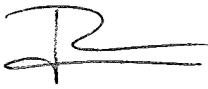
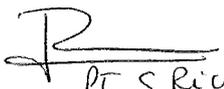
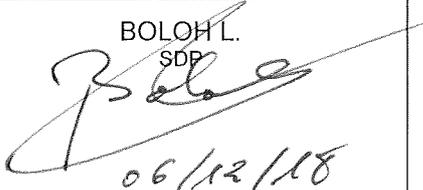


**RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ  
VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 A 22H03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 A  
08H54**

	DATE ET SIGNATURE
PRÉPARÉ PAR	LOSADA C. SDP/ES 
VÉRIFIÉ PAR	RICHARD S SDP/ES  03-12-18
APPROUVÉ PAR	LEGRAND F. SDP/ES  PF S. Richard 03/12/18
APPLICATION AUTORISÉE PAR	BOLOH L. SDP  06/12/18

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

Nombre total d'exemplaires : 12

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

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

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>2/32</b>
--	--	---

## PAGE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE

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

## MODIFICATIONS

VERSION	DATE	CHAPITRES MODIFIÉS / RAISON / NATURE DE L'ÉVOLUTION
01/00	03/12/2018	CREATION / LOSADA C.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>	
		Ed/Rev : 01/00	Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>3/32</b>	

## DOCUMENTS DE REFERENCE

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR01	CG/SDP/ES/N°16-228	Plan de mesures Environnement Ariane 5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
DR02	CSG-ES-SSS-8023-CNES	Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement SOYUZ (ELS) – Volume 2 : Étude d'impact.
DR03	LOS-IC-RS-12611-CNES	Instruction relative à la mission de coordination des mesures de sûreté - coordination environnement et sauvegarde sol
DR04	Décret n°2010-1250	Décret n°2010-1250 du 21 Octobre 2010 relatif à la qualité de l'air
DR05	Arrêté du 11 janvier 2007	Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique
DR06	CSG-RP-SSX-14762-CNES	Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S03 du 12 Octobre 2012 à 15h15
DR07	CSG-RP-SSX-14379-CNES	Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-A du S02 du 16 Décembre 2011 à 23h03
DR08	CSG-RP-SSX-14347-CNES	Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S01 du 21 Octobre 2011 à 07h30

## DOCUMENTS APPLICABLES

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DA01	Arrêté N°1689/2D/2B/ENV	<b>Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007</b> autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyuz, sise sur la commune de Sinnamary
DA02	Arrêté N°2120/DSDS	<b>Arrêté Numéro 2120/DSDS du 06 novembre 2009</b> d'autorisation du CNES au prélèvement d'eau superficielle, au traitement et à la distribution de l'eau du lac de la Roche Léna.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>4/32</b>
--	--	---

## TERMES ET DEFINITIONS

TERME	DÉFINITION
<b>Seuil des Effets Irréversibles (SEI)</b>	Concentration maximale de polluants dans l'air pour un temps d'exposition donné (10 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets irréversibles (persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à une exposition en situation accidentelle).
<b>Seuil des Effets Létaux (SEL)</b>	Concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné (10 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets létaux (décès).
<b>Valeur Limite d'Exposition (VLE)</b>	Valeur maximale de concentration de substance toxique respirable pendant au plus 15 minutes dans l'atmosphère d'un lieu de travail sans risquer d'effets irréversibles pour la santé. Elle correspond à 5 ppm d'acide chlorhydrique.
<b>Valeur Moyenne d'Exposition (VME)</b>	Concentration maximale à laquelle une personne peut être exposée sur son lieu de travail 8 heures par jour et 5 jours par semaine sans risque pour sa santé ; il s'agit de la valeur limite à laquelle un individu peut être exposé à court terme. Elle correspond à 10 mg/m <sup>3</sup> .

