mn.

[DR 15] **CSG-RP-S3X-13642-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V199 du 29 décembre 2010 à 18h27 mn.

[DR 16] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 31390 / CSG093)** - Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2010.

[DR 17] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 31390 / CSG093)** – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2010.

[DR 18] **Cabinet ECOBIOS** – Suivi des populations d'oiseaux et des écosystèmes littoraux du Centre Spatial Guyanais

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

Al	:	Aluminium
BAF	:	Bâtiment d'Assemblage Final
BEAP	:	Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre
Cl	:	Chlore
CL	:	Champ Lointain
CNES	:	Centre National d'Etudes Spatiales
CP	:	Champ Proche
CODEX	:	Collecte de Données Environnement Extérieur au CSG (Réseau de)
CSG	:	Centre Spatial Guyanais
DBO ₅	:	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
EAP	:	Etage d'Accélération à Poudre
ELA	:	Ensemble de Lancement Ariane
EPC	:	Etage Principal Cryogénique
EPS	:	Etage à Propergol Stockable
SDP/ES	:	Service Environnement et Sauvegarde Sol du Centre Spatial Guyanais
HCl	:	Acide Chlorhydrique
IRD	:	Institut de Recherche et Développement
LD	:	Limite de Détection
MES	:	Matières en Suspension
MMH	:	Mono Méthyl Hydrazine
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

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

4.1. Rappels

En 2010, six lancements Ariane 5 ECA ont eu lieu (en heure locale) :

- Vol 194 : 21/05/2010 à 19h01 min
- Vol 195 : 26/06/2010 à 18h41 min
- Vol 196 : 04/08/2010 à 17h45 min
- Vol 197 : 28/10/2010 à 18h51 min
- Vol 198 : 26/11/2010 à 15h39 min
- Vol 199 : 29/12/2010 à 18h27 min

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour chacun de ces lancements, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Ariane numéro 3 (ELA3) [DA 1].

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse [DR 10 à DR 15] 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 les eaux de canaux de l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3) et sur les eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final (BAF),
- les résultats d'analyses sur la qualité des eaux de la crique Karouabo,
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur la végétation : analyse des eaux des premières pluies sous le couvert végétal (pluiolessivats),
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur l'avifaune,
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur la faune aquatique.

4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

4.2.1. Au moyen des radiosondages

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements. L'Annexe 1 (confer le *paragraphe 6.1* du présent document) présente les modélisations de la trace du nuage de combustion des EAP au sol réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM. Ces 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.

	MOIS	DIRECTION DES VENTS		VITESSE MOYENNE DES VENTS	
		<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>	<i>Basses couches</i>	<i>Hautes couches</i>
V 194	mai	Nord (mer)	Entre le site d'observation Agami et le site opérationel Diane	2,1	6,5
V 195	juin	Soyuz	Entre le site d'observation Agami et le site opérationel Diane	5,3	7,8
V 196	août	Site d'observation Agami	Site d'observation Agami	4,7	13,8
V 197	octobre	Usine LH2 - PR80 de la RN1	Site opérationel Diane	4,1	7,5
V 198	novembre	Site opérationel Diane		9,9	9,6
V 199	décembre	Bec fin (intersection entre la piste Agami et la RN1)		6,1	5,1

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

Pour l'année 2010, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. On constate, en effet, que le nuage a pris :

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

Par ailleurs, les observations de terrain ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol du logiciel étaient cohérentes (confer le *paragraphe 4.4* du présent document).

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

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

	Concentration maximale en HCL (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)
VOL 194	3,90	20,10
VOL 195	3,70	16,90
VOL 196	3,70	42,80
VOL 197	1,70	24,50
VOL 198	1,60	6,30
VOL 199	4,4	27,6

Il est important de noter que les concentrations restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique. Concernant la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de l'alumine, le seuil des 10 mg/m² est respecté uniquement pour le vol 198. Pour rappel, ce seuil correspond à une exposition moyennée sur 8 heures. 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

Compte tenu de l'horaire spécifique de lancement du vol 181 (H0 à 01h 03min, en heure locale) et afin d'optimiser l'emplacement des capteurs en champ lointain, des simulations SARRIM ont été effectuées avec les données prévisionnelles issues du logiciel ARPEGE (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 2010. Un tableau récapitulatif est présenté en *Annexe 2* (confer le *paragraphe 6.2* 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.

Nota : En 2010, les données prévisionnelles ont été issues uniquement du logiciel CEP.

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2010, l'analyse des simulations a montré :

- pour les vols 195, 198 et 199 : des écarts peu significatifs entre la direction des retombées calculée avec les radiosondages et celle calculée avec les prévisions issues de CEP (écart moyen de l'ordre de 13,8 % - compris dans la fourchette d'erreur de 25 %),
- pour les vols 194, 196 et 197 : des écarts très importants et non négligeables (écart moyen de l'ordre de 57,1 %). Cela semble être la conséquence de conditions météorologiques particulières (vent faible, etc.).

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

	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches de CEP	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
VOL 194	181,7	89,0	-51,0%
VOL 195	120,0	91,6	-23,7%
VOL 196	65,8	103,8	57,8%
VOL 197	47,0	76,4	62,6%
VOL 198	111,3	99,0	-11,1%
VOL 199	56,0	52,2	-6,8%

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des données de CEP et les mesures *in situ*, ont montré des écarts non négligeables sur la localisation des retombées au sol (direction du nuage de combustion). Le *Tableau 7* et le *Tableau 9* du *paragraphe 4.4* présentent un récapitulatif de :

- la localisation des retombées maximales en champ lointain,
- l'option considérée pour la mise en place des capteurs (en fonction de la direction prévue par les données de CEP)
- 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 ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine et des écarts avec les radiosondages.

	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
VOL 194	1,90	9,20	-52,8%
VOL 195	2,72	13,40	-23,6%
VOL 196	1,99	10,20	-61,2%
VOL 197	4,40	21,90	74,1%
VOL 198	1,70	10,10	33,3%
VOL 199	2,6	14,1	-44,9%

Les concentrations restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique. Pour la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² de l'alumine, seul le vol 194 respecte le seuil réglementaire. Ces valeurs maximales sont à relativiser pour les mêmes raisons que celles citées au *paragraphe 4.2.1*.

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

4.2.3. Conclusions

Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen des données de CEP) ont montré de faibles écarts pour les vols 195, 198 et 199. Ces derniers restent peu significatifs et compris dans la fourchette d'incertitudes. Pour les 3 autres vols, les écarts observés sont très importants et n'ont pas été sans conséquence sur l'implantation de nos capteurs. Les capteurs n'ont pas été installés selon la bonne direction du nuage.

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Zellwegers pour l'année 2010.

	Zellwegger 1 CP 01	Zellwegger 2 CP 05	Zellwegger 3 CL 09	Zellwegger 4 CL 08	Zellwegger 5 CL 07
VOL 194	X	ND	ND	ND	ND
VOL 195	X	ND	ND	ND	ND
VOL 196	X	ND	ND	ND	ND
VOL 197	X	ND	ND	ND	ND
VOL 198	ND	X	ND	ND	ND
VOL 199	X	ND	ND	ND	ND

CP 01 = Chemin de ronde de la ZL3 - intersection entre la zone 49 et 50

CP 02 = Chemin de ronde de la ZL3 - milieu de la zone 46

CL 09 = Portail de la piste Agami

CL 08 = Parking de l'ancienne RN1

CL 07 = Pont de la Karouabo

ND = Non détecté

X = Détecté

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

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

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

4.4.1. Objectif

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

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

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

4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable

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

Il est à noter que pour le vol 198, les concentrations en alumine sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées au niveau de la ZL3. En effet, les teneurs mesurées sont 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	194	195	196	197	198	199
C_{max} (mg/m²)	168,21	144,76	138,45	152,72	10,83	436,87
Distance de la ZL3 (m)	266	350	350	366	454	281
Localisation	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)	CP 01 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 50)	CP 01 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 50)	CP 01 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 50)	CP 04 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 47 et 48)	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)

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

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

Vol	194	195	196	197	198	199
C_{max} (mg/m²)	1,26	3,98	0,99	0,45	1,39	10,78
Distance de la ZL3	2 699	17 099	12 204	2 796	11 661	2 423
Localisation	CL 12 – PK 17,7 de la Route de l'Espace (Nord)	CL 23 – PK 91,1 de la RN1 (Nord-Ouest / Soyuz)	CL 22 – PK 12 de la Piste Agami (Ouest)	CL 10 – Mi chemin entre la crique Karouabo et l'embranchement de la piste Agami (Sud-Ouest)	CL 22 – PK 12 de la Piste Agami (Ouest)	CL 07 – Pont de la crique Karouabo (Sud-Ouest)
Option considérée pour l'implantation des capteurs (Comparaison avec ARPEGE/CEP)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Route de l'Espace" (Nord / Nord-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Route de l'Espace" (Nord / Nord-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)
Comparaison avec radiosondage	Nord (mer)	Nord-Ouest (Soyouz)	Sud-Ouest (site Agami)	Sud-Ouest (PR80 de la RN1)	Nord-Ouest (Diane)	Sud-Ouest (Bec fin)

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	194	195	196	197	198	199
C_{max} (mg/m²)	12637,90	1832,28	9106,82	6507,70	366,43	6665,09
Distance de la ZL3 (m)	266	360	267	286	454	281
Localisation	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)	CP 01 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 50)	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)	CP 04 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 47 et 48)	CP 03 – Chemin de ronde ZL3 (intersection entre la zone 49 et 48)

En champ lointain, comme pour l'alumine, les concentrations en chlorures les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques (confer le *Tableau 9*).

