

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 3/127
--	--	---

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	18.SE.RS.06	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA241
DR08	N°2018-366	Fiche synthétique post lancement VA241
DR09	18.SE.RS.08_rev1	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA242
DR10	N°2018-517	Fiche synthétique post lancement VA242
DR11	18.SE.RS.19	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA243
DR12	N°2018-864	Fiche synthétique post lancement VA243
DR13	18.SE.RS.14	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA244
DR14	N°2018-643	Fiche synthétique post lancement VA244
DR15	19.SE.RS.04	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA245
DR16	N°2019-468 à 470	Fiche synthétique post lancement VA245
DR17	19.SE.RS.03	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA246

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 4/127
--	--	---

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR18	N°2019-206 à 208	Fiche synthétique post lancement VA246
DR19	CSG-NT-SPX-18838-CNES	PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT BEAP - ESSAI P120 DM
DR20	N°2018-613	Fiche synthétique post essai P120 DM au BEAP
DR21	18.SE.RS.13	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT BEAP – P120DM
DR22	CSG-RP-SPX-19364-CNES	RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE POUR L'ESSAI P120 DM AU BEAP
DR23	18.SE.RS.15	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VEGA VV12
DR24	N°2018-837	Fiche synthétique post lancement VV12
DR25	19.SE.RS.02	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VV13
DR26	N°2019-203 à 205	Fiche synthétique post lancement VV13
DR27	N°2018-366	Fiche synthétique post lancement VS18
DR28	N°2018-874	Fiche synthétique post lancement VS19
DR29	N°2019-485 à 487	Fiche synthétique post lancement VS20
DR30	HYDRECO 2018 - 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 2018.
DR31	HYDRECO 2018 - 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 2018.
DR32	HYDRECO 2018 – 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 2018.
DR33	Rapport NBC APILAB final 2018	Rapport NBC APILAB final 2018 – Etude particulière, Biomarqueurs, Suivi pondéral des ruches et plan de communication

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 5/127
--	--	---

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR34	Programme OYANA 2011	PROGRAMME OYANA - Première approche de la méliponiculture et des mélipones de Guyane – P. GOMBAULT & J-P CHAMPENOIS - 2011
DR35	Rapport d'étude 2015	Les mélipones de Guyane , Leurs prédateurs et parasites – JP CHAMPENOIS ; APIGUY / DEAL – Avril 2015
DR36	Arrêté du 22 juillet 2004 Paru au JO n° 274 du 25/11/2004	Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux indices de la qualité de l'air
DR37	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
DR38	Fiche toxicologique INRS	Fiche toxicologique n°47 – Monoxyde de Carbone (CO) – Edition 2009
DR39	Fiche toxicologique	Fiche toxicologique n°238 – Dioxyde de Carbone (CO ₂) – Edition 2005
DR40	Rapport DEAL 2014	Evaluation de l'état des masses d'eau – Révision de l'état des lieux du district hydrographique de Guyane
DR41	CSG/SDO/AM/2019/N°004	Climatologie du mois de décembre 2018
DR42	CSG/SDP/ES/2018/N° 887	Courrier CNES –DEAL : Information sur la surveillance des populations d'oiseaux du CSG
DR43	CSG/SDP/ES/2018/N° 193	CR de visite : plante protégée à Soyuz
DR44	Rapport d'activité 2015	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2015 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR45	Rapport d'activité 2016	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2016 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR46	Rapport d'activité 2017	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2017 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR47	Bilans 2018 des épisodes de pollution de l'air en Guyane	Observatoire Régional de l'Air de Guyane – Bilans des dépassements de seuil 2018 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 6/127
--	--	---

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. (document archivé)
DA05	Arrête N°2216 1D/4B	Arrête Numéro 2216 1D/4B du 28 juillet 1992 autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) au Centre Spatial Guyanais sur le territoire de la commune de Kourou.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 7/127
--	--	---

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.
Biomarqueurs	Modifications au niveau moléculaire, cellulaire et physiologique en réponse à une exposition d'un organisme à la pollution ou à un stress environnemental. Ils reflètent notamment l'impact de l'agriculture, du transport, de l'industrie et plus généralement des activités humaines, sur le fonctionnement des organismes biologiques. Selon leur nature et leur niveau, ces altérations peuvent avoir un impact plus ou moins important sur la santé.
CEP	Modèle de prévisions numériques météorologiques, non conçu mais utilisé par Météo France.
Carbonylation	Réaction chimique d'introduction de monoxyde de carbone (CO) dans un composé organique. Le stress oxydant lié à une pollution peut être responsable de la carbonylation de protéines.
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.
Détritivore	Les détritivores sont des êtres vivants, qui se nourrissent de débris animaux, végétaux ou fongiques. Ils remplissent des fonctions essentielles dans la chaîne alimentaire car ils recyclent les composés organiques contenus dans les détritiques et les sédiments.
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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 8/127
--	--	---

TERME	DÉFINITION
Indice Biologique des Macro invertébrés de Guyane	Cet indice a été créé pour évaluer la qualité écologique des PME (Petites Masses d'Eau) de Guyane (<i>Dedieu, 2015</i>).
Indice de condition	Coefficient révélant l'état physiologique des poissons
Indice Poisson de Guyane	Cet indice a été développé dans le cadre de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE 200/60/CE), et permet de donner une note de qualité aux petites masses d'eau.
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
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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 9/127
--	--	---

TERME	DÉFINITION
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.

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 10/127
--	--	--

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
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
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
IBMG	Indice Biologique Macro invertébrés de Guyane
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IPG	Indice Poisson de Guyane (Petite Masse d'Eau)
IRD	Institut de Recherche et de Développement
K	Potassium

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 11/127
--	--	--

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
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
P120 DM	Modèle de Démonstration du Propulseur P120 d'Ariane 6
pH	Potentiel Hydrogène
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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 12/127
--	--	--

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
SPM	« Single Point Monitor »
UDMH	Unsymetrical 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 13/127
--	--	---

SOMMAIRE

1.	OBJET ET BILAN DES MESURES EN 2018	18
2.	CATALOGUE 2018 DES FICHES SYNTHETIQUES POST LANCEMENT	23
3.	LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA.....	36
3.1.	OBJECTIFS DES MESURES	36
3.2.	SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES RETOMBEES CHIMIQUES ET GAZEUSES	37
3.3.	LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	38
3.4.	SUIVI DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN	38
3.5.	MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	40
4.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	42
4.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	42
4.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	45
4.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	48
4.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	48
4.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	50
4.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS ARIANE 5 EN 2018	52
5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA	53
5.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	53
5.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	55
5.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	56
5.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	56
5.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	57
5.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEMENT VEGA EN 2018	59
6.	LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT SOYOUZ.....	60

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 14/127
--	--	---

7. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYOUZ	61
7.1. OBJECTIFS DES MESURES	61
7.2. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	62
7.3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	62
7.4. LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	63
7.5. MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES	65
7.6. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYOUZ POUR L'ANNEE 2018	69
8. LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT AU BANC D'ESSAI DES ACCELERATEURS A POUVRE (BEAP).....	70
9. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR L'ESSAI P120C DM.....	72
9.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE DE L'ESSAI P120 DM	72
9.2. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	73
9.3. RESULTATS ET CONCLUSION SUR LA SIMULATION SARRIM ISSUE DU RADIOSONDAGE 4R160718.TXT	75
9.4. COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DES RADIOSONDAGES ET DES DONNEES PREVISIONNELLES (CEP)	76
9.5. RESULTATS ET CONCLUSIONS SUR LES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES	77
9.6. CONCLUSIONS SUR LES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES.....	78
9.7. MESURE EN CONTINU DES RETOMBEES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	79
9.8. MESURES DE LA QUALITE DES EAUX DU CARNEAU DU BEAP	80
9.9. SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	82
9.10. CONCLUSION GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DE L'ESSAI P120 DM.....	85
10. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG	86
10.1. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG	86
10.2. MESURE DE LA QUALITE DE L'EAU DE LA CRIQUE KAROUABO	87
10.3. MESURE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS DES CRIQUES DU CSG	89
10.4. SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE DES CRIQUES DU CSG.....	99
10.5. SUIVI DU PATRIMOINE VEGETAL DU CSG	106
10.6. BIO SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AU MOYEN DES ABEILLES MELIPONES	109
11. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2018	115

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 15/127
--	--	---

11.1.	PAR RAPPORT AUX ACTIVITES LIEES AUX LANCEURS	115
11.2.	PAR RAPPORT AU SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT DU CSG	117
12.	ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES	119
13.	ANNEXE 2 : RAPPELS SUR LES LIMITES REGLEMENTAIRES DE TOXICITE DES PRINCIPAUX PRODUITS EMIS PAR LES LANCEURS.....	120
13.1.	CAS DE L'ALUMINE	120
13.2.	CAS DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE	120
13.3.	CAS DU MONOXYDE DE CARBONE	120
13.4.	CAS DU DIOXYDE DE CARBONE.....	121
14.	ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES CAPTEURS ENVIRONNEMENT (BACS A EAU) ARIANE 5 & VEGA.....	122
15.	ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA SOYOUZ	123
16.	ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5	124
17.	LOCALISATION DU DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES DU BEAP	126

<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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 16/127</p>
---	--	--

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - principaux résultats 2018	19
Tableau 2 : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau	39
Tableau 3 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure	39
Tableau 4 : Localisation des analyseurs fixes du réseau CODEX.....	41
Tableau 5 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »	41
Tableau 6 : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile »	41
Tableau 7: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE	43
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	44
Tableau 9: Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages	45
Tableau 10 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2018	46
Tableau 11: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2018.....	49
Tableau 12 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	50
Tableau 13 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	51
Tableau 14: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE	53
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	54
Tableau 16: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	54
Tableau 17 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2018.....	55
Tableau 18: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2018.....	56
Tableau 19 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	57
Tableau 20 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	58
Tableau 21 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	62
Tableau 22: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages ..	63
Tableau 23 : Rappel des seuils réglementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO ₂) de carbone.....	64
Tableau 24 : Ensemble des résultats des mesures en continu des Shelters ENVIRONNEMENT SA - 2018	66
Tableau 25 : seuils d'information et de recommandation, d'alerte, de différents polluants (ORA 2018)	67
Tableau 26 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	73
Tableau 27 : Données météorologiques issues du radiosondage 4R160718.txt pour les couches atmosphériques représentatives.	75
Tableau 28 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R160718.txt	75
Tableau 29 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du RS CP	76
Tableau 30 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	77
Tableau 31 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	77
Tableau 32 : Points de mesure présentant des valeurs maximales en champ proche et en champ lointain	78

<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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 17/127</p>
---	--	---

Tableau 33 : Liste des paramètres de mesure dans les eaux du carneau	80
Tableau 34 : Résultats de l'analyse réalisée sur le 1 ^{er} prélèvement d'eau* du carneau du BEAP (avant traitement à la soude (NaOH)).	81
Tableau 35 : Résultats globaux des analyses réalisées sur le 2 nd prélèvement d'eau** du carneau du BEAP (avant rejet dans le milieu naturel).....	81
Tableau 36 : Synthèse des paramètres d'analyse sur les piézomètres du BEAP (5-10m)	83
Tableau 37 : Synthèse des mesures de qualité des eaux souterraines "superficielles" du BEAP [DR08].	84
Tableau 38 : Suivi de la Karouabo en saison des pluies 2018	88
Tableau 39 : Suivi de la Karouabo en saison sèche	88
Tableau 40 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	90
Tableau 41 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des eaux des criques Malmanoury, Karouabo, Paracou et de la Crique des Pères	91
Tableau 42 : Résultats des analyses de métaux dans les sédiments de la Karouabo et de la Malmanoury	93
Tableau 43 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la Malmanoury et de la Karouabo	94
Tableau 44 : Synthèse des résultats obtenus pour les analyses de sédiments de la crique Paracou amont.	96
Tableau 45 : Moyenne (M) et écart type (δ) des concentrations obtenues pour les analyses des sédiments de la crique Paracou.....	97
Tableau 46 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2018.	100
Tableau 47 : Ensemble des paramètres d'analyse sur le végétation.....	106

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Lancement VA243 vu depuis JUPITER II Service CNES OPTIQUE VIDEO 2018	19
Figure 2 : Bac à eau sur son trépied métallique et SPM Honeywell sur le chemin de ronde AR5	38
Figure 3 : Dépose d'un bac à eau avec son flacon d'échantillonnage.....	39
Figure 4 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)	43
Figure 5 : SPM en cours de mise en place.....	48
Figure 6 : SPM mobile installé en champ proche.....	48
Figure 7 : Station de surveillance BRADY à Kourou, ORA 2017	68
Figure 8 : Opérateur ESQS au niveau du point de mesure BEAP-PZ2.....	82
Figure 9: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2018)	90
Figure 10 : Crique Karouabo, HYDRECO 2018	94
Figure 11 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2018	94
Figure 12 : Numérotation d'un pied <i>Cyrtopodium cristatum</i>	107
Figure 13 : <i>S. angustifolia</i>	107
Figure 14: <i>S. angustifolia</i> sous pylône - ELS	108
Figure 15 : <i>Mélipona</i> [DR22].....	109
Figure 16 : Ruchers Tangara.....	109
Figure 17 : Ruchers Sentier Ebène	109
Figure 18 : Ruchers de l'ELS	110
Figure 19 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB.....	111
Figure 20 : Vue interne d'un rucher et de son organisation, NBC APILAB	111
Figure 21 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2018	112
Figure 22 : Prélèvement d'un individu pour analyse, CNES Optique Vidéo 2017	113
Figure 23 : Fiche toxicologique INRS	120
Figure 24 : Fiche toxicologique INRS	121

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 18/127
--	--	--

1. OBJET ET BILAN DES MESURES EN 2018

Comme toute activité industrielle, l'activité spatiale n'est pas sans effet sur l'environnement.

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 **[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.

Ce document présente les résultats des Plans de Mesures environnement réalisées en 2018 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 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 d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) 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

Il comprend une synthèse des principaux résultats et conclusions relatifs aux mesures effectuées dans le cadre des lancements et essais opérés au CSG soit :

- six campagnes **Ariane 5** (vols A241 à A246) – **paragraphes 3 et 4**
- deux campagnes **Vega** (vols V12 et V13) – **paragraphe 5**
- trois campagnes **Soyouz** (vols S18 à S20) – **paragraphes 6 et 7**
- un **essai P120C DM au BEAP [DA05]** – **paragraphes 8 et 9**

Par ailleurs, des **suivis annuels** sont menés sur les différents compartiments environnementaux présents au Centre Spatial Guyanais (CSG) – **cf paragraphe 10**.

Le tableau 1 ci-dessous résume les principaux résultats 2018.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 19/127

Tableau 1 - principaux résultats 2018

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS																																																	
RAPPEL DES ACTIVITES DE LANCEMENTS AU CSG	En 2018, le Centre Spatial Guyanais a opéré 11 chronologies de lancement et 1 essai de mise à feu au BEAP, réparties comme suit																																																	
	 <p>Figure 1 : Lancement VA243 vu depuis JUPITER II Service CNES OPTIQUE VIDEO 2018</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Lanceurs</th> <th style="text-align: center;">Missions</th> <th style="text-align: center;">J0</th> <th style="text-align: center;">H0 (Heure Locale)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6" style="text-align: center;"> Ariane 5 (6 lancements) </td> <td style="text-align: center;">VA241</td> <td style="text-align: center;">25/01/2018</td> <td style="text-align: center;">17H20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VA242</td> <td style="text-align: center;">05/04/2018</td> <td style="text-align: center;">18H34</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VA244</td> <td style="text-align: center;">25/07/2018</td> <td style="text-align: center;">08H25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VA243</td> <td style="text-align: center;">26/09/2018</td> <td style="text-align: center;">19H38</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VA245</td> <td style="text-align: center;">19/10/2018</td> <td style="text-align: center;">22H46</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VA246</td> <td style="text-align: center;">04/12/2018</td> <td style="text-align: center;">17H37</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;"> Soyouz (3 lancements) </td> <td style="text-align: center;">VS18</td> <td style="text-align: center;">09/03/2018</td> <td style="text-align: center;">13H38</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VS19</td> <td style="text-align: center;">06/11/2018</td> <td style="text-align: center;">21H47</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VS20</td> <td style="text-align: center;">18/12/2018</td> <td style="text-align: center;">13H37</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"> VEGA (2 lancements) </td> <td style="text-align: center;">VV12</td> <td style="text-align: center;">22/08/2018</td> <td style="text-align: center;">18H20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VV13</td> <td style="text-align: center;">20/11/2018</td> <td style="text-align: center;">22H42</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> Essai au BEAP </td> <td style="text-align: center;">P120C DM</td> <td style="text-align: center;">16/07/2018</td> <td style="text-align: center;">09H20</td> </tr> </tbody> </table>						Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)	Ariane 5 (6 lancements)	VA241	25/01/2018	17H20	VA242	05/04/2018	18H34	VA244	25/07/2018	08H25	VA243	26/09/2018	19H38	VA245	19/10/2018	22H46	VA246	04/12/2018	17H37	Soyouz (3 lancements)	VS18	09/03/2018	13H38	VS19	06/11/2018	21H47	VS20	18/12/2018	13H37	VEGA (2 lancements)	VV12	22/08/2018	18H20	VV13	20/11/2018	22H42	Essai au BEAP	P120C DM	16/07/2018
Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)																																															
Ariane 5 (6 lancements)	VA241	25/01/2018	17H20																																															
	VA242	05/04/2018	18H34																																															
	VA244	25/07/2018	08H25																																															
	VA243	26/09/2018	19H38																																															
	VA245	19/10/2018	22H46																																															
	VA246	04/12/2018	17H37																																															
Soyouz (3 lancements)	VS18	09/03/2018	13H38																																															
	VS19	06/11/2018	21H47																																															
	VS20	18/12/2018	13H37																																															
VEGA (2 lancements)	VV12	22/08/2018	18H20																																															
	VV13	20/11/2018	22H42																																															
Essai au BEAP	P120C DM	16/07/2018	09H20																																															
SYNTHESE DES INDICATEURS DE QUALITE DES MILIEUX	COMPARTIMENTS	AIR	EAU	SEDIMENT	FAUNE AQUATIQUE	BIOSURVEILLANCE (abeilles)	VEGETATION																																											
	MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al₂O₃ / N₂H₄ / NO_x</i> Analyseurs mobiles <i>HCl</i> Bacs à eau <i>HCl / Al₂O₃</i> Shelters SOYOUZ <i>CO / CO₂ / NO_x / SO_x / PM / HCT</i>	Suivi de la qualité physico-chimique KAROUABO MALMANOURY PARACOU	Suivi de la qualité physico-chimique KAROUABO MALMANOURY PARACOU	Diversité, Richesse, Abondance Lésions anatomo pathologique (<i>poissons</i>) Dosage Aluminium (<i>poissons</i>) SMEG (<i>invertébrés</i>)	Dynamique des colonies Analyse particulaire Biomarqueurs Suivi pondéral	Surveillance environnementale du patrimoine forestier																																											
	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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 10/10/2019</p> <p>Page : 20/127</p>
--	--	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>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>MODELISATION DES RETOMBÉES 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>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°241 à 246 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 2018 n'ont pas montrés de particularité. En effet, les concentrations mesurées sont 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 non corrélables au passage du nuage de combustion. Ce phénomène est régulièrement observé à Kourou et à Sinnamary. ▪ <u>Nota</u> : Concernant VA243, compte-tenu de la réorientation des vents, tous les bacs n'ont pas été exposés aux retombées chimique du nuage de combustion.
<p>SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR : RESEAU CODEX, ANALYSEURS FIXES ET MOBILES, SHELTERS ENVIRONNEMENT</p> <p>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°18 à 20. 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 2018. Pour les autres vols, il n'y a pas d'écart significatif remettant en cause le choix de l'option de pose.</p>

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p> <p>Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center">BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 10/10/2019</p> <p>Page : 21/127</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 2018, des prélèvements d'eau ont été effectués par prélèvement automatique, pour VV12 et VA245. Les analyses n'ont pas mis en évidence de pollution des eaux liées au lancement.</p>
<p>ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES SEDIMENTS</p>	<p>En 2018, 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 2018.</p>
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS</p> <p>« 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 localisé 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 invertébrées aquatiques en 2018 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>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p> <p>Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 10/10/2019</p> <p>Page : 22/127</p>
--	---	---

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
<p>SUIVI DE LA VEGETATION</p> <p>Analyse des pluviollessivats (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)</p>	<p>En 2018, aucun prélèvement de pluviollessivat n'a été réalisé.</p>
<p>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>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>
<p>ABEILLES</p>	<p>Les abeilles constituent des bio- 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.</p> <p>Lors de la campagne de surveillance 2018 par les abeilles, ont été effectuées des analyses particulières, des analyses de biomarqueurs et un suivi de la bonne santé globale de la ruche.</p> <p>Au vu des résultats, il semble que les rejets de particules minérales issus des activités du Centre Spatial Guyanais se limitent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à des métaux (aciers, titanes, produits ferreux) dans des proportions relativement limitées - à certains composants de peintures industrielles. <p>Par ailleurs, quel que soit le site d'exposition du CSG, au niveau annuel, aucun impact sur la santé des abeilles n'a été mis en évidence, ni par analyse moléculaire des tissus (biomarqueurs), ni au niveau de leur comportement général.</p>

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 23/127</p>
--	--	--

2. CATALOGUE 2018 DES FICHES SYNTHETIQUES POST LANCEMENT

Depuis 2017, le CNES/CSG et son service Environnement et Sauvegarde Sol proposent 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 événement 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.

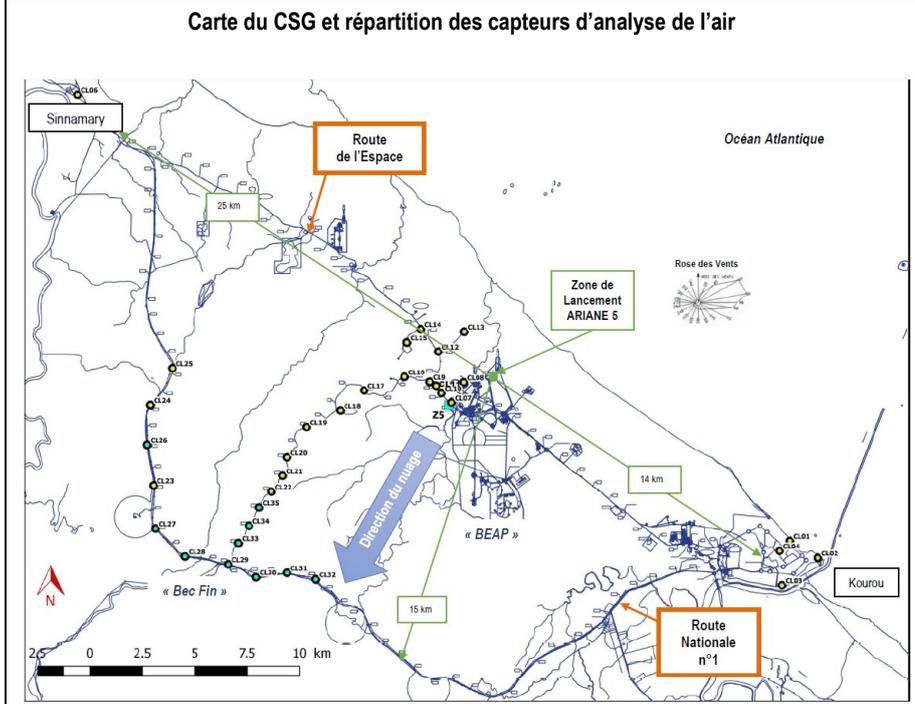
Vous trouverez au fil des pages suivantes, l'ensemble des fiches synthétiques post lancement qui a été diffusé auprès des instances administratives locales.