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>5/32</b>

## SIGLES

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alumine
<b>Al<sup>3+</sup></b>	Ion Aluminium
<b>Al</b>	Aluminium
<b>ARTA</b>	programme d'Accompagnement, de Recherche et de Technologie Ariane
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>BCS</b>	Bureau de Coordination Sauvegarde
<b>BEAP</b>	Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre
<b>BLA</b>	Base de Lancement Ariane
<b>CI</b>	Contrat Industriel
<b>CL</b>	Champ Lointain
<b>CMCK</b>	Centre Médico-Chirurgical de Kourou
<b>CNES</b>	Centre National d'Etudes Spatiales
<b>CO</b>	Monoxyde de Carbone
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de Carbone
<b>CODEX</b>	Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (Réseau de)
<b>COV</b>	Composés Organiques Volatiles
<b>CP</b>	Champ Proche
<b>CT</b>	Centre Technique
<b>CSG</b>	Centre Spatial Guyanais
<b>dB</b>	Décibel
<b>ELA</b>	Ensemble de Lancement ARIANE
<b>ELS</b>	Ensemble de Lancement SOYOUZ
<b>ESQS</b>	Europe Spatiale Qualité Sécurité
<b>GPS</b>	Système de Positionnement Global
<b>H<sub>2</sub></b>	Dihydrogène

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf :	<b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev :	01/00                      Classe : GP
		Date :	<b>03/12/2018</b>
		Page :	<b>6/32</b>

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
<b>HC</b>	Hydrocarbures imbrûlés
<b>HCl</b>	Acide Chlorhydrique
<b>ICPE</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
<b>INERIS</b>	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
<b>IRD</b>	Institut de Recherche et de Développement
<b>LD</b>	Limite de Détection
<b>LIN</b>	Azote Liquide
<b>LOX</b>	Oxygène Liquide
<b>MEST</b>	Matières En Suspension Totales
<b>MIK</b>	Bâtiment d'assemblage du lanceur SOYUZ et d'essais de l'étage Frégat
<b>MMH</b>	Mono Méthyl Hydrazine
<b>NaCl</b>	Chlorure de Sodium
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de Sodium / Soude
<b>N<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	Hydrazine
<b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	Peroxyde d'Azote
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'Azote
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxyde d'Azote
<b>pH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>PHHC</b>	Peroxyde Hydrogène Haute Concentration
<b>ppb</b>	Partie par milliard en volume (10 <sup>-9</sup> ), soit 1 mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
<b>ppm</b>	partie par million
<b>PRS</b>	Pupitre Responsable Sauvegarde
<b>RN1</b>	Route Nationale 1
<b>RS</b>	Radiosondage
<b>RSM</b>	Responsable Sauvegarde Météo
<b>SARRIM</b>	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
<b>SEI</b>	Seuil des Effets Irréversibles

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>7/32</b>
--	--	---

<b>SIGLE / ABRÉVIATION</b>	<b>DÉFINITION</b>
<b>SEL</b>	Seuil des Effets Létaux
<b>SPM</b>	« Single Point Monitor »
<b>UDMH</b>	Unsymmetrical Di MethylHydrazine (Diméthyl hydrazine asymétrique)
<b>UPG</b>	Usine de Propergol Guyane
<b>VLE</b>	Valeur Limite d'Exposition
<b>VME</b>	Valeur Moyenne d'Exposition
<b>VLI</b>	Vitesse Limite d'Impact
<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence
<b>ZP</b>	Zone de Préparation
<b>ZLS</b>	Zone de Lancement Soyouz

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>8/32</b>
---	--	---

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>RESUMES NON TECHNIQUES .....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>OBJET - DOMAINE D'APPLICATION .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.</b>	<b>RAPPEL DES DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES .....</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>RAPPELS CONCERNANT LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT DES VOLS S16 ET S17.....</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>LOCALISATION DES POINTS DE MESURES .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1.</b>	<b>LOCALISATION DES POINTS DE MESURES .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.</b>	<b>LES SHELTERS « ENVIRONNEMENT SA » .....</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1.</b>	<b>SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES POLLUANTS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2.</b>	<b>DONNEES BRUTES DES RADIOSONDAGES.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 1R280117 (VS16) .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2.2.</b>	<b>DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 1R180517 (VS17) .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.</b>	<b>SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE REALISE EN CHRONOLOGIE POSITIVE.....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.1.</b>	<b>SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 1R280117 (VS16).....</b>	<b>19</b>
<b>5.3.2.</b>	<b>SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 1R180517 (VS17).....</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR (RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES) .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1.</b>	<b>OBJECTIF DES MESURES .....</b>	<b>27</b>
<b>6.2.</b>	<b>RESULTATS DES MESURES.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2.1.</b>	<b>RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2.2.</b>	<b>ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA .....</b>	<b>28</b>
<b>6.2.3.</b>	<b>RESULTATS DES DETECTEURS DU RESEAU CODEX.....</b>	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS SOYUZ VOL S16 ET VOL S17.....</b>	<b>30</b>
<b>8.</b>	<b>ANNEXE 1 : ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA POUR VS16 .....</b>	<b>31</b>
<b>9.</b>	<b>ANNEXE 1 : ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA POUR VS17 .....</b>	<b>32</b>