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

Vol	194	195	196	197	198	199
C_{max} (mg/m²)	7,42	39,73	10,46	94,72	94,72	94,51
Distance de la ZL3	2 555	16 061	24 030	12 255	12 255	5 057
Localisation	CL 13 – Chemin menant à la carrière Roche Nicole	CL 04 – CMCK à Kourou	CL 06 – Hôtel du fleuve	CL 22 – PK 12 de la Piste Agami (après le portail)	CL 22 – PK 12 de la Piste Agami (après le portail)	CL 05 – site Toucan
Option considérée pour l'implantation des capteurs	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Route de l'Espace" (Nord / Nord-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)	option "Route de l'Espace" (Nord / Nord-Ouest)	option "Agami" (Ouest / Sud-Ouest)
Comparaison avec SARRIM	Nord (mer)	Nord-Ouest (Soyouz)	Sud-Ouest (site Agami)	Sud-Ouest (PR80 de la RN1)	Nord-Ouest (Diane)	Sud-Ouest (Bec fin)

Il a été observé, selon les résultats 2010, qu'en bord de mer, le dépôt sec des aérosols marins décroît très vite en fonction de la distance à la côte. L'influence de ces aérosols est variable car l'intensité de la source de particules marines est directement liée à la force du vent à la surface de la mer. Ces dépôts peuvent donc être plus ou moins importants selon les variations saisonnières de l'intensité du vent mais aussi de la salinité de l'eau de mer. Il est à noter que cette influence reste faible au CSG, quand il ne pleut pas. Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte restent influencés par l'air marin et c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations. Ce phénomène est régulièrement observé sur les points CL 06 (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve), CL 04 (CMCK de Kourou) et CL 05 (Toucan).

4.4.4. Comparaisons des résultats de terrain aux simulations SARRIM

- **En terme de direction**

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

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

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec CEP (%)
VOL 194	-24,1%	55,1%
VOL 195	-25,0%	-1,7%
VOL 196	21,6%	-22,9%
VOL 197	64,9%	1,4%
VOL 198	-28,1%	-19,2%
VOL 199	7,1%	14,9%

Ainsi, nous notons des écarts non significatifs entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et la direction simulée au moyen de CEP (écart moyen de 19,2 %). En ce qui concerne les radiosondages, l'écart moyen entre les directions est légèrement plus important (de l'ordre de 28,5 %)

- **En terme de concentration**

La comparaison des concentrations maximales (en alumine et en acide chlorhydrique) mesurées sur le terrain avec celles calculées par SARRIM (soit à partir des radiosondages soit à partir des données de CEP) est présentée dans les tableaux suivants.

Tableau 11 : Ecarts entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles calculées (pour l'acide chlorhydrique en champ lointain).

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec CEP (%)
VOL 194	518,4%	201,3%
VOL 195	9,6%	-19,5%
VOL 196	316,2%	123,8%
VOL 197	-78,9%	-45,3%
VOL 198	-80,1%	-78,9%
VOL 199	-45,2%	-67,6%
	174,7%	89,4%

Tableau 12 : Ecarts entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles calculées (pour l'alumine en champ lointain).

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec CEP (%)
VOL 194	186,7%	84,9%
VOL 195	49,0%	38,6%
VOL 196	507,6%	120,2%
VOL 197	639,5%	571,5%
VOL 198	52,3%	84,5%
VOL 199	29,1%	14,4%
	244,0%	152,4%

Pour l'ensemble des vols, nous notons des écarts très importants entre les concentrations mesurées et celles qui ont été calculées par SARRIM. Cela nous confirme que le code de calcul SARRIM est majorant en termes de concentrations.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 194 à 199 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 500 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.

Enfin, la modélisation réalisée par le code de calcul SARRIM surestime très largement les concentrations en acide chlorhydrique et en alumine (par comparaison avec les résultats des analyses de terrain – confer le Tableau 11).

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

4.5.1. Objectif

Positionné sur le pont de la crique Karouabo à environ 1,5 km de la zone de lancement, le préleveur automatique a été mis en place la veille des lancements V195 et V198. L'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Les *Tableaux 13 et 14* présentent une synthèse des résultats respectivement obtenus pour ces 2 vols.

4.5.2. Résultats

Deux campagnes de suivi de la qualité des eaux ont eu lieu : l'une en saison sèche et l'autre en saison des pluies (confer les *Tableau 13* et *Tableau 14* présentés en page suivante).

Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 195 (juin).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	5,80	19,83	4,00	2,07	0,41
Ecart type	0,17	2,97	0,84	0,34	0,148
Nombre de mesures	24	24	24	24	24

Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 198 (novembre).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	5,83	37,74	7,57	3,92	0,09
Ecart type	0,19	2,56	0,70	0,05	0,037
Nombre de mesures	23	23	23	23	23

4.5.3. Conclusions

Pour chacune des campagnes, les analyses réalisées sur les prélèvements montrent que :

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

Cependant, la comparaison des 2 campagnes de mesures met en évidence :

- une augmentation de la concentration en Aluminium due à l'apport d'eau de ruissellements se rejetant dans la Karouabo (lors de la saison des pluies),
- une augmentation des concentrations en Chlorures et en Sodium mais aussi de la conductivité qui laisserait supposer d'un apport de sel marin (lors de la saison sèche).
- une très légère diminution du pH due à l'apport d'eaux de pluie, acides en Guyane.

Ces variations ne sont pas attribuables aux lancements Ariane 5. Ce sont des variations saisonnières.

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

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

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

4.6.1. Objectifs

Ce type de mesures a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF est conforme à la réglementation avant de procéder à leur rejet dans le milieu naturel. Ces mesures sont spécifiées par l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter l'ELA3 [DA1, DA3]. En effet, l'article 9 impose le contrôle systématique, avant tout rejet, des Matières En Suspension Totales (MEST), de la Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO₅), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de l'azote total, de l'aluminium, des nitrites et des composés hydrazinés.

En conséquence, les effluents aqueux du BAF et les eaux des carneaux du pas de tir Ariane 5 sont analysés, traités en cas de non-conformité à la réglementation puis rejetés dans le milieu naturel, lorsque ceux-ci sont conformes.

Pour rappel, ces mesures sont de la responsabilité de l'exploitant, à savoir Arianespace.

4.6.2. Résultats des analyses

4.6.2.1. Eaux des carneaux

Après traitement à la soude des eaux des carneaux, les analyses des paramètres demandés réglementairement sont effectuées par le laboratoire SNECMA situé sur le Centre Spatial Guyanais, Port spatial de l'Europe. Le *Tableau 15* (en page suivante) regroupe les résultats des analyses.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA 3 avant rejet au milieu naturel.

PARAMETRE	UNITE	SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE DANS L'ARRETE PREFECTORAL	V194	V195	V196	V197	V198	V199
pH	unité pH	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	7,1	7,6	7,0	7,2	8,2	6,4
MEST	mg/l	≤ 35	10	30	10,5	15	21	26,7
DBO ₅	mg/l	≤ 25	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DCO	mg O ₂ /l	≤ 125	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	52
Azote Total	mg/l	≤ 30	< 1	1,4	< 3	< 3	< 1	1
Aluminium	mg/l	≤ 5	0,2	1,4	1	2	1	0,8
Indice hydrocarbure	mg/l	≤ 10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Produits hydrazinés	mg N ₂ H ₄ /l	≤ 1	< 0,4	0,4	< 0,4	< 0,4	< 1	< 0,4
Couleur	mg/Pt/l	*	10	20	10	10	15	25
Nombre de jours avant analyse			5	5	7	8	4	7

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

Les analyses n'ont pas mis en évidence de non-conformités de la qualité des eaux des carneaux. Les seuils réglementaires de rejet ont été respectés.

4.6.2.2. Eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final

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

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

Pour l'année 2010 (les six vols), il n'y a pas eu de production d'eaux de process (Ariane 5 de type ECA).

4.6.3. Conclusions générales sur la qualité des eaux des carreaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF

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

En 2010, aucun rejet d'eaux de process du BAF vers le milieu naturel n'a été réalisé.

