


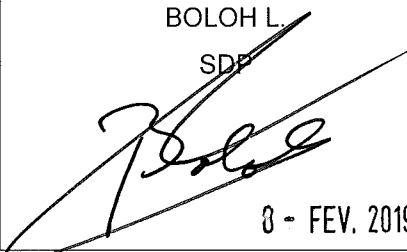


**BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES
ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS**

	DATE ET SIGNATURE
PRÉPARÉ PAR	LOSADA C. SDP/ES 
VÉRIFIÉ PAR	RICHARD S SDP/ES  21/01/19
APPROUVÉ PAR	LEGRAND F. SDP/ES 

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

APPLICATION AUTORISÉE PAR	BOLOH L. SDP  3 - FEV. 2019
--------------------------------------	---

Nombre total d'exemplaires : **08**

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 2/100
--	--	---

PAGE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE

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

MODIFICATIONS

VERSION	DATE	CHAPITRES MODIFIÉS / RAISON / NATURE DE L'ÉVOLUTION
01/00	07/01/2019	CREATION / LOSADA C.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 3/100
--	--	---

DOCUMENTS DE REFERENCE

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR01	CG/SDP/ES/N°16-228	Plan de mesures Environnement Ariane 5, Vega et Soyouz – Centre Spatial Guyanais.
DR02	Rapport final du groupe d'experts IRD, CNRS, INRA	Impacts des activités futures d'Ariane 5 sur l'environnement humain et naturel – Contrat de consultance IRD 9086-01/CNES/2129 – Janvier 2003.
DR03	INERIS DRC-02-37656-AIRE n°656b-MRa-CFe	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	CG/SDP/ES/2006/N°1263	Note relative au plan de mesures Environnement Ariane 5.
DR05	CG/SDP/ES/2009/N°946	Note relative à l'utilisation des prévisions CEP pour la mise en place des capteurs du plan de mesures Environnement Ariane 5.
DR06	LOS-IC-RS-12611-CNES	Instruction relative à la mission de coordination des mesures de sûreté - coordination environnement et sauvegarde sol
DR07	CSG-RP-S3X-18788-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A235 du 14 Février 2017 à 18h39
DR08	CSG-RP-S3X-18669-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A236 du 04 Mai 2017 à 18h51
DR09	CSG-RP-S3X-18666-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A237 du 01 Juin 2017 à 20h45
DR10	CSG-RP-S3X-18655-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A238 du 28 juin 2017 à 18h15
DR11	CSG-RP-SPX-19318-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A239 du 29 Septembre 2017 à 18h56
DR12	CSG-RP-SPX-19319-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Ariane 5 vol A240 du 12 Décembre 2017 à 15h36
DR13	CSG-RP-SPX-19320-CNES	Résultats du plan de mesure environnement Vega VOL V09 du 06 Mars 2017 à 22h49
DR14	CSG-RP-SPX-19321-CNES	Résultats du plan de mesure environnement Vega VOL V10 du 1er Août 2017 à 22h58
DR15	CSG-RP-SPX-19322-CNES	Résultats du plan de mesure environnement Vega VOL V11 du 07 Novembre 2017 à 22h42
DR16	CSG-RP-SPX-19317-CNES	Résultats du plan de mesures environnement Soyouz Vol S16 du 27 janvier 2017 à 08h54 min et Vol S17 du 18 Mai 2017 à 08h54 min

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 4/100
--	--	---

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR17	HYDRECO 2017 - Suivi des criques Karouabo et Malmanoury	Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury – Année 2017.
DR18	HYDRECO 2017 - Suivi de la crique Paracou	Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut – Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour l'état initial de la crique Paracou amont – Année 2017.
DR19	HYDRECO 2017 – Rapport final	Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut – 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 2017.
DR20	Rapport NBC APILAB final 2017	Rapport NBC APILAB final 2017 – Volet Analyse Particulaire / Etude Sanitaire et toxicologique du miel de mélipones
DR21	Programme OYANA 2011	PROGRAMME OYANA - Première approche de la méliponiculture et des mélipones de Guyane – P. GOMBAULT & J-P CHAMPENOIS - 2011
DR22	Rapport d'étude 2015	Les mélipones de Guyane , Leurs prédateurs et parasites – JP CHAMPENOIS ; APIGUY / DEAL – Avril 2015
DR23	Rapport d'activité 2017	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2017 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR24	ORA Etude Dioxyde d'azote	Observatoire Régional de l'Air de Guyane – Campagne de mesures des émissions liées au trafic en vue de l'installation d'une station fixe – Etude 2017
DR25	Fiche toxicologique INRS	Fiche toxicologique n°47 – Monoxyde de Carbone (CO) – Edition 2009
DR26	Fiche toxicologique	Fiche toxicologique n°238 – Dioxyde de Carbone (CO ₂) – Edition 2005
DR27	Rapport DEAL 2014	Evaluation de l'état des masses d'eau – Révision de l'état des lieux du district hydrographique de Guyane

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 5/100
--	--	---

DOCUMENTS APPLICABLES

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DA01	Arrêté N°1632/1D/1B/ENV	Arrêté Numéro 1632/1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant la Société Arianespace, sise boulevard de l'Europe - BP177- 91000 Evry à exploiter l'ensemble de lancement Ariane (ELA), sur la commune de Kourou
DA02	Arrêté N°1689/2D/2B/ENV	Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyouz (ELS), sise sur la commune de Sinnamary
DA03	Arrêté N°1655/DEAL	Arrêté Numéro 1655/DEAL du 06 octobre 2011 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.
DA04	CSG-ID-S3X-495-SEER	Description et exploitation des plans de mesures Ariane 5 et des mesures environnement.

Pour mémoire :

CSG-ID-S3X-495-SEER

Description et exploitation des plans de mesures Ariane 5 et des mesures environnement.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev :01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 6/100
--	--	--

TERMES ET DEFINITIONS

TERME	DÉFINITION
Abondance	Paramètre d'ordre quantitatif servant à décrire une population. Le dénombrement exhaustif d'une population animale ou végétale, est généralement impossible, d'où le recours à des indicateurs. Par extension, l'abondance désigne un nombre d'individus, rapporté à une unité de temps ou de surface, dans une catégorie donnée.
ARPEGE	Modèle de prévisions numériques météorologiques, conçu par Météo France
Bacs à eau	Bacs de piégeage de surface exposée connue, contenant un volume d'eau distillée dont on connaît précisément les paramètres physico-chimiques.
Biomasse	Quantité de matière constituant par l'ensemble des individus composant la population.
CEP	Modèle de prévisions numériques météorologiques, non conçu mais utilisé par Météo France.
Conditions météorologiques	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.
Données prévisionnelles	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.
Géophyte	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
Hydromorphie	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
Hydroxylation	L'hydroxylation est une réaction chimique consistant à ajouter un groupe hydroxyle (-OH) à une molécule.
Ichtyofaune	Partie de la faune aquatique rassemblant l'ensemble des poissons vivants dans un espace géographique ou un habitat déterminé.
Indice de condition	Coefficient révélant l'état physiologique des poissons
Indice de Shannon ou Shannon-Wiener	Indice permettant de mesurer la diversité spécifique et la répartition des espèces composant une population. Il est compris en entre 0 et 5, où 0 représente une population dont la répartition des espèces est déséquilibrée et 5 est une population parfaitement équilibrée

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 7/100
--	--	---

TERME	DÉFINITION
Mobilité	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.
Polymérisation	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.
Pyrophyte	Une pyrophyte est une plante qui supporte le feu, on peut également parler d'espèce pyrophile.
Richesse spécifique	Nombre d'individu d'une même espèce pouvant être rencontrée dans un écosystème donné.
Richesse taxonomique	Nombre d'individu d'un même taxon pouvant être rencontrée dans un écosystème donné.
Seuil des Effets Irréversibles (SEI)	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).
Seuil des Effets Létaux (SEL)	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).
Spéciation	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.
Taxa / Taxon	Unité quelconque (genre, famille, espèce, sous-espèce, etc.) des classifications hiérarchiques des êtres vivants
Transect	Série de relevés de terrain selon des lignes plus ou moins droites.
Radiosondage	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.
Valeur Limite d'Exposition (VLE)	Valeur maximale de concentration de substance toxique respirable pendant au plus 15 minutes dans l'atmosphère d'un lieu de travail sans risquer d'effets irréversibles pour la santé. Elle correspond à 5 ppm pour l'acide chlorhydrique.
Valeur Moyenne d'Exposition (VME)	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 ³ pour l'alumine.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 8/100
--	--	---

SIGLES

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
Al₂O₃	Alumine
Al³⁺	Ion Aluminium
Al	Aluminium
ARTA	programme d'Accompagnement, de Recherche et de Technologie Ariane
AFNOR	Association Française de Normalisation
BCS	Bureau de Coordination Sauvegarde
BEAP	Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre
BLA	Base de Lancement Ariane
Ca	Calcium
CI	Contrat Industriel
CL	Champ Lointain
Cl⁻	Ion Chlorure
CHK	Centre Hospitalier de Kourou
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CODEX	Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (Réseau de)
CP	Champ Proche
CT	Centre Technique
CSG	Centre Spatial Guyanais
dB	Décibel
DCE	Directive Européenne Cadre sur l'Eau
ELA	Ensemble de Lancement ARIANE
ELS	Ensemble de Lancement SOYOUZ
ELVega	Ensemble de Lancement VEGA

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 9/100
--	--	---

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
EPC	Etage Principal Cryogénique
EPS	Etage à Propergol Stockable
ESQS	Europe Spatiale Qualité Sécurité
ETP	Ephéméroptères, Trichoptères et Plécoptères
FAG	Forces Armées de Guyane
GPS	Système de Positionnement Global
H₂	Dihydrogène
HC	Hydrocarbures imbrûlés
HCl	Acide Chlorhydrique
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IRD	Institut de Recherche et de Développement
K	Potassium
LD	Limite de Détection
MEST	Matières En Suspension Totales
Mg	Magnésium
MMH	Mono Méthyl Hydrazine
Na	Sodium
NaCl	Chlorure de Sodium
NaOH	Hydroxyde de Sodium / Soude
N₂H₄	Hydrazine
N₂O₄	Peroxyde d'Azote
NO₂	Dioxyde d'Azote
NO_x	Oxyde d'Azote
pH	Potentiel Hydrogène

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 10/100
--	--	--

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 11/100
--	--	---

SOMMAIRE

1.	BILAN DES MESURES EN 2017.....	15
2.	OBJET - DOMAINE D'APPLICATION.....	20
3.	CATALOGUE 2017 DES FICHES SYNTHETIQUES POST LANCEMENT.....	21
4.	LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA.....	33
4.1.	OBJECTIFS DES MESURES	33
4.2.	SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES RETOMBEES CHIMIQUES ET GAZEUSES	34
4.3.	LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	35
4.4.	SUIVI DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN	35
4.5.	MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	37
5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	39
5.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	39
5.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	42
5.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	44
5.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	45
5.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	46
5.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS ARIANE 5 EN 2017	49
6.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA	50
6.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	50
6.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	52
6.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	53
6.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	54
6.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	54
6.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEMENT VEGA EN 2017	56
7.	LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT SOYOUZ.....	57

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 12/100
--	--	---

8. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYOUZ	58
8.1. OBJECTIFS DES MESURES	58
8.2. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	59
8.3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	59
8.4. LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	60
8.5. MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES	63
8.6. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYOUZ POUR L'ANNEE 2017	65
9. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	66
9.1. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG 66	
9.2. MESURE DE LA QUALITE DE L'EAU DE LA CRIQUE KAROUABO	67
9.3. MESURE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS DES CRIQUES DU CSG 67	
9.4. SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE DES CRIQUES DU CSG.....	75
9.5. SUIVI DE L'AVIFAUNE DU CSG.....	82
9.6. SUIVI DU PATRIMOINE VEGETAL DU CSG	82
9.7. BIO SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AU MOYEN DES ABEILLES MELIPONES.....	85
10. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2017	90
10.1. PAR RAPPORT AUX ACTIVITES LIEES AUX LANCEURS	90
10.2. PAR RAPPORT AU SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT DU CSG	92
11. ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES.....	94
12. ANNEXE 2 : RAPPELS SUR LES LIMITES REGLEMENTAIRES DE TOXICITE DES PRINCIPAUX PRODUITS EMIS PAR LES LANCEURS.....	95
12.1. CAS DE L'ALUMINE	95
12.2. CAS DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE	95
12.3. CAS DU MONOXYDE DE CARBONE	95
12.4. CAS DU DIOXYDE DE CARBONE.....	96
13. ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES CAPTEURS ENVIRONNEMENT (BACS A EAU) ARIANE 5 & VEGA.....	97
14. ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA SOYOUZ	98
15. ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5	99

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 13/100
--	--	--

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	36
Tableau 3 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	36
Tableau 4 : Localisation des analyseurs fixes du réseau CODEX.....	38
Tableau 5 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »	38
Tableau 6 : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile »	38
Tableau 7: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE	40
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	41
Tableau 9: Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages	42
Tableau 10 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2017	43
Tableau 11: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2017	45
Tableau 12 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	47
Tableau 13 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	48
Tableau 14: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE	51
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	51
Tableau 16: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	52
Tableau 17 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2017.....	53
Tableau 18: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2017	54
Tableau 19 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	55
Tableau 20 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	56
Tableau 21 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	59
Tableau 22: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages...	60
Tableau 23 : Rappel des seuils réglementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO ₂) de carbone.....	61
Tableau 24 : Ensemble des résultats des mesures en continu des Shelters ENVIRONNEMENT SA.....	64
Tableau 25 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	68
Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des eaux des criques Malmanoury, Karouabo, Paracou et de la Crique des Pères	69
Tableau 27 : Résultats des analyses de métaux dans les sédiments de la Karouabo et de la Malmanoury	70
Tableau 28 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo	71
Tableau 29 : Synthèse des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont.	72
Tableau 30 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou.....	73
Tableau 31 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2017.	76
Tableau 32 : Ensemble des paramètres d'analyse sur le végétation.....	82

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 14/100</p>
---	--	---

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Public assistant au lancement VA240 depuis JUPITER II, Service CNES OPTIQUE VIDEO 2017	16
Figure 2 : Bac à eau sur son trépied métallique et SPM Honeywell sur le chemin de ronde AR5	35
Figure 3 : Dépose d'un bac à eau avec son flacon d'échantillonnage.....	36
Figure 4 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)	40
Figure 5 : SPM en cours de mise en place.....	45
Figure 6 : SPM mobile installé en champ proche.....	45
Figure 7 : Station de surveillance BRADY à Kourou, ORA 2017	61
Figure 8 : Bilan des indices de qualité de l'air (IQA) à la station Brady en nombre de jour [DR23]	61
Figure 9: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2017)	67
Figure 10 : Crique Karouabo, HYDRECO 2017	71
Figure 11 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2017	71
Figure 12 : Numérotation d'un pied <i>Cyrtopodium cristatum</i>	83
Figure 13 : <i>S. angustifolia</i>	83
Figure 14: Station <i>S. angustifolia</i> sous pylône - ELS	84
Figure 15 : Mélipona [DR22].....	85
Figure 16 : Ruchers Tangara.....	85
Figure 17 : Ruchers Sentier Ebène	85
Figure 18 : Ruchers de l'ELS	85
Figure 19 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB.....	86
Figure 20 : Vue interne d'un rucher et de son organisation, NBC APILAB.....	87
Figure 21 : Prélèvement d'un individu pour analyse, CNES Optique Vidéo 2017	88
Figure 22 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2017	88
Figure 23 : Film réalisé en dehors et à l'intérieur de la ruche du site "La Pirogue" lors du lancement VA240 du 12/12/17 au CSG	89
Figure 24 : Fiche toxicologique INRS	95
Figure 25 : Fiche toxicologique INRS	96

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 15/100
--	--	--

1. BILAN DES MESURES EN 2017

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 Soyouz **[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 2017.

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 2017 est présentée dans le tableau ci-dessous.

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS																																														
<p align="center">RAPPEL DES ACTIVITES DE LANCEMENTS AU CSG</p>	 <p>Figure 1 : Public assistant au lancement VA240 depuis JUPITER II, Service CNES OPTIQUE VIDEO 2017</p>	<p>En 2017, le Centre Spatial Guyanais a opéré 11 chronologies de lancement, réparties comme suit</p>					<table border="1"> <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 A235</td> <td>14/02/2017</td> <td>18h39min</td> </tr> <tr> <td>Vol A236</td> <td>04/05/2017</td> <td>18h51min</td> </tr> <tr> <td>Vol A237</td> <td>01/06/2017</td> <td>20h45min</td> </tr> <tr> <td>Vol A238</td> <td>28/06/2017</td> <td>18h15min</td> </tr> <tr> <td>Vol A239</td> <td>29/09/2017</td> <td>18h56min</td> </tr> <tr> <td>Vol A240</td> <td>12/12/2017</td> <td>15h36min</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Soyouz (2 lancements)</td> <td>Vol S16</td> <td>27/01/2017</td> <td>22h03min</td> </tr> <tr> <td>Vol S17</td> <td>18/05/2017</td> <td>08h54min</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Vega (3 lancements)</td> <td>Vol V09</td> <td>06/03/2017</td> <td>22h49min</td> </tr> <tr> <td>Vol V10</td> <td>01/08/2017</td> <td>22h58min</td> </tr> <tr> <td>Vol V11</td> <td>07/11/2017</td> <td>22h42min</td> </tr> </tbody> </table>	Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)	Ariane 5 (6 lancements)	Vol A235	14/02/2017	18h39min	Vol A236	04/05/2017	18h51min	Vol A237	01/06/2017	20h45min	Vol A238	28/06/2017	18h15min	Vol A239	29/09/2017	18h56min	Vol A240	12/12/2017	15h36min	Soyouz (2 lancements)	Vol S16	27/01/2017	22h03min	Vol S17	18/05/2017	08h54min	Vega (3 lancements)	Vol V09	06/03/2017	22h49min	Vol V10	01/08/2017	22h58min	Vol V11	07/11/2017	22h42min
Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)																																												
Ariane 5 (6 lancements)	Vol A235	14/02/2017	18h39min																																												
	Vol A236	04/05/2017	18h51min																																												
	Vol A237	01/06/2017	20h45min																																												
	Vol A238	28/06/2017	18h15min																																												
	Vol A239	29/09/2017	18h56min																																												
	Vol A240	12/12/2017	15h36min																																												
Soyouz (2 lancements)	Vol S16	27/01/2017	22h03min																																												
	Vol S17	18/05/2017	08h54min																																												
Vega (3 lancements)	Vol V09	06/03/2017	22h49min																																												
	Vol V10	01/08/2017	22h58min																																												
	Vol V11	07/11/2017	22h42min																																												
<p align="center">SYNTHESE DES INDICATEURS DE QUALITE DES MILIEUX</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMPARTIMENTS</th> <th>AIR</th> <th>EAU</th> <th>SEDIMENT</th> <th>FAUNE AQUATIQUE</th> <th>BIO SURVEILLANCE</th> <th>VEGETATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">MESURES</td> <td>Réseau CODEX <i>HCl / Al₂O₃ / N₂H₄ / NO_x</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 des colonies</td> <td rowspan="4">Surveillance environnementale du patrimoine forestier</td> </tr> <tr> <td>Analyseurs mobiles <i>HCl</i></td> <td>KAROUABO</td> <td>KAROUABO</td> <td>Lésions anatomo pathologique</td> <td>Analyse particulière</td> </tr> <tr> <td>Bacs à eau <i>HCl / Al₂O₃</i></td> <td>MALMANOURY</td> <td>MALMANOURY</td> <td>Dosage Aluminium</td> <td rowspan="2">Analyse toxicologique du miel</td> </tr> <tr> <td>Shelters SOYOUZ <i>CO / CO₂ / NO_x / SO_x / PM / HCT</i></td> <td>PARACOU</td> <td>PARACOU</td> <td>SMEG</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	BIO SURVEILLANCE	VEGETATION	MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al₂O₃ / N₂H₄ / NO_x</i>	Suivi de la qualité physico-chimique	Suivi de la qualité physico-chimique	Diversité, Richesse, Abondance	Dynamique des colonies	Surveillance environnementale du patrimoine forestier	Analyseurs mobiles <i>HCl</i>	KAROUABO	KAROUABO	Lésions anatomo pathologique	Analyse particulière	Bacs à eau <i>HCl / Al₂O₃</i>	MALMANOURY	MALMANOURY	Dosage Aluminium	Analyse toxicologique du miel	Shelters SOYOUZ <i>CO / CO₂ / NO_x / SO_x / PM / HCT</i>	PARACOU	PARACOU	SMEG	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	BIO SURVEILLANCE	VEGETATION																																									
MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al₂O₃ / N₂H₄ / NO_x</i>	Suivi de la qualité physico-chimique	Suivi de la qualité physico-chimique	Diversité, Richesse, Abondance	Dynamique des colonies	Surveillance environnementale du patrimoine forestier																																									
	Analyseurs mobiles <i>HCl</i>	KAROUABO	KAROUABO	Lésions anatomo pathologique	Analyse particulière																																										
	Bacs à eau <i>HCl / Al₂O₃</i>	MALMANOURY	MALMANOURY	Dosage Aluminium	Analyse toxicologique du miel																																										
	Shelters SOYOUZ <i>CO / CO₂ / NO_x / SO_x / PM / HCT</i>	PARACOU	PARACOU	SMEG																																											
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">CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p> <p align="center">Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 07/01/2019</p> <p>Page : 17/100</p>
---	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center">LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION</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">MODELISATION DES RETOMBES AU SOL DU NUAGE DE COMBUSTION</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">SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR : CAPTEURS ENVIRONNEMENT EN CHAMP PROCHE ET EN CHAMP LOINTAIN</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 Ariane 5 et VEGA nous nous intéressons à l'acide chlorhydrique et à l'alumine ; Pour le lanceur SOYOUZ, on s'intéresse aux émissions en monoxyde et dioxyde de carbone, les oxydes d'azote et de soufre ainsi que les particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les résultats des mesures effectuées pour les vols Ariane 5 n°235 à 240 n'ont pas montré de particularité par rapport aux lancements des précédentes années. ▪ Les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 500 mètres autour du pas de tir). ▪ Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2017 n'ont pas montrés de particularité. En effet, les concentrations mesurées sont bien plus faibles que celles retrouvées suite aux tirs d'Ariane. ▪ Il a été observé que 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. ▪ Nota : Concernant VA237, compte-tenu de la réorientation des vents, tous les bacs n'ont pas été exposés aux retombées chimique du nuage de combustion.
<p align="center">SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR : RESEAU CODEX, ANALYSEURS FIXES ET MOBILES, SHELTERS ENVIRONNEMENT</p> <p align="center">Suivi en continu</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. ▪ Les analyseurs fixes, installés afin de suivre la qualité de l'air pendant les vols Soyouz, n'ont détecté aucune teneur imputable au lanceur lors des missions Soyouz n°16 et 17. 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 chronologies nominales. <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 2017. Pour les autres vols, il n'y a pas d'écart significatif remettant en cause le choix de l'option de pose.</p>