Voici le catalogue des Plans de Mesures Environnement déployés en **2018** au Centre Spatial Guyanais.



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA241
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

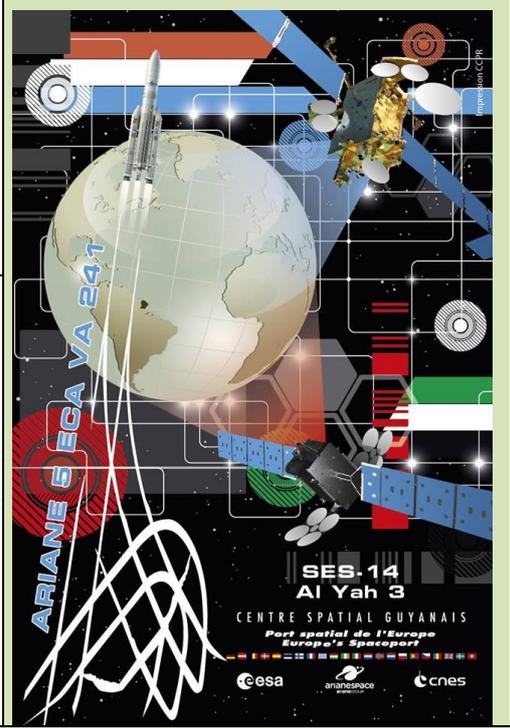
Jeu
25
Jan.
2018



Ariane 5 version ECA
Le jeudi 25 janvier 2018 à 17h20 (Heure locale).

Le vol 241 en bref :

2 Satellites de télécommunication
SES-14 et Al Yah 3



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



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 241

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 300 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

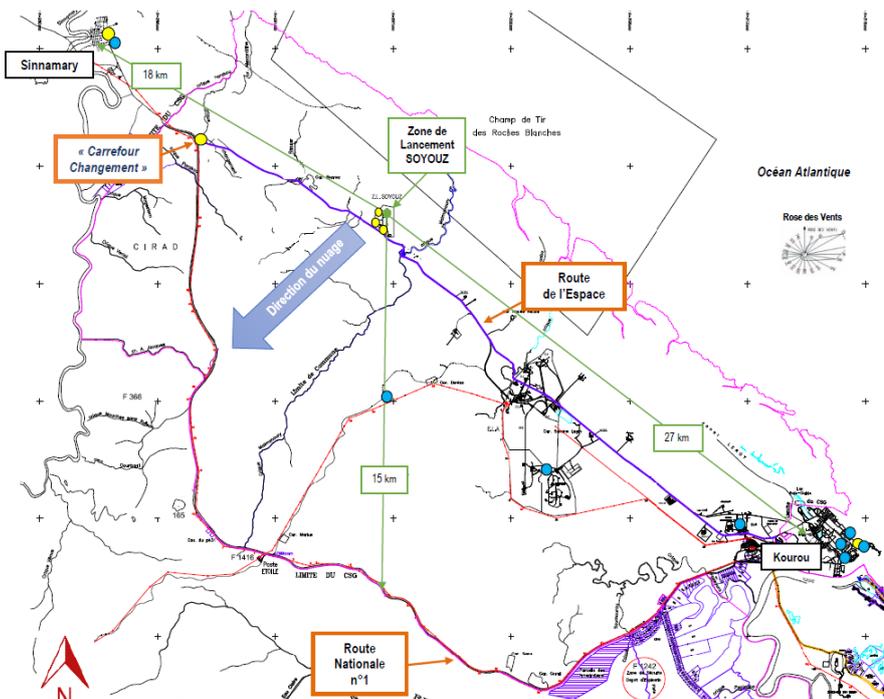
Rapport détaillé disponible sur <http://www.cnes-csg.fr> Une question ? environnement-csg@cnes.fr



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 18

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

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

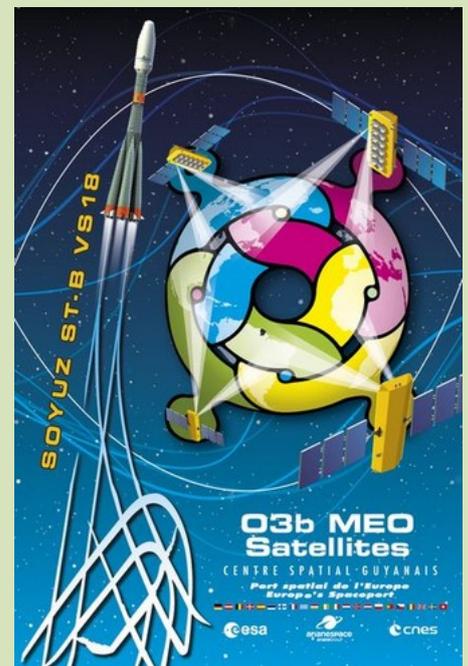


Soyouz

Le vendredi 9 mars 2018 à 13h38 (Heure locale).

Le vol 18 en bref :

4 Satellites de télécommunication
O3b



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)	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 18

Teneurs maximales en oxydes de carbone, azote et soufre mesurées jusqu'à 550 mètres en zone de lancement
Hors du CSG, les teneurs en oxydes de carbone, azote et soufre émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact du lancement VS18 n'est pas décelable.

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

Une question ?

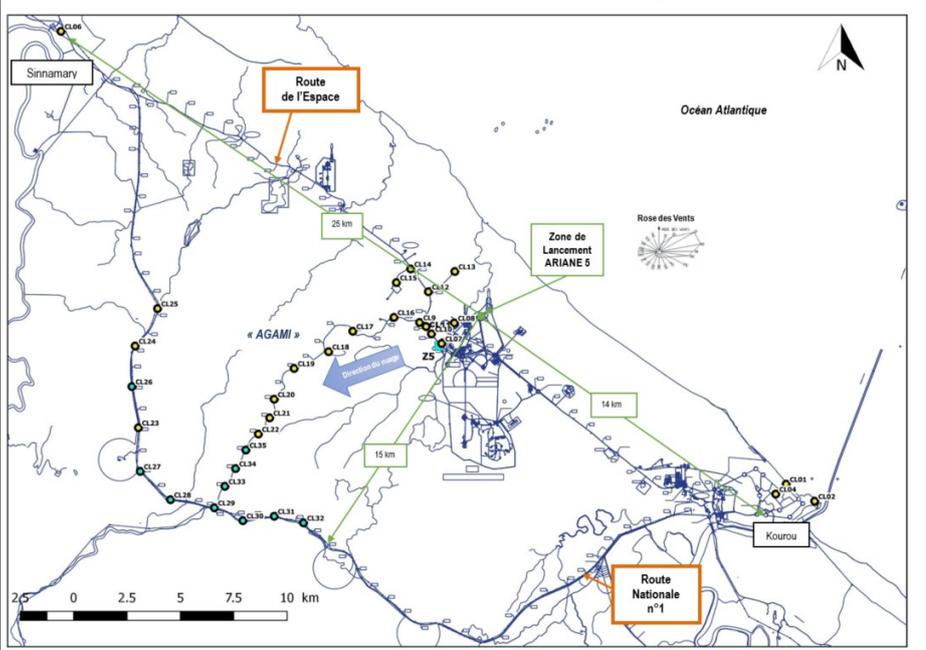
environnement-csg@cnes.fr



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA242
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
05
Avril
2018

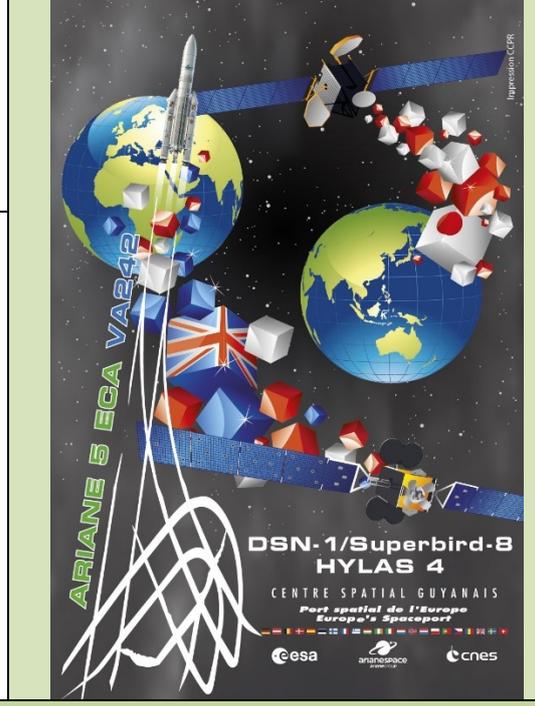
Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA
Le jeudi 05 avril 2018 à 18h34 (Heure locale).

Le vol 242 en bref :

2 Satellites de télécommunication
DSN-1/Superbird-8 et HYLAS 4



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 242

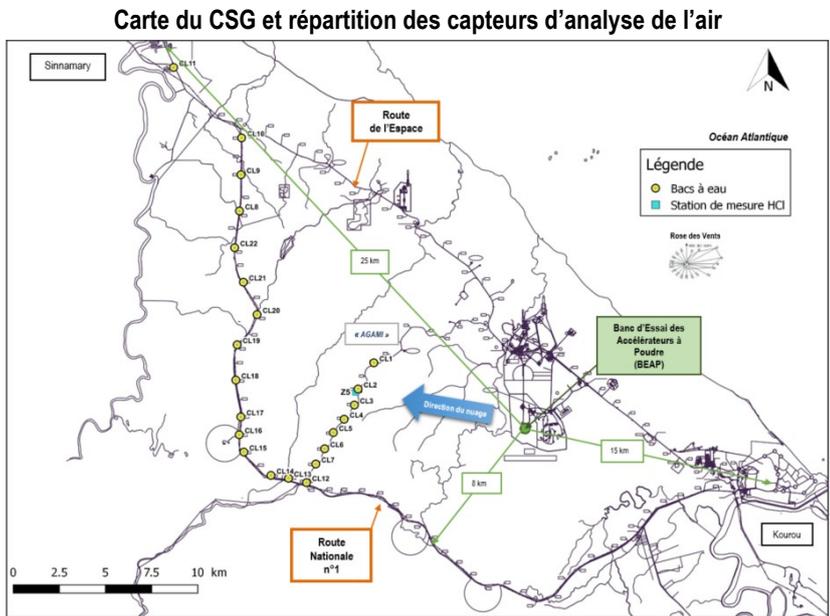
Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 300 mètres en zone de lancement.
Hors du CSG, les teneurs en acide chlorhydrique et en alumine émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. Les concentrations sont très faibles, l'impact du lancement n'est pas décelable.

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

Une question ? environnement-csg@cnes.fr

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ESSAI P120 DM AU BEAP
Arrêté préfectoral N°2216 1D/4B du 28 juillet 1992 autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) au Centre Spatial Guyanais sur le territoire de la commune de Kourou

Lun
16
Juil.
2018



Essai de mise à feu du P120 « Demonstrator Model »
Le lundi 16 juillet 2018 à 09h20 (Heure locale)

Seuls les produits de combustion
du spécimen P120 DM
sont dispersés dans l'atmosphère

Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)

EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
16 sites en champ proche (Zone de Lancement)	16 bacs à eau	● ●
	2 analyseurs mobiles	■ ■
22 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	22 bacs à eau	● ●
	1 analyseur mobile	■ ■
PARAMETRES DE MESURE		
Bacs à eau	pH / Conductivité / Aluminium particulaire / Chlorures (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ESSAI P120 DM

Les teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine sont mesurées jusqu'à 400 mètres en zone d'essai.
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 de la mise à feu n'est pas décelable.
Les capteurs ont été implantés de façon optimale grâce à la prévision météorologique du jour.
Les eaux du carneau ont été analysées : les résultats sont conformes aux valeurs limites de rejet vers le milieu naturel, prescrites par l'arrêté préfectoral.

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

Premier essai du moteur à propulsion solide commun à ARIANE 6 et VEGA-C

Une question ? environnement-csg@cnes.fr

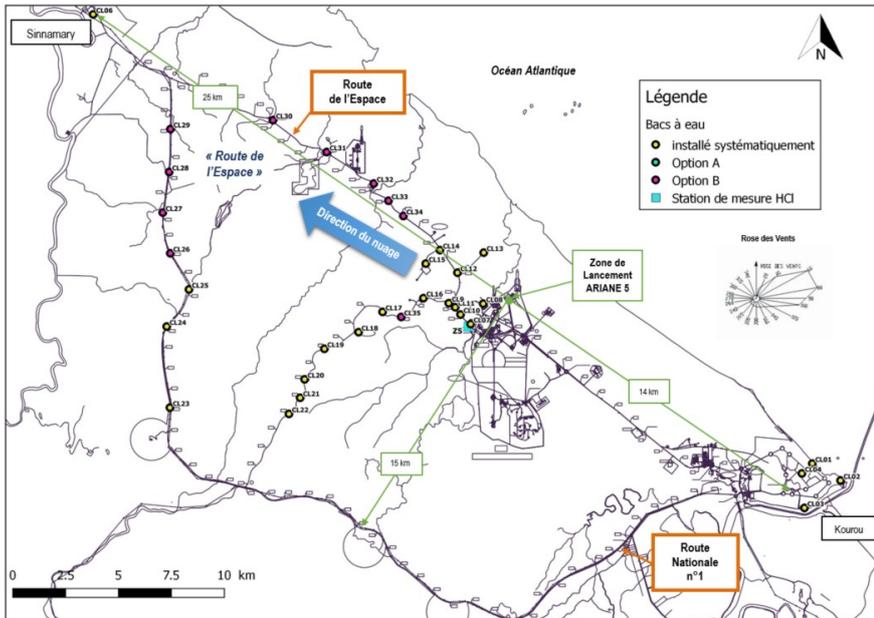


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA244

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

Mer
25
Juil.
2018

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



Ariane 5 version ES

Le mercredi 25 juillet 2018 à 08h25 (Heure locale).

Le vol 244 en bref :

4 Satellites de la Constellation GALILEO (Satellites n°23 à 26)



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



Acide chlorhydrique + Alumine
(HCl) (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 244

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 600 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.

L'ensemble des capteurs (45) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION B « ROUTE DE L'ESPACE »)

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

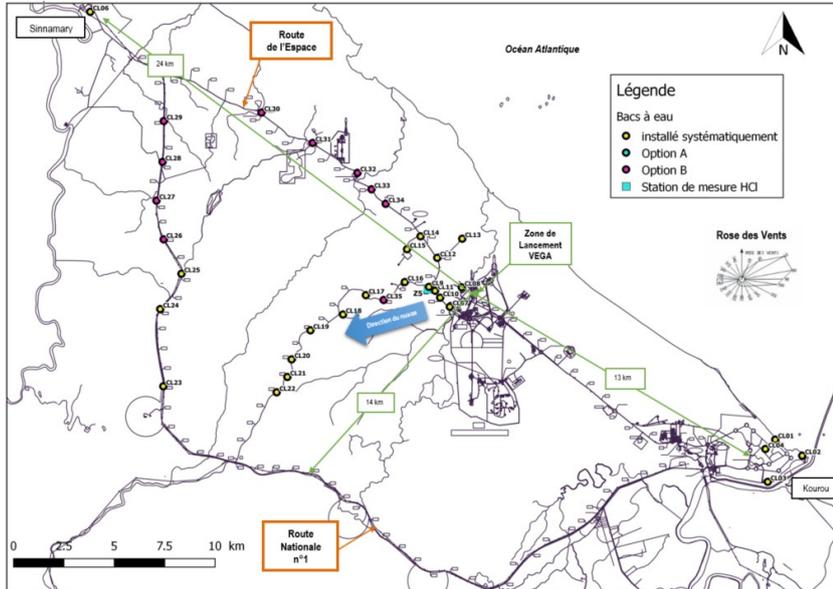


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV12

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

Mer
22
Août
2018

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 + Alumine
(HCl) (Al₂O₃)



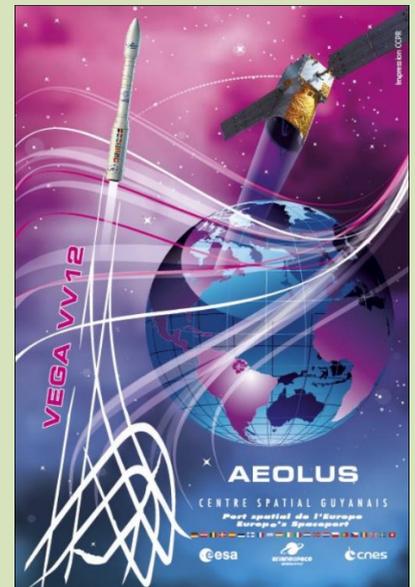
VEGA

Le mercredi 22 août 2018 à 18h20 (Heure locale).

Le vol V12 en bref :

1ère mission ESA pour la Mesure des Vents

AEOLUS



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	
MESURE DE LA QUALITE CHIMIQUE DE LA CRIQUE KAROUABO		
Préleveur automatique (Echantillonnage toutes les 6 heures pendant 6 jours – 24 échantillons)	pH / Conductivité / Aluminium total / Ions chlorures / Ions Sodium (Institut Pasteur de Guyane)	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VV12

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 200 mètres en zone de lancement soit à l'intérieur du périmètre du CSG.

La qualité chimique de la crique Karouabo n'a pas été altérée par le lancement VV12 ; aucune évolution des paramètres n'est à retenir dans les heures qui suivent l'évènement.

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.

L'ensemble des capteurs (45 + 1) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION B « ROUTE DE L'ESPACE »)

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

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

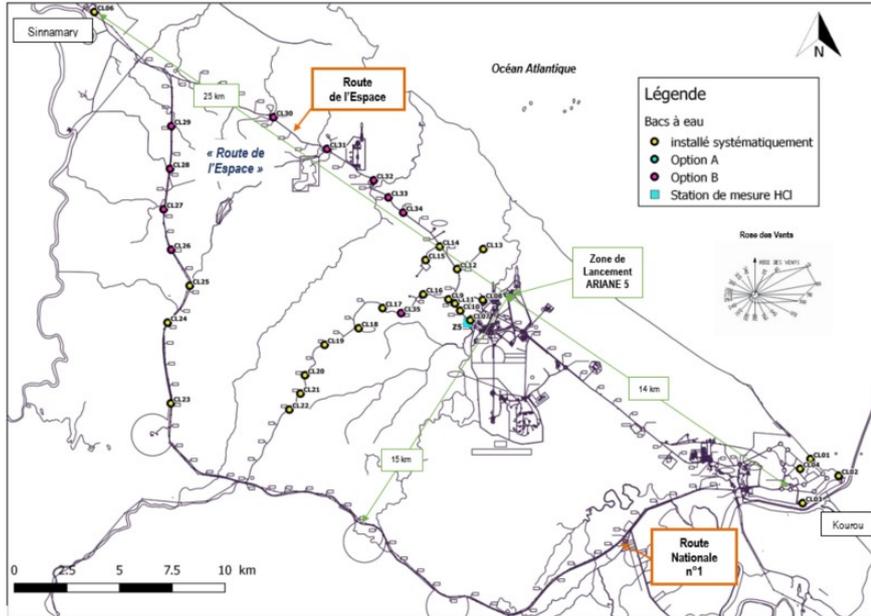


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA243

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
25
Sept.
2018

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



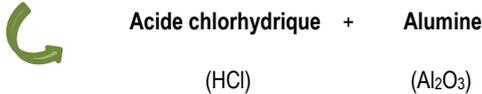
Ariane 5 version ECA

Le mardi 25 septembre 2018 à 19h38 (Heure locale).

Le vol 243 en bref :

2 Satellites de Télécommunications
Horizons 3^e et Azerspace-2/Intelsat-38

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



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 243

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 600 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 du lancement n'est pas décelable.

Une perturbation météorologique est survenue au moment du décollage entraînant une réorientation imprévisible du nuage de combustion.

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

Impact sur les personnes non décelé

Impact sur l'environnement non décelé

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

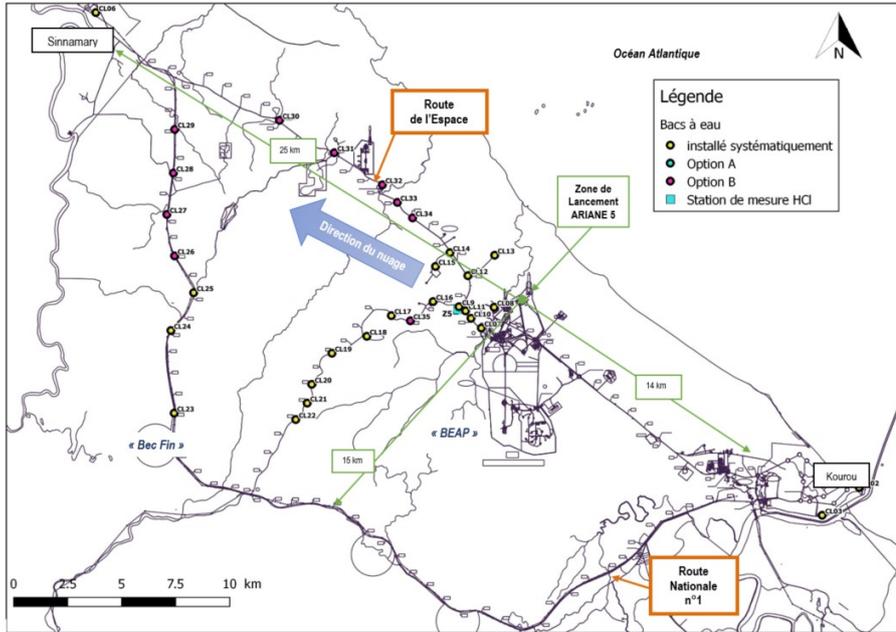


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA245

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
19
Oct.
2018

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
Le vendredi 19 octobre 2018 à 22h46 (Heure locale).

