

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 3/120

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	19.SE.RS.10	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA247
DR08	N°2019-535	Fiche synthétique post lancement VA247
DR09	19.SE.RS.12	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA248
DR10	N°2019-592	Fiche synthétique post lancement VA248
DR11	19.SE.RS.17	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA249
DR12	N°2019-664	Fiche synthétique post lancement VA249
DR13	20.SE.RS.02	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VA250
DR14	N°2020-280	Fiche synthétique post lancement VA250
DR15	N°2019-605	Fiche synthétique post essai P120 QM1 au BEAP
DR16	19.SE.RS.09	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT BEAP – P120QM1
DR17	19.SE.RS.13	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VEGA VV14

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 4/120

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR18	N°2019-589	Fiche synthétique post lancement VV14
DR19	19.SE.RS.16	Rapport ESQS - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE VV15
DR20	N°2019-595	Fiche synthétique post lancement VV15
DR21	N°2019-488	Fiche synthétique post lancement VS21
DR22	N°2019-491	Fiche synthétique post lancement VS22
DR23	N°2020-70	Fiche synthétique post lancement VS23
DR24	HYDRECO 2019 – Rapport final	Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut – Bouvier D. – 2020 – Surveillance 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, Vega et Soyouz sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques – Rapport Final ; Année 2019. Contrat HYDRECO – CNES, 76p.
DR25	HYDRECO 2019 - Diatomées	Bureau d'Etudes en Environnement HYDRECO – Laboratoire Environnement de Petit Saut – Eulin-garrigue A. – 2020 – Surveillance des milieux aquatiques dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus de la propulsion des lanceurs Ariane 5, Vega et Soyouz sur la faune et la flore aquatique.– Volet complémentaire sur les diatomées ; Année 2019. Contrat HYDRECO – CNES, 30p.
DR26	Rapport NBC APILAB final 2019	NBC – Mémoire justificatif - Biosurveillance de la qualité de l'air par l'abeille mélipone. ---- Application au contexte industriel du CSG / Campagne 2019
DR27	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
DR28	Rapport d'activité 2015	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2015 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR29	Rapport d'activité 2016	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2016 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR30	Rapport d'activité 2017	Observatoire Régional de l'Air de Guyane - Rapport d'activité 2017 – Surveillance de la qualité de l'air en Guyane
DR31	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

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 5/120</p>
---	--	--

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR32	Fiche toxicologique INRS	Fiche toxicologique n°47 – Monoxyde de Carbone (CO) – Edition 2009
DR33	Fiche toxicologique	Fiche toxicologique n°238 – Dioxyde de Carbone (CO ₂) – Edition 2005
DR34	Rapport OFB 2017-2019	Rachel BERZINS & Cécile RICHARD-HANSEN (OFB) : Biodiversité et Ecologie de la grande faune sur le territoire du CSG, Bilan des activités 2017-2019.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 6/120
--	--	---

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.
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.

Pour mémoire :

CSG-ID-S3X-495-SEER

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 7/120

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 8/120
--	--	---

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 9/120
--	--	---

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 10/120
--	--	--

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 11/120

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 12/120
--	--	--

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 13/120
--	--	---

SOMMAIRE

1.	OBJET ET BILAN DES MESURES EN 2019	18
2.	CATALOGUE 2019 DES FICHES SYNTHETIQUES POST-LANCEMENT.....	23
3.	LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT ARIANE 5 ET VEGA.....	34
3.1.	OBJECTIFS DES MESURES	34
3.2.	SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES RETOMBEES CHIMIQUES ET GAZEUSES	35
3.3.	LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	36
3.4.	SUIVI DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN	36
3.5.	MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	38
4.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES ARIANE 5	40
4.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	40
4.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	43
4.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	45
4.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	45
4.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	46
4.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS ARIANE 5 EN 2019	49
5.	SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LA CAMPAGNE VEGA	50
5.1.	LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	50
5.2.	COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DU RADIOSONDAGE ET DES DONNEES CEP/ARPEGE.....	52
5.3.	CONCLUSIONS SUR LES MODELISATIONS DE L'OUTIL SARRIM.....	53
5.4.	RESULTATS DES MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	53
5.5.	RESULTATS DES MESURES DE RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....	54
5.6.	CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEMENT VEGA EN 2019	56
6.	LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT SOYOUZ.....	57

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 14/120
--	---	---

7. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR LES CAMPAGNES SOYOUZ	58
7.1. OBJECTIFS DES MESURES	58
7.2. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	59
7.3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	59
7.4. LOCALISATION DES ZONES DE PASSAGE DU NUAGE DE COMBUSTION.....	60
7.5. MESURES EN CONTINU DES RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES	62
7.6. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYOUZ POUR L'ANNEE 2019	67
8. LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT AU BANC D'ESSAI DES ACCELERATEURS A POUDRE (BEAP).....	68
9. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENT REALISEES POUR L'ESSAI P120C DM.....	70
9.1. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES.....	70
9.2. SIMULATION SARRIM ISSUE DU RADIOSONDAGE 4R160718.TXT	72
9.3. COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A PARTIR DES RADIOSONDAGES ET DES DONNEES PREVISIONNELLES (CEP)	72
9.4. RESULTATS ET CONCLUSIONS SUR LES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES	73
9.5. CONCLUSIONS SUR LES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES.....	75
9.6. MESURE EN CONTINU DES RETOMBEES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE.....	75
9.7. MESURES DE LA QUALITE DES EAUX DU CARNEAU DU BEAP	75
9.8. CONCLUSION GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DE L'ESSAI P120 DM.....	77
10. SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES REALISEES POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ECOSYSTEMES DU CSG.	79
10.1. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG	79
10.2. MESURE DE LA QUALITE DE L'EAU DE LA CRIQUE KAROUABO	80
10.3. MESURE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS DES CRIQUES DU CSG	82
10.4. SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE DES CRIQUES DU CSG.....	89
10.5. ETUDE DE LA GRANDE FAUNE SUR LE TERRITOIRE DU CNES/CSG	96
10.6. SUIVI DU PATRIMOINE VEGETAL DU CSG	98
10.7. BIO SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR AU MOYEN DES ABEILLES MELIPONES	102
11. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2019	110
11.1. PAR RAPPORT AUX ACTIVITES LIEES AUX LANCEURS	110

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 15/120</p>
---	---	---

11.2.	PAR RAPPORT AU SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT DU CSG	112
12.	ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES.....	114
13.	ANNEXE 2 : RAPPELS SUR LES LIMITES REGLEMENTAIRES DE TOXICITE DES PRINCIPAUX PRODUITS EMIS PAR LES LANCEURS.....	115
13.1.	CAS DE L'ALUMINE	115
13.2.	CAS DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE	115
13.3.	CAS DU MONOXYDE DE CARBONE	115
13.4.	CAS DU DIOXYDE DE CARBONE.....	116
14.	ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES CAPTEURS ENVIRONNEMENT (BACS A EAU) ARIANE 5 & VEGA.....	117
15.	ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA SOYOUZ	118
16.	ANNEXE 5 : ETUDE COMPARATIVE DES DIRECTIONS DES NUAGES DE COMBUSTION LORS DE LANCEMENTS ARIANE 5	119

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 16/120

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - principaux résultats 2019	19
Tableau 2 : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau	37
Tableau 3 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure	37
Tableau 4 : Localisation des analyseurs fixes du réseau CODEX.....	39
Tableau 5 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »	39
Tableau 6 : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile »	39
Tableau 7: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des prévisions CEP/ARPEGE	41
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	42
Tableau 9: Tableau récapitulatif des directions et vitesses des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages	42
Tableau 10 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour Ariane 5 en 2019	44
Tableau 11: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2019.....	45
Tableau 12 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	47
Tableau 13 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	48
Tableau 14: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE	50
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des concentrations maximales simulées par SARRIM au moyen des données CEP/ARPEGE pour l'acide chlorhydrique et l'alumine.....	51
Tableau 16: Tableau récapitulatif des directions des vents calculées par SARRIM au moyen des radiosondages.	51
Tableau 17 : Tableau comparatif des résultats des modélisations pour VEGA en 2019.....	52
Tableau 18: Tableau récapitulatif des détections d'acide chlorhydrique par les Honeywell pour l'année 2019.....	53
Tableau 19 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	54
Tableau 20 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	55
Tableau 21 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	59
Tableau 22: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages..	60
Tableau 23 : Rappel des seuils réglementaires d'exposition pour le Monoxyde (CO) et le Dioxyde (CO ₂) de carbone.....	61
Tableau 24 : Ensemble des résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA – 2019, entre H0 et H0+2h, pour les vols VS21, VS22, VS23.....	63
Tableau 25 : seuils d'information et de recommandation, d'alerte, de différents polluants (ORA 2018)	65
Tableau 26 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.....	70
Tableau 28 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R280119.txt	72
Tableau 29 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du RS CP	73
Tableau 30 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	73
Tableau 31 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain	74
Tableau 32 : Points de mesure présentant des valeurs maximales en champ proche et en champ lointain	74
Tableau 33 : Liste des paramètres de mesure dans les eaux du carneau	76

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 17/120

Tableau 34 : Résultats de l'analyse réalisée sur le 1 ^{er} prélèvement d'eau* du carneau du BEAP (avant traitement à la soude (NaOH)).	76
Tableau 35 : Résultats globaux des analyses réalisées sur le 2 nd prélèvement d'eau** du carneau du BEAP (avant rejet dans le milieu naturel).	77
Tableau 36 : Suivi de la Karouabo en saison des pluies 2019	81
Tableau 37 : Suivi de la Karouabo en saison sèche	81
Tableau 38 : Modification de la spéciation et de la mobilité de certains ions en fonction du paramètre pH du sol.	83
Tableau 39 : Paramètres physico-chimiques mesurés pour les trois stations en 2019 (<i>en bleu : très bon état ; en vert : bon état ; en jaune : état moyen ; en orange : état médiocre</i>)	84
Tableau 40 : Résultats des analyses de métaux dans les sédiments de la Karouabo et de la Malmanoury	85
Tableau 41 : Paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments en laboratoire pour la station Paracou, en saison sèche 2019	87
Tableau 42 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2019.	90
Tableau 43 : Notes de l'IPG-G et classes de qualité associées pour les trois stations	92
Tableau 44 – Taille des domaines vitaux des grands félins.	96
Tableau 45 : Evolution des efforts d'analyse en fonction des années de suivi de biosurveillance par l'abeille.	103
Tableau 46 : Tableau des Carbonyl Score mesurés pour chaque site et à chaque prélèvement	108

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	36
Figure 3 : Dépose d'un bac à eau avec son flacon d'échantillonnage.	37
Figure 4 : Cartographie du CSG (Carte IGN, Géoportail ©)	41
Figure 5 : SPM en cours de mise en place.	45
Figure 6 : SPM mobile installé en champ proche.	45
Figure 7 : Station de surveillance BRADY à Kourou, ORA 2017	66
Figure 8 - Cartographie des capteurs en champ proche et moyen	71
Figure 10: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2019)	83
Figure 11 : Crique Karouabo, HYDRECO 2018	86
Figure 12 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2018	86
Figure 12 –Modélisation des domaines vitaux des grands félins.	96
Figure 13 – Le pécarí à lèvres blanches, une espèce grégaire	97
Figure 14 - Biche rouge.	98
Figure 16 : Numérotation d'un pied <i>Cyrtopodium cristatum</i> .	100
Figure 17 : <i>S. angustifolia</i>	100
Figure 18: <i>S. angustifolia</i> sous pylône - ELS	101
Figure 19 : Mélipona [DR22]	102
Figure 19 : Ruchers Tangara	102
Figure 20 : Ruchers Sentier Ebène	102
Figure 21 : Ruchers de l'ELS	102
Figure 22 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB	104
Figure 23 : Vue interne d'un rucher et de son organisation, NBC APILAB	104
Figure 25 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2019	105
Figure 26 : Prélèvement d'un individu pour analyse, CNES Optique Vidéo 2017	106
Figure 26 : Fiche toxicologique INRS	115
Figure 27 : Fiche toxicologique INRS	116

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 18/120</p>
---	---	--

1. Objet et bilan des mesures en 2019

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 2019 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 :

- quatre campagnes **Ariane 5** (vols A247 à A250) – **paragraphes 3 et 4**
- deux campagnes **Vega** (vols V14 et V15) – **paragraphe 5**
- trois campagnes **Soyouz** (vols S21 à S23) – **paragraphes 6 et 7**
- un **essai P120 QM1** 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 2019.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 19/120

Tableau 1 - principaux résultats 2019

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS																																											
RAPPEL DES ACTIVITES DE LANCEMENTS AU CSG	En 2019, le Centre Spatial Guyanais a opéré 9 lancements et 1 essai de mise à feu au BEAP, répartis comme suit																																											
	 <p style="text-align: center;">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="background-color: #4a86e8; color: white;">Lanceurs</th> <th style="background-color: #4a86e8; color: white;">Missions</th> <th style="background-color: #4a86e8; color: white;">J0</th> <th style="background-color: #4a86e8; color: white;">H0 (Heure Locale)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Ariane 5 (4 lancements)</td> <td>VA247</td> <td>05/02/2019</td> <td>18H01</td> </tr> <tr> <td>VA248</td> <td>20/06/2019</td> <td>18H37</td> </tr> <tr> <td>VA249</td> <td>06/08/2019</td> <td>16H30</td> </tr> <tr> <td>VA250</td> <td>26/11/2019</td> <td>18H09</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Soyouz (3 lancements)</td> <td>VS21</td> <td>27/02/2019</td> <td>18H01</td> </tr> <tr> <td>VS22</td> <td>04/04/2019</td> <td>13H30</td> </tr> <tr> <td>VS23</td> <td>18/12/2019</td> <td>05H54</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">VEGA (2 lancements)</td> <td>VV14</td> <td>21/03/2019</td> <td>22H50</td> </tr> <tr> <td>VV15</td> <td>10/07/2019</td> <td>22H53</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Essai au BEAP</td> <td>P120C QM1</td> <td>28/01/2019</td> <td>13H00</td> </tr> </tbody> </table>						Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)	Ariane 5 (4 lancements)	VA247	05/02/2019	18H01	VA248	20/06/2019	18H37	VA249	06/08/2019	16H30	VA250	26/11/2019	18H09	Soyouz (3 lancements)	VS21	27/02/2019	18H01	VS22	04/04/2019	13H30	VS23	18/12/2019	05H54	VEGA (2 lancements)	VV14	21/03/2019	22H50	VV15	10/07/2019	22H53	Essai au BEAP	P120C QM1	28/01/2019
Lanceurs	Missions	J0	H0 (Heure Locale)																																									
Ariane 5 (4 lancements)	VA247	05/02/2019	18H01																																									
	VA248	20/06/2019	18H37																																									
	VA249	06/08/2019	16H30																																									
	VA250	26/11/2019	18H09																																									
Soyouz (3 lancements)	VS21	27/02/2019	18H01																																									
	VS22	04/04/2019	13H30																																									
	VS23	18/12/2019	05H54																																									
VEGA (2 lancements)	VV14	21/03/2019	22H50																																									
	VV15	10/07/2019	22H53																																									
Essai au BEAP	P120C QM1	28/01/2019	13H00																																									
SYNTHESE DES INDICATEURS DE QUALITE DES MILIEUX	COMPARTIMENTS	AIR	EAU	SEDIMENT	FAUNE AQUATIQUE	GRANDE FAUNE TERRESTRE	BIOSURVEILLANCE (abeilles)	VEGETATION																																				
	MESURES	Réseau CODEX <i>HCl / Al₂O₃ / N₂H₄ / NO_x</i>	Suivi de la qualité physico-chimique	Suivi de la qualité physico-chimique	Diversité, Richesse, Abondance	Félins : suivis GPS, analyses génétiques	Analyse particulaire	Surveillance environnementale du patrimoine forestier																																				
		Analyseurs mobiles <i>HCl</i>	KAROUABO	KAROUABO	Lésions anatomo pathologique et Dosage Aluminium (<i>poissons</i>)	Pécaries à lèvres blanches : suivis GPS	Biomarqueurs																																					
		Bacs à eau <i>HCl / Al₂O₃</i>	MALMANOURY	MALMANOURY	IDF (Indice Diatomique de Guyane)	Tapirs : pièges photos	Analyse des cires (pesticides)																																					
		Shelters SOYOUZ <i>CO / CO₂ / NO_x / SO_x / PM / HCT</i>	PARACOU	PARACOU	SMEG (<i>invertébrés</i>)	Biche rouge	Suivi pondéral																																					
ETAT GENERAL	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE DES EAUX	BON ETAT CHIMIQUE	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE	AUCUN IMPACT DECELE	BON ETAT ECOLOGIQUE																																					

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 22/09/2020</p> <p>Page : 20/120</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>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°247 à 250 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 2019 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.
<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 2019. 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>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES</p> <p>Ed/Rev : 01/00 Classe : GP</p> <p>Date : 22/09/2020</p> <p>Page : 21/120</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 2019, des prélèvements d'eau ont été effectués par prélèvement automatique, pour VV14 et VA250. 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 2019, les résultats ne présentent pas de variations par rapport aux années précédentes, et cela quelle que soit la crique étudiée (Karouabo, Malmanoury, Paracou). Aucun impact des lancements n'est mis en évidence par les analyses réalisées en 2019.</p>
<p>PEUPELEMENTS DE POISSONS « ICHTYOFAUNE »</p>	<p>L'absence de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles, montre que ce composé n'est pas bioaccumulable (contrairement au mercure). Aussi, l'aluminium dans la chair des poissons ne semble pas devoir être un facteur d'inquiétude en termes d'écotoxicité.</p> <p>Aucune différence n'est à retenir entre les 3 criques, aussi la « contamination » d'aluminium n'est pas 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 invertébrés aquatiques en 2019 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>DIATOMEES</p>	<p>Les diatomées benthiques sont des algues microscopiques, unicellulaires (algues brunes). Ces algues sont considérées comme un des bio-indicateurs des eaux courantes les plus pertinents, grâce notamment à leur sensibilité aux conditions du milieu et à la rapidité de leur cycle de développement, de quelques heures à quelques jours.</p> <p>L'utilisation du nouvel indice diatomique IDGF (Indice Diatomique de Guyane Française), spécifiquement créé par l'INRAe (ex-Irstea) et HYDRECO pour la Guyane, a confirmé les résultats obtenus via l'indice Poissons de Guyane. Il accorde un Très Bon Etat Ecologique (TBE) pour la Crique Paracou, un Bon Etat écologique (BE) pour la Crique des Pères et la Karouabo, et un Etat Ecologique Moyen (EM) pour la Malmanoury.</p>

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 22/120
---	--	--

DOMAINE DE MESURES	SYNTHESE DES RESULTATS
SUIVI DE LA VEGETATION Analyse des pluviollessivats (Uniquement pour Ariane 5 et Vega)	<p>En 2019, des prélèvements de pluviollessivats ont été effectués pour les trois campagnes VA248, VA249 et VA250. Tant à la saison des pluies qu'à la saison sèche, on mesure des concentrations non négligeables à 450m de la zone de lancement. Mais à 1800m de la zone de lancement, on ne mesure plus aucune concentration significative. Si les retombées peuvent avoir un effet délétère sur la végétation, celui-ci est très localisé autour de la zone de lancement.</p>
SUIVI DES PEUPELEMENTS BOTANIQUES D'INTERET MAJEUR	<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>. 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>
ABEILLES	<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 2019 par les abeilles, ont été effectuées des analyses particulières, des analyses de biomarqueurs, un dosage des pesticides dans les cires, et un suivi de la bonne santé globale de la ruche.</p> <p>La campagne 2019 nous aura permis de mettre en évidence la présence d'éléments encore jamais rencontrés les années précédentes (au niveau particulier et au niveau des pesticides). Les années précédentes montraient en effet uniquement une bonne santé générale des abeilles et un impact très limité des activités industrielles sur site. Les études vont se poursuivre en 2020 pour apporter des données qui permettront d'éclairer les acquisitions de 2019. Les abeilles sont en effet de très bonnes sentinelles de l'air.</p>
GRANDE FAUNE	<p>La surveillance des effets sur l'environnement des activités industrielles comprend aussi des études sur la faune de la base spatiale.</p> <p>La deuxième phase de fructueuse collaboration entre l'OFB (Office Français de la Biodiversité) et le CNES, sur l'étude de la grande faune sur le Centre Spatial Guyanais, s'est déroulée sur une durée de 3 ans (2017-2019). La première phase de collaboration, entre 2013 et 2016, avait permis de montrer la richesse du milieu naturel, favorisée en particulier par les restrictions de circulation sur le centre. Lors de la deuxième phase, présentée dans ce document, les études se sont focalisées sur plusieurs espèces emblématiques : les grands félins, les pécaris à lèvres blanches, le tapir terrestre et la biche rouge. Très peu de connaissances scientifiques sont en effet disponibles sur ces espèces. De plus, une étude sur l'effet de l'abrutissement sur la régénération forestière a été menée en lien avec le CIRAD.</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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 23/120</p>
---	---	--

2. CATALOGUE 2019 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 évènement au CSG.

Cette démarche d'amélioration engagée par le CNES/CSG est marquée par une volonté d'accessibilité 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 **2019** au Centre Spatial Guyanais.