<p align="center">CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p> <p align="center">Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 07/01/2019</p> <p>Page : 18/100</p>
---	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>SUIVI CONTINU DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE CRIQUE KAROUABO (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)</p>	<p>En 2017, aucun prélèvement d'eau n'a été effectué sur les eaux de la Karouabo étant défectueux. Ce dysfonctionnement sera corrigé en 2018 avec la réalisation de 2 campagnes de prélèvements.</p>
<p>ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO- CHIMIQUE DES SEDIMENTS</p>	<p>En 2017, 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>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 2017.</p>
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS « ICHTYOFAUNE »</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 Soyouz. Elle est tout simplement naturelle.</p>
<p>INVERTEBRES AQUATIQUES</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 2017 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>AVIFAUNE</p>	<p>En 2017, aucun prélèvement de coquille d'œuf n'a été effectué sur les nichoirs du Centre Spatial Guyanais.</p>

<p align="center">CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p> <p align="center">Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 07/01/2019</p> <p>Page : 19/100</p>
---	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p align="center">LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET SUIVI DE L'EFFECTIF DE LA COLONIE D'IBIS ROUGES ET D'ARDEIDES</p>	<p>Aucun survol n'a été effectué en 2017 sur le littoral du CSG.</p>
<p align="center">SUIVI DE LA VEGETATION Analyse des pluviollessivats (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)</p>	<p>En 2017, aucun prélèvement de pluviollessivats n'a été réalisé.</p>
<p align="center">SUIVI DES PEUPELEMENTS BOTANIKES D'INTERET MAJEUR</p>	<p>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>.</p> <p>En 2017, les espaces naturels littoraux n'ont pas été suivis comme les années précédentes.</p> <p>Néanmoins, les visites régulières de l'Office National des Forêts ont permis de confirmer le maintien des <i>Cyrtopodiums</i> du sentier Ebène</p> <p>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).</p>

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 20/100
--	--	--

2. OBJET - DOMAINE D'APPLICATION

Ce document présente les résultats des mesures réalisées en 2017 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 A235 à 240)
- des trois (3) campagnes Vega (vols V09 à 11)
- des deux (2) campagnes Soyouz (vols S16 et S17)

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 Soyouz (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 Soyouz
- 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 5 soit ELA3
 - VEGA soit ELVega
 - Soyouz soit ELS

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 21/100
---	---	---

3. CATALOGUE 2017 DES FICHES SYNTHETIQUES POST LANCEMENT

En 2017, le CNES/CSG et son service Environnement et Sauvegarde Sol ont proposé une « fiche synthétique post lancement » à l'issue de chaque campagne. Ces fiches, non techniques, ont pour objectif de présenter « sommairement » les principales mesures, et les résultats associés, réalisées à l'occasion de chaque évènement au CSG.

Cette démarche d'amélioration engagée par le CNES/CSG est marquée par une volonté de vulgarisation et de réactivité quant à la restitution des premiers résultats obtenus.

Vous trouverez au fil des pages suivantes, l'ensemble des fiches synthétiques post lancement qui a été diffusé auprès des instances administratives locales.

Voici le catalogue des Plans de Mesures Environnement déployés en 2017 au Centre Spatial Guyanais.

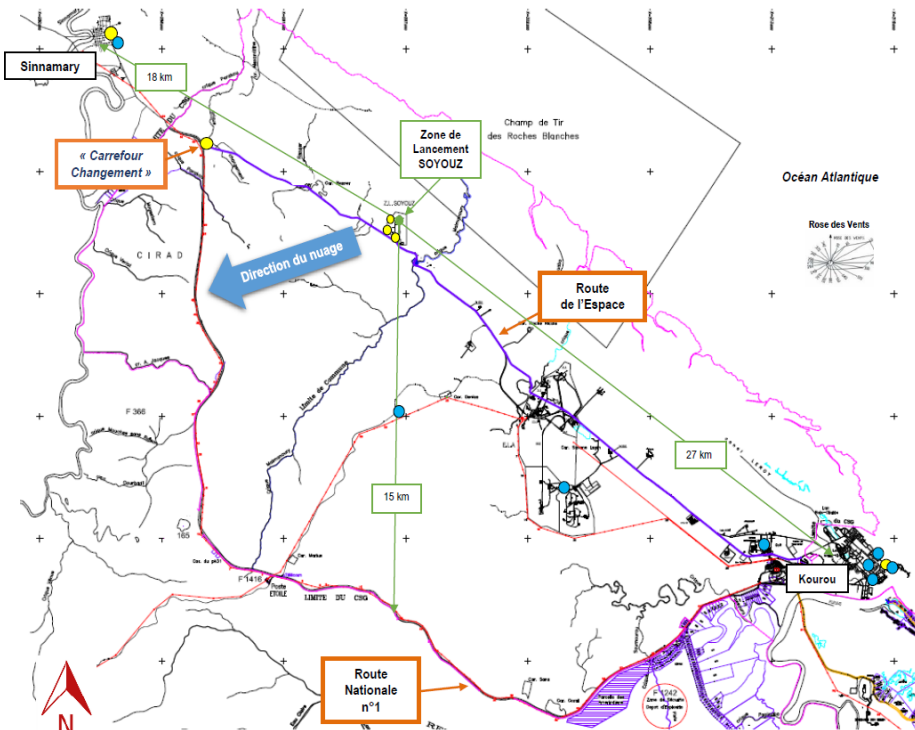


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYOUZ 16

Arrêté préfectoral N°1689 2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Soyouz (ELS) sur la commune de Sinnamary

Ven
27
Janv.
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion des moteurs du 1^{er} et du 2nd Etages (Blocs latéraux et bloc A) sont dispersés dans l'atmosphère



Monoxyde / Dioxyde d'Oxygène (CO / CO₂) + Oxydes de soufre et d'azote (SO_x, NO_x)

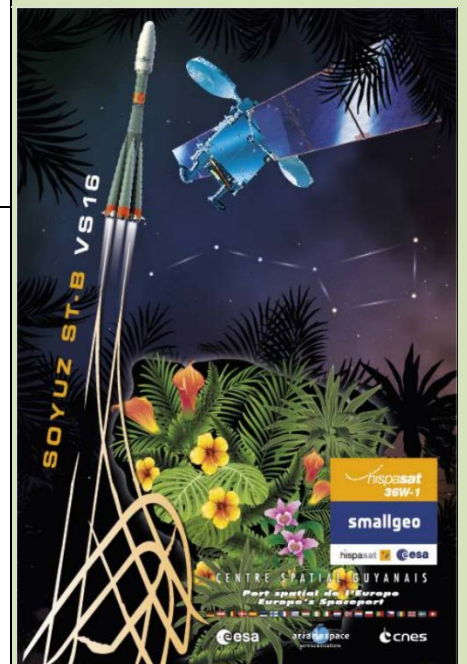


Soyouz

Le vendredi 27 janvier 2017 à 22h03 (Heure locale).

Le vol 16 en bref :

1 Satellite de télécommunication
HISPASAT 36W-1



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
3 sites en champ proche (Zone de Lancement)	24 analyseurs	●
3 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / CSG)	24 analyseurs	●
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	●
PARAMETRES DE MESURE		
Analyseurs Shelters Environnement	CO / CO ₂ / SO _x / NO _x / O ₃ / PM _{2.5} / PM ₁₀ / HCT (Telematic Solutions)	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique en continu	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 16

Teneurs maximales en oxydes d'oxygène, azote et soufre mesurées jusqu'à 500 mètres en zone de lancement
Hors du CSG, les teneurs en oxydes d'oxygène, azote et soufre émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact du lancement VS16 n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

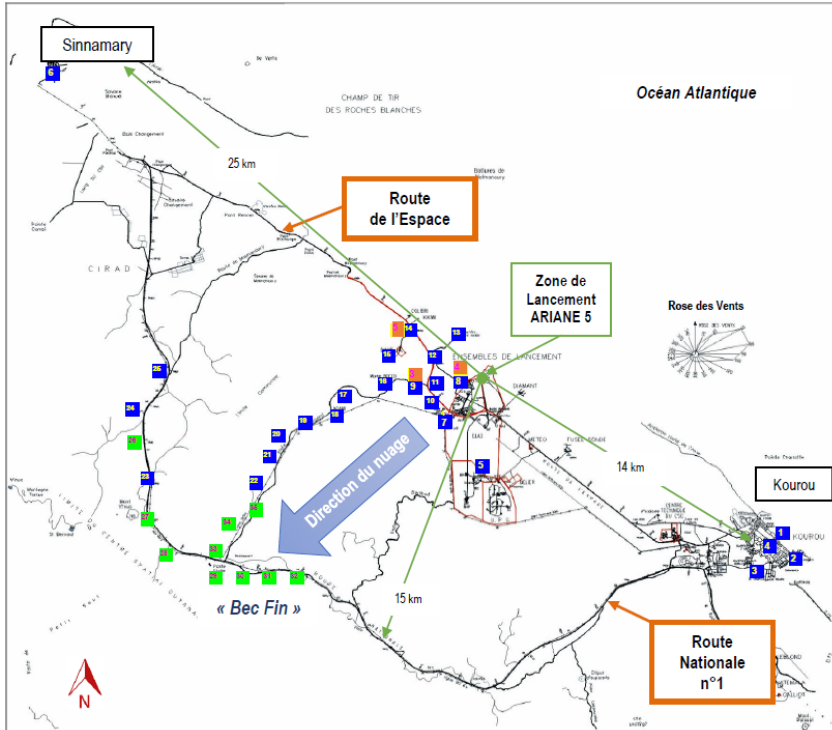


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA235

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Ma
14
Fév.
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA
Le mardi 14 février 2017 à 18h39 (Heure locale).

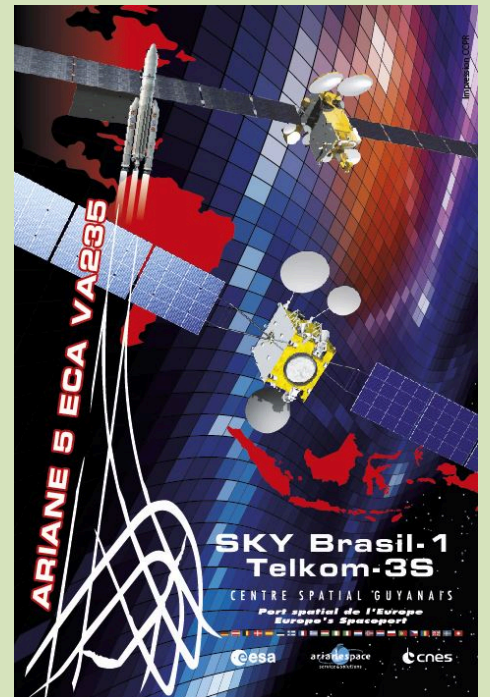
Le vol 235 en bref :

2 Satellites de télécommunication
Telkom 3S et SKY Brasil-1

Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
	2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 235

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 1100 mètres en zone de lancement
Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact des lancements n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Rapport détaillé disponible sur

<http://www.cnes-csg.fr>

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

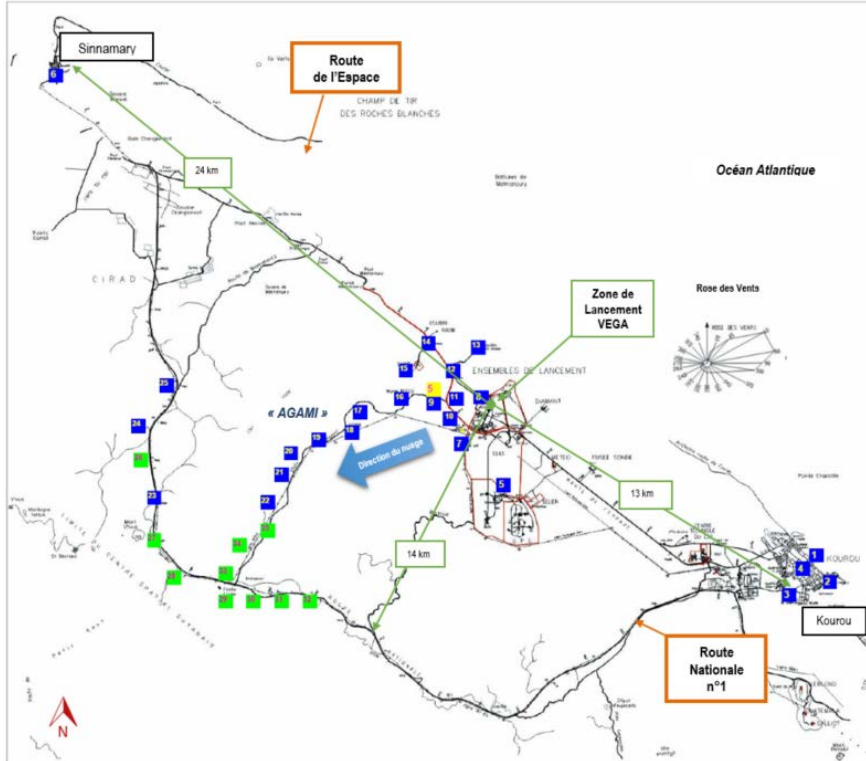


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV09

Arrêté préfectoral N°1655/DEAL du 06 octobre 2011 portant autorisation au CNES à exploiter les installations constitutives de l'Ensemble de Lancement VEGA (ELVEG A) situées sur le territoire de la commune de Kourou, au sein du Centre Spatial Guyanais

Lun
06
Mars
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion du premier étage (P80) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)

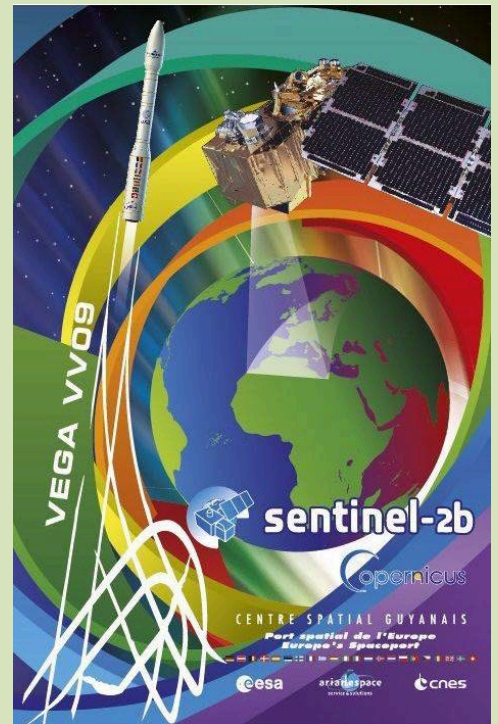


VEGA

Le lundi 06 mars 2017 à 22h49 (Heure locale).

Le vol VV09 en bref :

1 Satellite d'Observation de la Terre
Sentinel- 2B



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
	2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

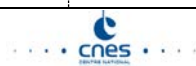
CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VV09

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 200 mètres en zone de lancement.
Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles voire non quantifiables, l'impact du lancement n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

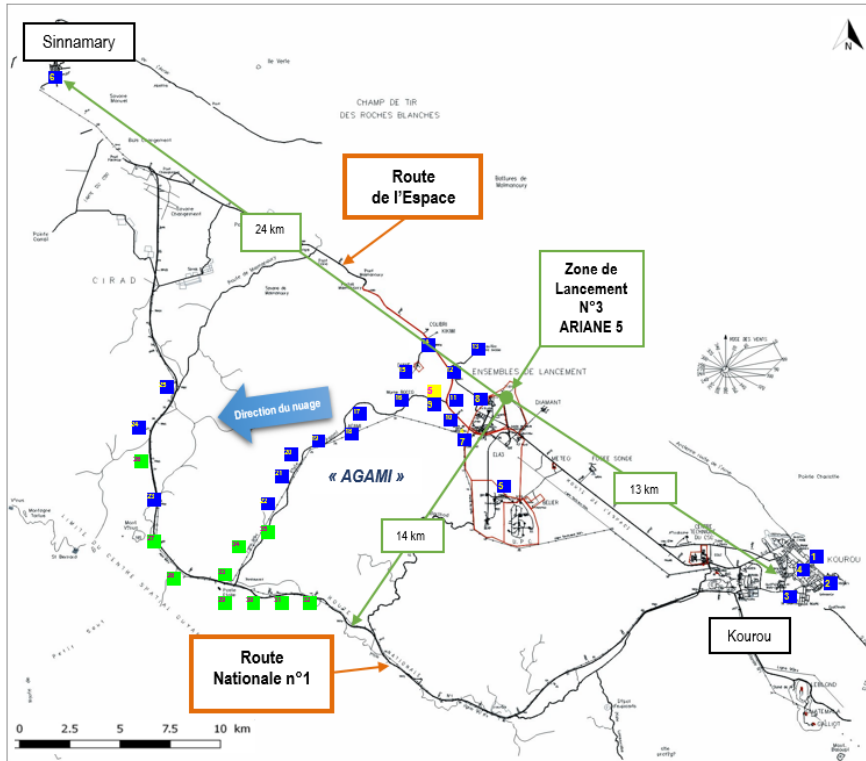




RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA236

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA
Jeudi 04 mai 2017 à 18h51 (Heure locale).