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>9/32</b>
---	--	---

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure .....	15
Tableau 2 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R280117 pour les couches atmosphériques représentatives. ....	17
Tableau 3 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R180517 pour les couches atmosphériques représentatives. ....	18
Tableau 4 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM (VS16). ....	19
Tableau 5 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM. ....	23

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Retombées en monoxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117 .....	19
Figure 2 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117.....	20
Figure 3 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117 .....	21
Figure 4 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117 .....	22
Figure 5 : Retombées en monoxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117 .....	23
Figure 6 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117.....	24
Figure 7 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R180517 .....	25
Figure 8 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R180517 .....	26

**1. RESUMES NON TECHNIQUES**

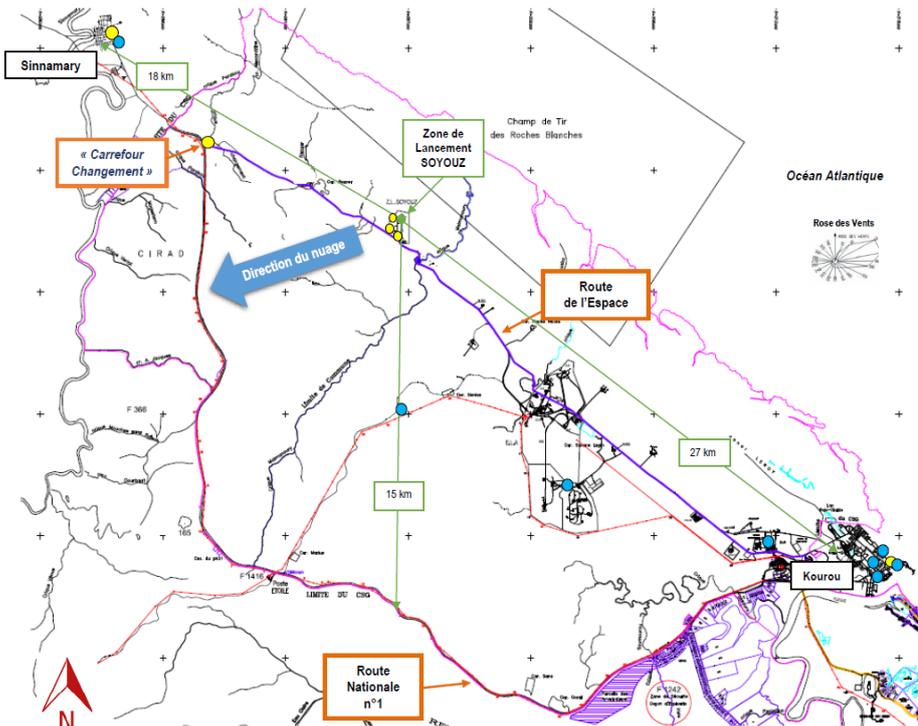


**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 16**

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

Ven  
**27**  
Janv  
2017

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



Seuls les produits de combustion des moteurs du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> Etages (Blocs latéraux et bloc A) sont dispersés dans l'atmosphère



**Monoxyde / Dioxyde d'Oxygène + Oxydes de soufre et d'azote**  
(CO / CO<sub>2</sub>) (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)

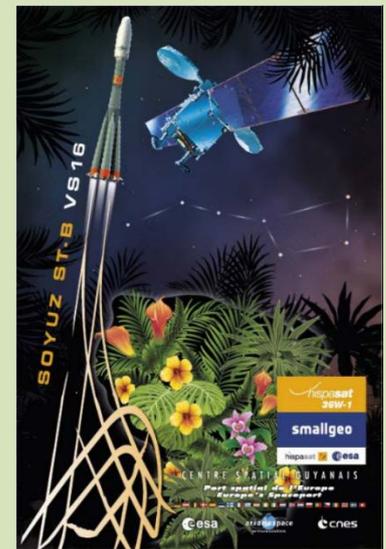


Soyuz

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

Le vol 16 en bref :

1 Satellite de télécommunication  
**HISPASAT 36W-1**



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

**CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 16**

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

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

Une question ?