4.7. Mesure de la qualité des sédiments

4.7.1. Objectifs du suivi

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

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

4.7.2. 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 16*).

Tableau 16 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.

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

4.7.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés les 18 mai et 09 juin 2010 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la Karouabo [DR 16]. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques en amont et en aval des ponts.

4.7.4. 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 17*, ont pu permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus pour les sédiments.

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.

LIEU DE PRELEVEMENT		PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE				
		Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Oxygène dissous (mg/l)	Oxygène dissous (%)	Turbidité (NTU)
CRIQUE MALMANOURY	18/05/2010 18h00	25,4	23	5,1	63	4,1
	09/06/2010 12h00	25,5	22	5,4	65	4,6
CRIQUE KAROUABO	18/05/2010 17h30	26,4	22	3,8	48	3,0
	09/06/2010 11h00	28,1	21	1,6	21	2,7

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

4.7.5. Résultats des analyses pour les sédiments

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 18*).

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

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.

PARAMETRE	CRIQUE KAROUABO					CRIQUE MALMANOURY				
	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2
pH unité pH	5,1	4,6	4,8	5,3	5,0	5,2	4,9	5,2	4,5	5,0
Aluminium mg/Kg MS	16 113	11 276	3 824	19 355	14 919	52 666	34 298	18 677	16 935	26 613
Baryum mg/Kg MS	26,2	10,6	4,1	19,5	13	25,0	11,4	27,3	39,1	42,8
Calcium mg/Kg MS	168	< 50	54	68	126	51	< 50	159	< 50	123
Cadmium mg/Kg MS	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chrome mg/Kg MS	18,5	14,6	6,2	28,5	19,0	44,1	36,6	45,6	29,3	39,4
Cobalt mg/Kg MS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cuivre mg/Kg MS	1,8	1,2	0,6	2,6	2,3	9,1	4,7	21,6	8,7	4,4
Fer mg/Kg MS	4 808	5 067	2 202	20 744	13 701	4 610	14 128	44 212	9 755	18 298
Magnésium mg/Kg MS	341	162	60	342	225	388	242	1037	1171	985
Manganèse mg/Kg MS	8,6	3,6	3,1	8,2	8	11,3	6,4	148,0	24,9	22,1
Molybdène mg/Kg MS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nickel mg/Kg MS	7,4	4,5	2,7	9,7	5,0	27,7	24,9	35,9	10,9	19,2
Plomb mg/Kg MS	44,0	31,1	16,1	64,9	110	357,1	240	99,2	50,2	282,0
Potassium mg/Kg MS	486	262	122	551	522	654	465	4 891	1 013	947
Sélénium mg/Kg MS	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zinc mg/Kg MS	6,8	3,4	3,9	8,4	8,8	9,1	6,1	31,7	16,1	13,9
Mercure mg/Kg MS	0,05	0,04	0,01	0,04	0,03	0,13	0,05	0,04	0,09	0,19

AM = Amont du pont AV = Aval du pont

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

D'une façon générale, les concentrations de certains minéraux (magnésium et potassium) et métaux lourds (aluminium, fer, nickel, zinc, plomb, manganèse, chrome et baryum) sont plus élevées dans la crique Malmanoury que dans la Karouabo. Par ailleurs, par rapport à l'année 2009, on observe globalement une augmentation des concentrations sur les deux criques étudiées.

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

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

Pour la crique Malmanoury, on observe que :

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

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

Tableau 19 : Moyenne (M) et écart type (σ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo

PARAMETRE	CRIQUE KAROUABO		CRIQUE MALMANOURY	
	M	σ	M	σ
pH	5,0	0,2	4,96	0,3
Aluminium	13 097	5308	29 838	12 980
Baryum	14,7	7,6	29,1	11,1
Calcium	104	46	111	45
Cadmium	< 0,5	-	< 0,5	-
Chrome	17,4	7,2	39,0	5,8
Cobalt	< 5	-	< 5	-
Cuivre	1,7	0,7	9,7	6,3
Fer	9 304	6911	18 201	13 778
Magnésium	226	108	764,6	375
Manganèse	6,4	2,5	42,5	53,2
Molybdène	< 5	-	< 5	-
Nickel	5,8	2,5	23,7	8,4
Plomb	53,2	32,6	205,6	114,4
Potassium	389	168	1 594	1660
Sélénium	< 10,0	-	< 10,0	-
Zinc	6,3	2,2	15,4	8,9
Mercure	0,03	0,01	0,10	0,06

4.7.6. Conclusions

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

Ces processus sont :

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

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

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

Par ailleurs, en comparant les résultats obtenus depuis 2004, il est difficile de conclure sur la bioaccumulation de ces métaux et minéraux dans le milieu (confer la *Figure 1*). Nous constatons, par exemple, que la concentration en aluminium, en fer ou en potassium varie de façon très importante d'une année à l'autre, alors que la concentration de certains métaux plus lourds (comme le mercure, le plomb, le cadmium, le nickel ou le zinc) reste constante dans le temps.

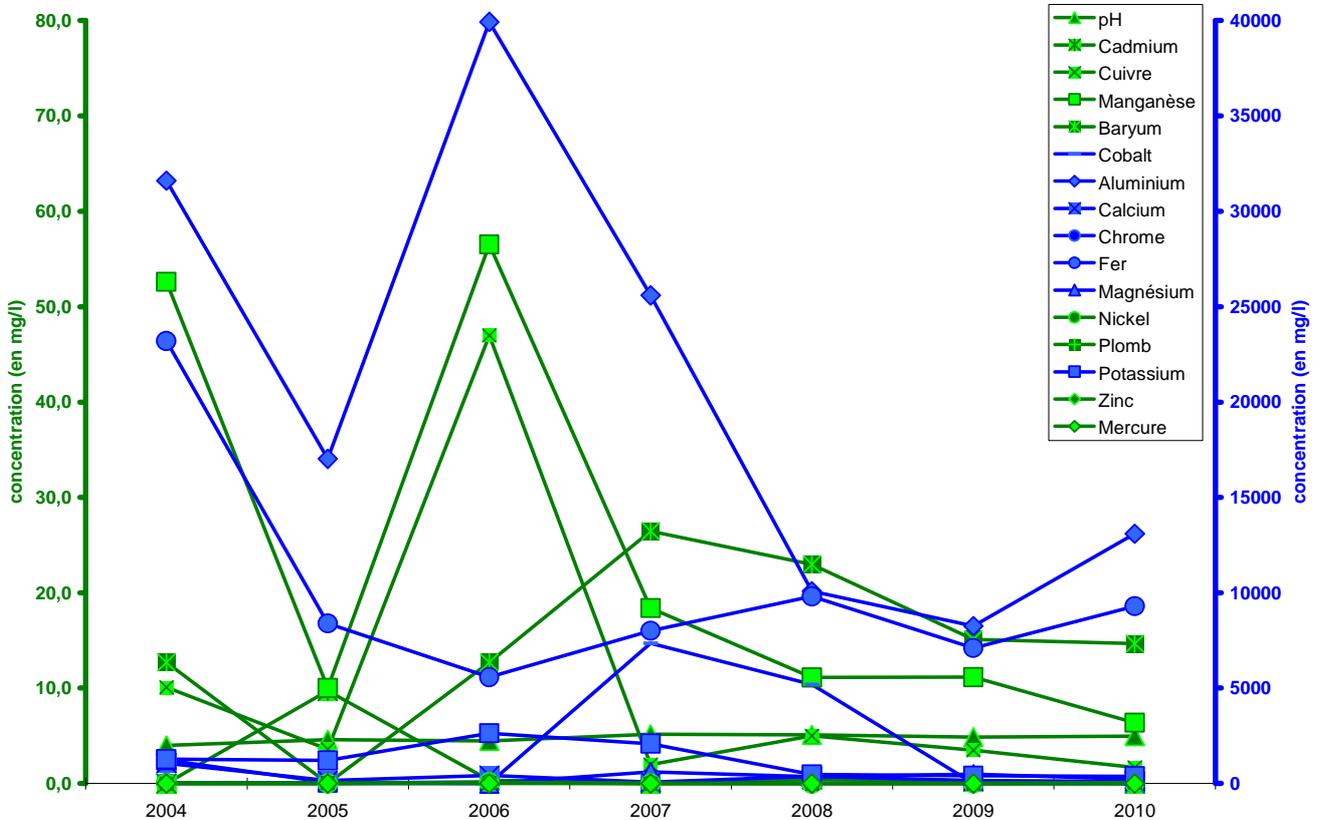


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2010 sur la crique Karouabo.

4.8. Mesures d'impact sur la végétation

4.8.1. Objectif du suivi

L'objectif du suivi des retombées chimiques des pluies et des pluiolessivats 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 2010, 2 campagnes de mesures ont eu lieu. Elles ont été menées pour les vols 194 (mai) et 198 (novembre).