Le vol 236 en bref :
2 Satellites de télécommunication
SGDC & KOREASAT-7.



Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)

EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
	2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 236

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 450 mètres en zone de lancement. Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

L'ensemble des capteurs (45) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION DE POSE A « AGAMI »)

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

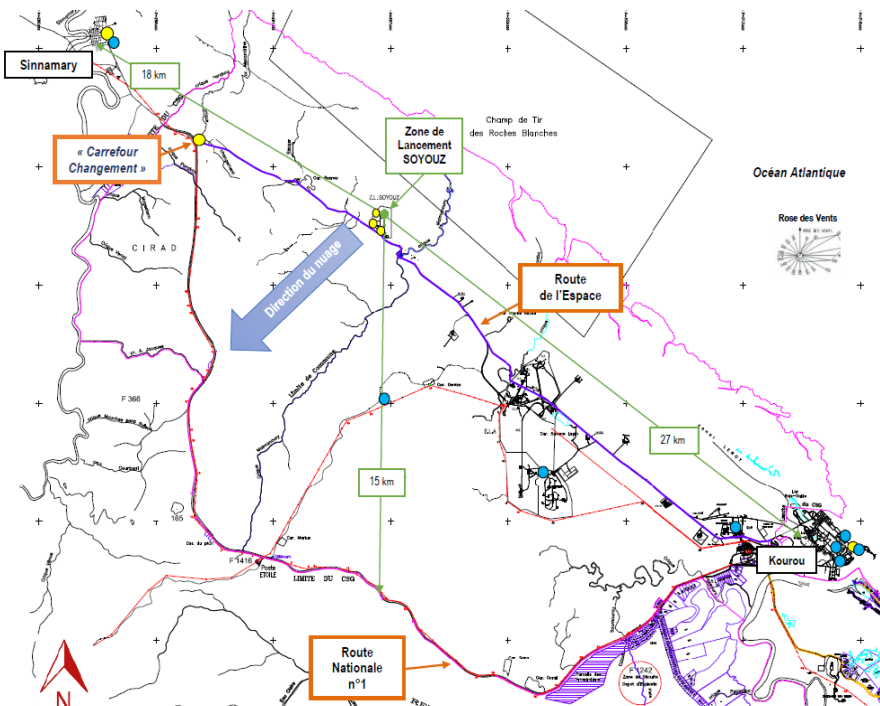


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYOUZ 17

Arrêté préfectoral N°1689 2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Soyouz (ELS) sur la commune de Sinnamary

Jeu
18
Mai
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion des moteurs du 1^{er} et du 2nd Etages (Blocs latéraux et bloc A) sont dispersés dans l'atmosphère



Monoxyde / Dioxyde d'Oxygène + Oxydes de soufre et d'azote
(CO / CO₂) (SO_x, NO_x)



Soyouz

Le jeudi 18 mai 2017 à 08h54 (Heure locale).

Le vol 17 en bref :

1^{er} satellite géostationnaire de télécommunication « tout électrique »

SES-15



EMPLACEMENT DES CAPTEURS		DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
3 sites en champ proche (Zone de Lancement)		24 analyseurs	●
3 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / CSG)		24 analyseurs	●
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)		24 analyseurs fixes	●
PARAMETRES DE MESURE			
Analyseurs Shelters Environnement	CO / CO ₂ / SO _x / NO _x / O ₃ / PM _{2.5} / PM ₁₀ / HCT (Telematic Solutions)		
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique en continu		

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 17

Teneurs maximales en oxydes d'oxygène, azote et soufre mesurées jusqu'à 500 mètres en zone de lancement
Hors du CSG, les teneurs en oxydes d'oxygène, azote et soufre émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact du lancement VS17 n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

CENTRE SPATIAL GUYANAIS

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

BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf : **CSG-RP-SPX-19365-CNES**
Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
Date : **07/01/2019**
Page : **27/100**

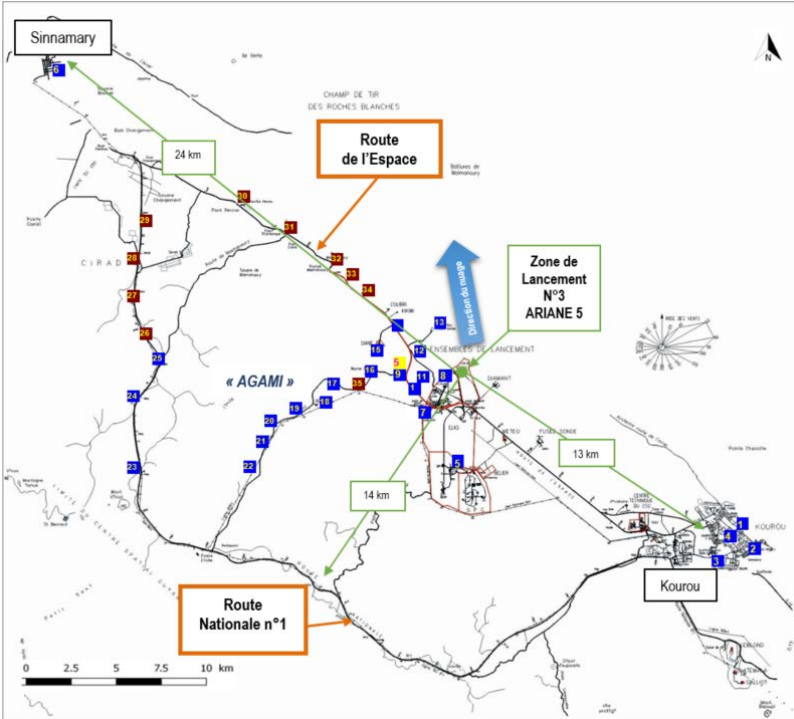


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA237

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Jeu
01
Jun
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



Ariane 5 version ECA
Jeudi 01 juin 2017 à 20h45 (Heure locale).

Le vol 237 en bref :
2 Satellites de télécommunication
ViaSat-2 & Eutelsat 172B



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
	2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 237

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 400 mètres en zone de lancement.

Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

L'ensemble des capteurs (45) n'a pas été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION DE POSE B « Route de l'Espace »)

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

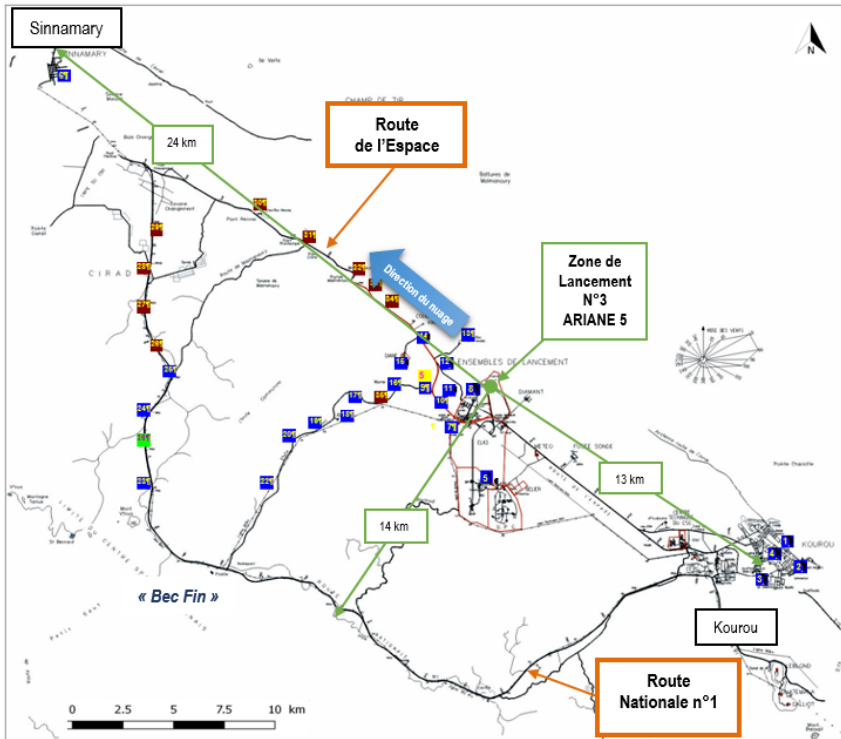




RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA238

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



Ariane 5 version ECA
Jeudi 01 juin 2017 à 20h45 (Heure locale).

Le vol 238 en bref :
2 Satellites de télécommunication

Hellas Sat 3 – Inmarsat S EAN (HS3-IS) & GSAT-172



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
	2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 238

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 500 mètres en zone de lancement. Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

L'ensemble des capteurs (45) n'a pas été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION DE POSE B « Route de l'Espace »)

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

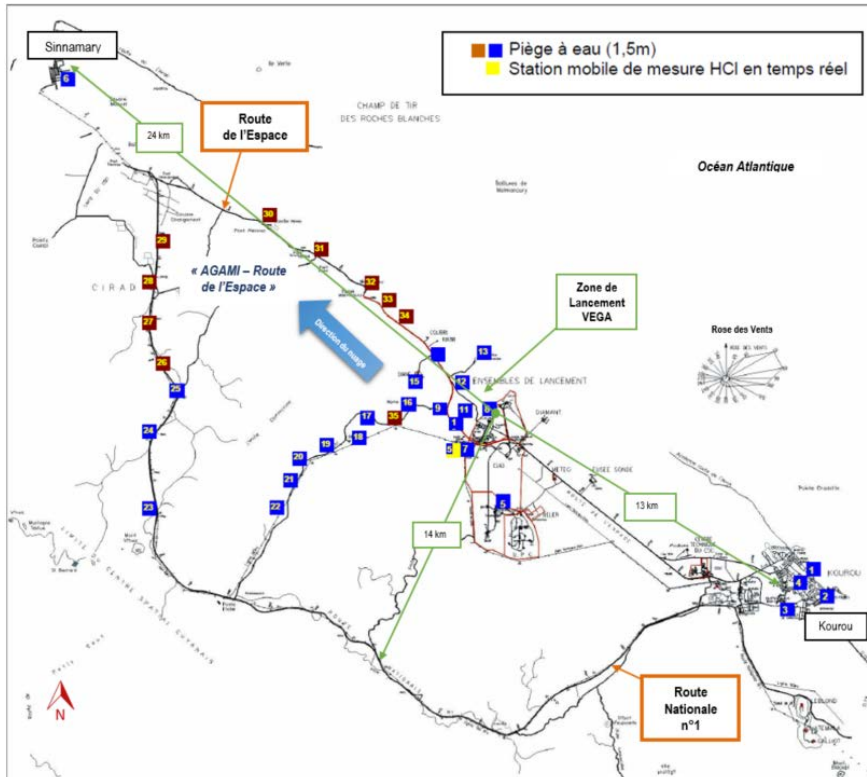


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV10

Arrêté préfectoral N°1655/DEAL du 06 octobre 2011 portant autorisation au CNES à exploiter les installations constitutives de l'Ensemble de Lancement VEGA (ELVEG A) situées sur le territoire de la commune de Kourou, au sein du Centre Spatial Guyanais

Mar
1^{er}
Août
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion du premier étage (P80) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



VEGA

Le mardi 1^{er} août 2017 à 22h58 (Heure locale).

Le vol VV10 en bref :

2 Satellites d'Observation de la Terre

OPSAT 3000 & Venµs

(Reconnaissance optique) / (Suivi de la végétation terrestre)



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	2 analyseurs mobiles	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	35 bacs à eau	
	1 analyseur mobile	
	24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VV10

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 170 mètres en zone de lancement et jusqu'à environ 2000 mètres de la zone de lancement (à l'intérieur du périmètre du CSG).

Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles voire non quantifiables, parfois non imputable au lancement (soulèvement de poussière, embruns marins) ; l'impact du lancement n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

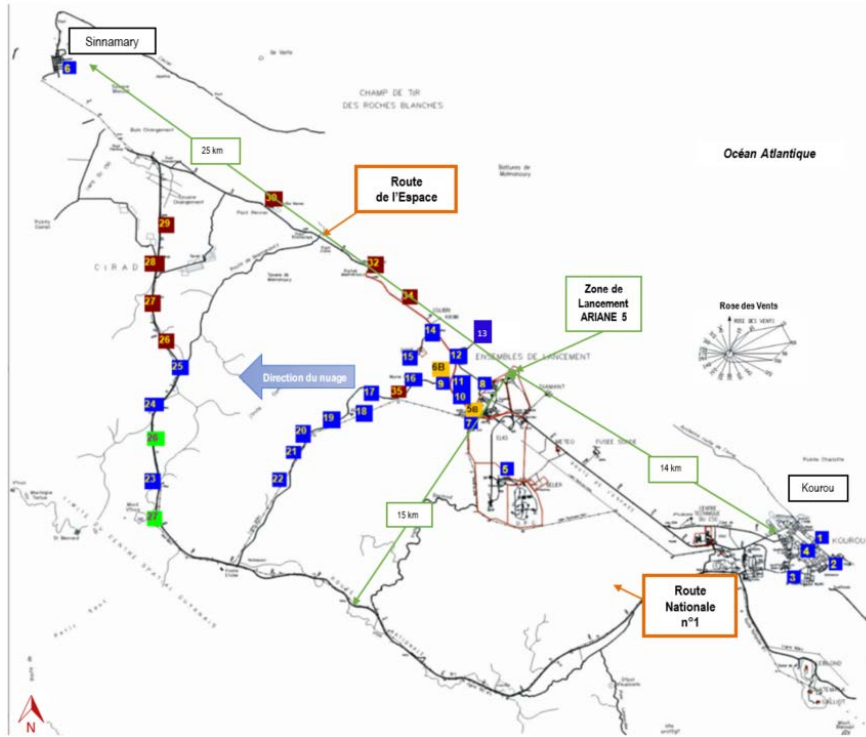


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA239

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Ven
29
Sept
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA

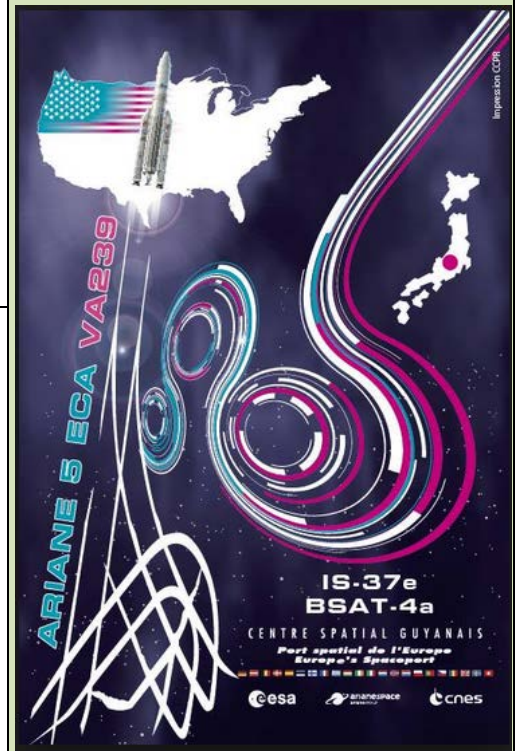
Le vendredi 29 septembre 2017 à 18h56 (Heure locale).

Le vol 239 en bref :
2 Satellites de télécommunication
INTELSAT 37e et BSAT-49

Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau
	2 analyseurs mobiles
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau
	1 analyseur mobile
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes
PARAMETRES DE MESURE	
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 239

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 450 mètres en zone de lancement.
Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr



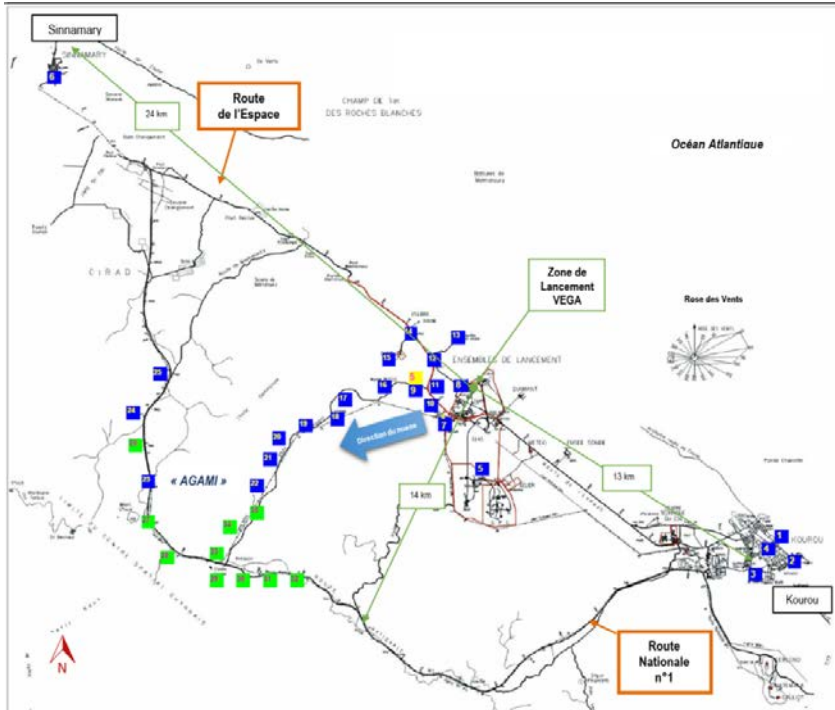


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV11

Arrêté préfectoral N°1655/DEAL du 06 octobre 2011 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

Mar
7
Nov.
2017

Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion du premier étage (P80) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)

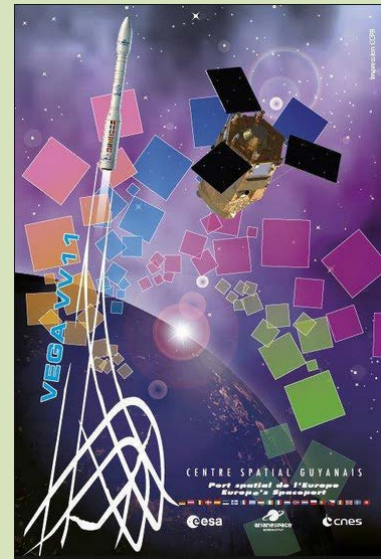


VEGA

Le mardi 7 novembre 2017 à 22h42 (Heure locale).

Le vol V11 en bref :
1 système de 2 Satellites
de Reconnaissance et d'Observation de la Terre

MOHAMMED VI-A



EMPLACEMENT DES CAPTEURS		DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)		10 bacs à eau	
		2 analyseurs mobiles	
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)		35 bacs à eau	
		1 analyseur mobile	
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)		24 analyseurs fixes	
PARAMETRES DE MESURE			
Bacs à eau		pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles		Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes		Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VV11

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 1500 mètres en zone de lancement et jusqu'à environ 2800 mètres de la zone de lancement (à l'intérieur du périmètre du CSG).

Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont faibles, parfois non imputable au lancement (soulèvement de poussière, embruns marins) ; l'impact du lancement n'est pas décelable.

