


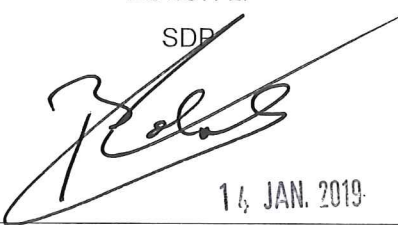


## BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS

	DATE ET SIGNATURE
PRÉPARÉ PAR	LOSADA C. SDP/ES 
VÉRIFIÉ PAR	RICHARD S SDP/ES  S. Richard
APPROUVÉ PAR	LEGRAND F. SDP/ES  F. S. Richard

DIFFUSION	NB
AE/DP/K	1
CG/COM	1
DEAL / S.P.P.P.I.	1
ESA/K	1
IRD	1
MAIRIE DE KOUROU	1
MAIRIE DE SINNAMARY	1
ONF	1
ORA GUYANE	1
SDP	1
SDP/ES	1

APPLICATION AUTORISÉE PAR	BOLOH L. SDP  16 JAN. 2019
------------------------------	--

Nombre total d'exemplaires : 11

Avant utilisation, vérifier dans le serveur GED la validité de la version de ce document.

*Afin de contribuer au respect de l'environnement, merci de n'imprimer ce document qu'en cas de nécessité*



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>2/94</b>
--	--	---

## PAGE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE

<b>Classification (+ qualification pour Diffusion Limitée) : Non sensible</b>
<b>Rédacteur(s) : Célie LOSADA</b>
<b>Version applicable disponible sur : GED Poséidon CNES/CSG</b>
<b>Gestionnaire technique du document : Le service SDP/ES (Environnement et Sauvegarde Sol) est le gestionnaire technique de ce document.</b>

## MODIFICATIONS

VERSION	DATE	CHAPITRES MODIFIÉS / RAISON / NATURE DE L'ÉVOLUTION
01/00	03/12/2018	CREATION / LOSADA C. Avec le concours en 2016 de deux stagiaires du service SDP/ES : Chloé CANITROT et Alexandre CHRETIEN.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>3/94</b>
--	--	---

## DOCUMENTS DE REFERENCE

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR01	<b>CG/SDP/ES/N°16-228</b>	Plan de mesures Environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
DR02	<b>Rapport final du groupe d'experts IRD, CNRS, INRA</b>	Impacts des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel – Contrat de consultance IRD 9086-01/CNES/2129 – Janvier 2003.
DR03	<b>INERIS DRC-02-37656-AIRE n°656b-MRa-CFe</b>	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 – Décembre 2002.
DR04	<b>CG/SDP/ES/2006/N°1263</b>	Note relative au plan de mesures Environnement Ariane 5.
DR05	<b>CG/SDP/ES/2009/N°946</b>	Note relative à l'utilisation des prévisions CEP pour la mise en place des capteurs du plan de mesures Environnement Ariane 5.
DR06	<b>LOS-IC-RS-12611-CNES</b>	Instruction relative à la mission de coordination des mesures de sûreté - coordination environnement et sauvegarde sol
DR07	<b>CG/SDP/ES/N°15-7</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-7</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A217 du 06 Février 2014 à 18h30
DR08	<b>CG/SDP/ES/N°15-4</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-4</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A216 du 22 Mars 2014 à 19h04
DR09	<b>CG/SDP/ES/N°15-10</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-10</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A219 du 30 Juillet 2014 à 20h47
DR10	<b>CG/SDP/ES/N°15-204</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-204</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A218 du 11 Septembre 2014 à 19h05
DR11	<b>CG/SDP/ES/N°15-205</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-205</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A220 du 16 Octobre 2014 à 18h43
DR12	<b>CG/SDP/ES/N°15-206</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-206</b> - Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A221 du 06 Décembre 2014 à 17h40
DR13	<b>CG/SDP/ES/N°14-876</b>	<b>CG/SDP/ES/N°14-876</b> - Résultats du plan de mesure environnement Vega VOL V03 du 29 Avril 2014 à 22h35
DR14	<b>CG/SDP/ES/N°15-409</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-409</b> – Résultats du plan de mesure environnement Soyuz ST-A Vol S07 du 03 Avril 2014 à 18h02 min
DR15	<b>CG/SDP/ES/N°15-511</b>	<b>CG/SDP/ES/N°15-511</b> - Résultats du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S08 du 10 juillet 2014 à 15h55 min

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>4/94</b>
--	--	---

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR16	CG/SDP/ES/N°15-514	<b>CG/SDP/ES/N°15-514</b> - Résultat du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S09 du 22 Août 2014 à 9h27 min
DR17	CG/SDP/ES/N°15-614	<b>CG/SDP/ES/N°15-614</b> – Résultat du plan de mesures environnement Soyuz ST-B Vol S10 du 18 décembre 2014 à 15h37 min
DR18	HYDRECO 2014 - Suivi des criques Karouabo et Malmanoury	<b>Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut</b> – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2014.
DR19	HYDRECO 2014 - Suivi de la crique Paracou	<b>Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut</b> – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2014.
DR20	HYDRECO 2014 – Rapport final	<b>Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut</b> – Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus de la propulsion des lanceurs Ariane 5 et Soyouz sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques – Rapport final Année 2014.
DR21	ECOBIOS 2014 – Suivi global de l'avifaune	<b>Cabinet ECOBIOS</b> – Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes & éléments de la biodiversité de la base spatiale. Activités 2014.
DR22	Rapport d'activité 2014	<b>Observatoire Régional de l'Air de Guyane</b> - Rapport d'activité 2014 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR23	ORA Etude Dioxyde d'azote	<b>Observatoire Régional de l'Air de Guyane</b> – Campagne de mesures des émissions liées au trafic en vue de l'installation d'une station fixe – Etude 2017
DR24	Fiche toxicologique INRS	<b>Fiche toxicologique n°47</b> – Monoxyde de Carbone (CO) – Edition 2009
DR25	Fiche toxicologique	<b>Fiche toxicologique n°238</b> – Dioxyde de Carbone (CO <sub>2</sub> ) – Edition 2005
DR26	Rapport DEAL 2014	<b>Evaluation de l'état des masses d'eau</b> – Révision de l'état des lieux du district hydrographique de Guyane

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>5/94</b>
--	--	---

## DOCUMENTS APPLICABLES

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
<b>DA01</b>	<b>Arrêté N°1632/1D/1B/ENV</b>	<b>Arrêté Numéro 1632/1D/1B/ENV du 24 juillet 2006</b> 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
<b>DA02</b>	<b>Arrêté N°1689/2D/2B/ENV</b>	<b>Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007</b> autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyouz (ELS), sise sur la commune de Sinnamary
<b>DA03</b>	<b>Arrêté N°1655/DEAL</b>	<b>Arrêté Numéro 1655/DEAL du 06 octobre 2011</b> portant autorisation au CNES à exploiter les installations constitutives de l'ensemble de lancement VEGA (ELVega) situées sur le territoire de la commune de Kourou, au sein du Centre Spatial Guyanais.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>6/94</b>
--	--	---

## TERMES ET DEFINITIONS

TERME	DÉFINITION
<b>Abondance</b>	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.
<b>ARPEGE</b>	Modèle de prévisions numériques météorologiques, conçu par Météo France
<b>Bacs à eau</b>	Bacs de piégeage de surface exposée connue, contenant un volume d'eau distillée dont on connaît précisément les paramètres physico-chimiques.
<b>CEP</b>	Modèle de prévisions numériques météorologiques, non conçu mais utilisé par Météo France.
<b>Conditions météorologiques</b>	Caractéristiques atmosphériques telles que la vitesse, la direction des vents, la température etc pouvant avoir un impact ou générer un impact au moment du lancement sur le nuage de combustion.
<b>Données prévisionnelles</b>	Ensemble des données météorologiques issues de modèles prévisionnels de profils thermodynamiques (CEP/ARPEGE) permettant une visualisation de l'évolution de l'atmosphère avec un maillage (spatial et temporel) donné. Ces données constituent les informations d'entrée pour effectuer la simulations SARRIM dite PREVI.
<b>Géophyte</b>	Une plante géophyte est dans la classification de Raunkier un type de plante vivace, possédant des organes lui permettant de passer la mauvaise saison enfouie dans le sol. La plante est donc inapparente au cours de quelques mois de son cycle annuel
<b>Hydromorphie</b>	L'hydromorphie, appelée aussi hydromorphisme, est une qualité de sol. Un sol est dit hydromorphe lorsqu'il montre des marques physiques d'une saturation régulière en eau
<b>Hydroxylation</b>	L'hydroxylation est une réaction chimique consistant à ajouter un groupe hydroxyle (-OH) à une molécule.
<b>Ichtyofaune</b>	Partie de la faune aquatique rassemblant l'ensemble des poissons vivants dans un espace géographique ou un habitat déterminé.
<b>Mobilité</b>	La mobilité d'un élément chimique est caractérisée par son aptitude à passer dans les compartiments du sol où il est de moins en moins énergiquement retenu. Les variations des conditions physico-chimiques (pH, température, force ionique...etc.) peuvent jouer directement sur la mobilité des éléments en faisant passer les métaux présents dans un sol d'une forme à une autre.
<b>Polymérisation</b>	La polymérisation désigne la réaction chimique ou le procédé par lesquels des petites molécules réagissent entre elles pour former des molécules de masses molaires plus élevées.
<b>Pyrophyte</b>	Une pyrophyte est une plante qui supporte le feu, on peut également parler d'espèce pyrophile.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>7/94</b>
--	--	---

TERME	DÉFINITION
<b>Seuil des Effets Irréversibles (SEI)</b>	Concentration maximale de polluants dans l'air pour un temps d'exposition donné (10 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets irréversibles (persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à une exposition en situation accidentelle).
<b>Seuil des Effets Létaux (SEL)</b>	Concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné (10 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets létaux (décès).
<b>Spéciation</b>	La spéciation chimique est un paramètre fondamental qui contrôle la migration, la biodisponibilité et la toxicité des éléments chimiques dans les eaux, les sols et les sédiments. Ce paramètre résulte des interactions entre solutés, surfaces minérales, substances organiques et biologiques.
<b>Transect</b>	Série de relevés de terrain selon des lignes plus ou moins droites.
<b>Radiosondage</b>	Ballon d'hélium muni de capteurs permettant de recueillir lors de son ascension des données météorologiques telles que la vitesse et la direction des vents, la température, la pression atmosphérique... aux différentes couches de l'atmosphère traversés. Ces données constituent les informations d'entrée pour effectuer la simulations SARRIM dite RS.
<b>Valeur Limite d'Exposition (VLE)</b>	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. Elle correspond à 5 ppm pour l'acide chlorhydrique.
<b>Valeur Moyenne d'Exposition (VME)</b>	Concentration maximale à laquelle une personne peut être exposée sur son lieu de travail 8 heures par jour et 5 jours par semaine sans risque pour sa santé ; il s'agit de la valeur limite à laquelle un individu peut être exposé à court terme. Elle correspond à 10 mg/m <sup>3</sup> pour l'alumine.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>8/94</b>
--	--	---

## SIGLES

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alumine
<b>Al<sup>3+</sup></b>	Ion Aluminium
<b>Al</b>	Aluminium
<b>ARTA</b>	programme d'Accompagnement, de Recherche et de Technologie Ariane
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>BCS</b>	Bureau de Coordination Sauvegarde
<b>BEAP</b>	Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre
<b>BLA</b>	Base de Lancement Ariane
<b>Ca</b>	Calcium
<b>CI</b>	Contrat Industriel
<b>CL</b>	Champ Lointain
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Ion Chlorure
<b>CHK</b>	Centre Hospitalier de Kourou
<b>CNES</b>	Centre National d'Etudes Spatiales
<b>CODEX</b>	Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (Réseau de)
<b>CP</b>	Champ Proche
<b>CT</b>	Centre Technique
<b>CSG</b>	Centre Spatial Guyanais
<b>dB</b>	Décibel
<b>ELA</b>	Ensemble de Lancement ARIANE
<b>ELS</b>	Ensemble de Lancement SOYUZ
<b>ELVega</b>	Ensemble de Lancement VEGA



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>9/94</b>
--	--	---

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
<b>EPC</b>	Etage Principal Cryogénique
<b>EPS</b>	Etage à Propergol Stockable
<b>ESQS</b>	Europe Spatiale Qualité Sécurité
<b>FAG</b>	Forces Armées de Guyane
<b>GPS</b>	Système de Positionnement Global
<b>H<sub>2</sub></b>	Dihydrogène
<b>HC</b>	Hydrocarbures imbrûlés
<b>HCl</b>	Acide Chlorhydrique
<b>ICPE</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
<b>INERIS</b>	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
<b>IRD</b>	Institut de Recherche et de Développement
<b>K</b>	Potassium
<b>LD</b>	Limite de Détection
<b>MEST</b>	Matières En Suspension Totales
<b>Mg</b>	Magnésium
<b>MMH</b>	Mono Méthyl Hydrazine
<b>Na</b>	Sodium
<b>NaCl</b>	Chlorure de Sodium
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de Sodium / Soude
<b>N<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	Hydrazine
<b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	Peroxyde d'Azote
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'Azote
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxyde d'Azote
<b>pH</b>	Potentiel Hydrogène

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>10/94</b>
--	--	--

<b>SIGLE / ABRÉVIATION</b>	<b>DÉFINITION</b>
<b>ppb</b>	Partie par milliard en volume (10 <sup>-9</sup> ), soit 1 mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
<b>ppm</b>	partie par million
<b>PRS</b>	Pupitre Responsable Sauvegarde
<b>RN1</b>	Route Nationale N°1
<b>RS</b>	Radiosondage
<b>RSM</b>	Responsable Sauvegarde Météo
<b>SARRIM</b>	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
<b>SDP/ES</b>	Service Environnement et Sauvegarde Sol du Centre Spatial Guyanais
<b>SEI</b>	Seuil des Effets Irréversibles
<b>SEL</b>	Seuil des Effets Létaux
<b>SMEG</b>	Score Moyen des Ephéméroptère de Guyane
<b>SPM</b>	« Single Point Monitor »
<b>UDMH</b>	Unsymmetrical Di MethylHydrazine (Diméthyl hydrazine asymétrique)
<b>UPG</b>	Usine de Propergol Guyane
<b>VLE</b>	Valeur Limite d'Exposition
<b>VME</b>	Valeur Moyenne d'Exposition
<b>VLI</b>	Vitesse Limite d'Impact
<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence
<b>ZL3</b>	Zone de Lancement n°3 dédié au lanceur ARIANE 5
<b>ZLS</b>	Zone de Lancement SOYUZ
<b>ZLVega</b>	Zone de Lancement VEGA
<b>ZP</b>	Zone de Préparation

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : CSG-RP-SPX-19341-CNES Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : 03/12/2018 Page : 11/94
--	--	---

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>BILAN DES MESURES EN 2014.....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>OBJET - DOMAINE D'APPLICATION.....</b>	<b>20</b>
<b>3.</b>	<b>LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA.....</b>	<b>21</b>
3.1.	<b>OBJECTIFS DES MESURES .....</b>	<b>21</b>
3.2.	<b>SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES RETOMBEES CHIMIQUES ET GAZEUSES .....</b>	<b>22</b>
3.3.	<b>LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....</b>	<b>23</b>
3.4.	<b>SUIVI DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN .....</b>	<b>23</b>
3.5.	<b>MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....</b>	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5 .....</b>	<b>27</b>
4.1.	<b>LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....</b>	<b>27</b>
4.2.	<b>COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....</b>	<b>31</b>
4.3.	<b>CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....</b>	<b>34</b>
4.4.	<b>RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....</b>	<b>35</b>
4.5.	<b>RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....</b>	<b>36</b>
4.6.	<b>CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS ARIANE 5 EN 2014.....</b>	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b>SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA .....</b>	<b>40</b>
5.1.	<b>LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....</b>	<b>40</b>
5.2.	<b>COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....</b>	<b>42</b>
5.3.	<b>CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....</b>	<b>42</b>
5.4.	<b>RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....</b>	<b>43</b>
5.5.	<b>RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....</b>	<b>43</b>
5.6.	<b>CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEMENT VEGA EN 2014.....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT SOYUZ.....</b>	<b>47</b>

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : CSG-RP-SPX-19341-CNES Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date :      03/12/2018 Page :      12/94
--	--	---

<b>7. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ.....</b>	<b>48</b>
7.1. OBJECTIFS DES MESURES .....	48
7.2. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	49
7.3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	49
7.4. LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	50
7.5. MESURES EN CONTINU DES RETOMBES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES .....	52
7.6. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYUZ POUR L'ANNEE 2014 .....	54
<b>8. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG .....</b>	<b>55</b>
8.1. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG 55	
8.2. MESURE DE LA QUALITE DE L'EAU DE LA CRIQUE KAROUABO .....	56
8.3. MESURE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS DES CRIQUES DU CSG 56	
8.4. SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE DES CRIQUES DU CSG .....	65
8.5. SUIVI DE L'AVIFAUNE DU CSG .....	73
8.6. SUIVI DU PATRIMOINE VEGETAL DU CSG .....	78
<b>9. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2014 .....</b>	<b>84</b>
9.1. PAR RAPPORT AUX ACTIVITES LIEES AUX LANCEURS .....	84
9.2. PAR RAPPORT AU SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT DU CSG .....	86
<b>10. ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES.....</b>	<b>88</b>
<b>11. ANNEXE 2 : RAPPELS SUR LES LIMITES REGLEMENTAIRES DE TOXICITE DES PRINCIPAUX PRODUITS EMIS PAR LES LANCEURS.....</b>	<b>89</b>
11.1. CAS DE L'ALUMINE .....	89
11.2. CAS DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE .....	89
11.3. CAS DU MONOXYDE DE CARBONE .....	89
11.4. CAS DU DIOXYDE DE CARBONE.....	90
<b>12. ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES CAPTEURS ENVIRONNEMENT (BACS A EAU) ARIANE 5 &amp; VEGA.....</b>	<b>91</b>
<b>13. ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA SOYOUZ .....</b>	<b>92</b>
<b>14. ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5.....</b>	<b>93</b>

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date :                      <b>03/12/2018</b> Page :                      <b>13/94</b></p>
---	--	--

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des divers suivis environnementaux au CSG .....	15
Tableau 2 : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau .....	24
Tableau 3 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	24
Tableau 4 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe » .....	26
Tableau 5 : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile ».....	26
Tableau 6: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE .....	28
Tableau 7 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	29
Tableau 8: Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages. ....	30
Tableau 9 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2014 .....	32
Tableau 10: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2014.....	35
Tableau 11 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	37
Tableau 12 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	38
Tableau 13: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE .....	40
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	41
Tableau 15: Tableau récapitulatif des directions et concentrations chimiques calculées par SARRIM au moyen du radiosondage positif .....	41
Tableau 16 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2014.....	42
Tableau 17: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2014.....	43
Tableau 18 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	44
Tableau 19 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	45
Tableau 20 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	49
Tableau 21: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages...	50
Tableau 22 : Rappel des seuils réglementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO <sub>2</sub> ) de carbone.....	51
Tableau 23 : Ensemble des résultats des mesures en continu des Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	53
Tableau 24 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol. ....	57
Tableau 25 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des criques Malmanoury et Karouabo .....	58
Tableau 26 : Moyenne (M) et écart type ( $\delta$ ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo .....	61
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont. ....	62
Tableau 28 : Moyenne (M) et écart type ( $\delta$ ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou.....	63
Tableau 29 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2014. ....	66
Tableau 30 : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2011. ....	76
Tableau 31 : Ensemble des paramètres de mesure sur la végétation.....	78

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>14/94</b>
--	--	--

Tableau 32 : Résultats obtenus pour les pluviolessivats pour le lancement 217 en champ proche (CP04) ..... 79

Tableau 33 : Tableau des résultats obtenus pour les pluviolessivats pour le lancement 217 en champ lointain ..... 80

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Bac à eau sur son trépied ..... 23

Figure 2 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)..... 28

Figure 3 SPM dans son boîtier de protection ..... 35

Figure 4 : SPM sans protection ..... 35

Figure 5: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2014) ..... 56

Figure 7 : Œuf intact recueilli dans un nichoir ..... 75

Figure 8 : Jeune poussin sorti de sa coquille ..... 75

Figure 9 : Littoral du CSG (Vue aérienne, O. TOSTAIN) ..... 75

Figure 10: Ibis rouge et son compère Ardéidé ..... 75

Figure 11 : *Calidris minutilla* « Bécasseau minuscule » ..... 77

Figure 12 : *Thalasseus aculavidus eurygnathus* « Sterne de Cayenne » ..... 77

Figure 13 : Numérotation d'un pied *Cyrtopodium cristatum* ..... 81

Figure 14 : *Palicourea rigida* en fleur, en début de saison des pluies ..... 82

Figure 15 : *Habenaria sp.* ..... 83

Figure 16 : Station *S. angustifolia* ..... 83

Figure 17: Station *S. angustifolia* sous pylône - ELS ..... 83

Figure 18 : Fiche toxicologique INRS ..... 89

Figure 19 : Fiche toxicologique INRS ..... 90

Figure 20 : Localisation des analyseurs d'air (ENVIRONNEMENT SA) en champ proche et lointain SOYUZ ..... 92

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>  Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement  Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>  Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP  Date :                      <b>03/12/2018</b>  Page :                      <b>15/94</b></p>
---	--	---

## 1. BILAN DES MESURES EN 2014

Comme toute activité industrielle, l'activité spatiale n'est pas sans effets sur l'environnement. Afin d'en évaluer l'impact, des plans de mesures sont mis en place à chaque lancement. Par ailleurs, des suivis annuels sont menés sur les différents compartiments environnementaux présents au Centre Spatial Guyanais (CSG).

**Tableau 1 : Synthèse des divers suivis environnementaux au CSG**

Faune Aquatique	Poissons / Invertébrés aquatiques
Avifaune	Peuplement d'oiseaux nicheurs / Ibis Rouges et échassiers des écosystèmes littoraux du CSG
Végétation	Couverts végétaux en champ proche et en champ lointain
	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs du CSG
Qualité des eaux	Suivi des paramètres physico-chimique des criques du CSG
Qualité des sédiments	Suivi des paramètres physico-chimique des sédiments des criques du CSG


Parmi ses missions, le CNES est responsable de la coordination et la surveillance des effets sur l'environnement dans le cadre des activités liées aux lanceurs Ariane 5, Vega et Soyuz **[DR06]**.

Bien que la phase de lancement ne constitue pas une *activité* au sens de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, le CNES a souhaité intégrer un programme d'auto surveillance dans les arrêtés d'exploiter les Ensembles de Lancement relevant de l'opérateur de lancement Arianespace.

En outre, des plans de mesures sont également déployés lors d'un essai de mise à feu d'un spécimen au Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre et lors d'un brûlage d'un segment rebuté à l'Aire de Destruction des Propergols. Ce cas de figure ne sera pas abordé dans la présente synthèse, puisqu'aucun évènement de cette nature n'a eu lieu au CSG au cours de l'année 2014.

Ainsi, les objectifs principaux de ces mesures visent à maîtriser les émissions des installations et de suivre leurs effets sur l'environnement grâce à une surveillance continue entre les lancements / essais / brûlages.

