

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 2009 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
RAPPEL DES LANCEMENTS	<p>En 2009, 7 lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vol 187 : 12/02/09 à 19h09 min ○ Vol 188 : 14/06/09 à 10h12 min ○ Vol 189 : 01/07/09 à 14h52 min ○ Vol 190 : 21/08/09 à 19h09 min ○ Vol 191 : 01/10/09 à 18h59 min ○ Vol 192 : 29/10/09 à 17h00 min ○ Vol 193 : 18/12/09 à 13h26 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 montré de faibles écarts (qui restent peu significatifs et compris dans la fourchette d'incertitudes). ▪ Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une surestimation. Le modèle est par conséquent majorant. ▪ L'utilisation du code de calcul SARRIM est la meilleure solution, en terme de fiabilité, pour optimiser l'emplacement des capteurs quelques heures avant le lancement.
AIR : CHAMP PROCHE (jusqu'à 1 km de la ZL3) Retombées particulières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les retombées en alumine particulaire et en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement et dans l'axe des carneaux.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>AIR : CHAMP MOYEN ET LOINTAIN (au-delà de 1 km) Retombées particulières</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les concentrations en alumine particulaire et en ions chlorures les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui 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 sur le point CL6 (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve).
<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 500 mètres de la ZL3 ont détecté, ponctuellement, la présence d'HCl.
<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 SURFACE ET SOUTERRAINES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune analyse n'a été réalisée en 2009.
<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 2009. Le lanceur du vol 193 étant de type GS, les eaux de process ont été collectées et conditionnées suivant les prescriptions réglementaires en vigueur, et ont été envoyées en traitement dans un centre agréé. Pour les six autres lancements, comme il n'y a pas eu de production d'eau de process (Ariane 5 de type ECA), il n'y a donc eu aucun rejet.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center">SEDIMENTS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il n'existe pas de variation marquée entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quel 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. ▪ 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.
<p align="center">VEGETATION Analyse des pluviollessivats</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 : <ul style="list-style-type: none"> - du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement, - 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 : <ul style="list-style-type: none"> - du positionnement géographique du nuage de combustion et des capteurs par rapport au pas de lancement, - de la pluviométrie. ▪ Il est important de signaler que l'impact de ces retombées est négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le nombre de captures est plus important en saison sèche par comparaison avec la saison des pluies sur la Malmanoury et la Crique des Pères. Ce phénomène semble être la conséquence de la concentration des individus en saison sèche. ▪ Sur les 3 criques prospectées, le sex-ratio est similaire pour les 2 saisons avec un nombre de femelles légèrement plus important lors de la saison sèche. Ces valeurs restent comparables à celles habituellement observées. ▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements situent l'année 2009 au même niveau que ceux des années 1999-2002 sur l'ensemble des 3 criques échantillonnées depuis le début du suivi. L'année 2009 est par conséquent une bonne année, avec la particularité de voir l'augmentation de la diversité de toutes les stations en fin d'année. ▪ Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, quelques individus (de la famille des Erythrinidae) présentaient des parasites nématodes (abdominaux). Ces derniers ont été principalement échantillonnés sur la Karouabo. ▪ Sur les 3 criques, quelle que soit la période d'échantillonnage, le taux d'aluminium dans les muscles des poissons est indépendant du poids de l'individu. Par ailleurs, les teneurs en aluminium sont plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche. ▪ 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.
<p>INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'évolution temporelle annuelle est difficile à appréhender au vu du faible nombre d'années suivies. Il n'est ainsi pas possible de dégager des interprétations nettes. ▪ 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. Ces caractéristiques se rapprochent à certaines périodes d'un cours d'eau en condition naturelle.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
INVERTEBRES AQUATIQUES (SUITE)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.) ou soumis localement à des influences anthropiques. ▪ 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.
AVIFAUNE : NICHORS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2012.
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 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 ▪ La colonie, toujours située dans la zone de l'île verte, se porte bien. Elle est toujours la colonie la plus importante de Guyane (90% des effectifs). Une attention particulière sera apportée dans les années à venir du fait de la réduction des vasières entre Kourou et les roches Blanches qui pourrait la défavoriser. ▪ Glissement progressif vers l'ouest en relation avec l'évolution des bancs de vase et avec la croissance de la mangrove.
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies ▪ Forte réduction naturelle des vasières entre Kourou 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.....	14
2.1. Documents applicables	14
2.2. Documents de référence.....	14
2.3. Gestionnaire technique du document	16
3. SIGLES ET DEFINITIONS.....	17
3.1. Définitions.....	17
3.2. Sigles.....	18
4. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5 .	19
4.1. Rappels	19
4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion	20
4.2.1. Au moyen des radiosondages.....	20
4.2.2. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE	21
4.2.3. Conclusions.....	23
4.3. Mesures en continu de la qualité de l’air.....	23
4.4. Résultats et conclusions concernant les retombées chimiques particulières en champ proche et en champ lointain	24
4.4.1. Objectif	24
4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable	24
4.4.3. Résultats pour les retombées particulières en ions chlorures	25
4.4.4. Comparaisons des résultats avec les modélisations	26
4.4.5. Conclusions.....	27
4.5. Mesure de la qualité de l’eau de la crique Karouabo.....	28
4.5.1. Objectif	28
4.5.2. Résultats.....	28
4.5.3. Conclusions.....	29
4.6. Mesures de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.....	29
4.6.1. Objectifs du suivi	29
4.6.2. Localisation des points de prélèvements.....	29
4.6.3. Résultats du suivi des eaux de surface et souterraines	30
4.7. Mesures de la qualité de l’eau des carneaux de l’Ensemble de Lancement numéro 3 et des neutraliseurs du Bâtiment d’Assemble Final.....	30
4.7.1. Objectifs.....	30
4.7.2. Résultats des analyses	30
4.7.2.1. <u>Eaux des carneaux</u>	30
4.7.2.2. <u>Eaux de process du Bâtiment d’Assemblage Final</u>	31
4.7.3. Conclusions générales sur la qualité des eaux des carneaux de l’ELA3 et des neutraliseurs du BAF	32



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-S3X-12495-CNES

Ed/Rév. : 01/00

Classe : GP

Date : 12/10/2011

Page : 9/56

BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL GUYANAIS 2009

4.8.	Mesure de la qualité des sédiments	32
4.8.1.	Objectifs du suivi	32
4.8.2.	Introduction sur les sols guyanais et la teneur naturelle en aluminium.....	32
4.8.3.	Localisation des points de prélèvements.....	33
4.8.4.	Les résultats pour les paramètres physico-chimiques	33
4.8.5.	Résultats des analyses pour les sédiments	34
4.8.6.	Conclusions.....	36
4.9.	Mesures d'impact sur la végétation	37
4.9.1.	Objectif du suivi.....	37
4.9.2.	Mesures des retombées	37
4.9.3.	Résultats d'analyses.....	37
4.9.3.1.	<u>Résultats en champ proche (CP4)</u>	38
4.9.3.2.	<u>Résultats en champ lointain (CL8)</u>	38
4.9.4.	Conclusions.....	39
4.10.	Suivi de la faune aquatique pour 2009	39
4.10.1.	Objectifs du suivi de la faune aquatique	40
4.10.2.	Lieux échantillonnés	40
4.10.3.	Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2009	40
4.10.4.	Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2009	45
4.10.4.1.	<u>Les poissons</u>	45
4.10.4.2.	<u>Les invertébrés aquatiques</u>	45
4.11.	Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2009.....	46
4.11.1.	Nichoirs.....	46
4.11.2.	Peuplements	47
4.11.3.	Résultats du suivi de l'avifaune	47
4.12.	Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2009	48
4.12.1.	Objectifs du suivi	48
4.12.2.	Résultats de l'étude.....	48
5.	CONCLUSIONS GENERALES	49
6.	ANNEXES	50
6.1.	Annexe 1– Localisation des zones de passage des nuages de combustion	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents simulées par SARRIM au moyen des radiosondages.	20
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des radiosondages pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....	21
Tableau 3 : Tableau comparatif des directions (en °) simulées par SARRIM au moyen des données ARPEGE et des radiosondages.....	22
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données ARPEGE pour le gaz chlorhydrique et l'alumine.....	22
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections des Zellwegers pour l'année 2009.....	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.....	25
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.....	26
Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données d'ARPEGE).	26
Tableau 11 : Ecart entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles simulées (pour l'acide chlorhydrique en champ lointain).....	27
Tableau 12 : Ecart entre les concentrations maximales obtenues sur le terrain et celles simulées (pour l'alumine en champ lointain).	27
Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 189 (juillet).	28
Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 193 (décembre).....	28
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA3 avant rejet au milieu naturel.....	31
Tableau 16 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	33

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo.....	33
Tableau 18 : Moyenne (M) et écart type (σ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo	34
Tableau 19 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo.....	35
Tableau 20 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 189 et 193.	38
Tableau 21 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour les lancements 189 et 193.	38
Tableau 22 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2009.....	41
Tableau 23 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2009.	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2009 sur la crique Karouabo.....	36
Figure 2 : Installation de niochirs sur la zone témoin (CT).....	46
Figure 3 : Niochirs sur le Centre Technique (CT).....	46
Figure 4 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 187.....	50
Figure 5 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 188.....	51
Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 189.....	52
Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 190.....	53
Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 191.....	54
Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 192.....	55
Figure 10 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 193.....	56

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2009 au Centre National d'Etudes Spatiales - Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) afin d'évaluer l'impact des activités industrielles du Centre sur l'environnement.

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

- des six campagnes Ariane 5 ECA (vols 187, 188, 189, 190, 191 et 192) et de la campagne Ariane 5 GS (vol 193),
- 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°656b-MRa-Cfe, décembre 2002** - Aide à la définition d'une stratégie de surveillance de la qualité de l'air dans les zones habitées autour du CSG, DRIRE Antilles - Guyane.