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

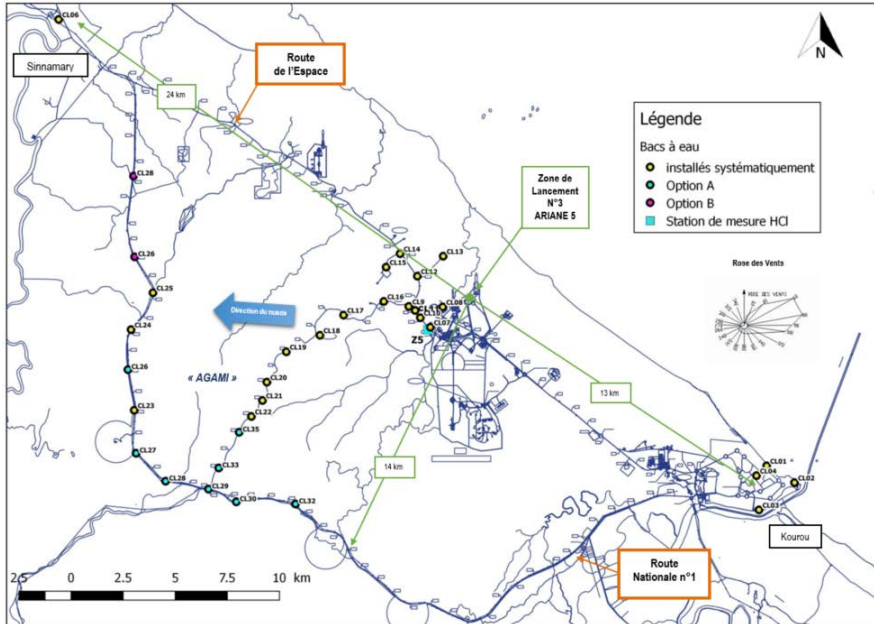


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA240

Arrêté préfectoral N°1632 1D/1B/ENV du 24 juillet 2006 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Ariane (ELA) sur la commune de Kourou

Mar
12
Déc
2017

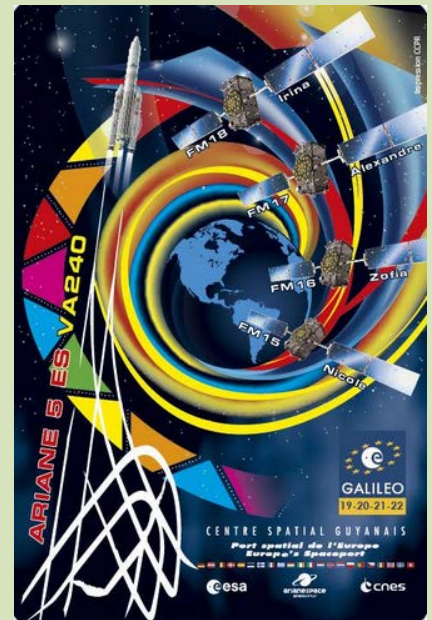
Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA
Le mardi 12 décembre 2017 à 15h36 (Heure locale).

Le vol 240 en bref :

4 Satellites du programme de géolocalisation européen GALILEO



Seuls les produits de combustion des Etages d'Accélération à Poudre (EAP) sont dispersés dans l'atmosphère



Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)

EMPLACEMENT DES CAPTEURS		DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	●	●
	2 analyseurs mobiles		■
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	●	●
	1 analyseur mobile		■
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes		■
PARAMETRES DE MESURE			
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)		
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu		
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique		

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 240

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 500 mètres en zone de lancement.

Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont très faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

L'ensemble des capteurs (45) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion

(OPTION DE POSE A « AGAMI »)

Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 33/100
--	--	---

4. LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA

4.1. 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 présent dans l'air, c'est-à-dire l'**alumine (Al₂O₃)** et l'**acide chlorhydrique (HCl)** issues :

- du 1^{er} 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 (Al₂O₃) et 50 tonnes l'acide chlorhydrique (HCl)
- du 1^{er} 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.

- **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).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 34/100
--	--	--

4.2. *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 particulaires 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>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 35/100</p>
---	--	--

4.3. 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.

4.4. Suivi des retombées chimiques gazeuses et particulaires en champs proche, moyen et lointain

4.4.1. Objectif des mesures

Les mesures des retombées chimiques gazeuses et particulaires 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 2 : Bac à eau sur son trépied métallique et SPM Honeywell sur le chemin de ronde AR5
Service OPTIQUE VIDEO CNES



Figure 3 : Dépose d'un bac à eau avec son flacon d'échantillonnage

Après le lancement, les pièges à eau récupérés, sont conditionnés puis adressé 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 ²
Concentration en aluminium (particulaire, dissous et totale)	mg/m ²

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.

4.4.2. 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 / ZLVEGA (m)	SPM HONEYWELL
A I R	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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 37/100
--	--	--

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.).

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),
 - **3** 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 N₂O₄ / NO₂
- } Soit **24 analyseurs fixes**

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

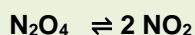
4.5. Mesures en continu des retombées chimiques gazeuses en acide chlorhydrique

4.5.1. 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** (N₂O₄ / NO₂) 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 N₂O₄ et dioxyde d'azote NO₂, les deux espèces sont toujours présentes simultanément tel que :



CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 07/01/2019
		Page : 38/100

4.5.2. 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 :

Tableau 4 : Localisation des analyseurs fixes du réseau CODEX

<u>COMMUNES RIVERAINES</u>			
<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 Cocoteriaie :	Station météo Isabelle (cabanon en bois).		
<u>AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</u>			
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 5 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »

Nom	Produits	Gamme de mesure	Seuil olfactif
N ₂ H ₄	Produits hydrazinés	1 à 6 ppm	1,7 ppm
N ₂ O ₄	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 », trois (3) 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 6 : 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).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 39/100
--	--	---

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

En 2017, le CSG a opéré six (6) lancements Ariane 5 en heure locale :

❖ Vol 235 :	le 14/02/2017 à 18h39 min
❖ Vol 236 :	le 04/05/2017 à 18h51 min
❖ Vol 237 :	le 01/06/2017 à 20h45 min
❖ Vol 238 :	le 28/06/2017 à 18h15 min
❖ Vol 239 :	le 29/09/2017 à 18h56 min
❖ Vol 240 :	le 12/12/2017 à 15h36 min

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

5.1. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

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.

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 2017. Un tableau récapitulatif est présenté en **Annexe 4** du présent document).

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2017, l'analyse des simulations a montré :

- Une réorientation des vents pour VA237 avec une direction prise par le nuage qui diffère de 76% par rapport à la modélisation basée sur les prévisions météo.
- Un écart moyen de 18% pour les autres vols, ne remettant pas en cause l'option de pose choisie pour les bas à eau.



Figure 4 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)

Tableau 7: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE

VOL	DIRECTION BASSES COUCHES		OPTION DE POSE RETENUE
	(°)	VERS...	
VA235	48	Bec Fin	A – Piste Agami
VA236	71	Agami	A – Piste Agami
VA237	94	Entre Agami et Diane	B – Route de l'Espace
VA238	102,5	Diane	B – Route de l'Espace
VA239	87	Agami	B – Route de l'Espace avec 2 modifications : - CL31 de l'option B remplacé par CL27 de l'option A - CL33 de l'option B remplacé par CL26 de l'option A
VA240	75	Agami	A – Piste Agami avec 2 modifications : - - CL31 de l'option A remplacé par CL26 de l'option B - - CL34 de l'option A remplacé par CL28de l'option B

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 41/100
--	--	---

Tableau 8 : 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 ³)
VA235	2,8	14
VA236	1,6	8,3
VA237	4,3	19
VA238	2,6	12,4
VA239	2,3	10,5
VA240	2,5	12,4

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, hormis pour VA236, les résultats de la simulation indiquent des concentrations supérieures à la VME (Valeur Moyenne d'Exposition égale à 10 mg/m³). A noter que cette simulation est majorante.

Sachant que l'exposition ne dure que quelques minutes et reste localisée à l'intérieur de l'emprise du CSG (zone évacuée à cet instant), les valeurs en alumine sont à relativiser.

5.1.2. 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 42/100
--	--	---

Tableau 9: Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages

VOL	2017		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
VA235	14	Février	52	Bec Fin	1,6	8,2
VA236	04	Mai	88	Agami	1,5	12,4
VA237	01	Juin	165	Ensemble de Lancement Soyouz	3,5	18,3
VA238	28	Juin	124	Ensemble de Lancement Soyouz	1,2	8,7
VA239	29	Septembre	90	Agami	1,4	7,7
VA240	12	Décembre	99	Entre Agami et Diane	0,6	5,7

Pour l'année 2017, 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** restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique et très inférieures à la SEI (Seuil des Effets Irréversible) de 30 ppm pour 30 min.

Pour **l'alumine**, la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) est de 10 mg/m³. Pour les vols VA236 et VA237, les valeurs maximales sont respectivement de 12,4 et 18,3 mg/m³. A noter que ces valeurs sont calculées au centre du nuage et sont beaucoup moins importantes en périphérie. Il n'en demeure pas moins qu'il s'agit de concentrations simulées et généralement surestimées.

5.2. 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.

Tableau 10 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2017

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
A235	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1084	1288
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	48	52
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,8	1,6
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	14	8,2
A236	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1067	1004
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	71	88
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,6	1,5
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	8,3	12,4
A237	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	957	852
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	94	165
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	4,3	3,5
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	19	18,3
A238	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1002	1100
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	102	124
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,6	1,2
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	12,4	8,7
A239	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1022	1109
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	87	90
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,3	1,4
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	10,5	7,7
A240	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	998	1130
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	75	99
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,5	0,6
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	12,4	5,7

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 44/100
--	--	--

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 76% de différence sur la direction du nuage de combustion du lancement V237).

Concernant VA237, compte-tenu de la réorientation des vents, tous les bacs n'ont pas été exposés aux retombées chimique du nuage de combustion.

Pour les autres vols, il n'y a pas d'écart significatif remettant en cause le choix de l'option de pose.

5.3. 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 :

- Une réorientation des vents pour VA237 avec une direction prise par le nuage qui diffère de 76% par rapport à la modélisation basée sur les prévisions météo.
- Un écart moyen de 18% pour les autres vols, ne remettant pas en cause l'option de pose choisie pour les bacs à eau.

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

De plus, dans la majorité des cas, les concentrations calculées à partir des données des radiosondages sont inférieures à celles calculées sur la base des données météorologiques prévisionnelles.

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 2017. Ces derniers ont été soumis aux retombées provenant du nuage de combustion du lanceur Ariane 5.

5.4. 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 trois (3) 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 5 : SPM en cours de mise en place



Figure 6 : SPM mobile installé en champ proche

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

Tableau 11: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2017

VOL	Honeywell 3 CP3	Honeywell 4 CP5	Honeywell 5 CL07 / CL09
Localisation des Single Point Monitor Honeywell	Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zones 48 et 49	Chemin de ronde ZL3 – Milieu de la zone 47	Pont Karouabo / Portail piste Agami
A235	15 ppm	ND	ND
A236	ND	ND	ND
A237	ND	ND	ND
A238	ND	ND	ND
A239	ND	2,6 ppm	ND
A240	ND	ND	ND

ND : Non détecté

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 46/100
--	--	--

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

L'absence de situation dégradée au cours des lancements ARIANE 5 de 2017 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 détectent occasionnellement la présence de gaz chlorhydrique. A noter que les teneurs mesurées décroissent rapidement jusqu'à atteindre 0 ppm quelques minutes après le décollage du lanceur

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 2017.

5.5. 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 événements pluvieux ont parfois été enregistrés sur le territoire du CSG. Les épisodes de pluies ont été enregistrés pour les vols suivants :

- VA236 : 36,4 mm
- VA237 : 10 mm
- VA238 : 11,1 mm
- VA240 : 90 mm

Néanmoins en 2017, aucun bac n'a débordé et les analyses ont pu être réalisées dans les meilleures conditions possibles.

5.5.1. Analyse des retombées en aluminium particulaire sédimentable

Le tableau ci-après présente les valeurs maximales mesurées pour le paramètre **aluminium particulaire sédimentable**, en champ proche et en champ lointain, lors de chaque lancement ARIANE 5 de l'année 2017.

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

	Vol	A235	A236	A237	A238	A239	A240
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	342,82	946,36	363,58	10,78	865,69	69,067
	Distance de la ZL3 (m)	277	362	236	362	445	362
	Localisation	CP03 Chemin de Ronde ZL3 - intersection zone 49 et 48	CP 01 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 50	CP 02 Chemin de Ronde ZL3 - milieu zone 49	CP 04 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 47 et 48	CP 04 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 47 et 48	CP 01 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 50
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	5,1	2,99	1,1	2,91	4,015	5,832
	Distance de la ZL3 (m)	4 425	2 640	17 851	16 268	1 874	17 658
	Localisation	CL16 PK 1,5 après portail Agami (entrée du morne Bocco)	CL 12 PK 17,7 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA (Embranchement ancienne RN1)	CL 02 Kourou - Hôtel des Roches	CL 01 Kourou – Station Météo Isabelle	CL08 Parking ancienne RN1	CL27 PK 87,1 de la RN1

Remarques :

- Les concentrations en aluminium particulaire les plus importantes en **champ proche**, ont été quantifiées sur le chemin de ronde de la zone de lancement n°3, à savoir jusqu'à une distance d'environ 450 mètres.
- En **champ lointain**, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont atteintes au niveau de point de mesures situés à l'intérieur du CSG ; elles dépendent des conditions météorologiques du moment (confer le *Tableau 9*). On retiendra dans tous les cas que les valeurs mesurées *hors CSG* sont négligeables puisque assimilables au bruit de fond naturel.

5.5.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

Le tableau ci-après présente les valeurs maximales mesurées pour le paramètre **aluminium particulaire sédimentable**, en champ proche et en champ lointain, lors de chaque lancement ARIANE 5 de l'année 2017.

Tableau 13 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	A235	A236	A237	A238	A239	A240
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	7721,5	9158,3	9774,5	1849,8	14 582	3 335,2
	Distance de la ZL3 (m)	277	362	236	277	362	362
	Localisation	CP03 Chemin de Ronde ZL3 - Intersection zone 49 et 48	CP 01 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 50	CP02 Chemin de Ronde ZL3 - milieu zone 49	CP03 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 48	CP 01 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 50	CP 01 Chemin de Ronde de la ZL3 - intersection zone 49 et 50
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	32,3	84,2	112,9	20,8	169	494,2
	Distance de la ZL3 (m)	12 835	2 640	1 874	16 268	1 874	14 914
	Localisation	CL35 Piste Agami - PK13 après portail	CL 12 PK 17,7 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA (Embranchement ancienne RN1)	CL08 Parking ancienne RN1	CL 01 Kourou – Station Météo Isabelle	CL08 Parking ancienne RN1	CL30 PK 83,6 de la RN1

Remarques :

- En champ proche, les retombées chimiques et particulaires en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement
- 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. Néanmoins, le maximum mesuré en champ lointain pour VA238 correspond à un secteur non couvert par le nuage de combustion (station Isabelle à Kourou). Cette concentration n'est donc pas attribuable au lancement mais à d'autres facteurs tels que les embruns marins.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 49/100
--	--	--

5.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures mettent en évidence qu'une forte proportion d'acide chlorhydrique et d'alumine retombe 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 restent de manière générale faibles à négligeables. Des concentrations néanmoins notables ont été mesurées sur des sites variables en fonction des conditions météorologiques au moment du lancement, ce qui atteste du passage du nuage de combustion.

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 présents dans l'air guyanais tels que l'acide chlorhydrique et alumine.

Des épisodes pluvieux ont été enregistrés durant le temps d'exposition des capteurs, toutefois aucun débordement n'a eu lieu.

Les épisodes de pluies ont été enregistrés pour les vols suivant :

- VA236 : 36,4 mm
- VA237 : 10 mm
- VA238 : 11,1 mm
- VA240 : 90 mm

5.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement des lancements Ariane 5 en 2017

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 235 à 240 n'ont pas montré de particularités par rapport aux années précédentes. En effet, les plus fortes concentrations sont toujours observées en champ proche (dans un périmètre maximal de 500 mètres autour de la ZL3).

Au-delà, les concentrations sont faibles voire inférieures aux seuils de quantification.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 50/100
--	--	---

6. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA

En 2017, le CSG a opéré trois lancements Vega (en heure locale) :

- ❖ Vol VV09 : le 06/03/2017 à 22h49min
- ❖ Vol VV10 : le 01/08/2017 à 22h58min
- ❖ Vol VV11 : le 07/11/2017 à 22h42min

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour ces trois lancements, conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Vega (ELVega) **[DA 03]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions du rapport de synthèse **[DR 13 à 15]** seront présentés dans ce document.

6.1. 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.

6.1.1. 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.

Le tableau suivant indique la direction prise par les vents et l'option de pose retenue pour chacun des vols.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 07/01/2019
		Page : 51/100

Tableau 14: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE

Vol	DIRECTION BASSES COUCHES		OPTION DE POSE RETENUE
	(°)	VERS...	
V09	66	entre Bec fin et Agami	A – Piste Agami
V10	117	Diane	B - Route de l'Espace
V11	71	Agami	A – Piste Agami

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

Tableau 15 : 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 ³)
V09	1,9	8,7
V10	2,5	10,9
V11	2,1	12

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/m³), sauf le vol VV11, qui présente une concentration légèrement supérieure (12 mg/m³).

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. La valeur calculée pour VV11 est donc à relativiser.

6.1.2. Au moyen du radiosondage en chronologie positive

Le jour du lancement 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.

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 rappelle les résultats obtenus pour les conditions météorologiques du H0. Il récapitule la direction des vents en basses couches ainsi que les concentrations maximales.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 52/100
--	--	--

Tableau 16: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.

VOL	2017		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
V09	06	mars	55,3	Bec Fin	1,2	4,9
V10	01	août	140	Carrière Roche Nicole	2	8,9
V11	07	novembre	80	Agami	2,6	10

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 calculées sur tous les vols sont inférieures ou égales à la VME (Valeur Moyenne d'Exposition égale à 10 mg/m³).

6.2. 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 + 25 minutes, nous n'observons pas d'écart significatif (max 20%) entre la direction des retombées calculée par CEP et celle issues du radiosondage le plus proche du H0. Cela ne remet pas en cause le choix de l'option de pose. Les capteurs ont donc été exposés aux retombées provenant du nuage de combustion de Vega.

Tableau 17 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2017

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
VV09	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	713	623
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	66	55,3
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,9	1,2
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	8,7	4,9
VV10	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	615	483
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	117	140
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,5	2,0
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	10,9	8,9
VV11	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	742	481
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	71	80
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,1	2,6
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	12,0	10

6.3. 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 maximal de 20%.

Concernant les concentrations calculées par SARRIM, les comparaisons aux résultats de mesures mettent en exergue une surestimation certaine. 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 pour ces trois mission du lanceur VEGA en 2017.

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 54/100
--	--	--

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

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

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

Tableau 18: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2017

VOL	Honeywell 3 CP4	Honeywell 4 CP6	Honeywell 5 CL7/9
Localisation	Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45	Parking de l'ancienne RN1	Route de l'Espace direction ELA Embranchement Diane (PK 16,15)
V09	4,5 ppm	ND	ND
V10	ND	ND	ND
V11	ND	ND	ND

ND : Non détecté

Sur les trois vols, une seule détection a été mesurée lors du vol V09, par le SPM n°3 installé en CP4. A noter que la détection a duré moins d'une minute et que la concentration mesurée est inférieure à la VLE (<5ppm).

6.5. 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.

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 55/100
--	--	---

6.5.1. 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 19 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	V09	V10	V11
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	4,77	ND	2,49
	Distance de la ZLV (m)	168	/	503
	Localisation	CP04 Chemin de ronde ZL3 – milieu Zone 45	/	CP01 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 47
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	2,21	3,42	6,36
	Distance de la ZLV (m)	CL32 PK 80,6 de la RN1	CL04 Kourou - CHK	CL04 Kourou - CHK
	Localisation	12 236	16 456	16 456

Remarques :

- En **champ proche**, les retombées maximales en alumine particulaire se trouvent sur le chemin de ronde de la zone de lancement. On note l'absence de détection lors du vol VV10.
- En **champ lointain**, les concentrations en alumine particulaire les plus importantes sont obtenues pour des sites variables qui dépendent des conditions météorologiques du moment. Néanmoins, les maximums mesurés en champ lointain pour VV10 et VV11 correspondent à des secteurs non couverts par le nuage de combustions (Kourou – CHK). Ces concentrations ne sont donc pas attribuables au lancement mais à d'autres facteurs tels que les soulèvements de poussière.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 56/100
--	--	--

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

Le tableau ci-après présente les retombées maximales en acide chlorhydrique (concentration en ions chlorure) mesurées en champ proche et en champ lointain par les capteurs environnement du plan de mesures.