Une synthèse des résultats des mesures réalisées au cours de l'année 2014 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS																																													
<p align="center"><b>RAPPEL DES ACTIVITES DE LANCEMENTS AU CSG</b></p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>11</b> lancements en 2014</p> <p><b>23</b> satellites lancés</p> <p><b>77,1</b> tonnes satellisées</p> <p><b>20,3</b> tonnes pour l'ATV-5</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>En 2014, le Centre Spatial Guyanais a opéré 11 chronologies de lancement, réparties comme suit</p> <table border="1" data-bbox="1124 504 2101 959"> <thead> <tr> <th>Lanceurs</th> <th>Missions</th> <th>J0</th> <th>H0 (Heure Locale)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Ariane 5 (6 lancements)</td> <td>Vol A216</td> <td>22/03/2014</td> <td>à 19h04 min</td> </tr> <tr> <td>Vol A217</td> <td>06/02/2014</td> <td>à 17h30 min</td> </tr> <tr> <td>Vol A218</td> <td>11/09/2014</td> <td>à 19h05 min</td> </tr> <tr> <td>Vol A219</td> <td>30/07/2014</td> <td>à 20h47 min</td> </tr> <tr> <td>Vol A220</td> <td>16/10/2014</td> <td>à 18h43 min</td> </tr> <tr> <td>Vol A221</td> <td>06/12/2014</td> <td>à 17h40 min</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Soyuz (4 lancements)</td> <td>Vol S07</td> <td>03/04/2014</td> <td>à 18h02 min</td> </tr> <tr> <td>Vol S08</td> <td>10/07/2014</td> <td>à 15h55 min</td> </tr> <tr> <td>Vol S09</td> <td>22/08/2014</td> <td>à 09h27 min</td> </tr> <tr> <td>Vol S10</td> <td>18/12/2014</td> <td>à 15h37 min</td> </tr> <tr> <td>Vega (1 lancement)</td> <td>Vol V03</td> <td>29/04/2014</td> <td>à 22h35 min</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>						Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)	Ariane 5 (6 lancements)	Vol A216	22/03/2014	à 19h04 min	Vol A217	06/02/2014	à 17h30 min	Vol A218	11/09/2014	à 19h05 min	Vol A219	30/07/2014	à 20h47 min	Vol A220	16/10/2014	à 18h43 min	Vol A221	06/12/2014	à 17h40 min	Soyuz (4 lancements)	Vol S07	03/04/2014	à 18h02 min	Vol S08	10/07/2014	à 15h55 min	Vol S09	22/08/2014	à 09h27 min	Vol S10	18/12/2014	à 15h37 min	Vega (1 lancement)	Vol V03	29/04/2014	à 22h35 min
Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)																																											
Ariane 5 (6 lancements)	Vol A216	22/03/2014	à 19h04 min																																											
	Vol A217	06/02/2014	à 17h30 min																																											
	Vol A218	11/09/2014	à 19h05 min																																											
	Vol A219	30/07/2014	à 20h47 min																																											
	Vol A220	16/10/2014	à 18h43 min																																											
	Vol A221	06/12/2014	à 17h40 min																																											
Soyuz (4 lancements)	Vol S07	03/04/2014	à 18h02 min																																											
	Vol S08	10/07/2014	à 15h55 min																																											
	Vol S09	22/08/2014	à 09h27 min																																											
	Vol S10	18/12/2014	à 15h37 min																																											
Vega (1 lancement)	Vol V03	29/04/2014	à 22h35 min																																											
<p align="center"><b>SYNTHESE DES INDICATEURS DE QUALITE DES MILIEUX</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMPARTIMENTS</th> <th>AIR</th> <th>EAU</th> <th>SEDIMENT</th> <th>FAUNE AQUATIQUE</th> <th>AVIFAUNE</th> <th>VEGETATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">MESURES</td> <td>Réseau CODEX <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> / NO<sub>x</sub></i></td> <td>Suivi de la qualité physico-chimique</td> <td>Suivi de la qualité physico-chimique</td> <td>Diversité, Richesse, Abondance</td> <td>Dynamique de reproduction</td> <td>Pluiolessivats</td> </tr> <tr> <td>Analyseurs mobiles <i>HCl</i></td> <td>KAROUABO</td> <td>KAROUABO</td> <td>Lésions anatomo pathologique</td> <td>Protocole « Coquille d'œuf »</td> <td>Surveillance espaces naturels littoraux</td> </tr> <tr> <td>Bacs à eau <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i></td> <td>MALMANOURY</td> <td>MALMANOURY</td> <td>Dosage Aluminium</td> <td rowspan="2">Colonies Ibis rouges et ardéidés</td> <td>Peuplements botaniques d'intérêt majeurs</td> </tr> <tr> <td>Shelters SOYOUZ <i>CO / CO<sub>2</sub> / NO<sub>x</sub> / SO<sub>x</sub> / PM / HCT</i></td> <td>PARACOU</td> <td>PARACOU</td> <td>SMEG</td> <td>Espèce végétale patrimoniale</td> </tr> <tr> <td>ETAT GENERAL</td> <td>AUCUN IMPACT DECELE</td> <td>BON ETAT ECOLOGIQUE DES EAUX</td> <td>BON ETAT CHIMIQUE</td> <td>AUCUN IMPACT DECELE</td> <td>AUCUN IMPACT DECELE</td> <td>BON ETAT ECOLOGIQUE</td> </tr> </tbody> </table>	COMPARTIMENTS	AIR	EAU	SEDIMENT	FAUNE AQUATIQUE	AVIFAUNE	VEGETATION	MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> / NO<sub>x</sub></i>	Suivi de la qualité physico-chimique	Suivi de la qualité physico-chimique	Diversité, Richesse, Abondance	Dynamique de reproduction	Pluiolessivats	Analyseurs mobiles <i>HCl</i>	KAROUABO	KAROUABO	Lésions anatomo pathologique	Protocole « Coquille d'œuf »	Surveillance espaces naturels littoraux	Bacs à eau <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	MALMANOURY	MALMANOURY	Dosage Aluminium	Colonies Ibis rouges et ardéidés	Peuplements botaniques d'intérêt majeurs	Shelters SOYOUZ <i>CO / CO<sub>2</sub> / NO<sub>x</sub> / SO<sub>x</sub> / PM / HCT</i>	PARACOU	PARACOU	SMEG	Espèce végétale patrimoniale	ETAT GENERAL	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE DES EAUX	BON ETAT CHIMIQUE	AUCUN IMPACT DECELE	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE							
COMPARTIMENTS	AIR	EAU	SEDIMENT	FAUNE AQUATIQUE	AVIFAUNE	VEGETATION																																								
MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> / NO<sub>x</sub></i>	Suivi de la qualité physico-chimique	Suivi de la qualité physico-chimique	Diversité, Richesse, Abondance	Dynamique de reproduction	Pluiolessivats																																								
	Analyseurs mobiles <i>HCl</i>	KAROUABO	KAROUABO	Lésions anatomo pathologique	Protocole « Coquille d'œuf »	Surveillance espaces naturels littoraux																																								
	Bacs à eau <i>HCl / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	MALMANOURY	MALMANOURY	Dosage Aluminium	Colonies Ibis rouges et ardéidés	Peuplements botaniques d'intérêt majeurs																																								
	Shelters SOYOUZ <i>CO / CO<sub>2</sub> / NO<sub>x</sub> / SO<sub>x</sub> / PM / HCT</i>	PARACOU	PARACOU	SMEG		Espèce végétale patrimoniale																																								
ETAT GENERAL	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE DES EAUX	BON ETAT CHIMIQUE	AUCUN IMPACT DECELE	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE																																								



<p align="center"><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p> <p align="center">Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service <b>Environnement et Sauvegarde Sol</b></p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b></p> <p>Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP</p> <p>Date :                      <b>03/12/2018</b></p> <p>Page :                      <b>17/94</b></p>
---	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center"><b>LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION</b></p>	<p>Quelle que soit la période de l'année et la saison traversée, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment de l'évènement. La climatologie guyanaise est parfois, difficilement prévisible.</p>
<p align="center"><b>MODELISATION DES RETOMBES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</b></p>	<p>L'utilisation du code de calcul SARRIM et des données météorologiques prévisionnelles reste la meilleure solution, en terme de fiabilité, pour optimiser l'emplacement des capteurs quelques heures avant le lancement. Une analyse comparative des écarts entre la direction simulée par la prévision météorologique et celle par le radio sondage en chronologie positive (Annexe 5) démontre la pertinence de cette méthode.</p>
<p align="center"><b>SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR :</b> <b>CAPTEURS ENVIRONNEMENT EN CHAMP PROCHE ET EN CHAMP LOINTAIN</b></p> <p>Mesures des retombées chimiques et particulaires pour Ariane 5 et VEGA</p>	<p align="center">Les mesures réalisées s'intéressent aux produits de combustion majoritairement émis par chaque lanceur lors de son décollage.</p> <p>Pour les lanceurs <b>Ariane 5</b> et <b>VEGA</b> nous nous intéressons à l'<b>acide chlorhydrique</b> et à l'<b>alumine</b> ; Pour le lanceur <b>SOYOUZ</b>, on s'intéresse aux émissions en <b>monoxyde</b> et <b>dioxyde de carbone</b>, les <b>oxydes d'azote</b> et de <b>soufre</b> ainsi que les <b>particules fines</b> (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les résultats des mesures effectuées pour les vols Ariane 5 n°216 à 221 n'ont pas montré de particularité par rapport aux lancements des précédentes années.</li> <li>▪ Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 455 mètres autour du pas de tir).</li> <li>▪ Les mesures réalisées pour le vol Vega n°03 n'ont pas révélé d'émissions particulières en acide chlorhydrique et en alumine. Les valeurs recueillies sont similaires aux mesures sur les vols précédents. Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche, soit à une distance maximale de 168 mètres autour de la zone de lancement.</li> <li>▪ 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 ; c'est pourquoi ces capteurs enregistrent régulièrement des pics de concentrations en ions chlorures. Ce phénomène est régulièrement observé à Kourou et à Sinnamary.</li> </ul>
<p align="center"><b>SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR :</b> <b>RESEAU CODEX, ANALYSEURS FIXES ET MOBILES, SHELTERS ENVIRONNEMENT</b></p> <p align="center">Suivi en continu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En ce qui concerne les lanceurs Ariane 5 et VEGA, seuls les appareils situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre des zones de lancement) détectent occasionnellement la présence d'acide chlorhydrique. Ces détections positives sont tributaires de la vitesse et de l'orientation du vent au moment du décollage. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage d'Ariane 5 / VEGA.</li> <li>▪ Les analyseurs fixes, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyuz, n'ont détecté aucune teneur imputable au lanceur lors des missions Soyuz n°07 à n°10. En effet, les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche voire localisées sur le pas de tir. Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition ou très limitées dans le temps. Par ailleurs, aucune trace de produits hydrazinés ou dioxyde d'azote n'a été enregistrée, s'agissant de chronologie nominale.</li> </ul> <p>En conséquence, les mesures, n'ayant pas caractérisé un phénomène de dégradation de la qualité de l'air, ont démontré qu'aucun impact sur les personnes n'a été décelé en 2014.</p>

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p> <p>Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service <b>Environnement et Sauvegarde Sol</b></p>	<p><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b></p> <p>Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP</p> <p>Date :                      <b>03/12/2018</b></p> <p>Page :                      <b>18/94</b></p>
---	---	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p><b>SUIVI CONTINU DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE CRIQUE KAROUABO</b> (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)</p>	<p>En 2014, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo étant défectueux, aucune mesure de suivi en continu de la qualité des eaux de la crique n'a pu être réalisée à l'occasion d'un lancement.</p> <p>En 2015, un effort sera fait sur l'analyse des données recueillies entre 2013 et 2015 afin de pallier à ce dysfonctionnement et cette absence de données.</p>
<p><b>ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES SEDIMENTS</b></p>	<p>En 2014, les résultats ne présentent pas de variations marquées entre les points situés en amont et ceux situés en aval, et cela quelle que soit la crique étudiée (Karouabo, Malmanoury, Paracou).</p> <p>Parmi l'ensemble des métaux analysés, une dizaine présente leurs maximums de concentration. Cette tendance confirme les observations de l'année 2013. On remarque néanmoins une diminution générale des concentrations pour tous les métaux et pour toutes les zones suivies. Ainsi, aucun phénomène de bioaccumulation des métaux n'est à signaler.</p> <p>Aucun impact des lancements n'est mis en évidence par les analyses réalisées en 2014.</p>
<p><b>PEUPELEMENTS DE POISSONS</b>  <b>« ICHTYOFAUNE »</b></p>	<p>L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles, montre que ce composé n'est pas bioaccumulable (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en termes d'écotoxicité.</p> <p>Aucune différence n'est à retenir entre les 3 criques, aussi la « contamination » d'aluminium n'est pas localisée mais généralisée. Elle n'est, par conséquent, pas attribuable aux activités de lancements Ariane 5, VEGA ni Soyuz. Elle est tout simplement naturelle.</p>
<p><b>INVERTEBRES AQUATIQUES</b></p>	<p>La qualité biologique des criques est définie au moyen du Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais (SMEG) ; cet indicateur est calculé en fonction de la présence (ou de l'absence) de taxons bio indicateurs de la qualité ou au contraire, de pollution. Les résultats du suivi des invertébrés aquatiques en 2014 ne mettent pas en évidence d'évolutions notables par rapport aux années précédentes. Le SMEG classe les cours d'eau du CSG sous influence anthropique faible à moyenne selon les saisons. La diversité et l'abondance des peuplements d'invertébrés recensés ne traduit pas de perturbation attribuable aux lancements.</p>
<p><b>AVIFAUNE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La mise en place des niochirs se poursuit afin de « saturer » le milieu.</li> <li>▪ Les peuplements d'oiseaux ne sont pas affectés par les activités du CSG. Les cycles de reproductions sont normaux et attestent de l'occupation des niochirs déjà en place.</li> <li>▪ Les affleurements rocheux au large du CSG accueillent de nombreux peuplements d'espèces d'oiseaux marins.</li> </ul>

<p align="center"><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p> <p align="center">Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service <b>Environnement et Sauvegarde Sol</b></p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b></p> <p>Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP</p> <p>Date :                      <b>03/12/2018</b></p> <p>Page :                      <b>19/94</b></p>
---	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center"><b>LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGES ET D'ARDEIDES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deux colonies importantes d'Ibis et d'ardéidés ont été détectés de part et d'autre de l'estuaire du Sinnamary.</li> <li>▪ La population nicheuse de la saison 2014 est estimée à 2200 couples (les deux colonies confondues).</li> <li>▪ La population nicheuse est stable.</li> </ul>
<p align="center"><b>SUIVI DE LA VEGETATION</b> Analyse des pluiolessivats (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les teneurs en ions fluctuent de façon importante en champ proche. Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Du positionnement géographique des bacs,</li> <li>✓ De la direction prise par le nuage de combustion,</li> <li>✓ De la pluviométrie et des conditions météorologiques du moment.</li> </ul> </li> <li>▪ Pour le champ lointain, les résultats obtenus sont quasi-constants. De fait, les retombées chimiques sur la végétation sont donc homogènes et indépendantes des 3 facteurs précédemment cités.</li> <li>▪ En saison sèche, que ce soit en champ proche ou en champ lointain, les échantillons ont tous été soumis à un apport de minéraux issus des embruns marins. Cet apport a un impact sur la mesure en ions chlorure.</li> <li>▪ Il est important de signaler que l'impact de ces retombées est négligeable compte tenu de la dispersion des résultats et ainsi des grandes valeurs d'écart type enregistrées.</li> </ul>
<p align="center"><b>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En 2014, les espaces naturels littoraux n'ont pas été épargnés par l'abondance des dépôts de sargasses.</li> <li>▪ Néanmoins, ils ont démontré leur bonne santé par la dynamique d'apparitions des plages et d'évolution des mangroves. On a pu observer l'arrivée d'un banc de vase sur la Pointe Charlotte qui permet l'installation d'une jeune mangrove. De la même façon, l'expansion des vases au large (îlots Koroni, Roche Agave) permet l'implantation de belles populations d'espèces végétales telles que <i>Furcrea foetida</i> et <i>Cactus hexagonus</i>.</li> </ul>
<p align="center"><b>SUIVI DES PEUPELEMENTS BOTANIQUE D'INTERET MAJEUR</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le CSG est le siège du développement de nombreuses espèces endémiques des savanes ; il est le seul territoire du département à abriter les 3 espèces d'orchidées terrestres <i>Cyrtopodium</i>.</li> <li>▪ Celles-ci se maintiennent sur les pierriers et les savanes ; l'invasion et le recouvrement par les herbacées est à surveiller.</li> <li>▪ La découverte de l'orchidée terrestre <i>Habenaria</i> au niveau de la savane des Pères témoigne de la qualité écologique de cette savane.</li> <li>▪ L'espèce végétale protégée et patrimoniale <i>Stachytarpheta angustifolia</i> recensée sur l'Ensemble de Lancement Soyouz est toujours présente et se maintient dans le secteur du bâtiment d'assemblage du lanceur russe (MIK).</li> </ul>

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>  Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement  Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>  Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP  Date : <b>03/12/2018</b>  Page : <b>20/94</b></p>
---	--	---

## 2. OBJET - DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2014 par le Centre National d'Etudes Spatiales au Centre Spatial Guyanais (CNES - CSG) et ses partenaires afin d'évaluer l'impact des activités de lancements sur l'environnement.

Il comprend une synthèse des principaux résultats et conclusions relatifs aux mesures effectuées dans le cadre des onze (11) lancements opérés au CSG soient :

- des six (6) campagnes Ariane 5 (vols A216 à 221)
- d'une campagne Vega (vol. V03)
- des quatre (4) campagnes Soyuz (vols S07 à 10)

Ce document est élaboré pour répondre aux objectifs suivants :

- se conformer aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'autorisation d'exploiter
  - l'Ensemble de Lancement Ariane numéro 3 (ELA3) **[DA01]**,
  - l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS) **[DA02]**,
  - l'Ensemble de Lancement Vega (ELVega) **[DA03]**,
- confirmer et enrichir les résultats obtenus lors des essais au banc et lors des lancements Ariane 5, VEGA, et Soyuz
- confirmer les conclusions inscrites dans les études d'impact réalisées dans le cadre de la constitution des Dossiers de Demande d'Autorisation d'Exploiter les Ensembles de Lancement
  - Ariane n°5 soit ELA3
  - VEGA soit ELVega
  - Soyuz soit ELS

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>21/94</b>
--	--	--

### 3. LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA

#### 3.1. Objectifs des mesures

Les systèmes de lancement ARIANE 5 et VEGA sont quasiment identiques. En effet, les deux lanceurs utilisent un process de propulsion solide au décollage. Le propergol de type *butalane* est une substance composée de perchlorate d'ammonium et d'aluminium ; un liant est ajouté afin de consolider le tout.

Lors du décollage d'ARIANE 5 et de VEGA, le propergol contenu respectivement dans les **2 EAP** et le **P80** se consume et participe à l'ascension du véhicule spatiale. Un déluge d'eau, visant à limiter la propagation des bruits et des vibrations sur le lanceur et son pas de tir, est déclenché et engendre la formation d'un nuage de combustion (uniquement sur ARIANE 5) dont l'équation de réaction chimique est la suivante :



Les produits de combustion sont générés tout au long des 60 km, pendant lesquels vont fonctionner les deux propulseurs d'Ariane 5 (le temps de combustion des 2 EAP est de 130 secondes). Le nuage de combustion formé dans les basses couches atmosphériques est donc issu d'une partie du panache du lanceur. Composé de gaz très chaud, le nuage s'élève rapidement et tend à se stabiliser autour de 1500 mètres d'altitude. Au bout de quelques heures, ce dernier se disperse dans les couches atmosphériques et seule une fraction retourne au sol ; cette fraction est désignée comme « retombée chimique et particulaire ».

Le plan de mesures environnement permet donc de **quantifier** et de **surveiller** les retombées des produits majoritaires qui ne sont pas naturellement présentS dans l'air, c'est-à-dire l'**alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)** et l'**acide chlorhydrique (HCl)** issues :

- du 1<sup>er</sup> étage d'Ariane c'est-à-dire **2 EAP** constitués de 240 tonnes de propergol solide chacun, soit un total de 480 tonnes ; on estime 80 tonnes d' alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et 50 tonnes l'acide chlorhydrique (HCl)
- du 1<sup>er</sup> étage de VEGA c'est-à-dire **1 P80** constitué de 88 tonnes de propergol solide ; on estime que les émissions de VEGA sont 5,5 fois inférieures à celle d'Ariane 5

Pour rappel, les domaines couverts par les plans de mesures Ariane 5 et VEGA [**DR01**] sont les suivants :

- **Mesurer**, en temps réel et en différents lieux (villes de Kourou et de Sinnamary ainsi que le Centre Technique du CSG), les **concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique**, par l'intermédiaire d'analyseurs de type SPM (Honeywell) ; ces derniers constituant le réseau CODEX.

Pour mémoire, le réseau CODEX permet également de suivre les concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote et en produits hydrazinés en cas de fonctionnement dégradé du lanceur.

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>22/94</b></p>
---	---	--

- **Mesurer** les concentrations en champs proche, moyen et lointain, des **retombées chimiques particulières en alumine et en acide chlorhydrique** ainsi que les **retombées chimiques gazeuses en acide chlorhydrique**.

Cette démarche permet également de réaliser une corrélation avec les résultats trouvés avec un logiciel de modélisation nommé « **Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model** » (SARRIM).

### *3.2. SARRIM, l'outil de modélisation de la dispersion atmosphérique des retombées chimiques et gazeuses*

Le CNES a développé le code de calcul nommé « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM) avec la société ARIA Technologies (spécialiste de la dispersion atmosphérique). Ce logiciel permet de modéliser les retombées gazeuses et particulières au sol liées à la combustion de propergol solide ou encore d'une explosion d'un lanceur (Ariane 5 et Vega).

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

- Les caractéristiques du propergol contenu dans les EAP, le P80
- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide des données prévisionnelles ARPEGE (ou CEP) pour le J0 à H0.

Avec plus de 20 ans de retour d'expérience sur l'utilisation de ce modèle pour des lancements Ariane 5, il a été mis en évidence que **SARRIM** :

- surestime les concentrations en produit de combustion (par comparaison avec les données mesurées sur le terrain par les capteurs environnementaux).  
En effet, l'analyse comparative des résultats obtenus par la simulation SARRIM post ARTA 5 et des concentrations mesurées dans les bacs à eau, révèle un rapport approximatif de 400.  
La réflexion sur la surestimation de SARRIM se poursuit pour affiner le rapport entre ces deux systèmes de mesure.
- est très fiable dans l'estimation de la direction réellement prise par le nuage de combustion.

Par conséquent, les simulations qui seront réalisées par la suite ont pour unique objectif de visualiser la direction prise par le nuage combustion.

On précise enfin que la qualité des images modélisées et des informations dites « visibles » varie de façon aléatoire.

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>23/94</b></p>
---	---	--

### 3.3. Les conditions météorologiques

La localisation du nuage de combustion d'un décollage d'Ariane 5, ou bien de VEGA, peut varier à chaque évènement. Cette localisation ne peut être connue à l'avance du fait de la spécificité de la climatologie locale.

Afin d'optimiser l'emplacement des capteurs sur la trajectoire la plus probable du nuage, un radiosondage (réalisé au plus proche du H0) ainsi qu'une prévision météorologique (réalisée pour une échéance proche du H0) ont été utilisés.