[environnement-csg@cnes.fr](mailto:environnement-csg@cnes.fr)

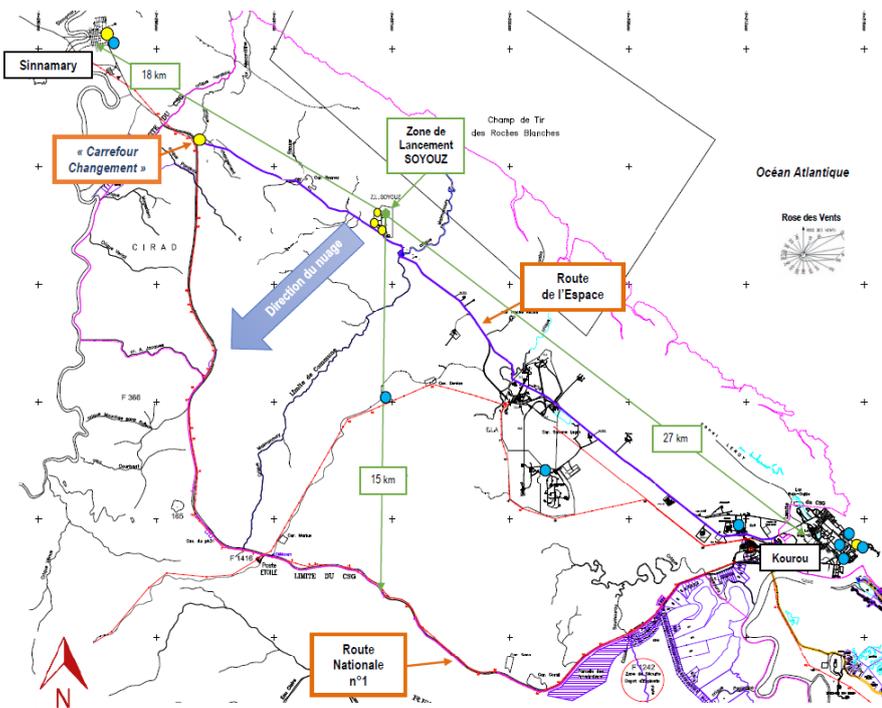


**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VOL SOYUZ 17**

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  
**18**  
Mai  
2017

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



Soyuz

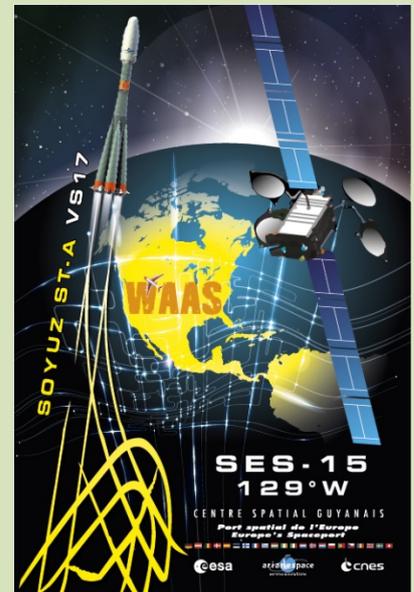
Le jeudi 18 mai 2017 à 08h54 (Heure locale).

Le vol 17 en bref :

1<sup>er</sup> satellite géostationnaire de télécommunication

« tout électrique »

SES-15



Seuls les produits de combustion des moteurs du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> Etages (Blocs latéraux et bloc A) sont dispersés dans l'atmosphère



**Monoxyde / Dioxyde d'Oxygène + Oxydes de soufre et d'azote**  
(CO / CO<sub>2</sub>) (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)

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 <sub>2</sub> / SO <sub>x</sub> / NO <sub>x</sub> / O <sub>3</sub> / PM <sub>2.5</sub> / PM <sub>10</sub> / HCT ( Telematic Solutions )	
Analyseurs fixes		Acide chlorhydrique en continu	

**CONCLUSIONS SUR LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT VS 17**

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

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

Une question ?