Tableau 20 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	Vol	V09	V10	V11
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	327,6	2,1	22,6
	Distance de la ZLV (m)	168	171 / 1550	1 550
	Localisation	CP04 Chemin de ronde ZL3 – Milieu Zone 45	CP03 Intersection entre zone 46 et 45 & CP09 Intersection entre zones 39 et 40	CP09 Intersection entre zones 39 et 40
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	114,5	72,3	182,6
	Distance de la ZLV (m)	CL01 Kourou - Station Météo Isabelle	CL04 Kourou - CHK	CL04 Kourou - CHK
	Localisation	16 692	16 456	16 456

Remarques :

- En **champ proche**, les retombées en ions chlorures se trouvent principalement sur le chemin de ronde de la zone de lancement.
- En **champ lointain**, les concentrations maximales sont mesurées sur des sites non couverts par le nuage de combustion (Kourou – Station Isabelle/CHK). Ces concentrations ne peuvent pas être attribuées aux lancements mais à d'autres facteurs extérieurs tels que les soulèvements de poussières ou les embruns marins.

6.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2017 n'ont pas montré de particularité. En effet, les concentrations mesurées sont bien plus faibles que celles retrouvées suite aux tirs d'Ariane 5.

Cela s'explique aisément car le P80 de Vega contient 5,5 fois moins de propergol que les 2 EAP d'Ariane 5.

On note des pics de concentrations au droit des sites de Kourou (station Isabelle/CHK), qui ne sont pas attribuables aux vols car les sites concernés ne sont pas exposés aux retombées du nuage de combustion. Ces concentrations peuvent s'expliquer par des phénomènes de soulèvement de poussière ou par les embruns marins.

6.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lancement VEGA en 2017

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2017 n'ont pas montrés de particularité. En effet, les concentrations mesurées sont bien plus faibles que celles retrouvées suite aux tirs d'Ariane.

Les concentrations mesurées sont en effet de manière générale faibles ou non imputables au vol VEGA.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 57/100
--	--	--

7. LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT SOYOUZ

Le système de lancement SOYOUZ est opérationnel depuis l'année 2011 au Centre Spatial Guyanais.

Le lanceur prend son envol depuis la Zone de Lancement Soyouz (ZLS) située au sein de l'Ensemble de Lancement Soyouz, sur la commune de Sinnamary.

Son process diffère totalement de ceux attribués aux lanceurs ARIANE 5 et VEGA. C'est la nature des produits de combustion, générés lors du décollage de SOYOUZ, qui conditionne la méthodologie de plan de mesures environnement.

La propulsion du lanceur Soyouz est réalisée par la combustion de kérosène et d'oxygène liquide.

Les principaux produits issus de cette réaction sont les suivants :



Le plan de mesures environnement d'un lancement SOYOUZ est une obligation de l'arrêté d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Soyouz (ELS) [DA02]. Les domaines couverts par le plan de mesures SOYOUZ sont les suivants :

- **Mesurer en continu** les retombées chimiques gazeuses et particulières issues des **moteurs du 1er (blocs latéraux) et 2nd (bloc A) étage** de Soyouz. La quantification des concentrations en **monoxyde de carbone (CO)**, en **dioxyde de carbone (CO₂)**, en **oxydes d'azote (NO_x)**, en **oxydes de soufre (SO_x)**, en **ozone (O₃)**, en **composés organiques volatiles** et **hydrocarbures (COV / HCT)** et en **particules (PM₁₀ et PM_{2,5})** a lieu sur 6 sites (villes de Kourou, de Sinnamary, Ensemble de Lancement Soyouz et BLA),
- **Mesurer, en continu et en différents lieux** (Kourou, Sinnamary, Centre Technique, sites Colibri, Agami et Toucan), les teneurs en **peroxyde d'azote (N₂O₄ = 2 NO₂)** et en **produits hydrazinés** par l'intermédiaire d'analyseurs de type SPM (HONEYWELL) ; ces derniers constituant le réseau CODEX. Les composés suivis ne sont émis qu'en cas de fonctionnement dégradé (accident) du lanceur.

L'utilisation du code de calcul SARRIM est effectuée pour les lancements SOYOUZ. Les modélisations issues uniquement du radiosondage en chronologie positive ont pour objectif de connaître la direction prise par le nuage de combustion lorsque le lanceur décolle ; et de déterminer les zones où les retombées en monoxyde et en dioxyde de carbone sont maximales.

Les données d'entrée spécifiques au SOYOUZ sont renseignées dans le code de calcul afin d'en garantir sa validité (Caractéristiques du lanceur, Position géographique de la zone de lancement, Données météorologiques du radiosondage, absence de déluge...).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 58/100
--	--	--

8. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYOUZ

En 2017, le CSG a opéré un nombre de deux (2) lancements Soyouz répartis de la façon suivante au cours de l'année (en heure locale) :

- ❖ Vol S16 : le 27/01/2017 à 22h03 min
- ❖ Vol S17 : le 18/05/2017 à 08h54 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 Soyouz (ELS) **[DA 02]**.

Seuls les principaux résultats et conclusions des rapports de synthèse **[DR 16]** seront présentés dans ce document.

8.1. 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^{er} étage) et le corps central (2^{ème} étage) du lanceur Soyouz.

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

- les concentrations en oxydes d'azote (NO_x) et de soufre (SO_x), en monoxyde de carbone (CO), en hydrocarbures (HCT) et composés organiques volatiles (COV), en particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) et en ozone (O₃) en situation nominale de lancement,
- les concentrations en dioxyde d'azote (NO₂) 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 Soyouz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque HONEYWELL constituant le réseau CODEX (vu pour ARIANE 5 et VEGA).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 59/100
--	--	--

8.2. Les conditions météorologiques

La localisation de la « trace » de combustion de Soyouz 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.

8.3. 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 21 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.

EMPLACEMENT		DISTANCE ZLS (m)	ANALYSEUR ENV. SA
A I R	Hôtel des Roches Kourou – (Shelter n°1)	27 950	Oui
	Gendarmerie de Sinnamary – (Shelter n°2)	15 900	Oui
	BLA – EPCU S3G (Laboratoire de chimie CSG) - (Shelter n°3)	10 520	Oui
	Shelter optique à l'ouest de la ZLS (bâtiment 3529) – (Shelter n°4)	190	Oui
	Zone de dépotage PHHC (bâtiment 3551) – (Shelter n°5)	550	Oui
	Zone de stockage PHHC (bâtiment 3556) – (Shelter n°6)	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 SOYOUZ représente quarante-huit (48) capteurs.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 60/100
--	--	--

8.4. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

8.4.1. 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 1^{er} (blocs latéraux) et 2nd (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 22: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages

VOL	2017		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
VS16	27	Janvier	84	Ouest	1843	2683
VS17	18	Mai	52	Sud-Ouest	5211	7584

Pour l'année 2017, comme pour les années précédentes, 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.

8.4.2. 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 21** 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 (CO₂)) suivis par le Plan de Mesures Environnement du lanceur SOYOUZ 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 SOYOUZ, 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.

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 (CO₂)

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 23 : Rappel des seuils règlementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO₂) 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/m³ et un minimum de 3,9 mg/m³ de monoxyde de carbone (Valeur de référence 10mg/m³ sur 8h de moyenne) [DR24].

Par ailleurs, en 2017 l'ORA a pu suivre les indices de qualité de l'air sur la commune de Kourou grâce à leur station de surveillance BRADY, implanté au sein du lycée G. Monnerville (Rapport d'activité 2017 – [DR23]). La station analyse quotidiennement les teneurs en **particules fines (PM₁₀)**, en **dioxyde d'azote (NO₂)**, et en **ozone (O₃)** de l'atmosphère urbaine.

La surveillance du paramètre **dioxyde de soufre (SO₂)** est assuré ponctuellement dans certaines zones, en raison des faibles concentrations recueillies au cours des cinq (5) dernières années.



Figure 7 : Station de surveillance BRADY à Kourou, ORA 2017

En 2017, sur la ville de Kourou et ailleurs en Guyane, le polluant majoritaire responsable de la dégradation de la qualité de l'air demeure les particules fines (PM10). Voici les principaux résultats recueillis sur la station BRADY (Kourou).

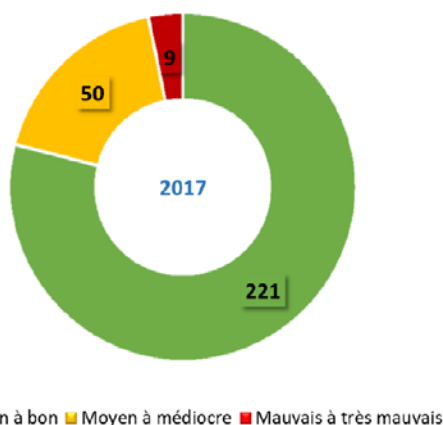


Figure 8 : Bilan des indices de qualité de l'air (IQA) à la station Brady en nombre de jour [DR23]

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 62/100
--	--	--

Les émissions en **dioxyde d'azote (NO₂)** n'ont pas engendré de dépassement des seuils réglementaires sur la ville de Kourou ; les concentrations moyennes annuelles sont de l'ordre de **2 µg/m³**, elles sont jugées **faibles**. La valeur moyenne horaire maximale est de 36 µg/m³ et le maximum horaire a été atteint le 03/01/17 à 19h. On pourra préciser que cette mesure n'est pas imputable à une activité de lancement au Centre Spatial.

Les concentrations en **ozone (O₃)** ont été mesurés en 2017. Ce polluant « *secondaire* », est produit dans l'atmosphère en présence de précurseurs tels que les oxydes d'azotes et les composés organiques volatiles, sous l'action du rayonnement solaire. En 2017, les concentrations ne dépassent pas les seuils réglementaires à Kourou. Les concentrations moyennes annuelles sont de l'ordre de **35 µg/m³**, tandis que la valeur moyenne horaire maximale s'élève à 81 µg/m³ et la valeur maximale horaire a été atteinte le 30/12/17 à 13h. De la même façon, on remarque que ce maximum est atteint en dehors des activités de lancement du CSG.

Enfin, comme chaque année, les **particules fines (PM₁₀)** sont les polluants mesurés présentant le principal enjeu sanitaire dans le domaine de la qualité de l'air pour la Guyane. D'origine anthropique, les particules fines sont émises par les procédés de combustion nécessaire à la production électrique, aux transports et à l'industrie en général. Elles peuvent aussi avoir une origine naturelle et être émises par les océans, mais aussi les déserts ou les volcans.

Les objectifs de qualité et la valeur limite fixée par la réglementation n'ont pas été dépassés en 2017. Les concentrations moyennes annuelles en particules sont de l'ordre de **24 µg/m³** ; la valeur moyenne horaire maximale s'élève à 127 µg/m³ et la valeur maximale horaire a été atteinte le 29/02/17. Ici encore, on remarque que ce maximum est atteint en dehors des activités de lancement du CSG.

Sachant que les conditions météorologiques influencent la dispersion et la transformation des polluants, il est indispensable de les considérer lors de la surveillance de la qualité de l'air. Ainsi, nous retiendrons que les conditions de température de l'année 2017 ont été particulièrement élevées ; c'est la deuxième année la plus chaude depuis 1955, et après 2016 ; +0.5°C ont été mesuré sur la température moyenne locale. La pluviométrie moyenne enregistrée est supérieure aux normales 1981-2010 (2800 mm). Cet excès est dû à une saison sèche déficitaire et une saison des pluies excédentaire.

Ces conditions environnementales ont participé à la dégradation des indices de qualité et peuvent expliquer la présence majoritaire des particules fines dans l'air.

8.4.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM

Les modélisations SARRIM de la « trace » de combustion des deux vols SOYOUZ effectués en 2017, 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 2017, les villes de Kourou et de Sinnamary non pas été exposées aux retombées de la trace de combustion des lancements SOYOUZ.

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**).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 63/100
--	--	--

8.5. Mesures en continu des retombées chimiques et particulières

8.5.1. 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.

8.5.2. Les shelters « Environnement SA »

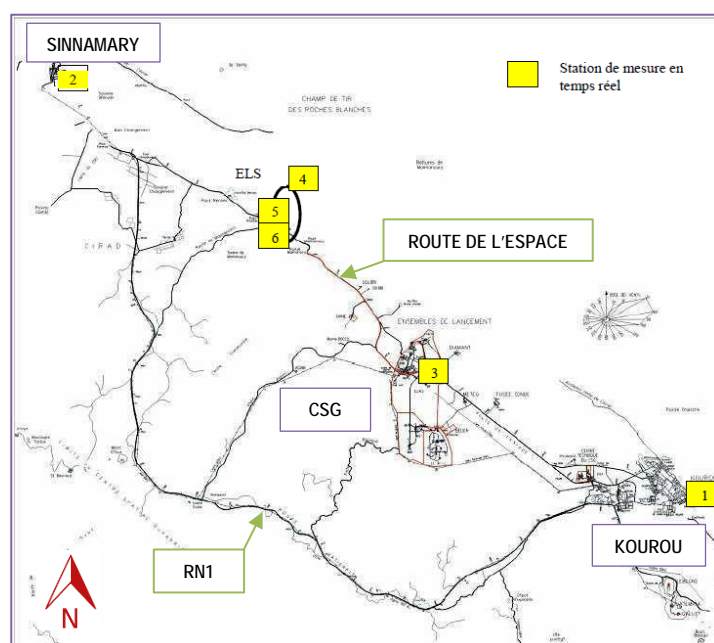
Les six (6) shelters de la marque ENVIRONNEMENT SA sont positionnés de manière fixe sur le territoire du CSG dont l'ensemble de lancement Soyouz ainsi qu'au carrefour RENNER, mais aussi dans les villes de Kourou et Sinnamary.

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 SOYOUZ de l'année 2017.

Il récapitule ainsi les mesures :

- | | |
|---|--|
| ✓ en dioxyde d'azote (NO ₂), | ✓ en hydrocarbures (HCT), |
| ✓ en dioxyde de soufre (SO ₂) | ✓ en particules (PM ₁₀ et PM _{2,5}), |
| ✓ en monoxyde de carbone (CO) et en dioxyde de carbone (CO ₂) | ✓ et en ozone (O ₃) |



Nota : Ces mesures sont exprimées en µg/m³ ; sachant que 1 µg est égal à 0,001 mg on appliquera un **facteur 10⁻³** à chacune des valeurs présentées pour en déduire l'impact sur la qualité de l'air.

8.5.3. Résultats des shelters ENVIRONNEMENT SA

Le tableau ci-après présente les moyennes calculées sur les 24 heures du jour du lancement (J0) à partir des valeurs acquises toutes les 15 minutes par chaque analyseur.

Il est à noter que les valeurs aberrantes liées à des anomalies de fonctionnement des appareils n'ont pas été utilisées pour calculer les moyennes. De plus, certains analyseurs ont été défectueux sur l'ensemble du temps d'acquisition, ne permettant ainsi pas d'obtenir des données sur certains sites (indiqué « HS » dans le tableau).

Tableau 24 : Ensemble des résultats des mesures en continu des Shelters ENVIRONNEMENT SA

Paramètre	Unité	Vol	Résultats moyens					
			SHELTER 1	SHELTER 2	SHELTER 3	SHELTER 4	SHELTER 5	SHELTER 6
			KRU	SIN	S3G	3529 - ZLS	3551 - ELS	3556 - ELS
SO2	µg/m3	VS16	1,78	0,00	HS	0,42	1,67	2,20
		VS17	HS	0,00	HS	HS	2,05	7,42
NO2	µg/m3	VS16	0,01	1,69	HS	HS	1,63	20,77
		VS17	HS	0,00	HS	HS	1,45	19,14
CO	mg/m3	VS16	0,00	0,00	HS	2,40	0,51	0,74
		VS17	HS	0,14	HS	HS	1,31	0,67
CO2	mg/m3	VS16	71,09	286,58	HS	1071,80	1055,43	2328,60
		VS17	HS	1844,40	HS	HS	814,64	772,48
O3	µg/m3	VS16	17,26	15,38	HS	32,31	19,26	33,01
		VS17	HS	13,45	HS	HS	14,15	21,47
HCT	mg/m3	VS16	0,23	0,37	HS	0,29	0,20	0,29
		VS17	HS	0,00	HS	HS	0,19	0,22
PM10	µg/m3	VS16	21,13	12,45	HS	2,43	7,92	7,63
		VS17	HS	25,53	HS	HS	28,82	23,65
PM2,5	µg/m3	VS16	6,51	0,00	HS	0,00	0,82	0,00
		VS17	HS	13,72	HS	HS	6,68	15,92

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 Acquise** – mesure absente.

Remarques :

- Il est intéressant de rappeler que les produits suivis par le biais du plan de mesures environnement sont soit :
 - naturellement présents (émissions de la forêt, composition de l'atmosphère, etc.)
 - émis par l'activité humaine (véhicules motorisés, groupes électrogènes, brûlages à l'air libre de végétaux, etc.).

Les résultats présentés dans le tableau indiquent qu'il n'y a pas d'impact direct des produits de combustion émis par Soyuz sur le territoire du CSG et les villes de Kourou et de Sinnamary. En effet, il n'y a pas de différence significative entre les concentrations mesurées au droit des zones couvertes par le nuage de combustion et les zones non concernées. De plus, les concentrations moyennes mesurées à J0 sont inférieures aux seuils réglementaires d'exposition.

Comparativement aux valeurs mesurées sur les paramètres **NO2**, **PM10** et **O3** sur la station Brady à Kourou (ORA, 2017 [DR23]), nous constatons que les concentrations moyennes atteintes sur l'Ensemble de Lancement Soyuz sont bien inférieures aux moyennes maximales horaires ; sur les villes de Kourou et Sinnamary, les teneurs mesurées lors des jours de tir sont également inférieures aux moyennes maximales horaires. Il apparaît ainsi que les lancements SOYOUZ engendrent une modification ponctuelle au niveau de l'air de l'ELS tandis que sur les villes riveraines de la base spatiale, aucun impact n'a pu être décelé.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 65/100
--	--	--

8.5.4. Conclusion sur les résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA

Les analyseurs des shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas été toujours fonctionnels en 2017. 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 SOYOUZ. On relève quelques valeurs non négligeables, notamment sur le Dioxyde de Carbone (CO2), cependant ces résultats restent inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

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 Soyouz. Les concentrations « notables » sont expliqués par des phénomènes naturels.

8.5.5. Les mesures du réseau CODEX

Pour chaque lancement SOYOUZ, 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 2017, aucune situation dégradée n'est survenue lors de décollage du lanceur SOYOUZ, 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 SOYOUZ ne mettant aucunement en œuvre d'acide chlorhydrique, le réseau CODEX n'a donc pas détecté de concentration en acide chlorhydrique.

8.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lanceur Soyouz pour l'année 2017

En 2017, 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 négligeables, elles sont représentatives du bruit de fond naturel ambiant et ne traduisent pas d'impact directement imputable aux lancements SOYOUZ 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 2017** 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 66/100
--	--	---

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

9.1. 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 :**

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

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 **bio indicateurs pertinents et reconnus sur le territoire guyanais** permet d'évaluer la **qualité** des milieux naturels existants au CSG.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 67/100
--	--	--

9.2. 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 2017, 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 2018, un effort sera fait sur l'analyse des données recueillies entre 2014 et 2018 afin de pallier à ce dysfonctionnement et cette absence de données.

9.3. Mesure de la qualité des sédiments des criques du CSG

9.3.1. 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.

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.



Figure 9: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2017)

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 07/01/2019 Page : 68/100
--	--	--

Les ions Al^{3+} fixés par le complexe absorbant, peuvent s'**hydroxyler** (ajout d'un groupement $-OH$; donnant $Al(OH)_3$) 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 25 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.

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

9.3.2. 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.

La totalité des résultats sont présentés dans les rapports du laboratoire HYDRECO **[DR17 et 18]** disponibles au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais.

9.3.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés en mai 2017 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la crique Karouabo **[DR 17]**. Le mois de mai a été le mois le plus pluvieux de l'année avec une pluviosité cumulée sur le mois de 588 mm (*source : données des capteurs pluviométriques du barrage de Petit Saut – EDF Guyane*).

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.