Au moyen de SARRIM, des modélisations des conditions météorologiques du jour du lancement ont été effectuées telles que :

- Les résultats de simulation obtenus à partir des données météorologiques prévisionnelles (CEP ou ARPEGE) ont permis de choisir l'option de pose des capteurs,
- Les résultats de simulation obtenus à partir du radiosondage effectué en chronologie positive (hauteur de stabilisation, déplacement du nuage, etc.) pourront être corrélés aux valeurs de terrain (présentées aux **paragraphes 4.5 et 5.5** du présent document).

La comparaison des résultats issus de ces deux modélisations permet d'apprécier l'efficacité du modèle et d'attester sa cohérence avec la réalité du terrain.

### 3.4. Suivi des retombées chimiques gazeuses et particulières en champs proche, moyen et lointain

#### 3.4.1. Objectif des mesures

Les mesures des retombées chimiques gazeuses et particulières ont pour objectif d'évaluer les retombées issues de la combustion des EAP au décollage du lanceur Ariane 5.

Pour cela, le dispositif mis en œuvre a pour but de piéger les retombées sédimentables dans un volume d'eau distillée de 500 ml.

L'ensemble du dispositif repose sur le déploiement d'une quarantaine de pièges à eau disposés sur un trépied à 1,50 mètre de hauteur (conformément à la norme AFNOR NF X 43-006).



Figure 1: Bac à eau sur son trépied



Figure 2 : Trépied métallique, support du bac à eau

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>24/94</b>
--	--	--

Après le lancement, les pièges à eau récupérés, sont conditionnés puis adressés à l'**Institut Pasteur de Guyane** pour la détermination des paramètres suivants :

**Tableau 2** : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau

Paramètres mesurés	Unités
pH	unité pH
Conductivité	µS/cm
Concentration en ion chlorure	mg/m <sup>2</sup>
Concentration en aluminium (particulaire, dissous et totale)	mg/m <sup>2</sup>

Un rappel sur les limites réglementaires de toxicité des principaux produits émis par les lancements d'Ariane 5 et de VEGA est disponible à l'**Annexe 2** du présent document.

### 3.4.2. Localisation des points de mesures

La localisation des points de mesures et leur distance par rapport à la ZL3 et/ou ZLVega sont présentées à l'**Annexe 3** du présent document.

**Tableau 3** : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure

EMPLACEMENT		DISTANCE ZL3 (m)	SPM HONEYWELL
<b>A I R</b>	CPX	10 sites en champ proche (CP) 35 sites en champ lointain (CL)	Confer le <i>paragraphe 3</i> de l' <i>Annexe 2</i>
	CLX		
DETAILS DE L'INSTRUMENTATION			
<u>Champ Proche</u>		<u>Champ Lointain</u>	
10 bacs à eau		35 bacs à eau	
1 Single Point Monitor HONEYWELL		3 Single Point Monitor HONEYWELL	

Le détail des instruments mis en place est présenté à l'**Annexe 3**.

On distingue au sein du réseau de capteurs, le réseau de capteurs dits « fixes » qui constituent le système de Collecte des Données Environnement eXtérieures du CSG (CODEX), du réseau de capteurs dits « mobiles » correspondant aux bacs à eau et à un ensemble de 4 capteurs disposés sur site selon les résultats des simulations SARRIM issues des données météorologiques prévisionnelles.

Rappelons que le positionnement de ces instruments, hormis l'orientation pressentie par la modélisation issue du logiciel SARRIM, dépend également de l'accessibilité aux différentes zones. Seront ainsi privilégiées les zones dites « ouvertes » accessible par voie routière (Route Nationale n°1, Route de l'espace, Piste Agami etc.).



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>25/94</b>
--	--	--

Au total, cette partie du plan de mesures environnement pour les lancements Ariane 5 et VEGA représente cinquante capteurs, répartis selon les équipements suivants :

- **45** bacs à eau (chaque bac reposant à 1,5 m de hauteur sur un trépied),
  - **4** SPM-Honeywell mobiles (HCl en continu),
  - **8** SPM-Honeywell fixes, chacun comprenant :
    - 1 SPM pour HCl
    - 1 SPM pour les produits hydrazinés
    - 1 SPM pour le N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> / NO<sub>2</sub>
- } Soit **24** analyseurs fixes

Les échantillons, recueillis dans les bacs à eau, sont remis à l'**Institut Pasteur de Guyane** pour analyse.

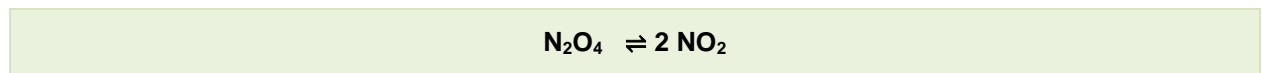
### 3.5. Mesures en continu des retombées chimiques gazeuses en acide chlorhydrique

#### 3.5.1. Objectif des mesures

Ces mesures ont pour objectif de suivre en temps réel les concentrations en acide chlorhydrique. La mise en place de ce réseau de détection est une obligation de l'Arrêté d'autorisation d'Exploiter de l'ELA3. Cette obligation est reprise dans l'Arrêté d'autorisation d'Exploiter de l'ELVega.

A noter que les appareils du réseau de capteurs dits « fixes » permettent aussi la quantification des teneurs en **produits hydrazinés** ainsi que les teneurs en **peroxyde et dioxyde d'azote** (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> / NO<sub>2</sub>) pour les lancements Ariane 5, Vega et Soyouz en cas d'accident du lanceur en vol.

En effet, sous les conditions normales de température et de pression, et en vertu de l'équilibre entre peroxyde d'azote N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> et dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, les deux espèces sont toujours présentes simultanément tel que :



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>26/94</b>
--	--	--

### 3.5.2. Localisation des points de mesure

Les détecteurs de type SPM (Single Point Monitor de type « Honeywell ») du réseau de capteurs dits « fixes » sont implantés sur les lieux suivants :

#### COMMUNES RIVERAINES

<u>KOUROU</u>		<u>SINNAMARY</u>	
Hôtel des Roches :	Local annexe du club de bridge	Gendarmerie :	Abri en bois
Centre Hospitalier de Kourou :	Enceinte du CHK		
Vieux-Bourg :	Embarcadère des îles (cabanon en bois),		
Plage de la Cocoteraie :	Station météo Isabelle (cabanon en bois).		

#### AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Centre Technique :	Annexe au bâtiment électromécanique		
Sites d'observation :	AGAMI :	Mobile-home	
	TOUCAN :	Cabanon en bois	

Les gammes de mesure des analyseurs du système CODEX « fixe » sont les suivantes :

**Tableau 4 :** Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »

Nom	Produits	Gamme de mesure	Seuil olfactif
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Produits hydrazinés	1 à 6 ppm	1,7 ppm
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Peroxyde d'azote	1 à 45 ppm	0,2 ppm
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	0,77 ppm

En ce qui concerne le système CODEX « mobile », quatre (4) unités de détecteurs mobiles sont mises en place sur des sites dont la localisation est optimisée par simulation avec le logiciel de dispersion atmosphérique SARRIM.

Les seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile » sont les suivantes :

**Tableau 5 :** Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile »

Nom	Produits	Seuil de détection en Champ Proche	Seuil de détection en Champ Lointain
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	28 à 1200 ppb

La retransmission des données en temps réel se fait à l'aide de balises par voie hertzienne et filaire vers un poste informatique au Bureau de Coordination Sauvegarde (BCS).

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>27/94</b>
--	--	--

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

En 2014, le CSG a opéré six (6) lancements Ariane 5 en heure locale :

❖	Vol 217 :	06/02/2014	à	17h30 min
❖	Vol 216 :	22/03/2014	à	19h04 min
❖	Vol 219 :	30/07/2014	à	20h47 min
❖	Vol 218 :	11/09/2014	à	19h05 min
❖	Vol 220 :	16/10/2014	à	18h43 min
❖	Vol 221 :	06/12/2014	à	17h40 min

Cette année est marquée par la collaboration européenne du port spatial, puisque la mission VA219 a permis la mise en orbite du 5<sup>ème</sup> vaisseau européen de ravitaillement (ATV-5 Georges Lemaître) de la Station Spatial Internationale.

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) **[DA01]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 7 à 12]** seront présentés dans ce document.

Cela comprend :

- la direction du nuage de combustion,
- la comparaison entre les différentes simulations des retombées atmosphériques,
- les résultats des mesures en continu de la qualité de l'air,
- les résultats des mesures des retombées chimiques particulaires et gazeuses au sol,
- les mesures de l'impact des retombées chimiques sur la végétation : analyse des eaux des premières pluies sous le couvert végétal (pluiolessivats).

### 4.1. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

#### 4.1.1. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP

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

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

Une étude comparative des directions des nuages de combustion a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2014. Un tableau récapitulatif est présenté en **Annexe 4** du présent document).

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2014, l'analyse des simulations a montré :

- des écarts moyens comparables à l'année précédente, avec une valeur de 13 % en 2014 et une valeur de 10% en 2013,
- la confirmation de l'efficacité des modèles CEP ou ARPEGE pour l'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain (confer le paragraphe 4.2.3).

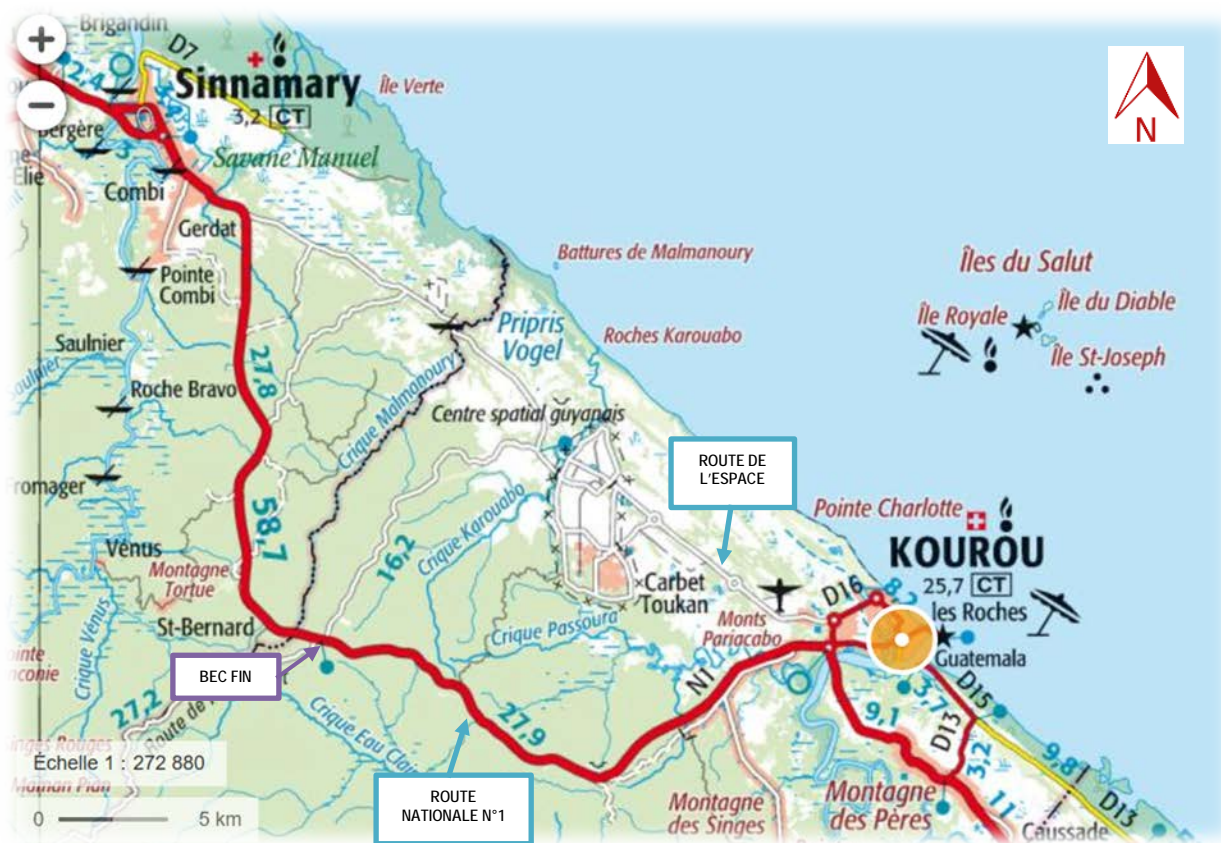


Figure 2 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)

**Tableau 6:** Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE

VOL	DIRECTION BASSES COUCHES		OPTION DE POSE RETENUE
	(°)	VERS...	
VA216	54	Bec Fin	AGAMI
VA217	55	Bec Fin	AGAMI
VA218	74	Agami	AGAMI / ROUTE DE L'ESPACE
VA219	83	Agami	ROUTE DE L'ESPACE
VA220	93	Entre Agami et Diane	ROUTE DE L'ESPACE
VA221	89	Entre Agami et Diane	ROUTE DE L'ESPACE

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>29/94</b>
--	--	--

**Tableau 7** : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine

Vol	Concentration Maximale CEP/ARPEGE	
	HCl (ppm)	Alumine (mg/m <sup>3</sup> )
VA216	1,6	7,2
VA217	3	13,1
VA218	0,9	6,8
VA219	1,3	7,3
VA220	1,9	9,2
VA221	1,9	8,8

Les **concentrations en acide chlorhydrique** restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition égale à 5 ppm) sur l'ensemble des vols. Pour l'**alumine**, les concentrations mesurées sur tous les vols respectent le seuil réglementaire fixé par la VME (Valeur Moyenne d'Exposition égale à 10 mg/m<sup>3</sup>), sauf le vol A217.

Dans notre cas, l'exposition ne dure que quelques minutes et est localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG, on rappelle que la zone est évacuée à cet instant. Cette valeur maximale est donc à relativiser.

#### 4.1.2. Au moyen des radiosondages en chronologie positive

La zone réelle de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements.

Le jour des lancements ARIANE 5 et VEGA, à H0 +/- 25 minutes, un radiosondage spécifique est effectué ; on parle d'un radiosondage en chronologie positive (RS CP). Ce dernier donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

Au moyen des données météorologiques du dernier radiosondage (RS CP), l'outil de modélisation SARRIM génère des simulations permettant d'apprécier l'impact réel des retombées du nuage de combustion. La modélisation SARRIM détermine la hauteur à laquelle le nuage de combustion se stabilise ainsi que la direction et la vitesse qu'il prend dans les basses couches de l'atmosphère.

**L'Annexe 5** présente les directions issues des modélisations de la trace du nuage de combustion des EAP au sol réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM.

Elles permettent de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales (concentrations maximales calculées en champ lointain pour le gaz chlorhydrique et l'alumine).

Les directions des vents ainsi que les concentrations maximales issues des simulations SARRIM sont présentées dans le tableau ci-dessous.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>30/94</b>

**Tableau 8:** Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

VOL	2014		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m <sup>3</sup> )
<b>A217</b>	06	Février	80	Site d'observation Agami (Ouest)	1,6	6,2
<b>A216</b>	22	Mars	51	Site Bec Fin (Sud / Ouest)	1,6	8,5
<b>A219</b>	30	Juillet	87	Site d'observation Agami (Ouest)	0,9	4,6
<b>A218</b>	11	Septembre	80	Site d'observation Agami (Ouest)	2,00	9,1
<b>A220</b>	16	Octobre	127	Site de Soyouz (Nord)	3,6	18,3
<b>A221</b>	06	Décembre	94	Entre le site d'observation Agami et la station de poursuite Diane (Nord / Nord-Ouest)	1,6	6,2

Pour l'année 2014, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. En effet, on constate que la direction géographique prise par le nuage de combustion n'est absolument pas en lien avec le mois de l'année du lancement.

Il est important de noter que **les concentrations en acide chlorhydrique (HCl) restent en dessous de la VLE** (Valeur Limite d'Exposition) définie pour ce produit qui s'élève à **5 ppm**. De la même manière, les teneurs maximales mesurées en acide chlorhydrique restent très éloignées du SEI (Seuil des Effets Irréversibles) de 30 ppm pour 30 min.

Pour l'alumine, la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) est de 10 mg/m<sup>3</sup>. La valeur maximale mesurée en 2014 est de 18,3 mg/m<sup>3</sup> et correspond au vol V220 (Intelsat30 et ARSAT-1). Cette valeur est non négligeable et peut être expliquée par le fait que ces valeurs sont calculées au centre du nuage, elles sont largement moins importantes en périphérie. Il n'en demeure pas moins qu'il s'agit de concentrations simulées et généralement surestimées.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>31/94</b>
---	--	--

*4.2. Comparaison des résultats des simulations réalisées à partir du radiosondage et des données CEP/ARPEGE.*

Le choix de l'emplacement des capteurs en champ lointain, c'est-à-dire le choix de l'option de pose, a été effectué au J0 au moyen de la modélisation SARRIM issues des données de la prévision météorologique du H0 (**4.1 Localisation des zones de passage du nuage de combustion**).

Pour rappel, selon les vols les capteurs ont été implantés suivant la situation présentée à l'**Annexe 3**.

Afin de s'assurer de la bonne implantation des capteurs pour ce plan de mesures, on réalise une analyse comparative des données simulées. Nous considérons que les résultats du RS CP constituent notre référence puisqu'ils correspondent à la réalité météorologique au moment de l'évènement.

Le tableau 9, en page suivante, recense les résultats des prévisions météorologiques et des radiosondages en chronologie positive pour chaque lancement Ariane 5.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>32/94</b>

Tableau 9 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2014

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
<b>A217</b>		<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 2C060214.TXT DU 07/02/2014 À 00H00 TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 4R060214.TXT DU 06/02/2014 À 21H54 TU</b>
<b>A217</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1006</b>	<b>986</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	55	79,5
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain (ppm)	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> )	<b>13,1</b>	<b>13,9</b>
<b>A216</b>		<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 2C220314.TXT DU 23/03/2014 À 00H00 TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 4R220314.TXT DU 22/03/2014 À 22H38 TU</b>
<b>A216</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1190</b>	<b>1229.5</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	54	51,5
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain (ppm)	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> )	<b>7,2</b>	<b>6,7</b>
<b>A219</b>		<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 2C300714.TXT DU 20/07/2014 À 00H00 TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 1R300714.TXT DU 30/07/2014 À 00H14 TU</b>
<b>A219</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1160</b>	<b>1156</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	83	87,2
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain (ppm)	<b>1,3</b>	<b>2,0</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> )	<b>7,3</b>	<b>9,1</b>



**CENTRE SPATIAL  
GUYANAIS**

Sous-Direction de la Protection,  
de la Sauvegarde et de  
l'Environnement  
Service Environnement et  
Sauvegarde Sol

**BILAN 2014 DES RESULTATS DES  
PLANS DE MESURES  
ENVIRONNEMENT REALISES AU  
CENTRE SPATIAL GUYANAIS**

Réf : CSG-RP-SPX-19341-CNES

Ed/Rev : 01/00

Classe : GP

Date : 03/12/2018

Page : 33/94

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
	<b>A218</b>	<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 2C110914.TXT DU 11/09/2014 À 00H00X TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 4R110914.TXT DU 11/09/2014 À 22H31 TU</b>
<b>A218</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1192</b>	<b>1104</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	74	80,1
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain ( <b>ppm</b> )	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain ( <b>mg/m<sup>3</sup></b> )	<b>6,8</b>	<b>7,9</b>
	<b>A220</b>	<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 2A161014.TXT DU 17/10/2014 À 00H00 TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 4R161014.TXT DU 16/10/2014 À 22H11 TU</b>
<b>A220</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1048</b>	<b>919</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	93	127,5
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain ( <b>ppm</b> )	<b>1,9</b>	<b>3,6</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain ( <b>mg/m<sup>3</sup></b> )	<b>9,2</b>	<b>18,3</b>
	<b>A221</b>	<b>PREVISION METEOROLOGIQUE 1C061214.TXT DU 06/12/2014 À 18H00 TU</b>	<b>RADIOSONDAGE CP 4R061214.TXT DU 06/12/2014 À 21H05 TU</b>
<b>A221</b>	<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1196</b>	<b>1320</b>
	<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>		
	- Direction moyenne des vents (°)	94	94
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain ( <b>ppm</b> )	<b>1,9</b>	<b>0,7</b>
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain ( <b>mg/m<sup>3</sup></b> )	<b>8,8</b>	<b>4.,2</b>

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00 Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>34/94</b>	Classe : GP
--	--	---	-------------

Les observations menées pour suivre la corrélation entre les simulations SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE et les mesures Radiosondage ont montré des écarts non négligeables sur la localisation des retombées au sol (au maximum 31,3% de différence sur la direction du nuage de combustion du lancement VA217).

L'outil de modélisation SARRIM surestime généralement les valeurs de concentrations qui sont émises par le nuage de combustion. Malgré l'écart observé sur la direction du nuage des deux modélisations, les capteurs ont correctement été implantés. Ces derniers ont donc tous été soumis aux retombées chimiques et particulaires provenant du nuage de combustion d'Ariane 5.

#### *4.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM*

Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen des données de CEP ou ARPEGE) ont montré des écarts plus ou moins faibles pour la totalité des vols effectués en 2014.

Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une surestimation certaine. En effet, les calculs de concentrations en acide chlorhydrique et en alumine réalisés à partir du modèle prévisionnel CEP et des radiosondages présentent un écart moyen de 14,8%. Les modélisations sont par conséquent jugées majorantes, et l'optimisation du positionnement des capteurs du PME est jugée efficace et pertinente.

**Malgré les écarts observés entre les valeurs de concentration et de direction sur les deux modélisations, les capteurs environnement ont correctement été implantés au cours de l'année 2014. Ces derniers ont tous été soumis aux retombées provenant du nuage de combustion du lanceur Ariane 5.**

4.4. Résultats des mesures en continu des retombées chimiques en acide chlorhydrique

Sur l'ensemble des systèmes détecteurs du réseau de **Collecte de Données Environnement eXtérieur** du CSG (**CODEX**), composé de vingt-quatre (24) systèmes CODEX détecteurs fixes et quatre (4) systèmes CODEX mobiles.

Les SPM mobiles placés en champ proche et lointain permettent de suivre en continu les concentrations en retombées chimiques et gazeuse d'acide chlorhydrique.



Figure 3 SPM dans son boîtier de protection



Figure 4 : SPM sans protection

**SPM Honeywell en cours de mise en place**

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu des concentrations en acide chlorhydrique dans l'air (détections d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

**Tableau 10: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2014**

VOL	Honeywell 1 CP03	Honeywell 3 CL09	Honeywell 4 CL08	Honeywell 5 CL14
Localisation des Single Point Monitor Honeywell	Chemin de ronde de la ZL3 - Intersection entre la zone 49 et 48	Portail de la piste Agami	Parking de l'ancienne RN1	PK16, 15 depuis changement sur RTE ESPACE direction ELA Embranchement Diane
A216	ND	ND	ND	ND
A217	ND	ND	ND	ND
A218	<b>15,08 ppm</b>	ND	ND	ND
A219	<b>0,5 ppm</b>	ND	ND	ND
A220	<b>0,7 ppm</b>	ND	ND	ND
A221	ND	ND	ND	ND

ND : Non détecté

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>36/94</b>
--	--	--

Concernant les analyseurs fixes placés en 8 points à l'intérieur et à l'extérieur de la base spatiale, aucune concentration en acide chlorhydrique n'a été détecté.

L'absence de situation dégradée au cours des lancements ARIANE 5 de 2014 a permis d'éviter toute détection en dioxyde d'azote ou en produits hydrazinés.