4.8.2. Mesures des retombées

Cinq bacs ont été disposés en champ proche sous le couvert végétal au niveau du chemin de ronde de la ZL3, derrière le stockage de LH₂ (CP 04). En champ lointain, cinq autres bacs ont été disposés sous le couvert végétal sur le parking de l'ancienne Route Nationale 1, à une distance d'environ 1,6 kilomètres au nord ouest du pas de lancement (CL 08).

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

4.8.3. Résultats d'analyses

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

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

4.8.3.1. Résultats en champ proche (CP 04)

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

Tableau 20 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 194 et 198.

	ECHANTILLON	RESULTATS IRD							
		Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité (mS/cm à 25°C)	pH (unité pH)
V O L 1 9 4	Moyenne	0,20	3,10	0,48	0,24	0,39	0,23	24	4,49
	Ecart type	0,08	1,41	0,16	-	-	-	10	0,21
	Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
V O L 1 9 8	Moyenne	7,45	53,55	16,59	0,61	1,49	1,89	205	4,55
	Ecart type	6,22	39,18	12,49	0,36	0,76	0,67	142	0,46
	Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

Saison sèche = V 198 - Saison des pluies = V194

Quelle que soit la saison, les échantillons récoltés en champ proche ont un pH quasi-constant. Cela n'est pas le cas pour les autres paramètres. On observe des concentrations bien plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Cela semble être dû à l'apport d'embrun marin et à la direction des vents (la zone de lancement étant implantée à proximité de la mer).

Globalement, il est à noter de fortes fluctuations de concentrations pour chaque ion (en particulier l'aluminium, les chlorures et le calcium).

4.8.3.2. Résultats en champ lointain (CL 08)

Les résultats obtenus en champ lointain sont synthétisés dans le *Tableau 21*.

Tableau 21 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 194 et 198.

ECHANTILLON	RESULTATS IRD								
	Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité (mS/cm à 25°C)	pH (unité pH)	
V O L 1 9 4	Moyenne	0,09	0,27	0,40	0,24	0,49	0,58	7	6,21
	Ecart type	0,03	0,10	-	-	0,17	-	3	0,20
	Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5
V O L 1 9 8	Moyenne	0,29	6,28	2,56	1,07	6,88	2,71	53	6,01
	Ecart type	0,24	2,41	1,45	0,36	2,29	1,84	21	0,14
	Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

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

Comme pour le point CP 04, la comparaison des données collectées en saison sèche et en saison des pluies fait apparaître de plus fortes proportions en ions Aluminium (Al), Chlorures (Cl), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Potassium (K), et Sodium (Na) en saison sèche. Le pH reste constant quelle que soit la saison.

4.8.4. Conclusions

Pour chaque série d'échantillons, le pH mesuré est constant, et cela quelle que soit la saison. De fortes conductivités ont été mesurées en champ proche, dues aux fortes teneurs en ions chlorures.

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

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

- de la pluviométrie,
- de la direction des vents (apport de minéraux issus des embruns marins en saison sèche).

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

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

4.9. Suivi de la faune aquatique pour 2010

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

4.9.1. Objectifs du suivi de la faune aquatique

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

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

Le bureau d'études et de recherche en environnement HYDRECO a réalisé le suivi annuel 2010 de la faune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment l'étude de l'ichtyofaune, ainsi que les analyses d'aluminium dans la chair des poissons.

4.9.2. Lieux échantillonnés

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

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

4.9.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2010

La totalité des résultats sont présentés dans le rapport du laboratoire HYDRECO disponible au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais. Le *Tableau 22* présente toutefois les principales conclusions de cette étude.

Tableau 22 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2010.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<p>DESCRIPTION DE L'HABITAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, la profondeur moyenne des 3 criques est comparable aux valeurs relevées les années précédentes : <ul style="list-style-type: none"> ○ crique des Pères : 6 mètres, ○ Karouabo : 5,6 mètres, ○ Malmanoury : 4,8 mètres. <p>En saison sèche, une diminution de la hauteur d'eau est à noter (entre 70 et 90 cm pour la Karouabo et la Malmanoury - environ 1,7 mètres pour la crique des Pères). Ces plus faibles profondeurs engendrent de plus faibles débits. Par ailleurs, à cause de sa localisation, la crique des Pères est très influencée par les marées (fort marnage engendrant un très fort courant lors des marées). Cette influence marine n'est pas sans conséquences sur la conductivité ; cette dernière étant deux fois plus élevée que sur les 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Au niveau de la crique des Pères et de la Malmanoury, les taux d'oxygène dissous en saison des pluies et en saison sèche sont comparables à ceux des années précédentes avec 50 à 60 % de saturation. Néanmoins, une légère baisse du taux d'oxygène est observée la nuit sur la Malmanoury. La situation inverse est à noter sur la crique des pères (augmentation du taux d'oxygène la nuit). Concernant la Karouabo, on constate que l'eau est plus oxygénée en saison des pluies qu'en saison sèche (taux d'oxygène mesuré en saison des pluies de l'ordre de 50% de saturation / taux d'oxygène mesuré en saison sèche de l'ordre de 30 % de saturation). Par ailleurs, on observe distinctement le contraste jour/nuit avec des teneurs 2 fois moins importantes la nuit (par comparaison à celle du jour). <p>Ces fluctuations du taux d'oxygène dissous peuvent s'expliquer par le développement important de végétation aquatique durant la journée. Ce développement est particulièrement favorisé par les faibles débits, créant un milieu lentique (cas de la crique Karouabo), notamment en saison sèche ; la hauteur d'eau étant plus basse. La simple différence d'ensoleillement entre les deux saisons peut également avoir un impact sur la photosynthèse donc le taux d'oxygène dissous).</p>

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<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 consommables d'oxygène issues du défrichement par exemple) semblent être les causes des baisses de la saturation enregistrées notamment sur la Karouabo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Concernant les autres paramètres (température et conductivité), les valeurs restent comparables à celles des années précédentes. Une spécificité est à noter sur la crique des Pères. L'influence de la marée entraîne de fortes augmentations de la conductivité.
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, le nombre de captures sur la crique des Pères est 2 fois plus élevé que celui de l'année dernière. Au niveau de la Karouabo, ce nombre reste stable. Pour la Malmanoury, les captures ont été 8 fois inférieures à celles de 2009. <p>En saison sèche, les captures ont diminué de 40% pour la crique des Pères. Ce taux a, quant à lui, triplé sur la Karouabo et est resté constant sur la Malmanoury.</p> <p>Globalement, le nombre de captures est plus important en saison pluies par comparaison avec la saison sèche sur la crique des Pères. Pour cette crique, l'année 2010 reste une année de « pêche » similaire aux années 2000-2004. Concernant la Karouabo et la Malmanoury, la situation inverse est observée, à savoir plus de captures en saison sèche. Ce phénomène semble être la conséquence de la concentration des individus dans les zones amont des criques en saison des pluies afin de fuir les zones asséchées lors de la saison sèche.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La biomasse est nettement plus importante en saison sèche qu'en saison des pluies. Un record est atteint sur la Malmanoury lors de la saison sèche ; le paramètre ayant été multiplié par plus de 12 (soit environ 107 kg). Ce chiffre n'avait jamais été obtenu depuis le début du suivi. Néanmoins, en saison des pluies, la biomasse a été divisée par 4 sur cette même crique. Pour la Karouabo, on mesure une stagnation de la biomasse en saison des pluies mais un doublement en saison sèche. ▪ En saison des pluies, la crique des Pères atteint un record en termes de richesse de peuplements. En saison sèche, cette richesse reste plutôt stable. Cependant, globalement, elle reste la plus élevée depuis 4 ans. <p>Sur la Karouabo, les mesures de la saison des pluies ont mis en évidence une diminution de la diversité des espèces (même niveau que celui de 2008). Lors de la saison sèche, les niveaux obtenus ont été les plus importants depuis le début du suivi. Par ailleurs, <i>Erythrinus erythrinus</i> a été capturé pour la 1^{ère} fois à cette station. D'une façon générale, la crique présente une richesse faible (souvent inférieure à celle des 2 autres criques).</p> <p>Enfin, en saison des pluies, la Malmanoury a atteint un niveau minimum qu'elle avait quitté en 2004. La saison sèche présente par contre une richesse d'un niveau habituel.</p>