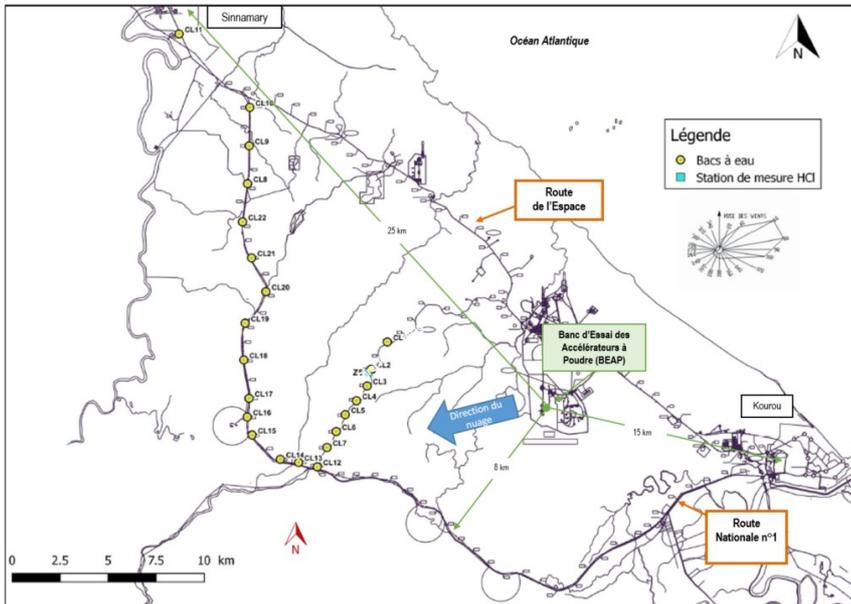


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT ESSAI P120 QM1 AU BEAP

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
28
Jan.
2019

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



Essai de mise à feu du P120 « Qualification Model 1 »
Le lundi 28 janvier 2019 à 13h00 (Heure locale)

Seuls les produits de combustion du spécimen P120 QM1 sont dispersés dans l'atmosphère

Acide chlorhydrique + Alumine (Al₂O₃) (HCl)



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 QM1

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 grâce à la prévision météorologique du jour.

Les eaux du carreau 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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

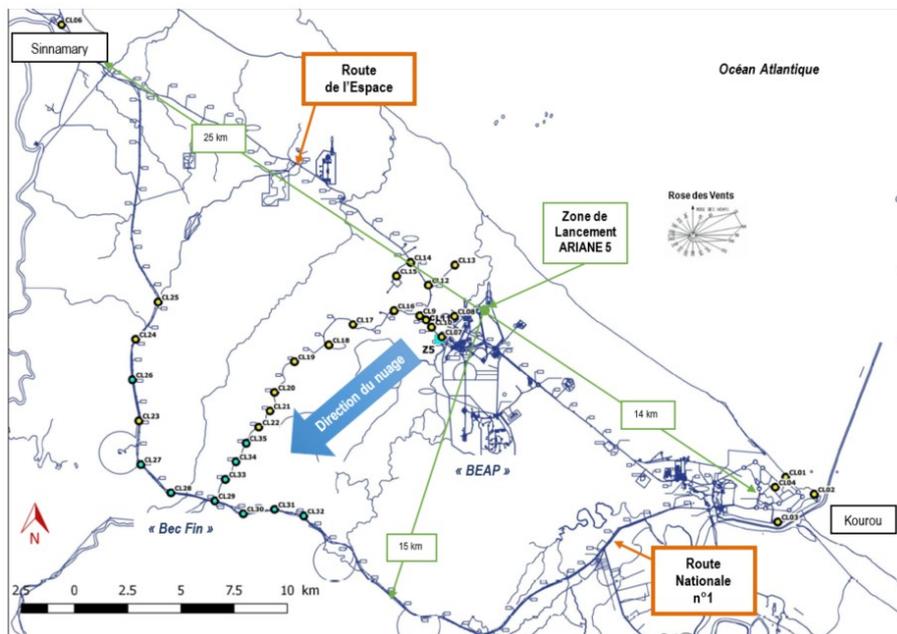


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA247

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
05
Fév.
2019

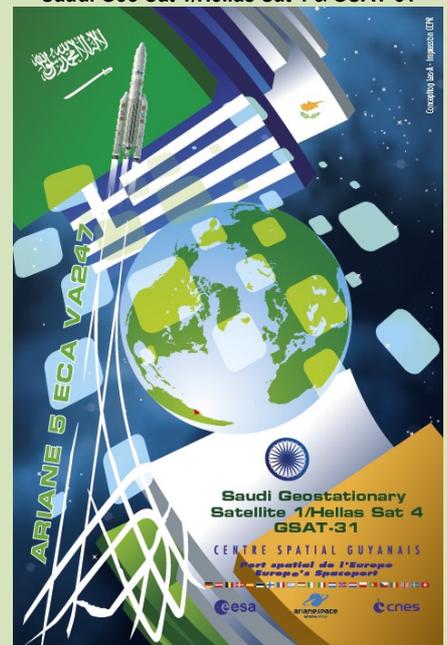
Carte du CSG et répartition des capteurs d'analyse de l'air



Ariane 5 version ECA
Le mardi 05 février 2019 à 18h01 (Heure locale).

Le vol 247 en bref : 2 Satellites de télécommunication

Saudi Geo Sat 1/Hellas Sat 4 & GSAT-31



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

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 246

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 400 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 (OPTION A « AGAMI ») a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr



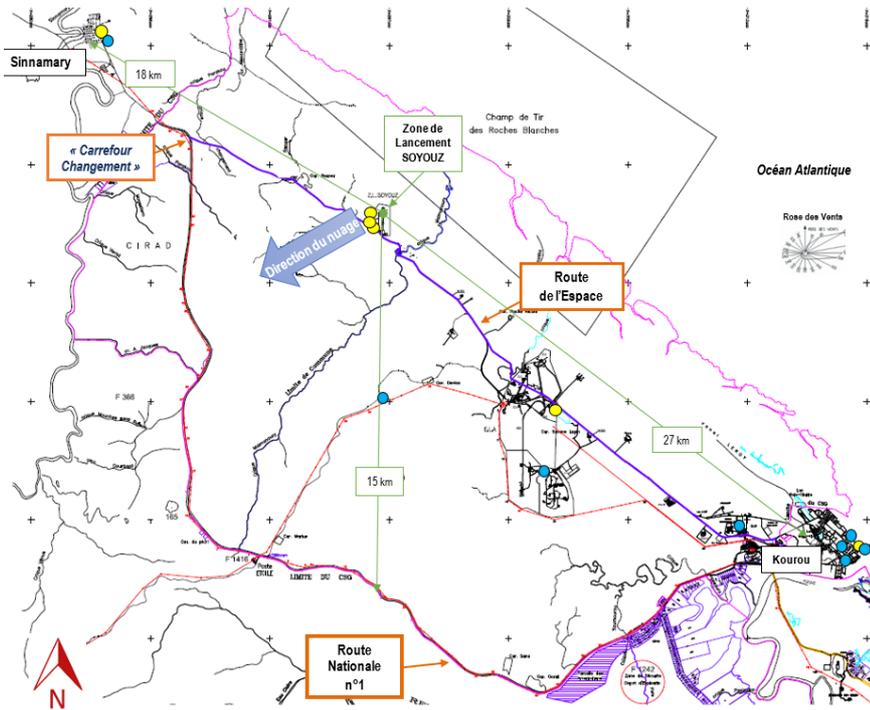


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 21

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

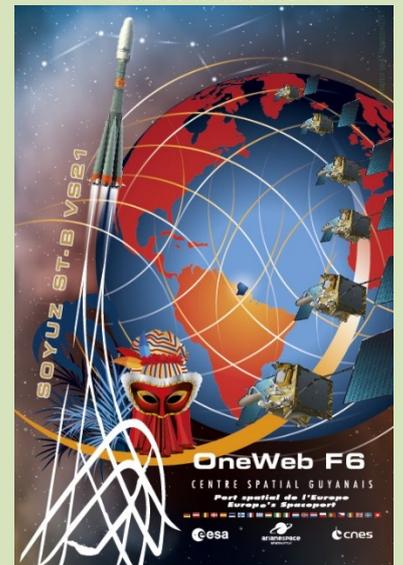
Mer
27
Fév
2019

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



Le mercredi 27 février 2019 à 18h37 (Heure locale).

Le vol S21 en bref : 6 Satellites de la constellation OneWeb F6



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 21

Teneurs maximales en oxydes de carbone, azote et soufre mesurées jusqu'à 800 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 VS21 n'est pas décelable.

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

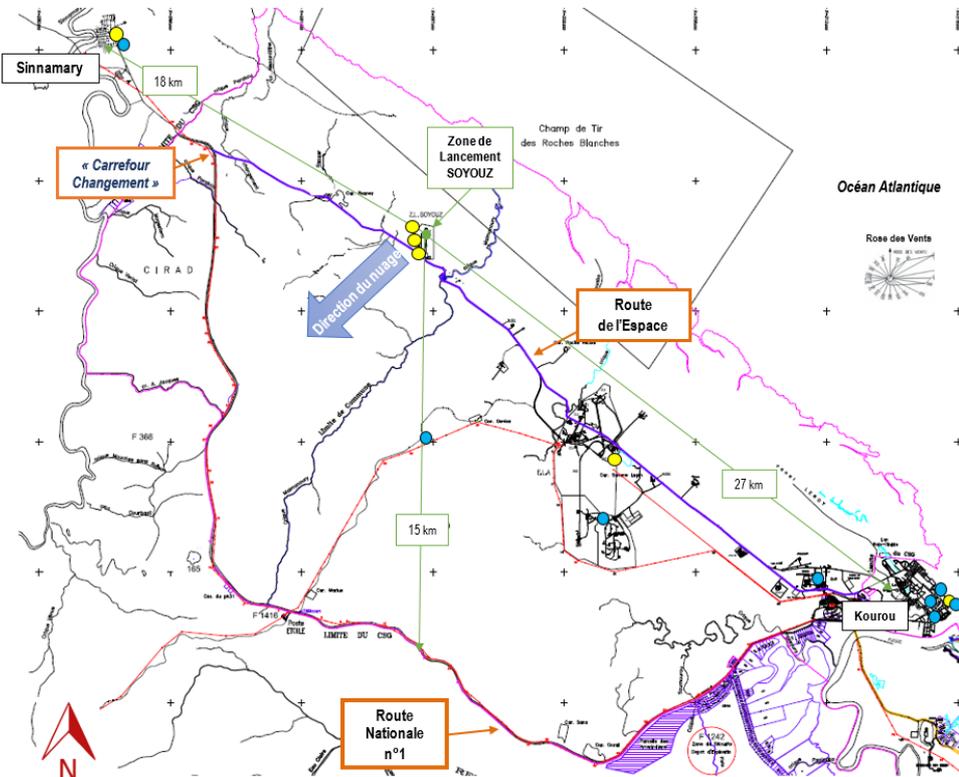


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 22

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

Jeu
04
Avr
2019

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

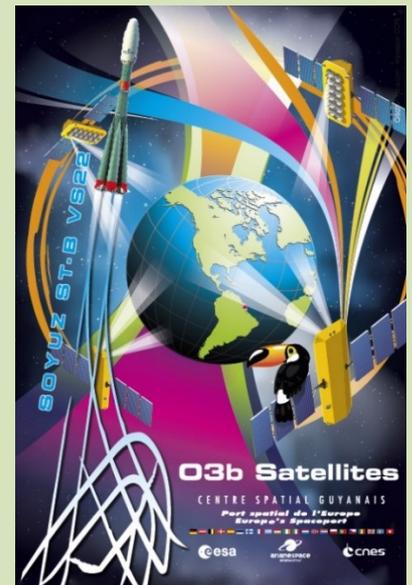


Monoxyde / Dioxyde de carbone + Oxydes de soufre et d'azote
(CO / CO₂) (SO_x, NO_x)



Le jeudi 04 avril 2019 à 14h03 (Heure locale).

Le vol S22 en bref : 4 Satellites de télécommunication de la constellation 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 22

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 VS22 n'est pas décelable.

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

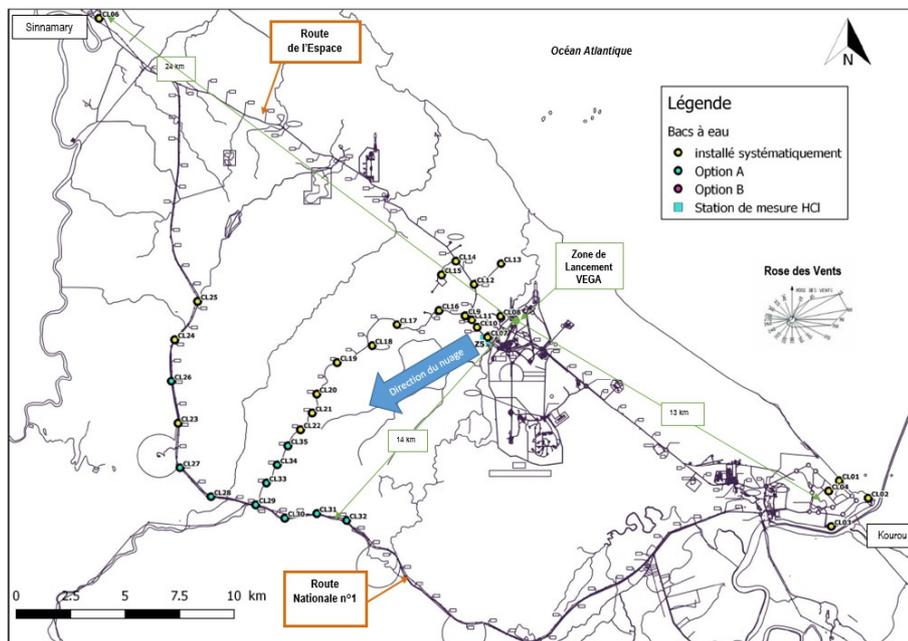




RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV14

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

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



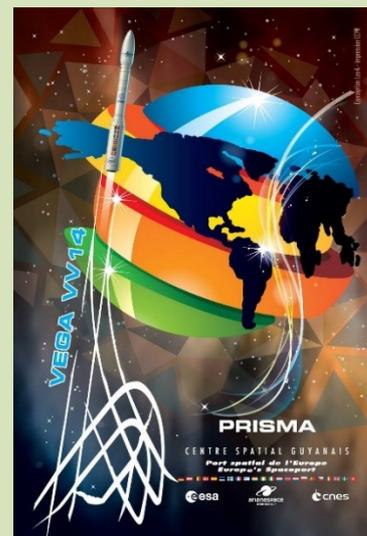
Acide chlorhydrique (HCl) + Alumine (Al₂O₃)



VEGA

Le jeudi 21 mars 2019 à 22h50 (Heure locale).

Le **vol V14** en bref : Une mission d'Observation de la Terre au profit de l'Italie **PRISMA**



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 VV14

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 45 capteurs (OPTION A « Agami ») a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf : **CSG-RP-SPX-20358-**
CNES
Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
Date : **22/09/2020**
Page : **29/120**

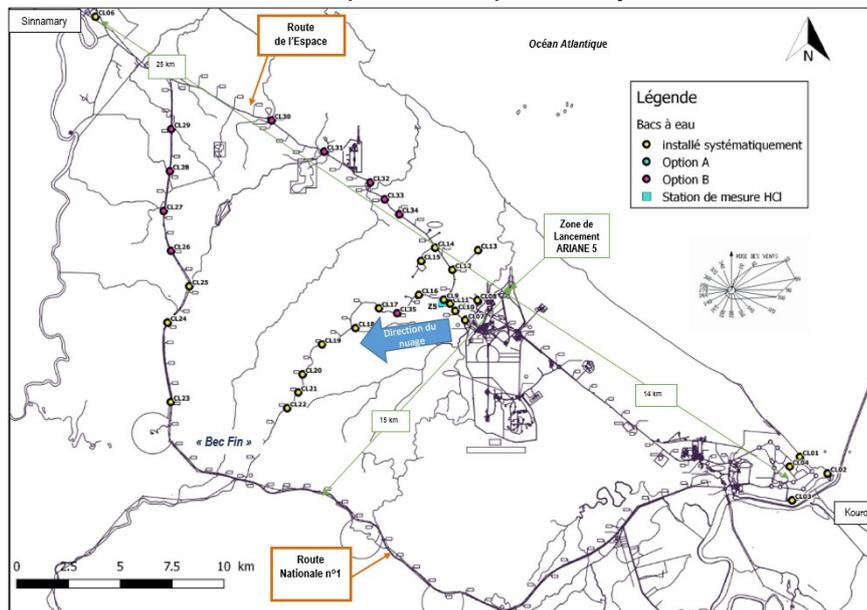


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA248

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

Jeudi
20
juin
2019

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)

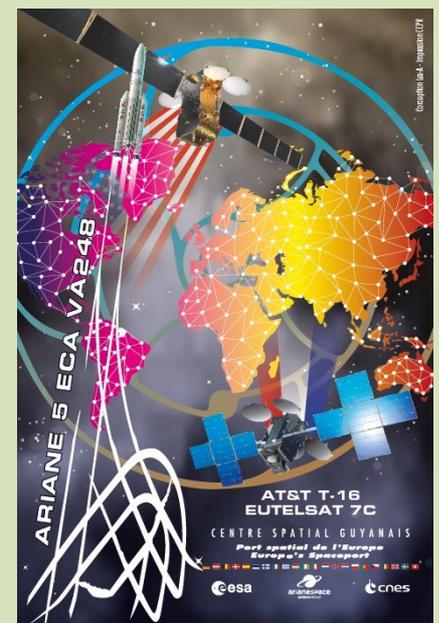
EMPLACEMENT DES CAPTEURS	DETAILS DE L'INSTRUMENTATION	
10 sites en champ proche (Zone de Lancement)	10 bacs à eau	● ●
	2 analyseurs mobiles	■ ■
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	35 bacs à eau	● ●
	1 analyseur mobile	■ ■
Réseau CODEX (Kourou / Sinnamary/ CSG)	24 analyseurs fixes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



Ariane 5 version ECA
Le jeudi 20 juin 2019 à 18h43 (Heure locale).