En conclusion, seuls les appareils mobiles situés en champ proche (à moins de 1 kilomètre de la ZL3) ou dans l'axe des carreaux ont détecté une concentration en acide chlorhydrique. Ces détections positives ont eu lieu lors des vols VA218, VA219 et VA220. On note que les teneurs mesurées correspondent à un pic de concentration représentatif du décollage du lanceur. Les concentrations sont tributaires de la météorologie du moment. En outre, retenons que ces concentrations décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur.

**Les mesures en continu d'acide chlorhydrique n'ont montré aucun impact sur l'environnement et les personnes, suite aux décollages du lanceur Ariane 5 en 2014.**

*4.5. Résultats des mesures de retombées chimiques gazeuses et particulaires en champs proche, moyen et lointain*

Le présent document ne rappelle pas tous les résultats bruts ; ceux-ci sont disponibles dans les rapports des résultats des plans de mesures individuels **[DR07 à 12]**.

Seuls les principaux résultats sont synthétisés au *paragraphe 4.5.1* du présent document.

Durant le temps d'exposition des bacs à eau, des évènements pluvieux ont parfois été enregistrés sur le territoire du CSG. Néanmoins en 2014, aucun bac n'a débordé et les analyses ont pu être réalisées dans les meilleures conditions possibles.



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>38/94</b>	

#### 4.5.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

Le tableau ci-après présente les valeurs maximales mesurées en **acide chlorhydrique** ; il s'agit de la concentration en **ions chlorures** dans les bacs à eau placés en champ proche et en champ lointain, lors de chaque lancement ARIANE 5 de l'année 2014.

**Tableau 12** : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	A216	A217	A218	A219	A220	A221
<b>CHAMP PROCHE</b>	<b>C<sub>max</sub></b> (mg/m <sup>2</sup> )	559,20	8333,30	4 945,52	8 319,96	9 534,96	10 613,45
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	277	277	277	277	236	277
	<b>Localisation</b>	<b>CP03</b> Chemin de Ronde ZL3 - Intersection zone 49 et 48	<b>CP03</b> Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 48	<b>CP03</b> Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 48	<b>CP03</b> Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 48	<b>CP02</b> Chemin de Ronde ZL3 - milieu zone 49	<b>CP03</b> Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 48
<b>CHAMP LOINTAIN</b>	<b>C<sub>max</sub></b> (mg/m <sup>2</sup> )	266	237	283	9	91,5	236
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	16 268	17 054	10 967	4 446	4 360	16 000
	<b>Localisation</b>	<b>CL01</b> Kourou station Météorologique Isabelle	<b>CL23</b> Sur RN1 direction Sinnamary 6 Km après carrefour piste Agami soit PK 91,1 de la RN1	<b>CL21</b> Piste Agami - PK 11 après portail	<b>CL16</b> Piste Agami - PK 1,5 après portail (Morne Bocco)	<b>CL15</b> Diane	<b>CL04</b> Kourou - CHK

#### Remarques :

- En **champ proche**, les retombées chimiques et particulaires maximales en ions chlorures sont mesurées sur le chemin de ronde de la zone de lancement dédiée au lanceur Ariane 5 soit jusqu'à une distance de 300 mètres environ (confer le *Tableau 11*).
- 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 11*).

En 2014, on observe une influence importante de l'apport maritime en ions chlorures pour les capteurs situés en bord de mer. En effet, 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 Centre Spatial Guyanais, quand il ne pleut pas.

Cependant l'essentiel des capteurs positionnés près de la côte demeurent influencés par l'air marin et enregistrent régulièrement des pics de concentrations.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>39/94</b>
--	--	--

Ce phénomène est régulièrement observé sur les points **CL06** (gendarmerie de Sinnamary située à proximité du fleuve), **CL04** (CHK de Kourou) et **CL 05** (Toucan).

Les apports en ions chlorures en ces points ne sont donc pas imputables à l'opération du lancement.

#### 4.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures mettent en évidence que les fortes concentrations en acide chlorhydrique et en alumine particulaire sont mesurées sur le chemin de ronde de la zone de lancement Ariane 5 (ZL3) soit jusqu'à une distance d'environ 500 mètres.

**En champ lointain, les concentrations les plus importantes demeurent faibles à négligeables et ne témoignent aucunement d'un impact décelé ; elles sont parfois influencées par l'environnement naturel (embruns marins, débris végétaux), les mesures sont représentatives du bruit de fond naturel.**

Les valeurs de potentiel Hydrogène (pH) et de conductivité sont représentatives des concentrations en acide chlorhydrique et en alumine mesurées ; c'est-à-dire que plus la concentration en ion chlorure est importante, plus le potentiel Hydrogène diminue et plus la conductivité augmentent. Les résultats attestent du passage du nuage de combustion au-dessus des bacs, selon les conditions météorologiques au moment du lancement.

A l'occasion de chaque lancement, la hauteur pluviométrique est également mesurée. Les épisodes pluvieux contribuent à un apport naturel de produits naturellement présents dans l'air guyanais tels que l'acide chlorhydrique et alumine.

Lors du lancement A217, un apport météorique de 36 mm a été mesuré durant le temps d'exposition des capteurs. Ce phénomène a engendré une « dilution » des échantillons ; le volume était de 1 500 ml au lieu des 500 ml réglementaires.

En outre, on retiendra que les faibles apports météoriques des vols A220 / A218 / A216 n'ont pas altéré les échantillons ; le fort ensoleillement à ces périodes a toutefois engendré une « concentration » des échantillons.

#### *4.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement des lancements Ariane 5 en 2014*

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 216 à 221 n'ont pas montré de particularités par rapport aux années précédentes. En effet, les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 500 - 800 mètres autour de la ZL3).

Ces dernières restent **inférieures aux seuils réglementaires d'exposition** (5 ppm pour l'acide chlorhydrique et 10 ppm pour l'alumine). **Au-delà**, les concentrations sont **négligeables voire inférieures aux seuils de quantification**.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>40/94</b>
--	--	--

## 5. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA

En 2014, le CSG a opéré une seule mission Vega ayant permis le lancement et la mise sur orbite du satellite d'observation terrestre KazEOSat-1 (Kazakh Earth Observation Satellite).

❖ Vol VV03 : 29/04/2014 à 22h35 min (en heure locale)

Un plan de mesures environnement a été réalisé pour ce troisième lancement de l'année 2014, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Vega (ELVega) **[DA03]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions du rapport de synthèse **[DR 13]** seront présentés dans ce document.

### 5.1. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chaque lancement. Des simulations, basées sur les données issues des modèles prévisionnels CEP/ARPEGE et les radiosondages, sont réalisées au moyen du code de calcul SARRIM. Elles permettent de déterminer les zones « lointaines » où les retombées chimiques et particulaires sont maximales.

La partie suivante présente les résultats de ces modélisations de la trace du nuage de combustion du P80 au sol du lancement VV03.

#### 5.1.1. Au moyen des résultats issus du logiciel ARPEGE / CEP

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

La modélisation SARRIM au moyen des données issues de CEP/ARPEGE nous indique une direction prise par le nuage de combustion de 71°, soit vers le site AGAMI. En conséquence, l'option de pose retenue pour ce vol est la situation « AGAMI ».

**Tableau 13:** Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE

VOL	DIRECTION BASSES COUCHES		OPTION DE POSE RETENUE
	(°)	VERS...	
V03	71	Agami	AGAMI

Les concentrations maximales atteintes par la simulation SARRIM des données prévisionnelles sont présentées dans le tableau ci-après.



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>41/94</b>	

**Tableau 14 :** Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine

Vol	Concentration Maximale CEP/ARPEGE	
	HCl (ppm)	Alumine (mg/m <sup>3</sup> )
V03	2,5	11,8

Il est important de noter que la concentration maximale en champ lointain en acide chlorhydrique reste en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition égale à 5 ppm) sur ce vol. Ces teneurs maximales restent très éloignés du Seuil des Effets Irréversibles (SEI) fixé à 30 ppm pour 30 minutes.

Pour l'alumine, la concentration maximale donnée par la simulation dépasse légèrement le seuil réglementaire fixé par la VME (Valeur Moyenne d'Exposition égale à 10 mg/m<sup>3</sup>).

#### 5.1.2. Au moyen du radiosondage en chronologie positive

Le jour du lancement VEGA Vol n°3, à H0 +/- 24 minutes, un radiosondage spécifique est effectué ; on parle d'un radiosondage en chronologie positive (RS CP). Ce dernier donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

L'outil de modélisation SARRIM génère, à partir du RS CP, des simulations permettant d'apprécier l'impact réel des retombées du nuage de combustion. Il est ainsi possible de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales en champ proche et en champ lointain.

La modélisation SARRIM détermine la hauteur à laquelle le nuage de combustion se stabilise ainsi que la direction et la vitesse qu'il prend dans les basses couches de l'atmosphère.

Le tableau présenté ci-dessous rappellent les résultats obtenus pour les conditions météorologiques du H0. Il récapitule la direction des vents en basses couches ainsi que les concentrations maximales.

**Tableau 15:** Tableau récapitulatif des directions et concentrations chimiques calculées par SARRIM au moyen du radiosondage positif

VOL	2014		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m <sup>3</sup> )
VV03	29	Avril	65	AGAMI	5,5	23,3

On peut remarquer, que d'après les conditions météorologiques locales, la concentration en acide chlorhydrique au H0 dépasse de peu la Valeur Limite d'Exposition (VLE) de 5 ppm. En outre, la Valeur Maximale d'Exposition n'est pas respectée pour l'alumine.

On retiendra que ces teneurs maximales sont simulées et doivent être pondérés selon les mesures de terrain.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>42/94</b>
--	--	--

5.2. *Comparaison des résultats des simulations réalisées à partir du radiosondage et des données CEP/ARPEGE.*

L'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain a été réalisée au moyen de la simulation SARRIM issues des données prévisionnelles.

Par comparaison avec la simulation réalisée à H0 + 24 minutes, nous n'observons pas d'écart significatif (8%) entre la direction des retombées calculée par CEP et celle issues du radiosondage le plus proche de H0. Les capteurs ont donc été installés de manière optimale.

Ces derniers prévoyaient :

**Tableau 16 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2014**

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE 1C290414.TXT DU 29/04/14 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 1R300414.TXT DU 30/04/14 À 01H59 TU
VV03	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	706	800
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	71	64,9
	- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain (ppm)	1,5	0,8
	- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> )	9,3	3,4

Pour rappel, les capteurs ont été implantés suivant la situation AGAMI, à savoir Ouest / Sud – Ouest.

5.3. *Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM*

La comparaison entre la direction réellement prise par le nuage de combustion (RS CP) et celle modélisée (au moyen des données de CEP) a montré un écart négligeable (< 10%).

Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une surestimation certaine. En effet, les calculs de concentrations en acide chlorhydrique et en alumine réalisés à partir du modèle prévisionnel CEP et des radiosondages présentent une majoration moyenne de l'ordre de 130%. Les modélisations sont par conséquent jugées **majorantes**, et l'optimisation du positionnement des capteurs du PME est jugée **efficace et pertinente**.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>43/94</b>
--	--	--

**Malgré les écarts observés entre les valeurs de concentration et de direction sur les deux modélisations, les capteurs environnement ont correctement été implantés pour cette unique mission du lanceur VEGA.**

**Ces derniers ont ainsi tous été soumis aux retombées provenant du nuage de combustion de VEGA.**

*5.4. Résultats des mesures en continu des retombées chimiques en acide chlorhydrique*

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

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

**Tableau 17: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2014**

VOL	Honeywell 1 CP4	Honeywell 3 CL9	Honeywell 4 CL8	Honeywell 5 CL14
Localisation	Chemin de ronde de la ZL3 entre la zone 48 et la zone 47	Portail de la piste Agami	Parking de l'ancienne RN1	Route de l'Espace direction ELA Embranchement Diane (PK 16,15)
VV03	ND	ND	ND	ND

ND : Non détecté

Sur l'ensemble des systèmes détecteurs du réseau de Collecte des Données d'Environnement eXtérieur du CSG (CODEX), composé de vingt-quatre (24) analyseurs fixes et 4 analyseurs mobiles, aucune concentration en acide chlorhydrique n'a été détectée. L'absence de situation dégradée pour ce vol, a confirmé l'absence de détection de dioxyde d'azote ou de produits hydrazinés dans l'atmosphère.

*5.5. Résultats des mesures de retombées chimiques gazeuses et particulaires en champs proche, moyen et lointain*

Les capteurs environnement ou « bacs à eau », implantés selon la situation AGAMI, ont permis de recueillir les retombées chimiques gazeuses et particulaires en acide chlorhydrique et en alumine particulaire sédimentable.

Le process de lancement de VEGA diffère de celui du lanceur ARIANE 5. En effet, il n'existe pas de déluge d'eau lors du décollage, à l'inverse d'ARIANE 5. Par conséquent, la dynamique du nuage de combustion est modifiée. Le nuage s'élève dans l'atmosphère chargé en produits de combustion (identiques à ceux d'AR5, mais en quantité cinq (5,5) fois inférieure). Il se stabilise ensuite à une faible altitude (deux (2) fois moins importante que pour AR5) pour retomber « rapidement » au sol.

Durant les 56 heures d'exposition, une hauteur pluviométrique de 3,8 mm a été mesurée au CSG. Néanmoins, le fort ensoleillement en cette période de l'année a engendré une concentration des échantillons. Le volume moyen recueilli est de 350 ml, au lieu des 500 ml initialement versés.

### 5.5.1. Analyse des retombées en aluminium particulaire sédimentable

Le tableau ci-après présente les retombées maximales en alumine particulaire mesurées en champ proche et en champ lointain par les capteurs environnement du plan de mesures.

**Tableau 18** : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	V03
<b>CHAMP PROCHE</b>	<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	36
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	168
	<b>Localisation</b>	<b>CP 04</b> Chemin de ronde de la ZL3 Milieu zone 45
<b>CHAMP LOINTAIN</b>	<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	3,73
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	3687
	<b>Localisation</b>	<b>CL 16</b> Piste Agami PK 1,5 après portail (entrée du morne Bocco)

**Remarques :**

- En **champ proche**, les retombées maximales en alumine particulaire sont légèrement plus importantes que celles quantifiées en champ moyen et lointain (valeur moyenne en champ proche : 4.1 mg/m<sup>2</sup>).
- En **champ lointain**, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques du moment ; la valeur moyenne en champ moyen et lointain est de 0,5 mg/m<sup>2</sup>.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>45/94</b>
--	--	--

### 5.5.2. Analyse des retombées chimiques gazeuses et particulaires d'acide chlorhydrique

**Tableau 19** : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	V03
<b>CHAMP PROCHE</b>	<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	199,24
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	168
	<b>Localisation</b>	<b>CP 04</b> Chemin de ronde de la ZL3 Milieu zone 45
<b>CHAMP LOINTAIN</b>	<b>C<sub>max</sub> (mg/m<sup>2</sup>)</b>	103,1
	<b>Distance de la ZL3 (m)</b>	16629
	<b>Localisation</b>	<b>CL 01</b> Kourou Station Météo Isabelle

**Remarques :**

- Les forts vents mesurés sur la Zone de Lancement VEGA ont favorisé une dispersion rapide du nuage de combustion. Compte tenu des conditions météorologiques particulières (fort vent et pluies localisées), le nuage de combustion a été lessivé. Ce phénomène a permis une distribution uniforme de la conductivité, du pH et de la concentration en ions chlorures. De fait, les concentrations en **ions chlorures** mesurées en **champ proche** sont du même ordre de grandeur que celles quantifiées en **champ lointain** (valeur moyenne en champ proche : 44 mg/m<sup>2</sup> - valeur moyenne en champs moyen et lointain : 49 mg/m<sup>2</sup>).
- Des pics de concentration d'ions chlorures sont observés sur certains sites comme en CL 01 (Kourou - Station Météo Isabelle). Ces valeurs semblent être dues à un **dépôt d'aérosols marins**. Ce phénomène est couramment observé dans les zones implantées à proximité de la mer et disparaît 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.
- Les mesures de la conductivité et du potentiel hydrogène dans les bacs à eau sont très faibles ; elles mettent en évidence un impact négligeable des retombées chimiques gazeuses et particulaires en chlorures, que ce soit en champ proche ou en champ lointain.
- Le pH est, quant à lui, proche de celui des pluies de Guyane (légèrement acides).

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>  Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement  Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>  Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP  Date : <b>03/12/2018</b>  Page : <b>46/94</b></p>
---	--	---

### 5.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures réalisées pour le vol VEGA 03 n'ont pas montré de particularités par rapport au lancement Ariane, ce qui est attendu du fait que le P80 de Vega contient 5,5 fois moins de propergol que les 2 EAP du lanceur Ariane 5. Les mesures n'ont pas montré de particularités par rapport aux années précédentes.

### *5.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lancement VEGA en 2014*

L'impact des retombées en **acide chlorhydrique** et en **aluminium particulaire sédimentable** du vol VV03 est **très limité** (quantitativement) voire négligeable que ce soit en **champ proche** ou en **champ lointain**. Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 500 - 800 mètres autour de la ZL3). Ces dernières restent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition (5 ppm pour le gaz chlorhydrique et 10 ppm pour l'alumine) ; il est à noter que le maximum de concentration est quantifié dans l'axe du carneau.

L'écart mis en évidence lors de la comparaison des résultats des simulations étant faible (< 10%), nous permet de confirmer l'utilisation des données prévisionnelles dans l'optimisation de l'implantation des capteurs.



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>48/94</b>
--	--	--

## 7. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYUZ

En 2014, le CSG a opéré un nombre de quatre (4) lancements Soyuz répartis de la façon suivante au cours de l'année (en heure locale) :

❖ Vol S07:	03/04/2014	à	18h02 min
❖ Vol S08:	10/07/2014	à	15h55 min
❖ Vol S09:	22/08/2014	à	09h27 min
❖ Vol S10:	18/12/2014	à	15h37 min

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour chacun de ces lancements, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS) **[DA 02]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 14 à 17]** seront présentés dans ce document.

### 7.1. Objectifs des mesures

Les mesures ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques et particulaires issues de la combustion du kérosène et de l'oxygène liquide (LOx) contenus dans les 4 blocs moteur (1<sup>er</sup> étage) et le corps central (2<sup>ème</sup> étage) du lanceur Soyuz.

Ces mesures ont pour objectif de suivre en temps réel et/ou en continu :

- les concentrations en oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de soufre (SO<sub>x</sub>), en monoxyde de carbone (CO), en hydrocarbures (HCT) et composés organiques volatiles (COV), en particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) et en ozone (O<sub>3</sub>) en situation nominale de lancement,
- les concentrations en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et des produits hydrazinés en situation dégradée (cas accidentel).

Ce suivi de qualité de l'air est effectué au moyen de 2 types d'appareillage :

- Les analyseurs en continu de la marque ENVIRONNEMENT SA dont les points de mesures sont répartis sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque HONEYWELL constituant le réseau CODEX (vu pour ARIANE 5 et VEGA).



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>49/94</b>
--	--	--

### 7.2. Les conditions météorologiques

La localisation de la « trace » de combustion de Soyuz peut varier à chaque lancement. Cette localisation ne peut être connue à l'avance du fait de la climatologie locale. Au moyen de SARRIM et du radiosondage réalisé au plus proche du H0, une modélisation des conditions météorologiques réelles du jour du lancement peut être effectuée.

Les résultats obtenus (hauteur de stabilisation, déplacement du nuage, etc.) donneront des informations, par comparaison aux valeurs de terrain, sur le comportement réel de la « trace » de combustion ainsi que sur les concentrations au sol des retombées chimiques et particulaires.

Contrairement au plan de mesures déployés lors des missions ARIANE 5 et VEGA, aucun capteur dit « bac à eau » n'est mis en place.

Les mesures sont réalisées au moyen d'analyseurs fixes implantés en divers endroits sur les villes riveraines et au CSG.

### 7.3. Localisation des points de mesures

La localisation et la distance des points de mesures par rapport à la ZLS sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 20** : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.

EMPLACEMENT		DISTANCE ZLS (m)	ANALYSEUR ENV. SA
<b>A I R</b>	Hôtel des Roches Kourou – ( <b>Shelter n°1</b> )	27 950	Oui
	Gendarmerie de Sinnamary – ( <b>Shelter n°2</b> )	15 900	Oui
	BLA – EPCU S3G (Laboratoire de chimie CSG) - ( <b>Shelter n°3</b> )	10 520	Oui
	Shelter optique à l'ouest de la ZLS (bâtiment 3529) – ( <b>Shelter n°4</b> )	190	Oui
	Zone de dépotage PHHC (bâtiment 3551) – ( <b>Shelter n°5</b> )	550	Oui
	Zone de stockage PHHC (bâtiment 3556) – ( <b>Shelter n°6</b> )	750	Oui

Le détail des instruments mis en place est présenté dans le document référencé **[DR01]** ainsi qu'en **Annexe 4**.

Au total, le plan de mesures environnement d'un vol SOYUZ représente quarante-huit (48) capteurs.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>50/94</b>
--	--	--

#### 7.4. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

##### 7.4.1. Au moyen des radiosondages

La zone de passage du nuage de combustion dépend des conditions météorologiques de chacun des lancements.

Les modélisations de la trace du nuage de combustion des moteurs du 1er (blocs latéraux) et 2<sup>nd</sup> (bloc A) étage de Soyouz au sol, réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM, sont basées sur les données issues de radiosondages en chronologie positive (RS CP).

Elles permettent de déterminer les zones où les retombées chimiques sont maximales (concentrations maximales calculées en champ lointain pour le monoxyde et dioxyde de carbone).

**Tableau 21:** Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages

VOL	2014		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
VS07	03	Avril	29	Point Kilométrique PR91	2,3	1,9
VS08	10	Juillet	87	point kilométrique PR104	4,2	3,5
VS09	22	Août	93	PK 104 de la RN1	0,4	0,5
VS10	18	Décembre	115	Carrefour changement	2,3	1,9

Pour l'année 2014, tout comme l'année 2013, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment du lancement et non aux grandes saisons météorologiques locales.

##### 7.4.2. Résultats des modélisations de l'outil SARRIM

Les valeurs de concentrations simulées par le code de calcul SARRIM sont établies aux vues des caractéristiques du lanceur et de ses produits de combustion, mais aussi des conditions météorologiques locales. Le **Tableau 20** nous renseigne sur les teneurs maximales estimées par le code de calcul et nous permet d'en déduire l'impact de la trace de combustion en champ lointain.

Il est important de rappeler que les produits de combustion majoritaires (Monoxyde de carbone (CO) et Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)) suivis par le Plan de Mesures Environnement du lanceur SOYUZ ont la particularité d'être des substances naturellement présentes dans l'atmosphère et d'une manière générale dans le milieu naturel.

L'origine des émissions n'est donc pas exclusive à l'activité de lancement du SOYUZ, elle est aussi dû à la composition naturelle de l'atmosphère, à la respiration végétale, à la circulation routière, à l'émission de groupes électrogènes, au brûlage à l'air libre de végétaux etc.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>51/94</b>
--	--	--

Les taux habituels dans l'air ambiant sont d'environ :

- **0,2 ppm** pour le monoxyde de carbone (CO)
- **380 – 480 ppm** pour le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini, pour l'ensemble des populations, y compris les femmes enceintes et les personnes âgées atteintes d'affections cardiaques ou respiratoires (connues ou non), des valeurs de références considérées comme inoffensives en fonction de la durée d'exposition :

**Tableau 22** : Rappel des seuils réglementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO<sub>2</sub>) de carbone

Substances	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP)			
	15 minutes	30 minutes	1 heure	8 heures
Monoxyde de carbone (ppm)	90	52	26	9
Dioxyde de carbone (ppm)	/	/	/	5000

Ces seuils sont conformes aux recommandations de l'INRS et de l'INERIS [DR24 et DR25].