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS (SUITE) ET ANALYSE DE L'ALUMINIUM DANS LES CHAIRS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des Pères et la Malmanoury, la part de femelles est plus importante en saison sèche qu'en saison des pluies. Pour la Karouabo, c'est la situation inverse ; la part de femelles étant largement supérieure lors de la saison des pluies. Ces valeurs restent comparables aux observations régulièrement faites dans d'autres criques étudiées et sont identiques à celles recueillies lors des 3 dernières années. Pour rappel, lors de la saison des pluies, le nombre de femelles est plus important puisque c'est la période la plus propice à la reproduction des poissons néotropicaux. ▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements montrent que la crique des Pères se situe à un niveau supérieur à celui des 2 autres criques. Malgré une baisse observée sur la Karouabo en saison des pluies, les indices restent plutôt stables sur les années 2010 et 2009. ▪ Pour une espèce déterminée, l'analyse du contenu stomacal a mis en évidence qu'il existe peu de différence significative dans le régime alimentaire pour les 3 criques. Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, quelques individus présentaient des parasites abdominaux et/ou intestinaux. 1 seul individu sur la Malmanoury (<i>H. malabaricus</i>) et 5 individus de 3 espèces carnivores sur la Karouabo (3 <i>H. malabaricus</i>, 1 <i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> et 1 <i>A. falcatus</i>). Il est à noter que la présence de parasite est un phénomène connu et régulièrement observé dans les populations de poisson à forte densité ou soumise à une pression du milieu. ▪ L'analyse de la condition de certaines espèces communes aux 3 sites (<i>T. galeatus</i> et <i>H. malabaricus</i>) montre que : <ul style="list-style-type: none"> ○ la condition de <i>T. galeatus</i> est constante toute au long de l'année et quelle que soit la crique prospectée. Néanmoins, la condition de cette espèce est moins bonne sur la crique témoin que sur la Karouabo et la Malmanoury. ○ une différence significative de la condition de <i>H. malabaricus</i> entre la saison des pluies et la saison sèche ; l'espèce étant plus grasse en saison sèche. ▪ Sur les 3 criques, quelle que soit la période d'échantillonnage, le taux d'aluminium dans les muscles des poissons est indépendant du poids de l'individu. ▪ 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. ▪ L'évolution temporelle montre que l'année 2010 est caractérisée par un retour à des concentrations basses et similaires à celles de la période 2002-2005 ou à l'année 2008. En revanche, la saison des pluies montre des valeurs qui augmentent à des niveaux qui, bien qu'inférieurs à ceux de la saison des pluies de l'année 2009, sont élevés. Ce phénomène peut s'expliquer par le lessivage des sols qui, en Guyane, contiennent de très fortes teneurs en alumino-silicates.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En 2010, 4 478 individus répartis en 26 taxons ont été récoltés ; le nombre de captures le plus important ayant été observé lors de la saison des pluies. Cependant, l'abondance reste assez faible sur les 3 criques puisque, sur certaines criques similaires, le nombre d'individus peut atteindre 2 000 par station. Globalement, tant en saison des pluies qu'en saison sèche, la Malmanoury est la crique la plus riche, avec un total de 2 028 individus et 17 taxons récoltés. La Karouabo se place en 2nde position, avec 1 071 individus et 17 taxons collectés. Enfin, la dernière place revient à la crique des Pères avec seulement 1 379 individus et 11 taxons. Notons la présence dans cette crique d'<i>Argulidae</i>, crustacé parasite des poissons (présence très rare en pleines eaux). ▪ 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 3 stations prospectées et cela tout au long de l'année (plus de 70% 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 crique des Pères, leur contribution est de 100% lors de la saison des pluies. ▪ Les principaux indicateurs de pollution organique et/ou de déficit en oxygène dissous comme les amnéliques (Oligochètes) sont retrouvés en proportion relativement importantes sur la Karouabo en saison des pluies (18%) et sur la crique des Pères en saison sèche (22%). ▪ Il est à noter une très grande différence de peuplement entre la saison sèche et la saison des pluies. Par ailleurs, on dénote la présence en bonne quantité de microcrustacés qui semblent provenir des zones lenticulaires sur le cours amont de la Karouabo et de la Malmanoury. ▪ Globalement, tant en saison sèche qu'en saison des pluies, la crique Malmanoury reste la plus riche et la Karouabo présente la biodiversité la plus faible. C'est résultats sont comparables à ceux obtenus l'année dernière.
<p>QUALITE BIOLOGIQUE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La qualité biologique des criques est définie au moyen de 2 indices : <ul style="list-style-type: none"> ○ l'indice de Shannon (indice de la diversité) renseignant sur l'abondance et la richesse taxonomique, ○ l'indice SMEG qui permet de déterminer la qualité des eaux en fonction de la présence (ou de l'absence) de taxons bio-indicateurs de qualité, ou au contraire, de pollution.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<p>QUALITE BIOLOGIQUE (SUITE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le calcul de l'indice de Shannon montre que : <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>En saison des pluies</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La diversité au niveau de la crique de Pères est faible (indice de Shannon très inférieur à 300), ○ La Karouabo enregistre son meilleur score (en termes de diversité) depuis le début du suivi avec un indice supérieur à 460, ○ La diversité au niveau de la Malmanoury est bonne, voire très bonne, avec un indice qui dépasse largement 800. ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ La diversité au niveau des 3 criques est plus faible qu'en saison des pluies (indice de Shannon inférieur à 100). Cette chute (très importante pour la Karouabo et la Malmanoury) ne traduit pas nécessairement une perturbation du milieu. En effet, les biocénoses benthiques sont naturellement tendance à fluctuer. Ce phénomène est principalement lié à leur biologie, encore très mal connue en Guyane. ▪ 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"> ○ L'indice n'a pas pu être calculé sur la crique des Pères car aucun Ephémère n'a été collecté, ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité classe IV *, ○ La Malmanoury est, quant à elle, classée en classe III *. ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ L'indice n'a pas pu être calculé sur la crique des Pères et la Karouabo car aucun Ephémère n'a été collecté, ○ La qualité de la Malmanoury diminue. Elle se place ainsi en classe IV *.

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

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

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

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2010
<p align="center">QUALITE BIOLOGIQUE (SUITE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les tendances de l'évolution spatio-temporelle de la zone d'étude étant bien établies ; le « monitoring environnemental » peut donc être réalisé : <ul style="list-style-type: none"> ○ La Malmanoury est donc une crique de relativement bonne qualité qui ne semble pas impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Elle est régulièrement en classe III. Ces caractéristiques se rapprochent à certaines périodes d'un cours d'eau en condition naturelle. ○ La qualité de la Karouabo évolue en fonction des conditions climatiques et ne semble pas être impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. Ce cours d'eau, dont le classement moyen est de IV, possède les caractéristiques d'un cours d'eau présentant des conditions naturelles défavorables (déficit en oxygène, excès de matière organique, courant nul, etc.) ou soumis localement à des influences anthropiques. Nous retiendrons ainsi la 1ère hypothèse. La présence d'un bouchon vaseux à l'embouchure de la crique est une cause de cette qualité médiocre. En effet, cette dernière a les caractéristiques des milieux lenticques (faibles taux d'oxygène, faibles débits, stratification des masses d'eau, prolifération de la faune et de la flore aquatique en surface, etc.). ○ La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique qui a lieu sur la zone mais aussi du climat. Elle se maintenait en moyenne dans la classe III jusqu'en mai 2008. Mais depuis octobre 2008, elle reste au niveau de la classe IV.

4.9.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2010

4.9.4.1. Les poissons

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

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 (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en termes d'écotoxicité.

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

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

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

4.9.4.2. 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.

4.10. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2010

4.10.1. 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,
- Soyuz.



Figure 2 : Installation de nichoirs sur Soyuz.

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

Il est à noter qu'à ce jour, il a été observé que les nichoirs installés au Centre Technique sont régulièrement occupés par les oiseaux (*Figure 3*).



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

4.10.2. Peuplements

En 2010, 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 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.

4.10.3. Résultats du suivi de l'avifaune

Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2013.

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.

4.11. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2010

4.11.1. Objectifs du suivi

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

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

4.11.2. Résultats de l'étude

Les principales conclusions de cette étude sont synthétisées selon trois grands axes (confer le *Tableau 23*).

Tableau 23 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2010.

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

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2010
<p>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies : <ul style="list-style-type: none"> ○ présence d'un fin cordon sableux depuis l'estuaire du Kourou jusqu'à l'ouest de l'embouchure de la crique Karouabo, ○ les battures de la Karouabo sont toujours en mer, ○ à 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 et retrouvent une situation « marine » depuis 25 ans, ○ forte extension des vasières sur lesquelles les jeunes palétuviers croissent entre les Roches Blanches et l'estuaire du Sinnamary (et au-delà). ▪ Réapparition de l'île verte. Mais, cette dernière reste entourée par la mangrove. <ul style="list-style-type: none"> ○ la mangrove favorable s'étend entre les estuaires de la crique Malmanoury et du Sinnamary et offre de très vastes étendues de zones d'alimentation.

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

Par ailleurs, on 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.

5. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2010 sont les suivantes :

- Le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est, en général, orienté entre la route de l'espace (direction Sinnamary) ou le site d'observation Agami, suivant les conditions météorologiques.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) a permis de détecter la présence de gaz chlorhydrique en champ proche pour tous les vols (mobile n°1). A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur. Pour rappel, les gaz de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé dans l'axe des carneaux sur une distance inférieure à 1 kilomètre.
- Les retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles, voir non quantifiables, sous le nuage de combustion.
- L'optimisation de l'emplacement des capteurs par le biais des simulations SARRIM (réalisées à partir des données prévisionnelles CEP) reste la meilleure méthode actuellement disponible.
- Aucune contamination des eaux de la Karouabo, consécutive au lancement, n'est enregistrée (très faibles teneurs en aluminium). Ainsi, la qualité des eaux est conforme à la qualité générale des eaux douces de Guyane (eaux acides et faiblement conductrices).
- Pour l'ensemble des lancements, les eaux de carneaux présentent des teneurs conformes aux spécificités de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ensemble de lancement N°3 avant leur rejet dans le milieu naturel. Concernant les eaux de process du BAF, aucun rejet vers le milieu naturel n'a été réalisé en 2010 (Ariane 5 de type ECA pour l'ensemble des vols 2010).
- 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.
- 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).

- A partir des mesures de la faune aquatique, les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium présent dans les muscles. Les teneurs en aluminium sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Il est à noter que sur la Karouabo la concentration de la saison sèche est du même ordre de grandeur que sur la Malmanoury. La variabilité individuelle vis-à-vis de l'aluminium est telle qu'aucune différence significative n'est mise en évidence aussi bien entre les espèces, qu'entre les régimes, les classes de poids ou les stations.

- De façon globale pour les poissons, le nombre de captures, la diversité, la biomasse, la richesse et les conditions sont très nettement supérieurs en saison sèche qu'en saison des pluies.

- Le suivi de la population des invertébrés aquatiques confirme le statut de « zone en limite d'influence des émissions » pour la Malmanoury. Quelle que soit la saison, cette dernière reste de bonne qualité. Ce n'est pas le cas de la Karouabo dont la qualité varie fortement avec la saisonnalité. Elle n'est cependant pas impactée par les lancements Ariane 5. La crique des Pères est un cours d'eau dont la qualité fluctue en fonction de l'activité anthropique qui a lieu sur la zone mais aussi du climat. Jusqu'en mai 2008, ses eaux étaient de bonne qualité. Mais, à partir d'octobre 2008, cette qualité se dégrade fortement.

- Concernant le suivi de la colonie d'Ibis Rouge, la zone de nidification située sur le Centre Spatial Guyanais demeure le principal site de reproduction de cette espèce en Guyane. La position géographique des peuplements reste en relation avec l'évolution naturelle de la mangrove. Par ailleurs, des observations réalisées durant l'année tendent à prouver l'excellente qualité de divers écosystèmes du CSG (découverte d'espèces nouvelles pour la Guyane notamment).

- Concernant le suivi de l'avifaune, les nichoirs sont en cours de mise en place afin d'étudier l'impact de l'alumine et de l'acide chlorhydrique sur l'épaisseur des coquilles d'œuf. Néanmoins, les premières observations laissent présager des résultats prometteurs pour ce nouveau protocole.

6. ANNEXES

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

Figure 4 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 194.

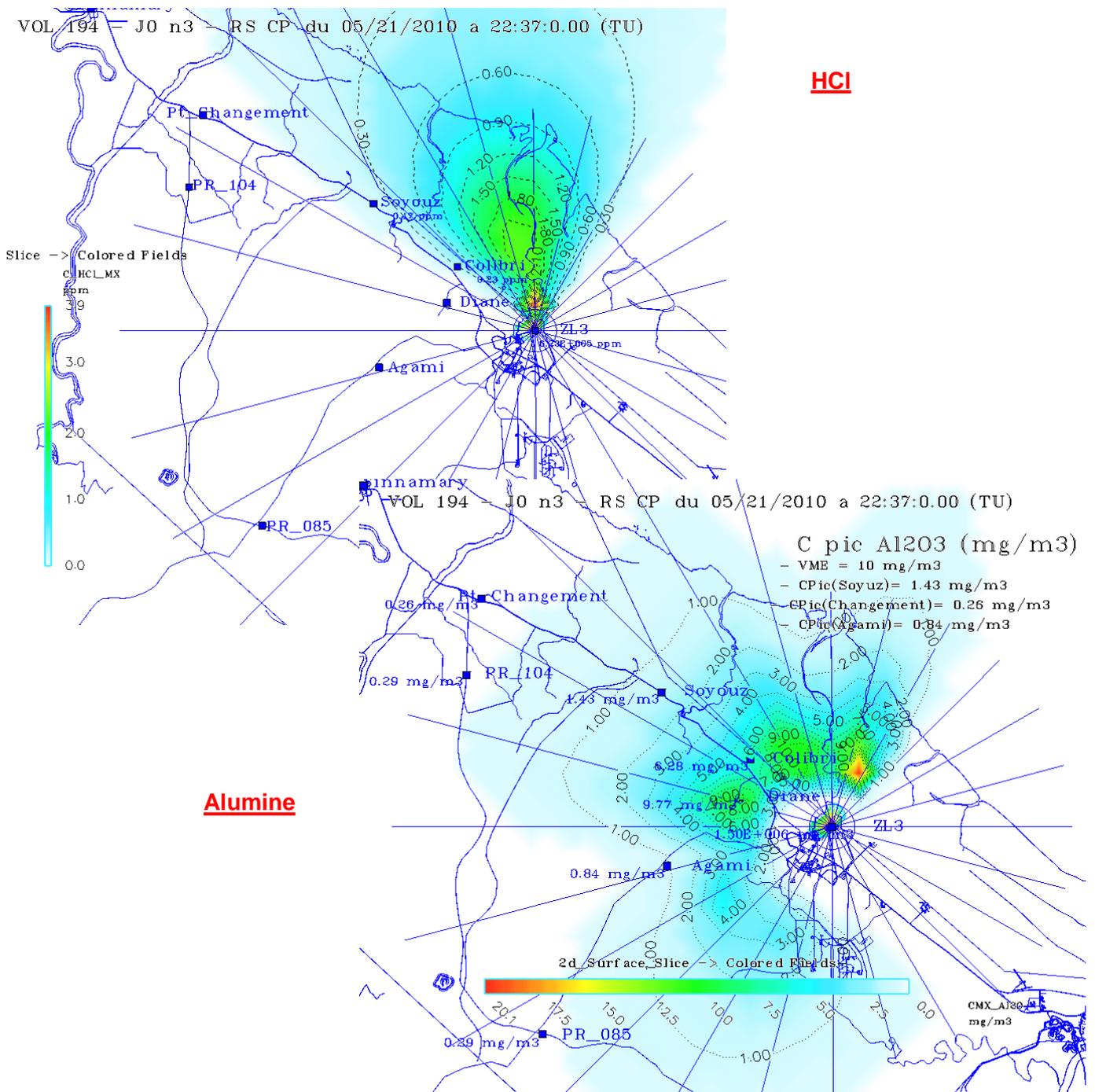


Figure 5 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 195.