[DR 4] **CSG-RP-S3X-9955-CNES** - Plan de mesures environnement Ariane 5 et Véga – Centre Spatial Guyanais.

[DR 5] **CSG-RP-S3X-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-11556-CNES** - Résultats du plan de mesures Environnement Ariane V187 du 12 février 2009 à 19h09 mn.
- [DR 10] **CSG-RP-S3X-11557-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V188 du 14 mai 2009 à 10h12 mn.
- [DR 11] **CSG- RP-S3X-11721-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V189 du 01 juillet 2009 à 14h52 mn.
- [DR 12] **CSG- RP-S3X-11844-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane Vol 190 du 21 août 2009 à 19h09 mn.
- [DR 13] **CSG-RP-S3X-11849-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V191 du 01 octobre 2009 à 18h59 mn.
- [DR 14] **CSG-RP-S3X-11871-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V192 du 29 octobre 2009 à 17h00 mn.
- [DR 15] **CSG-NT-SPX-11872-CNES** - Résultats du plan de mesures environnement Ariane V193 du 18 décembre 2009 à 13h26 mn.
- [DR 16] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 20950 / CSG093)** - Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les Invertébrés aquatiques - Rapport final année 2009.
- [DR 17] **Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO - Laboratoire Environnement de Petit Saut (commande numéro 47 000 20950 / CSG093)** - Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury - Année 2008.
- [DR 18] **Cabinet ECOBIOS** - Impact sur l'avifaune et suivi de la qualité écologique des écosystèmes - Présentation réalisée au SPPPI du 05 novembre 2010 à Sinnamary



Réf. : CSG-RP-S3X-12495-CNES
Ed/Rév. : 01/00 Classe : GP
Date : 12/10/2011
Page : 16/56

BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL GUYANAIS 2009

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 2009, sept lancements Ariane 5 ont eu lieu (en heure locale) :

▪ Vol 187 :	12/02/09	à	19h09 min
▪ Vol 188 :	14/06/09	à	10h12 min
▪ Vol 189 :	01/07/09	à	14h52 min
▪ Vol 190 :	21/08/09	à	19h09 min
▪ Vol 191 :	01/10/09	à	18h59 min
▪ Vol 192 :	29/10/09	à	17h00 min
▪ Vol 193 :	18/12/09	à	13h26 min

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour chacun de ces lancements, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Ariane numéro 3 (ELA3) **[DA 2]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 9 à DR 15]** seront présentés dans ce document. Cela comprend :

- la localisation de la zone de passage du nuage de combustion,
- la comparaison entre les différentes simulations des retombées atmosphériques,
- les mesures en continu de la qualité de l'air,
- les mesures des retombées chimiques particulières et gazeuses,
- les résultats d'analyses sur les eaux de carreaux de l'Ensemble de Lancement numéro 3 (ELA3) et sur les eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final (BAF),
- les résultats d'analyses sur la qualité des eaux de la crique Karouabo,
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur la végétation : analyse des eaux des premières pluies sous le couvert végétal (pluiolessivats),
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur l'avifaune,
- les résultats de la campagne de mesures des mouvements vibratoires induits à Kourou et à Sinnamary par les lancements Ariane 5.

4.2. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

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 prévisions sont basées sur les données issues de radiosondages et permettent de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales (concentrations maximales calculées en champ lointain pour le gaz chlorhydrique et l'alumine).

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

- Les caractéristiques du propergol,
- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide d'un radiosondage.

	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 187	février	Sud-Ouest	Site d'observavtion Agami	8,8	6,1
V 188	mai	Site d'observavtion Agami		9,5	10
V 189	juillet	Site d'observavtion Agami	Ouest (entre le site d'observation Agami et la route de l'Espace)	8,1	13,8
V 190	août	Sinnamary		4,1	7,5
V 191	octobre	Nord-Ouest	Sinnamary	10,5	10,5
V 192	octobre	Nord-Ouest	Sinnamary	7,5	3,9
V 193	décembre	Entre la station de poursuite Diane et le site d'observation Agami		8,2	11,5

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

La direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment et non pas aux grandes saisons pour l'année 2009. On constate, en effet, que le nuage a pris :

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

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des radiosondages et les mesures *in situ*, 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).

Concernant les concentrations, les maxima atteints simulés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées 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 187	1,07	5,14
VOL 188	0,97	5,72
VOL 189	1,61	7,56
VOL 190	2,05	15,60
VOL 191	2,14	10,20
VOL 192	1,70	8,66
VOL 193	1,37	6,99

Il est important de noter que les concentrations restent en dessous :

- de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique,
- de la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² pour l'alumine sauf pour les vols 190 et 191. Il est à noter que 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 (aux alentours de la station de poursuite des satellites Diane, à 4,5 km de la ZL3). 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 valeurs 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

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 pour le J0 à H0. Cette étude comparative a été réalisée sur l'ensemble des campagnes de l'année 2008 et 2009.

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 issues du logiciel ARPEGE pour le J0 à H0.

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2009, l'analyse des différentes simulations a montré un écart peu significatif entre la direction des retombées calculée avec les radiosondages et celle calculée avec les prévisions issues d'ARPEGE (écart de l'ordre de 16,0 % - compris dans la fourchette d'erreur de 20 %).

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

	Direction Basses couches des radiosondages	Direction Basses couches d'ARPEGE	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
VOL 187	40,60	52,00	28,1%
VOL 188	85,50	78,60	-8,1%
VOL 189	79,80	73,40	-8,0%
VOL 190	130,60	99,60	-23,7%
VOL 191	102,40	87,40	-14,6%
VOL 192	92,00	98,00	6,5%
VOL 193	96,4	74	-23,2%

Par ailleurs, les observations de terrain menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des données d'ARPEGE et les mesures *in situ*, ont montré que les prévisions en terme de localisation des retombées au sol (direction) du logiciel étaient en adéquation avec la réalité (confer le *paragraphe 4.4* du présent document).

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

	Concentration maximale en HCl (ppm)	Concentration maximale en Alumine (mg/m ³)	Ecart moyen avec les radiosondages (%)
VOL 187	3,92	17,92	257,5%
VOL 188	1,32	6,46	24,5%
VOL 189	0,47	5,98	-45,9%
VOL 190	2,07	8,50	-22,3%
VOL 191	1,65	9,31	-15,8%
VOL 192	2,38	13,20	46,2%
VOL 193	0,82	3,98	-41,6%

Les concentrations restent en dessous :

- de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique,
- de la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) de 10 mg/m² pour l'alumine uniquement pour les vols 187 et 192. Ces valeurs sont à relativiser pour les mêmes raisons que celles citées au *paragraphe 4.2.1*.

Ainsi, la modélisation SARRIM au moyen des données issues d'ARPEGE surestime très largement les teneurs 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 résultats issus des radiosondages (écart moyen de 64,8 %).

4.2.3. Conclusions

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. Ces derniers restent peu significatifs et compris dans la fourchette d'incertitudes. Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une très large surestimation. Le modèle est par conséquent majorant.

Nous pouvons donc conclure que la modélisation est la meilleure solution, en terme de fiabilité, pour optimiser l'emplacement des capteurs quelques heures avant le lancement.

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 les mesures en continu de la qualité de la pollution gazeuse en acide chlorhydrique (détectations).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des détections des Zellwegers pour l'année 2009.

	Zellwegger 1 CP1	Zellwegger 2 CP5	Zellwegger 3 CL9	Zellwegger 4 CL8	Zellwegger 5 CL7
VOL 187	ND	ND	ND	ND	ND
VOL 188	ND	X	ND	ND	ND
VOL 189	X	X	ND	ND	ND
VOL 190	ND	ND	ND	ND	ND
VOL 191	X	ND	ND	ND	ND
VOL 192	X	ND	ND	ND	ND
VOL 193	ND	X	ND	ND	ND

CP1 = Chemin de ronde de la ZL3 - intersection entre la zone 49 et 50

CP2 = Chemin de ronde de la ZL3 - milieu de la zone 46

CL9 = Portail de la piste Agami

CL8 = Parking de l'ancienne RN1

CL7 = Pont de la Karouabo

ND = Non détecté

X = Détecté

Remarques :

Pour le vol 18Z, suite à un problème d'acquisition du système quelques heures avant le lancement, le « Zellweger » n°2 n'a pu enregistrer aucune donnée. Par ailleurs, aucune intervention n'a pu être réalisée en raison des activités dangereuses déroulées sur le lanceur à ce moment de la chronologie.

Concernant le dioxyde d'azote et les produits hydrazinés, aucune pollution n'a été détectée.

En conclusion, seuls les appareils situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) détectent régulièrement la présence d'HCl.

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

4.4.1. Objectif

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

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

L'ensemble des résultats, présenté en page suivante, est issu de l'analyse de ces bacs à eau.

4.4.2. Résultats pour les retombées en alumine particulaire sédimentable

En champ proche, les retombées en alumine particulaire se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement (confer le *Tableau 6*). Pour V187, les concentrations en champ proche en alumine sont très nettement inférieures à celles habituellement mesurées sur cette zone. Ces teneurs sont sensiblement plus importantes que celles relevées en champ lointain.