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des eaux des criques Malmanoury, Karouabo, Paracou et de la Crique des Pères

LIEU/HEURE DE PRELEVEMENT		PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES						ANNEE 2017
		pH (u.pH)	Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)	
CRIQUE KAROUABO	11/05/17 à 17h30	5,51	26,4	18	-	61	4,9	SAISON DES PLUIES
	12/05/17 à 11h30	6,04	26,7	20	19,8	57	4,6	
	16/05/17 à 17h00	5,5	32	33	4,59	86	6,3	SAISON SECHE
	17/05/17 à 11h00	5,19	28,2	33	2,11	46	3,6	
CRIQUE MALMANOURY	10/05/17 à 17h00	5,33	26,8	21	8,32	56	4,5	SAISON DES PLUIES
	11/05/17 à 12h00	5,27	25,9	18	6,29	48	3,9	
	15/05/17 à 17h00	5,35	27,8	31	3,3	51	4,4	SAISON SECHE
	16/05/17 à 08h00	5,54	26,5	30	4,34	55	4	
CRIQUE PARACOU	21/12/17 à 11h15	5,18	24,8	37	3,17	72	6	SAISON SECHE
CRIQUE DES PERES	09/05/17 à 17h30	5,13	25,8	22	19,4	66	5,4	SAISON DES PLUIES
	10/05/17 à 12h20	5,18	25,9	22	14,2	52	4,2	
	17/05/17 à 17h00	5,15	27,7	640	1,72	44	3,4	SAISON SECHE
	18/05/17 à 09h00	5,14	27,4	537	2,01	45	3,5	

Les mesures réalisées in situ sont représentatives de la « normalité guyanaise » de la qualité des eaux. Comme pour l'année 2016, le résultat des mesures physico chimiques sont conformes à la normale de saison pour une eau de rivière.

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, une zone peu profonde à courant faible avec un fond sableux.

A la vue de tous les résultats des mesures réalisées sur l'eau en 2017, nous pouvons confirmer un « **bon état chimique des eaux** » des criques du CSG.

9.3.4. 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 07/01/2019
		Page : 70/100

Tableau 27 : Résultats des analyses de métaux dans les sédiments de la Karouabo et de la Malmanoury

Paramètres		Crique Karouabo (AM = Amont du pont ; AV = Aval du pont)					Crique Malmanoury (AM = Amont du pont ; AV = Aval du pont)				
		AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2	AM 1	AM 2	AM 3	AV 1	AV 2
pH	u.pH	4,80	5,00	5,70	5,10	4,40	4,6	4,8	5,0	4,7	4,7
Aluminium	g/kg MS	10,0	16,0	20,2	17,8	9,3	23,0	21,3	35,6	20,0	13,3
Fer	g/kg MS	12,2	8,7	26,2	23,3	10,5	23,1	14,9	72,1	15,1	10,9
Calcium	g/kg MS	0,48	<0,5	0,94	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Magnésium	g/kg MS	< 0,5	< 0,5	<0,5	0,59	< 0,5	0,86	< 0,5	1,28	0,68	0,89
Potassium	g/kg MS	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	< 0,5	0,8	< 0,5	1,2	< 0,5
Baryum	mg/kg MS	13,8	22,9	76,8	91,2	11,9	62,7	33,5	47,6	23,6	29,5
Cadmium	mg/kg MS	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Chrome	mg/kg MS	26,6	13,9	76,7	51,9	12,5	30,3	36,4	54,0	13,9	17,7
Cobalt	mg/kg MS	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	18,3	< 2	< 2
Cuivre	mg/kg MS	5	2	5	5	< 2	4	2	107	< 2	< 2
Manganèse	mg/kg MS	13	13	33	26	9	22	13	312	30	26
Mercure	mg/kg MS	0,07	0,07	0,17	0,08	0,05	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09
Molybdène	mg/kg MS	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Nickel	mg/kg MS	< 2	2,4	4,7	5,2	< 2	5,1	4,9	31,6	3,5	4,7
Plomb	mg/kg MS	4,5	3,3	14,1	15,9	4,5	12,9	9	14,4	23,1	5,2
Sélénium	mg/kg MS	3,6	3,2	3,5	3,2	2,5	4,0	4,2	4,6	4,6	3,9
Zinc	mg/kg MS	32	12	186	92	10	15	9	76	17	12

Pour la **crique Karouabo** et la **crique Malmanoury**, ce sont les stations autour du pont, AM3 et AV1 qui regroupent les plus hautes valeurs de concentrations pour la grande majorité des 17 métaux analysés. Ce constat laisse supposer d'un éventuel impact de la circulation routière par le ruissellement des eaux sur la chaussée (Route de l'Espace).

Les métaux présentant les plus fortes concentrations dans le milieu sont le fer, l'aluminium et le manganèse ; ceux-ci sont constitutifs du milieu tout comme les minéraux complexés en oxyde tel que le calcium, le potassium et le magnésium. Les concentrations mesurées sont donc comparables à d'autres stations de Guyane ; aucun impact anthropique n'est ici mis en évidence.



Figure 10 : Crique Karouabo, HYDRECO 2017

Certaines concentrations en métaux lourds déterminées cette année sont remarquables.



Figure 11 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2017

Sur la station AM3 de la crique Malmanoury, on trouve un maximum de 107 mg/kg de Cuivre alors qu'on a moins de 4 mg/kg dans les autres échantillons de la crique ; il en va de même pour le Cobalt avec 18,3 mg/kg en regard des concentrations inférieures à la Limite de Quantification dans tous les autres sédiments analysés.

Le Fer et le Manganèse y sont également plus présents tout comme le Nickel et le Zinc. Les concentrations de tous ces métaux sont supérieures à celle analysées en 2016.

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 28 : Moyenne (M) et écart type (δ) 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	5,00	0,42	4,78	0,14
Aluminium	14,66	4,31	24,98	7,27
Baryum	43,32	33,73	41,85	14,09
Calcium	0,58	0,18	0,50	0,00
Cadmium	2,00	0,00	2,00	0,00
Chrome	36,32	24,65	33,65	14,33
Cobalt	2,00	0,00	6,08	6,52
Cuivre	3,80	1,47	28,75	41,81
Fer	16,18	7,14	31,30	22,79
Magnésium	0,58	0,18	0,83	0,26

Paramètre	Crique Karouabo		Crique Malmanoury	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Manganèse	18,80	9,13	94,25	115,84
Mercure	0,09	0,04	0,09	0,01
Molybdène	2,00	0,00	2,00	0,00
Nickel	3,26	1,40	11,28	10,83
Plomb	8,46	5,39	14,85	6,01
Potassium	0,60	0,09	0,75	0,28
Sélénium	3,20	0,38	4,35	0,29
Zinc	66,40	66,76	25,80	25,25

B. Qualité des sédiments de la crique Paracou

Des mesures et prélèvements ont été effectués le 21 décembre 2017 sur la crique Paracou. Cette masse d'eau est en limite d'influence des vents de l'Ensemble de Lancement Soyouz ; elle représente un site de référence dans l'évaluation des retombées émises par les lancements SOYOUZ. [DR18]

L'analyse porte sur l'acidité et la composition métallique des sédiments. Un total de 16 métaux a été analysé, toutes les concentrations mesurées pour le Cadmium, le Cobalt, le Cuivre, le Mercure, le Molybdène, le Nickel et le Sélénium 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 29 : Synthèse 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	5,1	5,2	4,9	4,8	5,0
Aluminium	g/Kg MS	12,6	20,7	11,9	17,2	11,8
Fer	g/Kg MS	12,8	33,0	6,2	8,7	4,9
Potassium	g/Kg MS	0,08	0,17	<0,11	0,17	<0,11
Baryum	mg/Kg MS	4	6	4	3	5
Chrome	mg/Kg MS	30,2	73,0	18,8	73,0	21,9
Manganèse	mg/Kg MS	5	7	3	3	3
Zinc	mg/Kg MS	10	9	4	5	5
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	2,9	4,4	<2	2,5	2,1
Sélénium	mg/Kg MS	<2	<2	<2	<2	<2
Calcium	g/Kg MS	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Magnésium	g/Kg MS	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 73/100
--	--	--

On peut retenir que :

- Les métaux les plus concentrés dans le milieu sont le Fer et l'Aluminium ; ces derniers sont naturellement constitutifs du milieu tout comme les minéraux complexés en oxyde tel que le Calcium, le Potassium et le Magnésium. Les concentrations mesurées sont donc comparables à d'autres stations de Guyane.

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 30 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou

Paramètre	Crique Paracou	
	M	δ
pH	5,00	0,14
Aluminium	14,84	3,54
Baryum	4,40	1,02
Calcium	0,60	0,00
Cadmium	1,00	0,00
Chrome	43,38	24,47
Cobalt	5,00	0,00
Cuivre	5,00	0,00
Fer	13,12	10,30
Magnésium	0,25	0,00
Manganèse	4,20	1,60
Mercuré	0,20	0,00
Molybdène	2,00	0,00
Nickel	2,00	0,00
Plomb	2,98	0,87
Potassium	0,13	0,04
Sélénium	2,00	0,00
Zinc	6,60	2,42

Au regard des résultats obtenues pour les analyses réalisées, nous constatons que les 5 échantillons ne sont plus majoritairement sableux comme en 2016. Ces nouveaux types de substrats qui ont pu être échantillonnés peuvent fixer les métaux

Ainsi, concernant les métaux constitutifs du milieu comme le fer et l'aluminium, les concentrations trouvées cette année sont de 10 à 100 fois supérieures à celles de 2016 cependant elles sont classiques de ce qu'on retrouve en Guyane.

Pour des métaux tels que le manganèse, le plomb et le zinc, en 2016, les concentrations étaient inférieures à la LQ. Cette année, les taux sont supérieurs à la limite de quantification cependant toutes les concentrations sont classiques de ce qu'on peut retrouver en milieu naturel.

Même pour le chrome dont les concentrations montrent la plus grande augmentation, puisqu'on passe d'une moyenne inférieure à 2mg/kg à une valeur de 43 mg/kg, ces valeurs ne sont pas singulières. ; l'état environnemental de la Paracou est jugé **bon**.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 74/100
--	--	--

En outre, la qualité des eaux est avérée par la surveillance de paramètres chimiques dont la saturation en oxygène ; la crique présente une bonne oxygénation et une faible turbidité.

Aucun impact des lancements SOYOUZ n'est mis en évidence par les analyses de l'étude en 2017.

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

L'absence d'évolution annuelle du niveau des concentrations en métaux dans les sédiments sur les criques échantillonnées semblent indiquer un impact faible ou absent des lancements et activités industrielles. Par ailleurs, aucun changement significatif, susceptible d'indiquer un impact ponctuel des retombées de produit de combustion lors d'un lancement, n'a été mis en évidence parmi les résultats d'analyse. L'unique valeur mesurée supérieure à une valeur limite est la concentration en cuivre sur la Malmanoury au point AM3 (Tab.7) c'est à dire en proximité du pont. Cette zone répertorie la majorité des concentrations maximales en métaux mesurées le long des criques Karouabo et Malmanoury. Le dépassement est faible avec une valeur de 107 mg/kg MS au lieu de 100 mg/kg MS et probablement ponctuel. Le cuivre est un métal couramment utilisé.

Au regard de l'ensemble des résultats d'analyse, les campagnes de mesures de 2017 démontrent **un bon état chimique des eaux des criques du CSG** (Karouabo, Malmanoury, Paracou) ; représentatifs des cours d'eaux guyanais.

Le suivi des taux de métaux dans les sédiments traduit une **absence d'altération de la qualité du milieu due aux lancements**.

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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 75/100
--	--	--

9.4. 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].

9.4.1. Objectifs des mesures

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact des retombées des produits issus des poudres de 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 2017 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.

9.4.2. Lieux échantillonnés

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

- **La crique 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 crique 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.

En 2017, les interventions des hydrobiologistes d'HYDRECO ont eu lieu :

- En Saison des pluies :
 - Karouabo : 11 mai 2017
 - Malmanoury : 10 mai 2017
 - Crique des Pères : 12 mai 2017
- En Saison sèche :
 - Karouabo : 16 septembre 2017
 - Malmanoury : 15 septembre 2017
 - Crique des Pères : 17 septembre 2017
 - Crique Paracou : 21 décembre 2017

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 76/100
--	--	---

9.4.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour l'année 2017

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 [DR19].

Tableau 31 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2017.

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2017
DESCRIPTION DE L'HABITAT	<p>Les observations 2017 in situ ont permis de confirmer que l'habitat de chaque station est dominé par une végétation marginale de type Palmier Bâche, <i>Mauritia flexuosa</i>. Cependant, de nombreux « moucous-moucous » (<i>Aracea, Montrichardia arborecens</i>) sont présents le long des berges. Ces dernières sont soumises à une exondation plus ou moins fréquente selon les stations, en fonction des marées et des saisons. De même, sur chaque station se trouvent des bouquets d'<i>Heliconia sp.</i>, plante présente dans de nombreuses zones humides ou près des zones de rétention des eaux pluviales.</p> <p>Sur la Karouabo, le maintien d'un bouchon vaseux proche de l'estuaire interdit toujours toute intrusion d'eau salée et limite les inversions de courant que l'on peut constater notamment sur la Crique des Pères.</p> <p>Le suivi des paramètres physico-chimiques mesurés sur les trois stations en 2017 a mis en exergue des différences notables entre les deux saisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En saison des pluies, la quasi-totalité des paramètres de surveillance de la qualité des eaux sont homogènes entre les stations, sauf pour la turbidité qui est plus faible sur la Karouabo et les bilans en oxygène qui diminuent sur les stations Karouabo et Malmanoury ; - En saison sèche, les valeurs de pH et de turbidité restent homogènes, tandis que les mesures <i>in situ</i> sont disparates pour la température notamment sur la station Karouabo, la conductivité qui est très élevée pour la station Crique des Pères et enfin les bilans en oxygène qui s'avèrent être assez hétérogènes. <p>Ainsi, on retiendra principalement qu'en 2017, les variations saisonnières ont pu être remarqué au niveau des paramètres suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La température ; celle-ci augmente naturellement en saison sèche, d'autant plus pour la station Karouabo (7,2 °C de plus lors des mesures faites le soir) du fait de son bouchon vaseux et des faibles hauteurs d'eau ; ▪ La conductivité ; celle-ci est également plus importante en saison sèche, notamment pour la station Crique des Pères ; ▪ Les bilans en oxygène qui sont plus faibles en saison sèche pour les stations Malmanoury et Crique des Pères ; la station Karouabo quant à elle est caractérisée par une valeur élevée en soirée. <p>Ce phénomène de saturation en oxygène dissous peut être expliqué par un fort développement de la végétation aquatique qui engendre à son tour une forte activité photosynthétique.</p> <p>Dans le cas de la crique Karouabo, ce développement est particulièrement favorisé par la présence du bouchon vaseux qui limite les débits et participe à la création d'un milieu lentique, notamment en saison sèche où la hauteur d'eau étant plus basse. En outre, la simple différence d'ensoleillement entre les deux saisons peut également avoir un impact sur la photosynthèse donc le taux d'oxygène dissous.</p>

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 77/100
--	--	--

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2017
	<p>Une diminution du bilan en oxygène est observée lors des mesures <i>in situ</i> matinales : cette diminution fait passer dans la classe « état moyen » les stations Karouabo et Malmanoury.</p> <p>Les valeurs d'oxygène assimilées à un état écologique moyen peuvent être dues à l'influence du marnage à l'endroit des stations. Ces valeurs démontrent un écart par rapport à un cours d'eau strictement dulçaquicole en bon état écologique. La position aval des stations ne permet pas de faire la part de chose entre un potentiel impact anthropique et les conditions naturelles induites par le marnage.</p> <p>Pour rappel, en Guyane, le seuil limitant est de 2 mg/L (soit environ 27% de taux d'oxygène) ; seuil pour lequel les premiers troubles se font sentir chez les poissons.</p> <p>Enfin la station Paracou amont, située en limite des retombées de la trace de combustion du lanceur Soyouz a également été échantillonné en saison sèche.</p> <p>La surveillance des paramètres physico-chimiques en 2017 démontre que l'état environnemental de la station est bon. Les valeurs mesurées sont correctes ; la concentration en oxygène dissous décrit le cours d'eau comme étant de bonne qualité ; comme en 2015, il n'y a pas de trace d'hydrocarbures dans le milieu.</p>
PEUPLEMENTS DE POISSONS (Richesse et Diversité)	<p>Concernant le nombre de captures ; en saison des pluies,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des Pères, 86 individus représentant 20 espèces pour une biomasse de 13,3 kg ont été récoltés. Cette abondance est en hausse par rapport aux captures des années 2015 et 2016 et tend à se rapprocher celle observée en 2012. ▪ Sur la Karouabo, 26 individus représentant 8 espèces de poissons pour une biomasse de 2,5 kg ont été relevés. Cette abondance est identique à celle mesurée en 2016. ▪ Sur la Malmanoury, les captures atteignent 36 individus représentant 7 espèces pour 2,7 kg de biomasse totale. Le nombre de poissons capturé est stable depuis 2010. <p>En saison sèche :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des pères, les captures sont en hausse par rapport à 2015 et 2016, avec 134 poissons prélevés. De plus, un total de 22 espèces a été dénombré avec une biomasse de 28,9 kg. Ces deux paramètres se rapprochent des valeurs observées en 2013 ; ▪ Sur la Karouabo, 153 individus, représentant 14 espèces et une biomasse de 26,5 kg, ont été capturés. Les valeurs de chacun des paramètres restent stables par rapport à 2010 ; ▪ Sur la Malmanoury, 72 individus, représentant 9 espèces pour une biomasse totale de 37,8 kg, ont été capturés. Il est à noter que les paramètres d'abondance et de richesse spécifique sont stables depuis 2010, avec un pic en 2012. Pour la biomasse, elle évolue peu depuis 2013 ▪ Concernant la Paracou l'échantillonnage a permis la récolte de 36 individus représentant 10 espèces ; La biomasse n'a pas été mesurée puisque les prélèvements ont principalement été fait à la vue et à la nasse. La méthode de prélèvement explique aussi la faible richesse spécifique. <p>En ce qui concerne la richesse,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La crique des Pères, 20 espèces en saison des pluies et 22 en saison sèche ont été prélevées. Ces résultats montrent une légère hausse de ce paramètre par rapport aux années 2015 et 2016.