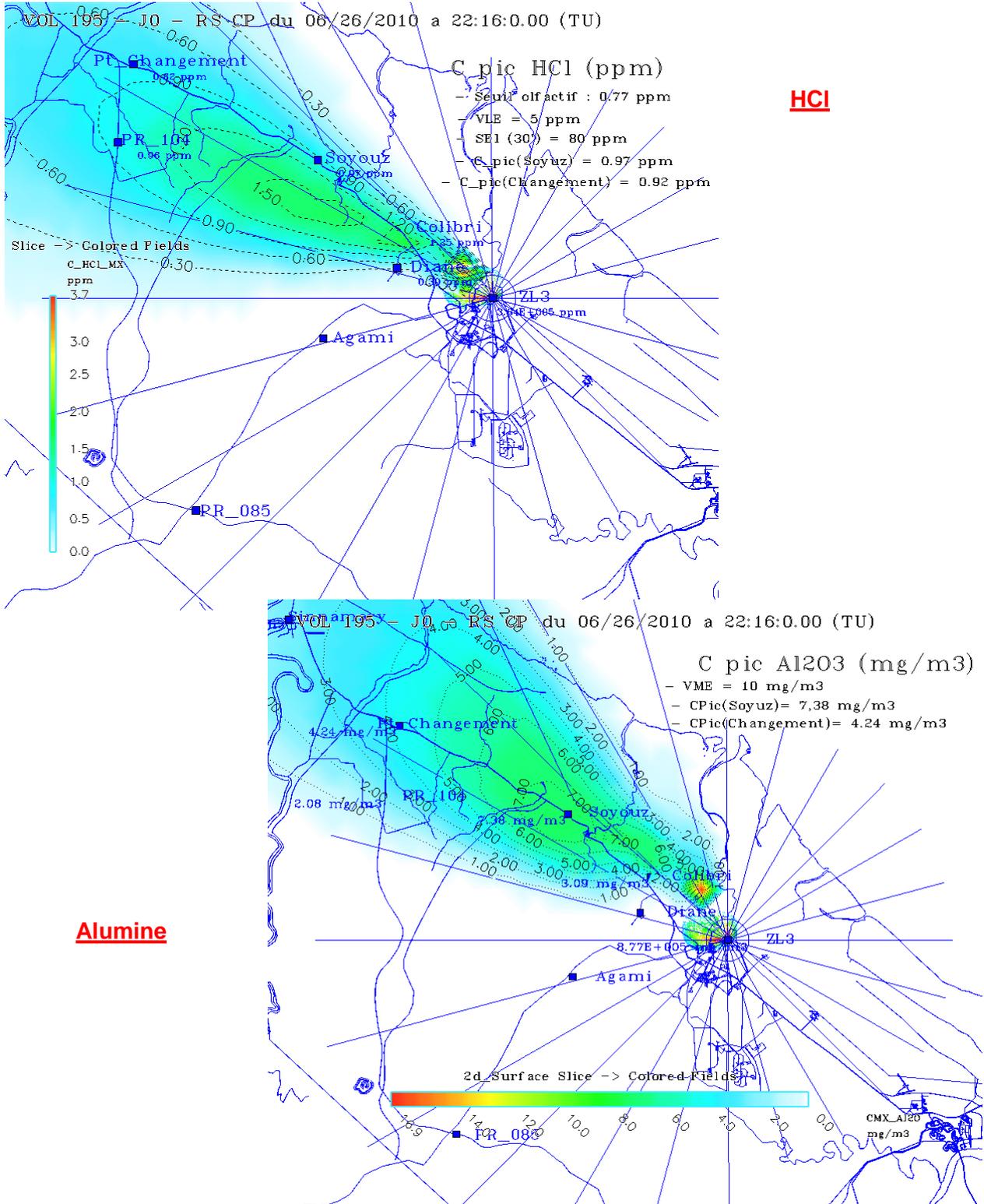


Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 196.

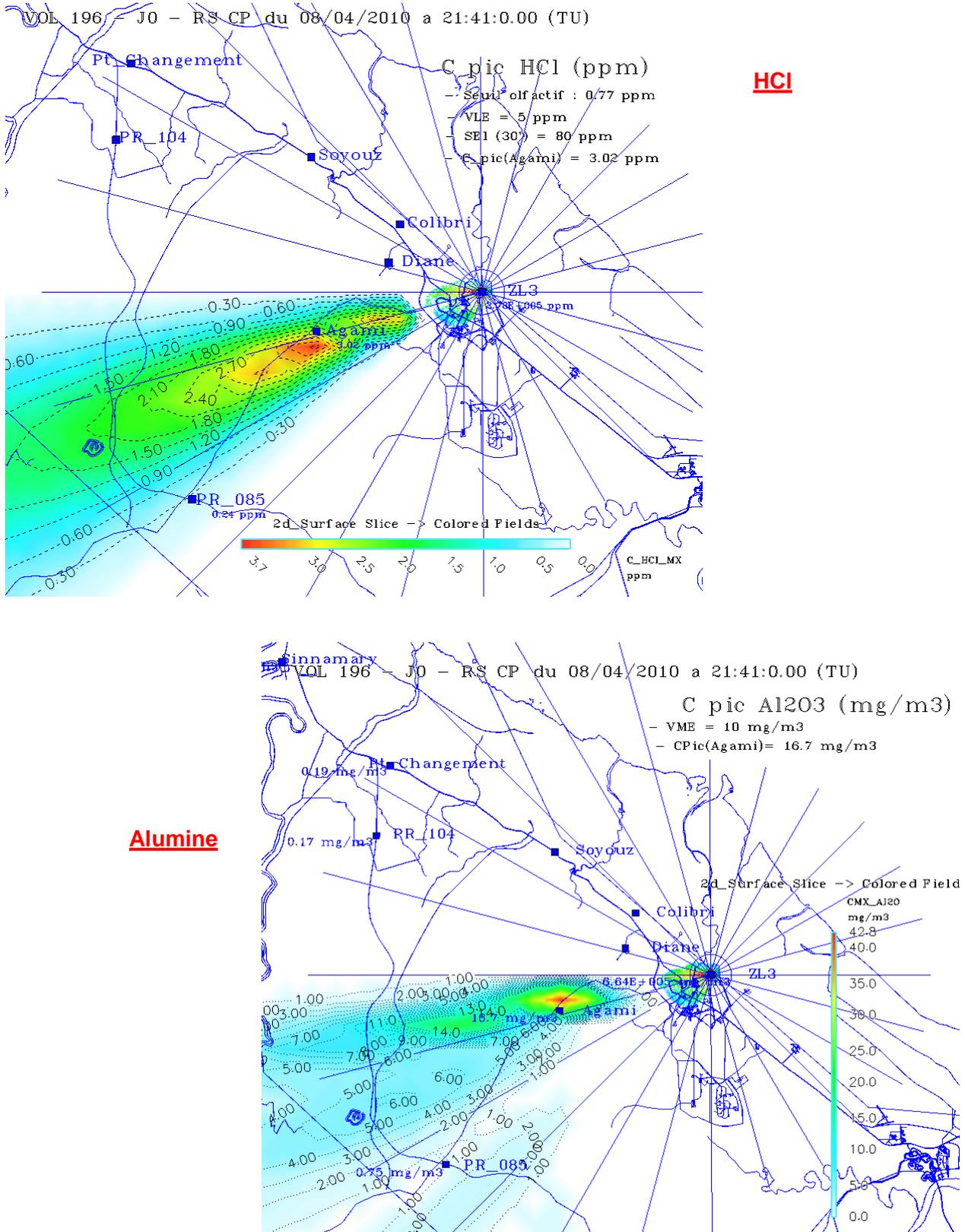


Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 197.

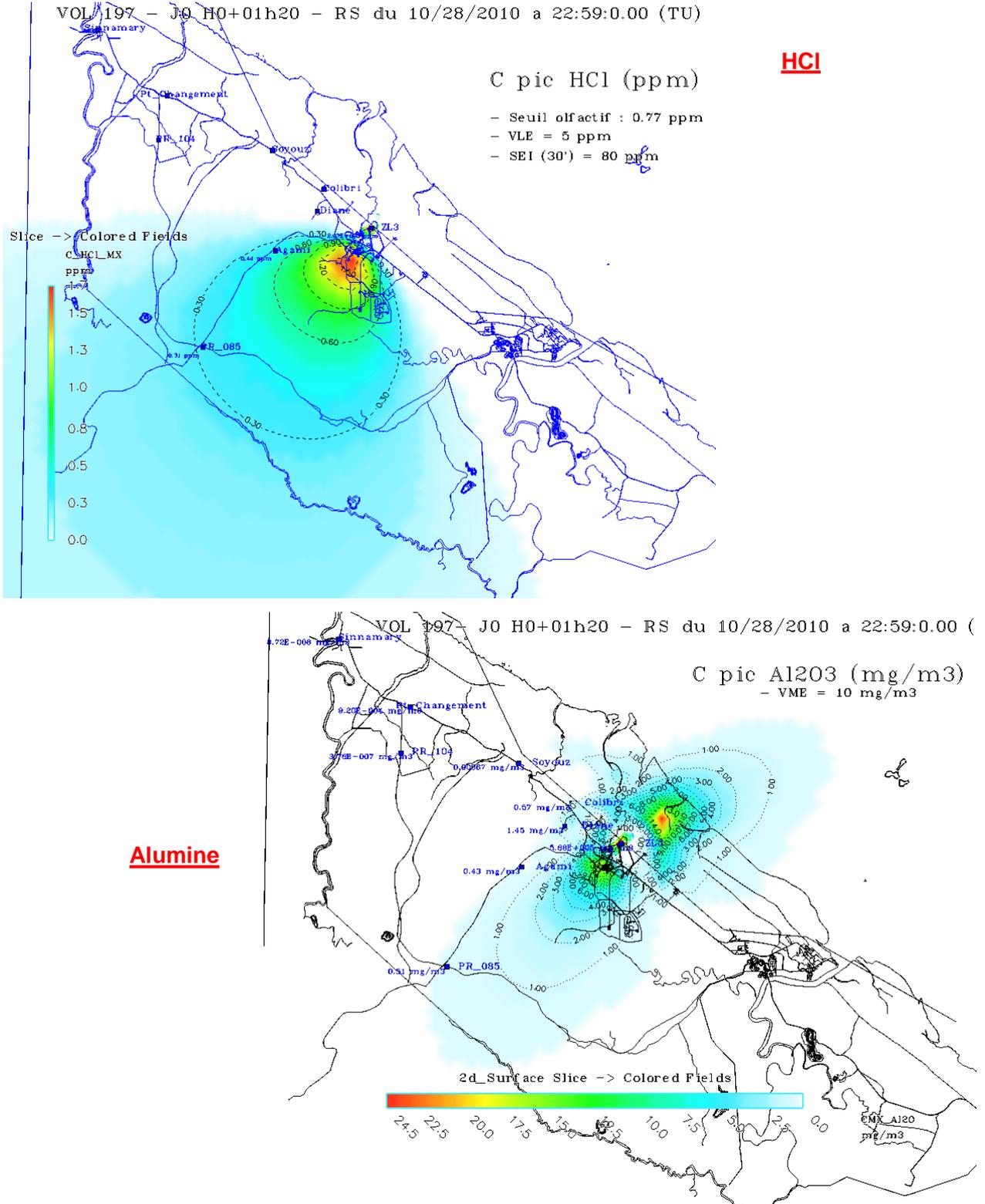


Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 198.