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

Vol	187	188	189	190	191	192	193
C_{max} (mg/m³)	5,73	36,67	13,73	278,73	133,32	30,39	17,65
Distance de la ZL3 (m)	257	449	351	278	459	272	543
Localisation	CP2 - Chemin de ronde	CP5	CP1	CP3	CP4	CP3	CP5

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

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

Vol	187	188	189	190	191	192	193
C_{max} (mg/m²)	Inférieur au seuil quantitatif	2,90	6,500	2,74	3,10	2,40	3,20
Distance de la ZL3	-	17 153	2 954	7 461	12 274	4 372	12 274
Localisation	-	CL3 - Kourou, débarcadère des îles	CL9 - portail piste Agami	CL16 - piste Agami, entrée du morne Bocco	CL 22 - piste Agami	CL16 - piste Agami, entrée du morne Bocco	CL 22 - piste Agami
Comparaison avec SARRIM	Sud Ouest - Route de la Malmanoury	Ouest (site d'observation Agami)	Ouest (site d'observation Agami)	Nord (Mer) et Ouest (station de poursuite Diane)	Ouest (station de poursuite Diane)	Ouest (station de poursuite Diane)	Ouest (station de poursuite Diane)

Il est à noter que pour le vol 188, la concentration maximale en alumine a été mesurée à Kourou au niveau de l'embarcadère des Iles du Salut. Compte tenu de la direction des vents du moment (Ouest – vers le site d'observation Agami), il semble raisonnable de dire que cela est dû à une contamination de l'échantillon par des particules d'aluminium (latérite) mis en suspension à proximité immédiate du capteur.

Concernant les vols 191 et 193, les teneurs maximales observées semblent être la conséquence du passage des bus de visiteurs à proximité du capteur. Agami. En effet, en empruntant la piste latéritique « Agami », ces derniers mettent en suspension dans l'air de l'alumine. Cela engendre une contamination et des pics de concentration.

Enfin, il a été observé que ces dépôts varient en fonction des variations saisonnières et de l'intensité du vent.

4.4.3. Résultats pour les retombées particulières en ions chlorures

En champ proche, les retombées particulières 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	187	188	189	190	191	192	193
C_{max} (mg/m²)	3357,60	3543,70	4050,30	16969,80	2278,40	5163,10	4383,70
Distance de la ZL3 (m)	275	272	278	278	273	273	238
Localisation	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP3 - Derrière la piscine de LH2 sur le chemin de ronde	CP2 - Chemin de ronde

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	187	188	189	190	191	192	193
C_{max} (mg/m³)	54,40	90,90	2,700	11,40	47,00	61,00	170,20
Distance de la ZL3	24 036	2 640	4 372	4 359	6 306	10 703	16 954
Localisation	CL6-gendarmerie Sinnamary	CL12-Embranchement ancienne RN1	CL16-piste Agami	CL15-Diane	CL17- piste Agami	CL20-piste Agami	CL27- sur RN1 direction Sinnamary
Comparaison avec SARRIM	Sud-Ouest	Ouest (entre la station de poursuite Diane et le site d'observation Agami)	Ouest (site d'observation Agami)	Nord-Ouest - Soyuz	Ouest (station de poursuite Diane)	Ouest (station de poursuite Diane)	Ouest (station de poursuite Diane)

Il a été observé, au vu des résultats 2009, 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 le point CL6 (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve).

4.4.4. Comparaisons des résultats avec les modélisations

- **En termes de direction**

La comparaison des directions réelles avec de celles simulées par SARRIM (soit avec les radiosondages soit avec les données issues d'ARPEGE) est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Ecart entre les directions réelles et celles simulées (au moyen des radiosondages et des données d'ARPEGE).

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec ARPEGE (%)
VOL 187	75,0%	44,2%
VOL 188	-6,4%	1,8%
VOL 189	-6,0%	2,2%
VOL 190	15,0%	0,4%
VOL 191	12,0%	-2,7%
VOL 192	-2,2%	-8,2%
VOL 193	18,0%	1,4%

Ainsi, en moyenne, nous notons des écarts non significatifs entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et les directions simulées par SARRIM (écart de 9,9% pour les radiosondages et de 2,8% pour ARPEGE). L'implantation des capteurs (basée sur les simulations ARPEGE) concorde donc avec la direction réellement prise par le nuage de combustion. Cela confirme que SARRIM est donc l'outil adéquat pour le choix de l'implantation des capteurs avant le lancement.

- **En termes de concentration**

La comparaison des concentrations maximales (en alumine et en acide chlorhydrique) mesurées sur le terrain et de celles simulées par SARRIM (soit avec les radiosondages soit avec les données issues d'ARPEGE) est présentée dans les tableaux suivants.

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

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec ARPEGE (%)
VOL 187	116,8%	-40,8%
VOL 188	18,6%	-12,9%
VOL 189	-80,1%	-31,9%
VOL 190	-67,8%	-68,1%
VOL 191	4,2%	35,2%
VOL 192	-17,6%	-41,2%
VOL 193	175,9%	361,0%

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

	Ecart moyen avec les radiosondages (%)	Ecart moyen avec ARPEGE (%)
VOL 187	-100,0%	-100,0%
VOL 188	6,4%	495,7%
VOL 189	-23,9%	201,0%
VOL 190	-64,4%	497,3%
VOL 191	-27,6%	1019,4%
VOL 192	-30,7%	211,6%
VOL 193	-67,2%	32,2%

Pour l'ensemble des vols, nous notons des écarts importants entre les concentrations mesurées (par le biais des bacs à eau) et celles qui ont été calculées par SARRIM (écart moyen de 57 % pour les radiosondages et de 225 % pour ARPEGE). Cela confirme que le code de calcul est majorant en termes de concentrations.

4.4.5. Conclusions

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 187 à 193 n'ont pas montré de particularités par rapport aux autres lancements. En effet, les plus fortes concentrations sont observées en champ proche (dans un périmètre de 1 km autour de la ZL3). Au-delà, les concentrations sont soit négligeables soit inférieures aux seuils de quantification.

Il est à noter que les concentrations sont toutefois variables en fonction de la position des capteurs et en fonction des conditions météorologiques du moment, mais celles-ci restent toutes inférieures aux valeurs seuils réglementaires applicables.

Enfin, les modélisations réalisées au moyen de SARRIM permettent de placer précisément les capteurs dans les zones de retombées du nuage de combustion (fiabilité du logiciel en termes de direction prise par le nuage). Cependant, une surestimation est faite au niveau des concentrations en acide chlorhydrique et en alumine (par comparaison avec les résultats des analyses de terrain).

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 V189 et V193. L'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement (prélèvement toutes les six heures pendant six jours). Les *Tableaux 13 et 14* présentent les résultats obtenus respectivement pour ces 2 vols.

4.5.2. Résultats

Il est à noter qu'en 2009, 2 campagnes de suivi de la qualité des eaux ont eu lieu (une en saison sèche et l'autre en saison des pluies).

Tableau 13 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 189 (juillet).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en µS/cm à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	6,48	21,04	3,71	2,33	0,31
Ecart type	0,28	1,94	0,81	0,12	0,060
Nombre de mesures	23	23	23	23	23

Tableau 14 : Tableau des résultats obtenus pour la qualité des eaux de surface de la crique Karouabo pour le lancement 193 (décembre).

	pH En unité pH	CONDUCTIVITE en µS/cm à 25°C	CHLORURES en mg/l	SODIUM en mg/l	ALUMINIUM en mg/l
Moyenne	5,94	32,45	6,98	3,83	0,12
Ecart type	0,34	1,28	0,22	0,15	0,016
Nombre de mesures	20	20	20	20	20

Suite à un problème technique (obturation du flexible de prélèvement par des feuilles en suspension sur l'eau), certains prélèvements n'ont pas été réalisés (1 prélèvement pour la campagne V189 et 4 prélèvements pour la campagne V193).

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, pour l'année 2009 (par comparaison des 2 campagnes de mesures), nous observons :

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

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 des eaux de surface et des eaux souterraines

4.6.1. Objectifs du suivi

Les mesures effectuées sur la qualité des eaux de surface et souterraines ont pour but de connaître l'évolution à long terme des caractéristiques physico-chimiques des eaux à proximité de la ZL3.

4.6.2. Localisation des points de prélèvements

Les points de prélèvement se trouvent à trois lieux différents :

- **la zone 48** située sur le chemin de ronde à proximité de la ZL (en aval de la ZL3),
- **la zone 53** située à 150 m de la ZL dans le dévers (en aval de la ZL3),
- **la zone du BAF**, à 50 m environ du bâtiment du même nom (amont de la ZL3).

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

4.6.3. Résultats du suivi des eaux de surface et souterraines

Aucun rejet d'eaux de process du BAF vers le milieu naturel n'a été réalisé.

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

4.7.1. Objectifs

Ce type de mesures a pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles des carneaux de l'ELA3 et des neutraliseurs du BAF soit 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 (deux fois 3 m³) et les eaux des carneaux du pas de tir Ariane 5 (environ 1000 m³) sont analysés, traités en cas de non-conformité à la réglementation puis rejetés dans le milieu naturel, lorsque ceux-ci sont conformes.

4.7.2. Résultats des analyses

4.7.2.1. Eaux des carneaux

Après traitement à la soude des eaux des carneaux, les analyses des paramètres demandés réglementairement sont effectuées par le laboratoire SNECMA situé sur le Centre Spatial Guyanais, Port spatial de l'Europe. Le *Tableau 15* regroupe l'ensemble des teneurs mesurées après traitement dans les échantillons avant leur rejet dans le milieu naturel.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats des eaux du carneau ELA3 avant rejet au milieu naturel.