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2017
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la Karouabo, la richesse de saison des pluies reste faible, avec 8 espèces. En saison sèche, la richesse spécifique (14 espèces) est plus élevée que les années précédentes. ▪ La Malmanoury, la richesse spécifique est représentée par le prélèvement de 7 espèces en saison des pluies contre 9 en saison sèche. Ces résultats sont en baisse par rapport aux années précédentes ▪ Sur la station Paracou, la richesse spécifique est en baisse ; cette tendance est accompagnée d'une baisse de l'abondance (36 poissons). <p>Concernant la diversité, globalement depuis 2006, à l'exception du pic enregistré en saison des pluies 2011, la diversité de Shannon et l'équitabilité de la crique témoin (Crique des Pères) restent relativement stables :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des Pères, l'indice de Shannon augmente tout au long de l'année pour arriver à une valeur en saison sèche 2017 (3,5) proche de la saison des pluies 2015. De plus, l'équitabilité change peu par rapport à 2014, 2015 et 2016. Elle reste élevée (0,79). Cette observation montre que la répartition des espèces au sein de la population reste néanmoins équilibrée. ▪ Sur la Karouabo, le pattern observé de l'indice de Shannon depuis 2006 montre des variations saisonnières en faveur de la saison sèche. En 2017, cet indice retrouve des valeurs plus proches de 2012 ; 2013 ; 2014 et 2015. En saison des pluies, l'indice de Shannon a une valeur de 2,43. Son équitabilité reste élevé (0,84). En saison sèche, l'indice de Shannon (2,8) et l'équitabilité (0,73) sont également élevés. Ces valeurs sont en hausse par rapport à 2016 et témoignent d'une population à l'équilibre. ▪ Sur la Malmanoury, l'équitabilité évolue peu et reste élevé (saison des pluies et sèche : 0,84). Pour l'indice de Shannon, la différence entre saison des pluies et saison sèche est plus marquée. Ainsi, en saison des pluies, cet indice est de 2,3, alors qu'il est de 2,7 en saison sèche ; ▪ Sur la Paracou, l'indice de Shannon est de 2,59, avec une équitabilité de 0,78. Alors que l'indice de Shannon est en baisse, l'équitabilité augmente en 2017.
PEUPLEMENTS DE POISSONS (analyse des contenus stomacaux, structure trophique et anatomopathologie)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comme en 2015 et en 2016 la Crique des Pères demeure, en 2017, la seule station permettant l'observation de toutes les guildes alimentaires. Il est à noter que la guildes des omnivores domine très fortement cette population (saison des pluies : 95% ; saison sèche : 46%). Néanmoins, en saison des pluies, les autres guildes restent sous-représentées ; ▪ Au sein de la Karouabo, en saison des pluies, les omnivores et les herbivores représentent respectivement 86% et 9% de la population ; les piscivores sont représentés à hauteur 5%. En saison sèche, les trois guildes alimentaires présentes sont mieux réparties dans la population, avec 55% des piscivores, 23% d'omnivores et 23% d'herbivores ; ▪ Dans la Malmanoury, quatre guildes alimentaires sont dénombrées en saison des pluies : les omnivores (90%), les piscivores (8%) les invertivores (1%) et les herbivores (1%). La population en saison sèche est principalement composée de trois guildes, identiques à celles de la Karouabo. Ainsi, on retrouve les piscivores (45%), les omnivores (38%) et les herbivores (17%). ▪ Sur la Paracou, seulement trois guildes alimentaires structurent la population, avec une forte dominance des invertivores (53%). De plus, les piscivores et les omnivores

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 79/100
--	--	---

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2017
	<p>représentent chacun 3% de la population. Il est à noter que 41% des individus prélevés ont un régime alimentaire inconnu.</p> <p>En cette année 2017, trois espèces de carnivores ont présenté des infestations par des vers nématodes et sur les deux saisons. Ces observations ont été faites sur les criques Karouabo et Malmanoury.</p> <p><i>Leur présence en nombre dans trois des espèces de carnivores régulièrement capturées sur les criques Malmanoury et Karouabo durant la saison sèche et/ou la saison des pluies n'est en soit pas alarmante. Toutefois, il conviendra lors des prochains suivis de mettre en place une abondance relative de ces vers au sein des poissons infestés pour en déterminer ultérieurement l'évolution interannuelle et ainsi statuer sur une possible <u>remise en cause de leur non-nocivité.</u></i></p>
ANALYSE DE L'ALUMINIUM DANS LE MUSCLE DES POISSONS	<p>Pour la campagne de prélèvement 2017, trois guildes alimentaires sont représentées :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les piscivores, avec <i>Acestrorhynchus falcatus</i>, <i>Hoplias malabaricus</i> et <i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>. Cette guilda comporte suffisamment d'individus pour être analysées (48 poissons). De plus, elle est présente sur chacune des trois stations. ✓ Les herbivores (<i>Leporinus gossei</i>) sont représentés sur la station Crique des Pères ✓ Les omnivores sont représentés au sein de trois stations (Karouabo, Malmanoury et la Crique des Pères) par <i>Triporthus brachipomus</i>, <i>Trachelyopterus galeatus</i>, <i>Pseudauchenipterus nodosus</i> . <p>Les trois stations sont comparables entre elles <i>via</i> les guildes alimentaires puisque les piscivores et les omnivores sont présents sur les trois sites. Sachant que les autres guildes ne sont pas représentées dans chacune des stations, il n'est pas possible de réaliser une comparaison pertinente.</p> <p>Ainsi, depuis 2014 seuls deux des trois taxons habituellement suivis sont étudiés pour l'évolution temporelle des taux d'aluminium : il s'agit des deux espèces piscivores <i>Acestrorhynchus falcatus</i> et <i>Hoplias malabaricus</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Hoplias malabaricus</i> qui est présent sur la Karouabo et la Crique des Pères durant les deux saisons. Sur la Malmanoury, il est présent uniquement en saison sèche ; ✓ <i>Acestrorhynchus falcatus</i> a été capturé sur la Karouabo sur les deux saisons. Il a également été prélevé en saison sèche sur les stations Malmanoury et Crique des Pères. <p>Il n'y a aucune relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles. Cet élément ne semble donc pas s'accumuler chez les organismes aquatiques, ce qui confirme plusieurs observations.</p> <p>De plus, les faibles différences de concentrations entre les trois points d'échantillonnages nous indiquent qu'il n'y a pas de forte contamination à l'aluminium due aux lanceurs Ariane 5 et Vega.</p>
DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES	<p>Au total, 2400 individus répartis en 38 taxa ont été récoltés en 2017.</p> <p>Pour la saison des pluies,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Il a été recensé 1611 individus répartis en 31 taxa. <p>Pour la saison sèche,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 789 individus répartis en 28 taxa ont été récoltés. ▪ L'abondance la plus importante est relevée en saison sèche, sur la Crique des Pères qui arbore la plus haute abondance avec 368 individus ;

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 80/100
--	--	---

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2017
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La station Malmanoury dispose d'une abondance légèrement inférieure avec 311 individus, alors que la station Karouabo est caractérisée par une abondance très faible avec seulement 110 individus ; ▪ L'échantillonnage de la station Paracou a abouti à la détermination de 376 individus, répartis en 27 taxa.
QUALITE BIOLOGIQUE	<p>La qualité biologique des criques est définie au moyen du score moyen des éphéméroptères guyanais (SMEG). Cet indicateur 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>En 2017, le calcul du SMEG sur les différentes criques a donné les résultats suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ En saison des pluies <ul style="list-style-type: none"> ○ La crique des Pères prend la classe d'intégrité III* ; lui permettant de passer d'une qualité d'eau « médiocre » à « moyenne » ; ○ La Karouabo prends la classe d'intégrité IV* ; lui permettant de passer d'une qualité d'eau « mauvaise » à « médiocre » ○ La Malmanoury est, quant à elle incluse dans la classe d'intégrité III* et ce depuis 2011. ❖ En saison sèche <ul style="list-style-type: none"> ○ La crique des Pères prend la classe d'intégrité III* ; lui permettant de passer d'une qualité d'eau « mauvaise » à « moyenne » ○ La Karouabo prend la classe d'intégrité IV* ; ○ La qualité des eaux de la Malmanoury la place en classe d'intégrité III*. <p>Concernant la station Paracou amont, s'agissant d'une petite masse d'eau (PME), on s'intéressera aussi à l'Indice Biologique Macro invertébrés de Guyane (IBMG). Cet indice a été créé pour évaluer la qualité écologique des Petites Masses d'Eau de Guyane</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Pour toutes les saisons, le calcul du SMEG permet à la station de prendre la classe d'intégrité II* ; son calcul de l'IBMG aboutit à une note de 0.88 et lui attribue un « très bon état écologique ».

* Le **Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais (SMEG)** est un indice biotique. Il permet de déterminer directement la **qualité du milieu** à partir de critères de **présence-absence** des genres d'Ephéméroptères bio-indicateurs de qualité ou, au contraire, de pollution des eaux. En effet, les **éphéméroptères** sont considérés comme de **bons indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes**

Nombre
d'U.O.

				antes ; fort déficit en O ₂ et/ou substratum très modifié
--	--	--	--	--

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 81/100
--	--	--

9.4.4. Conclusions générales du suivi de la faune aquatique pour 2017

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 SOYOUZ, 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 82/100
--	--	--

9.5. 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].

Cette surveillance n'a pas pu être réalisée en 2017 au Centre Spatial Guyanais.

Une autre étude, permettant de suivre l'impact des retombées d'alumine sur le milieu naturel a été menée ; il s'agit de « 9.7 La bio surveillance de la qualité de l'air au moyen des abeilles mélipones ».

9.6. 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 pluviolèssivats 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 Soyouz, 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.

9.6.1. 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.

Tableau 32 : Ensemble des paramètres d'analyse sur la végétation

A. Objectif du suivi

L'objectif du suivi des retombées chimiques des pluies et des pluviolèssivats 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.

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

Pour l'année 2017, aucune campagne de mesures n'a eu lieu.

Un effort sera réalisé en 2018.

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 83/100
--	--	--

9.6.2. 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 ariglo-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.

Le programme de sauvegarde du *Cyrtopodium cristatum* des savanes du CSG, tel qu'il a été décrit les années précédentes, n'a pas pu être réalisé en 2017.



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

Néanmoins, il est intéressant de rappeler que l'Office National des Forêts assure, depuis 50 ans, la surveillance globale du patrimoine naturel de la base spatiale au travers d'un plan de gestion.

Parmi ces missions, l'ONF réalise une veille environnementale des « *Cyrtopodium* » localisés au niveau du pierrier de Diane sur le sentier Ebène.

L'espèce ayant pu être observé, nous pouvons en déduire que les travaux d'entretien réguliers sur le sentier ont permis de maintenir les floraisons en saison sèche, ce qui s'est traduit par une stabilisation du taux de fécondation.

9.6.3. 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, *Stachytarpheta 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].

Figure 13 : *S. angustifolia*

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 84/100</p>
---	---	---



Figure 14: Station *S. angustifolia* sous pylône - ELS

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

En 2017, la visite de l'IRD n'a pas eu lieu.

En contrepartie, le CNES a réalisé une visite sur site qui 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 85/100
--	--	--

9.7. Bio surveillance de la qualité de l'air au moyen des abeilles mélipones

La bio-surveillance de l'environnement par les abeilles est à ce jour répandue en France métropolitaine et de nombreux industriels et structures publiques se sont équipés pour compléter des mesures classiquement physiques ou chimiques (sondes, filtres...).

En effet, les abeilles constituent des **indicateurs fiables** de la qualité de l'environnement principalement grâce à leur **activité de butinage** intense qui les met en contact avec un grand nombre de polluants dans un rayon qui varie généralement de 1,5 à 3 km autour de la ruche, en fonction de l'abondance de nourriture. Les ouvrières échantillonnent ainsi les polluants du sol et de l'air au travers du nectar, du pollen et du miellat qu'elles récoltent sur les plantes et les arbres.

L'abeille constitue ainsi un **bio-indicateur tout à fait pertinent sur de très nombreux polluants** (HAP, pesticides, particules...). Par ailleurs, la bioaccumulation de substances polluantes chez l'abeille peut engendrer des altérations de ses performances mais peut aussi avoir des répercussions ensuite aux niveaux écologiques supérieurs : de l'individu vers la population puis vers l'écosystème. Par ces modifications, les individus rendent compte de l'état de santé des écosystèmes et permettent une analyse « éco toxicologique », c'est-à-dire une analyse des conséquences écologiques de la pollution sur l'environnement.

9.7.1. Le programme de bio surveillance au CSG

Le **bureau d'étude et de recherche guyanais NBC** et **APILAB**, bureau d'études spécialisé dans la bio surveillance, se sont associés pour fonder, en 2014, le premier groupement de bio surveillance par l'abeille.

Afin de promouvoir cette méthode en Guyane, un programme de validation du procédé a été lancé en 2014, en partenariat étroit avec l'Observatoire Régional de l'Air (ORA) et un industriel local (Ciment Guyanais).

Ces premiers essais se sont focalisés sur une espèce locale : l'**abeille mélipone**. Ces abeilles sont en effet particulièrement faciles à maintenir et elles sont complètement adaptées aux exigences d'un suivi comme sentinelle de l'environnement. D'autre part, elles ne piquent pas et ne sont absolument pas agressives (contrairement aux *Apis mellifera* locales).



Figure 15 : Mélipona [DR22]

Dans ce cadre et pour initier un tel suivi de la qualité de l'air par l'abeille au sein de la base spatiale européenne, le cabinet d'études NBC, en partenariat avec le CNES/CSG pour le déploiement du programme et le bureau d'études APILAB pour le volet analytique, a réalisé un programme de validation du procédé au contexte industriel spécifique du CSG sur l'année 2016, intégrant la saison sèche et la saison des pluies.

Ce premier travail a permis de démontrer la pertinence de cette méthode de bio surveillance appliqué au contexte industriel des « **activités de lancement** » du Centre Spatial Guyanais mais aussi de disposer d'un retour objectif de cette bio surveillance de la qualité de l'air avec des abeilles guyanaises, les « *mélipones* », sur deux saisons.



Figure 16 : Ruchers Tangara



Figure 17 : Ruchers Sentier Ebène



Figure 18 : Ruchers de l'ELS

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 86/100
--	--	--

9.7.2. Le protocole de surveillance 2017

Le protocole 2017 vient compléter le premier travail réalisé en 2016, et permet d'élargir le périmètre d'études à l'ensemble du territoire de la base spatiale. En effet, rappelons que ce premier volet avait permis de suivre les émissions particulières lors des lancements. Ainsi, deux sites industriels (Tangara et ELS) et un site témoin (Sentier Ebène) avaient été équipé en ruches d'abeilles mélipones.

En 2017, l'étude vise le déploiement de ruches supplémentaires notamment sur les sites opérationnels accueillant les travailleurs de la base. L'objectif est d'évaluer l'impact engendré par l'activité anthropique sur l'environnement du CSG.

9.7.3. Matériels et méthodes

A. Les sentinelles de l'environnement

Les abeilles utilisées dans le cadre de cette étude sont du genre *Mélipona*, endémique de Guyane. « **Les *Mélipones* sont des abeilles qui ont la particularité de ne pas avoir de dard d'où leur nom vernaculaire « abeille sans dard ».** En réalité, « le dard existe mais il est atrophié », cette particularité est avantageuse pour la mise en place de ruchers sur des espaces accueillant des travailleurs. « *En revanche, si les mélipones ne piquent pas elles peuvent néanmoins mordre et certaines espèces peuvent avoir un comportement agressif. Les Mélipones sont regroupées dans la tribu des Meliponini.* » [DR21].

Une étude interne à la société NBC, réalisée en partenariat étroit avec l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane et APILAB, a démontré que les résultats des analyses pratiquées sur les individus du genre *Mélipona* et *Apis* sont parfaitement comparables entre eux dans le cadre des analyses particulières effectuées sous microscope électronique à balayage (MEB).

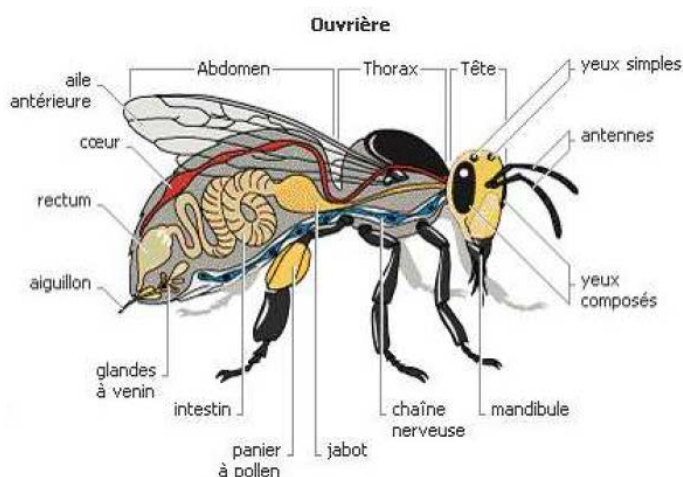


Figure 19 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB

Ainsi, en réalisant leur activité de butinage, les mélipones auront la capacité de capter les particules et molécules présentes dans l'air du CSG. L'observation des abdomens des individus prélevés au MEB permettra de caractériser les polluants présents dans l'atmosphère de la base spatiale.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 87/100
--	--	--

B. Les ruchers

Les ruchers (ou ruches) utilisés et déployés pour cette étude sont spécifiques aux abeilles mélipones. Ils ont été réalisés en bois local, imputrescible et non traité. Ces ruches sont donc parfaitement neutres pour les abeilles de bio surveillance.

Les ruches, installées dans le cadre de notre étude, sont différentes des ruches classiques d'*Apis mellifera*. Ce sont des sortes de boîtes avec une seule ouverture, surveillée en permanence par une gardienne. Les mélipones réalisent dans cette boîte une série de pots de stockage de miel et de pollen. On y trouve également le couvain, positionné souvent en position central – voir photo ci-dessous. **[DR20]**



Figure 20 : Vue interne d'un rucher et de son organisation, NBC APILAB

Les ruches sont placées sur des supports leur permettant d'être à l'abri des prédateurs (Fourmis et autres), du soleil et de la pluie.

Les mélipones sont initialement sauvages et élevées par l'apiculteur et entomologiste Jean-Philippe CHAMPENOIS depuis plusieurs années. De son élevage, il réalise régulièrement de nouvelles ruches à partir de son cheptel, de sorte qu'il dispose à présent d'un pool suffisant de mélipones pour ne plus avoir à rechercher de nouveaux essaims dans la nature pour nos projets de bio surveillance.

Ces abeilles disposent d'une vie relativement courte (2 à 3 semaines). Elles sont donc totalement représentatives du milieu dans lequel elles évoluent. En cela, elles répondent parfaitement aux exigences et aux objectifs du programme de bio surveillance développé au CSG.

C. Le déploiement des ruchers

Pour mémoire, en 2016 lors de la mise en place de l'étude au CSG, les sites suivants avaient été équipés :

Site de Tangara (à proximité des Zones de Lancement Ariane 5 et VEGA)	: 2 supports, 4 ruches
Site de l'Ensemble de Lancement Soyouz	: 1 support, 2 ruches
Site du sentier Ebène	: 1 support, 2 ruches
Site témoin localisé à la Césarée (en dehors du CSG)	: 1 support, 2 ruches

En **2017** ; nous avons étendu le procédé aux sites suivants :

- Suivi du **chantier de construction** de l'Ensemble de Lancement Ariane n°4 (ELA4) dédié au futur lanceur Ariane 6 ;
- Suivi du **fonctionnement de la base** et plus particulièrement la circulation des véhicules et le fonctionnement des ouvrages d'épuration (2 cantines des travailleurs et le musée de l'Espace).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 88/100
--	--	--

D. Prélèvements et Analyses

Le plan de prélèvement ainsi que les échantillonnages ont été réalisés selon la norme française XP X43-909 (Bio surveillance active de l'environnement au moyen de l'abeille domestique).

Il consiste à réaliser un prélèvement de cinq (5) individus par ruches ; ces abeilles sont ensuite lyophilisées et conditionnées individuellement dans des tubes *Eppendorf* jusqu'à leur traitement au Microscope Electronique à balayage (MEB).



Figure 21 : Prélèvement d'un individu pour analyse, CNES Optique Vidéo 2017

Sur chacun de ces ruchers, le protocole 2017 s'est attaché à :

- Réaliser un prélèvement en saison des pluies pour analyse particulaire,
- Réaliser un prélèvement en saison sèche pour analyse particulaire,
- Réaliser une analyse de miel sur les sites de Tangara et Soyouz (ELS).

Les premières colonies ont été transhumées le 22 mars 2016 sur les trois sites suivants :

- Tangara : pas de tir Ariane 5 et Vega
- ELS : Pas de tir Soyouz
- Ebène

Un second lot de colonies a été déployé le 20 juillet 2017 sur les cinq sites suivants :

- Musée de l'Espace
- Cafétéria du Centre Technique, Bâtiment Vénus
- Portail Orchidée
- Cafétéria la Pirogue sur les ELA
- Site Kikiwi : à proximité du futur Ensemble de Lancement pour Ariane 6



Figure 22 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2017

En plus de ces 8 sites d'exposition, un site d'exposition témoin a été installé à Nancibo. Les ruches de ce site ont été mises en place le 29 mai 2017.

E. La touche « Com » du programme 2017

En outre, en 2017, un plan de communication a été proposé et a permis d'informer les salariés de la base spatiale mais aussi les riverains sur le programme de bio-surveillance mis en place au CSG au moyen de divers outils de communication. La participation du CNES à l'exposition « L'abeille et le miel », organisée par le Parc Naturel Régional de Guyane, de décembre 2017 a également permis d'informer le public sur l'activité de bio surveillance au niveau du CSG.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 89/100
--	--	--

Enfin, à l'occasion du lancement d'Ariane 5 Vol A240 du 12 décembre 2017, l'équipe NBC a installé deux caméras de type micro caméra GO PRO © au sein de la ruche et à l'extérieur de celle-ci.