Le vol 245 en bref :

1ère mission spatiale vers Mercure

BepiColombo



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	24 analyseurs fixes (Kourou / Sinnamary/ CSG)	
1 site sur le pont de la Karouabo	1 préleveur automatique – 24 mesures	
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	
Préleveur automatique	pH / Conductivité / Aluminium total / Ions Chlorures / Ions sodium (Institut de Recherche et de Développement de Guyane)	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 245

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 300 mètres en zone de lancement soit 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.

L'ensemble des capteurs (45) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION B « ROUTE DE L'ESPACE »)

Le préleveur automatique installé sur le pont de la crique Karouabo a réalisé 24 mesures dans le cours d'eau avant, pendant et après le décollage ; les résultats obtenus n'ont pas montré de modification de la qualité des eaux attribuables à la mission.

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

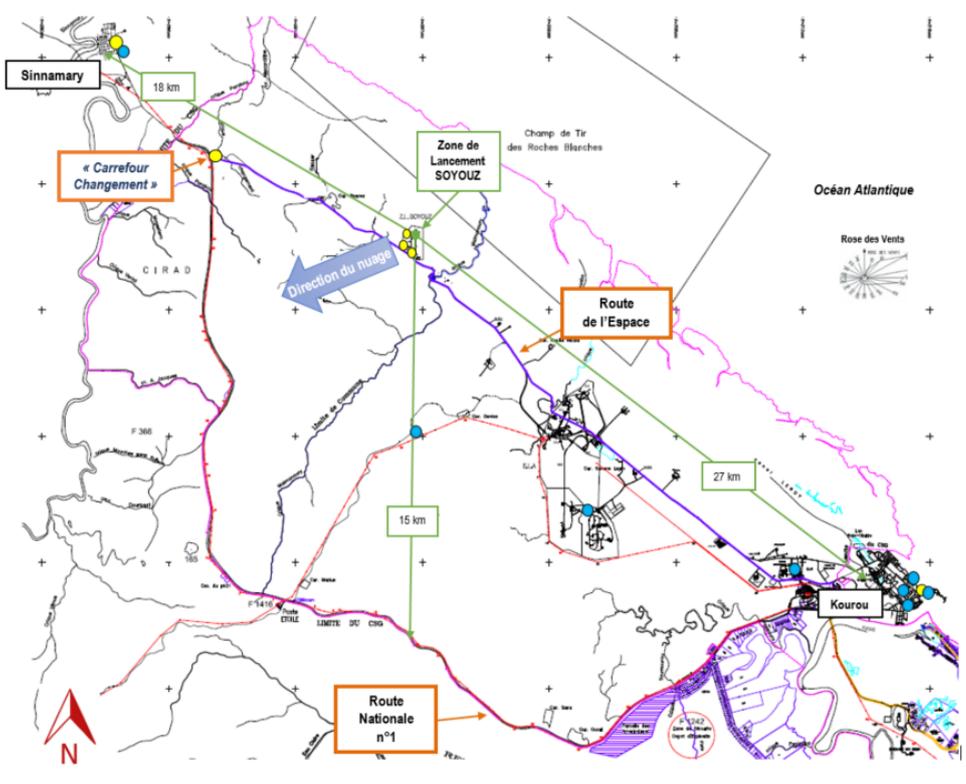
Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 19
Arrêté préfectoral N° 1689 2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS) sur la commune de Sinnamary

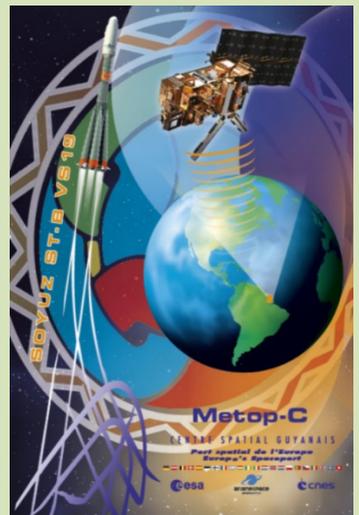
Mar
6
Nov
2018

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



Soyouz
Le mardi 6 novembre 2018 à 21h47 (Heure locale).

Le vol 19 en bref :
1 Satellite météorologique pour la surveillance du Climat
METOP-C



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

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)

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 19

Teneurs maximales en oxydes de carbone, azote et soufre mesurées jusqu'à 1 000 mètres en zone de lancement.
Au-delà du CSG, les teneurs en oxydes de carbone, azote et soufre émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact du lancement VS19 n'est pas décelable.

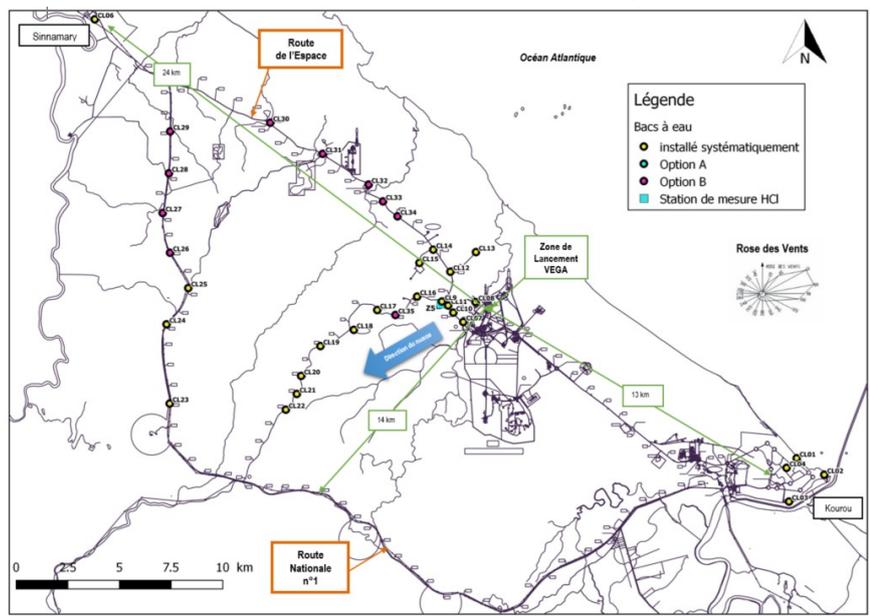
Impact sur les personnes non décelé
Impact sur l'environnement non décelé



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV13
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
20
Nov
2018

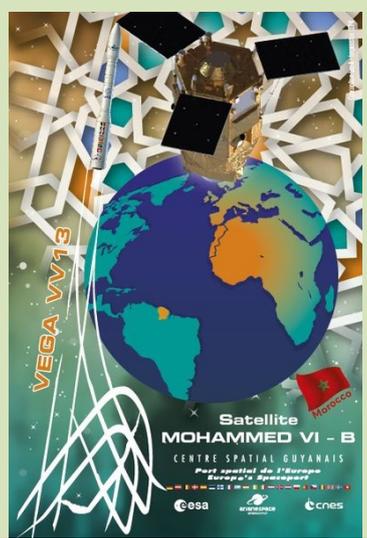
Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Seuls les produits de combustion du premier étage (P80) sont dispersés dans l'atmosphère
Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



VEGA
Le mardi 20 novembre 2018 à 22h42 (Heure locale).
Le vol VV13 en bref :
Une mission d'Observation de la Terre au profit du Royaume du Maroc
MOHAMMED VI - B



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 VV13

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 200 mètres en zone de lancement soit 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.

L'ensemble des capteurs (45) a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion (OPTION B « ROUTE DE L'ESPACE »)

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

Une question ?

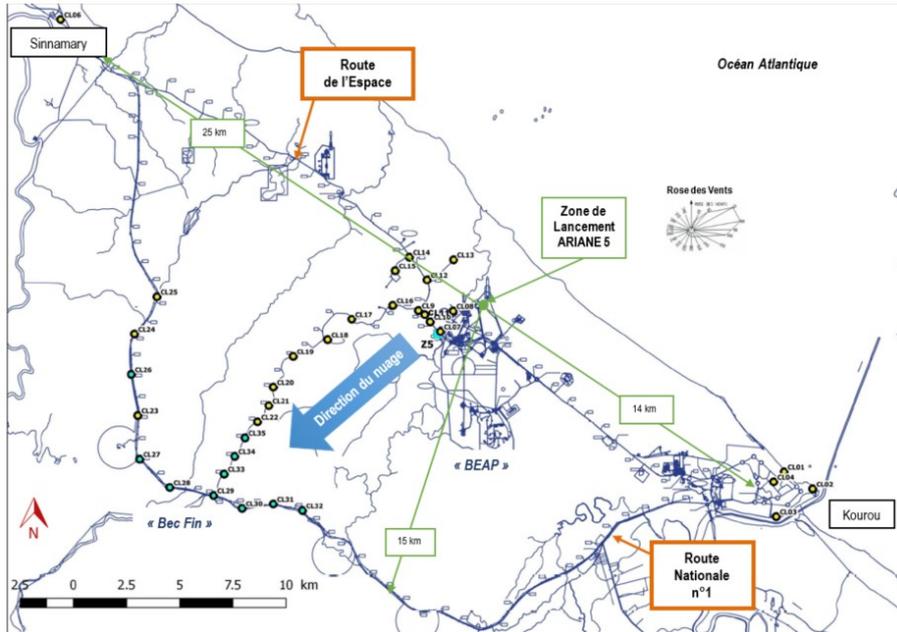
environnement-csg@cnes.fr



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA246
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
04
Déc.
2018

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



Ariane 5 version ECA

Le mardi 04 décembre 2018 à 17h37 (Heure locale).

Le vol 246 en bref :

2 Satellites d'Agences spatiales asiatiques
GSAT-11
pour l'Indian Space Research Organisation (ISRO)
& **GEO-KOMPSAT-2A**
pour le Korea Aerospace Research Institute (KARI)

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 246

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 300 mètres en zone de lancement soit 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.

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

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

Une question ?

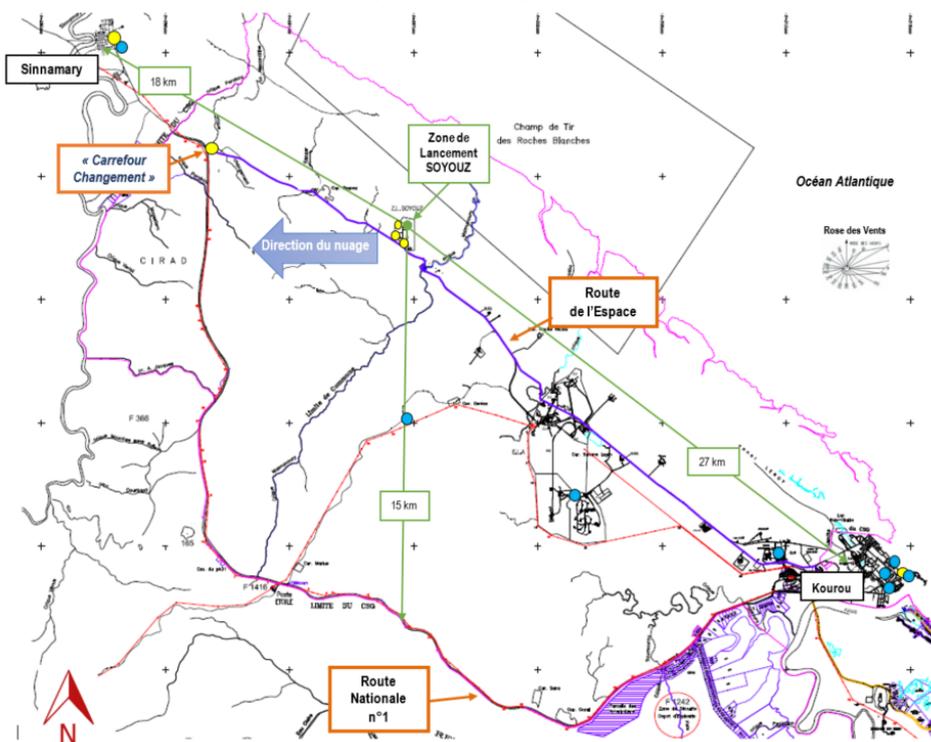
environnement-csg@cnes.fr



RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 20
Arrêté préfectoral N°1689 2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant l'exploitation de l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS) sur la commune de Sinnamary

Mer
19
Déc
2018

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



Soyouz

Le mercredi 19 décembre 2018 à 13h37 (Heure locale).

Le vol 20 en bref :

1 Satellite d'observation militaire français

CSO-1

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



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)

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 20

Teneurs maximales en oxydes de carbone, azote et soufre mesurées jusqu'à 1 000 mètres en zone de lancement.

Au-delà du CSG, les teneurs en oxydes de carbone, azote et soufre émises par l'environnement naturel et l'activité humaine sont similaires. L'impact du lancement VS20 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 36/127
--	--	---

3. LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA

3.1. Objectifs des mesures

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

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



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

Le plan de mesures environnement permet donc de **quantifier** et de **surveiller** les retombées des produits majoritaires qui ne sont pas naturellement 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 particulaires 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 37/127
--	--	---

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

Le CNES a développé le code de calcul nommé « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM) avec la société ARIA Technologies (spécialiste de la dispersion atmosphérique). Ce logiciel permet de modéliser les retombées gazeuses et 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 38/127
--	--	---

3.3. Les conditions météorologiques

La localisation du nuage de combustion d'un décollage d'Ariane 5, ou bien de VEGA, peut varier à chaque évènement. Cette localisation ne peut être connue à l'avance du fait de la spécificité de la climatologie locale. Afin d'optimiser l'emplacement des capteurs sur la trajectoire la plus probable du nuage, un radiosondage (réalisé au plus proche du H0) ainsi qu'une prévision météorologique (réalisée pour une échéance proche du H0) ont été utilisés.

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

- Les résultats de simulation obtenus à partir des données météorologiques prévisionnelles (CEP ou ARPEGE) ont permis de choisir l'option de pose des capteurs,
- Les résultats de simulation obtenus à partir du radiosondage effectué en chronologie positive (hauteur de stabilisation, déplacement du nuage, etc.) pourront être corrélés aux valeurs de terrain (présentées aux **paragraphes 3.5 et 4.5** du présent document).

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

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

3.4.1. 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 adressés à l'**Institut Pasteur de Guyane** pour la détermination des paramètres suivants :

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

Paramètres mesurés	Unités
pH	unité pH
Conductivité	μS/cm
Concentration en ion chlorure	mg/m 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.

3.4.2. Localisation des points de mesures

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

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

EMPLACEMENT		DISTANCE ZL3 / ZLVEGA (m)	SPM HONEYWELL
A I R	CPX	10 sites en champ proche (CP) 35 sites en champ lointain (CL)	Confer l' <i>Annexe 3</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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 40/127
--	--	---

Rappelons que le positionnement de ces instruments, hormis l'orientation prescrite 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.

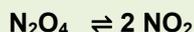
3.5. Mesures en continu des retombées chimiques gazeuses en acide chlorhydrique

3.5.1. Objectif des mesures

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

A noter que les appareils du réseau de capteurs dits « fixes » permettent aussi la quantification des teneurs en **produits hydrazinés** ainsi que les teneurs en **peroxyde et dioxyde d'azote** (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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 41/127
--	--	---

3.5.2. Localisation des points de mesure

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

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 Cocoteraie :	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 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 42/127
--	--	---

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

En 2018, le CSG a opéré six lancements Ariane 5 en heure locale :

❖	VA241	le 25/01/2018	à 17H20
❖	VA242	le 05/04/2018	à 18H34
❖	VA244	le 25/07/2018	à 08H25
❖	VA243	le 26/09/2018	à 19H38
❖	VA245	le 19/10/2018	à 22H46
❖	VA246	le 04/12/2018	à 17H37

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 réalisation des plans de mesures [DR07 à 18] 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).

4.1. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

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

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

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

Une étude comparative des directions des nuages de combustion a été réalisée sur l'ensemble des campagnes des années 2008 à 2018. Un tableau récapitulatif est présenté en **Annexe 5** du présent document.

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2018, l'analyse des simulations a montré :

- **Une réorientation des vents pour VA243** avec une direction prise par le nuage qui diffère de 150° (c'est-à-dire presque un demi-tour) par rapport à la modélisation basée sur les prévisions météo.
- Un écart inférieur à 20° pour les autres vols, ne remettant pas en cause l'option de pose choisie pour les bacs à eau.

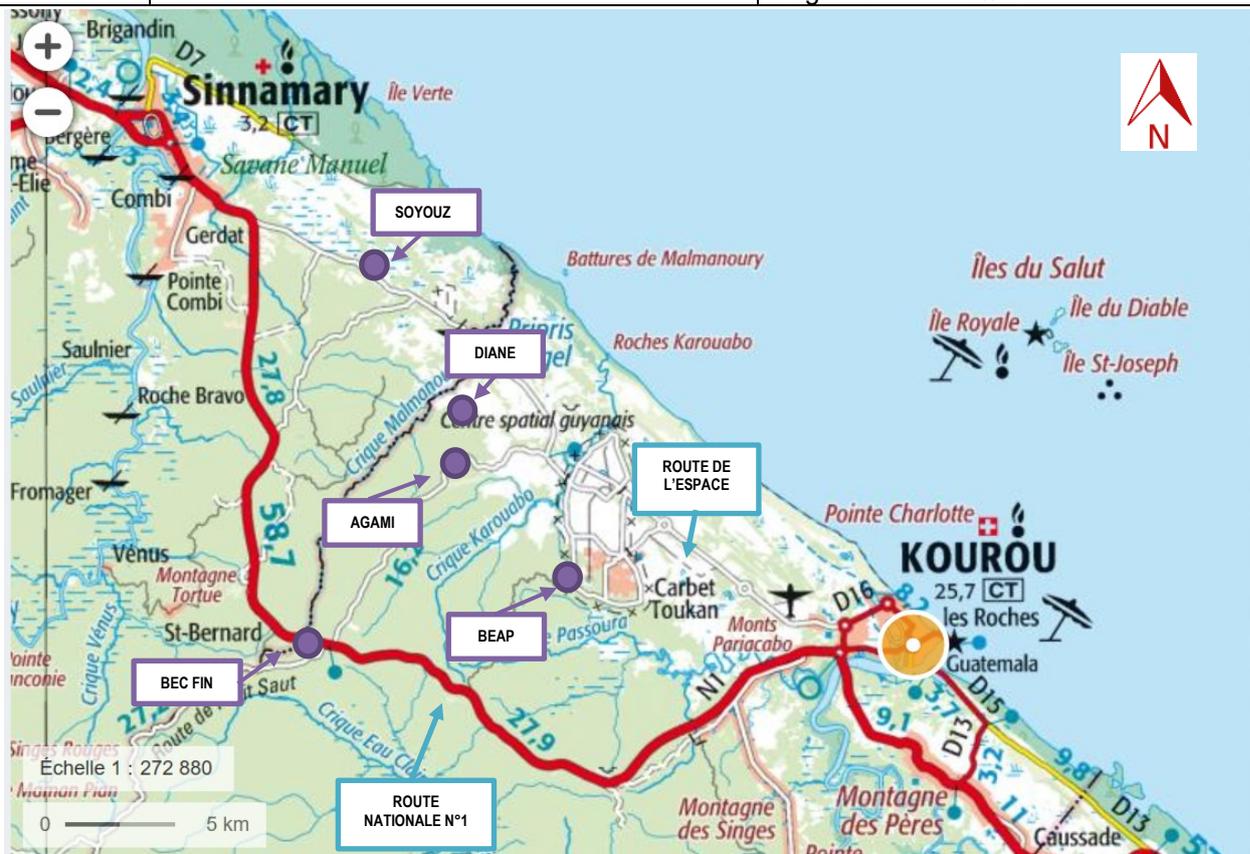


Figure 4 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)

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...	
VA241	62	Bec Fin	A « AGAMI »
VA242	76	Agami	A « AGAMI »
VA244	119	Entre Diane et Soyouz	B « ROUTE DE L'ESPACE »
VA243	76	Agami	B « ROUTE DE L'ESPACE »
VA245	94	Entre Diane et Agami	B « ROUTE DE L'ESPACE »
VA246	45	Bec Fin	A « AGAMI »

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 44/127
--	--	--

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)
VA241	2,6	12,5
VA242	3,6	16,1
VA244	1,7	9,0
VA243	3,3	14,2
VA245	2,7	13,2
VA246	3,0	13,8

Les concentrations en acide chlorhydrique restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition égale à 5 ppm) sur l'ensemble des vols. Pour l'alumine, hormis pour VA244, 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.

4.1.2. Au moyen des radiosondages en chronologie positive

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

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

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

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

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

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : 10/10/2019	
		Page : 45/127	

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

VOL	2018		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
VA241	25	Janvier	41	Entre BEAP et Bec Fin	1,1	6,1
VA242	05	Avril	72	Agami	1,9	9,2
VA244	25	Juillet	118	Entre Diane et Soyouz	1,7	10,6
VA243	26	Septembre	226	Scierie – Dégrad Saramaca	1,8	11,7
VA245	19	Octobre	113	Diane	1,9	9,8
VA246	04	Décembre	46	Diane	0,5	4,8

Pour l'année 2018, 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.

NOTA : Les aléas de la météorologie locale peuvent être difficilement prévisibles. Cette observation est valable pour le lancement VA243 pour lequel, une réorientation des vents au moment du décollage, a engendré une réorientation du nuage de combustion

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 VA244 et VA243, les valeurs maximales sont respectivement de 10,6 et 11,7 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.

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

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

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

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	Classe : GP
		Ed/Rev : 01/00	
		Date : 10/10/2019	
		Page : 46/127	

Le tableau 9, ci-après, 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 2018

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
A241		PREVISION METEOROLOGIQUE 2C260118.TXT DU 26/01/18 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R250118.TXT DU 25/01/18 À 21H41 TU
A241	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	994	1094
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	62	41
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,6	1,1
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	12,5	6,1
A242		PREVISION METEOROLOGIQUE 2C060418.TXT DU 06/04/18 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R050418.TXT DU 05/04/18 À 21H56 TU
A242	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1070	1234
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	76	72
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	3,6	1,9
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	16,1	9,2
A244		PREVISION METEOROLOGIQUE 2C250718.TXT DU 25/07/18 À 12H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R250718.TXT DU 25/07/18 À 11H49 TU
A244	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1083	1016
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	119	118
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,7	1,7
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	9,0	10,6
A243		PREVISION METEOROLOGIQUE 1C190918.TXT DU 19/09/18 À 18H00 TU	RADIOSONDAGE CP 5R250918.TXT DU 25/09/18 À 23H05 TU
A243	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1025	1040
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	76	226
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	3,3	1,8
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	14,2	11,7

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 47/127

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
	A245	PREVISION METEOROLOGIQUE 2C201018.TXT DU 20/10/18 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 1R201018.TXT DU 20/10/18 À 02H08 TU
A245	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1034	1120
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	94	113
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,7	1,9
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	13,2	9,8
	A246	PREVISION METEOROLOGIQUE 1C041218.TXT DU 04/12/18 À 18H00 TU	RADIOSONDAGE CP 5R041218.TXT DU 04/12/18 À 21H03 TU
A246	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1170	1295
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	45	46
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	3,0	0,5
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	13,8	4,8

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 150° de différence c'est-à-dire presque diamétralement opposé, sur la direction du nuage de combustion du lancement V243).