A titre d'exemple, il est intéressant de noter qu'en 2017, l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (ORA Guyane) a mené une étude du suivi de la concentration en *monoxyde de carbone* générée par le trafic routier, notamment en situation d'embouteillage, au niveau de l'avenue de la Madeleine sur la commune de Cayenne. Les résultats obtenus oscillent entre un maximum de 5,3 mg/m<sup>3</sup> et un minimum de 3,9 mg/m<sup>3</sup> de monoxyde de carbone (Valeur de référence 10mg/m<sup>3</sup> sur 8h de moyenne) [DR22].

#### 7.4.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM

Les modélisations SARRIM de la « trace » de combustion de la totalité des vols SOYUZ effectués en 2014, démontrent que la localisation ne peut être connue à l'avance ; l'orientation que prendra la « trace » de combustion dépend exclusivement de la climatologie locale à l'instant du décollage en ZLS.

**En 2014, les villes de Kourou et de Sinnamary non pas été exposées aux retombées de la trace de combustion des lancements SOYUZ.**

**Les concentrations estimées en champ lointain par le logiciel SARRIM sont inférieures aux Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP) réglementaires, bien moins significatives que celles issues de la pollution routière, notamment en situation d'embouteillage.**

Ces observations (concentration / direction de la trace de combustion) sont à comparer avec les résultats des mesures en continu des retombées chimiques et particulaires réalisées par les analyseurs fixes dits « shelter ENVIRONNEMENT SA » (7.5 Mesures en continu des retombées chimiques et particulaires).

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>52/94</b>
--	--	--

## 7.5. Mesures en continu des retombées chimiques et particulières

### 7.5.1. Objectifs des mesures

Les mesures en continu des retombées chimiques et particulières sont assurées par les analyseurs fixes de types « Shelters » de la marque ENVIRONNEMENT SA. Elles ont pour objectif de déterminer les teneurs réelles des produits de combustion en différents lieux (Villes riveraines et CSG). Ces valeurs seront corrélées et comparées aux simulations obtenues grâce au logiciel SARRIM.

### 7.5.2. Les shelters « Environnement SA »

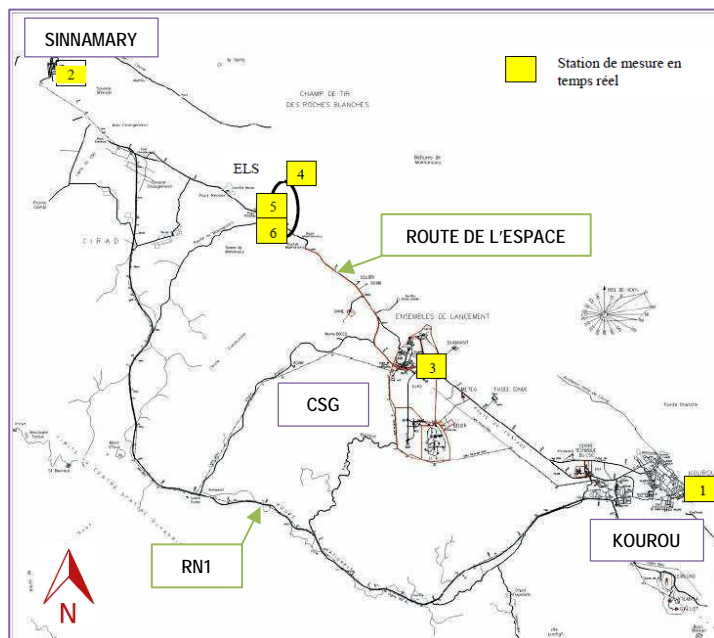
Les six (6) shelters de la marque ENVIRONNEMENT SA sont positionnés de manière fixe sur le territoire du CSG dont l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'au carrefour RENNEN, mais aussi dans les villes de Kourou et Sinnamary.

En situation nominale au lancement, plusieurs types d'analyseurs ENVIRONNEMENT SA sont nécessaires pour garantir le suivi de la qualité de l'air et la quantification des concentrations.

Le **Tableau 23**, en page suivante, présente une synthèse des résultats moyens des mesures en continu des détections et les concentrations pour l'ensemble des vols SOYUZ de l'année 2014.

Il récapitule ainsi les mesures :

- |   |  |
|---|--|
| ✓ en <b>dioxyde d'azote</b> (NO <sub>2</sub> ),   | ✓ en <b>hydrocarbures</b> (HCT),                                 |
| ✓ en <b>dioxyde de soufre</b> (SO <sub>2</sub> )  | ✓ en <b>particules</b> (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> ), |
| ✓ en <b>monoxyde de carbone</b> (CO) et en <b>dioxyde de carbone</b> (CO <sub>2</sub> ) | ✓ et en <b>ozone</b> (O <sub>3</sub> )                           |



*Nota* : Ces mesures sont exprimées en µg/m<sup>3</sup>; sachant que 1 µg est égal à 0,001 mg on appliquera un **facteur 10<sup>-3</sup>** à chacune des valeurs présentées pour en déduire l'impact sur la qualité de l'air.

**Tableau 23** : Ensemble des résultats des mesures en continu des Shelters ENVIRONNEMENT SA

		Résultats moyens ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
<b>Shelter n°1 :</b>  <b>Kourou – Hôtel des Roches</b>	V07	28,3	<b>20,3</b>	<b>1,5</b>	726,1	<b>25,9</b>	HS	<b>22</b>	HS
	V08	23,9*	HS	HS	633,2	HS	HS	HS	HS
	V09	<b>30,9</b>	15,5	HS	<b>870,5</b>	24,7	HS	12,2	<b>4,8</b>
	V10	2,3	2	NA	NA	1	NA	0	NA
<b>Shelter n°2 :</b>  <b>Sinnamary - Gendarmerie</b>	V07	<b>26,2</b>	19,7	1,4	<b>806,4</b>	43,4	0,6	21,6	9,8
	V08	25,3	19,7	1,5	806,3	41,6	0,7	9,8	4,2
	V09	25,1	19,5	1,5	802	37,9	0,9	11,2	3,9
	V10	24,3	<b>20</b>	<b>1,6</b>	HS	<b>49,1</b>	<b>1</b>	<b>49,2</b>	<b>28,6</b>
<b>Shelter n°3 :</b>  <b>Laboratoire de chimie (CSG)</b>	V07	26,7	HS	1,4	<b>755</b>	48,5	<b>0,8</b>	HS	0,2
	V08	27	<b>22,8</b>	<b>1,5</b>	747,9	42,1	0,7	8	HS
	V09	27,8	21	1,4	680,9*	38,7	0,71*	8,4	6,7*
	V10	<b>28,2</b>	HS	1,4	NA	<b>49,1</b>	0,7	<b>39,5</b>	<b>27,7</b>
<b>Shelter n°4 :</b>  <b>BAT 3529 (ELS)</b>	V07	22,4*	18,1*	1,6*	<b>795,3</b>	57,0*	0,7*	22,5*	13,8*
	V08	18,1*	19,8*	1,6*	775,6*	47,8*	0,8*	6,0*	1,8*
	V09	<b>34,1*</b>	19,5*	1,6*	770*	49,7*	<b>0,9*</b>	11,6*	4,6*
	V10	29,5*	<b>27,5*</b>	<b>2,8*</b>	744,3*	<b>69,1*</b>	0,5	<b>55,9*</b>	<b>33,6</b>
<b>Shelter n°5 :</b>  <b>BAT 3551 (ELS)</b>	V07	26,3	20,2	HS	718,7	47,1	0,8	18,6	4
	V08	27,4	20,2	HS	767	35,3	0,8	7,9	1
	V09	26,8	<b>20,5</b>	1,5	<b>836,6</b>	32,4	0,8	11,1	1,3
	V10	<b>27,8</b>	20	<b>2,2</b>	779,6	<b>50,7</b>	0,8	<b>46,1</b>	<b>15</b>
<b>Shelter n°6 :</b>  <b>BAT 3556 (ELS)</b>	V07	21	19,1	1,8	712,2	60,8	1,1	13,6*	HS
	V08	<b>29,8</b>	<b>19,8</b>	1,8	789,1	44,7	1,1	9,8	HS
	V09	27,1	19,5	1,6	<b>828,5</b>	42,4	1,1	10,4	5,3
	V10	24,4	18	1,6	763,1	<b>64,9</b>	0,6	<b>45,2</b>	<b>29,3</b>

Légende :

- L'astérisque (\*) indique une valeur moyenne sur 5 heures ;
- Les valeurs écrites en **gras** correspondent au maximum mesurés sur le shelter d'intérêt ;
- HS : **Hors Service** – mesure absente ;
- NA : Valeur **Non Acquis** – mesure absente.

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p><b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>54/94</b></p>
---	---	--

### 7.5.3. Conclusion sur les résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA

Les analyseurs des shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas été toujours fonctionnels en 2014. Des défaillances techniques n'ont pas permis l'acquisition de l'intégralité des mesures de suivi de la qualité de l'air.

Néanmoins, parmi les valeurs d'apports gazeux ou particulaires qui ont été enregistrées, elles demeurent représentatives du bruit de fond « naturel » ; elles ne sont donc pas directement attribuables au lanceur SOYUZ. On relève quelques valeurs non négligeables, notamment sur le Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>), cependant ces résultats restent inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

En outre, les résultats en Monoxyde de Carbone (CO) restent inférieurs aux mesures du trafic routier sur la commune de Cayenne (pris en exemple au 7.4.2 Résultats des modélisations de l'outil SARRIM).

**En conclusion, aucune mesure n'a démontré une dégradation de la qualité de l'air sur les villes de Kourou et de Sinnamary, ou à l'intérieur du CSG, imputable au lanceur Soyuz. Les concentrations « notables » sont expliqués par des phénomènes naturels.**

### 7.5.4. Les mesures du réseau CODEX

Pour chaque lancement SOYUZ, comme pour les lancements ARIANE 5 et VEGA, le réseau de Collecte de Données Environnement Extérieur au CSG nommé CODEX est activé. On rappelle que ce dispositif vise à détecter trois types de polluants gazeux par l'intermédiaire d'analyseurs « Single Point Monitor ». La mise en place et l'activation de ce réseau de détection est une obligation de l'Arrêté d'Exploiter l'ELS.

*Pour mémoire : 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.*

En 2014, aucune situation dégradée n'est survenue lors de décollage du lanceur SOYUZ, ainsi aucune teneur en dioxyde d'azote, ou en produits hydrazinés n'a été détectée par les vingt-quatre (24) analyseurs du réseau CODEX. La technologie du lanceur SOYUZ ne mettant aucunement en œuvre d'acide chlorhydrique, le réseau CODEX n'a donc pas détecté de concentration en acide chlorhydrique.

## 7.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lanceur Soyuz pour l'année 2014

En 2014, les mesures de la qualité de l'air ont été réalisées par le biais des analyseurs dits « Shelters » de la marque ENVIRONNEMENT SA. Les valeurs mesurées sont très faibles à négligeables, elles sont représentatives du bruit de fond naturel ambiant et ne traduisent pas d'impact directement imputable aux lancements SOYUZ au CSG.

La comparaison de ces mesures avec les résultats estimés par le code de calcul SARRIM nous permet de confirmer que le logiciel est majorant et est fiable et performant sur l'orientation de la trace de combustion. Les valeurs estimées sont supérieures à celles mesurées et demeurent acceptables au regard des valeurs limites d'exposition professionnelle ou encore des émissions du trafic routier.

Nous pouvons conclure que les **impacts générés** pendant les campagnes **Soyouz de l'année 2014** sont **non quantifiables voire négligeables, et bien moins significatifs qu'une pollution due à la circulation routière** dans les villes. La qualité de l'air est jugée **bonne sur les villes de Kourou et de Sinnamary**, ainsi qu'à l'intérieur du Centre Spatial Guyanais.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>55/94</b>
--	--	--

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

### 8.1. Objectifs de la surveillance environnementale du CSG

La surveillance environnementale « **globale** » du Centre Spatial Guyanais est une des missions principales du CNES.

Sans préjudice des dispositions prévues dans les arrêtés préfectoraux autorisant les établissements du CSG à exploiter des installations classées pour la protection de l'environnement, le CNES/CSG coordonne les mesures relatives au suivi de l'impact environnemental des activités industrielles du CSG **[DR06]**.

En effet, le territoire du CSG, de par sa superficie et ses conditions d'accès, est un espace préservé où l'on peut découvrir une très riche biodiversité. De nombreux écosystèmes tropicaux sont ainsi représentés sur la base spatiale et offrent un terrain de recherche et d'inventaire exceptionnel aux scientifiques. Ces milieux font l'objet d'étude et de programme de suivi par des organismes de recherche. Le CNES participe financièrement au pilotage de ces projets et contrôle les interventions sur site. Les résultats de ces projets font l'objet de publications scientifiques.

La présente synthèse porte sur l'analyse de plusieurs compartiments environnementaux représentés sur le territoire de la base spatiale telle que le précise les prescriptions réglementaires qui nous incombent. Elle ne reprend aucunement les résultats des projets scientifiques. **Ces dispositions spécifiques à chaque lanceur / activité s'appliquent aux différents compartiments environnementaux suivants :**

<b>Faune Aquatique</b>	Poissons / Invertébrés aquatiques
<b>Avifaune</b>	Peuplement d'oiseaux nicheurs / Ibis Rouges et échassiers des écosystèmes littoraux du CSG
<b>Végétation</b>	Couverts végétaux en champ proche et en champ lointain
	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs du CSG
<b>Qualité des eaux</b>	Suivi des paramètres physico-chimique des criques du CSG
<b>Qualité des sédiments</b>	Suivi des paramètres physico-chimique des sédiments des criques du CSG

De nombreux bio indicateurs ont été définis au sein de ces divers écosystèmes visés par les arrêtés préfectoraux, en collaboration avec des partenaires scientifiques locaux et les services administratifs.

Le suivi de ces **bioindicateurs pertinents et reconnus sur le territoire guyanais** permet d'évaluer la **qualité** des milieux naturels existants au CSG.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>56/94</b>
--	--	--

### 8.2. *Mesure de la qualité de l'eau de la crique Karouabo*

Le suivi de l'impact sur la qualité des eaux de la Karouabo est une obligation des arrêtés d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement n°3 (ARIANE 5) et l'Ensemble de Lancement VEGA (ELVega).

**En 2014, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo était défectueux et n'a pas permis de suivre la qualité des eaux de la crique.**

Le présent rapport de synthèse ne retranscrit pas les résultats d'analyses sur la qualité des eaux de la crique.

En 2015, un effort sera fait sur l'analyse des données recueillies entre 2013 et 2015 afin de pallier à ce dysfonctionnement et cette absence de données.

### 8.3. *Mesure de la qualité des sédiments des criques du CSG*

#### 8.3.1. 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.



Figure 5: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2014)

Il faut aussi noter que le potentiel corrosif des eaux pluviométriques est important en Guyane, 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 le magnésium (Mg), le Zinc (Zn), le Cadmium (Cd), ou encore l'aluminium (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 naturellement complexés dans le sol.



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b> Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>57/94</b>
--	--	--

Les ions Al<sup>3+</sup> fixés par le complexe absorbant, peuvent s'**hydroxyler** (ajout d'un groupement –OH ; donnant Al(OH)<sub>3</sub>) ou **se polymériser** (formation d'une grosse molécule) en donnant des hydroxydes colloïdaux (dispersion homogène de particule).

Les modifications de spéciation et de mobilité sont étroitement liées au pH du sol (confer le **Tableau 24**).

**Tableau 24 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.**

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

### 8.3.2. Objectifs du suivi

Conformément à l'article 8.2.4 relatif à la « **surveillance des effets sur l'environnement des activités au sols** » de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELA 3 **[DA01]**, à l'article 8.2.5.1 relatif à la « **surveillance du milieu aquatique** » de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELVega **[DA03]**, des analyses des métaux et substances minérales dans la **couche superficielle des sédiments** des criques du CSG doivent être réalisées une fois par an.

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

### 8.3.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés en mai 2014 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la crique Karouabo **[DR 22]**. Les stations de prélèvements ont été réparties le long d'un transect longitudinal sur les criques ; 5 points ont été définis le long du cours d'eau, dans le sens du courant, 3 en amont et 2 en aval des ponts.

Des mesures physico-chimiques ont été réalisées in situ, à chaque zone (matin et soir) de prélèvements de sédiments.

Ces paramètres, présentés dans le **Tableau** ci-après, ont d'affiner l'analyse des résultats obtenus sur les sédiments.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>BILAN 2014 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19341-CNES</b>	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>58/94</b>	

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

LIEU/HEURE DE PRELEVEMENT		PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES						ANNEE 2014
		pH (u.pH)	Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)	
CRIQUE KAROUABO	19/05/2014 à 17h30	5,45	25,6	31	6,68	64	5,3	SAISON DES PLUIES
	20/05/2014 à 12h00	5,38	25,5	30	8,69	58	4,7	
	16/09/2014 à 17h00	4,5	30	33	3,1	58	4,4	SAISON SECHE
	17/09/2014 à 11h00	4,4	29,3	34	1,9	50	3,8	
CRIQUE MALMANOURY	20/05/2014 à 17h00	4,75	26,3	30	6,28	43	3,5	SAISON DES PLUIES
	21/05/2014 à 11h00	4,84	26,3	31	3,99	27	2,2	
	09/09/2014 à 17h00	4,5	27,6	32	2,3	58	4,6	SAISON SECHE
	10/09/2014 à 12h00	4,6	25,4	33	2,4	51	4,1	
CRIQUE PARACOU	15/09/2014 à 11h30	4,9	24,8	37	5,2	80	6,6	SAISON SECHE
CRIQUE DES PERES	22/05/2014 à 17h30	5	26,5	30	12,8	54	4,3	SAISON DES PLUIES
	23/05/2014 à 11h30	5,1	26,6	31	10,6	47	3,8	
	10/09/2014 à 17h30	/	26,9	49	4,4	39	3,1	SAISON SECHE
	11/09/2014 à 17h00	4,3	26,6	42	6,8	41	3,3	

Les mesures réalisées in situ marquent un retour à la « normalité locale » de la qualité des eaux. Pour mémoire, en 2013, des épisodes de fortes pluviométries avaient provoqué une crue sur la Malmanoury et de fortes perturbations sur la Karouabo. Les mesures sur la Paracou témoignent également d'une eau de très bonne qualité, avec une oxygénation importante. L'acidité du PH est cohérente avec le milieu, zone peu profonde à courant faible avec un fond sableux.

Les résultats recueillis en 2014 montrent un « **bon état chimique des eaux** » des criques du CSG.

#### 8.3.4. Résultats des analyses pour les sédiments des criques du CSG

##### **A. Qualité des sédiments des criques Karouabo et Malmanoury**

L'analyse porte sur l'**acidité** et la **composition métallique** des sédiments

Un total de 17 métaux a été analysé ; toutes les concentrations mesurées pour le Cadmium, le Cobalt, le Cuivre, le Sélénium et le Molybdène sont inférieures à leur limite de quantification.



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

- les teneurs du prélèvement AM3 sont globalement plus élevées (par comparaison aux valeurs obtenues en AM1 et en AM2),
- les valeurs sont plus importantes en amont. Seul le plomb est présent dans une concentration plus significative en aval.

Pour la **crique Malmanoury**, on observe que :

- les teneurs varient fortement d'un point de prélèvement à l'autre.
- les paramètres ont majoritairement des valeurs plus importantes en aval du pont.

La comparaison des résultats trouvés en 2013 à ceux de 2014 **[DR18]** met en évidence une diminution générale des concentrations pour tous les métaux représentés et pour toutes les zones suivies.

Certains paramètres sont relativement constants quel que soit le lieu de prélèvement comme par exemple le pH ou les concentrations en calcium, en cuivre ou en mercure. Ils sont représentatifs du fond géochimique naturel des criques du CSG. D'autres paramètres, tels que le Fer, l'Aluminium et le Manganèse démontrent une grande variabilité entre les différents points de prélèvements. Ils sont néanmoins constitutifs du milieu naturel.

Le tableau ci-après donne les valeurs moyennes (associées aux écarts types) obtenues pour chaque paramètre dans les deux criques échantillonnées. Les valeurs importantes d'écart type confirment la dispersion des valeurs pour un paramètre d'intérêt sur les différents points de prélèvement du transect ou au contraire, l'homogénéité quel que soit le point de prélèvement.

**Tableau 26** : Moyenne (M) et écart type ( $\delta$ ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo

Paramètre	Crique Karouabo		Crique Malmanoury	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
pH	6,81	0,81	7,33	0,33
Aluminium	8,56	3,51	8,43	6,26
Baryum	13,00	5,55	21,18	8,24
Calcium	0,60	0,00	0,60	0,00
Cadmium	1,00	0,00	1,00	0,00
Chrome	10,82	3,66	12,35	4,76
Cobalt	5,00	0,00	5,00	0,00
Cuivre	5,00	0,00	5,00	0,00
Fer	7,36	1,53	6,04	3,53
Magnésium	0,28	0,06	0,40	0,13
Manganèse	11,60	4,63	13,00	8,85
Mercure	0,03	0,02	0,08	0,02
Molybdène	2,00	0,00	2,00	0,00
Nickel	2,34	0,68	3,00	0,70
Plomb	8,10	2,85	8,23	4,77
Potassium	0,27	0,03	0,46	0,07
Sélénium	2,00	0,00	2,00	0,00
Zinc	6,60	1,85	8,60	4,54

### **B. Qualité des sédiments de la crique Paracou**

Des mesures et prélèvements ont été effectués le 15 septembre 2014 sur la crique Paracou. Cette masse d'eau est en limite d'influence des vents de l'Ensemble de Lancement Soyuz ; elle représente un site de référence dans l'évaluation des retombées émises par les lancements SOYUZ.

L'analyse porte sur l'acidité et la composition métallique des sédiments. Un total de 17 métaux a été analysé ; toutes les concentrations mesurées pour le Cadmium, le Cobalt, le Molybdène, le Nickel, le Plomb, le Sélénium, le Calcium, le Magnésium, le Mercure et le Cuivre sont inférieures à leur limite de quantification.

Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des résultats obtenus sur les 5 points de prélèvements, 3 en amont et 2 en aval du pont sur la Paracou.

**Tableau 27** : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont.

Paramètres		Crique Paracou Amont				
		1	2	3	4	5
pH	Unité pH	5,7	5,8	6,1	6,9	7,1
Aluminium	g/Kg MS	7,2	7	5,4	0,75	1,43
Fer	g/Kg MS	1,93	0,7	1,33	0,17	0,18
Potassium	g/Kg MS	0,25	0,08	<0,05	0,04	0,08
Baryum	mg/Kg MS	34,5	8,9	36,2	<2	<2
Chrome	mg/Kg MS	2,6	2,4	<2	<2	<2
Manganèse	mg/Kg MS	16	2	9	2	3
Zinc	mg/Kg MS	6	4	5	3,3	6
Cadmium	mg/Kg MS	<1	<1	<1	<1	<1
Cobalt	mg/Kg MS	<5	<5	<5	<5	<5
Cuivre	mg/Kg MS	<5	<5	<5	<5	<5
Mercure	mg/Kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molybdène	mg/Kg MS	<2	<2	<2	<2	<2
Nickel	mg/Kg MS	<2	<2	<2	<2	<2
Plomb	mg/Kg MS	<2	<2	<2	<2	<2
Sélénium	mg/Kg MS	<2	<2	<2	<2	<2
Calcium	g/Kg MS	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Magnésium	g/Kg MS	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25

On peut retenir que :

- les teneurs des prélèvements en Aluminium amont sont globalement plus élevées (par comparaison aux valeurs obtenues en aval),
- les valeurs globales sont compatibles avec la qualité des eaux de Guyane, riches en Fer et Aluminium et faiblement acides.