Le vol 248 en bref :

2 satellites de télécommunications
AT&T T-16 et EUTELSAT 7C



CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 248

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 500 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 (OPTION B « Route de l'Espace ») a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr



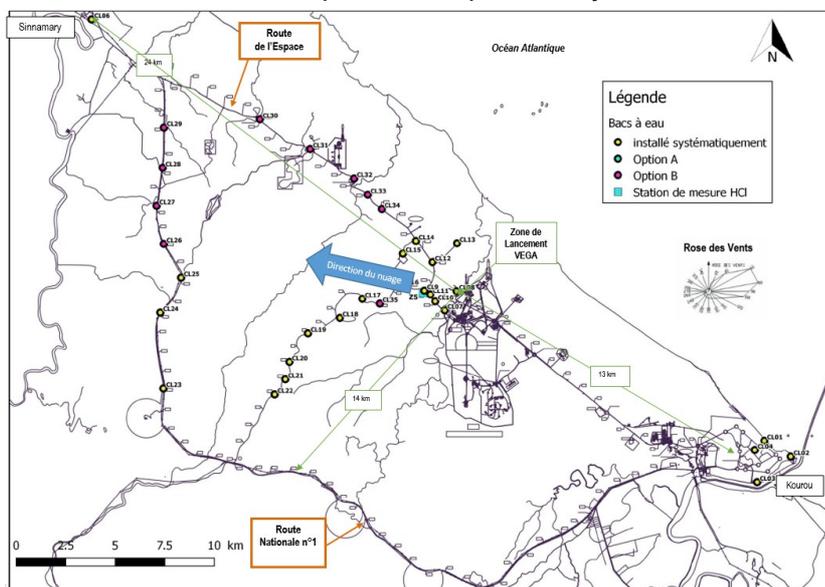


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL VEGA VV15

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. 10 juillet 2019

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 10 juillet 2019 à 22h53 (Heure locale).

Le vol V15 en bref :

Une mission d'observation de la terre pour les Emirats Arabes Unis : **FalconEye1**

Echec de la mission après 130s de vol.



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 (<i>Institut Pasteur de Guyane</i>)		
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu		
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique		

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VV15

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 »)

L'échec de la mission, 2 minutes après le décollage, n'a pas eu d'impact sur les retombées atmosphériques dans notre zone d'intérêt.

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr



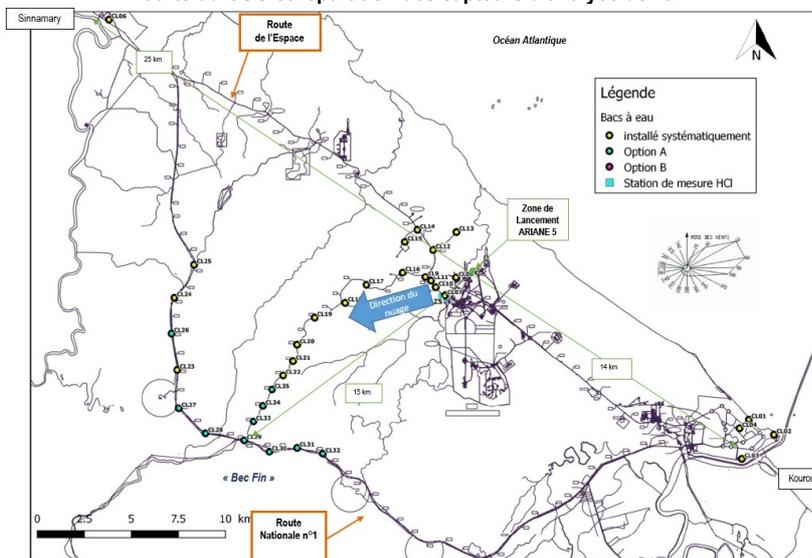
RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL ARIANE 5 VA250

Réf : CG/SDP/ES/2020/n°280

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

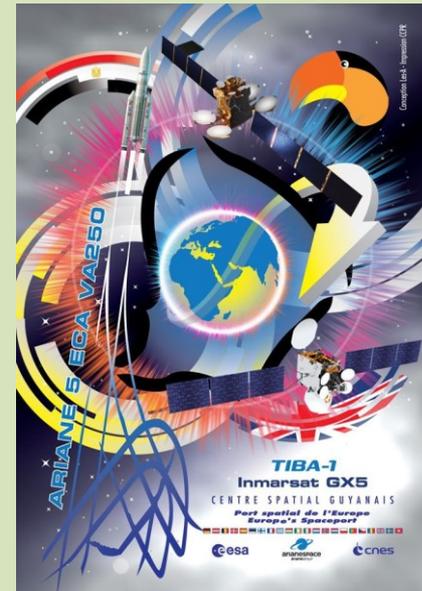
Mar
26
Nov.
2019

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

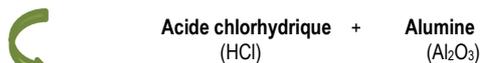


Ariane 5 version ECA
Le mardi 26 novembre 2019 à 18h23 (Heure locale).

Le vol 250 en bref : Deux satellites en orbite géostationnaire ; TIBA-1: Satellite Egyptien de Communications Militaires & Inmarsat GX5 : Satellite de télécommunications



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)	15 bacs à eau	● ●
	2 analyseurs mobiles	■ ■
35 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary / RN1 / CSG)	40 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 et Calcium / Magnesium / Potassium / Sodium (Institut Pasteur de Guyane)	
Analyseurs mobiles	Acide chlorhydrique en continu	
Analyseurs fixes	Acide chlorhydrique	

CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VA 250

Teneurs maximales en acide chlorhydrique et en alumine mesurées jusqu'à 500 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 (OPTION A « AGAMI ») a bien été exposé aux retombées du nuage de combustion

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr



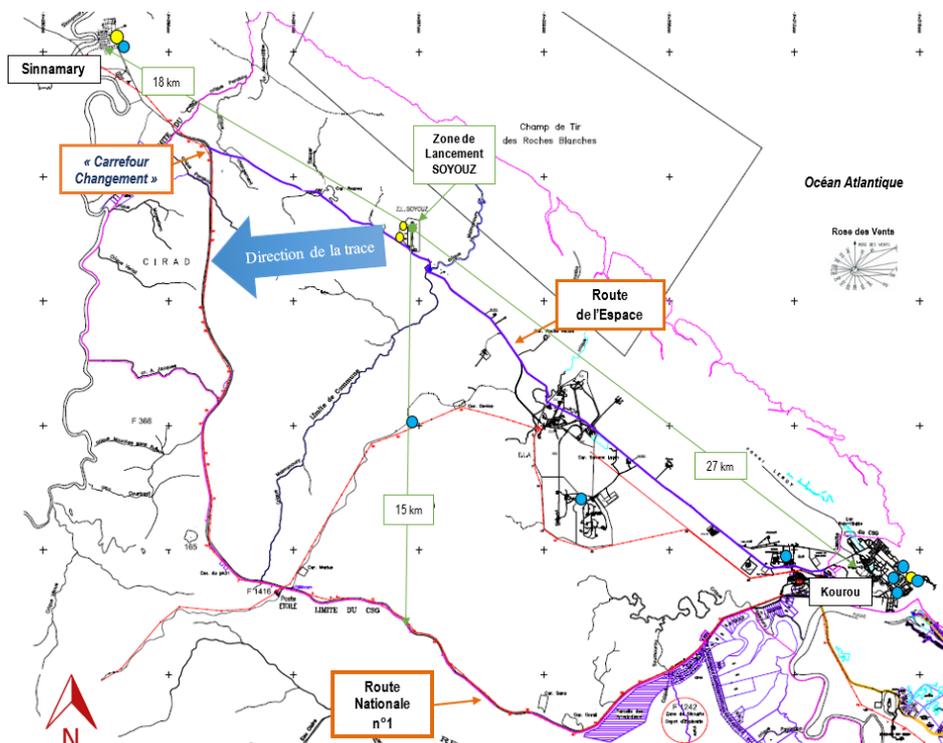


RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 23

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. **18** déc. 2019

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



Soyuz VS23

Le mercredi 18 décembre 2019 à 05h54 (Heure locale).

Le vol S23 en bref : 5 satellites de recherche scientifique ou technologique.

COSMO-SKYMED Second generation CHEOPS

ANGELS / Eye-Sat / OPS-SAT



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	
2 sites en champ proche (en Zone de Lancement)	16 analyseurs	●
2 sites en champ lointain (Kourou / Sinnamary)	16 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 23

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 VS23 n'est pas décelable.

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

Une question ?

environnement-csg@cnes.fr

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 34/120</p>
---	--	--

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]** et **[DR04]** sont les suivants :

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

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

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

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 35/120</p>
---	---	--

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 36/120</p>
---	---	--

3.3. Les conditions météorologiques

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

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

- Les résultats de simulation obtenus à partir des données météorologiques prévisionnelles (CEP ou ARPEGE) ont permis de choisir l'option de pose des capteurs,
- Les résultats de simulation obtenus à partir du radiosondage effectué en chronologie positive (hauteur de stabilisation, déplacement du nuage, etc.) pourront être corrélés aux valeurs de terrain (présentées aux **paragraphes 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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 38/120
--	--	--

Le positionnement de ces instruments est posé en accord avec l'orientation pressentie par la modélisation issue du logiciel SARRIM [DR05]. Il 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.

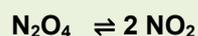
3.5. Mesures en continu des retombées chimiques gazeuses en acide chlorhydrique

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 39/120

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).

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 40/120</p>
---	---	---

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

En 2019, le CSG a opéré quatre lancements Ariane 5 en heure locale :

❖	VA247	le 05/02/2019	à 18H01
❖	VA248	le 20/06/2019	à 18H37
❖	VA249	le 06/08/2019	à 16H30
❖	VA250	le 26/11/2019	à 18H09

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 DR14] 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 2019. Un tableau récapitulatif est présenté en **Annexe 5** du présent document.

Pour l'ensemble des lancements réalisés en 2019, l'analyse des simulations a montré un écart inférieur à 20° pour tous les 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 prévisions CEP/ARPEGE

VOL	DIRECTION BASSES COUCHES		OPTION DE POSE RETENUE
	(°)	VERS...	
VA247	60	Bec Fin	A « AGAMI »
VA248	85	Agami	B « ROUTE DE L'ESPACE »
VA249	103	Diane	B « ROUTE DE L'ESPACE »
VA250	88	Agami	A « AGAMI »

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 42/120

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)
VA247	1,5	10,8
VA248	2,4	12,2
VA249	1,7	8,5
VA250	1,6	9,4

Les concentrations en acide chlorhydrique restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition égale à 5 ppm) sur l'ensemble des vols. Pour l'alumine, les résultats de la simulation indiquent des concentrations comparables 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 séparées de cent mètres en altitude.

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.

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

VOL	2019		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
VA247	05	Février	54	Agami	1,3	8,8
VA248	20	Juin	79	Agami	2,0	8,5

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS		Réf : CSG-RP-SPX-20358-
			CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 43/120

VA249	06	Aout	89	Agami	0,9	5,1
VA250	26	Novembre	73	Agami	25,2	127,2

Pour l'année 2019, la direction prise par le nuage de combustion est directement liée aux conditions météorologiques du moment, et non pas aux grandes saisons. En effet, on constate que la direction géographique prise par le nuage de combustion n'est absolument pas en lien avec le mois de l'année du lancement.

Il est important de noter que les concentrations en **acide chlorhydrique** restent en dessous de la VLE (Valeur Limite d'Exposition) de 5 ppm pour l'acide chlorhydrique, sauf pour VA250, pour laquelle la concentration simulée a atteint 25.2ppm à la limite entre le champ proche et le champ lointain. Cette valeur reste inférieure 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. Or, pour le vol VA250, la valeur maximale simulée grâce au radiosondage de chronologie positive est de 127.7 mg/m³. Cette valeur est mesurée à l'intérieur du centre spatial, à la limite entre le champ proche et la champ lointain. 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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 44/120
		CNES

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 2019

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
A247		PREVISION METEOROLOGIQUE 1C060219.TXT DU 06/02/10 À 00H00 TU	RADIOSONDAGE CP 5R050219.TXT DU 05/02/19 À 21H25 TU
A247	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1076	975
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	60	54
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,5	1,3
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	10,8	8,8
A248		PREVISION METEOROLOGIQUE 1C200619.TXT DU 20/06/19 À 21H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R200619.TXT DU 20/06/19 À 22H00 TU
A248	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1039	1234
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	85	79
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,4	2,0
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	12,2	8,5
A249		PREVISION METEOROLOGIQUE 4C060819.TXT DU 06/08/19 À 21H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R060819.TXT DU 06/08/19 À 19H51 TU
A249	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1234	1347
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	103	89
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,7	0,9
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	8,5	5,1
A250		PREVISION METEOROLOGIQUE 1C211119.TXT DU 21/11/18 À 21H00 TU	RADIOSONDAGE CP 4R261119.TXT DU 26/11/19 À 21H50 TU
A250	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1025	1086
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	88	73
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	1,6	25,2
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m³)	9,4	127,7

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 45/120</p>
---	---	--

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 un écart moyen inférieur à 20° pour tous les vols, ne remettant pas en cause l'option de pose choisie pour les bacs à eau.

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

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

Malgré les écarts observés entre les valeurs de concentration et de direction sur les deux modélisations, les capteurs environnement ont correctement été implantés au cours de l'année 2019. Ces derniers ont été soumis aux retombées provenant du nuage de combustion du lanceur Ariane 5.

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

Sur l'ensemble des systèmes détecteurs du réseau de **Collecte de Données Environnement eXtérieur** du CSG (**CODEX**), composé de vingt-quatre (24) systèmes CODEX détecteurs fixes et 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 2019

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 46/120

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
VA247	ND	ND	ND
VA248	ND	ND	ND
VA249	15 ppm	ND	ND
VA250	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 2019 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 carneaux 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 2019.

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 14]**.

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

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

- VA247 : 9,4 mm
- VA248 : 44,2 mm
- VA249 : 16,3 mm
- VA250 : 25,6 mm

Néanmoins depuis 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 47/120

Il est à noter que pour VA247, le bac CL12, situé PK17,7 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA (Embranchement Ancienne RN1), à 2,6km de la Zone de Lancement d'Ariane, a été retrouvé renversé.

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 2019.

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

	Vol	A247	A248	A249	A250
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	479	172	152	188
	Distance de la ZL3 (m)	362	277	445	445
	Localisation	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49	CP04 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 47 et 48	CP04 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 47 et 48
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	1,7	2,3	4,2	0,9
	Distance de la ZL3 (m)	16268	15222	17852	16283
	Localisation	CL01 Kourou – Station Météo Isabelle	CL25 Sur RN1 direction Sinnamary 12 km après carrefour piste Agami soit PK 97,1 de la RN1	CL02 Kourou - Hôtel Les Roches	CL24 Sur RN1 direction Sinnamary 10 km après carrefour piste Agami soit PK 95,1 de la RN1

Remarques :

- Les concentrations en aluminium particulaire les plus importantes en **champ proche**, ont été quantifiées sur le chemin de ronde de la zone de lancement n°4, à savoir jusqu'à une distance d'environ 450 mètres.
- En **champ lointain**, les concentrations en alumine particulaire restent faibles. La localisation du maximum atteint en champ lointain n'est pas forcément imputable au passage du nuage, celui-ci étant sous le vent du jour (confer le *Tableau 9*). L'environnement Guyanais étant particulièrement riche en alumine, celui-ci se retrouve parfois dans les concentrations mesurées dans les collecteurs. On retiendra dans tous les cas que les valeurs mesurées *hors* CSG sont négligeables puisque assimilables au bruit de fond naturel.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 48/120

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 2019.

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

	Vol	A247	A248	A249	A250
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m ²)	6895	6091	4219	12403
	Distance de la ZL3 (m)	362	277	445	277
	Localisation	CP01 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 49 et 50	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49	CP04 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 47 et 48	CP03 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 49
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m ²)	277,8	81,9	809,4	100,9
	Distance de la ZL3 (m)	11129	6154	4006	16283
	Localisation	CL21 Piste Agami - PK11 après portail	CL17 Piste Agami - PK4 après portail	CL14 PK 16,15 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA Embranchement Diane	CL24 Sur RN1 direction Sinnamary 10 km après carrefour piste Agami soit PK 95,1 de la 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.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 49/120</p>
---	---	--

- 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.
- Le maximum mesuré en champ lointain est réalisé pour le vol A249, PK 16,15 depuis Changement sur RTE ESPACE direction ELA Embranchement Diane. Ce secteur, situé à une distance de 4km de la zone de lancement, est au cœur du CSG et a effectivement été couvert par le nuage de combustion.

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.

4.6. Conclusions Générales sur le Suivi de l'Impact sur l'Environnement des lancements Ariane 5 en 2019

Les mesures réalisées pour les vols Ariane 247 à 250 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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 50/120

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

En 2019, le CSG a opéré deux lancements Vega (en heure locale) :

❖	Vol V14	le 21/03/2019	à 22H50
❖	Vol V15	le 10/07/2019	à 22H53

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 **[DR17 à 20]** 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...	
V14	69	Agami	A « AGAMI »
V15	116	Diane	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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 51/120

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)
V14	2,0	9,1
V15	2,2	9,9

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

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

VOL	2019		DIRECTION DE PROVENANCE DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES	
	Jour	Mois	Basses couches	Vers	HCl (ppm)	Alumine (mg/m ³)
V14	21	mars	40	Entre BEAP et Bec Fin	1,1	5,2
V15	10	Juillet	118	Entre Diane et Soyouz	1,5	6,1

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 52/120
		CNES

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 2019

VOLS	DONNES METEOROLOGIQUES	PREVISION METEOROLOGIQUE	RADIOSONDAGE CP
V14		PREVISION METEOROLOGIQUE 3C220319.TXT DU 22/03/19 À 03H00 TU	RADIOSONDAGE CP 1R220319.TXT DU 22/03/19 À 02H07 TU
V14	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	720	690
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	69	40
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,0	1,1
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	9,1	5,2
V15		PREVISION METEOROLOGIQUE 3C110719.TXT DU 11/07/19 À 03H00 TU	RADIOSONDAGE CP 1R110719.TXT DU 11/07/19 À 02H19 TU
V15	HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	613	584
	BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
	- Direction moyenne des vents (°)	116	118
	- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	2,2	1,5
	- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	9,9	6,1

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 53/120
--	--	---

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 2019.

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 2019

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)
V14	ND	ND	ND
V15	ND	ND	ND

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 54/120

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

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

Le process de lancement de VEGA diffère de celui du lanceur ARIANE 5. En effet, il n'existe pas de déluge d'eau lors du décollage, à l'inverse d'ARIANE 5. Par conséquent, la dynamique du nuage de combustion est modifiée. Le nuage s'élève dans l'atmosphère chargé en produits de combustion (identiques à ceux d'AR5, mais en quantité cinq 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.

Pour VV14, pas de précipitations n'ont été relevées. Des précipitations très faibles, de 1,6 mm, ont été relevés pour le vol VV15.

Néanmoins depuis 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	V14	V15
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	3,8	Pour VV15, les concentrations calculées dans les volumes d'eau recueillis en champs proche ont toutes été inférieures à la limite de détection
	Distance de la ZLV (m)	503	
	Localisation	CP01 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 47	
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	3,4	0,3
	Distance de la ZLV (m)	1127	2344
	Localisation	CL08 Parking ancienne RN1	CL13 Chemin menant à la carrière Roche Nicole

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 55/120

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.

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	V14	V15
CHAMP PROCHE	C_{max} (mg/m²)	218	9,5
	Distance de la ZLV (m)	301	503
	Localisation	CP02 Chemin de ronde ZL3 – Intersection entre zone 48 et 47	CP01 Chemin de ronde ZL3 - Intersection entre zone 48 et 47
CHAMP LOINTAIN	C_{max} (mg/m²)	98,1	14,5
	Distance de la ZLV (m)	12039	18273
	Localisation	CL35 Piste Agami – 13 km après le portail Agami	CL02 Kourou – Hôtel des Roches

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 VV15 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 VV14, les concentrations maximales ont été mesurées à l'intérieur du CSG, sur la piste Agami. Cela est bien attribuable aux retombées chimiques gazeuses et particulaires du tir, puisque le capteur est situé sous le vent du nuage.

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 56/120</p>
---	--	---

5.5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulaires

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2019 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 2019

Les mesures réalisées pour les vols VEGA de l'année 2019 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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 57/120
--	--	--

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...).