Concernant VA243, 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 48/127
--	--	---

4.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM

Les comparaisons entre la direction réellement prise par le nuage de combustion et celle modélisée (au moyen des données de CEP ou ARPEGE) ont montré :

- Une réorientation des vents pour VA243 avec une direction prise par le nuage qui diffère de 150° par rapport à la modélisation basée sur les prévisions météo.
- Un écart moyen inférieur à 20° pour les autres vols, ne remettant pas en cause l'option de pose choisie pour les bas 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 2018. Ces derniers ont été soumis aux retombées provenant du nuage de combustion du lanceur Ariane 5 ; à l'exception du vol A243.

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

Sur l'ensemble des systèmes détecteurs du réseau de **Collecte de Données Environnement extérieur** du CSG (**CODEX**), composé de vingt-quatre (24) systèmes CODEX détecteurs fixes et trois 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 (détections d'acide chlorhydrique des analyseurs mobiles).

Tableau 11: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2018

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
VA241	ND	ND	ND
VA242	1,9 ppm	2,2 ppm	ND
VA244	ND	ND	ND
VA243	ND	ND	ND
VA245	ND	ND	ND
VA246	ND	ND	ND

ND : Non détecté

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 2018 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 d'acide 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 2018.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : 10/10/2019	
		Page : 50/127	

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

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

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

Durant le temps d'exposition des bacs à eau, des évènements pluvieux ont parfois été enregistrés sur le territoire du CSG. Les épisodes de pluies ont été enregistrés pour les vols suivants :

- VA241 : 3,4 mm
- VA242 : 51,4 mm
- VA244 : 33,7 mm
- VA243 : 10,4 mm

Néanmoins en 2018, à la demande des inspecteurs de la DEAL, et en concertation avec l'Institut Pasteur de Guyane, le volume d'eau introduit dans les bacs à eau a été ajusté en fonction de la saison et de la pluviométrie associée ; soit un volume de 250 mL en saison des pluies et 500 mL en saison sèche. De fait, aucun bac n'a débordé et les analyses ont pu être réalisées dans les meilleures conditions possibles.

4.5.1. 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 2018.

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

	Vol	A241	A242	A244	A243	A245	A246
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	248,674	273,898	230,264	131,442	102,164	156,294
	Distance de la ZL3 (m)	362	277	362	362	236	362
	Localisation	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP02 Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	0,991	12,103	0,838	1,035	2,206	0,473
	Distance de la ZL3 (m)	2954	5164	10586	9200	10586	2612
	Localisation	CL09 Portail piste AGAMI	CL05 Site TOUCAN	CL20 Piste AGAMI – PK10 après portail	CL19 Piste AGAMI – PK08 après portail	CL20 Piste AGAMI – PK10 après portail	CL10 Mi chemin KAROUABO – embranchement Piste Agami

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 51/127
--	--	---

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 400 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.

4.5.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

Le tableau ci-après présente les valeurs maximales mesurées pour le paramètre **acide chlorhydrique** (concentration en ions chlorure), en champ proche et en champ lointain, lors de chaque lancement ARIANE 5 de l'année 2018.

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

	Vol	A241	A242	A244	A243	A245	A246
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	5204,981	7143,563	3576,345	15405,196	4852,046	907,422
	Distance de la ZL3 (m)	362	277	362	277	236	362
	Localisation	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49	CP02 Chemin de ronde ZL3 – milieu zone 49	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	32,927	91,112	29,402	34,253	147,123	27,310
	Distance de la ZL3 (m)	16268	5164	4006	17852	9219	16945
	Localisation	CL01 Kourou – Station Météo Isabelle	CL05 Site TOUCAN	CL14 PK 16,15 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA Embranchement Diane	CL02 Kourou – Hôtel des Roches	CL19 Piste AGAMI – PK8 après portail	CL27 Sur RN1 direction SINNAMARY 16 km après carrefour piste Agami soit PK 101,1 sur RN1

Remarques :

- En champ proche, les concentrations maximales des retombées chimiques et particulaires en ions chlorures sont localisées sur le chemin de ronde de la zone de lancement.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 52/127
---	--	---

- 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. L'apport d'embruns marins en zone littorale influence les mesures notamment sur la ville de Kourou.
- Le maximum mesuré en champ lointain est réalisé pour le vol A245. Cette concentration correspond à un secteur non couvert par le nuage de combustion (Piste AGAMI – PK8 après portail). Cette concentration n'est donc pas attribuable au lancement mais à d'autres facteurs environnementaux.

4.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulières

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 400 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 augmente. 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 suivants :

- VA241 : 3,4 mm
- VA242 : 51,4 mm
- VA244 : 33,7 mm
- VA243 : 10,4 mm

4.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement des lancements Ariane 5 en 2018

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 241 à 246 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 53/127

5. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA

En 2018, le CSG a opéré deux lancements Vega (en heure locale) :

❖ Vol V12	le 22/08/2018	à 18H20
❖ Vol V13	le 20/11/2018	à 22H42

Des plans de mesures environnement ont été réalisés pour ces deux 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 réalisation des plans de mesures [DR 23 à 26] seront présentés dans ce document.

5.1. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

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

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.

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

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...	
V12	101	Diane	B « ROUTE DE L'ESPACE »
V13	72	Agami	B « ROUTE DE L'ESPACE »

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 54/127

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)
V12	1,4	9,8
V13	2,7	13,9

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).

5.1.2. 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, espacées de cent mètres en altitude.

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.

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

VOL	2018		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
V12	22	Août	70	Agami	0,4	9,2
V13	21	Novembre	62	Bec Fin	1,5	7,5

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).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	Classe : GP
		Ed/Rev : 01/00	
		Date : 10/10/2019	
		Page : 55/127	

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

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

Par comparaison avec la simulation réalisée à H0 + 25 minutes, nous n'observons pas d'écart significatif (max 30°) 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 2018

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
V12		PREVISION METEOROLOGIQUE 2C230818.TXT DU 23/08/18 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 3R220818.TXT DU 22/08/18 À 21H44 TU
V12	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	644	612
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	101	70
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,4	0,4
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	9,8	9,2
V13		PREVISION METEOROLOGIQUE 2C260118.TXT DU 26/01/18 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R250118.TXT DU 25/01/18 À 21H41 TU
V13	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	999	1196
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	72	62
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,7	1,5
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	13,9	7,5

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 56/127
--	--	---

5.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM

La comparaison entre la direction réellement prise par le nuage de combustion (RS CP) et celle modélisée (au moyen des données de CEP) a montré un écart maximal de 30°.

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 deux mission du lanceur VEGA en 2018.

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

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

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des mesures en continu 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 2018

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)
V12	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>
V13	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>

ND : Non détecté

Sur les deux vols, aucune détection n'est à retenir, quel que soit le SPM, qu'il soit installé en champ proche ou en champ lointain.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 57/127
--	--	---

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

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

Le processus 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 fois inférieure). Il se stabilise ensuite à une faible altitude (deux 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.

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

- VV12 : 0,2 mm
- VV13 : 1,2 mm

Néanmoins en 2018, à la demande des inspecteurs de la DEAL, et en concertation avec l'Institut Pasteur de Guyane, le volume d'eau introduit dans les bacs à eau a été ajusté en fonction de la saison et de la pluviométrie associée ; soit un volume de 250 mL en saison des pluies et 500 mL en saison sèche. De fait, 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 retombées maximales en **alumine particulaire sédimentable** 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	V12	V13
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	4,868	1,669
	Distance de la ZLV (m)	169	169
	Localisation	CP04 Chemin de ronde ZL3 – Milieu zone 45	CP04 Chemin de ronde ZL3 – Milieu zone 45
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	2,092	0,479
	Distance de la ZLV (m)	17477	16370
	Localisation	CL29 Sur RN1 direction SINNAMARY 20km après carrefour piste AGAMI soit PK105,1 de la RN1	CL27 Sur RN1 direction SINNAMARY 16km après carrefour piste AGAMI soit PK101,1 de la RN1

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 58/127
--	--	---

Remarques :

- En **champ proche**, les retombées maximales en alumine particulaire se trouvent sur le chemin de ronde de la zone de lancement.
- 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 VV12 et VV13 correspondent à des secteurs non couverts par le nuage de combustion (RN1). Ces concentrations ne sont donc pas attribuables au lancement mais à d'autres facteurs tels que les soulèvements de poussière.

5.5.2. 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	V12	V13
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	49,241	40,254
	Distance de la ZLV (m)	169	169
	Localisation	CP04 Chemin de ronde ZL3 – Milieu zone 45	CP04 Chemin de ronde ZL3 – Milieu zone 45
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	71,264	43,288
	Distance de la ZLV (m)	18273	2344
	Localisation	CL02 Kourou – Hôtel des Roches	CL13 Chemin menant à la carrière Roche Nicole

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 du vol VV12 ont été mesurées sur des sites non couverts par le nuage de combustion (Kourou). Ces concentrations ne peuvent pas être attribuées aux lancements mais à d'autres facteurs extérieurs tels que les embruns marins.
Pour la mission VV13, les concentrations maximales ont été mesurées à quelques kilomètres de la zone de lancement. Ces valeurs peuvent être attribuées aux retombées chimiques gazeuses et particulaires du tir, mais aussi à l'influence des embruns marins du fait de la proximité du littoral maritime.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 59/127
---	--	---

5.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2018 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.

5.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lancement VEGA en 2018

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2018 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 60/127
--	--	--

6. 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 particulaires 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 61/127
--	--	--

7. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYOUZ

En 2018, le CSG a opéré un nombre de trois lancements Soyouz répartis de la façon suivante au cours de l'année (en heure locale) :

❖	Vol S18 :	le 09/03/2018	à 13H38
❖	Vol S19 :	le 06/11/2018	à 21H47
❖	Vol S20 :	le 19/12/2018	à 13H37

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 **[DR27 à 29]** seront présentés dans ce document.

7.1. Objectifs des mesures

Les mesures ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques et particulières 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 62/127
--	--	---

7.2. 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.

7.3. Localisation des points de mesures

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

Tableau 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 63/127
--	--	---

7.4. Localisation des zones de passage du nuage de combustion

7.4.1. Au moyen des radiosondages

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

Les modélisations de la trace du nuage de combustion des moteurs du 1er (blocs latéraux) et 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	2018		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES			
					Champ proche (à 200 m ZLS)		Champ lointain (en dehors du CSG)	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
VS18	09	Mars	42	PR104 sur RN1	10 127	14 739	< 0,01	< 0,01
VS19	06	Novembre	75	PR101 sur RN1	6 533	9 507	< 0,01	< 0,01
VS20	19	Décembre	80	PR097 sur RN1	7 308	10 636	0	0

Pour l'année 2018, 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.

Les concentrations maximales calculées par le logiciel SARRIM correspondent aux valeurs atteintes **en champ proche**, à environ 200 mètres de la zone de lancement. **En champ lointain**, les concentrations maximales calculées par le logiciel sont négligeables voire nulles.

7.4.2. Résultats des modélisations de l'outil SARRIM

Les valeurs de concentrations simulées par le code de calcul SARRIM sont établies aux vues des caractéristiques du lanceur et de ses produits de combustion, mais aussi des conditions météorologiques locales.

Le **Tableau 22** 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 64/127
--	--	---

L'origine des émissions n'est donc pas exclusive à l'activité de lancement de SOYOUZ, elle est aussi due 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].

7.4.3. Conclusions sur les modélisations de l'outil SARRIM

Les modélisations SARRIM de la « trace » de combustion des deux vols SOYOUZ effectués en 2018, 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 2018, les villes de Kourou et de Sinnamary n'ont 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 65/127
--	--	---

7.5. Mesures en continu des retombées chimiques et particulaires

7.5.1. Objectifs des mesures

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

7.5.2. Les shelters « Environnement SA »

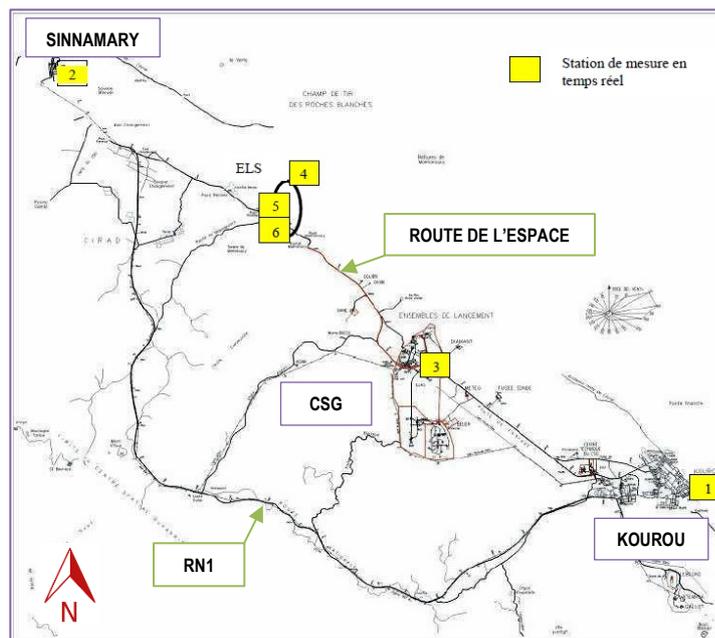
Les six shelters de la marque ENVIRONNEMENT SA sont positionnés de manière fixe sur le territoire du CSG dont l'ensemble de lancement Soyouz ainsi qu'au carrefour RENNER, mais aussi dans les villes de Kourou et Sinnamary.

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 24**, 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 2018.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : 10/10/2019	
		Page : 66/127	

7.5.3. 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 défaillants 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 - 2018

PARAMETRES	UNITES	VOL	SHELTER 1	SHELTER 2	SHELTER 3	SHELTER 4	SHELTER 5	SHELTER 6
			KRU	SIN	S3G	3529 - ZLS	3551 - ELS	3556 - ELS
SO2	µg/m3	VS18	2,80	16,15	HS	HS	HS	HS
		VS19	HS	1,78	HS	HS	3,56	HS
		VS20	8,19	9,91	HS	12,36	19,37	10,89
NO2	µg/m3	VS18	HS	HS	HS	HS	19,08	0,00
		VS19	HS	1,12	HS	HS	HS	17,73
		VS20	18,87	8,16	HS	HS	20,09	30,53
CO	mg/m3	VS18	2,79	2,26	8,07	0,77	0,40	HS
		VS19	HS	0,58	HS	HS	2,57	HS
		VS20	HS	5,01	HS	HS	5,26	1,53
CO2	mg/m3	VS18	1333,26	585,84	207,21	744,33	778,50	598,68
		VS19	864,11	776,20	HS	HS	681,93	HS
		VS20	HS	883,54	HS	HS	689,45	701,21
O3	µg/m3	VS18	HS	15,55	25,29	29,80	HS	18,59
		VS19	HS	10,56	HS	25,53	13,50	14,49
		VS20	HS	21,47	HS	25,25	7,21	0,69
HCT	mg/m3	VS18	HS	HS	HS	HS	HS	HS
		VS19	0,01	0,18	HS	HS	0,35	0,20
		VS20	HS	0,73	HS	0,80	1,25	0,49
PM10	µg/m3	VS18	39,88	37,34	HS	HS	7,80	10,50
		VS19	HS	3,55	HS	HS	1,25	4,31
		VS20	28,75	43,71	HS	HS	7,20	34,89
PM2,5	µg/m3	VS18	12,29	22,86	HS	HS	0,00	0,00
		VS19	HS	19,94	HS	HS	11,80	7,62
		VS20	12,45	35,02	HS	HS	48,02	20,21

Légende : HS : Hors Service – mesure absente.

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 sur les zones couvertes par le nuage de combustion et les zones non couvertes.

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.).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 67/127
--	--	---

Éléments de comparaison

En Guyane, l'Observatoire de la Qualité de l'Air (ORA), chargée de la surveillance de la qualité de l'air, définit un épisode de pollution de l'air ambiant comme une période au cours de laquelle le niveau d'un ou plusieurs polluants atmosphériques, comprenant les particules en suspension (PM10), le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃), sont supérieurs au seuil d'information et de recommandation ou au seuil d'alerte. Les concentrations correspondantes à chacun des polluants sont présentées dans le tableau ci-dessous, conformément à l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif à la qualité de l'air [DR36].

Tableau 25 : seuils d'information et de recommandation, d'alerte, de différents polluants (ORA 2018)

POLLUANT	Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte
Particules en suspension (PM10)	50 µg/m ³ en moyenne journalière sur 24h glissante	<ul style="list-style-type: none"> • 80 µg/m³ en moyenne journalière sur 24h glissante. • Dépassement du seuil d'information et de recommandation durant trois jours consécutifs.
Dioxyde de soufre (SO ₂)	300 µg/m ³ en moyenne horaire	<ul style="list-style-type: none"> • 500 µg/m³ en moyenne horaire sur trois heures consécutives.
Dioxyde d'azote (NO ₂)	200 µg/m ³ en moyenne horaire	<ul style="list-style-type: none"> • 400 µg/m³ dépassé sur trois heures consécutives. • 200 µg/m³ en moyenne horaire si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.
Ozone (O ₃)	180 µg/m ³ en moyenne horaire	<ul style="list-style-type: none"> • 1er seuil : 240 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives. • 2er seuil : 300 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3 heures consécutives. • 3eme seuil : 360 µg/m³ en moyenne horaire.

Pendant les lancements, on voit que les concentrations moyennes **atteintes** sur l'Ensemble de Lancement Soyouz, ainsi que dans les villes de Kourou et de Sinnamary, **sont très largement inférieures** aux seuils d'information et de recommandations cités ci-dessus.

L'ORA suit, de façon indépendante, la qualité de l'air grâce à la station de surveillance de BRADY, implantée au sein du Lycée G. Monnerville, depuis le 5 septembre 2015. Ainsi, depuis le vol VS12, un point de mesure indépendant permet de suivre la qualité de l'air à Kourou.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 68/127
--	--	---



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

La station analyse quotidiennement les teneurs en particules fines (PM10), en dioxyde d'azote (NO₂), et en ozone (O₃) de l'atmosphère urbaine. Les différents dépassements des seuils d'information et d'alerte sont enregistrés, et diffusés par l'ORA dans les différents rapports consultables en ligne sur leur site internet : les rapports d'activité ainsi que les bilans par année des épisodes de pollution (cf [DR44] à [DR47])

Les données de BRADY étant disponibles, lorsque la station est fonctionnelle, depuis 2015, ce qui permet d'avoir le recul suffisant pour affirmer que :

- Les concentrations en **dioxyde d'azote (NO₂)** sont classiquement jugées faibles sur la ville de Kourou. Les valeurs moyennes horaire maximale et les maximums horaires ont été atteints lors de jours où il n'y a pas eu de lancement de Soyouz.
- Les concentrations en **ozone (O₃)** sont également mesurées. 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. Les concentrations en ozone mesurées à Kourou ne dépassent classiquement pas les seuils réglementaires. De la même façon, on remarque que leurs maximums (moyenne horaire maximale et maximum horaire) sont atteints en dehors des activités de lancement du CSG.
- 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. Ces particules fines ont, en l'occurrence, une origine naturelle puisqu'elles proviennent des sables du Sahara transportés par les vents en altitude, et elles sont traditionnellement très présentes de décembre à avril. De plus, 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. Or, les années précédentes comptent parmi les années les plus chaudes relevées, ce qui participe à la dégradation des indices de qualité et peuvent expliquer la présence majoritaire des particules fines dans l'air.

On ne relève pas de corrélations particulières entre les jours de lancement et les fortes concentrations en particules fines. Les moyennes horaires maximales et les maximums horaires sont atteints hors jours de lancements.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 69/127
--	--	---

7.5.4. Conclusion sur les résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA

Les analyseurs des shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas été toujours fonctionnels en 2018. 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.

7.5.5. 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 2018, 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.

7.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement du lanceur Soyouz pour l'année 2018

En 2018, 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 2018** sont **non quantifiables voire négligeables, et bien moins significatifs qu'une pollution due à la circulation routière** dans les villes.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 70/127
--	--	--

8. LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT AU BANC D'ESSAI DES ACCELERATEURS A POWDRE (BEAP)

Le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre, situé dans la zone de propulseurs du Centre Spatial Guyanais (CSG), est une installation classée pour la protection de l'environnement construite à la fin des années 1980.

Initialement destiné à tester le fonctionnement des Etages Accélérateurs à Poudre (EAP) d'Ariane 5, le BEAP a également permis de réaliser les essais de développement et de qualification de l'EAP de février 1993 à juillet 1995, soit sept essais. Les spécimens d'essai sont identiques à ceux du lanceur Ariane 5 et sont donc constitués de propergol de type *butalane*, une substance composée de perchlorate d'ammonium et d'aluminium. Les spécimens d'essais sont testés dans la configuration de vol, c'est à dire en position verticale, tuyère vers le bas.

Depuis ces essais, ce banc est mis en œuvre dans le cadre du programme d'Accompagnement de Recherche et de Technologie Ariane et a permis la réalisation des essais suivants :

- ❖ ARTA 1 en mai 2000,
- ❖ ARTA 2 en novembre 2001
- ❖ ARTA 3 en novembre 2004
- ❖ ARTA 4 en juin 2008
- ❖ ARTA 5 en mai 2012
- ❖ ARTA 6 en septembre 2016

Lors de l'essai de mise à feu, le propergol contenu dans le spécimen d'EAP se consume et entraîne la formation d'un nuage de combustion dont l'équation chimique est identique à celle du process d'Ariane 5 et de VEGA, à savoir :



Les produits de combustion sont générés tout au long des 135 secondes pendant lesquelles va fonctionner le propulseur d'Ariane 5. Le nuage de combustion formé dans les basses couches atmosphériques est donc issu du panache de l'EAP.

Le plan de mesures environnement déployé au Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre permet donc de **quantifier** et de **surveiller** les retombées en **alumine** et en **acide chlorhydrique** issues du brûlage au sol d'un spécimen d'Etage d'Accélération à Poudre (EAP) dans le cadre du programme ARTA.

Le protocole de mesures environnementales est élaboré pour répondre aux objectifs suivants :

- évaluer l'impact du brûlage au sol d'un EAP sur l'Environnement ;
- se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter le Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP) **[DA04]**.

L'arrêté N°2216 1D/4B du 28 juillet 1992 autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) **[DA04]** précise en ce qui concerne la pollution atmosphérique (Article 04) que « Les émissions gazeuses (fumées, buées, vapeurs, gaz odorants, toxique ou inflammables etc...) provenant des diverses unités ne devront pas constituer un risque non contrôlé pour le voisinage ou nuire à la santé ou à la sécurité publique ».