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

**Tableau 28** : Moyenne (M) et écart type ( $\delta$ ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou

Paramètre	Crique Paracou	
	M	$\delta$
pH	6,32	0,64
Aluminium	4,356	3,07
Fer	0,862	0,76
Potassium	0,09	0,09
Baryum	15,92	15,29
Chrome	<2	0,14
Manganèse	6,4	6,11
Zinc	4,86	1,20
Cadmium	<1	-
Cobalt	<5	-
Cuivre	<5	-
Mercure	<0,2	-
Molybdène	<2	-
Nickel	<2	-
Plomb	<2	-
Sélénium	<2	-
Calcium	<0,60	-
Magnésium	<0,25	-

Au regard des résultats obtenues pour les analyses réalisées, l'état environnemental de la Paracou est jugé **bon**. La qualité des eaux est avérée, elle présente une bonne oxygénation et une faible turbidité.

Les concentrations en métaux, bien que dispersées pour certaines, n'évoluent pas d'année en année et demeurent faibles.

Aucun impact des lancements SOYUZ n'est mis en évidence par les analyses de l'étude en 2014.

### 8.3.5. Conclusions sur la qualité physico-chimiques des eaux et des sédiments des criques du CSG

Les résultats d'analyse des campagnes de mesures en 2014 démontrent un bon état chimique des eaux des criques du CSG (Karouabo, Malmanoury, Paracou) ; représentatifs des cours d'eaux guyanais. Ainsi, il est très difficile de dissocier les teneurs naturelles de la proportion potentiellement associée à l'impact des lancements.

En effet, à la sortie de la tuyère, l'aluminium est essentiellement sous forme de particules d'alumine  $Al_2O_3$ , un minéral peu soluble, identique à la forme d'aluminium présente dans les sols guyanais.

Il se produira alors 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 hydrogène ( $H^+$ ) avec les ions potassium, calcium et magnésium ;
- la dissolution de kaolinite, espèce minérale composée de silicate d'aluminium hydraté ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) ;
- 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.

*Note : 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.*

La surveillance de la qualité des eaux de la crique Karouabo est fondamentale puisqu'il s'agit du seul « cours d'eau » présent sous le vent des installations (ZL3 / ZLVega). En comparant les résultats obtenus sur cette crique depuis 2004, on peut remarquer qu'il n'y a pas d'accumulation de ces métaux et minéraux dans l'écosystème de la Karouabo.



#### *8.4. Suivi de la faune aquatique des criques du CSG*

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].

##### 8.4.1. Objectifs des mesures

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des propulsions des lanceurs Ariane 5 et Vega ainsi que les produits de combustion de la trace de Soyouz 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 d'une éventuelle **accumulation de substances chimiques** (analyse de la teneur en aluminium) dans la chair des poissons.

Le bureau d'études et de recherche en environnement HYDRECO a réalisé le suivi annuel 2014 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.

##### 8.4.2. 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.
- **La crique Paracou**, C'est la crique la plus proche du pas de tir de Soyouz, elle est située sous les vents dominants. Par conséquent, c'est une rivière susceptible de recevoir la part la plus importante des retombées de Soyouz.

#### 8.4.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour l'année 2014

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

**Tableau 29** : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2014.

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
DESCRIPTION DE L'HABITAT	<p>En saison des pluies, la profondeur moyenne des 4 criques sont comparables aux valeurs relevées les années précédentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Crique des Pères</b> : 5,3 mètres.</li> <li>○ <b>Karouabo</b> : 5,0 mètres.</li> <li>○ <b>Malmanoury</b> : 4,2 mètres.</li> <li>○ <b>Paracou</b> : 40 cm</li> </ul> <p>En <b>saison sèche</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ une <b>diminution de la hauteur d'eau</b> est à noter (entre 60 et 90 cm pour la Karouabo et la Malmanoury - environ 1,5 mètre pour la crique des Pères).</li> </ul> <p>Ces plus faibles profondeurs engendrent de plus faibles débits. Par ailleurs, à cause de sa localisation, la crique des Pères est très influencée par les marées (fort marnage engendrant un très fort courant lors des marées). Cette influence marine n'est pas sans conséquence sur la conductivité durant la saison sèche ; en effet la conductivité y est 0.5 fois plus élevée que sur les 2 autres criques. Concernant la Karouabo, l'existence d'un bouchon vaseux proche de l'estuaire interdit toute intrusion d'eau salée et limite les inversions de courant.</p> <p>En <b>saison des pluies</b>,</p> <p>comme les années précédentes, les <b>taux d'oxygène dissous sont comparables</b> dans la Malmanoury et la Crique des Pères, aux alentours de 50~65% de saturation. Dans la Karouabo ce taux est moindre (de l'ordre de 35%). En saison sèche, le taux de saturation ne varie pas beaucoup sur la Malmanoury et est comparable à la Karouabo (50~60%). Cependant, la Crique des Pères a une saturation en oxygène dissous plus faible (40%).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La différence matin/soir observée sur la Karouabo, montre une forte baisse de la saturation en oxygène dissous. Celle-ci est plus élevée le soir et peut résulter d'une forte activité photosynthétique, pouvant être dû au développement de la végétation aquatique. Ce développement est particulièrement favorisé par les faibles débits, créant un milieu lentique (cas de la crique Karouabo), notamment en saison sèche ; la hauteur d'eau étant plus basse. La simple différence d'ensoleillement entre les deux saisons peut également avoir un impact sur la photosynthèse donc le taux d'oxygène dissous).</li> </ul> <p><b>Pour rappel</b>, en Guyane, le seuil limitant est de 2 mg/L (soit environ 27% de taux d'oxygène) ; seuil pour lequel les premiers troubles se font sentir chez les poissons.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concernant les autres paramètres (température et conductivité), les valeurs restent comparables à celles des années précédentes.</li> </ul>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
<p><b>PEUPLEMENTS DE POISSONS</b> (Richesse et Diversité)</p>	<p>Concernant le <b>nombre de captures</b> ; en <b>saison des pluies</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sur la <b>crique des Pères</b> le nombre est dans la continuité des années passées pour la même saison, mais la baisse de biomasse observée depuis 2011 n'est plus d'actualité et ce paramètre est de nouveau au-dessus de celui de 2012.</li> <li>▪ Sur la <b>Karouabo</b>, le nombre de capture a grandement augmenté comparé à celui de 2011 il est remonté à 55, la biomasse est remontée à 7 kg contre 2 kg l'année passée.</li> <li>▪ Sur la <b>Malmanoury</b>, les captures, qui sont de 13 espèces pour une biomasse de 14 kg, sont également remontées à leur niveau de 2011.</li> </ul> <p><b>En saison sèche</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sur la <b>crique des pères</b>, le nombre de capture est moins élevé que l'année précédente mais reste cependant bien plus élevé que 2011 et 2012 (presque le double).</li> <li>▪ Sur la <b>Karouabo</b>, le nombre de capture est similaire à celui de la crique témoin mais est légèrement inférieur à celui de 2011 et 2012, avec une dominance en biomasse de <i>A. falcatus</i> et <i>L. gossei</i>.</li> <li>▪ Sur la <b>Malmanoury</b> les captures ont largement diminuées pour être plus de cinq fois moins élevée que 2012 (les captures avaient déjà été diminuées par deux en 2013), la biomasse est la plus faible depuis 2011 cependant les spécimens semblent être plus gros avec une moyenne de <b>448 g par spécimen</b> pour un précédent maximum de <b>367 g par spécimen</b> en 2011.</li> <li>▪ Concernant la <b>Paracou</b> 80 poissons ont été récoltés, avec une richesse spécifique de 16 espèces. Sur Paracou aval, ce sont 92 poissons qui ont été prélevés, pour une biomasse égale à 567 g.</li> </ul> <p>En ce qui concerne la <b>richesse</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La <b>crique des Pères</b>, 21 espèces en saison des pluies et 22 en saison sèche ont été prélevés. Ces résultats sont proches de ceux de 2013 et restent donc parmi les plus élevées. Le cortège d'espèce prélevé reste celui couramment observé sur ce site.</li> <li>▪ La <b>Karouabo</b> reste faible, avec 8 espèces, mais augmente par rapport à 2013. En revanche, avec 13 espèces observées en saison sèche, la richesse spécifique reste dans la norme des années précédentes.</li> <li>▪ La <b>Malmanoury</b> en saison des pluies, avec 13 taxons, montre une nette augmentation par rapport à 2013. Cette augmentation marque un retour aux valeurs communément mesurées. La saison sèche est également marquée par un retour aux valeurs mesurées avant 2013 (16 taxons).</li> </ul> <p>Concernant la <b>diversité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sur la <b>crique des Pères</b>, la diversité de Shannon et l'équitabilité restent relativement stables. Cependant, la saison des pluies 2013 présentait un pic important de l'indice de Shannon (4,0). Ce schéma est également observé en 2014, avec un indice de Shannon en saison des pluies égale à 3,8. Comme en 2013, cette valeur est explicable grâce à la forte valeur de richesse spécifique 2014 (21 espèces) vis-à-vis d'une abondance très faible (65 individus).</li> </ul>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Sur la Karouabo</b>, le pattern observé de l'indice de Shannon depuis 2006 montre des variations saisonnières en faveur de la saison sèche. Ce dernier était fortement marqué en 2012. Cependant, l'année 2013 est marquée par un retour à la normale de cette alternance saison des pluies/saison sèche. L'année 2014 fait suite à cette observation. En saison des pluies, l'indice Shannon a une valeur de 2,4 alors que celle de 2013 est de 2,1. Son équitabilité reste cependant dans la continuité de 2012 et 2013. En saison sèche, l'indice de Shannon (2,6) et l'équitabilité (0,70) suivent les tendances observées en 2012 et 2013.</li> <li>▪ <b>Sur la Malmanoury</b>, l'équitabilité est stable quelle que soit la saison et l'année. Cependant, l'indice de Shannon présente en saison sèche sa valeur la plus élevée (3,5). L'équitabilité présente également sa valeur la plus élevée en saison sèche 2014.</li> <li>▪ <b>Sur la Paracou</b>, l'indice de Shannon est de 2,81, avec une équitabilité de 0,67. Il est en baisse par rapport à 2013 mais est proche de 2012. Cependant, ces indices sont faibles et témoignent d'une répartition des individus au sein des espèces peu homogènes.</li> </ul>
<p><b>PEUPLEMENTS DE POISSONS</b> (analyse des contenus stomacaux, structure trophique et anatomopathologie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Dans la Crique des Pères</b>, une domination des omnivores est observée, quelle que soit la saison (Pluie : 65% ; Sèche : 66%). Le résultat de la saison des pluies 2014 ne diffère pas avec ceux de 2012 et 2013. Il s'explique notamment par la domination de <i>T. brachipomus</i> et <i>T. galeatus</i>. En saison sèche, la très forte présence de <i>T. brachipomus</i> explique également la domination des omnivores sur cette population. Enfin, cette station présente la plus grande diversité de guildes alimentaires, puisque les détritivores sont uniquement présents sur ce site.</li> <li>▪ <b>Au sein de la Karouabo</b>, les piscivores dominent en saison des pluies (66%). Le reste de la communauté étant dominé par les omnivores (15%), puis les invertivores (10%) et les herbivores (8,5%). En saison sèche, les piscivores restent dominant à 55% et deux espèces contribuent à cette part : <i>A. falcatus</i> et <i>H. malabaricus</i>. <i>L. gossei</i> reste présent dans le milieu et participe fortement à la part des herbivores. Enfin, les omnivores et les invertivores occupent respectivement 9% et 8% de la population.</li> <li>▪ <b>Dans la Malmanoury</b>, même si les guildes présentes restent les mêmes (piscivores, omnivores et herbivores), il est observé un changement dans la part de chacune d'entre elles. En effet, la saison des pluies est marquée par une très forte dominance des omnivores (66%) et les piscivores, avec les herbivores, sont présents de manière similaire (respectivement 14% et 13%). En saison sèche, les piscivores sont aussi fortement présents (54%). Cependant, les invertivores sont la deuxième guildes la plus représentée dans le milieu, avec une part presque identique à celle des piscivores (19%). Enfin, les omnivores représentent 11% de cette population. La large dominance des piscivores, observée la plupart des années précédentes sur la Karouabo et la Malmanoury, est encore observée en 2014. Le peuplement de la Crique des Pères semble quant à lui plus équilibré au niveau de la répartition des guildes alimentaires. Enfin, il est important de noter l'absence des détritivores dans les autres stations.</li> </ul> <p><b>En cette année 2014, trois espèces de carnivores ont présenté des infestations par des vers nématodes et sur les deux saisons.</b></p>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
<p><b>ANALYSE DE L'ALUMINIUM DANS LE MUSCLE DES POISSONS</b></p>	<p>Pour la campagne de prélèvement 2014, <b>trois guildes alimentaires</b> sont représentées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les <b>piscivores</b>, avec <i>Acestrorhynchusfalcatius</i>, <i>Hopliasmalabaricus</i> et <i>Plagioscionsquamosissimus</i>. Seule cette guilda comporte suffisamment d'individus pour être analysées (69 poissons). De plus, elle présente sur chacune des trois stations.</li> <li>✓ Les <b>herbivores</b> (<i>Leporinusgossei</i>), qui ont uniquement été prélevés sur la Malmanoury ;</li> <li>✓ Les <b>omnivores</b> (<i>Triportheusbrachipomus</i>), qui ne sont présents que sur la Crique des Pères.</li> </ul> <p>En outre, on constate qu'aucun taxon commun à toutes les stations n'a été capturé durant les deux saisons. En conséquence, et malgré des données manquantes seulement deux des trois taxons habituellement suivis seront étudiés pour le suivi de l'évolution des taux d'aluminium dans le temps.</p> <p>Il s'agit des deux <b>piscivores</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Hopliasmalabaricus</i> qui est présent sur la Karouabo et la Malmanoury durant les deux saisons ;</li> <li>✓ <i>Acestrorhynchusfalcatius</i> capturé sur toutes les stations, sauf durant la saison des pluies sur la Crique des Pères.</li> </ul> <p>Une première analyse des concentrations d'aluminium entre les stations quelles que soient les saisons <b>ne montre pas de différence significative</b> de la concentration en aluminium des stations.</p> <p>Les trois stations sont comparables entre elles <i>via</i> les guildes alimentaires. En effet, les piscivores sont présents sur les trois sites. Les deux autres guildes n'étant pas représentées dans chacune des stations, il n'est pas possible de réaliser une comparaison pertinente.</p> <p><b>Ainsi, les trois sites ne présentent pas de différences significative de la concentration en aluminium au sein de leurs piscivores.</b></p>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
<p><b>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</b></p>	<p>Au total, 3534 individus répartis en 30 taxons ont été récoltés en 2014.</p> <p>Pour la <b>saison des pluies</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ il a été recensé 2037 individus répartis en 19 taxons.</li> </ul> <p>Pour la <b>saison sèche</b>,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1497 individus répartis en 24 taxons ont été récoltés.</li> </ul> <p>La liste taxonomique ci-dessus est caractéristique des rivières abritant une biodiversité assez médiocre. À titre de comparaison, certains milieux en Guyane affichent des listes faunistiques de l'ordre de 30 taxons.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>L'abondance la plus importante</b> est relevée sur la <b>Crique des Pères</b> en <b>saison sèche</b> avec 1030 individus récoltés. Ensuite, nous trouvons la Karouabo en saison sèche (925 individus) puis la Malmanoury, en saison des pluies (765 individus). Notons que ce classement était identique en 2013.</li> <li>▪ Concernant la <b>Paracou</b>, 1651 individus répartis en 17 taxons ont été récoltés. En amont 95% des taxons relevés sont des insectes, cette caractéristique est naturelle dans ce type de milieu et ne traduit pas de perturbation.</li> </ul> <p>Les taxons n'ont pas toujours pu être déterminés jusqu'au niveau taxonomique familial.</p> <p>Soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les connaissances ne permettaient pas une identification plus aboutie,</li> <li>• les individus n'avaient pas atteint le stade de maturité nécessaire,</li> <li>• les individus étaient trop dégradés pour observer les critères de classification.</li> </ul> <p>En <b>saison des pluies</b>, les structures observées témoignent d'un peuplement régulièrement observé en Guyane. Les insectes dominent la communauté des trois stations échantillonnées. Ils sont majoritaires et contribuent au minimum à près de 80% de la formation du peuplement, et en représentent même 100 %, dans Malmanoury.</p> <p><b>Cette caractéristique est naturelle dans ce type de milieu et ne traduit pas de perturbation.</b></p> <p>En revanche, en <b>saison sèche</b>, hormis pour la Crique des Pères (pour laquelle les insectes représentent 80% du peuplement), les insectes sont bien moins nombreux ; on note 58% dans la Karouabo et 50% dans la Malmanoury. Néanmoins, les principaux indicateurs de pollution organique et/ou de déficit en oxygène dissous, comme les annélides (Oligochètes) (Photo 13), sont retrouvés dans des proportions assez importantes (plus de 48% dans la Malmanoury).</p>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2014
<b>QUALITE BIOLOGIQUE</b>	<p>La qualité biologique des criques est définie au moyen du <b>score moyen des éphéméroptères guyanais (SMEG)</b> 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.</p> <p>Le calcul du SMEG sur les différentes criques a donné les résultats suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <b>En saison des pluies</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La <b>crique des Pères</b> prend la classe d'intégrité <b>classe IV *</b>, tout comme en 2013.</li> <li>○ La <b>Karouabo</b> prend la classe d'intégrité <b>classe V *</b>,</li> <li>○ La <b>Malmanoury</b> est, quant à elle a la <b>classe III *</b> depuis 2011.</li> </ul> </li> <li>❖ <b>En saison sèche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ La <b>crique des Pères</b> prend la classe d'intégrité <b>classe V</b>.</li> <li>○ La <b>Karouabo</b> prend la classe d'intégrité <b>classe IV *</b>,</li> <li>○ La qualité de la <b>Malmanoury</b> la place en <b>classe III *</b> après avoir été en <b>classe II*</b> en 2013.</li> </ul> </li> </ul> <p>✓ Concernant la <b>Paracou</b> sa classe d'intégrité est de IV* pour toutes les saisons</p> <p>Globalement, depuis le début du suivi et jusqu'en 2011, <b>l'abondance sur les trois criques a tendance à augmenter</b>, de moins de 100 individus sur les trois criques en novembre 2007 à plus de 2000 sur la Malmanoury en mai 2011.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les tendances de l'évolution spatio-temporelle de la zone d'étude étant bien établies ; le « monitoring environnemental » peut donc être réalisé :</li> <li>▪ Depuis 2011, le nombre d'individus récoltés dans la crique des Pères et dans la Karouabo a tendance à augmenter alors qu'il baisse au niveau de la Malmanoury.</li> <li>▪ Pour la richesse, la Malmanoury avec un nombre de taxons moyen égal à 13 est en première place puisque la Karouabo et la Crique des Pères en compte 10.</li> <li>▪ Dans 37,5% des cas la Malmanoury a un nombre de taxons supérieurs à 15 alors que sur la Karouabo et la Crique des Pères ce pourcentage est respectivement de 6% et 12%. Cependant, comme pour l'abondance, le nombre de taxons prélevés a plutôt tendance à augmenter sur la Karouabo et la Crique des Pères alors qu'il diminue sur la Malmanoury.</li> </ul>

\* 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.

#### 8.4.4. Conclusions générales du suivi de la faune aquatique pour 2014

##### **A. Les poissons**

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

**L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles des poissons, montre que ce composé n'est pas bioaccumulable (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'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) préconise une valeur limite de 60 mg d'aluminium absorbé par jour. Il faudrait consommer 15 kg de poissons issus des criques échantillonnées par jour (le taux maximum rencontré étant de 18,4 µg/g de matière sèche) pour atteindre le seuil de l'OMS.

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

En ce qui concerne la Paracou, et les retombées du lanceur SOYUZ, aucun impact n'a été relevé sur l'Ichtyofaune et sur la communauté des invertébrés aquatiques.

##### **B. 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 protocole actuellement en place lors des deux saisons extrêmes du climat guyanais sur plusieurs années.

Les invertébrés aquatiques présentent globalement les mêmes tendances que les années précédentes. Les résultats obtenus au SMEG traduisent une bonne qualité des milieux, avec des habitats nombreux et biogènes. Aucune dégradation attribuable aux activités de lancements n'a été décelé.



### 8.5. Suivi de l'avifaune du CSG

La surveillance des effets sur l'environnement des activités au sol comprend aussi « le suivi général des conséquences éventuelles **des retombées en alumine sur l'avifaune** et sur **l'accumulation de substances chimiques**, dont a minima l'aluminium, dans les espèces d'oiseaux nicheurs » [DA1].

#### 8.5.1. Objectifs des mesures

Les mesures mises en œuvre pour cette étude ont pour objectif d'évaluer l'impact des retombées des produits issus de la combustion de propulseurs des lanceurs ARIANE 5 et VEGA ainsi que du lanceur Soyouz.

Cette étude s'est ainsi orientée sur :

- le déploiement d'un parc de nichoirs pour le contrôle de la dynamique des populations et des cycles de reproduction des espèces d'oiseaux
- l'observation des colonies d'ibis et autres échassier du littoral du CSG recherche de lésions anatomo-pathologiques sur les poissons,
- la détection d'une éventuelle accumulation de substances chimiques (analyse de l'épaisseur des coquilles d'œufs)..

Le laboratoire Environnement ECOBIOS a réalisé le suivi annuel 2014 de l'avifaune aquatique dans la zone du CSG, avec notamment le contrôle des nichoirs et l'observation des ibis et autres échassiers nichant dans les mangroves du CSG.

#### 8.5.2. Le suivi du parc de 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), un nouveau protocole d'étude a été mis en place 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 et nécessite pour ce faire, de recueillir un maximum d'échantillons de ponte.

En effet, l'accroissement de teneur en aluminium assimilable dans l'environnement provoquerait une réduction de la disponibilité du calcium assimilable, et par voie de conséquence entraînerait une réduction de l'épaisseur de la coquille des œufs produits par les oiseaux.

En 2014 sept espèces d'oiseaux « sentinelles » ont été particulièrement suivies:

- ✓ Les **Troglodytes** familiers (*Troglodytes aedon*),
- ✓ Les **Touis été** (*Forpus passerinus*),
- ✓ Les **Tangaras des palmiers** (*Thraupis palmarum*),
- ✓ Les **Hirondelles à ailes blanches** (*Tachycineta albiventer*),
- ✓ Les **Hirondelles chalybées** (*Progne chalybea*) ou tapères (*Progne tapera*),
- ✓ Les **Tyrans féroces** (*Myiarchus ferrox*).

Le parc de nichoirs s'étend désormais de Kourou à Sinnamary, et compte pas moins de 450 loges ou structures assimilées. Ces nichoirs ont été étudiés et élaborés selon les besoins des espèces d'intérêt.