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 58/120</p>
---	---	---

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

En 2019, le CSG a opéré un nombre de trois lancements Soyouz répartis de la façon suivante au cours de l'année (en heure locale) :

❖	Vol S21 :	le 27/02/2019	à 18H01
❖	Vol S22 :	le 04/04/2019	à 13H30
❖	Vol S23 :	le 18/12/2019	à 05H54

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 seront présentés dans ce document. Les fiches et les rapports de résultat sont consultables en [DR21 à 23].

7.1. Objectifs des mesures

Les mesures ont pour objectif d'évaluer les retombées chimiques et particulaires issues de la combustion du kérosène et de l'oxygène liquide (LOx) contenus dans les 4 blocs moteur (1^{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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 59/120
		CNES

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 48 capteurs.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 60/120

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 1^{er} (blocs latéraux) et 2nd (bloc A) étage de Soyouz au sol, réalisées pour chaque lancement au moyen du code de calcul SARRIM, sont basées sur les données issues de radiosondages en chronologie positive (RS CP).

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

Tableau 22: Tableau récapitulatif des directions calculées par SARRIM au moyen des radiosondages

VOL	2019		DIRECTION DES VENTS (°)		CONCENTRATIONS MAXIMALES			
					Champ proche (à 200 m ZLS)		Champ lointain (en dehors du CSG)	
	Jour	Mois	Provenance Basses couches	Vers	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
VS21	27	Février	64	PR100 sur RN1	7 158	4918	< 0,01	< 0,01
VS22	04	Avril	60	PR97 sur RN1	5550	8077	0,24	0,34
VS23	18	Décembre	79	PR102 sur RN1	1611	2346	0,20	0,29

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 61/120

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 réglementaires 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 [DR32 et DR33].

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) [DR27].

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 2019, 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 2019, 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**).

7.5. Mesures en continu des retombées chimiques et particulières

7.5.1. Objectifs des mesures

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

7.5.2. Les shelters « Environnement SA »

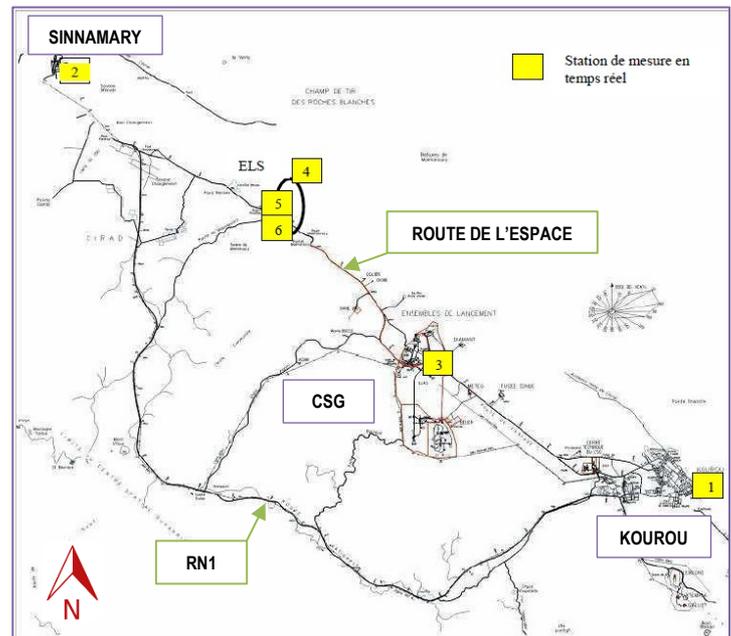
Les six shelters de la marque ENVIRONNEMENT SA sont positionnés de manière fixe sur le territoire du CSG dont l'ensemble de lancement Soyouz ainsi qu'au carrefour RENNER, mais aussi dans les villes de Kourou et Sinnamary.

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 2019.

Il récapitule ainsi les mesures :

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



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

7.5.3. Résultats des shelters ENVIRONNEMENT SA

Le tableau ci-après présente les moyennes calculées sur les 2h suivant le lancement à partir des valeurs acquises toutes les 15 minutes par chaque analyseur. Ces mesures ont été comparées aux mesures effectuées les 2h précédant le lancement afin de détecter d'éventuelles variations liées au lancement.

Ces variations temporelles par rapport à la valeur moyenne de la date du lancement sont reportées en couleur dans le tableau ci-dessous :

- une case en rouge correspond à une augmentation de la concentration mesurée dans les 2h après le lancement (rouge pâle : 10% d'augmentation, rouge moyen : 40% d'augmentation, rouge foncé : 70% d'augmentation)
- une case en vert correspond à une diminution de la concentration mesurée dans les 2h après le lancement. (vert pâle : 10% de diminution, vert moyen : 40% de diminution, vert foncé : 70% de diminution)
- une case en gris correspond à une concentration mesurée dans les 2h après le lancement égale à la concentration mesurée dans les 2h précédant le lancement.

Ainsi, si un shelter mesure le passage de la trace de combustion, on s'attend à voir des valeurs en rouge pour plusieurs paramètres mesurés dans les deux heures après le lancement, simultanément à des valeurs élevées. Ces résultats, présentés ici via des tableaux et un code couleur, sont confirmés par une inspection visuelle des courbes d'évolution temporelle des concentrations pour chaque lancement et chaque paramètre suivi.

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

Tableau 24 : Ensemble des résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA – 2019, entre H0 et H0+2h, pour les vols VS21, VS22, VS23.

VS21 27/02/2019 à 6h01 (heure locale)		SHELTER 1		SHELTER 2		SHELTER 4		SHELTER 5		SHELTER 6	
		KRU		SIN		ZLS - LANCEMENT		ELS - DEPOTAGE		ELS- STOCKAGE	
		H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h
SO2	µg/m3	12,00	9,33	8,4	10,56	23,2	16,00	25,3	19,78	20,8	20,56
N02	µg/m3	13,1	12,00	11,9	13,00	HS	HS	18,2	20,33	28,3	29,56
CO	mg/m3	0,4	0,46	HS	HS	HS	HS	HS	HS	0,2	0,13
CO2	mg/m3	772,5	768,1	HS	HS	HS	HS	HS	HS	733,3	744,6
O3	µg/m3	17,4	18,00	5,8	5,78	5,9	5,11	3,1	2,89	1,9	1,78
HCT	mg/m3	0,6	0,60	0,3	0,33	0,8	0,80	0,3	0,00	0,7	0,70
PM10	µg/m3	27,1	22,12	47,0	41,44	HS	HS	58,9	86,81	49,1	33,56
PM2,5	µg/m3	17,43	15,73	65,2	68,00	HS	HS	29,1	31,12	34,6	22,80

VS22 04/04/2019 à 13h30 (heure locale)		SHELTER 1		SHELTER 2		SHELTER 4		SHELTER 5		SHELTER 6	
		KRU		SIN		ZLS - LANCEMENT		ELS - DEPOTAGE		ELS- STOCKAGE	
		H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h
SO2	µg/m3	12,44	12,11	15,22	14,00	15,56	28,44	15,56	15,44	22,33	24,00
N02	µg/m3	16,56	14,78	23,11	18,56	HS	HS	25,56	25,22	37,89	36,78

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 64/120

CO	mg/m3	0,19	0,20	0,20	0,16	HS	HS	HS	HS	0,51	0,50
CO2	mg/m3	742,12	741,41	703,91	710,32	HS	HS	HS	HS	726,83	728,98
O3	µg/m3	3,44	2,56	8,11	7,44	10,44	8,67	3,33	4,00	1,33	1,56
HCT	mg/m3	0,70	0,70	0,39	0,31	0,80	0,89	0,99	0,49	0,69	0,62
PM10	µg/m3	11,22	14,91	13,04	8,77	HS	HS	32,78	24,69	13,18	8,38
PM2,5	µg/m3	0,12	0,47	21,23	12,68	HS	HS	2,26	1,94	4,49	3,30

VS23 18/12/2019 à 5h54 (heure locale)		SHELTER 1		SHELTER 2		SHELTER 4		SHELTER 5		SHELTER 6	
		KRU		SIN		ZLS - LANCEMENT		ELS - DEPOTAGE		ELS- STOCKAGE	
		H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h	H0-2h à H0	H0 à H0+2h
SO2	µg/m3	10,78	10,78	13,11	13,22	7,89	9,00	19,11	21,89	HS	HS
N02	µg/m3	9,89	10,00	9,33	9,22	8,67	11,11	21,00	19,33	HS	HS
CO	mg/m3	0,20	0,20	0,23	0,22	0,00	0,00	0,36	0,57	HS	HS
CO2	mg/m3	702,70	701,52	780,99	806,36	764,99	758,19	794,40	799,68	HS	HS
O3	µg/m3	24,00	26,67	2,56	1,44	2,89	3,00	2,00	2,00	HS	HS
HCT	mg/m3	0,50	0,50	0,80	0,80	0,66	0,65	0,00	0,00	HS	HS
PM10	µg/m3	HS	HS	16,54	16,52	18,32	11,31	41,52	31,27	HS	HS
PM2,5	µg/m3	HS	HS	17,22	17,17	12,68	6,77	9,68	7,74	HS	HS

Légende : Les couleurs du tableau correspondent à la différence entre les mesures réalisées entre [H0-2h ; H0] et [H0 ; H0+2h]. Vert correspond à une diminution des concentrations mesurées, rouge à une augmentation.

Sur VS23, il a été fait le choix de ne pas mettre en œuvre le shelter 6 situé en zone de stockage, afin de regrouper les capteurs fonctionnels sur les shelters 4 (en zone de lancement) et 5 en zone de dépôtage.

Même en zone de lancement (shelters 4,5 et 6), on ne voit pas d'augmentation flagrante de tous les paramètres suivis à la fois lors d'un tir, ce qui ne permet pas de conclure de façon formelle à la mesure du passage de la trace. Pour le lancement VS23, dans la colonne Shelter 5 (ELS – Dépôtage), le nombre de cases en rouge est peut-être un peu plus élevé, mais il est à noter que les deux autres shelters situés en zone de lancement (Shelter 4 et shelter 6), situés en zone de lancement et de stockage, ne semblent pas détecter de variation correspondante.

Le shelter de la ville de Kourou n'a mesuré lors des lancements que des variations faibles des concentrations, à part pour les particules fines, lors du lancement VS22. Cependant, les paramètres CO2 et CO auraient dû augmenter conjointement, si l'augmentation avait été causée par le lancement, or ils sont restés constants. Le shelter de la ville de Sinnamary a mesuré lors des lancements, tant des augmentations faibles que des diminutions faibles des concentrations, et il ne semble pas possible de conclure à une mesure du passage de la trace de combustion Soyuz. Par exemple, lors du lancement VS22, tous les paramètres sont restés constants, sauf la concentration en particules fines qui s'est améliorée.

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 :

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 65/120
--	--	--

- 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.).

Eléments 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 [DR27]

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 (SO₂)	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 (NO₂)	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 (O₃)	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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 66/120
--	--	---

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.



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 [DR28] à [DR31])

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.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 67/120</p>
---	---	--

7.5.4. Conclusion sur les résultats des Shelters ENVIRONNEMENT SA

Les analyseurs des shelters ENVIRONNEMENT SA n'ont pas été toujours fonctionnels en 2019. 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 2019, 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 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 2019

En 2019, 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 2019** sont **non quantifiables voire négligeables, et bien moins significatifs qu'une pollution due à la circulation routière** dans les villes.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 68/120</p>
---	---	---

8. LE PLAN DE MESURE ENVIRONNEMENT AU BANC D'ESSAI DES ACCELERATEURS A POUDRE (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
- ❖ P120C DM en juillet 2018

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

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 69/120</p>
---	---	--

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.

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.

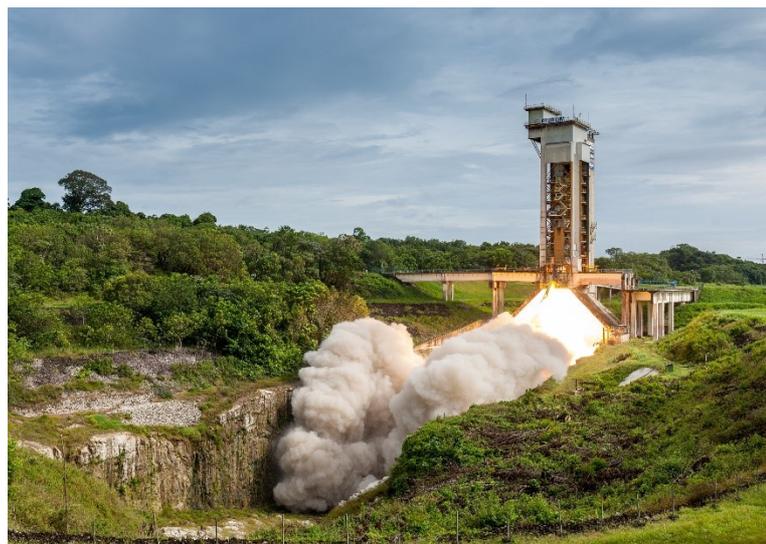
Cette démarche permettra également de réaliser une corrélation avec les résultats trouvés avec un logiciel de modélisation nommé « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM).

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

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 28 janvier 2019 à 13h00 en heure locale, au **Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP)**. Les résultats des PME de l'essai sont détaillés dans les [DR15] et [DR16] et résumés ci-dessous.



9.1. Localisation des points de mesures

Les capteurs environnement sont implantés sur le champ proche/moyen et en champ lointain ; le plan de mesures est composé d'un total de 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	

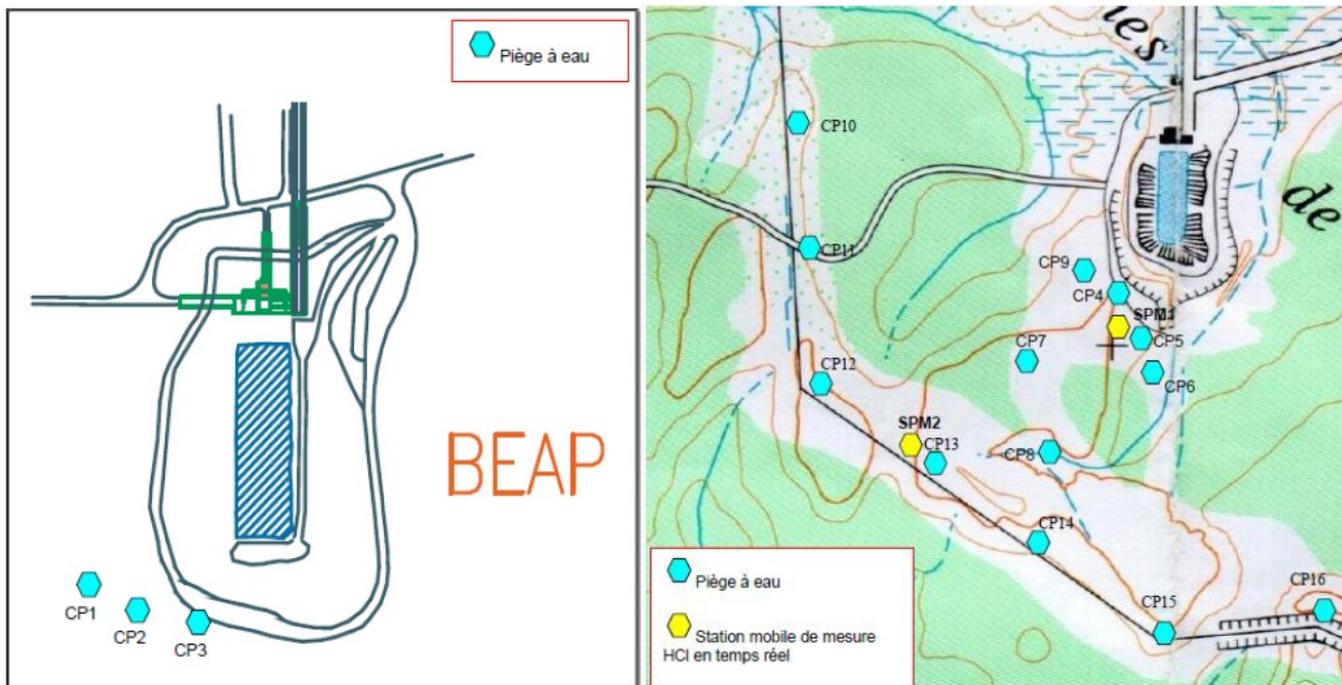


Figure 8 - Cartographie des capteurs en champ proche et moyen

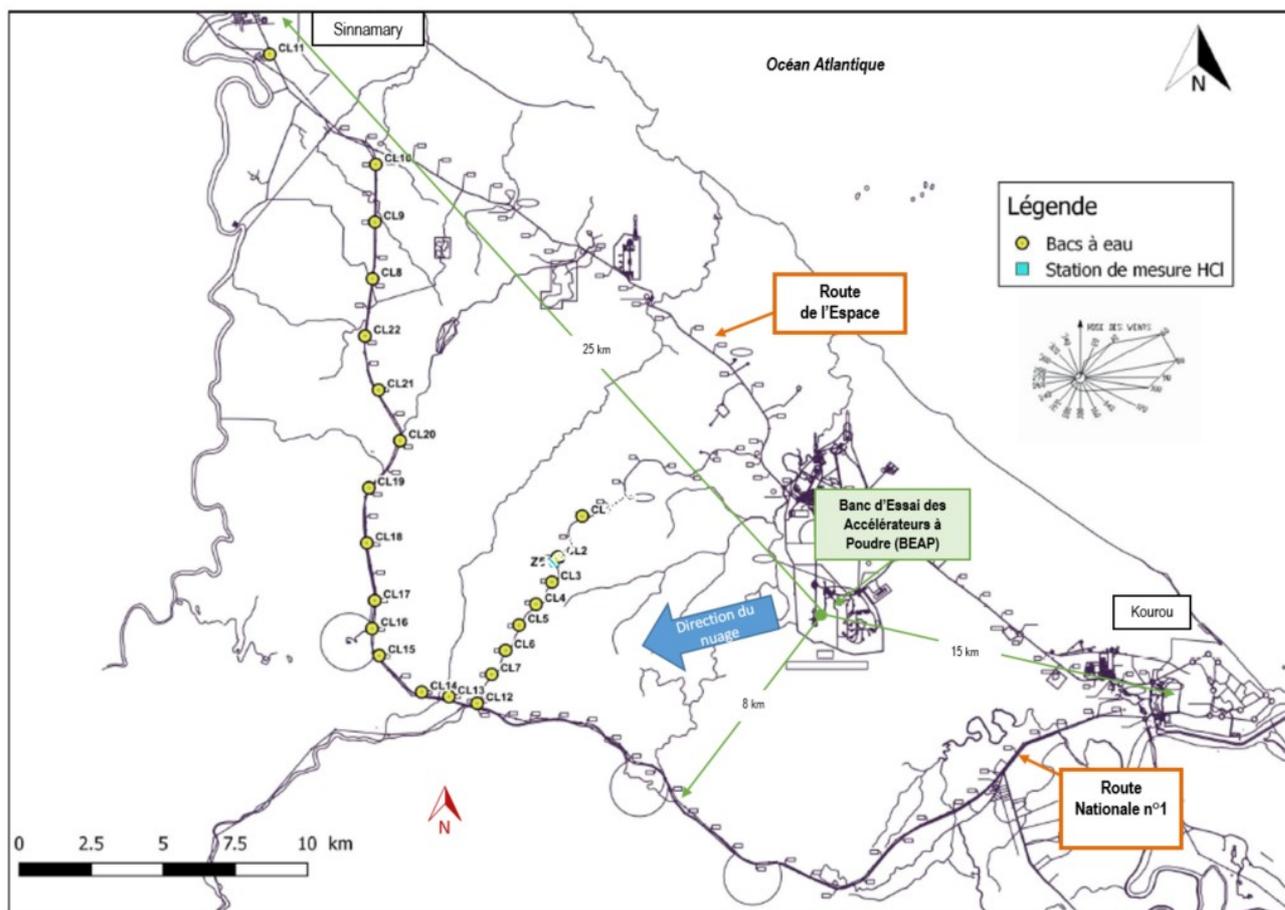


Figure 9 : Cartographie du positionnement des capteurs environnement en champ lointain

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 72/120

9.2. Simulation SARRIM issue du radiosondage 4R160718.txt

Le jour de l'essai P120 QM1, à H0 + 30 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (**référence 4R280119.txt à 13h30 locale** du 28 janvier 2019). Ce dernier donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

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 27 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R280119.txt

HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	1294
BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- DIRECTION MOYENNE DES VENTS (°)	52
⇒ LES VENTS SONT ORIENTES VERS	BEC FIN

Dans les limites du CSG soit en champ proche et moyen, les concentrations maximales en acide chlorhydrique et alumine sont simulées ; elles sont estimées respectivement de 3.8 ppm et 16.2 mg/m³.