En ce qui concerne les prescriptions particulières, et plus spécifiquement l'alerte préalable aux essais (Article 12.4), les procédures de sauvegarde du CNES s'assurent de la vacuité de la zone notamment dans les secteurs pouvant être assujetties à des teneurs en acide chlorhydrique et en alumine supérieures aux seuils réglementaires d'expositions respectifs soit 7,6 mg/m³ (ou 5 ppm) et 10 mg/m³.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 71/127
--	--	---

Afin de satisfaire à cette obligation, l'exploitant déploie un dispositif de sauvegarde visant à effectuer des mesures de détection d'une éventuelle *toxicité* et réalise une modélisation *majorante* des retombées du nuage de combustion selon les conditions météorologiques du moment.

Concernant la pollution des eaux – *Qualité des effluents industriels* (Article 05.1), il est stipulé qu'« à chaque point de rejet dans le milieu naturel, l'effluent industriel liquide devra respecter sans dilution et avant mélange dans les eaux réceptrices les caractéristiques suivantes :

- ✓ pH compris entre 5,5 et 8,5 – Norme de mesure NFT 90 008
- ✓ MEST inférieure à 30 mg/L – Norme de mesure NFT 90 105
- ✓ DBO5 inférieure à 30 mg/L – Norme de mesure NFT 90 103
- ✓ DCO inférieure à 90 mg/L – Norme de mesure NFT 90 101
- ✓ Azote total inférieur à 10 mg/L – Norme de mesure NFT 90 110
- ✓ Hydrocarbures totaux inférieurs à 5 mg/L – Norme de mesure NFT 90 2
- ✓ Huiles et graisses inférieures à 20 mg/L.

Ainsi, les objectifs de ce plan de mesures sont en particulier :

- **Mesurer en temps réel**, les **concentrations** en **acide chlorhydrique** sur les villes de Kourou, de Sinnamary, sur le Centre Technique, sur les sites d'observation et en cinq points définis.
- **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 permettra également de réaliser une corrélation avec les résultats trouvés avec un logiciel de modélisation nommé « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM).

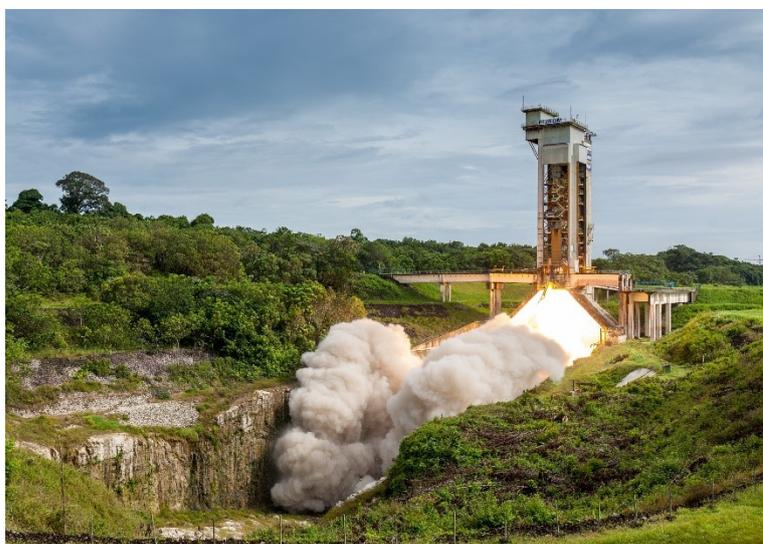
- **Suivre la qualité des eaux du carneau** avant leur rejet dans le milieu naturel.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 72/127
--	--	---

9. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR L'ESSAI P120C DM

Ce chapitre a pour objet de présenter les résultats des mesures d'impact sur l'environnement réalisées lors du l'essai à feu P120C DM « Demonstrator Model ».

Cette opération a eu lieu le 16 juillet 2018 à **09 heures 20 minutes** en heure locale, au **Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP)** après plusieurs reports (J0 Bis) [DR19 à 22].



9.1. Contexte météorologique de l'essai P120 DM

Des contraintes techniques ont engendré des opérations supplémentaires les 12 et 13 juillet 2018 ; le H0 de l'essai de mise à feu a ainsi été décalé au lundi 16 juillet 2018.

Les critères météorologiques de sauvegarde étant « VERTS » l'essai à feu du P120C a été autorisé dans la matinée (9h20) du 16 juillet 2018, sous un ciel nuageux.

Un cumul de 1,2 mm de pluviométrie a été enregistré ce jour au niveau du Centre Spatial ; néanmoins aucune précipitation n'est survenue au BEAP lors de l'évènement. Le nuage de combustion n'a pas été lessivé par la pluviométrie locale.

La vitesse maximale du vent était de 24,8 km/h soit 6,67 m/s à 16h17 locale.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 73/127
--	--	---

9.2. Localisation des points de mesures

9.2.1. Instrumentation

Les capteurs environnement sont implantés sur le champ proche/moyen et en champ lointain ; le plan de mesures est composé d'un total de trente-huit (38) capteurs de type bac à eau et 3 SPM Honeywell.

Tableau 26 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.

EMPLACEMENT			DISTANCE BEAP (m)	SPM HONEYWELL
A I R	CPX	16 points en champ proche (CP) 22 points en champ lointain (CL)	Confer [DR22]	
	CLX			
DETAILS DE L'INSTRUMENTATION				
<u>Champ Proche</u>			<u>Champ Lointain</u>	
16 bacs à eau			22 bacs à eau	
2 Single Point Monitor HONEYWELL			1 Single Point Monitor HONEYWELL	

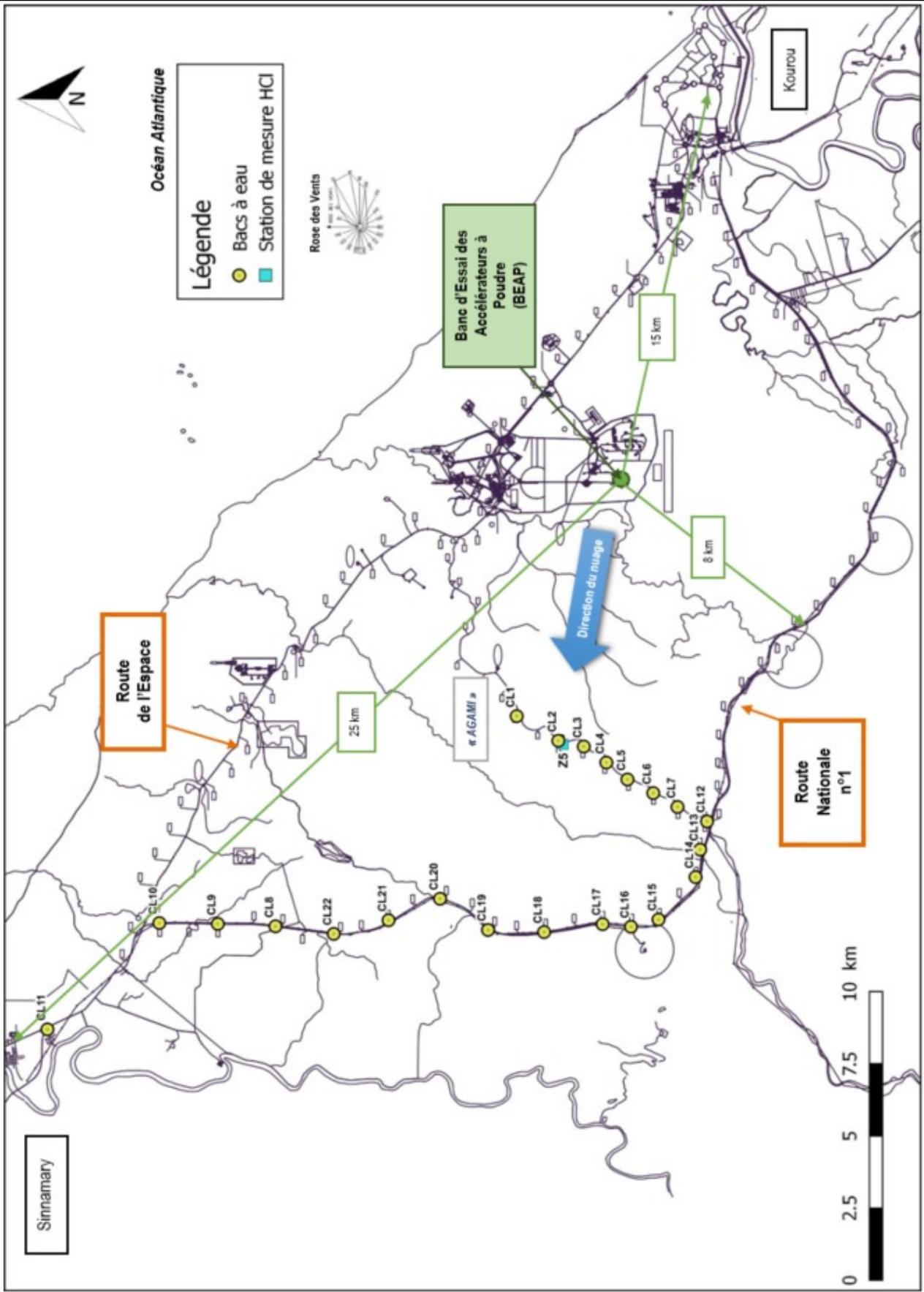


Figure 9 : Cartographie du positionnement des capteurs environnement en champ lointain

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : 10/10/2019	
		Page : 75/127	

9.3. Résultats et conclusion sur la simulation SARRIM issue du radiosondage 4R160718.txt

Le jour de l'essai P120 DM, à H0 + 17 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (référence 4R160718.txt du 16 juillet 2018) ; 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.

Tableau 27 : Données météorologiques issues du radiosondage 4R160718.txt pour les couches atmosphériques représentatives.

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (mb)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	298,05	24,90	90,00	1014,2	2
100	298,45	25,30	78,80	1004,1	1,4
500	295,85	22,70	81,10	959,4	5
1000	292,65	19,50	89,20	905,8	5,7
1500	289,65	16,50	91,90	854,5	6,2
2000	287,25	14,10	91,40	805,7	7,4
2500	285,95	12,80	73,90	759,4	8,6
3000	283,25	10,10	75,80	715,4	8,5
3500	280,05	6,90	73,50	673,5	11,7
4000	277,45	4,30	75,90	633,6	11,9

A partir des données météorologiques du radiosondage spécifique (RS CP), l'outil de modélisation SARRIM génère des simulations permettant d'apprécier l'impact réel des retombées du nuage de combustion.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer et de comparer l'orientation du nuage telle qu'elle avait été envisagée via la prévision météorologique. L'ensemble des capteurs constituant le plan de mesures environnement a donc bien été exposé aux retombées du nuage de combustion.

Les résultats de la modélisation sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Tableau 28 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R160718.txt

HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	858
BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- DIRECTION MOYENNE DES VENTS (°)	110
⇒ LES VENTS SONT ORIENTES VERS	PR_93 SUR LA RN1 OUEST / NORD-OUEST

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 76/127
--	--	---

Dans les limites du CSG soit en champ proche et moyen, les concentrations maximales en acide chlorhydrique et alumine sont mesurées ; elles sont respectivement de 5,2 ppm et 29,6 mg/m³.

En champ lointain, au niveau de la route nationale les valeurs sont estimées sont faibles voir négligeables, elles demeurent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition (VLE et VME).

9.4. Comparaison des résultats des simulations réalisées à partir des radiosondages et des données prévisionnelles (CEP)

Au moyen des données de la prévision météorologique (CEP) du 13 juillet 2018, une stratégie de pose a été défini pour le déploiement des capteurs environnement.

Les résultats de la simulation SARRIM issues du radiosondage en chronologie positive traduisent le comportement réel des retombées chimiques et gazeuses du nuage de combustion selon les conditions climatiques du 16 juillet 2018 à 9h37 en heure locale.

Ainsi, le tableau suivant rappelle les principales informations apportées les deux simulations :

Tableau 29 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du RS CP

	RADIOSONDAGE 1C130718 DU 13 JUILLET 2018 À 12H00 TU	RADIOSONDAGE 4R160718 DU 16 JUILLET 2018 À 12H37 TU
HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	715	858
BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
- Direction moyenne des vents (°)	118	110
- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	32,8	5,2
- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	144,1	29,6

La comparaison des résultats de la simulation issue des données prévisionnelles CEP (**PREVI – 1C130718.txt**) et celle de la simulation réalisée à partir du radiosondage H0 + 17 min (**4R160718.txt**), met en évidence :

- que la direction prise par le nuage diffère de 7,3 % de celle simulée avec la prévision numérique
- que les résultats pour l'acide chlorhydrique diverge de plus de 100 % de ceux du radiosondage réalisé à H0 + 17 min,
- pour l'alumine, un écart supérieur à 100%.

Malgré ces écarts, la simulation issue de la prévision météorologique a permis d'orienter l'implantation des capteurs dans les meilleures conditions afin que les bacs à eau soient exposés aux retombées chimiques du nuage de combustion.

On retiendra, que les mesures réalisées au niveau de la route nationale et villes riveraines restent conformes aux prescriptions de l'arrêté préfectoral puisqu'elles demeurent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition (VLE et VME).

En outre le dispositif ponctuel de mesures, enclenché au moment de l'évènement, a permis de démontrer l'absence de pollution au niveau de la route national n°1 (Annexe 1).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 77/127
--	--	---

9.5. Résultats et conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

9.5.1. Analyse des retombées en aluminium particulaire sédimentable

Tableau 30 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	ALUMINIUM PARTICULAIRE		
	<i>Concentration Maximale (mg/m²)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance du BEAP (m)</i>
Champ proche	2,23	CP01 Plateforme BEAP	221
Champ lointain	1,27	CL13 PK 86 sur la RN1	12 995

Remarques :

- Les concentrations en aluminium particulaire les plus importantes ont été quantifiées sur la plateforme du BEAP, à savoir jusqu'à une distance de 350 mètres. Au-delà, les concentrations sont faibles (< 2 mg/m²) ou inférieures au seuil de détection.
- Pour le champ lointain, les concentrations sont, elles aussi, négligeables.

9.5.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

Tableau 31 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	IONS CHLORURES (MESURE POUR ACIDE CHLORHYDRIQUE)		
	<i>Concentration Maximale (mg/m²)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance du BEAP (m)</i>
Champ proche	81,39	CP01 Plateforme BEAP	221
Champ lointain	30,03	CL10 PK 107 sur la RN1	21 886

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES	Classe : GP
		Ed/Rev : 01/00	
		Date : 10/10/2019	
		Page : 78/127	

Tableau 32 : Points de mesure présentant des valeurs maximales en champ proche et en champ lointain

	PH		
	<i>Acidité maximale (unité pH)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance du BEAP (m)</i>
Champ proche	4,4	CP01 Plateforme BEAP	221
Champ lointain	4,3	CL06 Piste AGAMI – PK 14 après le portail	10 787
	CONDUCTIVITE		
	<i>Maximum (µS/cm)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance du BEAP (m)</i>
Champ proche	25,9	CP01 Plateforme BEAP	221
Champ lointain	26,4	CL11 Hôtel du Fleuve - Sinnamary	27 212

Remarques :

- En **champ proche**, les teneurs en chlorures supérieures à 30 mg/m² ont été quantifiées jusqu'à une distance de 350 mètres (point CP 05), c'est-à-dire sur la plateforme du BEAP. Au-delà de cette distance, les concentrations diminuent de façon aléatoire du fait de leur localisation.
Concernant les teneurs en aluminium particulaire, celles-ci n'excèdent pas 2,24 mg/m². En effet, on relève ce maximum de concentration au point CP01 et une valeur de 1,36 mg/m² au point CP05, soit jusqu'à une distance de 350 mètres. Au-delà de cette distance, les valeurs diminuent et restent faibles.
- En **champ lointain**, les concentrations sont faibles voir inférieures aux seuils de quantification.
Les plus fortes concentrations en chlorures sont supérieures à 10 mg/m² ; elles ont été mesurées sur une zone couverte par le nuage de combustion. Il est à noter que certaines concentrations en chlorures sont supérieures à 10 mg/m² sur des zones non couvertes par le nuage, notamment au point CL10 (PK 107 sur la RN1). Ces valeurs sont écartées de l'évaluation de l'impact de l'essai, puisque non imputables au nuage de combustion du P120.
Pour l'aluminium particulaire, la valeur la plus importante s'élève à 1,27 mg/m². Cette valeur est mesurée au droit du passage du nuage de combustion, au point CL 13 soit à une distance de 12 995 m du BEAP. Au-delà de cette distance, les valeurs sont très faibles et parfois non quantifiables.
- Compte tenu du positionnement géographique des bacs à eau et des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les capteurs ont été implantés dans les meilleures conditions possibles.

9.6. 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 la plateforme du BEAP (jusqu'à une distance de 350 mètres du BEAP).

En champ lointain, des concentrations notables ont été détectées. L'analyse des résultats permet de confirmer que les capteurs ont été implantés dans les meilleures conditions possibles. La lecture des résultats démontrent le passage du nuage de combustion sur la direction Ouest-Nord-Ouest.

De façon classique, certaines valeurs « notables » sont exclues de notre interprétation, puisque les capteurs n'ont pas pu être soumis aux retombées du nuage de combustion mais plus probablement à des facteurs environnementaux (météorologie instable, soulèvement de poussière...).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 79/127

En dehors de ces sites, les concentrations mesurées restent faibles ou inférieures au seuil de détection.

Les résultats obtenus par la simulation SARRIM au moyen des données prévisionnelles CEP et celles réalisées au moyen des radiosondages confirment la méthodologie retenue. La prévision météorologique est une donnée d'entrée fiable dans le déploiement des capteurs du plan de mesures environnement.

En effet, la méthodologie suivie pour le plan de mesure environnement suit une chronologie bien précise telle que :

DIRECTION PRISE PAR LE NUAGE DE COMBUSTION			
J-3 / 13/07/18 à 12h00 TU		J0 / H0 + 17 min	
Modélisation à partir des données CEP (PREVI)		Modélisation à partir du radiosondage en chronologie positive (RS CP : H0 + 17)	
118° soit entre la station de poursuite DIANE et l'Ensemble de Lancement Soyouz		110° soit vers le PR_93 sur la Route Nationale N°1 Direction Ouest / Nord-Ouest	
HCl	32,8 ppm	HCl	5,2 ppm
Al2O3	144,1 mg/m³	Al2O3	29,6 mg/m³

D'après la modélisation via le RS CP, les plus fortes concentrations en acide chlorhydrique et en alumine ont été relevées dans une direction de 110°. L'analyse des concentrations dans les capteurs type « bacs à eau » à confirmer cette orientation.

On retiendra néanmoins que les valeurs mesurées en champ lointain sont bien inférieures à celles mesurées en champ proche ; par ailleurs les mesures in situ réalisées par les pompiers au niveau de la RN1 ont écarté le risque de pollution

9.7. Mesure en continu des retombées gazeuses en acide chlorhydrique

Sur l'ensemble des systèmes détecteurs du réseau de Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (CODEX), composé de vingt-quatre systèmes CODEX détecteurs fixes et quatre systèmes CODEX mobiles, aucune concentration en acide chlorhydrique n'a été détectée.

Les SPM mobiles qui ont été placés en champ proche n'ont mesuré aucune concentration en acide chlorhydrique.

L'ascension rapide et instantanée du nuage de combustion, du fait de la puissance thermique de ce dernier, justifie l'absence de concentration.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 80/127
--	--	---

9.8. Mesures de la qualité des eaux du carneau du BEAP

Ces mesures ont pour but de s'assurer que la qualité des eaux résiduelles du carneau est conforme à la réglementation avant de procéder à leur rejet dans le milieu naturel.

Ces mesures sont demandées par l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter le BEAP [DA04].

L'article 5 impose en effet le contrôle systématique des Matières En Suspension Totales (MEST), du pH, de la Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO₅), de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de l'Azote total, des hydrocarbures totaux et des huiles et graisses.

Tableau 33 : Liste des paramètres de mesure dans les eaux du carneau

SUBSTANCE	SPECIFICATIONS	EAUX ISSUES DU CARNEAU BEAP
pH	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	Avant et après traitement
MEST	≤ 30 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
DCO	≤ 90 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
DBO₅	≤ 30 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
AZOTE TOTAL	≤ 10 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
HYDROCARBURES TOTAUX	≤ 5 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
HUILES ET GRAISSES	≤ 20 mg/L	Après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel
ALUMINIUM	≤ 5 mg/L	Avant et après traitement et Avant rejet dans le milieu naturel

A la demande des Inspecteurs des Installations Classées pour le Protection de l'Environnement, lors de l'inspection DEAL du 03 Juillet 2013, l'analyse du paramètre Aluminium est réalisée selon la norme ISO 11885.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 81/127
--	--	---

9.8.1. Résultats et analyse

Suite à la réalisation de l'essai P120C DM, des mesures de pH et de la teneur en aluminium ont été réalisées dans le carneau (mesure du 16/07/2018) [DR07]. Les résultats des analyses sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 34 : Résultats de l'analyse réalisée sur le 1^{er} prélèvement d'eau* du carneau du BEAP (avant traitement à la soude (NaOH)).

PARAMETRE A MESURER	UNITE	RESULTAT DES ANALYSES EN LABORATOIRE	SPECIFICATION	INCERTITUDE ELARGIE (K = 2)
pH	Unité pH	2,68	$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	-
Aluminium	mg/l	24,2	≤ 5	0,026

*Prélèvement réalisé le 16/07/2018 – à H0 + 2heures soit 11h30

L'objectif du traitement à la soude (NaOH) est d'augmenter le pH des eaux et ainsi permettre la précipitation/décantation de l'aluminium présent.

Une fois le traitement effectué, un second prélèvement a été réalisée le 01^{er} août 2018. Ce dernier a mis en évidence des valeurs de pH et d'Aluminium conformes à l'arrêté d'autorisation d'exploiter le BEAP.

L'opérateur a ainsi pu procéder au prélèvement d'un volume de cinq litres destiné à l'analyse finale.

L'ensemble des paramètres d'analyse a donc été balayé, permettant de confirmer leur bonne qualité et d'autoriser ensuite le rejet des eaux du carneau vers le milieu naturel.

Tableau 35 : Résultats globaux des analyses réalisées sur le 2nd prélèvement d'eau du carneau du BEAP (avant rejet dans le milieu naturel).**

PARAMETRE A MESURER	UNITE	RESULTAT DES ANALYSES EN LABORATOIRE	SPECIFICATION	INCERTITUDE ELARGIE (K = 2)
pH	Unité pH	6,08	$5,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	-
MEST	mg/l	< 2	≤ 30	< 0,18
DBO₅	mg O ₂ /l	< 3	≤ 30	< 0,78
DCO	mg O ₂ /l	< 30	≤ 90	< 4,5
AZOTE TOTAL	mg/l	1,63	≤ 10	0,3
HYDROCARBURES TOTAUX	mg/l	< 0,50	< 5	< 0,05
HUILES ET GRAISSES	mg/l	< 10,0	< 20	< 2
ALUMINIUM	mg/l	0,436	≤ 5	0,026

**Prélèvement réalisé le 01/08/2018 à 15h45

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 82/127</p>
---	---	---

9.9. Surveillance de la qualité des eaux souterraines

9.9.1. Objectif des mesures

La mise en place d'un réseau de piézomètres dans le secteur du Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre a abouti à la fin de l'année 2017.