Ainsi, on retrouvera différents modèles sur divers lieux :



- Le Centre Technique (CT) en zone témoin,
- Sur les Ensembles de lancement et à proximité des pas de tir Ariane 5 (ELA3/ZL3) et VEGA (ELVega/ZLVega),
- Le bourg de Kourou jusqu'à Matiti,
- La commune de Sinnamary et les fermes proches,
- L'Ensemble de Lancement Soyouz et à proximité du pas de tir (ELS/ZLS)

Il est important de noter que les nichoirs installés depuis plusieurs années maintenant ont permis la fidélisation d'une population d'individus désormais liés à ces structures artificielles pour nidification.



### 8.5.3. Conclusions sur les nichoirs en 2014

En 2014, on retiendra les évolutions principales suivantes :

- ✓ Chez le Kikiwi (*Pitangus sulphuratus*) : cette espèce familière à la présence anthropique, encline des lieux de niches atypiques, fait désormais partie prenante du programme de suivi des pontes.

Suite à une phase de recherche il existe à présent un modèle d'abris adapté à cette espèce. Cela est un gain de performance car c'est une espèce ubiquiste avec un régime alimentaire très diversifié qui en fait un indicateur de choix.

- ✓ Deux sites ont bénéficié de l'implantation d'un nouveau parc de nichoirs :
  - l'un sur le périmètre du site de la station de poursuite Diane sous le vents des ensembles de lancement ELA3 et VEGA ;
  - l'autre au cœur de la ville de Kourou au sein du lycée Monnerville.

Sur ces sites, un nouveau « locataire » a fait son apparition et est ainsi entré dans le panel des espèces suivies : il s'agit du Moineau domestique (*Passer domesticus*)

### 8.5.4. Suivi de la dynamique des peuplements

Le taux d'occupation est variable d'un site à l'autre, mais il tend à se renforcer avec le temps. En effet, on constate qu'une fidélisation des couples se créer. Ce constat est confirmé par l'accession à la reproduction de générations nées dans les nichoirs et le contrôle de l'invasion par les guêpes ou les fourmis.

Le cas échéant, l'ingénieur écologue du laboratoire déplace les nichoirs qui semblent ne pas convenir, jusqu'à trouver l'emplacement le plus adéquat aux oiseaux du secteur. Ainsi, le parc de nichoir est progressivement optimisé pour permettre la nidification d'un plus grand nombre de couples tout au long de l'année.

### 8.5.5. Résultats du suivi de l'avifaune

Les nicheris étant en cours de mise en place et d'optimisation, les premiers résultats seront disponibles ultérieurement.

Le suivi des nicheris a permis de confirmer la capacité et le succès des reproductions des occupants.



Figure 7 : Jeune poussin sorti de sa coquille



Figure 6 : Œuf intact recueilli dans un nichoir

**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.**

### 8.5.6. Suivi du mode de vie de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG en 2014

Ce volet de l'étude **[DR 21]** a également pour objectif de surveiller les populations d'ibis et d'ardéidés vivant dans les habitats côtiers de la base spatiale.

Au moyen de survol par hélicoptère, l'ornithologue réalise des observations lui permettant de :

- Suivre la dynamique côtière, c'est-à-dire l'évolution des bancs de vase et des palétuviers du littoral du CSG – siège de vie et de reproduction des Ibis rouges et autres échassiers
- Suivre l'évolution de la population nicheuse d'Ibis rouges et des effectifs reproducteurs selon cette dynamique



Figure 8 : Littoral du CSG (Vue aérienne, O. TOSTAIN)



Figure 9: Ibis rouge et son compère Ardéidé

- Suivre l'évolution des autres grands oiseaux de rivage associés sur la frange littorale du CSG,
- Localiser géographiquement l'implantation de la colonie.

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

**Tableau 30** : Tableau de synthèse des résultats du suivi de la colonie d'échassiers et des écosystèmes littoraux du CSG pour l'année 2011.

PARAMETRES SUIVIS	RESULTATS DE L'ETUDE ECOBIOS POUR L'ANNEE 2014
<b>SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGE ET D'ARDEIDES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colonie la plus importante en terme d'effectif de grands échassiers de rivage en Guyane française (2200 couples)</li> </ul>
<b>LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA COLONIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implantation de part et d'autre de l'estuaire du Sinnamary sur deux îles mangroves.</li> <li>▪ Identification de deux colonies due à la scission de la colonie de l'an passé du fait de l'accroissement des habitats favorables à l'espèce</li> </ul>
<b>EVOLUTION DES ESPACES NATURELS LITTORAUX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conditions environnementales toujours favorables aux colonies : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrivée d'un banc de vase sur la Pointe Charlotte : permet l'installation d'une jeune mangrove</li> <li>• Les vases s'étendent loin au large depuis les îlots Koroni jusqu'à la Roche Agave</li> <li>• Littoral encore constitué d'une belle plage appliquée soit sur l'ancien cordon dunaire, soit sur une étroite frange de mangrove résiduelle dégradée ; de la crique Léonard à l'est jusqu'à l'embouchure de la crique Karouabo vers l'est. Abondance dépôts d'algues sargasses en mai 2014.</li> <li>• Au large llot Karouabo on trouve encore la vasière bien visible à marée basses jusqu'aux confins des Roches Canutes</li> <li>• Extensions forêt de Palmiers bâches occupant le bassin de la basse crique Karouabo</li> <li>• Mangrove érodée au droit des Battures de Malmanoury</li> <li>• Retenues d'eau douce situées juste en arrière du cordon sableux au niveau de l'estuaire de la crique Malmanoury</li> <li>• Au niveau de l'Anse de Sinnamary l'érosion de la mangrove est encore très active, ce qui permet à des roches liées à l'archipel des « Roches Blanches » d'apparaître.</li> <li>• Au niveau de l'ancien cordon sableux sur lequel est implantée la « Piste de l'Anse » le grand massif de mangrove vient s'appuyer et s'étend jusqu'à l'estuaire du Sinnamary. + front de mer soumis à l'érosion</li> </ul> </li> <li>▪ Réapparition de l'île verte. <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'île Verte est bien visible en mer, avec son remarquable filon dolérite bien visible à marée basse sur le grand platier formant une grande pointe au large.</li> </ul> </li> <li>▪ Au-delà de l'île verte, la mangrove s'étend dans l'une de ses plus vastes expansions en Guyane</li> </ul>

Un suivi des oiseaux marins au niveau des battures de Malmanoury a été effectué à la mi-juillet 2014. On y a compté 105 *Bécasseaux maubèches* et plus de 100 *Tournepières*.

Des individus types *Limnodromus griseus*, *Tringa melanoleuca*, *Actitis macularia*, *Rynchops niger*, *Numenius hudsonicus*, *Tringa semipalmata*, *Calidris pusilla*, *Calidris minutilla*, *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Sternula superciliaris*, sont également présents sur cette zone.



Figure 10 : *Calidris minutilla* « Bécasseau minuscule »

Concernant la **Mouette atricilla** : Près d'un millier d'oiseaux fréquentent le littoral de la base spatiale en juillet, pour un effectif reproducteur de 145 couples répartis sur trois îlots des Battures de Malmanoury.

Des oiseaux anciennement marqués au Connétable et établis comme nicheur témoignent des échanges qui existent entre les colonies guyanaises.

Il a pu être nouvellement vérifié la nidification des Sternes fuligineuses (*Onichoprion fuscatus*) sur les Battures de Malmanoury tout en portant les effectifs de cette petite population à 6 couples. La lente croissance de cette population est à suivre au cours des années à venir.

Les **Sterne de Cayenne** (*Thalasseus acutiflavus eurygnathus*) et **Sterne royale** (*Thalasseus maximus*) possèdent au niveau de l'île du Grand Connétable les plus importantes populations du bassin caraïbe. La nidification régulière de ces deux espèces sur les Battures de Malmanoury fait de ce site un biotope très riche de potentialités de développement pour ces espèces.



Figure 11 : *Thalasseus acutiflavus eurygnathus*  
« Sterne de Cayenne »

Les **Sterne pierregarin** (*Sterna hirundo*) utilisent les rochers des battures de Malmanoury comme reposoirs entre les séances de pêche menées au large.

En juillet 2014, pas moins de 1200 oiseaux étaient recensés sur ces différents reposoirs.

### 8.6. Suivi du patrimoine végétal du CSG

La surveillance des effets sur l'environnement des activités sols comprend aussi sur la flore représentative des différents milieux de la base spatiale.

Afin d'évaluer l'impact des retombées des lancements sur la flore, le CNES fait procéder, par des organismes extérieurs, à des mesures et des prospections floristiques. [DA01 ; 02 et 03]. Les prescriptions réglementaires portent sur :

- ✓ **L'analyse des concentrations des retombées** issues d'un lancement sur le **couvert végétal** ( au moyen de pluviollessivats implantés en champ proche et en champ lointain)
- ✓ **L'évolution des espèces représentatives**, grâce à l'observation périodique des écosystèmes leur (quantification de repousse...).

Concernant l'Ensemble de Lancement Soyuz, une spécificité est à retenir sur l'espèce végétale protégée *Stachytarpheta angustifolia* [DA02], pour laquelle une stratégie de protection et de suivi a dû être mise en place suite à la caractérisation initiale des stations.

#### 8.6.1. Mesures d'impact sur la végétation

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.

##### A. 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 a été soumise lors d'un lancement Ariane 5.

**Tableau 31** : Ensemble des paramètres de mesure sur la végétation

Les paramètres recherchés sont représentés dans le tableau ci-contre.

Pour l'année 2014, une (1) campagne de mesures a eu lieu.

Elle a été menée pour le vol A217 (Février).

Paramètres	Unités
le pH	unité pH
la conductivité	µS/cm à 25°C
Les concentrations en ions:	
Aluminium (Al)	mg/L
Chlorures (Cl)	mg/L
Calcium (Ca)	mg/L
Magnésium (Mg)	mg/L
Potassium (K)	mg/L
Sodium (Na)	mg/L

## **B. Mesures des retombées**

Cinq (5) bacs ont été disposés en champ proche sous le couvert végétal :

- Au niveau du chemin de ronde de la ZL3
- Derrière le stockage de LH<sub>2</sub> (CP04).

En champ lointain, cinq (5) autres bacs ont été disposés sous le couvert végétal :

- Sur le parking de l'ancienne Route Nationale N°1, à une distance d'environ 1,6 kilomètre au nord-ouest du pas de lancement (CL08).

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

## **C. Résultats d'analyses**

Les résultats obtenus en champ proche CP04 (Chemin de ronde ZL3, Intersection entre zone 49 et 48) sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 32** : Résultats obtenus pour les pluiolessivats pour le lancement 217 en champ proche (CP04)

ECHANTILLON	RESULTATS IRD							
	Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité (µS/cm à 25°C)	pH (unité pH)
1	48,55	22,3	3,21	0,73	0,78	1,38	140	3,65
2	75,24	53,2	8,82	2,67	1,96	2,3	268	3,47
3	75,24	36,9	7,62	0,97	5,08	2,3	169	3,85
4	64,86	22	2,4	0,49	0,39	0,92	149	3,56
5	50,03	23,7	1,6	0,24	0,39	0,92	197	3,38
Moyenne	62,784	31,62	4,73	1,02	1,72	1,564	184,6	3,582
Ecart type	13,04	13,56	3,26	0,96	1,99	0,70	51,50	0,18
Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

La lecture des résultats nous indique une forte dispersion entre les échantillons récoltés en champ proche. On rappelle que les 5 capteurs ont été placés au point CP04 soit à une distance de 445 m du pas de tir (axe carneau).

Les disparités sont observées en particulier les ions chlorures et en aluminium, bien que les valeurs restent cohérentes avec les mesures de pH et de conductivité. Seul le paramètre pH est quasi constant en champ proche et révèle une légère acidité, justifiée par l'apport en ions chlorures.

L'impact des retombées du lancement sur la végétation est modéré en champ proche.

Les résultats obtenus en champ lointain CL08 (Parking ancienne RN1) sont synthétisés dans le tableau ci-après.

**Tableau 33** : Tableau des résultats obtenus pour les pluviollessivats pour le lancement 217 en champ lointain

ECHANTILLON	RESULTATS IRD							
	Al (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Na (mg/l)	Conductivité ( $\mu$ S/cm à 25°C)	pH (unité pH)
1	0,11	2,1	0,4	0,24	1,56	1,15	14	5,62
2	0,07	3,2	0,8	0,49	0,78	0,92	15	5,66
3	0,1	2,1	0,4	0,24	0,78	1,15	12	5,68
4	0,11	2,1	0,4	0,24	0,78	0,92	13	5,92
5	0,13	2,1	0,4	0,24	0,78	1,15	13	5,94
Moyenne	0,104	2,32	0,48	0,29	0,936	1,058	13,4	5,764
Ecart type	0,02	0,49	0,18	0,11	0,35	0,13	1,14	0,15
Nombre de mesures	5	5	5	5	5	5	5	5

Pour l'ensemble des paramètres, on constate que les teneurs restent constantes et homogènes. Les valeurs de pH sont constantes et faiblement acides. Certaines valeurs mesurées sont proches des seuils de quantification.

Les retombées chimiques sur la végétation sont donc négligeables en champ lointain. Il n'y a pas de distinction entre l'apport en ions chlorures et en aluminium issu du lancement et celui du milieu naturel.

#### **D. Conclusions**

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

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

On retiendra globalement que les **teneurs en ions fluctuent** de façon plus ou moins importante en **champ proche**. Tandis qu'en **champ lointain**, les résultats obtenus sont **constants**. On peut en déduire que l'impact des retombées chimiques sur la végétation est **modéré** en **champ proche** et **négligeable** en **champ lointain**.

Les retombées chimiques sur la végétation sont, par conséquent, fortement dépendantes :

- de la pluviométrie ;
- de la direction des vents ;
- de la localisation des bacs à eau.



## 8.6.2. Suivi des peuplements botaniques d'intérêt majeurs sur le CSG

Le territoire du Centre Spatial Guyanais accueille de nombreuses espèces végétales spécifiques des savanes du plateau des Guyanes.

Le CSG est le seul territoire du département à abriter trois espèces d'orchidées terrestres connus de Guyane appelée « *Cyrtopodium* ». Deux d'entre elles sont aujourd'hui protégées : *Cyrtopodium andersonii* et *Cyrtopodium cristatum*, qui est connu dans les savanes dans un habitat restreint. L'espèce *Cyrtopodium parviflorum*, se trouve quant à elle dans les savanes herbacées basses sur sols argilo-sableaux, plus fréquentes que les habitats très spécifiques des deux précédentes, mais ses densités sont si faibles qu'elle demeure également une espèce très rare sur le littoral guyanais.

Du fait que leurs habitats soient très restreints et exclusivement répartis au sein du Centre Spatial, l'espèce *Cyrtopodium* est aujourd'hui endémique de la base spatiale.



Figure 12 : Numérotation d'un pied *Cyrtopodium cristatum*

### **A. Méthodes de suivi et de préservation des stations**

Le programme de sauvegarde du *Cyrtopodium cristatum* des savanes du CSG vise plusieurs points concourant à établir les meilleures conditions de croissance et de reproduction, et ainsi garantir les bases d'une conservation durable.

Ces points/actions sont listé(e)s ci-après :

- ✓ Entretien des stations par un désherbage manuel sélectif ;
- ✓ Localiser tous les pierriers favorables à l'espèce, que l'espèce soit présente ou non ;
- ✓ Recenser précisément l'ensemble des pieds de chaque population ;
- ✓ Identifier de chaque plante à l'aide d'une étiquette ;
- ✓ Suivre la phénologie de chaque pied, afin de mesurer avec précision les périodes de floraison (fin de saison sèche), de croissance, et les taux de reproduction sexuée au sein de chaque population ;
- ✓ Identifier les insectes pollinisateurs et comprendre les critères d'attractivité des fleurs ;
- ✓ Définir les méthodes de gestion optimales des savanes pour assurer une conservation durable de ces plantes.

Ainsi, plusieurs écosystèmes ont été étudiés au long de l'année 2014 dans le but de poursuivre la surveillance des peuplements des espèces botaniques d'intérêt majeur, il s'agit :

- ✓ Des écosystèmes des pierriers (Grand pierrier de Diane, pierrier de Diane du sentier Ebène, pierrier de la piste Agami)
- ✓ Des écosystèmes des savanes (Savane de Malmanoury, Savane Diane (ouest), Savane des Pères (sud-est / Extérieur CSG)).

## **B. Synthèse des observations réalisées en 2014**

Au niveau des écosystèmes de pierriers ;

### ▪ **Le pierrier de Diane du sentier Ebène :**

- Les travaux de débroussaillage ont permis d'accroître notablement les floraisons en saison sèche, ce qui s'est traduit par un accroissement spectaculaire du taux de fécondation. Toutefois, d'importantes surfaces sont encore à réhabiliter et des broussailles à éliminer.
- L'espèce *Cyrtopodium cristatum* est soumis à l'invasion et au recouvrement d'herbes de type *Scleria cyperina* ou *Trachypogon spicatus* qui tous tendent année après année à déborder la formation végétale du pierrier. L'espèce est aussi menacée par le débordement des arbres et arbustes.

### ▪ **Le pierrier de la piste Agami :**

- La plaine sédimentaire est dominée par la prairie massive des herbacées de type *Scleria* et des *Trachypogon* ; cette dominance est préjudiciable au développement d'espèces endémiques.

Au niveau des écosystèmes des savanes ;

### ▪ **La savane Malmanoury :**

- Trois (3) nouvelles populations de *Cyrtopodium cristatum* ont été découvertes au sein des savanes de Malmanoury cette année, au sud-ouest des anciennes carrières EVA. Outre ces plantes très rares, la forte diversité d'habitats savaniques dans ce secteur témoigne d'une grande valeur patrimoniale. L'embroussaillage en cours d'expansion menace, à moyen terme, cette biodiversité. Des exceptions sont à noter à la faveur des affleurements rocheux de certaines collines (exemple : « Monts du Silence »).

### ▪ **La savane Diane (ouest) :**

- Ce secteur présente une grande qualité paysagère et scientifique, avec notamment la plus grande population connue en Guyane du rare pyrophyte *Palicourea rigida* (*Rubiaceae*) sur pente herbeuse (cf Figure ci-contre).



Figure 13 : *Palicourea rigida* en fleur, en début de saison des pluies

▪ **La savane des pères :**



Figure 14 : *Habenaria* sp.

○ Parallèlement aux recensements des populations de *Cyrtopodium*, l'étude s'est aussi intéresser au groupe d'orchidées terrestres *Habenaria*, caractéristique des savanes sud-américaines. Cette petite herbacée, strictement géophyte, aux teintes peu voyantes, affectionne les sols plus ou moins argileux ou sableux. Sa répartition dépend du gradient d'hydromorphie des sols, la conduisant ainsi à se développer sur des sols très drainants jusqu'aux pripris saisonniers et même les radeaux flottants des marais permanents.

Les orchidées de *Habenaria* apparaissent en saison des pluies ; durant la saison sèche leur appareil végétatif externe se dessèche après la reproduction, la rendant dès lors invisible. Du fait de leur écologie liée aux formations herbeuses, ces orchidées sont des marqueurs écologiques pertinents de l'état de conservations des savanes guyanaises.

La présence d'*Habenaria macilentata*, espèce discrète présente en petit nombre sur un espace restreint de la savane rase, souligne l'originalité et la qualité écologique de cette savane.

### 8.6.3. Programme de surveillance de l'espèce végétale *Stachytarpheta angustifolia*

Cette espèce patrimoniale et protégée fût mise en évidence par l'Herbier de l'IRD de Cayenne lors de la réalisation des inventaires préalables à la construction de l'ELS.

Avant cette découverte, *S. angustifolia* n'avait été récoltée que trois (3) fois en un siècle et sur des secteurs différents.

Le suivi du bon état des peuplements et des stations de plants figure parmi les prescriptions préfectorales de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'ELS [DA02].

Aussi, le CNES fait réaliser au moins une fois par an, un contrôle de la dynamique des peuplements de *S.angustifolia*.



Figure 15 : Station *S. angustifolia*



Figure 16: Station *S. angustifolia* sous pylône - ELS

En 2014, la visite de l'IRD a permis de confirmer le maintien de l'espèce dans la zone de l'ELS conformément aux obligations réglementaires.

L'entretien de la zone, au pied du pylône électrique, lui confère des conditions favorables à son développement et son maintien.

## 9. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2014

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2014 sont rappelées ci-après.



VS07 – CNES/CSG



VA219 – CNES/CSG



VV03 – CNES/CSG

### 9.1. Par rapport aux activités liées aux lanceurs

#### 9.1.1. Ariane 5

- Chaque lancement ARIANE 5 a bénéficié d'un plan de mesures environnement. L'ensemble des capteurs a été déployé ; aucun bac n'a débordé.
- L'optimisation de l'emplacement des capteurs par le biais des simulations SARRIM (réalisées à partir des données prévisionnelles CEP) reste la meilleure méthode actuellement disponible.
- La direction prise par le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est orientée entre la route de l'espace (direction Sinnamary) ou le site d'observation Agami (vers la RN1) suivant les conditions météorologiques du jour du lancement.
- Le réseau de détection d'acide chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX - mobile) a permis de détecter une concentration notable en champ proche (mobile n°1, CP03 : Chemin de ronde de la ZL3. Intersection entre la zone 49 et 48) lors des vols VA218, VA219 et VA220. Ces détections ponctuelles sont cohérentes avec l'emplacement de l'analyseur (axe du carneau – 277 m de la ZL3) ; elles s'atténuent jusqu'à un taux de 0 ppm entre 30 secondes et 30 minutes après le décollage (selon les conditions météorologiques).

A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur (**Annexe 1**).

- Au-delà du chemin de ronde, le réseau CODEX n'a pas mis en évidence de teneur notable en acide chlorhydrique. Aucune situation dégradée n'ayant eu lieu, on comprend qu'aucune teneur en produits hydrazinés ou en oxyde d'azote n'a été mesurée.
- Les mesures réalisées par l'intermédiaire des bacs à eau démontrent que les retombées chimiques gazeuses et particulaires sont essentiellement recueillies à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà des limites du CSG, on remarque que les teneurs mesurées sont très faibles voire non quantifiables. *Pour rappel, les produits de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé dans l'axe des carneaux sur une distance inférieure à 1 kilomètre.*
- En 2014, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo était défectueux et n'a pas permis de suivre la qualité des eaux de la crique ; un rattrapage sera réalisé en 2015.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont dépendantes du positionnement géographique des bacs et de la direction prise par le nuage de combustion par rapport au pas de tir. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures).
- En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification). Aucun impact attribuable aux lancements d'ARIANE 5 n'est à relever.