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

9.3. 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 28 janvier 2019, 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 28 janvier 2019 à 13h30 en heure locale.

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 73/120
		CNES

Tableau 28 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du RS CP

	RADIOSONDAGE 1C280119 DU 28 JANVIER 2019 À 12H00 TU	RADIOSONDAGE 4R280119 DU 28 JANVIER 2019 À 13H30 TU
HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	637	1294
BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
- Direction moyenne des vents (°)	66	52
- Concentration maximale en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm)	35,9	3,8
- Concentration maximale en alumine particulaire en champ lointain (mg/m ³)	177,6	16,2

La comparaison des résultats de la simulation issue des données prévisionnelles CEP (**PREVI – 1C280119.txt**) et celle de la simulation réalisée à partir du radiosondage H0 + 30 min (**4R280119.txt**), met en évidence :

- que la direction prise par le nuage diffère de 15 degrés de celle simulée avec la prévision numérique
- que l'acide chlorhydrique et l'alumine sont estimés un ordre de grandeur inférieurs par le radiosondage que par la prévision numérique.

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).

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

9.4.1. Analyse des retombées en aluminium particulaire sédimentable

Tableau 29 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain

	ALUMINIUM PARTICULAIRE		
	Concentration Maximale (mg/m ²)	Point de mesure	Distance du BEAP (m)
Champ proche	4,96	CP02 Plateforme BEAP	250
Champ lointain	0,224	CL09 PK 105 sur la RN1	20 510

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 74/120

Remarques :

- Les concentrations en aluminium particulaire les plus importantes ont été quantifiées sur la plateforme du BEAP, à savoir jusqu'à une distance de 450 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. Il est à noter que le maximum en CL09 est situé à un endroit non couvert par le nuage de combustion, et donc non imputable à l'essai.

9.4.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

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

	IONS CHLORURES (MESURE POUR ACIDE CHLORHYDRIQUE)		
	Concentration Maximale (mg/m ²)	Point de mesure	Distance du BEAP (m)
Champ proche	19,04	CP02 Plateforme BEAP	250
Champ lointain	8,66	CL10 PK 107 sur la RN1	21 886

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

	PH		
	Acidité maximale (unité pH)	Point de mesure	Distance du BEAP (m)
Champ proche	3,35	CP02 Plateforme BEAP	250
Champ lointain	3,9	CL09 PK105 sur la RN1	20 510
	CONDUCTIVITE		
	Maximum (µS/cm)	Point de mesure	Distance du BEAP (m)
Champ proche	222	CP02 Plateforme BEAP	250
Champ lointain	36,0	CL10 PK107 sur la RN1	21 886

Remarques :

- En **champ proche**, les teneurs en chlorures supérieures à 8 mg/m² ont été quantifiées jusqu'à une distance de 410 mètres (point CP 08), 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.
- En **champ lointain**, les concentrations sont faibles voir inférieures aux seuils de quantification. Des concentrations en chlorures d'environ 2 mg/m² ont été mesurées sur une zone couverte par le nuage de combustion. Il est à noter que le maximum de concentration en chlorures, d'environ 10 mg/m², a été relevé sur une zones non couvertes par le nuage, notamment au point CL10 (PK

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 75/120</p>
---	--	--

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.

- 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.

9.5. 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-Sud-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...).

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.

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

9.6. 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.

9.7. 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 76/120
		CNES

Tableau 32 : 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.

Suite à la réalisation de l'essai P120C QM1, des mesures de pH et de la teneur en aluminium ont été réalisées dans le carneau (mesure du 28/01/2019) [DR16]. Les résultats des analyses sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33 : 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	2,6	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	-
Aluminium	mg/l	49,7	≤ 5	3,0

*Prélèvement réalisé le 28/01/2019 – à H0 + 2heures soit 15h30

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 18 février 2019. 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 77/120
		CNES

Tableau 34 : 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	5,66	5,5 ≤ pH ≤ 8,5	-
MEST	mg/l	4	≤ 30	< 0,36
DBO₅	mg O ₂ /l	< 3	≤ 30	< 0,78
DCO	mg O ₂ /l	35	≤ 90	5,25
AZOTE TOTAL	mg/l	1,28	≤ 10	0,28
HYDROCARBURES TOTAUX	mg/l	< 0,10	< 5	< 0,01
HUILES ET GRAISSES	mg/l	< 10,0	< 20	< 2
ALUMINIUM	mg/l	0,274	≤ 5	0,016

**Prélèvement réalisé le 18/02/2019 à 14h30

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

L'essai de mise à feu du P120C « Qualification Model », réalisé le 28 janvier 2019 au BEAP, s'inscrit dans le cadre du programme commun de moteur à propulsion solide entre VEGA-C et ARIANE 6. Cet évènement continue au CSG une série de plusieurs essais visant à qualifier le process de propulsion des futurs lanceurs.

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.

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).

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 78/120</p>
---	--	--

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 « QM1 » 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.

Nota : les résultats annuels de la surveillance de la qualité des eaux souterraines via le réseau de piézomètres du BEAP, ont été communiqués à la DGTM via le rapport complémentaire à la déclaration réglementaire annuelle (GEREP). Ces mesures se font sur une fréquence régulière annuelle et ne sont pas liées à un essai, aussi les résultats, (qui montrent une bonne qualité de l'eau), ne sont pas présentés dans ce rapport.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG–RP–SPX–20358–CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 79/120
--	--	--

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
Faune terrestre	Etude de la grande faune sur le territoire du CSG
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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 80/120
--	--	--

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 2019, 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 250 (VA250) et VEGA vol 14 (VV14).

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, soit 24 prélèvements d'eau.

10.2.1. Résultats des mesures

Deux campagnes d'analyse ont été réalisées au CSG en 2019, à l'occasion d'un lancement Ariane 5 VA250 en saison sèche, et du lancement VEGA VV14 en fin de saison des pluies.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses effectués en saison des pluies à l'occasion du vol VV14. Cf [DR17]

Identifiant de l'échantillon	Date et heure de prélèvement	pH		Conductivité		Ions chlorures		Ions Sodium		Aluminium total	
		Echantillon -	Incertitude -	Echantillon $\mu\text{S/cm}$	Incertitude $\mu\text{S/cm}$	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon $\mu\text{g/L}$	Incertitude $\mu\text{g/L}$
K 01	21/3/19 11:33	6,2	0,19	35	0,7	7,71	0,54	4,302	0,22	83	21,58
K 02	21/3/19 17:33	6,05	0,18	34	0,68	7,65	0,54	4,318	0,22	79	20,54
K 03	21/3/19 23:33	6,05	0,18	33	0,66	7,74	0,54	4,256	0,21	82	21,32
K 04	22/3/19 5:33	6,05	0,18	34	0,68	7,71	0,54	4,324	0,22	83	21,58
K 05	22/3/19 11:33	5,95	0,18	32	0,64	7,78	0,54	4,279	0,21	85	22,1
K 06	22/3/19 17:33	6,05	0,18	33	0,66	7,81	0,55	4,284	0,21	85	22,1
K 07	22/3/19 23:33	6,05	0,18	33	0,66	7,84	0,55	4,334	0,22	94	24,44
K 08	23/3/19 5:33	5,95	0,18	34	0,68	7,84	0,55	4,288	0,21	83	21,58
K 09	23/3/19 11:33	6	0,18	33	0,66	7,63	0,53	4,348	0,22	87	22,62
K 10	23/3/19 17:33	5,95	0,18	34	0,68	7,67	0,54	4,265	0,21	86	22,36
K 11	23/3/19 23:33	6	0,18	33	0,66	7,68	0,54	4,3	0,22	84	21,84
K 12	24/3/19 5:33	6	0,18	33	0,66	7,76	0,54	4,298	0,21	82	21,32
K 13	24/3/19 11:33	6	0,18	33	0,66	7,62	0,53	4,273	0,21	88	22,88
K 14	24/3/19 17:33	6	0,18	34	0,68	7,79	0,55	4,314	0,22	90	23,4
K 15	24/3/19 23:33	5,85	0,18	34	0,68	7,84	0,55	4,331	0,22	86	22,36
K 16	25/3/19 5:33	6	0,18	34	0,68	7,71	0,54	4,295	0,21	97	25,22
K 17	25/3/19 11:33	5,9	0,18	34	0,68	7,78	0,54	4,34	0,22	92	23,92
K 18	25/3/19 17:33	5,85	0,18	34	0,68	7,77	0,54	4,315	0,22	95	24,7
K 19	25/3/19 23:33	5,85	0,18	33	0,66	7,88	0,55	4,262	0,21	92	23,92
K 20	26/3/19 5:33	5,9	0,18	34	0,68	7,86	0,55	4,325	0,22	88	22,88
K 21	26/3/19 11:33	5,75	0,17	34	0,68	7,83	0,55	4,335	0,22	93	24,18
K 22	26/3/19 17:33	5,8	0,17	33	0,66	7,86	0,55	4,352	0,22	95	24,7
K 23	26/3/19 23:33	5,75	0,17	33	0,66	7,82	0,55	4,325	0,22	100	26
K 24	27/3/19 5:33	5,7	0,17	33	0,66	7,78	0,54	4,29	0,21	102	26,52

Tableau 35 : Suivi de la Karouabo en saison des pluies 2019

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses effectués en saison sèche à l'occasion du vol VA250. Cf [DR13]

Identifiant de l'échantillon	Date et heure de prélèvement	pH		Conductivité		Ions chlorures		Ions Sodium		Aluminium total	
		Echantillon -	Incertitude -	Echantillon $\mu\text{S/cm}$	Incertitude $\mu\text{S/cm}$	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon mg/L	Incertitude mg/L	Echantillon $\mu\text{g/L}$	Incertitude $\mu\text{g/L}$
K 01	25/11/19 10:30	6,8	0,20	33	0,66	7,61	0,53	4,457	0,22	50	13
K 02	25/11/19 16:30	6,65	0,20	33	0,66	7,48	0,52	4,385	0,22	33	8,58
K 03	25/11/19 22:30	6,5	0,20	32	0,64	7,57	0,53	4,424	0,22	34	8,84
K 04	26/11/19 4:30	6,55	0,20	33	0,66	7,64	0,53	4,669	0,23	28	7,28
K 05	26/11/19 10:30	6,3	0,19	33	0,66	7,48	0,52	4,423	0,22	41	10,66
K 06	26/11/19 16:30	6,4	0,19	33	0,66	7,53	0,53	4,436	0,22	32	8,32
K 07	26/11/19 22:30	6,4	0,19	32	0,64	7,52	0,53	4,425	0,22	31	8,06
K 08	27/11/19 4:30	6,45	0,19	33	0,66	7,65	0,54	4,427	0,22	33	8,58
K 09	27/11/19 10:30	6,4	0,19	33	0,66	7,57	0,53	4,406	0,22	29	7,54
K 10	27/11/19 16:30	6,45	0,19	33	0,66	7,97	0,56	4,948	0,25	31	8,06
K 11	27/11/19 22:30	6,45	0,19	33	0,66	7,62	0,53	4,461	0,22	39	10,14
K 12	28/11/19 4:30	6,45	0,19	33	0,66	7,57	0,53	4,432	0,22	35	9,1
K 13	28/11/19 10:30	6,35	0,19	33	0,66	7,68	0,54	4,45	0,22	58	15,08
K 14	28/11/19 16:30	6,25	0,19	33	0,66	7,7	0,54	4,471	0,22	59	15,34
K 15	28/11/19 22:30	6,4	0,19	33	0,66	7,75	0,54	4,528	0,23	40	10,4
K 16	29/11/19 4:30	6,4	0,19	33	0,66	7,74	0,54	4,516	0,23	45	11,7
K 17	29/11/19 10:30	6,45	0,19	33	0,66	7,78	0,54	4,507	0,23	57	14,82
K 18	29/11/19 16:30	6,3	0,19	34	0,68	7,76	0,54	4,52	0,23	43	11,18
K 19	29/11/19 22:30	6,35	0,19	33	0,66	7,84	0,55	4,73	0,24	48	12,48
K 20	30/11/19 4:30	6,45	0,19	33	0,66	7,74	0,54	4,515	0,23	41	10,66
K 21	30/11/19 10:30	6,4	0,19	33	0,66	7,65	0,54	4,452	0,22	43	11,18
K 22	30/11/19 16:30	6,35	0,19	33	0,66	7,65	0,54	4,469	0,22	56	14,56
K 23	30/11/19 22:30	6,35	0,19	33	0,66	7,69	0,54	4,45	0,22	43	11,18
K 24	1/12/19 4:30	6,4	0,19	33	0,66	7,63	0,53	4,436	0,22	69	17,94

Tableau 36 : Suivi de la Karouabo en saison sèche

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev: 01/00 Classe: GP Date : 22/09/2020 Page : 82/120</p>
---	---	--

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 particulaires des décollages Ariane 5 ou Vega.

En conclusion, les prélèvements semi continus réalisées **en 2019** 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 VA250** et à l'occasion d'un **lancement VEGA pour VV14**.

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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 83/120



Figure 9: Prise de vue de la station Paracou (Hydreco, 2019)

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 37 : 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 aluminate

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 **[DR24 et 25]** disponibles au service SDP/ES du Centre Spatial Guyanais.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 84/120

10.3.3. Analyses physico-chimiques de l'eau.

Des mesures physico-chimiques de l'eau ont été réalisées aux zones de prélèvements de sédiments. Les prélèvements ont été réalisés à la saison des pluies et à la saison sèche 2019 au niveau de la crique de la Malmanoury, de la crique Karouabo et de la crique des Pères [DR24]. Seul le prélèvement de la saison sèche a été effectué pour la crique Paracou.

Tableau 38 : Paramètres physico-chimiques mesurés pour les trois stations en 2019 (en bleu : très bon état ; en vert : bon état ; en jaune : état moyen ; en orange : état médiocre)

		Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	Oxygène dissous (mg/L)	Oxygène dissous (%)	Turbidité (NTU)	pH (u. pH)
Saison des pluies	Karouabo	26,8	26	2,1	26	4,49	5,08
	Malmanoury	25,7	30	4,7	58	5,16	5,23
	Crique des Pères	27,0	28	3,4	43	20,4	4,90
Saison sèche	Karouabo	29,0	31	4,4	58	2,60	6,02
	Malmanoury	26,3	33	5,0	61	2,86	7,58
	Crique des Pères	27,9	1654	3,8	48	2,00	4,92
	Paracou	25,5	40	6,3	76	0,81	5,75

En saison des pluies, la température, la conductivité et le pH sont homogènes entre les stations. La turbidité est bonne ou très bonne. Le bilan en oxygène varie entre les stations : la station Karouabo est associée à un état médiocre, alors que la station Crique des Pères est associée à un état moyen et la station Malmanoury est associée à un bon état.

En saison sèche, les stations du CSG sont caractérisées par un bilan en oxygène en bon état et une conductivité faible, alors que la station crique des Pères a un bilan en oxygène en moyen état et une conductivité très élevée, dûe au marnage de la zone. L'eau de la crique Paracou est en très bon état.

Des mesures d'oxygène et matière organique, de matière en suspension, de paramètres azotés et phosphorés ainsi que de minéralisation ont été réalisées sur les différentes stations. Pour la station de la crique des Pères, la valeur en sulfates est influencée par les activités agricoles présentes sur la zone, mais pour toutes les autres résultats, à la vue de tous les résultats des mesures réalisées sur l'eau en 2019, nous pouvons confirmer un « **bon état chimique des eaux** » des criques du CSG, en particulier pour la crique Paracou.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev: 01/00 Classe: GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 85/120

10.3.4. Analyses physico-chimiques des sédiments

A. Qualité des sédiments des criques Karouabo et Malmanoury

L'analyse porte sur l'**acidité** et la **composition métallique** des sédiments reprend l'ensemble des analyses effectuées sur les sédiments prélevés au niveau des stations Karouabo et Malmanoury. Aucun des paramètres présents dans le ne dépasse le seuil fixé par l'arrêté du 9 août 2006. Globalement, les valeurs issues de la station Malmanoury sont plus élevées que celles issues de la station Karouabo, notamment pour le baryum, le manganèse et le fer.

Tableau 39 : Résultats des analyses de métaux dans les sédiments de la Karouabo et de la Malmanoury

Date de prélèvement	28/11/19			28/11/19			
Station	Karouabo			Malmanoury			
	Point 1	Point 2	Point 3	Point 1	Point 2	Point 3	
pH	5,3	5,9	5,5	5,6	5,8	5,1	u.pH
Fraction < 2mm	97,6	99,5	92,9	84,7	78,2	99,8	%
Matières sèches	40,5	73,3	76,1	14,4	66,0	53,7	%
Minéraux :							
Calcium	<0,10	<0,10	0,12	0,70	0,38	0,54	g/kgMS
Magnésium	0,28	<0,10	0,16	0,78	1,4	3,6	g/kgMS
Potassium	0,35	<0,10	0,19	0,51	1,5	1,6	g/kgMS
Polluants minéraux :							
Aluminium	12	0,49	3,5	18	12	25	g/kgMS
Baryum	25	<1,0	9,3	62	40	85	mg/kgMS
Cadmium	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	mg/kgMS
Chrome	15	<1,0	6,1	21	53	24	mg/kgMS
Cuivre	1,6	<1,0	1,6	6,6	33	18	mg/kgMS
Manganèse	7,2	<1,0	11	20	109	140	mg/kgMS
Nickel	2,8	<1,0	1,3	6,1	16	14	mg/kgMS
Plomb	7,6	<1,0	14	12	12	22	mg/kgMS
Sélénium	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	mg/kgMS
Fer	8,9	0,25	5,9	7,1	45	37	g/kgMS
Zinc	4,0	<2,0	9,2	16	32	53	mg/kgMS
Cobalt	<1,0	<1,0	<1,0	1,6	8,2	7,4	mg/kgMS
Molybdène	<1,0	<1,0	<1,0	1,1	<1,0	<1,0	mg/kgMS
Mercuré	0,054	<0,04	<0,04	0,069	<0,04	<0,04	mg/kgMS

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 86/120</p>
---	---	--

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 11 : Crique Malmanoury, HYDRECO 2018

Les concentrations en métaux lourds déterminées cette année ne sont pas remarquables par rapport à 2018.



Figure 10 : Crique Karouabo, HYDRECO 2018

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.

B. Qualité des sédiments de la crique Paracou

Des mesures et prélèvements ont été effectués le 22 octobre 2019 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.

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 trois points de prélèvements, en amont, au niveau du pont et en aval sur la Paracou.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 87/120

Tableau 40 : Paramètres physico-chimiques analysés sur les sédiments en laboratoire pour la station Paracou, en saison sèche 2019

Station	Paracou			
	Point 1	Point 2	Point 3	
pH	5,70	5,80	5,70	u.pH
Fraction < 2mm	98,2	98,3	98,1	%
Matières sèches	49,5	49,2	49,4	%
Minéraux :				
Calcium	0,21	0,18	0,21	g/kgMS
Magnésium	0,13	0,12	0,13	g/kgMS
Potassium	<0,10	<0,10	<0,10	g/kgMS
Polluants minéraux :				
Aluminium	10	9	10	g/kgMS
Baryum	20	17	20	mg/kgMS
Cadmium	<0,40	<0,40	<0,40	mg/kgMS
Chrome	4,9	4,4	4,8	mg/kgMS
Cuivre	1,4	1,3	1,4	mg/kgMS
Manganèse	4,0	3,4	4,4	mg/kgMS
Nickel	1,1	<1,0	<1,0	mg/kgMS
Plomb	12	13	11	mg/kgMS
Sélénium	<5,0	<5,0	<5,0	mg/kgMS
Fer	0,82	0,69	0,82	g/kgMS
Zinc	2,7	2,5	3,0	mg/kgMS
Cobalt	<1,0	<1,0	<1,0	mg/kgMS
Molybdène	<1,0	<1,0	<1,0	mg/kgMS
Mercure	<0,04	<0,04	<0,04	mg/kgMS
Hydrocarbures	12	10	10	mg/kgMS

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.