L'essai de mise à feu du spécimen P120 DM est une opportunité pour évaluer l'impact d'un tel évènement sur la qualité des eaux des nappes phréatiques.



Figure 8 : Essai de mise à feu du spécimen P120 au BEAP le 16 juillet 2018 à 9h37 locale



Selon les recommandations des hydrogéologues ayant réalisé l'étude préalable au déploiement d'un réseau de piézomètres, le service Environnement et Sauvegarde Sol du CNES/CSG a souhaité réaliser des prélèvements au niveau des aquifères les plus proches de la surface, situés entre 5 et 10 mètres de profondeur. Les points visés par le plan d'échantillonnage ont été retenus selon :

- ✓ Le sens d'écoulement des aquifères
- ✓ La direction prise par le nuage de combustion

Par ailleurs, en tenant compte de la perméabilité des sols, selon le substrat rencontré, les prélèvements ont été réalisés environ 15 jours après l'essai de mise à feu du spécimen P120C DM.

Figure 8 : Opérateur ESQS au niveau du point de mesure BEAP-PZ2

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 83/127
--	--	---

Le tableau ci-contre présente les piézomètres qui ont été échantillonnés ainsi que les paramètres analysés sur tous les points.

Tableau 36 : Synthèse des paramètres d'analyse sur les piézomètres du BEAP (5-10m)

Piézomètres de la nappe alluviale (5-10 m)	Paramètres à analyser sur tous les points
BEAP PZ1	pH (<i>unité pH</i>) Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) Concentration en Aluminium dissous (<i>mg/l</i>) Concentration en Ions Chlorures (<i>mg Cl/l</i>) Concentration Fer dissous(<i>mg/l</i>)
BEAP PZ2	
BEAP PZ3	
BEAP PZ4	

Une cartographie présente, en annexe, la localisation de l'ensemble du dispositif de surveillance des eaux souterraines.

9.9.2. Résultats des mesures sur les piézomètres du BEAP

Afin d'apporter une interprétation réaliste d'un éventuel impact de l'essai sur la qualité des eaux souterraines, nous prendrons comme « valeurs de référence », les résultats issus de la première campagne de prélèvement d'eaux souterraines ; celle-ci fût réalisée à la fin mai 2018.

Le tableau ci-après présente une synthèse des résultats obtenus sur les piézomètres d'intérêt **[DR08]** :

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 84/127

Tableau 37 : Synthèse des mesures de qualité des eaux souterraines "superficielles" du BEAP [DR08]

PARAMETRES	Unité	Valeur seuil ou Norme de qualité	BEAP (couche superficielle)							
			BEAP PZ1		BEAP PZ2		BEAP PZ3		BEAP PZ4	
			Mai 2018 Référence	Août 2018 Essai P120	Mai 2018 Référence	Août 2018 Essai P120	Mai 2018 Référence	Août 2018 Essai P120	Mai 2018 Référence	Août 2018 Essai P120
pH	(unité pH)	9	4,55	<i>I*</i>	5,55	5,50	5,90	5,90	5,55	5,65
Conductivité à 25°C	(µS/cm)	1100	190	<i>I*</i>	38	38	100	100	51	56
Concentration en Ions Chlorures	(mg Cl/l)	250	17	<i>I*</i>	6,5	5,1	8,5	6,8	6,7	3,2
Concentration en Aluminium dissous	(mg/l)	0,2	0,098	<i>I*</i>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Concentration Fer dissous	(mg/l)	0,2	0,805	<i>I*</i>	< 0,01	< 0,01	1,22	0,468	1,25	1,15

NOTA :

**l'ouvrage de prélèvement BEAP - PZ1 n'était pas suffisamment rempli pour permettre un échantillonnage conforme au référentiel normatif.*

Les valeurs indiquées en gras sont non conformes vis-à-vis des valeurs seuils ou normes de qualité fixées par le référentiel réglementaire [DA03] ; [DA04].

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 85/127
--	--	--

9.10. Conclusion générales sur le suivi de l'impact sur l'environnement de l'essai P120 DM

L'essai de mise à feu du P120C « Demonstrator Model », réalisé le 16 juillet 2018 au BEAP, s'inscrit dans le cadre du programme commun de moteur à propulsion solide entre VEGA-C et ARIANE 6. Cet évènement initie au CSG une série de plusieurs essais visant à qualifier le process de propulsion des futurs lanceurs.

Rappelons que le dernier essai de spécimen au BEAP, ARTA 6, a eu lieu le 08 septembre 2016.

Les résultats des mesures d'impact sur l'environnement montrent que cet essai s'inscrit globalement dans la lignée des précédents : des effets sur l'environnement immédiats dans l'axe du carneau et des effets faibles à nuls au-delà, selon le passage du nuage.

L'analyse comparative des simulations SARRIM a permis de confirmer que les capteurs ont été déployés dans les meilleures conditions possibles, et ce malgré des aléas techniques qui ont engendrés des reports de chronologie.

La simulation issue des données prévisionnelles demeure une information fiable dans le choix de l'option de pose et permet de garantir l'exposition des capteurs aux retombées chimiques et gazeuses du nuage de combustion.

Les eaux du carneau du BEAP, après traitement, ont une qualité conforme aux spécifications de l'arrêté d'exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP). Ces dernières ont pu être rejetées dans le milieu naturel.

Enfin, la campagne d'analyse des eaux souterraines « superficielles » post tir n'a pas montré d'impact de l'évènement sur le milieu souterrain ; les résultats obtenus sont proches de ceux obtenus en valeurs de référence.

Au regard de l'ensemble de ces constats, nous pouvons conclure que cet essai s'est déroulé conformément aux prescriptions de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP).

En effet, les retombées chimiques ont été localisées en champ proche dans une zone limitée à environ 400 mètres autour du carneau du BEAP. En champ lointain, ces retombées sont plus faibles sauf sur la zone survolée par le nuage de combustion au niveau de la RN1. Néanmoins les mesures de détection toxique réalisés in situ par un cortège de pompiers ont permis de s'affranchir du risque de pollution aux alentours et sur la route nationale n°1.

Ainsi, l'essentiel des produits issus de la combustion du P120C « DM » a été dispersé dans l'atmosphère et les impacts observés ont été localisés uniquement à proximité du BEAP, respectant ainsi l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 86/127
--	--	--

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

10.1. Objectifs de la surveillance environnementale du CSG

La surveillance environnementale « globale » du Centre Spatial Guyanais est une des missions principales du CNES. Le CNES/CSG coordonne les mesures relatives au suivi de l'impact environnemental des activités industrielles du CSG [DR06].

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. Les résultats de ces projets font l'objet de publications scientifiques. Le CNES participe financièrement au pilotage de ces projets et contrôle les interventions sur site.

La présente synthèse porte sur l'analyse de plusieurs compartiments environnementaux représentés sur le territoire de la base spatiale telle que le précisent les prescriptions réglementaires qui incombent au CNES :

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
Faune Aquatique	Poissons / Invertébrés aquatiques
Végétation	Suivi des peuplements botaniques d'intérêts majeurs du CSG
Qualité de l'air	Abeilles mélipones

Le suivi de **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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 87/127
--	--	---

10.2. 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 2018, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo était opérationnel et a permis de suivre la qualité des eaux de la crique à l'occasion des lancements Ariane 5 vol 245 (VA245) et VEGA vol 12 (VV12).

Pour mémoire, le préleveur automatique est un dispositif d'échantillonnage positionné sur le pont de la crique Karouabo (au niveau de la route de l'espace) à l'intérieur du périmètre du CSG. Situé à environ 1,5 km des zones de lancements AR5 et VEGA, le préleveur automatique est mis en place la veille / le jour du lancement.

Il réalise un échantillonnage d'eau de surface toutes les six heures pendant six jours.

10.2.1. Résultats des mesures

Deux campagnes d'analyse ont été réalisées au CSG en 2018, à l'occasion d'un lancement Ariane 5 en saison sèche, et d'un lancement VEGA en fin de saison des pluies.

Le préleveur automatique utilisé pour le suivi de la composition chimique de la Karouabo a été installé sur le pont de la Karouabo le 22/08/2018 à 08h51 (premier prélèvement à 09h00). Il a été retiré le 28/08/2018 à 14h00 ce qui a permis la réalisation des 24 prélèvements d'eau (prélèvements K01 à K24 - 1 prélèvement/6heures). Les échantillons ont été confiés à l'Institut Pasteur de Guyane le 29/08/2018 après-midi.

Le tableau, en page suivante, présente les résultats d'analyses effectués en saison des pluies (VEGA V12).

Tableau 38 : Suivi de la Karouabo en saison des pluies 2018

Identifiant de l'échantillon	Date et heure de prélèvement	pH		Conductivité		Ions chlorures		Ions Sodium		Aluminium total	
		Echantillon -	Incertitude	Echantillon μS/cm	Incertitude μS/cm	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon μg/L	Incertitude μg/L
K 01	22/8/18 14:00	6	0,18	27	0,54	5,31	0,37	3,44	0,17	149	38,74
K 02	22/8/18 20:00	5,9	0,18	26	0,52	4,74	0,33	3,12	0,16	124	32,24
K 03	23/8/18 2:00	5,85	0,18	27	0,54	5,2	0,36	3,69	0,18	147	38,22
K 04	23/8/18 8:00	5,85	0,18	26	0,52	4,93	0,35	3,19	0,16	150	39
K 05	23/8/18 14:00	5,9	0,18	26	0,52	4,99	0,35	3,18	0,16	119	30,94
K 06	23/8/18 20:00	5,8	0,17	27	0,54	6,19	0,43	3,8	0,19	142	36,92
K 07	24/8/18 2:00	5,9	0,18	27	0,54	5,46	0,38	3,43	0,17	153	39,78
K 08	24/8/18 8:00	5,9	0,18	26	0,52	5,61	0,39	3,47	0,17	153	39,78
K 09	24/8/18 14:00	5,8	0,17	27	0,54	5,2	0,36	3,39	0,17	184	47,84
K 10	24/8/18 20:00	5,9	0,18	27	0,54	5,22	0,37	3,41	0,17	159	41,34
K 11	25/8/18 2:00	5,85	0,18	27	0,54	4,9	0,34	3,18	0,16	180	46,8
K 12	25/8/18 8:00	5,9	0,18	27	0,54	5,4	0,38	3,44	0,17	174	45,24
K 13	25/8/18 14:00	5,85	0,18	27	0,54	5,06	0,35	3,25	0,16	167	43,42
K 14	25/8/18 20:00	5,9	0,18	27	0,54	5,13	0,36	3,44	0,17	161	41,86
K 15	26/8/18 2:00	5,9	0,18	27	0,54	5,41	0,38	3,37	0,17	185	48,1
K 16	26/8/18 8:00	5,85	0,18	27	0,54	5,65	0,40	3,49	0,17	158	41,08
K 17	26/8/18 14:00	5,85	0,18	27	0,54	5,01	0,35	3,16	0,16	172	44,72
K 18	26/8/18 20:00	5,85	0,18	27	0,54	5,42	0,38	3,43	0,17	179	46,54
K 19	27/8/18 2:00	5,75	0,17	27	0,54	5,88	0,41	3,68	0,18	178	46,28
K 20	27/8/18 8:00	5,8	0,17	27	0,54	5,68	0,40	3,5	0,18	189	49,14
K 21	27/8/18 14:00	5,8	0,17	27	0,54	5,63	0,39	3,57	0,18	145	37,7
K 22	27/8/18 20:00	5,7	0,17	27	0,54	5,52	0,39	3,43	0,17	158	41,08
K 23	28/8/18 2:00	5,55	0,17	28	0,56	5,36	0,38	3,38	0,17	211	54,86
K 24	28/8/18 8:00	5,7	0,17	29	0,58	5,75	0,40	3,56	0,18	190	49,4

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses effectués en saison sèche à l'occasion du vol VA245.

Tableau 39 : Suivi de la Karouabo en saison sèche

Identifiant de l'échantillon	Date et heure de prélèvement	pH	Conductivité	Ions chlorures	Ions Sodium	Aluminium total
		Echantillon -	Echantillon μS/cm	Echantillon mg/L	Echantillon mg/L	Echantillon μg/L
K 01	19/10/18 13:00	6,05	30,9	7,02	3,43	0,05
K 02	19/10/18 19:00	6,04	31,4	7,72	3,49	0,04
K 03	20/10/18 1:00	6,11	31,2	7,72	3,26	0,05
K 04	20/10/18 7:00	6,13	30,8	7,71	3,14	0,04
K 05	20/10/18 13:00	6,09	30,7	6,56	2,99	0,05
K 06	20/10/18 19:00	6,03	30,9	6,61	3,18	0,05
K 07	21/10/18 1:00	3,13	31,2	6,87	3,28	0,05
K 08	21/10/18 7:00	6,25	30,7	6,89	3,32	0,05
K 09	21/10/18 13:00	6,16	30,5	6,34	3,62	0,05
K 10	21/10/18 19:00	6,09	30,8	7,14	3,29	0,05
K 11	22/10/18 1:00	6,03	30,7	7,19	3,58	0,06
K 12	22/10/18 7:00	6,07	30,4	7,2	3,52	0,05
K 13	22/10/18 13:00	6,07	30,6	7,13	3,65	0,05
K 14	22/10/18 19:00	6,15	30,8	7,3	3,61	0,05
K 15	23/10/18 1:00	6,12	30,6	7,24	3,57	0,05
K 16	23/10/18 7:00	6,15	30,6	6,95	3,61	0,05
K 17	23/10/18 13:00	6,15	30,6	7,09	3,61	0,05
K 18	23/10/18 19:00	6,09	30,9	7,73	3,65	0,05
K 19	24/10/18 1:00	6,19	30,6	7,46	3,6	0,05
K 20	24/10/18 7:00	6,18	30,6	6,43	3,55	0,05
K 21	24/10/18 13:00	6,28	30,3	7,02	3,52	0,05
K 22	24/10/18 19:00	6,13	30,3	7,26	3,26	0,05
K 23	25/10/18 1:00	6,11	30,4	7,55	3,58	0,05
K 24	25/10/18 7:00	6,08	30,4	7,56	3,57	0,05

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 89/127
--	--	--

10.2.2. Conclusions générales sur la mesure de la qualité de l'eau de la Karouabo

Les résultats d'analyse sur la Karouabo, en saison sèche et en saison des pluies, révèlent :

- ❖ un pH constant au cours du temps. On ne remarque pas de diminution significative du pH de l'eau après les lancements Ariane 5 ou Vega. Le milieu est légèrement acide, notamment en saison des pluies du fait de l'apport météorique ; les résultats sont conformes à la « *normalité guyanaise* » ;
- ❖ une conductivité quasi constante au cours du temps ; les variations sont liées à l'influence des apports météoriques ;
- ❖ les concentrations en ions chlorures, en ions aluminium et en ions sodium sont faibles et constantes au cours du temps. On ne remarque pas d'augmentation de paramètres induits par les retombées chimiques et particulières des décollages Ariane 5 ou Vega.

En conclusion, les prélèvements semi continus réalisées **en 2018** ont permis de suivre **la qualité physico-chimique des eaux de surface de la crique Karouabo** à l'occasion d'un **lancement Ariane 5** pour **VA245** et à l'occasion d'un **lancement VEGA** pour **VV12**.

Les résultats obtenus n'indiquent **aucune modification majeure** sur les divers paramètres suivis au cours de la phase de prélèvement **avant, et après le décollage**. Dès lors, les mesures **n'ont pas montré de modifications imputables aux activités de lancement**. Les différences observées semblent attribuables aux pluies (acides en Guyane). Les résultats sont représentatifs de la qualité des eaux douces de Guyane, à savoir des eaux acides et faiblement conductrices.

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

10.3.1. 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, 2018)

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 39**).

Tableau 40 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.

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

10.3.2. 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 **[DR30 et 31]** disponibles au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais.

10.3.3. Localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés en mai 2018 au niveau de la crique de la Malmanoury et de la crique Karouabo [DR 17]. Le mois de mai a été le deuxième mois le plus pluvieux de l'année (après le mois d'avril) avec une pluviosité cumulée sur le mois de 428 mm (source [DR41]).

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, précisent l'analyse des résultats obtenus sur les sédiments.

Tableau 41 : 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					
		pH (u.pH)	Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)	Oxygène dissous (%)	Oxygène dissous (mg/L)
CRIQUE KAROUABO	25/04/18 à 16h25	5,48	26,30	29,00	32,80	54,00	4,40
	26/04/18 à 10h00	5,51	26,70	28,00	88,20	64,00	5,20
	24/10/18 à 17h00	5,68	30,90	31,00	1,68	71,00	5,20
	25/10/18 à 10h00	5,60	31,00	31,00	1,67	57,00	4,30
CRIQUE MALMANOURY	24/04/18 à 16h00	5,15	25,20	24,00	29,00	41,00	4,00
	25/04/18 à 10h00	5,29	26,00	24,00	27,10	42,00	4,20
	24/10/18 à 16h00	5,77	29,50	30,00	3,26	43,00	3,30
	25/10/18 à 10h00	5,89	29,20	31,00	7,43	43,00	3,60
CRIQUE PARACOU	22/10/18 à 11h00	5,69	25,50	34,00	2,10	54,00	4,40
CRIQUE DES PERES	26/04/18 à 16h00	5,42	25,00	22,00	26,70	37,00	4,10
	27/04/18 à 10h00	6,00	25,30	23,00	22,50	39,00	3,90
	23/10/18 à 16h00	5,44	28,00	28,00	2,23	45,00	3,50
	24/10/18 à 10h00	5,44	28,30	49,00	1,50	46,00	3,60

Les mesures réalisées in situ sont représentatives de la « normalité guyanaise » de la qualité des eaux. Comme pour l'année 2017, 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 2018, nous pouvons confirmer un « **bon état chimique des eaux** » des criques du CSG.

<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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 10/10/2019 Page : 92/127</p>
---	--	---

10.3.4. 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

En 2018, sur les 17 métaux analysés, les concentrations de sept d'entre eux sont inférieures à leur Limite de Quantification respective. Six concentrations moyennes analysées sur la Malmanoury sont plus élevées que sur la Karouabo, 4 sont inférieures.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 10/10/2019
		Page : 93/127

Tableau 42 : 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	4,30	4,20	4,30	4,30	4,30	4,50	4,00	4,20	4,30	4,70
Aluminium	g/kg MS	54,00	11,60	25,00	33,00	19,50	14,40	24,40	27,80	30,70	26,50
Fer	g/kg MS	75,00	8,50	25,20	29,40	18,40	14,90	10,30	14,30	12,90	21,90
Calcium	g/kg MS	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Magnésium	g/kg MS	0,43	0,37	0,58	0,83	0,59	<0,25	0,60	0,77	1,55	2,52
Potassium	g/kg MS	0,83	0,50	0,75	1,41	0,91	0,33	0,75	0,91	1,49	1,99
Baryum	mg/kg MS	45,00	23,00	164,00	53,00	30,00	19,00	57,00	49,00	52,00	53,00
Cadmium	mg/kg MS	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Chrome	mg/kg MS	29,80	7,90	64,00	32,00	19,80	39,00	22,50	23,20	27,80	25,40
Cobalt	mg/kg MS	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	5,40
Cuivre	mg/kg MS	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Manganèse	mg/kg MS	15,00	11,00	25,00	17,00	16,00	13,00	18,00	22,00	39,00	92,00
Mercuré	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Molybdène	mg/kg MS	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Nickel	mg/kg MS	8,30	2,00	6,40	<2,00	<2,00	<2,00	5,20	4,90	9,00	9,70
Plomb	mg/kg MS	8,30	4,00	18,50	9,10	14,70	5,20	8,50	10,40	44,00	11,70
Sélénium	mg/kg MS	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Zinc	mg/kg MS	13,00	7,00	23,00	15,00	15,00	8,00	11,00	14,00	20,00	35,00

Pour la **Malmanoury**, ce sont les stations en aval du pont, AV1 et AV2 qui regroupent les neuf plus hautes concentrations sur les onze métaux analysés (avec une concentration supérieure à la Limite de Quantification). Cela conforte l'idée d'un éventuel impact de la route par le biais des eaux de ruissellement.

Pour la **Karouabo**, il n'y a pas de ligne directrice, la répartition des plus hautes concentrations en métaux se fait de manière aléatoire au fil de la rivière.

Concernant les métaux les plus concentrés dans le milieu, le fer, l'aluminium et le manganèse, ils sont constitutifs du milieu tout comme les minéraux complexés en oxyde, le calcium, le potassium et le magnésium. Les concentrations mesurées sont donc comparables à d'autres stations de Guyane.



Figure 10 : Crique Karouabo, HYDRECO 2018



Figure 11 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2018

Les concentrations en métaux lourds déterminées cette année ne sont pas remarquables par rapport à 2017. L'augmentation de la concentration en fer et aluminium, sur la Karouabo, est due à la composition de l'échantillon. Pour le Baryum, le presque doublement de la concentration suit la tendance à l'augmentation observée depuis 2015.

Certaines concentrations en métaux lourds déterminées cette année sont remarquables. En règle générale et depuis le début du suivi des sédiments sur ces 2 criques, la Malmanoury présente des concentrations en métaux plus élevées que sur la Karouabo. Cette tendance est encore vérifiée cette année.

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 43 : 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 (u.pH)	4,28	0,04	4,25	0,24
Aluminium (g/kg MS)	28,62	14,49	24,33	5,57
Baryum (mg/kg MS)	63,00	51,60	44,25	13,74
Calcium (g/kg MS)	<0,60	0,00	<0,60	0,00
Cadmium (mg/kg MS)	<1,00	0,00	<1,00	0,00
Chrome (mg/kg MS)	30,70	18,71	28,13	6,00
Cobalt (mg/kg MS)	<5,00	0,00	<5,00	0,16
Cuivre (mg/kg MS)	<5,00	0,00	<5,00	0,00
Fer (g/kg MS)	31,30	22,96	13,10	3,86
Magnésium (g/kg MS)	0,60	0,00	0,79	0,81

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 95/127
--	--	--

Paramètre	Crique Karouabo		Crique Malmanoury	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Manganèse (mg/kg MS)	16,80	4,58	23,00	28,95
Mercure (mg/kg MS)	<0,20	0,00	<0,20	0,00
Molybdène (mg/kg MS)	<2,00	0,00	<2,00	0,00
Nickel (mg/kg MS)	4,14	2,69	5,28	2,84
Plomb (mg/kg MS)	10,92	5,10	17,03	14,19
Potassium (g/kg MS)	0,88	0,30	0,87	0,58
Sélénium (mg/kg MS)	<2,00	0,00	<2,00	0,00
Zinc (mg/kg MS)	14,60	5,12	17,60	9,56

B. Qualité des sédiments de la crique Paracou

Des mesures et prélèvements ont été effectués le 22 octobre 2018 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 seize 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 cinq points de prélèvements, trois en amont et deux en aval du pont sur la Paracou.