PARAMETRE	UNITE	SEUIL REGLEMENTAIRE SPECIFIE DANS L'ARRETE PREFECTORAL	V187	V188	V189	V190	V191	V192	V193
pH	unité pH	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	6,5	7,3	7,1	7,2	6,8	7,6	6,6
MEST	mg/l	≤ 35	33	12	19	7,3	5,9	26,3	27
DBO₅	mg/l	≤ 25	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DCO	mg O ₂ /l	≤ 125	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	35
Azote Total	mg/l	≤ 30	< 1	< 1	< 1	2,0	1	1,5	< 1
Aluminium	mg/l	≤ 5	1,5	0,4	1,8	0,3	0,9	0,5	3
Indice hydrocarbure	mg/l	≤ 10	< 0,1	< 1	< 1	1,5	< 1	< 1	< 1
Produits hydrazinés	mg N ₂ H ₄ /l	≤ 1	< 0,4	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Couleur	mg/Pt/l	*	30	10	< 5	10	10	10	5
Nombre de jours avant analyse			1	6	22	6	9	7	8

* : 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.

4.7.2.2. Eaux de process du Bâtiment d'Assemblage Final

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

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

Seul le lanceur du vol 193 était de type GS. De ce fait, il y a eu une production d'eaux de process (uniquement pour ce lancement). Néanmoins, ces eaux ont été collectées depuis les réservoirs NRT 202 et URT 302, et conditionnées suivant les prescriptions réglementaires en vigueur. Elles ont, par la suite, été envoyées en traitement en France métropolitaine dans un centre agréé.

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

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

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

En 2009, aucun rejet d'eaux de process du BAF vers le milieu naturel n'a été réalisé.

4.8. *Mesure de la qualité des sédiments*

4.8.1. Objectifs du suivi

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

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

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

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

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

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

4.8.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés du 2 au 4 juin 2009 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.

4.8.4. 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	25,8	25	4,7	57	3,6
	25,5	25	3,6	56	3,6
CRIQUE KAROUABO	27,4	25	3,0	39	4,9
	27,0	25	1,7	21	1,6

Il est ainsi intéressant de noter que la plupart des paramètres physico-chimiques sont quasiment constants. La turbidité est toutefois différente entre les criques Malmanoury et Karouabo ; cette dernière présentant des valeurs plus faibles que celles obtenues pour la Malmanoury. Ce phénomène peut s'expliquer par un débit de l'eau plus faible sur la Karouabo que sur la Malmanoury, entraînant une sédimentation plus rapide des particules sur la Karouabo.

4.8.5. Résultats des analyses pour les sédiments

L'analyse a porté sur les métaux et l'acidité des sédiments (confer *Tableau 19*).

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

D'autres sont relativement constants quel que soit le lieu de prélèvement comme par exemple le pH ou les concentrations en cadmium, en cobalt ou en plomb et en magnésium.

Les concentrations en aluminium, en calcium, en fer, en nickel, en zinc et en mercure sont d'autre part plus élevées dans la crique Malmanoury que dans la Karouabo.

D'une manière générale, il n'existe pas de variation marquée entre les points amont et ceux situés en aval, et cela quel que soit la crique étudiée. Seul le prélèvement AV2 de la crique Karouabo voit ses teneurs en métaux augmenter.

Le *Tableau 18* donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les deux criques échantillonnées.

Tableau 18 : 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	4,9	0,2	5,06	0,3
Aluminium	8 251	1260	9 812	5 804
Baryum	15,1	6,4	10,8	6,8
Calcium	155	49	459	381
Cadmium	0,2	0	< 0,2	0
Chrome	13,5	3,8	15,6	8,8
Cobalt	0,2	0	< 0,2	0
Cuivre	3,5	0,9	4,4	2,9
Fer	7 105	3808	8 238	5 299
Magnésium	493	263	179	85
Manganèse	11,1	6,2	6,4	2,3
Molybdène	< 10,0	0	< 10,0	0
Nickel	8,8	3,9	10,8	7,9
Plomb	9,9	2,8	8,5	3,0
Potassium	401	223	365	209
Sélénium	< 10,0	0	< 10,0	0
Zinc	15,5	5,2	29,6	25,8
Mercure	0,12	0,03	0,25	0,26



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-S3X-12495-CNES

Ed/Rév. : 01/00

Classe : GP

Date : 12/10/2011

Page : 35/56

BILAN DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
ENVIRONNEMENT - CENTRE SPATIAL GUYANAIS 2009

Tableau 19 : 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	5,2	4,6	4,8	5,1	4,7	5,2	5,0	5,4	4,6	5,1
Aluminium mg/Kg MS	7 868	7 728	7 037	7 935	10 689	18 095	4 030	3 883	15 087	7 964
Baryum mg/Kg MS	11,9	11,9	12,0	11,9	27,9	24,0	8,0	6,0	10,0	6,0
Calcium mg/Kg MS	179	100	140	119	239	1198	319	199	419	160
Cadmium mg/Kg MS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Chrome mg/Kg MS	15,9	8,0	10,0	17,9	15,9	30,0	4,0	11,9	20,0	12,0
Cobalt mg/Kg MS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cuivre mg/Kg MS	4,0	2,0	< 2,0	4,0	4,0	10,0	2,0	2,0	4,0	4,0
Fer mg/Kg MS	5 206	2 270	5 582	13 370	9 096	5 992	5 905	2 449	18 040	8 802
Magnésium mg/Kg MS	358	199	319	674	916	260	106	88	299	142
Manganèse mg/Kg MS	7,9	4,0	8,0	13,9	22	8,0	4,0	4,0	10,0	6,0
Molybdène mg/Kg MS	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Nickel mg/Kg MS	6,0	6,0	6,0	9,9	15,9	26,0	6,0	10,0	4,0	8,0
Plomb mg/Kg MS	7,9	13,9	6,0	9,9	12	10,0	< 4,0	4,0	12,0	8,0
Potassium mg/Kg MS	338	177	199	774	518	659	122	< 100	459	220
Sélénium mg/Kg MS	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Zinc mg/Kg MS	15,9	10,0	10,0	17,9	23,9	79,9	18,0	8,0	25,9	16,0
Mercure mg/Kg MS	0,11	0,13	0,13	0,06	0,15	0,21	0,13	0,08	0,77	0,08

AM = Amont du pont AV = Aval du pont

4.8.6. 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, il est difficile de conclure sur la bioaccumulation de ces métaux et minéraux dans le milieu (confer la *Figure 1*). Par exemple, la concentration en alumine varie de façon très importante d'une année à l'autre, alors que la concentration de certains métaux plus lourds comme le mercure, ne fluctuent pas.

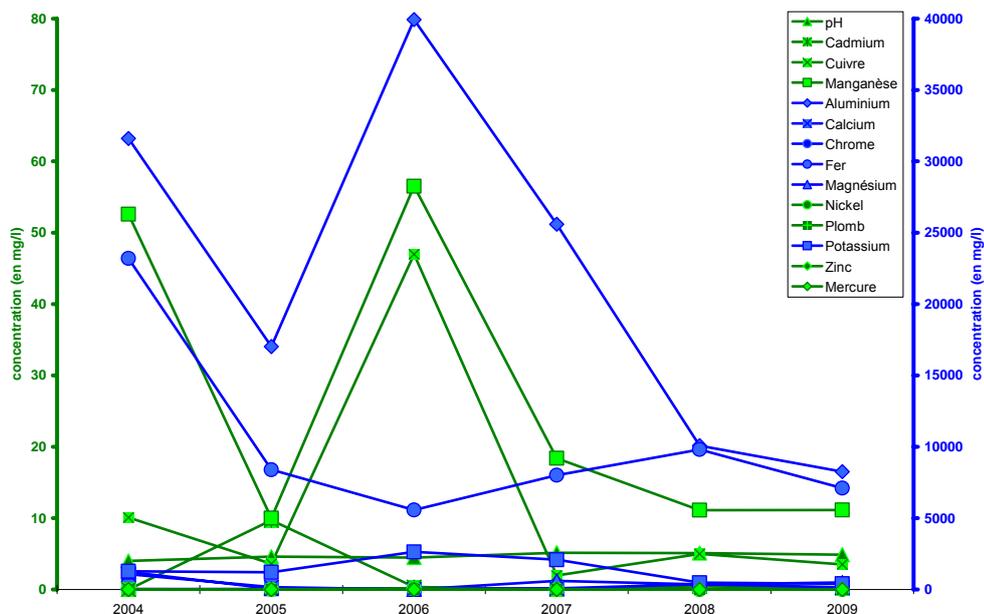


Figure 1 : Evolution de la concentration (mg/l) en métaux et minéraux des sédiments de 2004 à 2009 sur la crique Karouabo.

4.9. Mesures d'impact sur la végétation

4.9.1. Objectif du suivi

L'objectif du suivi des retombées chimiques des pluies et des pluviollessivats sur la végétation est d'évaluer le niveau de pollution auquel la végétation, située sous le vent des installations de l'ensemble de lancement numéro trois du CSG, a été soumise lors d'un lancement.

L'analyse chimique des premières pluies sous le couvert végétal nous renseigne sur la capacité d'amortissement par le milieu naturel de la pollution due aux rejets atmosphériques des EAP.

Pour l'année 2009, 2 campagnes de mesures ont eu lieu. Elle a été menée pour les vols 189 (juillet) et 193 (décembre).

4.9.2. 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 (CP4). En champ lointain, cinq autres bacs ont été disposés sous le couvert végétal sur le parking de l'ancienne Route Nationale 1, à une distance d'environ 1,6 kilomètres au nord ouest du pas de lancement (CL8).

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

4.9.3. 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).

Pour l'ensemble des paramètres, on constate que les teneurs restent constantes. Les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes à chaque point de mesures.

Comme pour le point CL8, la comparaison des données collectées en saison sèche et en saison des pluies fait apparaître de plus fortes proportions en ions Chlorures (Cl), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Potassium (K), et Sodium (Na) en saison des pluies. Le même constat est fait pour le pH. Seule la concentration en Aluminium diminue en saison des pluies.

Le point CL8 semble aussi soumis à un apport supplémentaire de minéraux par les pluies (lessivage de l'atmosphère) mais aussi sensible à la direction des vents.