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, nous étudions un rapprochement de la station d'étude vers le centre de tir.

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 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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 88/120
--	--	---

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 2019 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, de la Karouabo et de la Paracou 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, Malmanoury, et Paracou 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.

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 89/120
---	--	---

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 ([DR24]), réalisée par le bureau d'études et de recherche en environnement HYDRECO, 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.
- L'analyse et interprétation la qualité des eaux des différentes criques annuellement suivies à l'aide du compartiment des diatomées benthiques, complément d'analyse floristique aux analyses de faune aquatique.

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 2019, les interventions des hydrobiologistes d'HYDRECO ont eu lieu en saison sèche :

- Saison des pluies :

- Karouabo : 16 mai 2019
- Malmanoury : 16 mai 2019
- Crique des Pères : 16 mai 2019

- Saison sèche :

- Karouabo : 26 novembre 2019
- Malmanoury : 28 novembre 2019
- Crique des Pères : 28 novembre 2019
- Paracou : 19 novembre 2019

10.4.3. Résultats du suivi de la faune aquatique pour l'année 2019

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 90/120
--	--	---

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

Tableau 41 : Tableau de synthèse des principaux résultats obtenus pour le suivi de la faune aquatique pour 2019.

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2019
DESCRIPTION DE L'HABITAT	<p>Les observations 2019 <i>in situ</i> 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, En saison des pluies, la température, la conductivité et le pH sont homogènes entre les stations. Le bilan en oxygène varie entre les stations : la station Karouabo est associée à un état médiocre (2,1mg/L), alors que la station Crique des Pères est associée à un état moyen et la station Malmanoury est associée à un bon état (4,7mg/L). La turbidité est similaire pour les deux stations présentes dans l'enceinte du CSG (en très bon état selon le Erreur ! Source du renvoi introuvable.). La station Crique des Pères à une turbidité légèrement supérieure, qui classe ce paramètre en bon état.</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>En saison sèche, les mesures <i>in situ</i> sont disparates entre les stations : il y a une distinction entre les stations Karouabo et Malmanoury, et la station Crique des Pères, en termes de conductivité, d'oxygène dissous. En effet, les stations du CSG sont caractérisées par un bilan en oxygène en bon état et une conductivité faible, alors que la station crique des Pères a un bilan en oxygène en moyen état et une conductivité très élevée. Ces observations divergent de celles des années précédentes en termes d'oxygène. 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>La température et le pH sont variables entre toutes les stations : le faciès plus lentique que la station Karouabo semble permettre une augmentation de la température due à l'ensoleillement plus important pour les autres stations. Pour la station Crique des Pères, la température plus élevée que celle de la station Malmanoury est certainement due à l'entrée d'eau de mer, plus chaude que les eaux de crique. Le pH acide de la station Crique des Pères est similaire à la mesure réalisée en saison des pluies, alors que pour les autres stations, le pH augmente par rapport aux mesures précédentes. Ce pH moins acide est cohérent avec l'arrêt des pluies, mais la valeur presque basique de la station Malmanoury est peu commune. Enfin, la faible turbidité est globale sur la zone d'étude et classe toutes les stations en très bon état pour ce paramètre.</p>

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 91/120
--	--	--

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2019
	<p>Enfin la station Paracou amont, située en limite des retombées de la trace de combustion du lanceur Soyouz a également été échantillonné en saison sèche.</p> <p>La surveillance des paramètres physico-chimiques en 2019 démontre que l'état environnemental de la station est bon. Les valeurs mesurées sont bonnes ; la concentration en oxygène dissous décrit le cours d'eau comme étant de bonne qualité et il n'y a pas de trace d'hydrocarbures dans le milieu.</p>
PEUPELEMENTS DE POISSONS (Richesse et Diversité)	<p>Concernant le nombre de captures ; en saison sèche :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la Crique des Pères, 403 individus représentant 15 espèces pour une biomasse de 38,4 kg ont été récoltés. Sur cette station, l'abondance était déjà en hausse en 2018 mais l'année 2019 enregistre sept fois plus d'individus capturés par rapport à l'année précédente et la biomasse a doublé ▪ Dans la Karouabo, avec 292 individus capturés en 2019, ce paramètre double par rapport aux effectifs associés entre 2010 à 2018. Au total 13 espèces ont été identifiées sur cette station. Les valeurs de chacun des paramètres restent stables par rapport à 2010. ▪ Dans la Malmanoury, les captures atteignent 126 individus représentant 13 espèces pour 30,4 kg de biomasse totale. Le nombre de poissons capturés est dans le même ordre de grandeur que celui de 2018 mais la biomasse est quatre fois inférieure ▪ Concernant la Paracou l'échantillonnage a permis la récolte de 13 espèces dont deux déterminantes ZNIEFF. <p>En ce qui concerne la richesse, l'année 2019 a globalement permis d'échantillonner plus d'individus que la moyenne depuis 1998, et pour autant, le nombre d'espèces déterminées n'est pas particulièrement bien plus élevé que la moyenne</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La crique des Pères, 15 espèces ont été prélevées. Ce résultat corrobore la baisse de ce paramètre observée en 2018 par rapport aux années 2015, 2016 et 2017. ▪ La richesse de la Karouabo est proche de celle de la station Crique des Pères, avec 13 espèces. Par rapport à l'année précédente, la richesse est en hausse. ▪ La station Malmanoury comptabilise 13 espèces, comme la station Karouabo. Ces résultats sont légèrement en hausse par rapport à 2017 et 2018 ▪ Sur la station Paracou, la richesse spécifique baisse légèrement par rapport à 2018. <p>En ce qui concerne la diversité,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans l'ensemble, depuis 2006, à l'exception du pic enregistré en saison des pluies 2011, la diversité de Shannon et l'équitabilité de la crique témoin (station Crique des Pères) sont restés relativement stables. • Sur la station Karouabo, l'unique échantillonnage réalisé en saison sèche présente un indice de Shannon similaire à celui de la saison sèche 2018. L'équitabilité est légèrement plus basse que celles mesurées l'année précédente • Sur la station Malmanoury, l'échantillonnage réalisé en 2019 présente un indice de Shannon proche de la saison des pluies de 2018. L'équitabilité en 2019 est en hausse mais n'atteint pas les valeurs des équitabilités calculées avant la saison sèche 2018.

PARAMÈTRE SUIVI

RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2019

**PEUPELEMENTS DE
POISSONS**

(analyse des contenus
stomacaux, structure
trophique et anatomo-
pathologie)

- Comme depuis 2015, 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 (88%)
- **Au sein de la station Karouabo**, les trois guildes observées sont les piscivores (49%), les herbivores (37%) et les omnivores (6%)
- **Dans la station Malmanoury**, la population en saison sèche est principalement composée de trois guildes : les omnivores (40%), les herbivores (29%) et les piscivores (21%)
- **Sur la Paracou**, La majorité des espèces observées ont un régime trophique inconnu. Toutefois, trois espèces invertivores et une espèce omnivore ont été identifiées.

En cette année 2019, trois espèces de carnivores sur les criques Karouabo et Malmanoury ont présenté des infestations par des vers nématodes. 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 soi pas alarmante.

L'Indice Poisson de Guyane est un outil permettant d'évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau à partir des populations de poisson présentes. Le calcul de l'indice IPG-G attribue un état moyen à la station Malmanoury et un bon état aux stations Karouabo et Crique des Pères (Tableau 42).

Tableau 42 : Notes de l'IPG-G et classes de qualité associées pour les trois stations

Station	Note	Classe de qualité
Malmanoury	0,56	Moyen
Karouabo	0,79	Bon
Crique des Pères	0,79	Bon

**ANALYSE DE
L'ALUMINIUM DANS
LE MUSCLE DES
POISSONS**

Pour la campagne de prélèvement 2019, **deux guildes alimentaires** sont représentées :

- ✓ Les **piscivores**, avec *Acestrorhynchus falcatus*, *Hoplias malabaricus*. Cette guildes comporte suffisamment d'individus pour être analysées (50 poissons). De plus, elle est présente sur chacune des trois stations.
- ✓ Les **omnivores** sont représentés dans les trois stations (Karouabo, Malmanoury et la Crique des Pères) par *Pseudauchenipterus nodosus*, *Trachelyopterus galeatus*.

Les trois stations sont comparables entre elles *via* la guildes alimentaire des omnivores. En effet, ils sont présents sur les trois sites, contrairement aux piscivores qui sont absents de la station Crique des Pères. Les autres guildes n'étant pas représentées dans chacune des stations, il n'est pas possible de réaliser une comparaison pertinente.

Parmi les piscivores, les concentrations en aluminium ne présentent pas de différence significative entre les stations Karouabo et Malmanoury.

Chez les omnivores, les trois stations ont des effectifs suffisants pour être comparés. La station Crique des Pères est significativement différente des deux autres stations, qui ne le sont pas entre elles Mais cette concentration semble aussi avoir tendance à être plus élevée que sur la Crique des Pères.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 93/120
--	--	--

PARAMÈTRE SUIVI	RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DU SUIVI DE LA FAUNE AQUATIQUE POUR 2019
	<p>Sur les trois criques, il semble que le taux d'aluminium dans le muscle reste indépendant du poids des individus prélevés.</p>
DIVERSITE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES AQUATIQUES	<p>Au total, 2358 individus répartis en 38 taxa ont été récoltés en 2019.</p> <p>Pour la saison des pluies,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Il a été recensé 1375 individus répartis en 24 taxa. <p>Pour la saison sèche,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 983 individus répartis en 32 taxa ont été récoltés. <ul style="list-style-type: none"> ▪ En saison des pluies, la station Crique des Pères est celle qui dispose du nombre d'individus prélevés le plus élevé (526 ind.). Cette station dénombre plus d'individus que la station Malmanoury (466 ind.) et que la station Karouabo (383 ind.) ▪ En saison sèche, le même rapport entre les stations est observé en termes d'abondance. ▪ L'échantillonnage de la station Paracou a abouti à la détermination de 312 individus, répartis en 25 taxa
QUALITE BIOLOGIQUE	<p>La qualité biologique des criques est définie au moyen du score moyen des éphéméroptères guyanais (SMEG). Cet indicateur permet de déterminer la qualité des eaux en fonction de la présence (ou de l'absence) de taxons bio-indicateurs de qualité, ou au contraire, de pollution.</p> <p>En 2019, le calcul du SMEG sur les différentes criques a donné les résultats suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ La crique des Pères et la Malmanoury ont aux deux saisons, une qualité d'eau classée « moyenne », état confirmé par la robustesse. ❖ La Karouabo a une qualité d'eau classée « médiocre » en saison des pluies, puis bon mais déclassé en mauvais par la robustesse pour la saison sèche. Ce déclassement l'état attribué témoigne d'une certaine surestimation de la qualité du milieu. <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 0.61 et lui attribue un « 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**

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 94/120

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

10.4.4. Résultat du suivi des diatomées pour l'année 2019

Les diatomées benthiques sont des algues microscopiques, unicellulaires (algues brunes). Ces algues sont considérées comme un des bio-indicateurs des eaux courantes les plus pertinents, grâce notamment à leur sensibilité aux conditions du milieu et à la rapidité de leur cycle de développement, de quelques heures à quelques jours. Les communautés de diatomées benthiques permettent l'évaluation de la pollution, en fonction de leur sensibilité ou leur tolérance à la pollution, notamment organique, azotée et phosphorée. Elles sont connues pour réagir aux altérations de la qualité des eaux par des modifications qualitatives et quantitatives des peuplements, telles que :

- la régression du nombre de taxons et la baisse de la diversité spécifique (pollutions toxiques),
- le remplacement des formes les plus sensibles par des espèces plus résistantes ou indifférentes,
- la prolifération d'espèces présentant des affinités pour un type d'altération (formes saprophytes ou hétérotrophes pour les pollutions organiques, halophiles pour les contaminations salines),
- la diminution de la taille des espèces et présence de formes anormales (formes tératogènes).

AU CSG, ce suivi a été effectué pour la première fois en 2019 [DR25].

L'analyse floristique structurale des communautés de diatomées benthiques a permis d'établir un premier bilan de la réponse des diatomées aux conditions de milieux. Il s'avère que la structuration des communautés dans la zone prospectée est directement liée aux variations de pH, et dans une moindre mesure aux enrichissements et aux altérations qu'elles subissent. Les peuplements de diatomées et leur composition ont également permis le calcul de l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS), mais aussi du nouvel Indice Diatomique de Guyane Française (IDGF).

L'IPS, quoique réglementaire, s'avère inadapté pour l'estimation de la qualité des cours de Guyane.

En revanche, l'utilisation du nouvel indice diatomique **IDGF**, spécifiquement créé par l'INRAe (ex-Irstea) et HYDRECO pour la Guyane, a montré des résultats plus en adéquation avec les conditions de milieux et/ou l'intensité des pressions.

La **Crique Paracou** ne présente qu'une faible abondance de taxons d'alerte et leur présence est probablement plus en relation avec un enrichissement naturel du milieu de l'amont vers l'aval.

La **Karouabo**, avec 10% de taxons d'alerte (MES, azote organique et déficit en oxygène), reste un cours d'eau très peu impacté.

La **Crique des Pères** montre des altérations plus prononcées avec 21% de taxons d'alerte, en particulier vis-à-vis du carbone organique (12%).

La **Malmanoury** est le cours d'eau le plus impacté, notamment par les matières en suspension (17% de taxons d'alerte) et par l'élévation de la minéralisation (13% de taxons d'alerte), vraisemblablement en relation avec la forte activité routière présentes sur cette zone en lien à la fois avec le chantier d'Ariane 6 (passages de nombreux véhicules et camions) ainsi qu'à la zone du pas de Tir Soyouz.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 95/120
--	--	---

Il en résulte un **Très Bon Etat Ecologique (TBE) pour la Crique Paracou, un Bon Etat écologique (BE) pour la Crique des Pères et la Karouabo, et un Etat Ecologique Moyen (EM) pour la Malmanoury** (Risque de Non Atteinte du Bon Etat).

Ces valeurs indicielles sont similaires à celles relevées par l'Indice Poisson Guyane (IPG) qui classe les stations Karaoubo et Crique des Pères en Bon état tandis que la station Malmanoury est en état moyen.

Par ailleurs, les communautés de diatomées benthiques rencontrées présentent des caractéristiques floristiques remarquables, chacun des sites se démarquant significativement par un peuplement particulier malgré leur situation géographique proche, et par la présence de taxons non encore répertoriés dans le guide iconographique des diatomées de Guyane (264 taxons répartis en 18 genres). Ces diatomées ont été photographiées et archivées pour une future intégration dans le guide et dans la base de données des diatomées, d'autant plus qu'ils peuvent potentiellement se révéler être de nouveaux taxons d'alerte. Ces criques présentent de surcroît une richesse spécifique exceptionnelle avec des genres relativement rares et 4 genres indéterminés.

10.4.5. Conclusions générales du suivi des criques pour 2019

L'année 2019 présente quelques changements par rapport aux années précédentes : des analyses physico-chimiques plus poussées sont réalisées, l'échantillonnage de l'ichtyofaune est restreint à la saison sèche. Les mesures in situ varient entre les stations mais les analyses d'eau et de sédiment en laboratoire n'ont pas mis en évidence des impacts anthropiques au niveau des trois stations pour les paramètres concernés.

Etat écologique attribué par les différents indicateurs	Indice Poissons de Guyane IPG-G	Score Moyen des Ephéméroptères Guyanais	Indice Biologique Macro invertébrés de Guyane (IBMG).	IDGF
Karouabo	Bon état	Qualité biologique médiocre		Bon Etat écologique
Malmanoury	Etat moyen	Qualité biologique moyenne		Etat Ecologique Moyen
Crique des Pères	Bon état	Qualité biologique moyenne		Bon Etat écologique
Paracou			Bon état écologique	Très Bon Etat Ecologique

Enfin, l'étude de la contamination en aluminium pour l'année 2019 diverge des années précédentes car une différence significative a été mise en évidence entre les stations situées dans l'enceinte du CSG et la station de référence. Cette différence est difficile à expliquer car il ne semble pas que la proximité temporelle d'un lancement soit à l'origine des teneurs de la station Malmanoury. En tous cas, 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 96/120

10.5. Etude de la grande faune sur le territoire du CNES/CSG

10.5.1. Objectifs du suivi et historique

La surveillance des effets sur l'environnement des activités industrielles comprend aussi des études sur la faune de la base spatiale.

La deuxième phase de fructueuse collaboration entre l'OFB (Office Français de la Biodiversité) et le CNES, sur l'étude de la grande faune sur le Centre Spatial Guyanais, s'est déroulée sur une durée de 3 ans (2017-2019). La première phase de collaboration, entre 2013 et 2016, avait permis de montrer la richesse du milieu naturel, favorisée en particulier par les restrictions de circulation sur le centre. Lors de la deuxième phase, les études se sont focalisées sur plusieurs espèces emblématiques : les grands félins, les pécaris à lèvres blanches, le tapir terrestre et la biche rouge. Très peu de connaissances scientifiques sont en effet disponibles sur ces espèces. De plus, une étude sur l'effet de l'abrutissement sur la régénération forestière a été menée en lien avec le CIRAD.

Une synthèse des principaux résultats est présentée ci-dessous, se basant sur [DR34]

10.5.2. Espèces étudiées

Le jaguar (*Panthera onca*) et le puma (*Puma concolor*) sont les deux plus grands félins d'Amérique du Sud. Ils sont tous les deux classés « quasi menacé » sur la liste rouge régionale de l'UICN. L'étude de la biologie et l'écologie des grands félins en milieu peu impacté comme le CSG est nécessaire à une meilleure compréhension des comportements adoptés par les félins autour des zones anthropisées. Modifient-ils leur rythme d'activité ? Ont-ils besoin de plus d'espace pour couvrir leurs besoins ? Ont-ils le même régime alimentaire ? Pour répondre à ces questions, depuis 2014, 8 individus (5 jaguars et 3 pumas) ont été capturés, 7 ont été équipés de colliers GPS et suivis sur des durées plus ou moins longues, puis leurs domaines vitaux modélisés par différentes méthodes.

Taille des domaines vitaux	Taille Moyenne	Zone coeur
Pumas (Mâles)	200 km ²	141 km ²
Jaguars (Femelles)	150 km ²	52 km ²

Tableau 43 – Taille des domaines vitaux des grands félins.

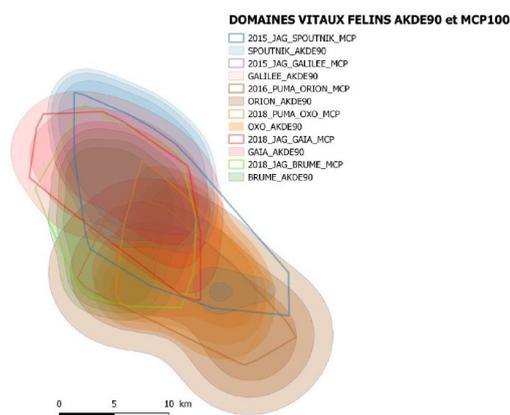


Figure 12 –Modélisation des domaines vitaux des grands félins.

Des analyses plus détaillées sont en cours afin de déterminer les rythmes d'activité, les distances journalières parcourues, les patterns d'utilisation de l'habitat, la vitesse de déplacement... On peut d'ores et déjà noter le rôle de frontière jouée par la RN1, les animaux étudiés s'aventurant rarement au-delà.