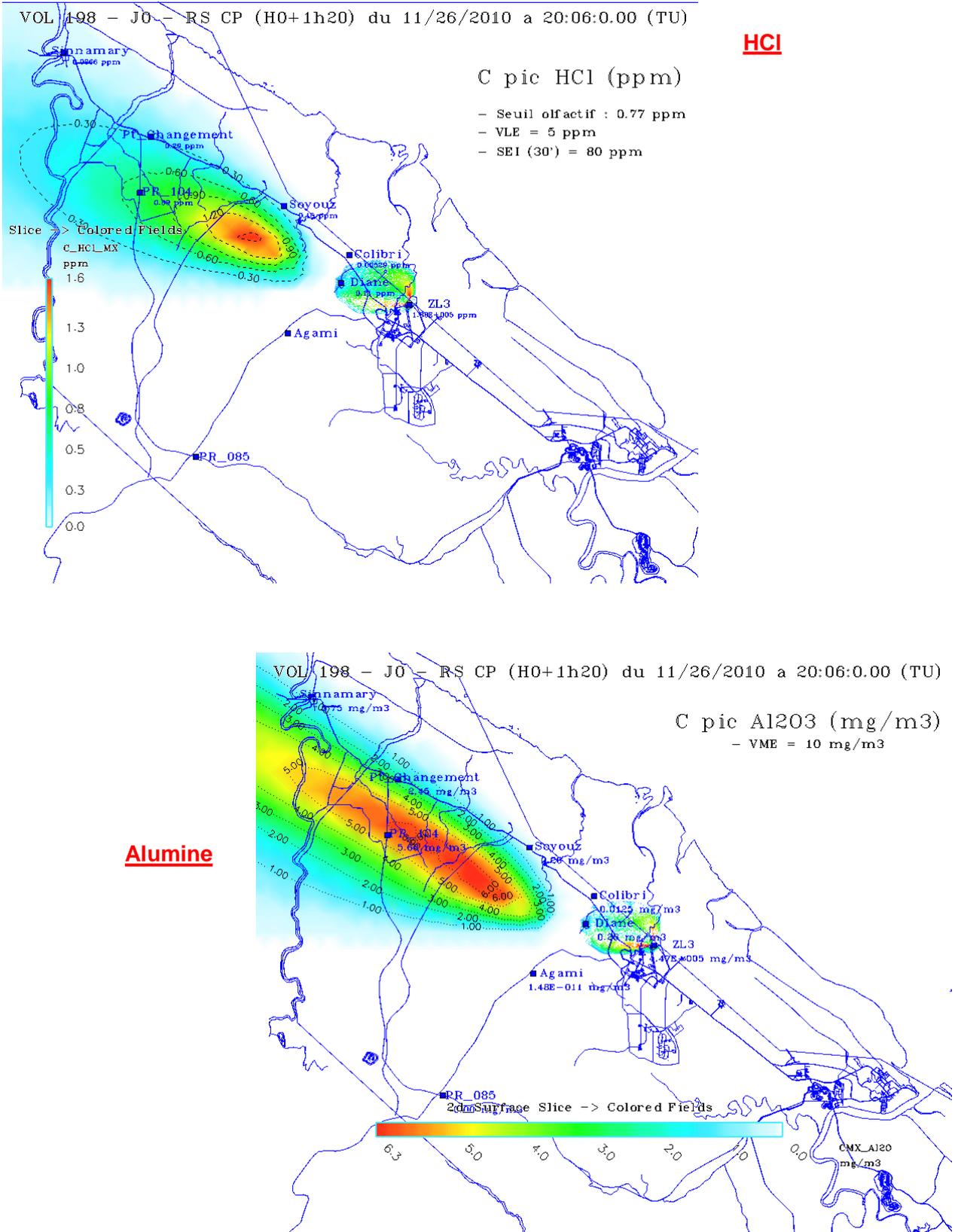
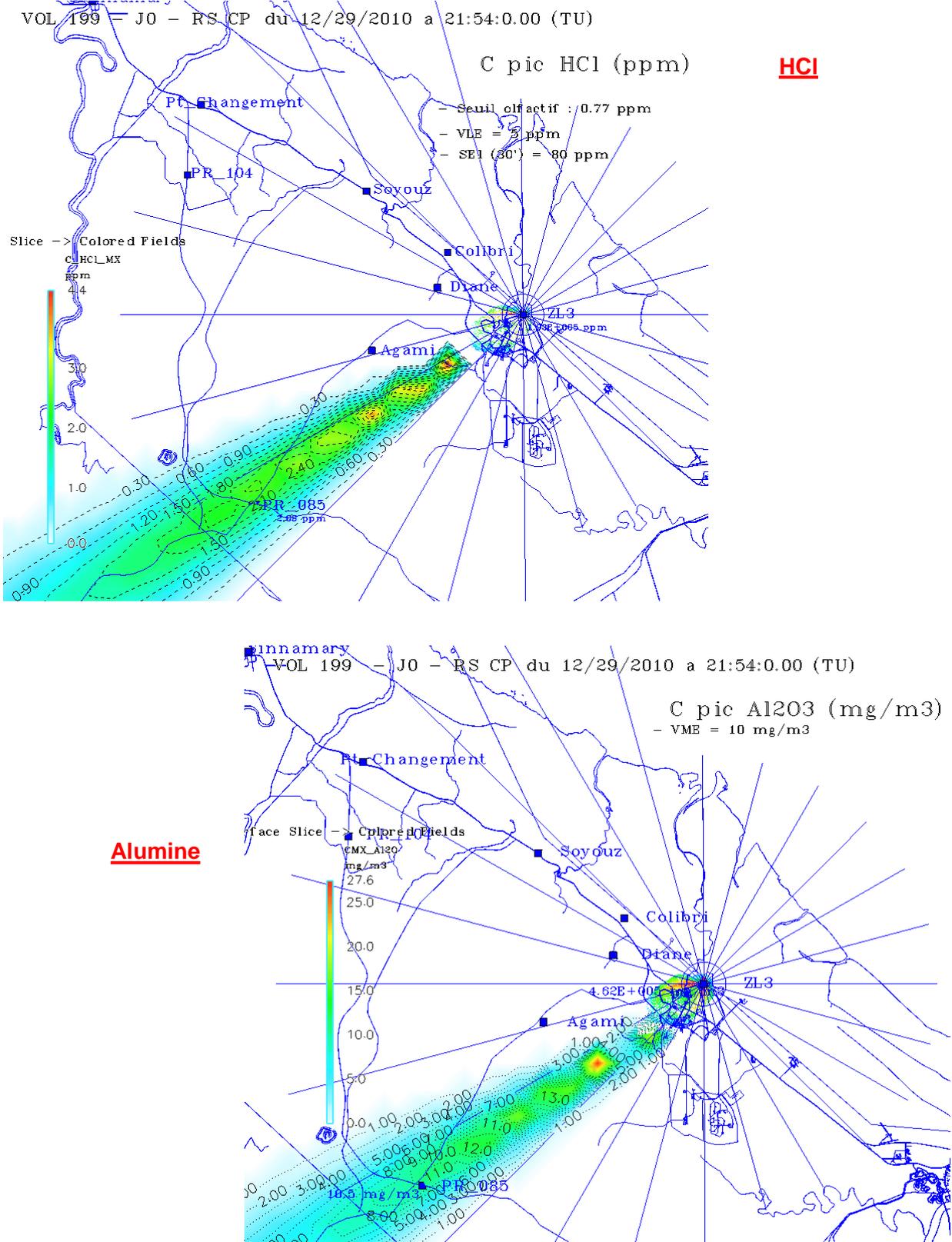


Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 199.



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

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions ARPEGE (en °)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	Ecart (en °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77,0	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	8,3
V184	114,2	125,8	11,6
V185	129,0	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	17,7
V187	52,0	40,6	11,4
V188	78,6	85,5	6,9
V189	73,4	79,8	6,4
V190	99,6	130,6	31,0
V191	87,4	102,4	15,0
V192	98,0	92,0	6,0
V193	74,0	96,4	22,4
V194*	89,0	181,7	92,7
V195	91,6	120,0	28,4
V196	103,8	65,8	38,0
V197	76,4	47,0	29,4
V198	99,0	111,3	12,3
V199	52,2	56,0	3,8
		MOYENNE	18,2

* : lancement éliminé de l'étude statistique.