4.9.4. Conclusions

Pour chaque série d'échantillons, le pH mesuré est constant. De fortes conductivités ont été mesurées en champ proche, dues aux importantes teneurs des échantillons 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 un par rapport aux autres.

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

- du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement,
- de la pluviométrie.

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

- du positionnement géographique du nuage de combustion et des capteurs par rapport au pas de lancement,
- de la pluviométrie.

Il est important de signaler que l'impact de ces retombées est négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

Enfin, sur les 2 séries de mesures, il a été observé de plus fortes concentrations en ions et des pH plus importants en saison des pluies. Ce phénomène semble être dû au lessivage de l'atmosphère qui se produit lors des premières pluies et qui engendre un apport supplémentaire de minéraux.

4.10. Suivi de la faune aquatique pour 2009

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].

4.10.1. 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 2009 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.

4.10.2. 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.

4.10.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour 2009

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 2009.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2009
<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 2 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.</p> ▪ Les taux d'oxygène dissous en saison des pluies sont comparables à ceux des années précédentes avec : <ul style="list-style-type: none"> ○ crique des Pères et Malmanoury : 50 % de saturation ○ Karouabo : 30 % de saturation. <p>Comme l'année dernière, une baisse du taux d'oxygène est observée en saison sèche sur la crique des Pères (dû à la présence d'importantes quantités de matières organiques consommatrices d'oxygène issues du défrichement constaté en zone amont).</p> <p>Concernant la Karouabo, une très forte différence de la teneur de l'eau en oxygène (entre le matin et le soir) est à noter uniquement en saison sèche, lorsque les débits sont plus faibles. Les organismes photosynthétiques semblent en être la cause (production d'oxygène en journée via la photosynthèse, et consommation de l'oxygène la nuit via le phénomène de respiration) ainsi que la faiblesse du courant qui crée un milieu lentique.</p>
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la Malmanoury et la Karouabo, le nombre de captures réalisées en saison des pluies est 2 à 3 fois plus élevé que celui de l'année dernière ; ce nombre étant stable pour la crique des Pères. <p>En saison sèche, les captures restent équivalentes à celles des 2 dernières années.</p> <p>Globalement, le nombre de captures est plus important en saison pluies par comparaison avec la saison sèche sur la Malmanoury et la Crique des Pères. Concernant la Karouabo, 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Malgré un nombre d'individus capturés assez conséquent, la richesse de la Karouabo durant la saison des pluies reste faible. Néanmoins, cette richesse est en progression par rapport à celle de l'année dernière. En saison sèche, cette dernière est légèrement plus élevée et du même ordre de grandeur que celle enregistrée lors des années 2001 – 2002.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2009
<p>PEUPEMENTS DE POISSONS (SUITE)</p>	<p>La Malmanoury présente une richesse supérieure à celle de l'année précédente et du même ordre de grandeur que celle des années 1999 et 2006. Il est à noter que la richesse en saison sèche est en progression par rapport à celle de saison des pluies.</p> <p>La Crique des Pères possède la plus forte richesse spécifique des 3 stations. Elle présente également une richesse assez stable, malgré un léger recul cette année.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur les 3 criques prospectées, le sex-ratio est similaire pour les 2 saisons avec un nombre de femelles légèrement plus important lors de la saison sèche (57 % en saison des pluies ; 75 % en saison sèche). Il est, tout de même, important de signaler que les valeurs restent comparables à celles habituellement observées. ▪ Les indices de diversité et de régularité des peuplements situent l'année 2009 au même niveau que ceux des années 1999-2002 sur l'ensemble des 3 criques échantillonnées depuis le début du suivi. L'année 2009 est par conséquent une bonne année, avec la particularité de voir l'augmentation de la diversité de toutes les stations en fin d'année. ▪ Aucun poisson n'a présenté de lésions ou de malformations externes. Néanmoins, quelques individus (de la famille des Erythrinidae) présentaient des parasites nématodes (abdominaux). Ces derniers ont été principalement échantillonnés sur la Karouabo. ▪ L'analyse de la condition de certaines espèces communes aux 3 sites (<i>Hoplias malabaricus</i>, <i>Parauchenipterus galeatus</i> et <i>Acestrorhynchus falcatus</i>) montre que : <ul style="list-style-type: none"> ○ lors de la saison des pluies, la condition de <i>P. galeatus</i> est meilleure sur la Crique Malmanoury que sur les 2 autres criques ; aucune différence n'étant décelée en saison sèche. ○ aucune différence de condition n'est observée pour <i>H. malabaricus</i> sur la Malmanoury et la Karouabo, et cela quelle qu'en soit la saison. Il est à noter que les individus ont nettement plus d'embonpoint sur ces 2 criques que ceux de la crique témoin (crique des Pères). ○ aucune différence de condition n'est observée pour <i>A. falcatus</i> sur les 3 criques, et cela quelle qu'en soit la saison. ▪ 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 des pluies qu'en saison sèche. ▪ 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.

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2009
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'évolution temporelle annuelle est difficile à appréhender au vu du faible nombre d'années suivies. Il n'est ainsi pas possible de dégager des interprétations nettes. Par ailleurs, 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. ▪ Les prélèvements montrent que les 3 criques abritent une biodiversité assez médiocre. ▪ 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. ▪ L'abondance reste assez faible par comparaison à certaines autres criques similaires de Guyane. ▪ 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. ▪ 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 et de la Karouabo n'est pas très importante (indice de Shannon inférieur à 300) ○ la diversité au niveau de la Malmanoury est à un bon niveau (indice supérieur à 600). ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ la diversité au niveau de la crique de Pères et de la Karouabo est encore plus faible qu'en saison des pluies (indice de Shannon inférieur à 100) ○ Bien que l'indice est diminué, la richesse de la Malmanoury reste toujours aussi importante (indice de 500).

PARAMETRE SUIVI	RESULTATS DE L'ETUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2009
<p style="text-align: center;">QUALITE BIOLOGIQUE (SUITE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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"> ○ Les 3 criques ont se placent en classe classe IV. ❖ <i>En saison sèche</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pas d'évolution de classe pour les criques Karouabo et des Pères. Elles restent en classe IV. ○ La qualité de la Malmanoury augmente. Elle se place ainsi en classe III. ▪ La Malmanoury est donc une crique de relativement bonne qualité qui ne semble pas impactée par les activités de lancement d'Ariane 5. 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. <p>Nous retiendrons ainsi la 1^{ère} hypothèse. En effet, en saison des pluies, le niveau de l'eau de la Karouabo augmente significativement, inondant les marécages avoisinants. On voit ainsi l'apparition de débits d'eau importants. Néanmoins, cet afflux d'eau entraîne la mise en suspension de matières organiques consommatrices d'oxygène. La qualité du cours d'eau en est donc atteinte.</p> <p>Au contraire, en saison sèche, le cours d'eau présente un très faible débit à cause de la présence d'un bouchon vaseux situé à proximité de l'estuaire. Cet écoulement très réduit engendre un phénomène de stratification des masses d'eau. En surface, l'eau est très oxygénée. Cette couche est le siège d'une prolifération de la faune et de la flore aquatique. Tandis qu'en profondeur, le non renouvellement de la masse d'eau engendre un déficit d'oxygène. La faune et la flore aquatique ne peuvent donc pas se développer dans les meilleures conditions. Malgré ces conditions particulières, la qualité de la Karouabo est meilleure.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.

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

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

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

4.10.4. Conclusions du suivi de la faune aquatique pour 2009

4.10.4.1. 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 des futurs lanceurs Soyouz et Véga.

L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, montre qu'il n'est pas bioaccumulable (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en 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.

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

Par ailleurs, la poursuite des prélèvements biannuels s'avère indispensable et minimale :

- pour connaître le fonctionnement de la faune aquatique au travers des cycles annuels et/ou stationnels,
- mais surtout, pour mieux cibler les éventuels impacts des lancements d'Ariane 5 sur l'ensemble de la faune aquatique, les eaux et les sols.

4.10.4.2. 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.

Une étude détaillée, réalisée lors d'une période de tir et reconduite lors de deux autres lancements, permettrait de :

- récolter les données minimales pour établir des comparaisons,
- de vérifier si les processus de colonisation des invertébrés aquatiques de la Karouabo s'effectuent, comme dans les autres criques, aux mêmes conditions hydrologiques et d'habitats similaires.

4.11. Mesures d'impact sur l'avifaune pour l'année 2009

4.11.1. Nichoirs

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

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

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

- le Centre Technique (CT) en zone témoin,
- en proximité des zones de lancement Ariane 5 (ZL3) et Vega (ZLV),
- le bourg de Kourou étendu à Matiti,
- la commune de Sinnamary et les fermes proches,
- Soyouz.



Figure 2 : Installation de nichoirs sur la zone témoin (CT).

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 (confer Figure 3).



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

4.11.2. Peuplements

En 2009, des observations ont été réalisées sur divers écosystèmes du CSG mettant en exergue leur qualité exceptionnelle. Ces observations ont notamment eu lieu au niveau des battures et d'un cordon sableux de la Malmanoury, 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 la qualité des peuplements aviens ; ces derniers étant plutôt élevés dans ces secteurs où les espaces naturels préservés sont encore étendus. Le Grèbe à bec bigarré a, par exemple, encore pu être suivi cette année

Les sites étudiés ont donc tous confirmé la richesse des peuplements d'oiseaux dans ces savanes, bosquets ou forêt non dégradés et protégés. Le site de la Roche LENA et le cordon sableux de la crique Malmanoury, inventoriés à l'occasion de cette campagne, demeurent exceptionnel aussi bien au niveau avien que floristique. A ce titre, de nouvelles espèces pour la Guyane ont été découvertes (*Veyretia rupicola*, *Polygala blakeana*, *Eleocharis acutangula*, *Evolvulus fikipes*, etc.).