Tableau 44 : 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	5,40	5,70	5,40	5,80	6,00
Aluminium	g/Kg MS	5,90	9,50	4,90	5,70	8,50
Fer	g/Kg MS	1,20	1,60	1,10	1,10	1,10
Potassium	g/Kg MS	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Baryum	mg/Kg MS	8,30	13,00	6,00	8,90	8,90
Chrome	mg/Kg MS	6,10	6,60	5,80	4,00	4,60
Manganèse	mg/Kg MS	2,50	3,10	1,50	1,90	2,60
Zinc	mg/Kg MS	2,10	2,50	2,00	7,10	3,10
Cadmium	mg/Kg MS	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
Cobalt	mg/Kg MS	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Cuivre	mg/Kg MS	1,90	1,20	<1,00	<1,00	<1,00
Mercure	mg/Kg MS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Molybdène	mg/Kg MS	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nickel	mg/Kg MS	<1,00	1,70	<1,00	<1,00	<1,00
Plomb	mg/Kg MS	1,70	2,10	1,50	1,40	1,90
Sélénium	mg/Kg MS	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Calcium	g/Kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Magnésium	g/Kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 97/127
--	--	---

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

Paramètre	Crique Paracou	
	M	δ
pH (u.pH)	5,66	0,23
Aluminium (g/kg MS)	6,90	1,78
Baryum (mg/kg MS)	9,02	2,26
Calcium (g/kg MS)	0,10	0,00
Cadmium (mg/kg MS)	0,40	0,00
Chrome (mg/kg MS)	5,42	0,97
Cobalt (mg/kg MS)	1,00	0,00
Cuivre (mg/kg MS)	1,22	0,35
Fer (g/kg MS)	1,22	0,19
Magnésium (g/kg MS)	0,10	0,00
Manganèse (mg/kg MS)	2,32	0,56
Mercure (mg/kg MS)	0,04	0,00
Molybdène (mg/kg MS)	1,00	0,00
Nickel (mg/kg MS)	1,14	0,28
Plomb (mg/kg MS)	1,72	0,26
Potassium (g/kg MS)	0,10	0,00
Sélénium (mg/kg MS)	5,00	0,00
Zinc (mg/kg MS)	3,36	1,91

En considérant l'évolution de la concentration de certains métaux (aluminium, chrome et fer) durant l'année 2017, et l'origine de ces variations (une modification du substrat organique vers un substrat minéral de type sableux), on peut considérer qu'un retour à la normale est en cours sur l'année 2018.

Selon les paramètres physico-chimiques de l'eau adaptés au contexte guyanais (l'oxygène dissous, le taux de saturation et la turbidité) ainsi que de la concentration en hydrocarbure, la crique Paracou est de bonne qualité.

Néanmoins, une seule série de mesures, à un instant donné de l'année ne donne qu'une image ponctuelle de la situation réelle de la crique et peut être grandement influencée par les variations climatiques saisonnières (saison sèche/des pluies) ou ponctuelles (fortes pluies, etc.). Il serait donc intéressant d'augmenter le nombre de prélèvements sur l'année.

Ainsi, aucun impact des tirs de la fusée n'est mis en évidence par les analyses réalisées lors de cette étude. Toutefois, étant donné la position relativement limitrophe de la station d'échantillonnage par rapport aux retombées des fumées de propulsion, il serait plus pertinent d'envisager un rapprochement de la station d'étude vers le centre de tir.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 98/127
--	--	---

10.3.5. 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 2 criques échantillonnées semblent indiquer un impact faible ou absent des lancements et activités industrielles. On ne retrouve pas, non plus, de changement significatifs dans les résultats d'analyse qui pourrait indiquer un impact ponctuel des retombées de produit de combustion lors d'un lancement.

Les fortes concentrations en aluminium, fer, calcium, magnésium et potassium sont constitutives du milieu, liées à la nature du sédiment analysé. Les concentrations seront très faibles dans le sable, un sol argileux présentera des concentrations plus importantes. Pour les autres métaux, dans le sédiment ou sol, il n'existe pas de référentiel avec des valeurs seuil de qualité telles que pour l'eau, cependant des valeurs limites de concentration en métaux lourds sont fixées lorsque le sol est destiné à une activité précise.

Au regard du niveau de référence S1 mentionné à la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement par l'arrêté du 09 août 2006 (législation sur les sédiments), une valeur seuil haute de qualité a été établie pour quelques métaux. Ces valeurs sont retenues lors de l'utilisation des sols pour des cultures. Aucune valeur mesurée en 2018 n'est supérieure à une valeur limite

A la vue de tous les résultats des mesures réalisées sur l'eau, l'état environnemental de la Malmanoury et de la Karouabo est bon en ce qui concerne la qualité de l'eau. Le suivi des teneurs en métaux dans les sédiments ne met pas en évidence une pollution due aux lancements.

Pour mémoire, 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^+ . Or, 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 99/127
--	--	--

10.4. 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].

10.4.1. 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 2018 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.

10.4.2. 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 2018, les interventions des hydrobiologistes d'HYDRECO ont eu lieu :

- Saison des pluies :

- Karouabo : 25 avril 2018
- Malmanoury : 24 avril 2018
- Crique des Pères : 26 avril 2018

- Saison sèche :

- Karouabo : 24 octobre 2018
- Malmanoury : 23 octobre 2018
- Crique des Pères : 30 octobre 2018
- Paracou : 22 octobre 2018

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 100/127
--	--	--

10.4.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour l'année 2018

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 46 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2018.

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2018
DESCRIPTION DE L'HABITAT	<p>Les observations 2018 in situ continuent 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>Les relevés <i>in situ</i> permettent d'appréhender l'évolution des paramètres physico-chimiques selon les saisons.</p> <p>En saison des pluies, la quasi-totalité de ces paramètres sont homogènes entre les stations, sauf la turbidité qui est plus importante au niveau de la station Karouabo par rapport aux deux autres. Les bilans en oxygène sont aux alentours de 3,9 et 5,2 mg/l et de 37~64% de saturation, lors des mesures <i>in situ</i>.</p> <p>Ainsi, les stations Karouabo et Malmanoury sont, selon la concentration en oxygène, de bonne qualité. Par contre, la forte turbidité lors des mesures le matin pour la station Karouabo la catégorise en état moyen pour ce paramètre selon l'arrêté du 25/01/2010, adapté à la Guyane.</p> <p>En saison sèche, les mesures <i>in situ</i> sont disparates entre les stations, sauf pour la température, le pH et la turbidité qui restent homogènes. Concernant la conductivité, elle est élevée pour la station Crique des Pères. Ce contraste est dû au marnage de la zone, allié à de fortes inversions du courant selon la marée. Il y a donc des intrants salins à de faibles concentrations de manières régulières (Habert, 2013). Enfin, le bilan en oxygène est assez hétérogène : lors des mesures <i>in situ</i> faites le soir, la station Karouabo démontre une très bonne oxygénation, alors que les deux autres stations ont des valeurs plus faibles. Ces observations sont similaires à celles de 2017 (Monchaux & Bouvier, 2018). Selon la concentration en oxygène, la Karouabo est également de bonne qualité. Cependant, la Malmanoury et la Crique des Pères sont de qualité moyenne.</p> <p>Les valeurs d'oxygène assimilées à un moyen état écologique 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>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2018
	<p>La surveillance des paramètres physico-chimiques en 2018 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>
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS (Richesse et Diversité)</p>	<p>Concernant le nombre de captures ; en saison des pluies,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la crique des Pères, 69 individus représentant 14 espèces pour une biomasse de 14,9 kg ont été récoltés. Cette abondance est en hausse par rapport aux captures des années 2016 et 2017 et tend à se rapprocher celle observée en 2015. ▪ Sur la Karouabo, la valeur est en hausse par rapport à celle de 2010 à 2017, 69 individus représentant 9 espèces de poissons pour une biomasse de 14,3 kg ont été relevés. ▪ Sur la Malmanoury, les captures atteignent 52 individus représentant 10 espèces pour 13.0 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 baisse par rapport à 2017, avec 52 poissons prélevés. De plus, un total de 15 espèces a été dénombré avec une biomasse de 16,9 kg. ▪ Sur la Karouabo, 135 individus, représentant 10 espèces et une biomasse de 26,3 kg, ont été capturés. Les valeurs de chacun des paramètres restent stables par rapport à 2010. ▪ Sur la Malmanoury, 155 individus, représentant 10 espèces pour une biomasse totale de 123,4 kg, ont été capturés. Il est à noter que les paramètres d'abondance et de richesse spécifique sont en hausse par rapport à 2017. ▪ Concernant la Paracou l'échantillonnage a permis la récolte de 14 espèces. <p>En ce qui concerne la richesse,</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La crique des Pères, 14 espèces en saison des pluies et 15 en saison sèche ont été prélevées. Ces résultats montrent une légère baisse de ce paramètre par rapport aux années 2015, 2016 et 2017. ▪ Sur la Karouabo, la richesse de saison des pluies reste faible, avec 9 espèces. En saison sèche, la richesse spécifique (10 espèces) est en baisse par rapport à 2017. ▪ La Malmanoury, la richesse spécifique est représentée par le prélèvement de 10 espèces quelle que soit la saison. Ces résultats sont légèrement en hausse par rapport à 2017. ▪ Sur la station Paracou, la richesse spécifique remonte par rapport à 2017 mais reste inférieure à celle mesurée depuis 2013. <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 présente une légère baisse sur les deux saisons. De plus, l'équitabilité change peu par rapport à 2014, 2015, 2016 et 2017. Elle reste élevée (0,81). Cette observation montre que la répartition des espèces au sein de la population reste 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 2018, l'indice de Shannon en saison des pluies est proche de 2017 (2,46), mais celle de la saison sèche est en baisse (2,53). L'équitabilité sur les deux saisons reste élevée et stable (saison des pluies : 0,78 ; saison sèche : 0,76).

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2018
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la Malmanoury, l'indice de Shannon est en forte baisse en saison sèche (2,11) par rapport à la saison des pluies (2,87). De plus, alors que l'équitabilité était stable jusqu'en 2017, elle est en baisse durant la saison sèche (0,63). Sa valeur en saison des pluies est 0,86) ; ▪ Sur la Paracou, pour l'année 2018, la richesse spécifique remonte par rapport à 2017 mais reste inférieure à celles mesurée depuis 2013
<p>PEUPLEMENTS DE POISSONS (analyse des contenus stomacaux, structure trophique et anatomo- pathologie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comme en 2015, 2016 et 2017, la Crique des Pères demeure la seule station permettant l'observation de toutes les guildes alimentaires. Il est à noter que la guildes des omnivores domine fortement cette population (saison des pluies : 83% ; saison sèche : 71%). ▪ Au sein de la Karouabo, en saison des pluies, les omnivores et les herbivores représentent respectivement 68% et 26% de la population ; les détritivores sont représentés à hauteur 5%. En saison sèche, les deux guildes alimentaires présentes sont à 80% des détritivores et à 20% des omnivores. ▪ Dans la Malmanoury, deux guildes alimentaires sont dénombrées en saison des pluies : les omnivores (55%) et les herbivores (45%). La population en saison sèche est principalement composée de trois guildes : les herbivores (75%), les omnivores (21%) et les détritivores (6%). ▪ Sur la Paracou, seulement deux guildes alimentaires ont été identifiées, avec une forte dominance des invertivores 36%), puis les omnivores représentent chacun 7% de la population. Il est à noter que 57% des espèces prélevés ont un régime alimentaire inconnu. <p>En cette année 2018, 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>

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2018
<p>ANALYSE DE L'ALUMINIUM DANS LE MUSCLE DES POISSONS</p>	<p>Pour la campagne de prélèvement 2018, 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 guildes comporte suffisamment d'individus pour être analysées (50 poissons). De plus, elle est présente sur chacune des trois stations. ✓ Les herbivores (<i>Leporinus gosseii</i>) sont représentés sur la station Malmanoury ✓ Les omnivores sont représentés dans les trois stations (Karouabo, Malmanoury et la Crique des Pères) par <i>Triportheus brachipomus</i>, <i>Trachelyopterus galeatus</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 criques nous indiquent qu'il n'y a pas de forte contamination à l'aluminium due aux lanceurs Ariane 5 et Vega.</p>
<p>DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES</p>	<p>Au total, 3322 individus répartis en 51 taxa ont été récoltés en 2018.</p> <p>Pour la saison des pluies,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Il a été recensé 2235 individus répartis en 37 taxa. <p>Pour la saison sèche,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1087 individus répartis en 39 taxa ont été récoltés. <ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, la station Malmanoury est celle qui dispose du nombre d'individus prélevés le plus élevé (1154 ind.). Cette station dénombre plus d'individus que la station Crique des Pères (729 ind.) et trois fois plus que la station Karouabo (352 ind.) ▪ En saison sèche, c'est la station Crique des Pères qui arbore la plus haute abondance (486 ind.). La station Malmanoury dispose d'une abondance légèrement inférieure (390 ind.) alors que la station Karouabo est caractérisée par une abondance faible (211 ind.). ▪ L'échantillonnage de la station Paracou a abouti à la détermination de 604 individus, répartis en 37 taxa

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2018
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 2018, 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 a une qualité d'eau classée « moyenne » ; ○ La Karouabo a une qualité d'eau classée « médiocre » ○ La Malmanoury a une qualité de l'eau classée « bonne » ❖ En saison sèche <ul style="list-style-type: none"> ○ Les trois stations ont une qualité de l'eau « moyenne » <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 une qualité de l'eau classée « bonne » ; son calcul de l'IBMG aboutit à une note de 0.84 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.	SMEG	Communauté d'Ephémères	Classe	Qualité de l'eau	Etat du cours d'eau
Au moins 4	≥ 4,1	Naturelle ou presque naturelle	I	TRES BONNE	Criques de faible largeur ou petites rivières sans impact anthropique notable
Au moins 4	3,08 - 4,09	Peu altérée	II	BONNE	Rivière faiblement impactées ou stations suffisamment éloignées des impacts pour une récupération importante
Au moins 4	2,05 - 3,07	Assez altérée	III	MOYENNE	Influences anthropiques durables mais d'intensité moyenne
Au moins 3	1,03 - 2,04	Fortement altérée	IV	MEDIocre	Rivières exposées à des impacts anthropiques aigus et soutenus ou à conditions naturelles défavorables (oxygénation, matière organique)
Au moins 1	≤ 1,02	Détruite ; survie des U.O. de catégorie 1	V	MAUVAISE	Pollutions importantes ; 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 105/127
--	--	---

10.4.4. Conclusions générales du suivi de la faune aquatique pour 2018

Pour l'année 2018, peu de changements sont observés par rapport aux années précédentes.

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 différentes 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 106/127
--	--	---

10.5. 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 règlementaires 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.

10.5.1. 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 47 : Ensemble des paramètres d'analyse sur le 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 2018, aucune campagne de mesures n'a eu lieu.

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

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

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

Le CSG est le seul territoire du département à abriter trois espèces d'orchidées terrestres connus de Guyane appelée « *Cyrtopodium* ». Deux d'entre elles sont aujourd'hui protégées : *Cyrtopodium andersonii* et *Cyrtopodium cristatum*, qui est connu dans les savanes dans un habitat restreint. L'espèce *Cyrtopodium parviflorum*, se trouve quant à elle dans les savanes herbacées basses sur sols argilo-sableux, 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.

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.



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

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 observée, 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.

10.5.3. Programme de surveillance de l'espèce végétale *Stachytarpheta angustifolia*



Figure 13 : *S. angustifolia*

Cette espèce patrimoniale et protégée a été 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 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].

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 108/127
---	--	--

Aussi, le CNES réalise ou fait réaliser par l'IRD, au moins une fois par an, un contrôle de la dynamique des peuplements de *S.Angustifolia*.



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

La visite sur site, réalisée en mars 2018 par le CNES, a permis de vérifier la présence de *S. angustifolia* à proximité du MIK : cf [DR43].

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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 109/127
--	--	--

10.6. 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.

10.6.1. 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



<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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 110/127</p>
---	--	--

Figure 18 : Ruchers de l'ELS

10.6.2. Le protocole de surveillance 2018

Le protocole 2018 vient compléter les travaux réalisés en 2016 et en 2017.

- Le premier volet, en 2016, 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.
- L'année 2017 avait permis d'élargir le périmètre d'études à l'ensemble du territoire de la base spatiale, en **déployant des ruches sur 8 sites au CSG et un site témoin**, afin de classifier des particules minérales, leur abondance et leur origine, de façon la plus exhaustive possible. Une analyse de miel avait été effectuée en 2017, et il avait été conclu que le miel était de bonne qualité et apte à la consommation.
- En 2018, les ruches ont été déployées sur les mêmes sites qu'en 2016, à savoir Tangara, ELS et Ebène sur le CSG, et à la Césarée sur la commune de Macouria en tant que le site témoin. L'identification particulière a été effectuée, de même qu'en 2016 et 2017. Pour 2018, il a également été ajoutée une analyse des **biomarqueurs**, qui peuvent être définis comme des modifications au niveau moléculaire, cellulaire et physiologique en réponse à une exposition d'un organisme à la pollution ou à un stress environnemental. De plus, une surveillance globale de la ruche a été réalisée via une surveillance pondérale et des mesures de température et d'humidité.

10.6.3. 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).

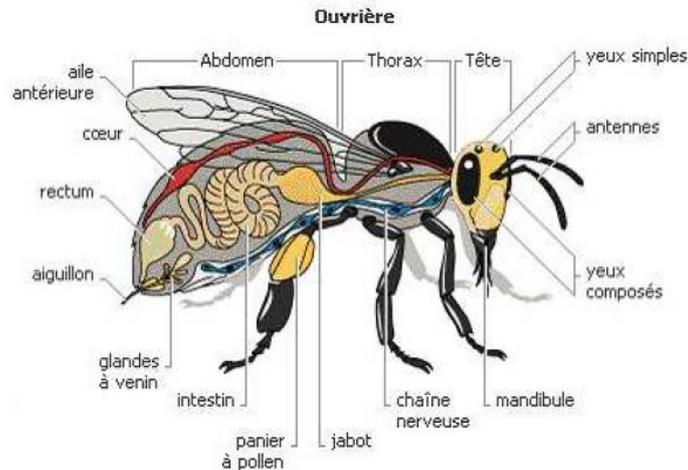


Figure 19 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB

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

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 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

En **2016 et 2018**, les sites suivants ont 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



Figure 21 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2018

Pour mémoire, en **2017**, l'étude avait également analysé les 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).
- Suivi d'un site témoin (Nancibo)

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 113/127
--	--	--

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 individus par ruches ; ces abeilles sont ensuite lyophilisées et conditionnées individuellement dans des tubes *Eppendorf*.



Figure 22 : Prélèvement d'un individu pour analyse, CNES Optique Vidéo 2017

Sur chacun des ruchers, le **protocole 2018** s'est attaché à :

- Réaliser des prélèvements à différentes saisons : un prélèvement en saison des pluies, un prélèvement en saison intermédiaire et un prélèvement en saison sèche.
- Effectuer une **analyse particulière** sur les prélèvements par traitement au Microscope Electronique à balayage (MEB) afin d'identifier les principaux éléments, d'origine naturelle ou industrielle, présents dans l'environnement du CSG. Cette analyse particulière ayant également été effectuée en 2016 et 2017, un suivi temporel est possible.
- Analyser l'impact de l'environnement sur le fonctionnement des organismes biologiques des abeilles, via l'étude des **biomarqueurs**. Ils reflètent notamment l'impact de l'agriculture, du transport, de l'industrie et plus généralement des activités humaines, sur le fonctionnement des organismes biologiques. Selon leur nature et leur niveau, ces altérations peuvent avoir un impact plus ou moins important sur la santé. En effet, les polluants peuvent en particulier altérer l'équilibre cellulaire et favoriser, entre autres, la formation de composés carbonylé dans les protéines, ou « **carbonylation** ». Cette altération est irréversible et entraîne un déclin des fonctions biologiques et une vulnérabilité cellulaire. **Ainsi, le degré de carbonylation des protéines permet de rendre compte de manière fiable l'impact de l'environnement sur les organismes biologiques.** L'analyse de la carbonylation des tissus des abeilles a été effectuée par le laboratoire OxiProteomics à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris) et répétée 4 fois par échantillon.
- Effectuer une **surveillance globale de la bonne santé** de la ruche via le suivi pondéral des ruchers, des conditions de température et de l'humidité.

E. Communication

En plus de ses avantages strictement techniques, la biosurveillance par les abeilles propose également une **approche pédagogique de la surveillance environnementale**. Une information qualitative de l'environnement obtenue par un organisme vivant est un vecteur de communication efficace pour le grand public. Il est en effet plus simple d'imaginer le danger d'une pollution en observant ses effets sur un organisme vivant qu'en comparant les mesures chiffrées à des valeurs seuils.

En 2018, des publications ont été réalisées par NBC sur cette méthode, que ce soit via la presse spécialisée (magazine des innovations POLLUTEC) ou interne (Latitude 5). Le grand public a également été informé de la méthode par un **reportage sur France O** et une participation à la **fête du Miel**, tenu sur la commune de Roura.

10.6.4. Synthèse des résultats 2018

Particules

Concernant les éléments présents de manière abondante sur les sites de prélèvement, les conclusions sont confirmées par les trois études successives de 2016 et 2018.

Tout d'abord les éléments d'origine **environnementale** : aluminosilicates, sable, calcaire, chlorure de sodium (de manière plus sporadique à abondant) ainsi que les oxydes de fer, sont présents de manière **homogène** sur l'ensemble des sites et de manière continue sur les trois années d'étude.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 114/127
--	--	--

De la même manière, les **métaux** tels que les aciers et le titane sont retrouvés **régulièrement** et de manière homogène sur les sites du CSG.

Quelques éléments, qui avaient été identifiés de façon très ponctuelle sur certains sites en 2016, n'ont pas été retrouvés en 2017 ni en 2018. On peut citer par exemple le ruthénium (Ru), qui avait été retrouvé sur le site de Tangara, du vanadium (V) ou encore du cuivre (Cu), identifiés sur le site Ebène. En 2018, aucune présence de Soufre ni de Cérium n'ont été relevés alors que ces éléments ont été identifiés sur le site Ebène en 2017. Du nickel (Ni) avait été identifié en 2016 sur le site « ELS Soyouz » et en 2017 sur le site Pirogue. Aucune trace n'a été trouvée en 2018 sur les 3 sites exposés du CSG.