#### 9.1.2. VEGA

- Pour l'unique mission du lanceur VEGA en 2014, un plan de mesures environnement a été déployé ; aucun bac n'a débordé.
- Le nuage de combustion issu de la combustion du P80 au décollage s'est orienté vers le site d'observation Agami.
- L'optimisation de l'emplacement des capteurs par le biais des simulations SARRIM (réalisées à partir des données prévisionnelles CEP) reste la meilleure méthode actuellement disponible.
- Le réseau de détection d'acide chlorhydrique en temps réel (réseau CODEX – fixe et mobile) n'a détecté aucune concentration notable pour l'unique lancement VEGA de 2014. Aucune situation dégradée n'étant à retenir, on comprend qu'aucune teneur en produits hydrazinés ou en oxyde d'azote n'a été mesurée sur ce vol.
- Les retombées chimiques gazeuses et particulaires, récoltées par l'intermédiaire des bacs à eau, se font essentiellement à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà, on observe quelques retombées très faibles, à la fois non quantifiables, sous le nuage de combustion.
- En 2014, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo était défectueux et n'a pas permis de suivre la qualité des eaux de la crique ; un rattrapage sera réalisé en 2015.
- En champ proche, les retombées chimiques sur la végétation sont, fortement dépendantes du positionnement géographique des bacs et du nuage de combustion par rapport au pas de lancement. Elles dépendent aussi de la pluviométrie. Il est important de signaler que les échantillons ont été fortement soumis aux aérosols marins (apport notable de chlorures).
- En champ lointain, l'impact des retombées sur la végétation reste très négligeable compte tenu des très faibles valeurs mesurées (proches des seuils de quantification).

### 9.1.3. Soyuz

- Chaque lancement SOYUZ a bénéficié d'un plan de mesures environnement. L'ensemble des analyseurs a été activé ; des défaillances sont à noter pour certains paramètres.
- La direction prise par le nuage de combustion issu de la combustion des moteurs du 1er (blocs latéraux) et 2<sup>nd</sup> (bloc A) étages dépend des conditions météorologiques et non de la saisonnalité.
- Le réseau de suivi de la qualité de l'air CODEX n'a pas mis en évidence de concentration en acide chlorhydrique puisque ce produit n'entre pas dans la composition du nuage de combustion ; Aucune situation dégradée n'étant à retenir, on comprend qu'aucune teneur en produits hydrazinés ou en oxyde d'azote n'a été mesurée.
- Le réseau de contrôle en continue de qualité de l'air ENVIRONNEMENT SA, a été fonctionnel. Les concentrations maximales ont été mesurées sur l'ELS, à proximité de la zone de lancement. Ces valeurs s'atténuent quelques minutes après le décollage.

L'analyse des résultats n'a montré aucune dégradation de la qualité de l'air sur les communes de Sinnamary et Kourou.

### 9.2. Par rapport au suivi de l'environnement du CSG

- **Le suivi des sédiments** : les résultats apportent une approche globale de la qualité des sédiments. En effet, il est très difficile de dissocier au sein des teneurs mesurées, la proportion associée à l'impact des lancements et celle associée à la composition naturelle en raison des nombreux processus naturels interférant sur la mesure. Par ailleurs, l'évolution temporelle de la concentration des métaux sur la Karouabo ne met pas en évidence de bioaccumulation imputable aux lancements Ariane 5 et/ou VEGA. En ce qui concerne la Paracou, soumise aux influences des retombées du Soyuz, l'analyse des résultats atteste d'un bon état environnemental. Aucune dégradation attribuable aux activités de l'ELS n'est à signaler.
- **Le suivi de la qualité physico-chimique des eaux des criques du CSG** : les résultats démontrent une bonne qualité des eaux ; elles présentent une bonne oxygénation (hormis la Karouabo dont le bouchon vaseux à son estuaire limite les apports salins) et une faible turbidité. La composition chimique des criques du CSG est représentative du fonctionnement hydrologique des cours d'eau guyanais.
- **La surveillance de la faune aquatique** : les pêches aux deux saisons ont été effectuées ; les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium présent dans les muscles. 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. Les teneurs en aluminium sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. Il est à noter que les concentrations en aluminium sur la Karouabo et sur la Malmanoury sont du même ordre de grandeur en saison sèche. Concernant les invertébrés aquatiques, l'abondance et la variété des taxons représentés confirment la qualité du milieu. Les structures observées sont communes à d'autres cours d'eau guyanais. Le Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais (SMEG) démontre une bonne qualité biologique des criques, bien qu'une influence anthropique est à retenir sur la crique des pères, jusque-là définie comme station de référence.

- **Le suivi de l'avifaune** : les nichoirs sont en cours de mise en place afin d'étudier l'impact de l'alumine et de l'acide chlorhydrique sur l'épaisseur des coquilles d'œuf. Néanmoins, les premières observations laissent présager des résultats prometteurs pour ce nouveau protocole. Les nichoirs sont occupés, la dynamique de reproduction se confirme au CSG.
- **Concernant le suivi de la colonie d'Ibis Rouge et Ardéidés** : la zone de nidification située sur le Centre Spatial Guyanais demeure le principal site de reproduction de cette espèce en Guyane. Le suivi de 2014 a mis en évidence 2200 couples répartis sur deux colonies implantés au niveau de l'estuaire du Sinnamary. La position géographique des peuplements reste en relation avec l'évolution naturelle de la mangrove. Cette dernière est en bon état et se développe au rythme de l'arrivée et de la disparition des bancs de vase. 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).
- **Le suivi des populations botaniques d'intérêt majeur du CSG** : Le programme de suivi et de préservation des espèces végétales d'intérêt se poursuit et confirme la grande richesse botanique du CSG. Le recensement des stations à *Cyrtopodium* continu et a permis la découverte de trois nouvelles stations au sein de la savane Malmanoury. Les opérations de débroussaillage manuels permettent le maintien des trois espèces de *Cyrtopodium* recensées sur le territoire de la base spatiale. Des zones tendent à être envahies voire recouvertes par des herbacées de type *Scleria* et *Trachypogon*, ce qui menace la survie des orchidées terrestres. Un travail d'entretien est à engager pour certains écosystèmes (Pierriers de Diane, Pierrier de la piste Agami). Du côté de la savane des pères, des stations d'orchidées terrestres *Habenaria* ont été mise en évidence, malgré leur discrétion. Cette découverte traduit l'originalité mais surtout la qualité écologique exceptionnelle de cette savane. Enfin, concernant l'espèce végétale protégée et patrimoniale *Stachytarpheta angustifolia*, découverte sur le site de l'ELS, le bilan de surveillance 2014 confirme le maintien et le bon état des stations.

Au regard des résultats obtenus sur les différentes mesures et de l'état de conservation des écosystèmes observés, nous pouvons conclure que **la surveillance des effets sur l'environnement** a bien été réalisée **conformément aux prescriptions des arrêtés préfectoraux**. Les **résultats sont conformes aux limites fixées par les obligations réglementaires**. Ainsi, nous pouvons confirmer, comme les années précédentes, que **l'impact généré sur l'environnement par les activités de lancement du CSG est non décelable voir négligeable**.

## **10. ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES**

En accord avec leur mission de sauvegarde et de protection de l'environnement, les services SDP/ES et SDP/PI du CNES/CSG détachent à l'occasion de chaque lancement ARIANE 5/VEGA un cortège de pompiers pour réaliser des mesures de toxicité en acide chlorhydrique (HCl) au niveau de différentes zones du CSG. Elles sont orientées selon les besoins opérationnels permettant ainsi la réouverture de la route de l'espace et la circulation des opérateurs.

Lorsque des mesures de détection positives sont révélées par le réseau CODEX (3.5 MESURE EN CONTINU DES RETOMBÉES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE) des détections supplémentaires peuvent être menées sur la route nationale n°1.

**Ce cas de figure n'a concerné aucun lancement en 2014, puisqu'aucune concentration n'a été détectée par les SPM Honeywell et le réseau d'analyseurs fixes en champ lointain.**

Les résultats d'analyse en champ proche n'ont pas révélé de concentrations ponctuelles ; les détecteurs affichaient tous 0 ppm en HCl quelques minutes après le décollage, pour un seuil de détection des tubes Dragër HCl à 0,1 ppm. De plus, aucune détection olfactive n'est à signaler sur les sites d'observation au lancement à l'intérieur du CSG. Pour rappel, le seuil olfactif pour l'acide chlorhydrique (HCl) est à 0,77 ppm.

Aucun impact des lancements ARIANE 5 / VEGA sur les personnes n'a été décelé.



## 11. ANNEXE 2 : RAPPELS SUR LES LIMITES REGLEMENTAIRES DE TOXICITE DES PRINCIPAUX PRODUITS EMIS PAR LES LANCEURS

### 11.1. Cas de l'alumine

L'**alumine** ne présente pas de toxicité intrinsèque, par contre comme toute poussière, au-delà d'une certaine concentration dans l'air elle peut présenter des risques. Certaines valeurs ont été déterminées pour assurer la sécurité sur les lieux de travail. Pour les poussières inertes, il existe une VME (Valeur Moyenne d'Exposition des travailleurs). Cette valeur représente la concentration maximale à laquelle une personne peut être exposée sur son lieu de travail 8 heures par jour, 5 jours par semaine sans risque pour sa santé. Bien que non adaptée à l'environnement naturel, cette valeur nous donne un élément de comparaison.

La VME des poussières inertes est donc de 10mg/m<sup>3</sup> pendant 8h, 5 jours/semaine ce qui correspond à une dose par semaine de 1440000 mg.s/m<sup>3</sup>.

Type de gaz	VME	VLE
Alumine (poussière)	10 mg/m <sup>3</sup>	-
Dose Alumine en mg.s/m <sup>3</sup>	1440000	-

### 11.2. Cas de l'acide chlorhydrique

L'**acide chlorhydrique**, ou « chlorure d'hydrogène » sous forme gazeuse, est une substance incolore voire légèrement jaune. Il est facilement soluble dans l'eau. Il présente une toxicité par inhalation et comme tout acide, il peut provoquer des brûlures au contact de la peau.

L'inhalation étant la principale voie d'exposition, un seuil olfactif a été déterminé à une valeur de 0.77 ppm, malgré sa variabilité interindividuelle. D'un point de vue réglementaire, la Valeur Limite d'Exposition « court terme » a été fixé à 7,6 mg/m<sup>3</sup> ou 5 ppm. Cette valeur représente la concentration maximale à laquelle une personne peut être exposée sur son lieu de travail 8 heures par jour, 5 jours par semaine sans risque pour sa santé

Type de gaz	S.E.I. 10 mn	S.E.I. 30 mn	S.E.L. 30 mn	VLE
HCl	240 ppm 358 mg/m <sup>3</sup>	80 ppm 90 mg/m <sup>3</sup>	470 ppm 700 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm
Dose HCl en ppm.s	144000	144000	846000	

### 11.3. Cas du monoxyde de carbone

#### Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le monoxyde de carbone.

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m <sup>3</sup> )
Monoxyde de carbone	France (circulaire - 1985)	50	55
Monoxyde de carbone	États-Unis (ACGIH)	25	-
Monoxyde de carbone	Allemagne (valeurs MAK)	30	35

*11.4. Cas du dioxyde de carbone*

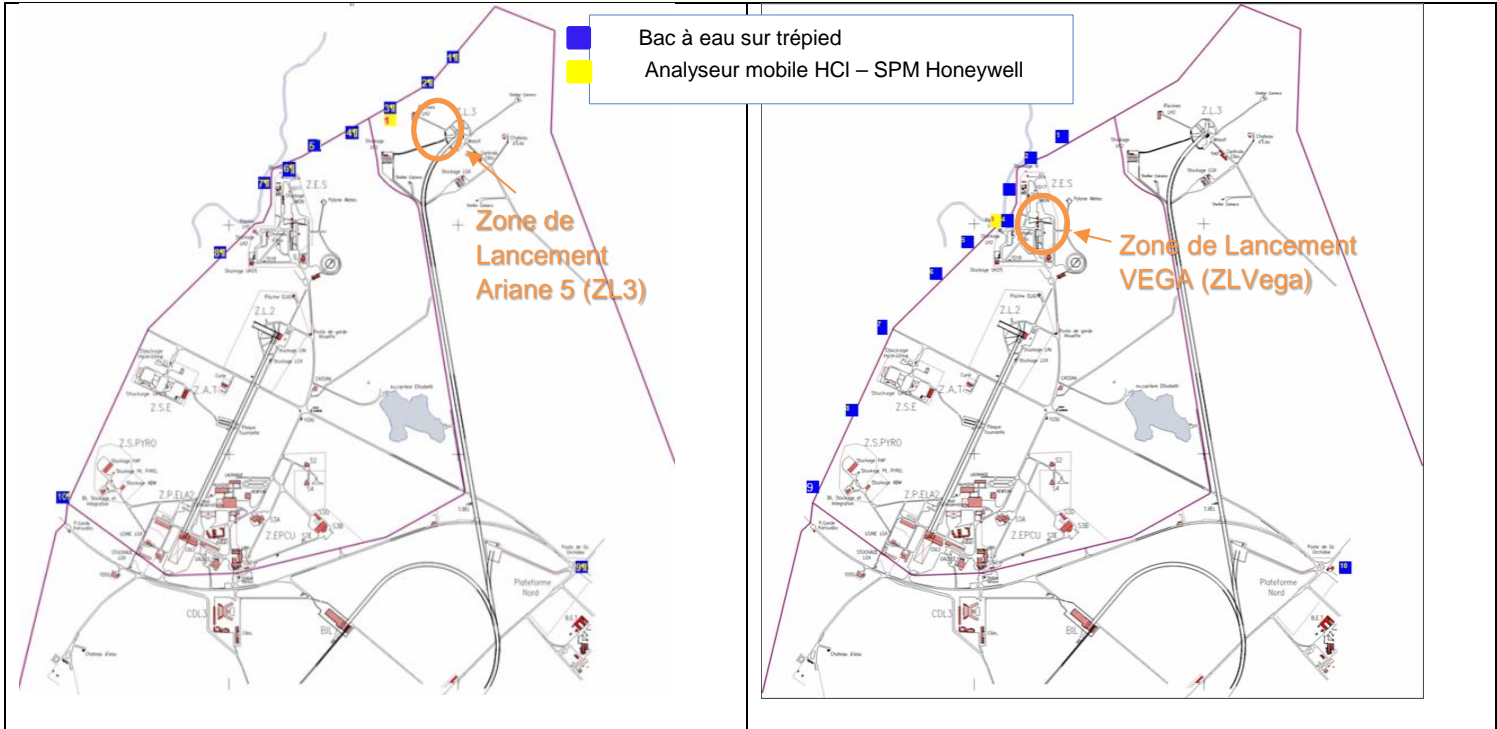
### Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le dioxyde de carbone.

Substance	PAYS	VME (ppm)	VME (mg/m <sup>3</sup> )	VLCT (ppm)
Dioxyde de carbone	Etats-Unis (ACGIH)	5 000 (TLV-TWA)	-	30 000 (TLV-STEL)
Dioxyde de carbone	Allemagne (valeurs MAK)	5 000	9 100	-

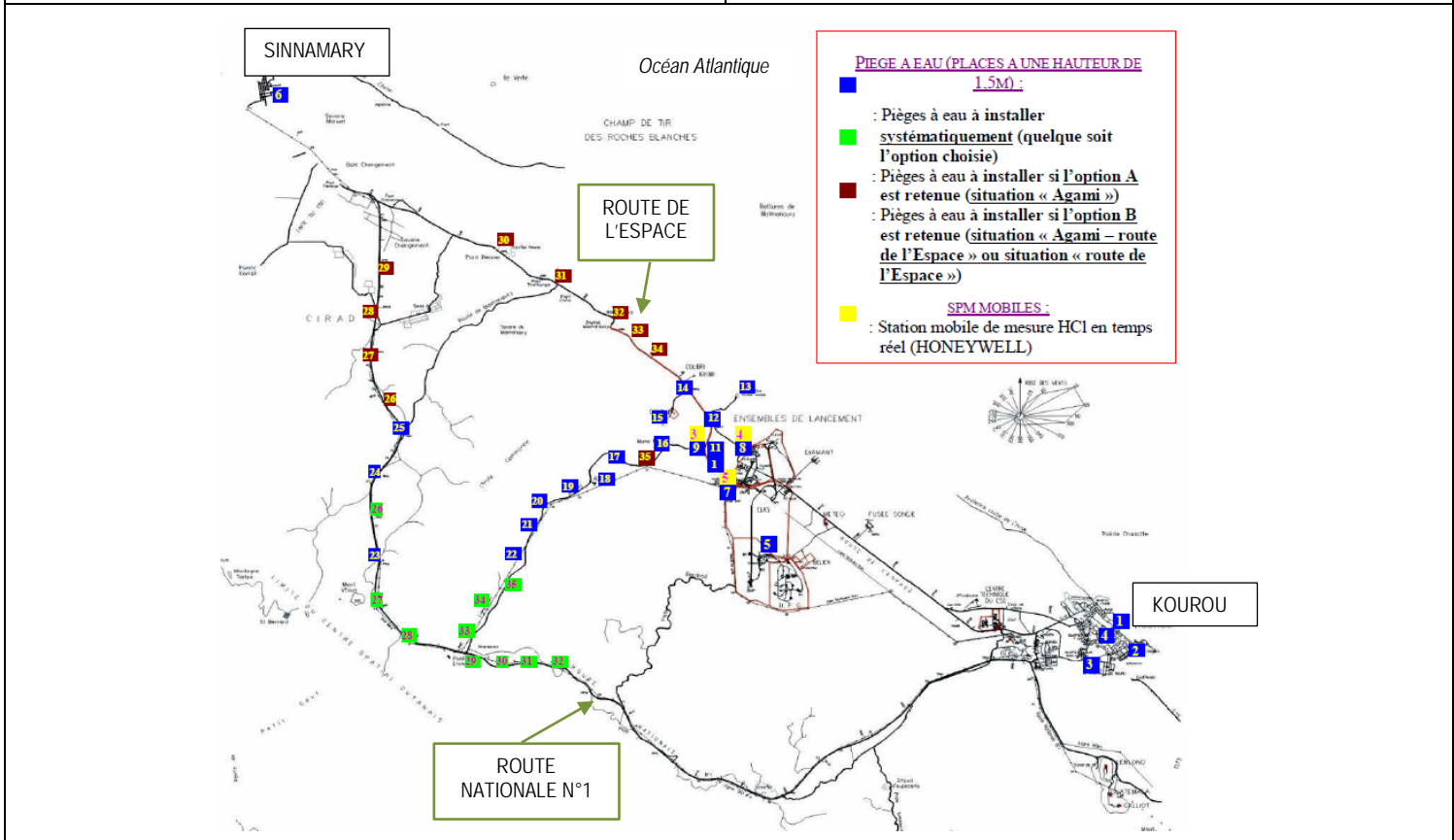
Figure 18 : Fiche toxicologique INRS

**12. ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES CAPTEURS ENVIRONNEMENT (BACS A EAU)  
ARIANE 5 & VEGA**



Localisation des capteurs en champ proche (ARIANE 5)

Localisation des capteurs en champ proche (VEGA)



Localisation des capteurs en champ lointain ( Options A et B) ARIANE 5 & VEGA

**13. ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA SOYOUZ**

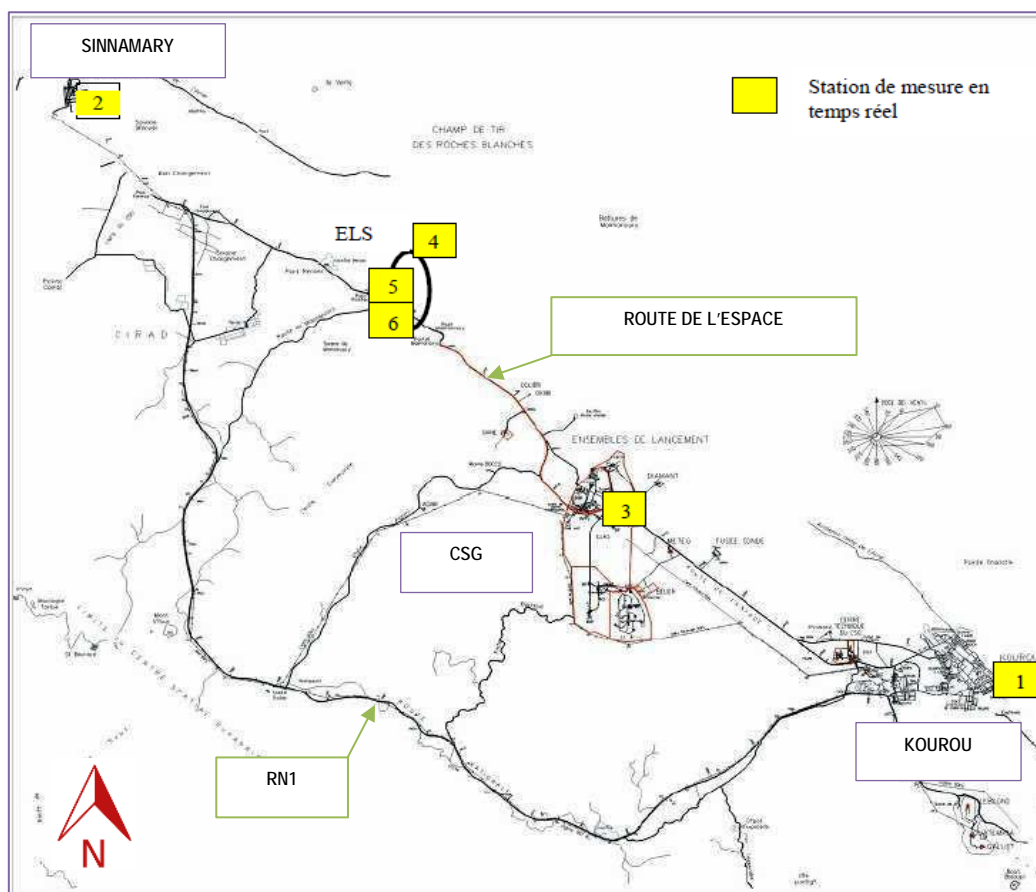


Figure 19 : Localisation des analyseurs d'air (ENVIRONNEMENT SA) en champ proche et lointain SOYOUZ

**14. ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION  
LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5**

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en °)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)	écart (en %)
V181	71,3	50,1	21,2	-42,32
V182	77	56,1	20,9	-37,25
V183	63,2	71,5	-8,3	11,61
V184	114,2	125,8	-11,6	9,22
V185	129	92,8	36,2	-39,01
V186	44,8	62,5	-17,7	28,32
V187	52	40,6	11,4	-28,08
V188	78,6	85,5	-6,9	8,07
V189	73,4	79,8	-6,4	8,02
V190	99,6	130,6	-31	23,74
V191	87,4	102,4	-15	14,65
V192	98	92	6	-6,52
V193	74	96,4	-22,4	23,24
V194 *	89	181,7	-92,7	51,02
V195	91,6	120	-28,4	23,67
V196	103,8	65,8	38	-57,75
V197	76,4	47	29,4	-62,55
V198	99	111,3	-12,3	11,05
V199	52,2	56	-3,8	6,79
V200	72	61	11	-18,03
V201	68	72	-4	5,56
V202	88	79	9	-11,39
V203	104	107	-3	2,80
V204	114	81	33	-40,74
V205	69	55	14	-25,45
V206	88	82	6	-7,32
V207	91	94	-3	3,19
V208	115	107	8	-7,48
V209	90	65	25	-38,46
V210	83	91	-8	8,79
V211	47	89	-42	47,19
V212	67	99	-32	32,32
V213	97	69	28	-40,58
V214	105	93	12	-12,90
V215	64	54	10	-18,52
V216	54	51,5	2,5	-4,85

	Direction moyenne des retombées calculée avec les prévisions CEP/ARPEGE (en °)	Direction moyenne des retombées calculée avec le radiosondage le plus proche du H0 (en °)	écart (en °)	écart (en %)
V217	55	79,5	-24,5	30,82
V218	74	80,1	-6,1	7,62
V219	83	87,2	-4,2	4,82
V220	93	127,5	-34,5	27,06
V221	94	94	0	0,00

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