4.11.3. Résultats du suivi de l'avifaune

Les nichoirs étant en cours de mise en place, les premiers résultats seront disponibles à partir de 2012.

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.

4.12. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour 2009

4.12.1. 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.

4.12.2. 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 2009.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2009
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
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 ▪ Localisation de la colonie à proximité de l'île verte
EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies ▪ Forte réduction naturelle des vasières entre Kourou et le site des Roches blanches (possibilité de réduction des effectifs des nicheurs dans le futur) ▪ Réapparition de l'île verte

Ces résultats montrent que la colonie, toujours située dans la zone de l'île verte, se porte bien. Elle est toujours la colonie la plus importante de Guyane (90% des effectifs). Une attention particulière sera apportée dans les années à venir du fait de la réduction des vasières entre Kourou et les Roches Blanches qui pourrait la défavoriser.

Par ailleurs, on dénote la présence d'espèces fréquentant les grandes vasières comme les Becs-en-ciseau (*Rynchops niger*), les sternes nicheuses, les Bécasseaux maubèche, etc.

5. CONCLUSIONS GENERALES

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2009 sont les suivantes :

- Les nuages de combustion issus de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 sont, en général, orientés entre la route de l'espace (direction Sinnamary) et le site d'observation Agami.
- Le réseau de détection de la pollution en gaz chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX) a permis de détecter une pollution au gaz chlorhydrique en champ proche pour les vols 188, 189, 191, 192 et 193 et aucune présence de gaz toxiques en champ lointain. Les gaz de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé dans l'axe des carneaux sur une distance inférieure à 1 kilomètre.
- Les particules récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau retombent essentiellement à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles, voir non quantifiables, sous le nuage de combustion.
- Les eaux de la Karouabo sont caractérisées par une très faible minéralisation (ions chlorure et sodium à l'état de traces). Aucune contamination des eaux, consécutive au lancement, n'est enregistrée (très faibles teneurs en aluminium). Ainsi, la qualité des eaux de la crique Karouabo est conforme à la qualité générale des eaux douces de Guyane (eaux acides et faiblement conductrices).
- Pour l'ensemble des lancements, les eaux de carneaux présentent des teneurs conformes aux spécificités de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ensemble de lancement N°3 avant leur rejet dans le milieu naturel. Concernant les eaux de process du BAF, aucun rejet vers le milieu naturel n'a été réalisé en 2009 (envoi en traitement en métropole).
- 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.
- Contrairement au champ lointain, la teneur en ions des pluviollessivats fluctue de façon importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement mais aussi de la pluviométrie.
- A partir des mesures de la faune aquatique, les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre les poids des poissons et le taux d'aluminium présent dans les muscles. D'autre part, le suivi réalisé en saison sèche et en saison des pluies a permis d'obtenir des niveaux de captures et des indices (de diversité et de régularité) comparables à ceux obtenus les années précédentes. L'année 2009 est par conséquent une bonne année, avec la particularité de voir l'augmentation de la diversité.
- 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. La crique des Pères, quant à elle, perd en classe d'intégrité. Elle semble être impactée par les activités anthropiques de la zone (agriculture notamment).
- Concernant le suivi de la colonie d'Ibis Rouge, la zone de nidification située sur le Centre Spatial Guyanais demeure le principal site 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.

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 187.

VOL 187 J0 H0+01h20 - RS du 02/12/2009 a 23:12:0.00 (TU)

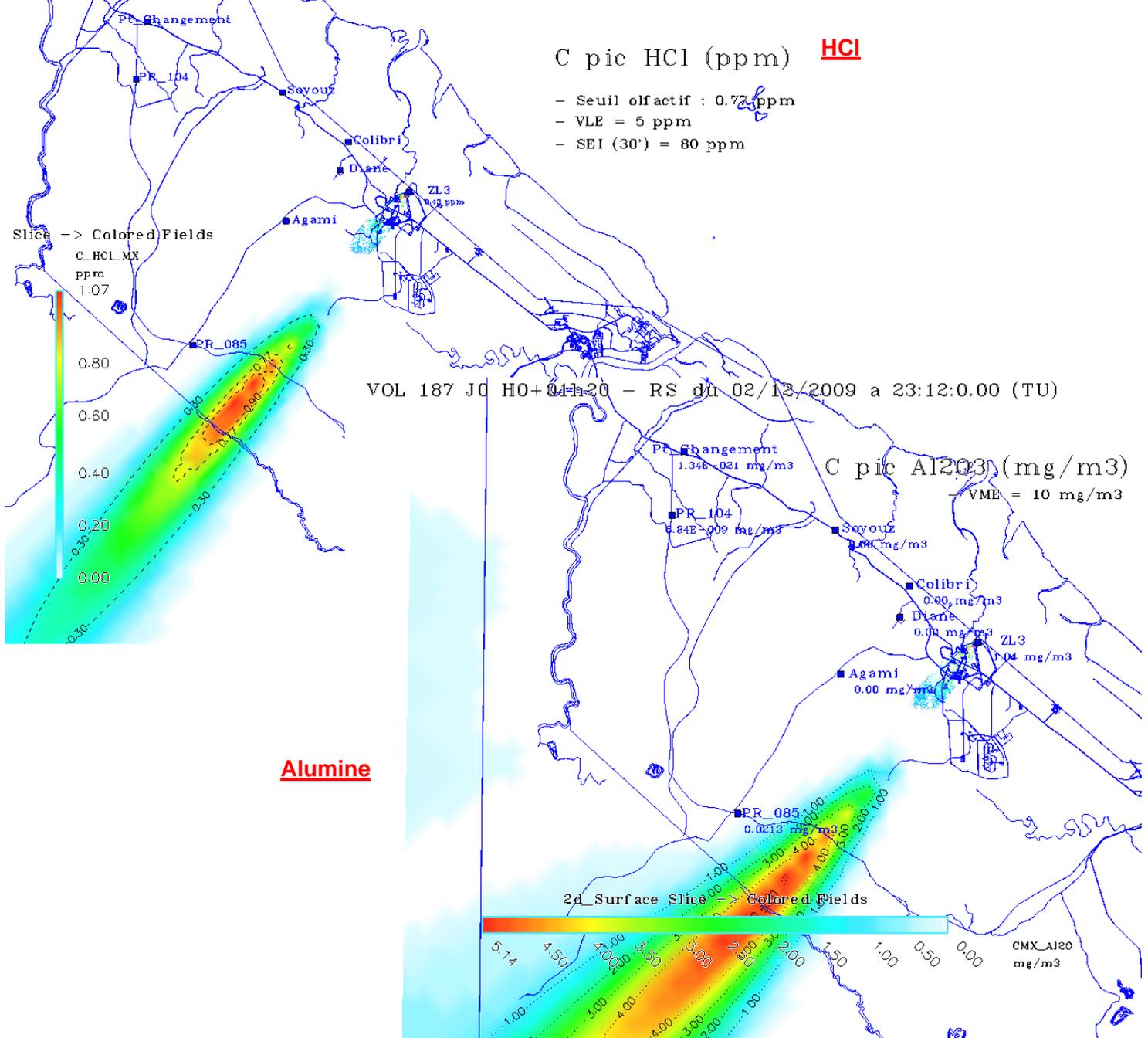


Figure 5 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 188.