Les images ont permis de suivre le comportement de la colonie au moment d'un décollage. Malgré les vibrations et le bruit, les *mélipones* présentent dans la ruche ne montrent aucun intérêt à cette perturbation ponctuelle de l'environnement. Bien au contraire, la « vigie » reste à l'entrée de la ruche, et on peut voir les individus poursuivre leur activité (à l'intérieur et à l'extérieur de la ruche).

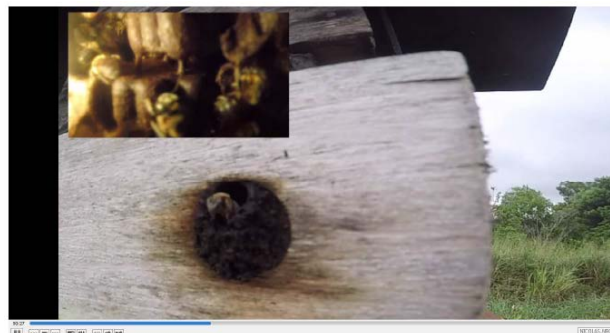


Figure 23 : Film réalisé en dehors et à l'intérieur de la ruche du site "La Pirogue" lors du lancement VA240 du 12/12/17 au CSG

9.7.4. Synthèse des résultats 2017

Toutes les abeilles mobilisées lors de cette campagne 2017 sont en bonne santé à l'issue de ce programme. Aucun impact sur leur activité n'a été décelé, puisqu'elles produisent en permanence du miel. Il n'a pas été observé de changement comportemental particulier depuis leur implantation au CSG.

Au travers des résultats analytiques, l'étude a mis en évidence des **éléments présents de manière abondante** sur les sites quelle que soit la saison. Des **éléments d'origine environnementale** tout d'abord, tels que des aluminosilicates, du sable (Désert du Sinaï), du calcaire, du chlorure de sodium et des oxydes de fer. Ces éléments environnementaux sont mesurés aussi bien sur les sites industriels que sur les sites témoins, situés à l'extérieur de la base spatiale. D'autres éléments environnementaux sont identifiés sur tous les sites (Calcium, Phosphore, Magnésium, Potassium.) et témoignent du fond géochimique de l'environnement guyanais.

De la même manière, des **traces de métaux** tels que les aciers, le fer et l'aluminium sont retrouvés régulièrement et de manière homogène sur le CSG. Ces éléments ont une origine environnementale (la terre de Guyane, la « latérite » est constituée d'oxydes de fer et d'alumine).

De **façon plus ponctuelle et au CSG uniquement**, nous avons pu identifier des éléments propres aux activités du CSG. En particulier, le titane qui est employé dans l'industrie aérospatiale, le soufre qui est un traceur des activités de construction et qui fut retrouvé à proximité du chantier Ariane 6, et enfin du cérium, une terre rare employé dans les traitements de surface ou encore dans la composition de catalyseurs automobiles. Ces éléments originaux sont présents à l'état de trace et n'impactent aucunement la santé des abeilles. Les ruches étant actives durant toute la durée de l'étude.

L'**analyse du miel** a permis d'identifier sous un autre angle ces éléments environnementaux. Les échantillons de miel ont été prélevés dans les ruchers des sites TANGARA et ELS. Les échantillons étudiés présentent des concentrations en Cadmium, Plomb, Arsenic, Mercure, Aluminium, Chrome et Fer induisant des doses journalières potentiellement consommées **très largement inférieures aux Doses Journalières Tolérables**. Ainsi, concernant ces éléments traces métalliques, le miel peut être consommé sans risque sanitaire par les adultes et par les enfants.

L'étude a ainsi démontré que les teneurs respectent les valeurs toxicologiques de référence ; le miel est jugé consommable et ne présente aucun risque toxicologique pour l'homme.

Outre la bonne santé des abeilles et la qualité du miel produit au cours de cette campagne de bio surveillance, le film tourné à l'occasion de la mission VA240 a permis de démontrer qu'au moment du décollage, malgré les vibrations et le bruit, les *mélipones* présentent dans la ruche ne font **aucun cas de cette perturbation ponctuelle** de l'environnement. En effet, bien que l'on puisse entendre parfaitement le lanceur décoller, on peut voir les *mélipones* **poursuivre leurs activités** au sein de la ruche, et ce sans **aucune modification de leur comportement** avant et après le tir.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 90/100
---	--	---

10. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2017

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2017 sont rappelées ci-après.



VS17 – CNES/CSG



VA240 – CNES/CSG



VV10 – CNES/CSG

10.1. Par rapport aux activités liées aux lanceurs

10.1.1. 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°3 au CP03 ou mobile n°4 au CP05) lors des vols VA235 et VA239. Ces détections ponctuelles sont cohérentes avec l'emplacement des analyseurs sur le chemin de ronde ; 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).

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 91/100</p>
---	--	---

- 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 carreaux sur une distance inférieure à 1 kilomètre.*
- En 2017, 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 2018. Néanmoins, par expérience nous pouvons préciser que :
 - *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 et de l'influence des embruns marins.*
 - *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'a jamais été relever.*

10.1.2. VEGA

- Pour chacune des missions du lanceur VEGA en 2017, un plan de mesures environnement a été déployé ; aucun bac n'a débordé.
- Les orientations prises par le nuage de combustion issu de la combustion du P80 au décollage sont généralement vers le site d'observation Agami / Carrefour Bec fin ou vers la Carrière Roche Nicole (au nord de la Route de l'Espace)
- 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 2017. 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 2017, 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 2018. Néanmoins, par expérience nous pouvons préciser, comme pour Ariane 5, que :
 - *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).*

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 92/100
--	--	---

10.1.3. Soyouz

- Chaque lancement SOYOUZ 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 2nd (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.

10.2. 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 Soyouz, 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 défini comme station de référence.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 93/100
--	--	---

- **Le suivi de l'avifaune** : la surveillance des populations d'oiseaux du CSG n'a pas pu être réalisé en 2017.

- **Concernant le suivi de la colonie d'Ibis Rouge et Ardéidés** : la surveillance des populations d'oiseaux du CSG n'a pas pu être réalisé en 2017.

- **Le suivi des populations botaniques d'intérêt majeur du CSG** : Le programme de suivi et de préservation des espèces végétales d'intérêt n'a pas pu être réalisé en 2017 au CSG. La surveillance du patrimoine naturel réalisé par l'ONF a eu lieu et a permis de confirmer le maintien des *Cyrtopodium* au niveau des pierriers du sentier Ebène.
En ce qui concerne le suivi de l'espèce *S. angustifolia*, la visite de l'IRD n'a pas eu lieu en 2017 au CSG.

- **La bio surveillance de la qualité de l'air par les abeilles mélipones** : Le programme de surveillance 2017 vient étoffer le protocole mis en œuvre en 2016 au CSG. La collaboration CNES/NBC/APILAB s'est poursuivie et s'est attaché à déployer des ruchers sur d'autres sites à l'intérieure de la base spatiale. Les résultats de l'année 2017 confirment les premières conclusions acquises en 2016 :
 - Les colonies sont dynamiques et en bonne santé ; le film tourné à l'occasion de la mission VA240 de décembre 2017 a démontré que les abeilles sont imperturbables aux vibrations et bruits émis au décollage ;
 - Les éléments présents de manière abondante sur les sites de prélèvement sont d'origine environnementale ; ils sont présents sur l'ensemble des sites et de manière continue sur les deux années d'étude ;
 - De la même manière, les métaux tels que les aciers, le titane et l'aluminium sont retrouvés régulièrement et de manière homogène sur les sites du CSG ;
 - L'analyse du miel produit par les colonies du site TANGARA présente des concentrations d'éléments atypiques mais qui respectent les valeurs toxicologiques de référence ; le miel est jugé consommable et ne présente aucun risque toxicologique pour l'homme.

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 que les années précédentes, que **l'impact généré sur l'environnement par les activités de lancement du CSG est non décelable voir négligeable**

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 94/100
--	--	---

11. 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 RETOMBEES 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 2017, 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 07/01/2019
		Page : 95/100

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

12.1. 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/m³ pendant 8h, 5 jours/semaine ce qui correspond à une dose par semaine de 1440000 mg.s/m³.

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

12.2. 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/m³ 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 ³	80 ppm 90 mg/m ³	470 ppm 700 mg/m ³	5 ppm
Dose HCl en ppm.s	144000	144000	846000	

12.3. 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 ³)
Monoxyde de carbone	France (circulaire - 1985)	50	55
Monoxyde de carbone	États-Unis (ACGIH)	25	-
Monoxyde de carbone	Allemagne (valeurs MAK)	30	35

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2017 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19365-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 07/01/2019 Page : 96/100
--	--	--

12.4. Cas du dioxyde de carbone

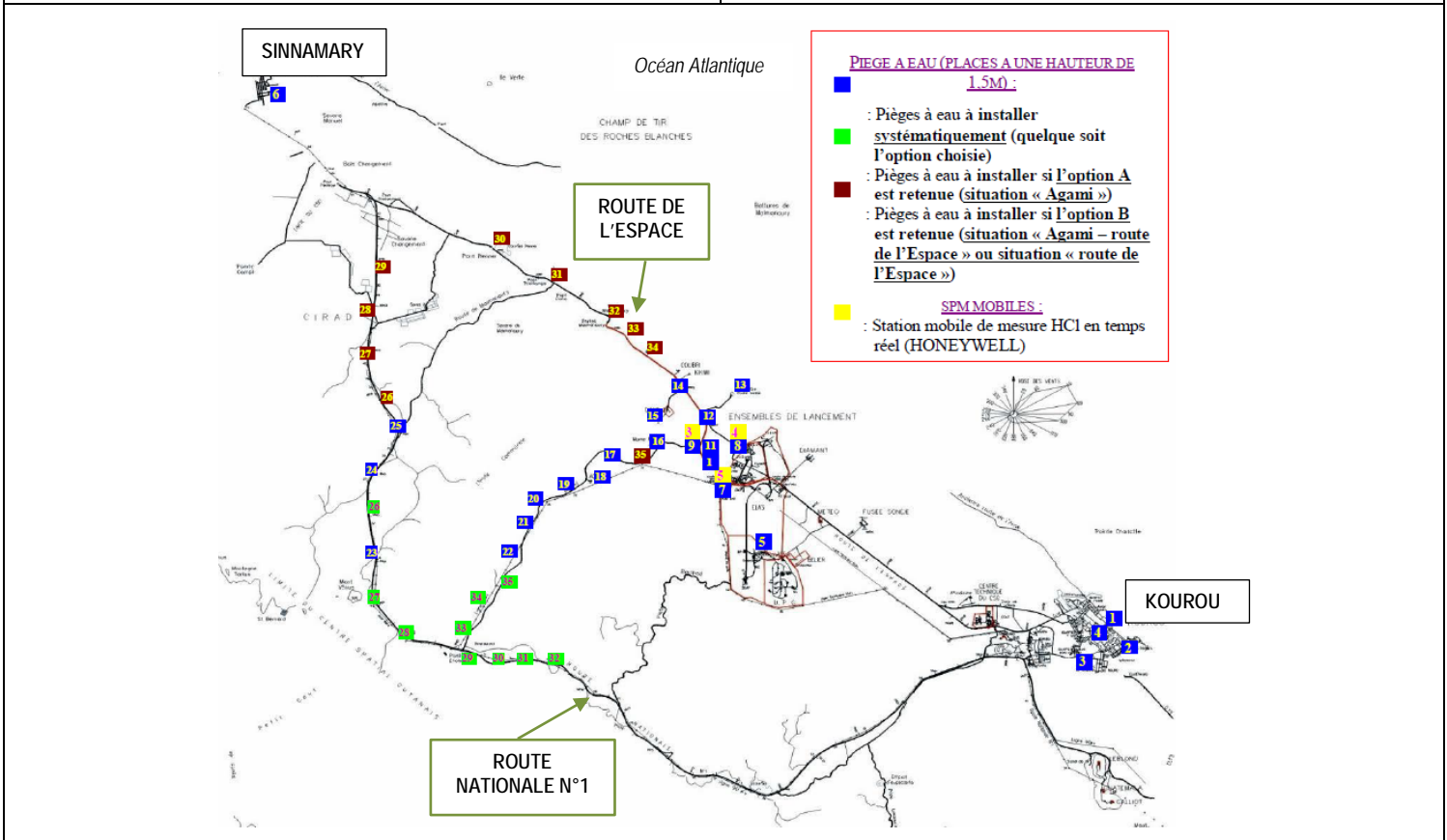
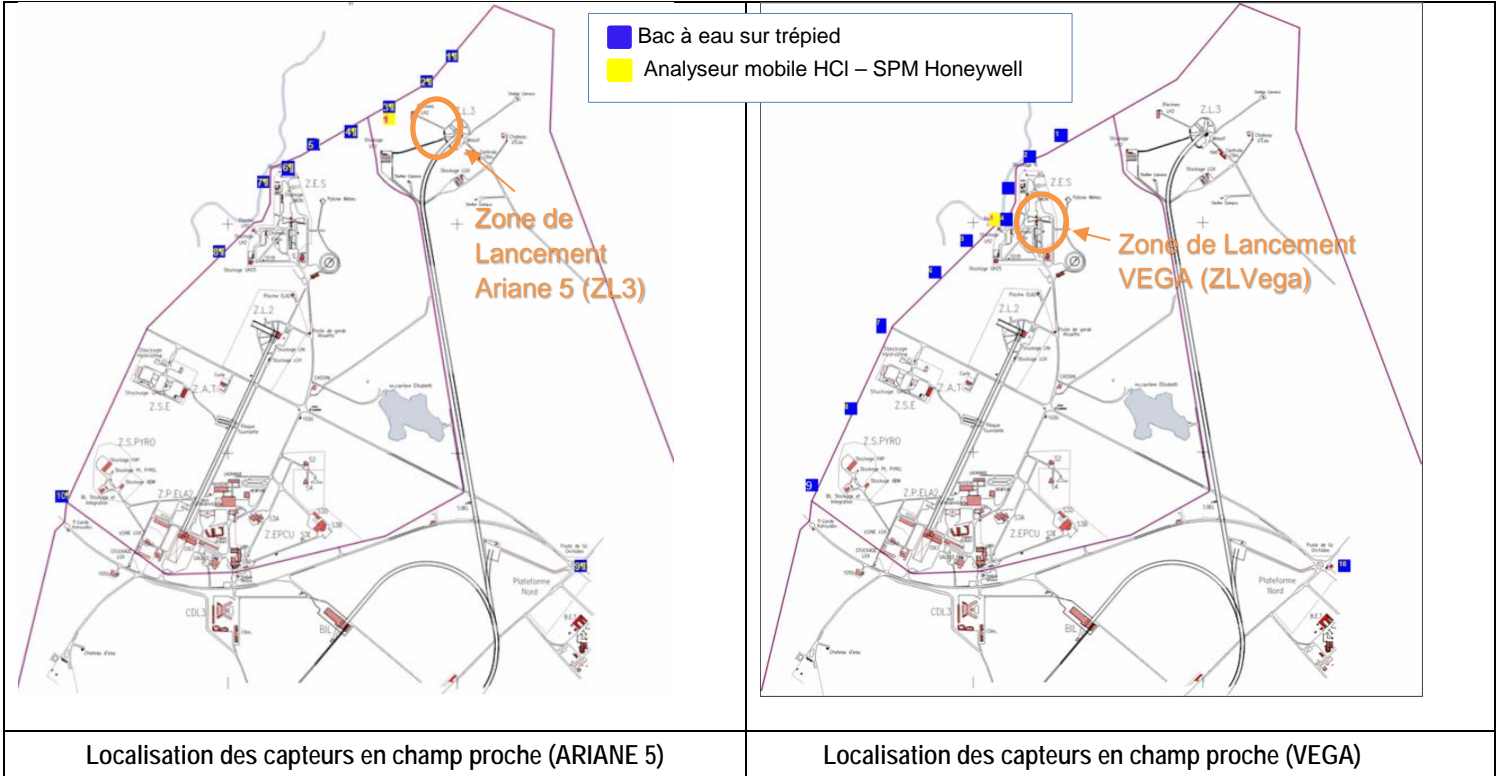
Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

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 ³)	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	-

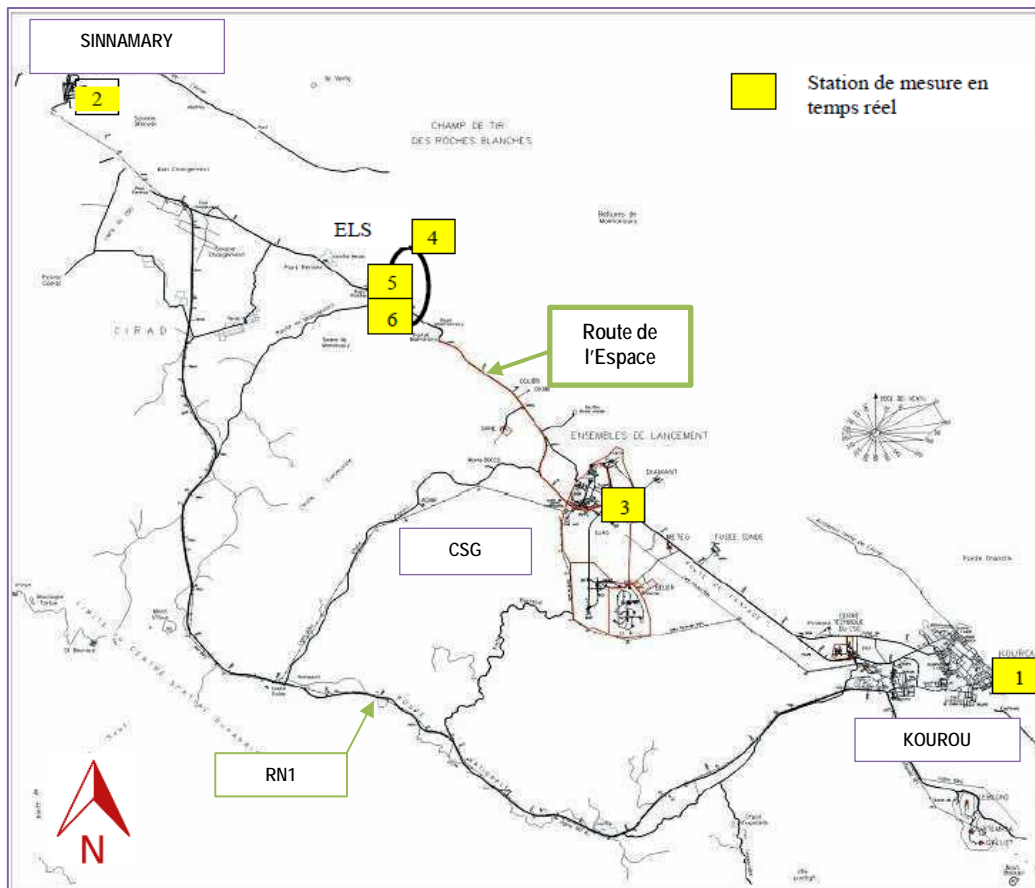
Figure 25 : Fiche toxicologique INRS

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



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

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



15. 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
V217	55	79,5	-24,5	30,82
V218	74	80,1	-6,1	7,62

	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 %)
V219	83	87,2	-4,2	4,82
V220	93	127,5	-34,5	27,06
V221	94	94	0	0,00
V222	64	67	-3	4,48
V223	90	88,6	1,4	-1,58
V224	111	130	-19	14,62
V225	105	115	-10	8,70
V226	105	105	0	0,00
V227	87	96	-9	9,38
V228	69	70	-1	1,43
V229	32	45	-13	28,89
V230	80	104	-24	23,08
V231	68	102	-34	33,33
V232	100	101	-1	0,99
V233	103	107	-4	3,74
V234	88	81	7	-8,64
V235	48	52	-4	7,69
V236	71	88	-17	19,31
V237	94	165	-71	43,03
V238	102	124	-22	17,74
V239	87	90	-3	3,33
V240	75	99	-24	24,24

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