En revanche, du Titane, des sulfures de Calcium, des sulfates de Baryum, du Brome et du KCl ont formellement été relevés en 2018 alors que ce type de particule n'avait pas été observé les années précédentes.

En 2018, nous avons retrouvé peu d'aluminium au regard des deux années précédentes.

Au vu des résultats, il semble que les rejets de particules minérales issus des activités du Centre Spatial Guyanais se limitent :

- à des métaux (aciers, titanes, produits ferreux) dans des proportions relativement limitées
- à certains composants de peintures industrielles.

Biomarqueurs

Les analyses de **biomarqueurs** ont été réalisées sur les échantillons d'abeilles prélevés aux 3 périodes d'exposition.

La comparaison des résultats d'analyses entre les sites d'exposition indique qu'il n'y a pas de différence significative du niveau annuel **moyen** de carbonylation des protéines des abeilles sur les 4 sites. Quel que soit le site d'exposition du CSG, au niveau annuel, aucun impact sur la santé des abeilles n'a été mis en évidence comparativement au site témoin de la Césarée.

Cependant, l'analyse des résultats du prélèvement du mois d'août montre une différence **ponctuelle** entre le site de Tangara et le site témoin. La carbonylation des protéines des abeilles prélevées sur le site de Tangara est environ 2 fois supérieure à celle relevée sur le site témoin à la même date. Le tir VA 244 du 25 juillet (15 jours avant le prélèvement) pourrait être à l'origine d'un stress environnemental. Cette observation **n'a pas été confirmée** lors du prélèvement d'octobre alors que le tir VA 243 a été réalisé le 25 septembre (16 jours avant le prélèvement). La poursuite de cette étude lors des années suivantes permettra de suivre le niveau de stress oxydant des abeilles et de vérifier l'absence d'impact des activités du CSG sur leur état de santé.

Suivi pondéral

Il ressort du suivi pondéral que les ruchers sur n'ont subi aucun dommage lié à l'exposition aux lanceurs Ariane, Véga et Soyouz. Les populations par ruche restent stables avec même une production de miel, de cire et autre propolis significative pour le rucher de Soyouz.

Les mélipones maintiennent une ventilation importante à l'intérieur des ruches avec moins de 1°C entre l'extérieur et l'intérieur, malgré une activité intense au sein de la ruche.

Ce dispositif de suivi pondéral et environnemental en continu et en direct, s'avère fiable et indispensable pour suivre les colonies et vérifier d'éventuelles mortalités des mélipones liées ou non à l'activité industriel du site.

En conclusion, toutes les abeilles mobilisées lors de cette campagne 2018 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. Pour mémoire, les analyses de miel effectuées en 2017 avaient montré une bonne qualité du miel, et conclu que celui-ci était apte à la consommation sans aucun problème.

11. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2018

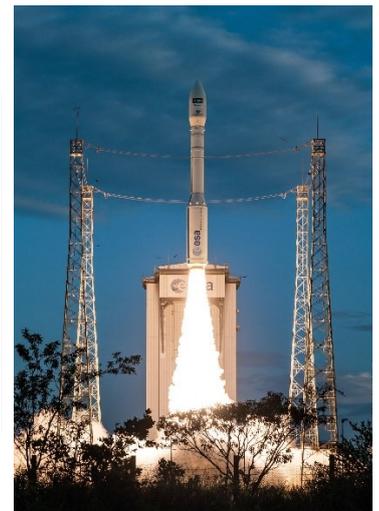
Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2018 sont rappelées ci-après.



VS18 – CNES/CSG



VA245 – CNES/CSG



VV12 – CNES/CSG

11.1. Par rapport aux activités liées aux lanceurs

11.1.1. 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. Pour VA243, une perturbation de dernière minute a fait changer la direction des vents dominants et les capteurs n'ont pas vu les retombées du nuage de combustion.
- La direction prise par le nuage de combustion issu de la combustion des EAP lors du décollage du lanceur Ariane 5 est généralement 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 du vol VA242. 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 116/127</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 2018, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo a été mis en œuvre pour un lancement Ariane, et a donc permis de suivre la qualité des eaux de la crique. Aucun impact particulier lié au vol n'a pu être décelé. De plus, 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 relevé.*

11.1.2. Vega

- Pour chacune des missions du lanceur VEGA (VV12 et VV13) en 2018, 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 ont été orientés 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 les vols VEGA de 2018. Aucune situation dégradée n'étant survenue, 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 2018, le dispositif de prélèvement automatique sur la Karouabo a été mis en œuvre pour un lancement VEGA, et a donc permis de suivre la qualité des eaux de la crique. Aucun impact particulier lié au vol n'a pu être décelé. De plus, par expérience nous pouvons préciser 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).*

<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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 117/127</p>
---	--	--

11.1.3. 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 survenue, on comprend qu'aucune teneur en produits hydrazinés ou en oxyde d'azote n'a été mesurée.
- Le réseau de contrôle en continu 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.

11.2. 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 118/127
--	--	--

- **Le suivi des populations botaniques d'intérêt majeur du 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 suivi a été assurée par le CNES qui confirme le maintien de la plante dans la zone du MIK.
- **La bio surveillance de la qualité de l'air par les abeilles mélipones** : Le programme de surveillance 2018 vient compléter le protocole mis en œuvre en 2017 et 2016 au CSG. La collaboration CNES/NBC/APILAB s'est poursuivie et s'est attaché à déployer d'autres métriques de surveillance par rapport à 2017 et 2018. Les résultats de l'année 2018 confirment les premières conclusions acquises en 2016 et 2017.

 - Les colonies sont dynamiques et en bonne santé, la mesure du poids des ruches montre que la production de miel est abondante ;
 - 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 des biomarqueurs ne mettent pas en évidence d'impact de l'environnement industriel sur la santé des abeilles.

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**

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 119/127</p>
---	---	---

12. 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 2018, 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 120/127
--	--	--

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

13.1. 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	-

13.2. 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	

13.3. 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 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 121/127
--	--	---

13.4. Cas du dioxyde de carbone

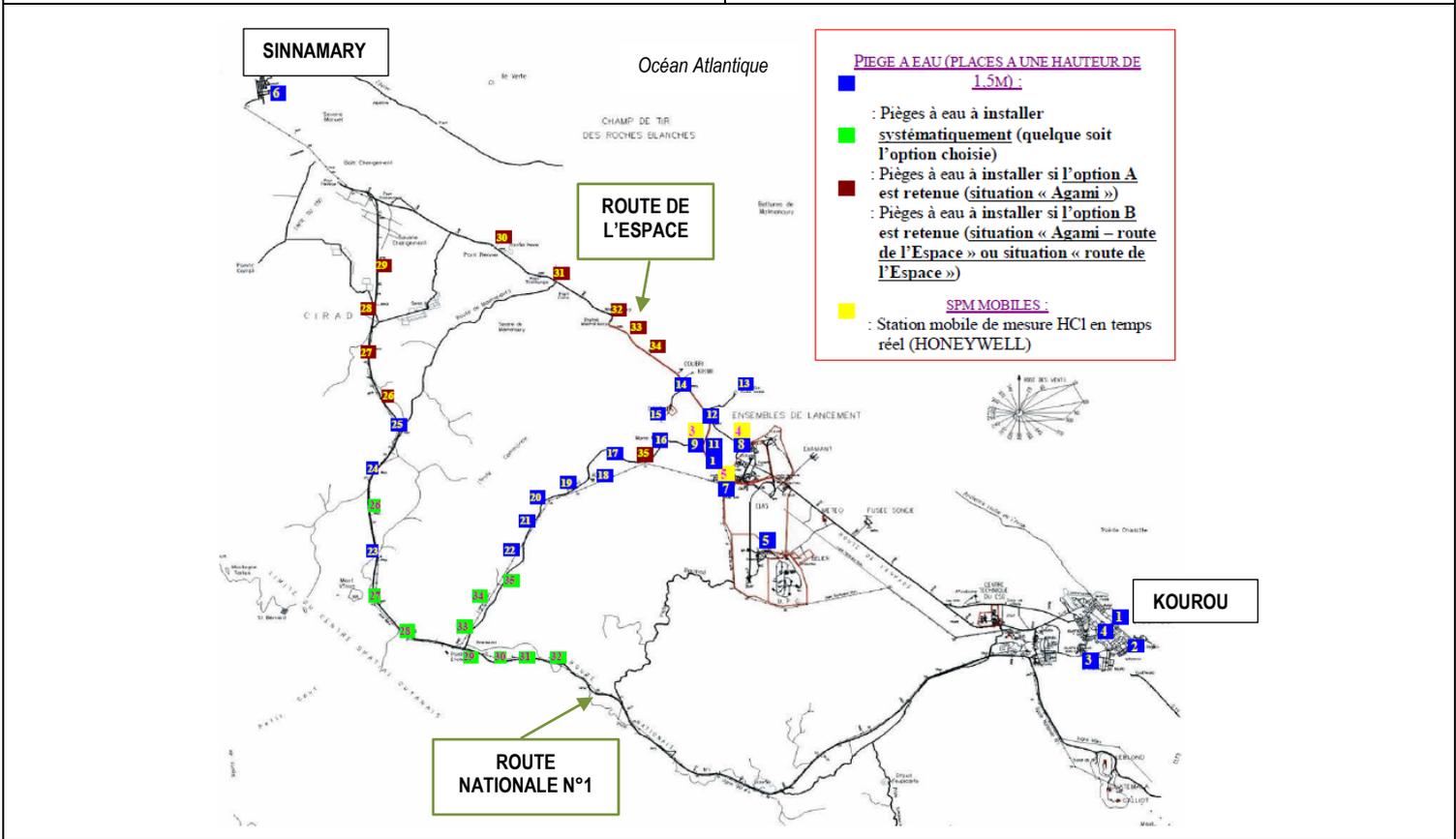
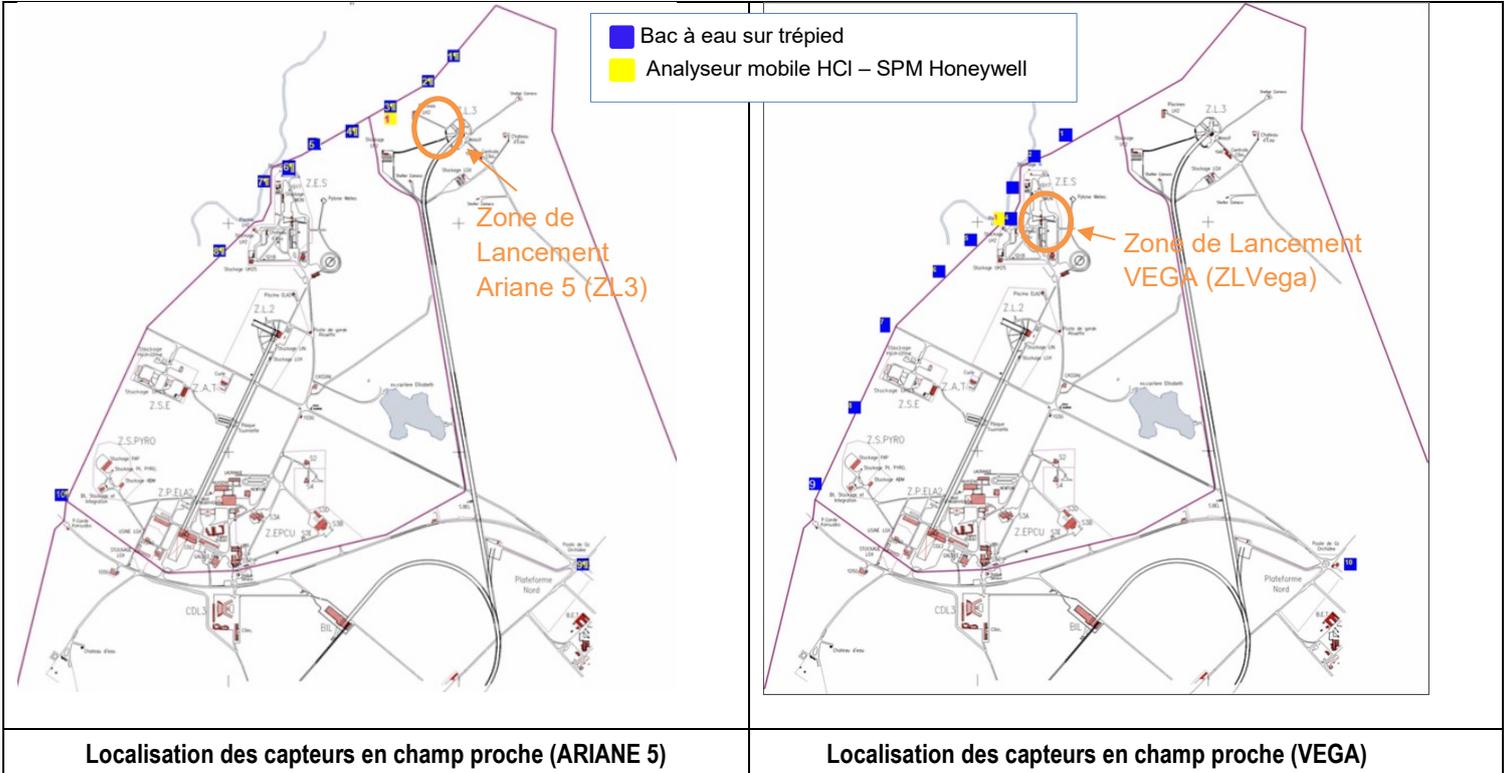
Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

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 24 : Fiche toxicologique INRS

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



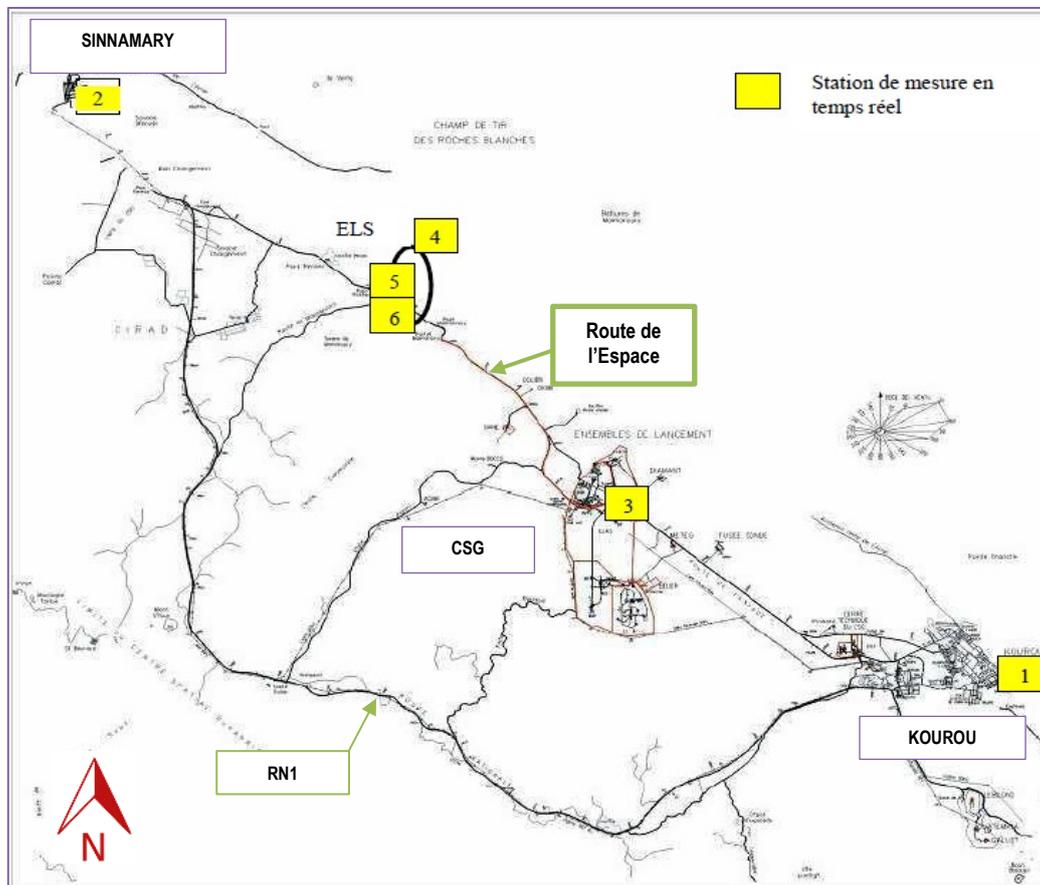
PIEGE A EAU (PLACES A UNE HAUTEUR DE 1.5M) :

- : Pièges à eau à installer **systématiquement** (quelque soit l'option choisie)
- : Pièges à eau à installer si l'option **A** est retenue (situation « Agami »)
- : Pièges à eau à installer si l'option **B** est retenue (situation « Agami – route de l'Espace » ou situation « route de l'Espace »)

SPM MOBILES :

- : Station mobile de mesure HCl en temps réel (HONEYWELL)

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

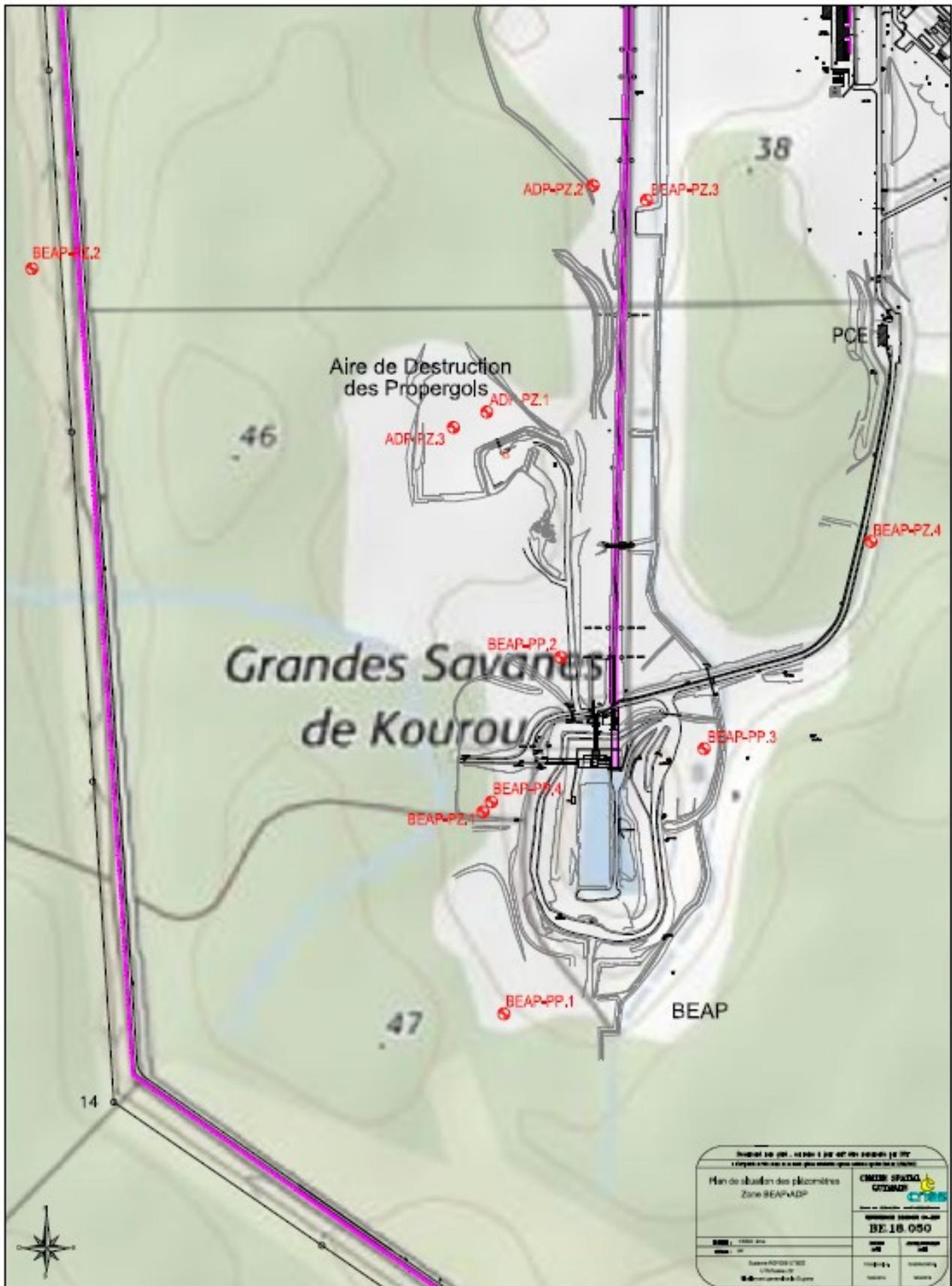


16. ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5

	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 °)
V181	71,3	50,1	21,2
V182	77	56,1	20,9
V183	63,2	71,5	-8,3
V184	114,2	125,8	-11,6
V185	129	92,8	36,2
V186	44,8	62,5	-17,7
V187	52	40,6	11,4
V188	78,6	85,5	-6,9
V189	73,4	79,8	-6,4
V190	99,6	130,6	-31
V191	87,4	102,4	-15
V192	98	92	6
V193	74	96,4	-22,4
V194 *	89	181,7	-92,7
V195	91,6	120	-28,4
V196	103,8	65,8	38
V197	76,4	47	29,4
V198	99	111,3	-12,3
V199	52,2	56	-3,8
V200	72	61	11
V201	68	72	-4
V202	88	79	9
V203	104	107	-3
V204	114	81	33
V205	69	55	14
V206	88	82	6
V207	91	94	-3
V208	115	107	8
V209	90	65	25
V210	83	91	-8
V211	47	89	-42
V212	67	99	-32
V213	97	69	28
V214	105	93	12
V215	64	54	10
V216	54	51,5	2,5
V217	55	79,5	-24,5
V218	74	80,1	-6,1

	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 °)
V219	83	87,2	-4,2
V220	93	127,5	-34,5
V221	94	94	0
V222	64	67	-3
V223	90	88,6	1,4
V224	111	130	-19
V225	105	115	-10
V226	105	105	0
V227	87	96	-9
V228	69	70	-1
V229	32	45	-13
V230	80	104	-24
V231	68	102	-34
V232	100	101	-1
V233	103	107	-4
V234	88	81	7
V235	48	52	-4
V236	71	88	-17
V237	94	165	-71
V238	102	124	-22
V239	87	90	-3
V240	75	99	-24
V241	62	41	21
V242	76	72	4
V243	76	226	-150
V244	119	118	1
V245	94	113	-19
V246	45	46	-1

17. LOCALISATION DU DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES DU BEAP



CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2018 DES RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-19682-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 10/10/2019 Page : 127/127
---	--	--

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