De plus, depuis octobre 2013, plus de 200 crottes de carnivores ont été collectées et analysées génétiquement. Le génotypage permet de déterminer l'espèce à laquelle appartient l'échantillon, le nombre d'individus différents ainsi que leur lien de parenté ; l'analyse par métabarcoding permet d'en savoir plus sur le régime alimentaire des

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 97/120
--	--	---

félins. Par exemple, le régime alimentaire du jaguar est particulièrement varié, avec au moins 30 espèces de vertébrés, et parmi les proies identifiées, l'une des plus fréquentes est le pécarì à lèvres blanches (*Tayassu pecari*).

Le pécarì à lèvres blanches (*Tayassu pecari*) est classé « Presque menacé (NT) » en Guyane. Pour ces animaux qui vivent en grande troupe de plusieurs centaines d'animaux, les principales menaces sont la chasse abusive et la disparition de leur habitat. Le programme d'étude des pécarìs à lèvres blanches au CSG est basé sur le suivi d'animaux équipés de colliers GPS, afin de connaître et comprendre leurs déplacements, l'utilisation de l'habitat, et leur domaine vital.

Pour cela, des enclos grillagés d'environ 20 m² ont été construits sur les zones de Piste Agami et de Malmanoury, puis dernièrement de Diamant et de Corneille. Ces dispositifs fixes sont complétés par des cages de capture plus petites mais plus facilement mobiles pour s'adapter aux modifications de la fréquentation des animaux. Les animaux capturés sont ensuite équipés de colliers GPS puis relâchés.

Sur les 7 individus équipés entre 2014 et 2017, on a pu constater sur les 4 années de suivi la stabilité sociale et spatiale de la troupe, puisque tous les animaux capturés occupent exactement le même espace.



Figure 13 – Le pécarì à lèvres blanches, une espèce grégaire

Le domaine vital, d'une enveloppe d'environ 70km², est sensiblement le même en saison sèche et en saison des pluies. Les habitats ouverts sont évités, alors que les zones de catégories d'habitats de forêt basse côtière sont utilisées préférentiellement. Les analyses d'habitat montrent également une utilisation régulière des petits corridors forestiers situés sur des anciens cordons littoraux, au milieu des savanes. Ces résultats intéressent les aménageurs du territoire, en montrant l'intérêt des trames vertes, des stratégies de corridors forestiers pour maintenir un lien et une unité écologique, etc...

Dans une analyse encore plus fine des déplacements, on peut voir que l'animal alterne des journées de déplacements sur de petites zones, probablement en alimentation, et des déplacements spatialement orientés de plus grande ampleur, et semble utiliser les cours d'eau pour limite de domaine.

Cette étude a souligné qu'une population en bonne santé pouvait se maintenir près d'installations humaines importantes, pourvu qu'une gestion adaptée soit mise en place.

Le tapir terrestre (*Tapirus terrestris*) est une espèce classée Vulnérable (VU) sur la liste rouge de l'UICN, et sur laquelle très peu de connaissances scientifiques sont disponibles. Le tapir a fait l'objet d'une étude par piégeage photo automatique sur le CSG.

Fétiche, une femelle Tapir à l'oreille coupée facilement reconnaissable, a été photographiée plusieurs fois avec des jeunes. Ces données permettent d'estimer un intervalle entre deux naissances successives d'environ 14 à 15 mois, ce qui est reporté comme un optimum pour l'espèce, et comparable aux données recueillies dans le Pantanal Brésilien (selon l'experte P. Medici). La gestation de l'espèce est de 13 mois, mais la femelle est fécondable 1 mois après la naissance d'un jeune. La zone apparaît donc comme parfaitement favorable à l'espèce. Un deuxième animal a été photographié régulièrement, et l'analyse des résultats montre pour les deux animaux une aire couverte répertoriée égale à 2 km² environ. Au Pérou et au Brésil, le domaine vital du tapir a été estimé entre 3 et 5 km² environ.

La biche rouge (*Mazama americana*)

L'ensemble des données de piégeage photographique a été utilisé pour tester de nouvelles estimation de la densité de cette espèce discrète, et partiellement nocturne. Une estimation provisoire de densité de biche rouge sur la

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 98/120
--	--	---

zone étudiée serait aux alentours de 2 individus/km². Ce résultat vient conforter des estimations faites à partir des comptages par transect linéaire également réalisés il y a quelques années. L'espèce est bien présente, mais sa discrétion, son comportement en grande partie nocturne, et sa difficulté d'observation rendent son étude difficile.



Figure 14 - Biche rouge.

Le programme « BROWSE » a été financé en supplément par le Labex CEBA (Centre d'étude de la Biodiversité Amazonienne). Réalisé en collaboration avec le CIRAD et l'INRA sur le CSG, son objectif est de documenter les interactions entre la grande faune et la régénération forestière. Des modèles récents soulignent en effet le rôle important de la grande faune forestière amazonienne dans la structure et le fonctionnement des forêts tropicales, via la dissémination et consommation des graines, le piétinement, le retournement des sols, et l'abrutissement de la régénération naturelle. Lorsque cette faune disparaît (sur-chasse ou changements climatiques) les équilibres sont rompus, et des fonctions primordiales comme le stockage de carbone pourraient en être affectées. La zone du CSG abrite une faune encore en bon équilibre et abondante, et permet d'étudier ces relations, ce qui a été fait en étudiant toutes les plantules (plus de 4000...) dans 10 chablis et 10 placettes témoins. Les résultats montrent que les chablis jouent donc un rôle nourricier important pour la faune, avec une certaine sélectivité des animaux pour certaines familles botaniques. Les tapirs par exemple, peuvent avoir un impact local important sur certaines espèces, en cassant des jeunes arbres pour accéder à des jeunes feuilles hors de leur portée.

Communication.

Les résultats ont été communiqués via des publications scientifiques et des colloques d'experts (pécaris, jaguars), ainsi que vers le grand public sur divers réseaux multimédias et dans des documentaires télévisés.

10.6. Suivi du patrimoine végétal du CSG

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

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

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

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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 99/120

10.6.1. Mesures d'impact sur la végétation

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

A. Objectif du suivi

L'objectif du suivi des retombées chimiques des pluies et des pluviollessivats sur la végétation est d'évaluer le niveau de pollution auquel la végétation, située sous le vent des installations de l'ensemble de lancement a été soumise lors d'un lancement Ariane 5.

Pour l'année 2019, trois campagnes de mesures ont eu lieu, pour VA248, VA249 et VA250. Dix bacs collecteurs sont déposés sous la végétation afin de recueillir l'eau de ruissellement : cinq sont positionnés en champ proche et cinq en champ lointain. Les paramètres analysés sont représentés dans le tableau ci-contre.

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

Cependant, pour VA248, il n'y a pas eu de précipitations entre le lancement et le retrait des bacs.

Pour VA249, qui a eu lieu à la fin de la saison sèche 2019, le faible niveau d'eau a conduit à regrouper les prélèvements d'eau des cinq bacs en champ proche d'une part, et des cinq bacs en champ lointain d'autre part, avant de faire les analyses. Les résultats sont les suivants :

Localisation échantillon	pH		Conductivité µS/cm		Aluminium dissous mg/L		Chlorures mg/L		Calcium mg/L		Magnesium mg/L		Potassium mg/L		Sodium mg/L	
	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.
Pluvio CP04	2,9	0,1	4700	97	214,5	65,7	1296,0	89,3	259,7	23,4	4,5	0,5	3,7	0,4	4,7	0,2
Pluvio CL08	4,5	0,2	39	1	0,3	0,1	7,5	0,5	1,0	0,1	<0,5	<0,055	0,6	0,1	1,4	0,1

Pour VA250, à la saison des pluies 2019, les analyses ont été effectuées bac par bac. Les moyennes de ces mesures sont présentées ci-dessous. Cependant, il est à noter que les pH et conductivité n'ont pas été calculées car chaque bac présentait trop peu d'eau pour effectuer ces mesures.

Localisation échantillon	pH		Conductivité µS/cm		Aluminium dissous mg/L		Chlorures mg/L		Calcium mg/L		Magnesium mg/L		Potassium mg/L		Sodium mg/L	
	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.	Mes.	Inc.
Pluvio CP04	-	-	-	-	214,5	65,7	1296,0	89,3	259,7	23,4	4,5	0,5	3,7	0,4	4,7	0,2
Pluvio CL08	-	-	-	-	0,3	0,1	7,5	0,5	1,0	0,1	<0,5	<0,055	0,6	0,1	1,4	0,1

Ainsi, tant à la saison des pluies qu'à la saison sèche, on mesure des concentrations non négligeables au point CP04 situé à 450m de la zone de lancement. Cependant, pour CL08, situé à 1800m de la zone de lancement, on ne mesure plus aucune concentration significative. Si les retombées peuvent avoir un effet délétère sur la végétation, celui-ci est très localisé autour de la zone de lancement.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 100/120</p>
---	---	---

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

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

Le CSG est le seul territoire du département à abriter trois espèces d'orchidées terrestres connus de Guyane appelée « *Cyrtopodium* ». Deux d'entre elles sont aujourd'hui protégées : *Cyrtopodium andersonii* et *Cyrtopodium cristatum*, qui est connu dans les savanes dans un habitat restreint. L'espèce *Cyrtopodium parviflorum*, se trouve quant à elle dans les savanes herbacées basses sur sols argilo-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. Depuis 2010, cette surveillance est formalisée via un plan de gestion.



Figure 15 : 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.

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



Figure 16 : *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].

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 101/120</p>
---	---	--

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 17: *S. angustifolia* sous pylône - ELS

La visite sur site, réalisée le 12 mars 2019 par le CNES, a permis de vérifier la présence de *S. angustifolia* à proximité du MIK.

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

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 102/120</p>
---	---	--

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

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

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

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

10.7.1. Le programme de bio surveillance au CSG

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

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

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



Figure 18 : 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 19 : Ruchers Tangara



Figure 20 : Ruchers Sentier Ebène



Figure 21 : Ruchers de l'ELS

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 103/120

10.7.2. Le protocole de surveillance 2019

Le protocole 2019 vient compléter les travaux réalisés depuis 2016 et les résultats détaillés en [DR26], sont résumés ci-dessous.

Depuis début 2016, le CSG a confié à NBC la charge d'appliquer cette technologie de biosurveillance par l'abeille mélipone et *Apis mellifera* sous forme de campagne annuelle. Ainsi, le dispositif évolue tous les ans en fonction des résultats obtenus

2016 : 12 ruches exposées et 3 ruches témoins

2017 : 24 ruches exposées et 3 ruches témoins

2018 : 9 ruches exposées et 3 ruches témoins

2019 : 18 ruches exposées et 3 ruches témoins

Au fil des années, les efforts d'analyse ont également évolué. Ils sont synthétisés dans le tableau suivant, paramètre par paramètre.

Année de la campagne de biosurveillance	Particules (méthode Apidiag)	Pesticides	Suivi pondéral (méthode Beeguard®)	Biomarqueurs	Etude toxicité sur les miels	TOTAL
2016	8	0	0	4	0	12
2017	10	0	0	0	2	12
2018	8	0	2	12	0	22
2019	12	2	2	12	0	28

Tableau 44 : Evolution des efforts d'analyse en fonction des années de suivi de biosurveillance par l'abeille

10.7.3. Matériels et méthodes

A. Les sentinelles de l'environnement

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

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).

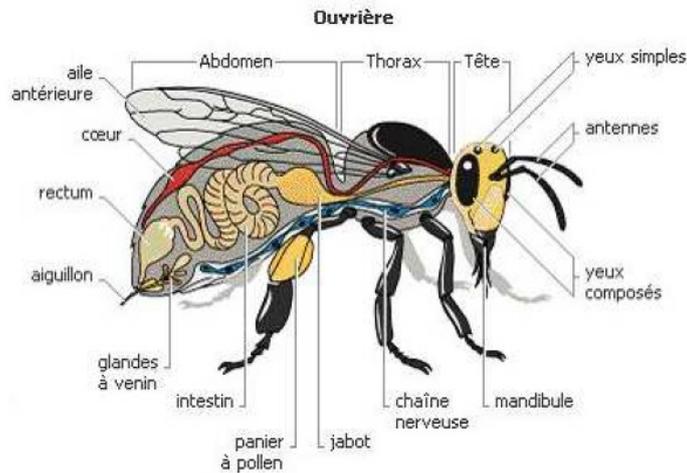


Figure 22 : Anatomie d'une abeille, NBC/APILAB

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.



Figure 23 : 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.

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 105/120</p>
---	--	---

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 **2019**, les sites suivants ont été équipé :

- ✿ 3 ruches à Tangara (site de lancement d'Ariane et de Véga)
- ✿ 3 ruches sur la ZL de Soyouz
- ✿ 3 ruches au bourg de Sinnamary (gendarmerie)
- ✿ 3 ruches au bourg de Kourou (station ATMO)
- ✿ 3 ruches au site Ebène (aire d'exposition du future pas de tir Ariane 6)
- ✿ 3 ruches témoins à la Césarée
- ✿ 3 ruches d'abeille *Apis mellifera* dans le cadre du suivi des activités d'établissement (suivi de la bioaccumulation de pesticides dans les cires).

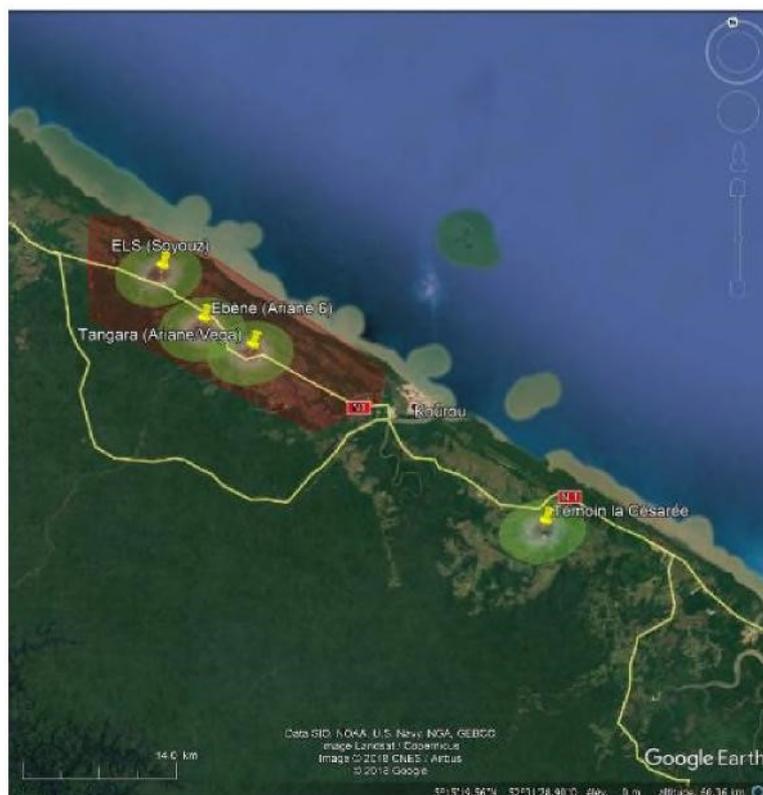
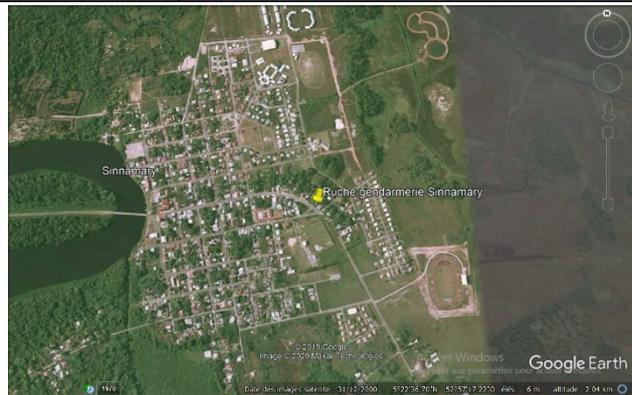
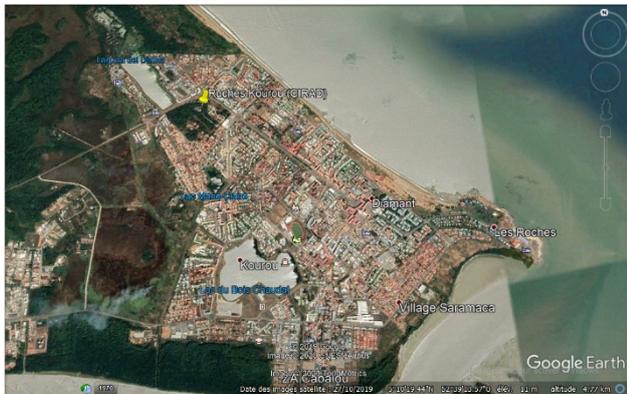


Figure 24 : Situation géographique des ruchers de prélèvements, NBC APILAB 2019

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 106/120
---	--	--

Figure 11 : b) Situation géographique du site de Kourou (à gauche)



Situation géographique du site de Sinnamary (à droite)

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

Sur chacun des ruchers, le **protocole 2019** s'est attaché à :

- Réaliser des prélèvements à différentes saisons : un prélèvement en saison des pluies 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 carbonylés 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.
- Analyser les cires d'*Apis mellifera* et **doser les pesticides** bio-accumulés.
- 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

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 107/120
---	--	--

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 2019, les salariés du CNES/CSG et le grand public ont été informés de la méthode :

- Via la réalisation des journées mondiales de l'environnement les 4, 5 et 6 juin 2019 à destination des collaborateurs du CSG et du grand public.
- Via la participation aux salons Green Days, tenu au centre commercial Family Plaza, en coopération entre le CNES et NBC.

10.7.4. Synthèse des résultats 2019

Particules

Concernant les éléments présents de manière abondante sur les sites de prélèvement, les conclusions sont confirmées par les quatre études successives de 2016 et 2019.

On retrouve tout d'abord des aluminosilicates, des calcaires, du sable et du NaCl ainsi que des oxydes de fer pour la partie environnementale. Ces observations ne diffèrent pas des autres campagnes. Peu de nouveaux éléments ont fait leur apparition en 2019.

Tout d'abord les éléments d'origine **environnementale** : aluminosilicates, sable, calcaire, chlorure de sodium ainsi que les oxydes de fer, sont présents de manière **homogène** sur l'ensemble des sites et de manière continue sur les quatre années d'étude. Peu de nouveaux éléments ont fait leur apparition en 2019.

Quelques éléments relevant d'une activité **anthropique** ont été retrouvés sur les abeilles. Les éléments constitutifs de l'acier, les particules contenant du Fer et du Titane sont régulièrement retrouvés sur tous les sites du CSG, hormis pour les ruches du site témoin. Ceci confirme leur origine anthropique, compte-tenu des utilisations de ces métaux au sein du Centre Spatial.

Du Sulfate de Baryum a, de nouveau, été retrouvé sur le site de Sinnamary mais plus sur le site d'Ebène. On en retrouve aussi des traces à Kourou et Tangara. Cet élément, qui se retrouve fréquemment dans les peintures industrielles, tire probablement sa présence ici des activités du Centre Spatial, au même titre que le Sulfure de Calcium retrouvé de manière abondante à Ebène, ainsi que des traces de Cérium, du Lanthane et une trace de Zirconium. Il est important de noter que ces éléments n'ont pas été retrouvés dans les villes de Sinnamary, pourtant sous le vent du site industriel, ni sur le site de Tangara.

Certains éléments peuvent avoir une origine **anthropique ou environnementale**. C'est le cas du KCl, fréquemment relevé. On en retrouve sur le site témoin de Césarée et comme chaque année dans plus de la moitié des ruches installés dans la zone. Cette observation suggérerait une origine environnementale sachant qu'il n'est pas inhabituel de retrouver ce type de particules dans des sols proches de la mer (cas de la Césarée). Même si des produits contenant du KCl ou une partie des atomes le composant, est utilisé fréquemment dans des usages industriels, son origine également naturelle n'est pas à exclure.

L'origine de l'aluminium ne peut également pas être attribuée uniquement à l'activité industrielle (présence naturelle dans les sols guyanais). De même que le magnésium, le phosphore et les oxydes de cuivre retrouvés sur le site de Tangara, pourraient être attribués aux deux origines (naturelle et anthropique).