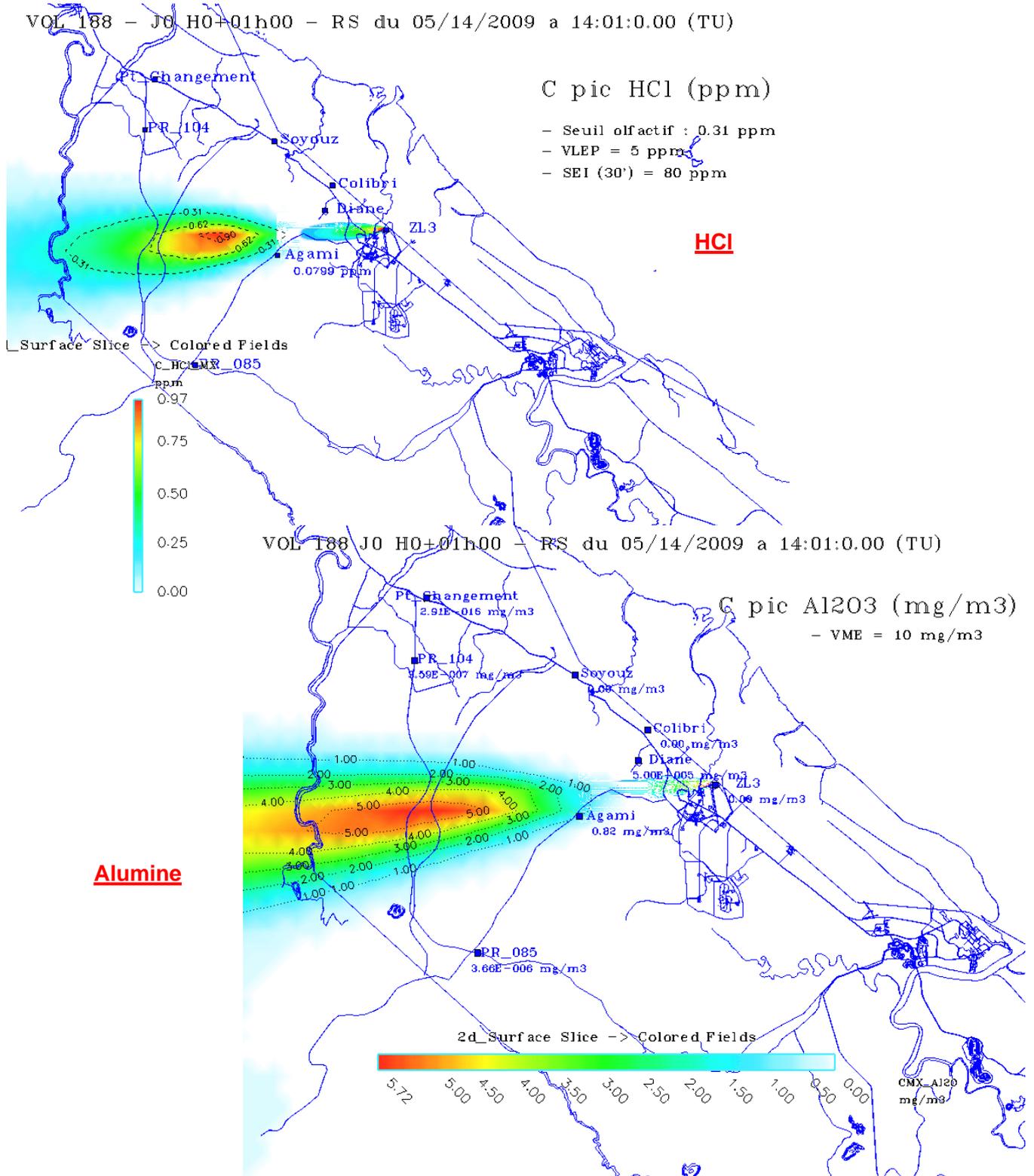


Figure 6 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 189.

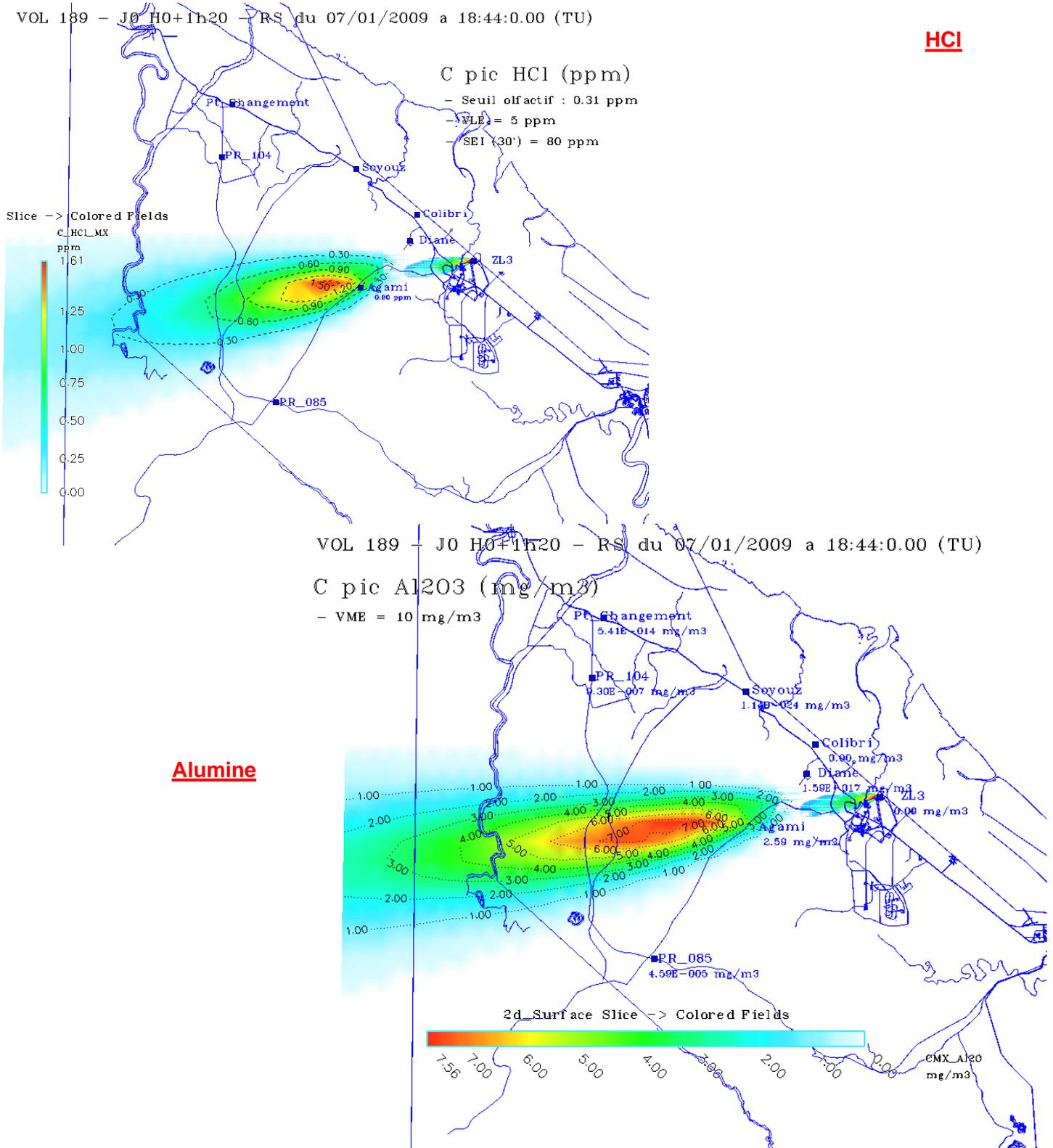
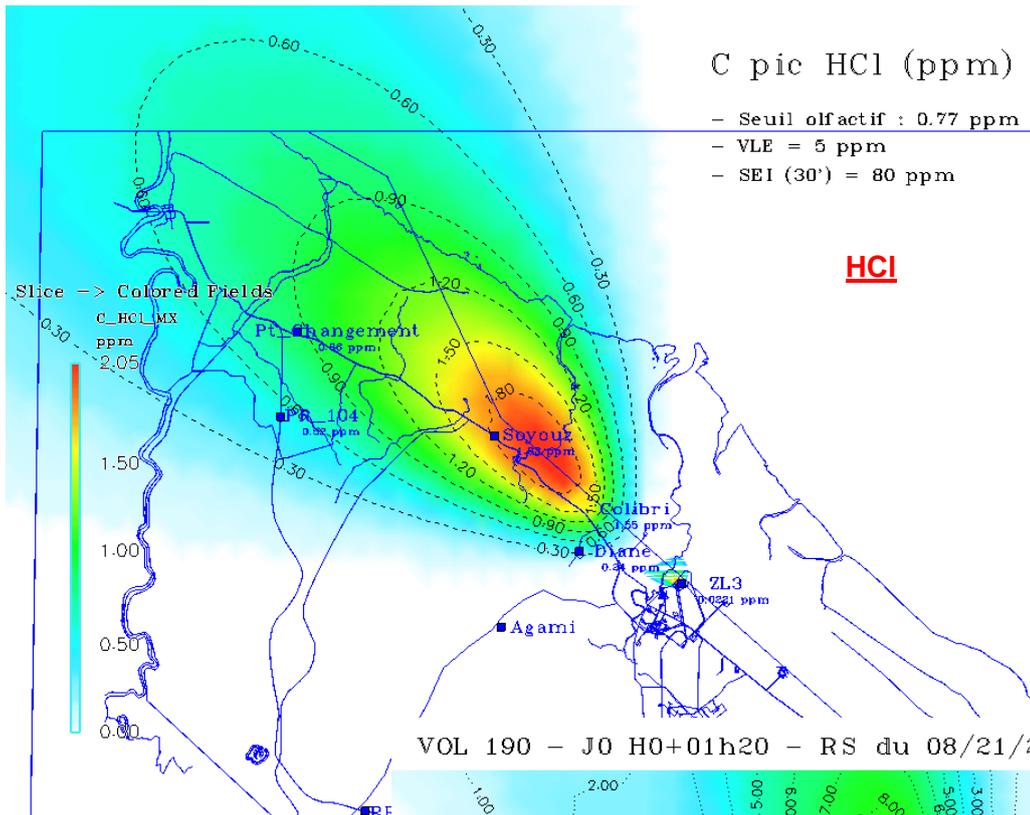


Figure 7 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 190.

VOL 190 - J0 H0+01h20 - RS du 08/21/2009 a 22:50:0.00 (TU)



VOL 190 - J0 H0+01h20 - RS du 08/21/2009 a 22:50:0.00 (TU)