Certaines zones où l'on retrouve des traces de l'activité industrielle dans l'air ont été mises en évidence, sans pour autant générer d'impact sur la vie des abeilles exposées. D'autres sites (comme la ville de Sinnamary par exemple), montrent une excellente qualité de l'air (au niveau particulaire).

Biomarqueurs

Les analyses de biomarqueurs ont été réalisées sur les échantillons d'abeilles prélevés aux 2 périodes d'exposition. (Juillet et Octobre 2019).

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 108/120

Les résultats des analyses sont exprimés ci-dessous en unités arbitraires, avec un taux d'incertitude des mesures de 5%.

Tableau 45 : Tableau des Carbonyl Score mesurés pour chaque site et à chaque prélèvement

Carbonyl Score (Unités Arbitraires)	Juillet 2019	Octobre 2019*	Moyenne annuelle
Site de Kourou	0,580	-	0,580
Site d'Ebène	0,760	0,757	0,759
Site d'Ariane 5	0,831	-	0,831
Site de Sinnamary	0,862	-	0,862
Site de Soyouz	1,038	0,860	0,949
Site Témoin	0,507	0,857	0,682

* 3 analyses n'ont pas pu être réalisées en octobre (présence de nuisibles dans les ruches de Kourou et problème de conservation des échantillons de Sinnamary et Ariane 5).

En 2019, ces mesures semblent montrer que les taux d'oxydation moyens sur les sites de Kourou et Ebène ne sont pas significativement différents du taux d'oxydation des protéines mesuré sur le site témoin. En revanche, les taux d'oxydation mesurés sur les sites Ariane 5, Sinnamary et Soyouz sont **significativement supérieurs** aux valeurs du site témoin. Cependant, en 2018, la comparaison des résultats d'analyses entre les sites d'exposition indiquait qu'il n'y avait pas de différence très significative du niveau annuel moyen de carbonylation des protéines des abeilles sur les 6 sites.

Le faible nombre de mesures en 2019, de 1 à 2 par site, incite à une grande prudence quant à l'interprétation des résultats d'analyse. Les efforts devront être continués sur plusieurs années afin d'en tirer des conclusions fiables.

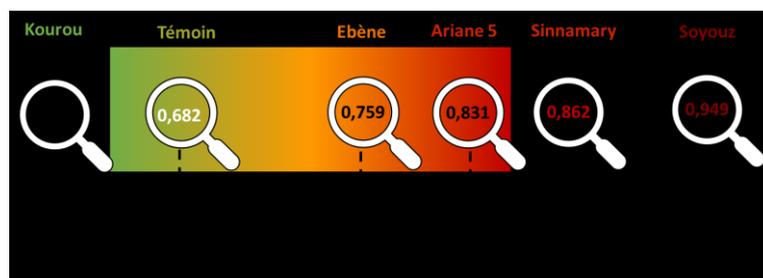


Figure 21 : Synthèse des résultats d'interprétation sur les biomarqueurs

Pesticides

La matrice utilisée pour la recherche de pesticides dans cette étude est la cire d'abeilles (incluant du pain d'abeille). Le site d'exposition est Ebène et les mesures ont été faites en juillet et octobre.

Les analyses ont été réalisées par chromatographie gazeuse ou liquide (selon les composés recherchés) couplée à un spectrophotomètre de masse par le laboratoire Phytocontrol. Au cours l'année 2019, 4 pesticides ont été détectés en juillet : il s'agit de Tau-Fluvalinate et, en limite de seuil de détection, de Chlorpyrifos, de DDT et de Permethrine. Le Quotient de Risque moyen annuel mesuré sur le site d'Ebène pour juillet 2019 désigne un risque de toxicité moyen sur les colonies d'abeilles. Aucun pesticide n'a été détecté en octobre.

Des recherches sont menés en interne afin de comprendre d'où venaient les pesticides détectés.

Suivi général

L'utilisation du dispositif Beeguard®, sur Soyouz et Tangara, permet d'avoir une image en direct de l'écosystème représenté par la ruche suivie (évolution du poids dans le temps, donc de la production de cire et de miel), de

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 109/120</p>
---	---	--

vérifier d'éventuelles mortalités soudaines (système d'alerte), et d'avoir de surcroît des informations de température importantes à prendre en compte pour le bien être des mélipones.

Il ressort que les ruchers n'ont subi aucun dommage lié à l'exposition aux lanceurs Ariane-Véga et Soyouz. **Aucune mortalité de colonie n'a été constatée sur toute la période du suivi en direct.** Les populations par ruche restent stables et l'on constate 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, la campagne 2019 nous aura permis de mettre en évidence la présence d'éléments encore jamais rencontrés les années précédentes (au niveau particulaire et au niveau des pesticides). Les années précédentes montraient en effet uniquement une bonne santé générale des abeilles et un impact très limité des activités industrielles sur site. Les études vont se poursuivre en 2020 pour apporter des données qui permettront d'éclairer les acquisitions de 2019. Les abeilles sont en effet de très bonnes sentinelles de l'air.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 110/120</p>
---	---	--

11. CONCLUSIONS GENERALES SUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DU CSG EN 2019

Les principales conclusions à retenir du bilan des plans de mesures environnement 2019 sont rappelées ci-après.



VS22 – CNES/CSG



VA248 – CNES/CSG



VV14 – 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.
- 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 d'environ 15ppm en champ proche (mobile n°3 au CP03) lors du vol VA249. Cette détection ponctuelle est cohérente avec l'emplacement des analyseurs sur le chemin de ronde ; elle s'est atténuée jusqu'à un taux de 0 ppm environ 1h30 après le décollage (cf aussi **Annexe 1**).
- Au-delà du chemin de ronde, le réseau CODEX n'a pas mis en évidence de teneur notable en acide chlorhydrique. Aucune situation dégradée n'ayant eu lieu, on comprend qu'aucune teneur en produits hydrazinés ou en oxyde d'azote n'a été mesurée.
- Les mesures réalisées par l'intermédiaire des bacs à eau démontrent que les retombées chimiques gazeuses et particulaires sont essentiellement recueillies à proximité de la ZL3 (sur le chemin de ronde). Au-delà des limites du CSG, on remarque que les teneurs mesurées sont très faibles voire non quantifiables. *Pour rappel, les produits de combustion s'élèvent rapidement et ne génèrent qu'un impact localisé dans l'axe des carneaux sur une distance inférieure à 1 kilomètre.*
- En 2019, 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.

<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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 111/120
---	--	---

- Concernant l'impact sur la végétation, 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 (VV14 et VV15) en 2019, 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 2019. Pour VV15, la perte de la mission est intervenue en champ lointain, à plus de 500km des côtes guyanaises, ainsi aucune teneur en produits hydrazinés ou dioxyde d'azote n'a été mesurée par les capteurs environnement.
- 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 2019, 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.
- Concernant les pluviollessivats, 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).*

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 la trace issue 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.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 112/120
--	--	--

- 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. L'indice Poissons de Guyane (IPG) et l'Indice Diatomique de Guyane Française (IDGF) sont cohérents et attribuent un très bon état écologique à la crique Paracou, un bon état écologique aux criques des Pères et à la crique Karouabo, et un état écologique moyen à la crique Malmanoury.
- 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.
- Le suivi de la Grande Faune**, par l'Office Français de la Biodiversité, s'est centré sur les populations de pécaris à lèvres blanches, de grands félins, de tapirs et de biches rouges du CSG. Les données collectées permettent d'améliorer les connaissances scientifiques disponibles sur la biologie et l'écologie de ces espèces très mal connues. Ainsi, les domaines vitaux ont pu être modélisés et analysés, ainsi que le régime alimentaire des jaguars et pumas.

CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 113/120
--	--	---

- **La bio surveillance de la qualité de l'air par les abeilles mélipones** : Le programme de surveillance 2019 vient compléter le protocole évolutif mis en place depuis 2016 au CSG. La collaboration CNES/NBC/APILAB s'est poursuivie et s'est attaché à déployer d'autres métriques de surveillance. La campagne 2019 nous aura permis de mettre en évidence la présence d'éléments encore jamais rencontrés les années précédentes (au niveau particulaire et au niveau des pesticides). Les années précédentes montraient en effet uniquement une bonne santé générale des abeilles et un impact très limité des activités industrielles sur site. Les études vont se poursuivre en 2020 pour apporter des données qui permettront d'éclairer les acquisitions de 2019.

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 règlementaires**. Ainsi, nous pouvons confirmer, comme que les années précédentes, que **l'impact généré sur l'environnement par les activités de lancement du CSG est faible**.

<p>CENTRE SPATIAL GUYANAIS Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p>BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS</p>	<p>Réf : CSG-RP-SPX-20358-CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 114/120</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 RETOMBÉES CHIMIQUES GAZEUSES EN ACIDE CHLORHYDRIQUE) des détections supplémentaires peuvent être menées sur la route nationale n°1.

Ce cas de figure n'a concerné aucun lancement en 2019, 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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358-
		CNES
		Ed/Rev : 01/00 Classe : GP
		Date : 22/09/2020
		Page : 115/120

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 2019 DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT REALISES AU CENTRE SPATIAL GUYANAIS	Réf : CSG-RP-SPX-20358- CNES Ed/Rev : 01/00 Classe : GP Date : 22/09/2020 Page : 116/120
--	--	--

13.4. Cas du dioxyde de carbone

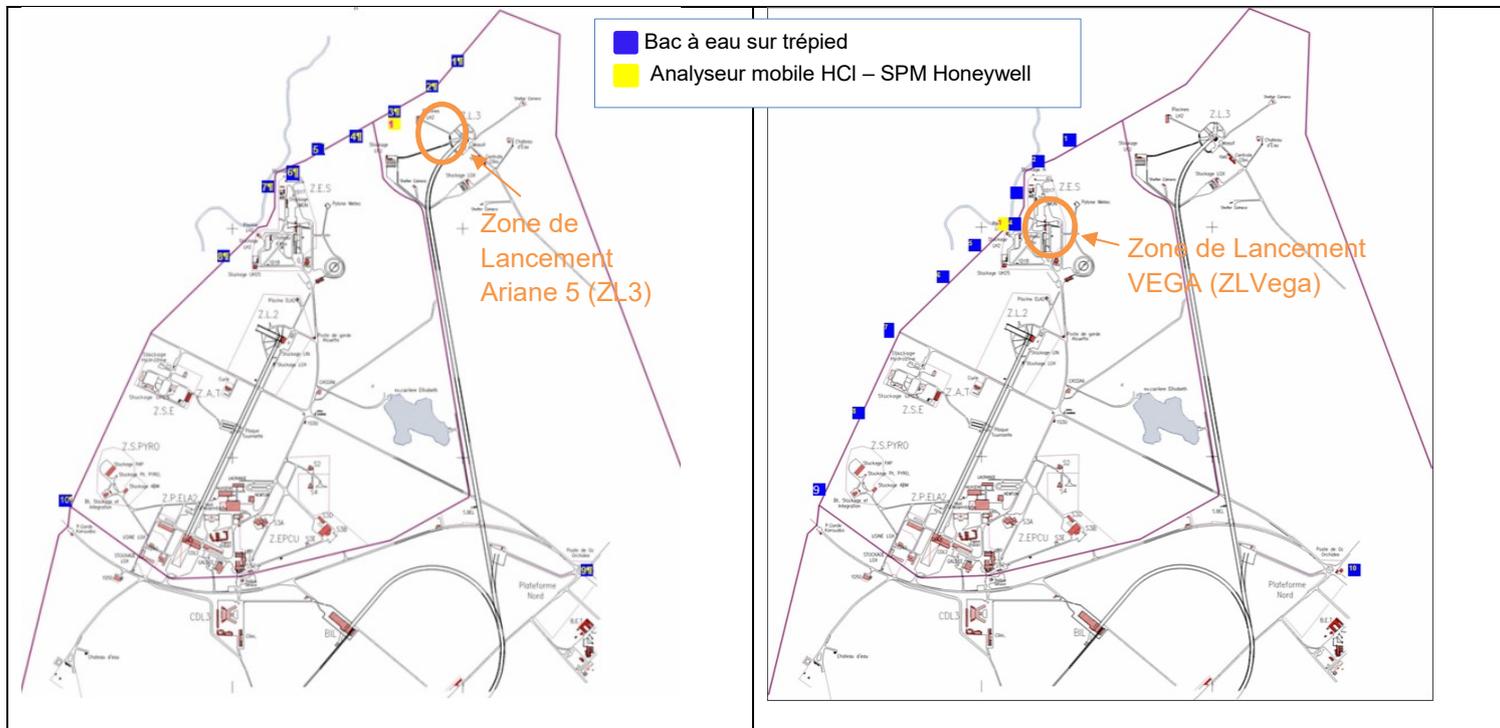
Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

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	-

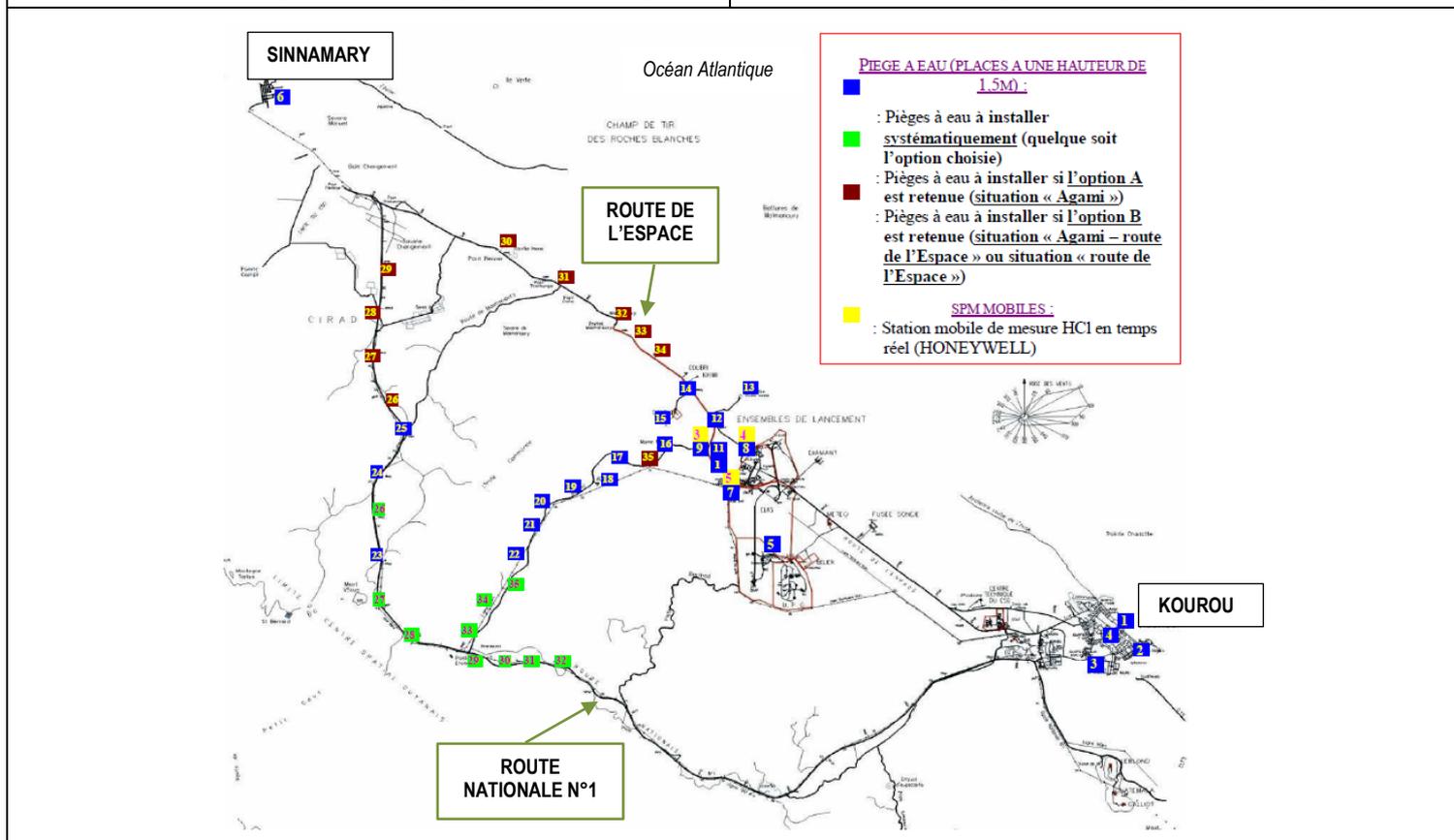
Figure 27 : Fiche toxicologique INRS

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



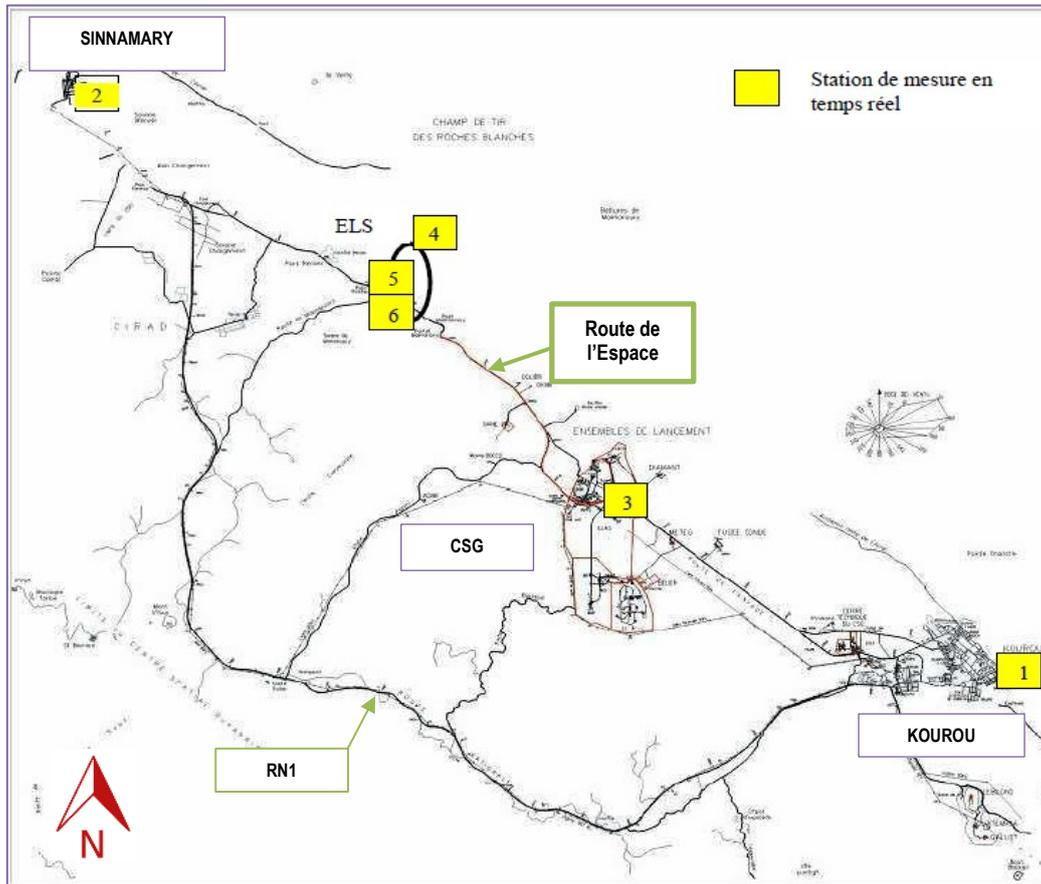
Localisation des capteurs en champ proche (ARIANE 5)

Localisation des capteurs en champ proche (VEGA)



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

**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

**BILAN 2019 DES PLANS DE MESURES
ENVIRONNEMENT REALISES AU
CENTRE SPATIAL GUYANAIS**Réf : **CSG-RP-SPX-20358-****CNES**

Ed/Rev : 01/00 Classe : GP

Date : **22/09/2020**Page : **120/120**

	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 °)
V218	74	80,1	-6,1
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
V247	60	54	6
V248	85	79	6
V249	103	89	14
V250	88	73	15

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