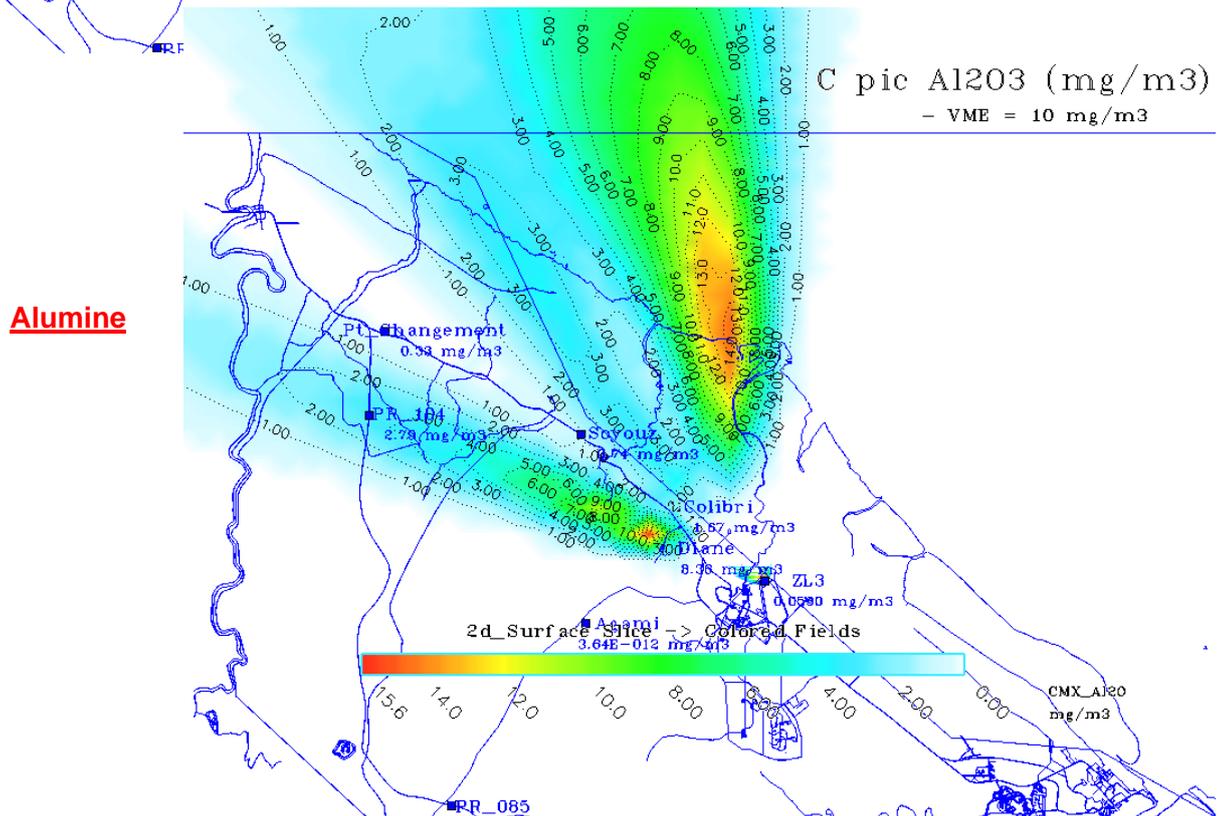


Figure 8 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 191.

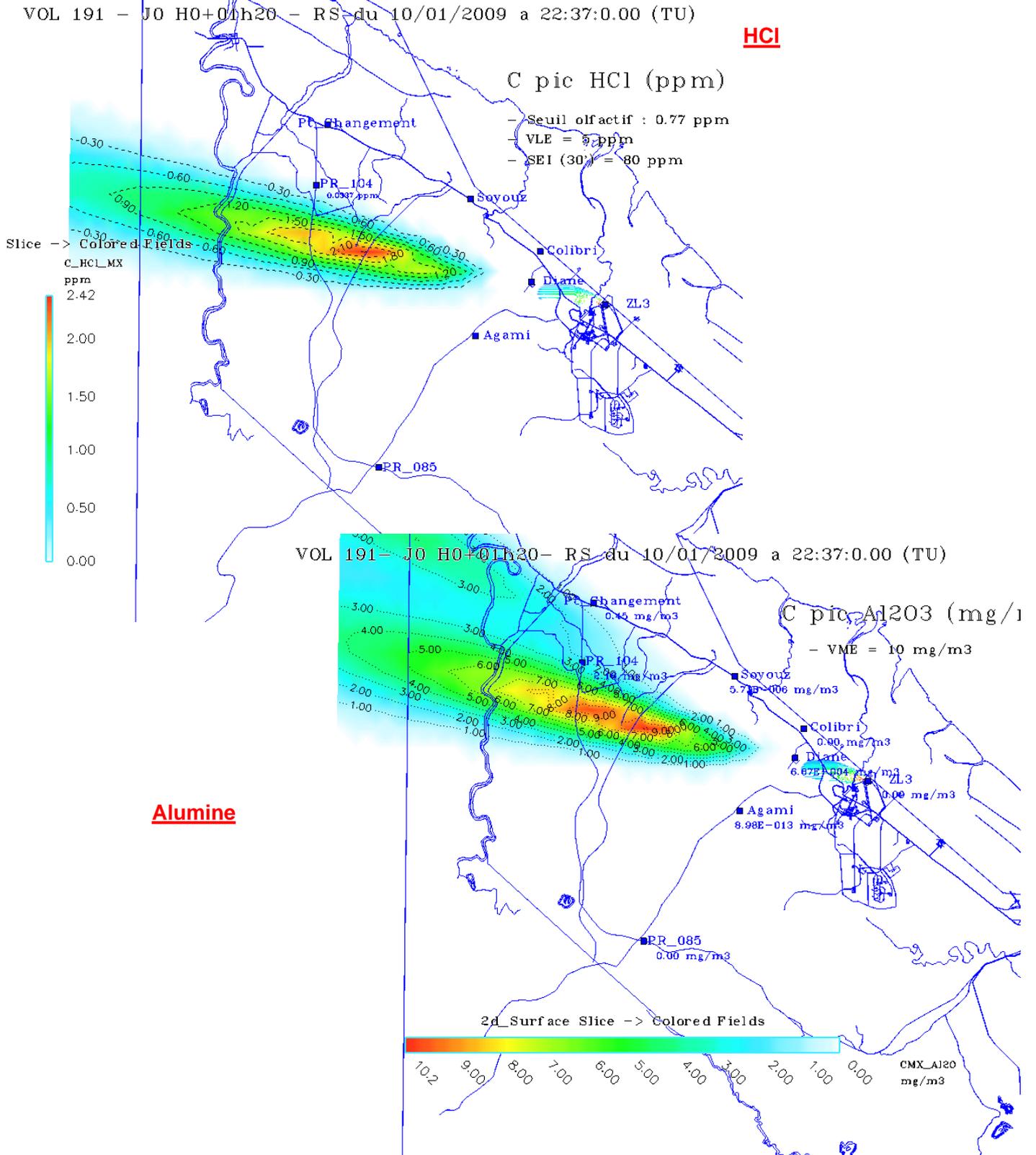


Figure 9 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 192.

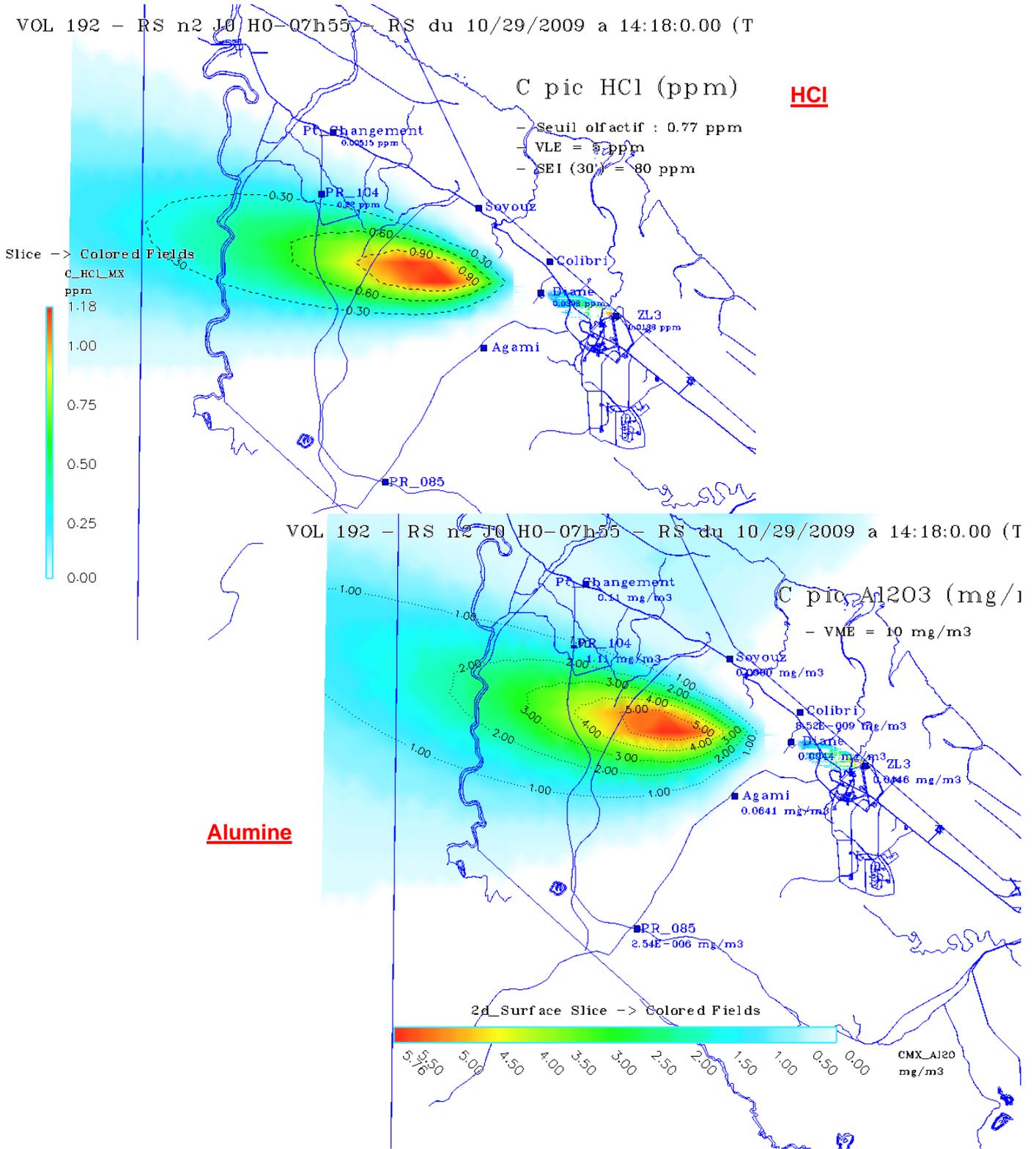


Figure 10 : Cartes de localisation du passage du nuage de combustion suite au vol 193.