[environnement-csg@cnes.fr](mailto:environnement-csg@cnes.fr)

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>12/32</b>
--	--	--

## 2. OBJET - DOMAINE D'APPLICATION

Ce document a pour objet de présenter les résultats des mesures d'impact sur l'environnement réalisées lors des lancements SOYUZ de l'année 2017 :

- **VS16 du 27 janvier 2017 à 22h03** (heure locale) : transport du satellite **HISPASAT 36W-1**
- **VS17 du 18 mai 2017 à 08h54** (heure locale) : transport du satellite **SES-15**

Ce document est élaboré pour répondre aux objectifs suivants :

- Évaluer l'impact des activités spatiales et des lancements Soyuz sur l'Environnement.
- Se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Ensemble de Lancement Soyuz (ELS) **[DA01]**,
- Confirmer les conclusions inscrites dans l'étude d'impact réalisée dans le cadre de la constitution du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter l'Ensemble de Lancement Soyuz **[DR01]**,
- Confirmer les conclusions des premiers plans de mesures environnement Soyuz **[DR6 à 8]**.

### 2.1. Rappel des dispositions réglementaires

**L'Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007** autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyuz (ELS), sise sur la commune de Sinnamary **[DA01]** précise les mesures à effectuer dans le cadre de la surveillance des effets sur l'environnement des lancements.

« A l'occasion de chaque tir du lanceur SOYUZ, l'exploitant doit en outre assurer une surveillance de la qualité de l'air et des retombées de poussières, dans les atmosphères des agglomérations de Kourou et de Sinnamary ainsi que sur le site de la base spatiale » (Article 9.2.5).

« Le nombre de points de mesure et les conditions dans lesquelles les appareils de mesures doivent être installés et exploités sont soumis à l'approbation de l'inspection des installations classées » (Article 9.2.5.1).

Les domaines couverts par le plan de mesures SOYOUZ sont donc les suivants :

- **Mesurer en continu** les retombées chimiques gazeuses et particulaires issues des **moteurs du 1er (blocs latéraux) et 2<sup>nd</sup> (bloc A) étage** de Soyuz. La quantification des concentrations en **monoxyde de carbone (CO)**, en **dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**, en **oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)**, en **oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>)**, en **ozone (O<sub>3</sub>)**, en **composés organiques volatiles** et **hydrocarbures (COV / HCT)** et en **particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>)** a lieu sur 6 sites (villes de Kourou, de Sinnamary, Ensemble de Lancement Soyuz et BLA),
- **Mesurer, en continu et en différents lieux** (Kourou, Sinnamary, Centre Technique, sites Colibri, Agami et Toucan), les teneurs en **peroxyde d'azote (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> = 2 NO<sub>2</sub>)** 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.

<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service <b>Environnement et Sauvegarde Sol</b></p>	<p><b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>13/32</b></p>
--	---	--

Le Service Environnement et Sauvegarde sol du CNES/CSG coordonne les mesures de sûreté et de sauvegarde des personnes, des biens et de l'environnement. Il est ainsi responsable des mesures relatives au suivi de l'impact environnemental global des activités industrielles du CSG **[DR02]**.

En outre, le service Environnement et Sauvegarde Sol du CNES/CSG s'appuie sur le code de calcul SARRIM à l'issue des chronologies de lancements SOYUZ afin de satisfaire aux obligations de l'**Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV**. En effet, 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...).

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : 14/32
--	--	---

### **3. RAPPELS CONCERNANT LES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT DES VOLS S16 ET S17**

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 Soyuz (ZLS) située au sein de l'Ensemble de Lancement Soyuz, 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 SOYUZ, qui conditionne la méthodologie de plan de mesures environnement.

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

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

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

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

- Les analyseurs en continu de la marque ENVIRONNEMENT SA dont les points de mesures sont répartis sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque HONEYWELL constituant le réseau CODEX ; dans le cas d'une chronologie SOYUZ le CODEX est un moyen de surveillance en cas de situation dégradée.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>	Classe : GP
		Ed/Rev : 01/00	
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>15/32</b>	

## 4. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES

### 4.1. 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 1 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure**

EMPLACEMENT		DISTANCE ZLS (m)	ANALYSEUR ENV. SA
A I R	Hôtel des Roches à 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

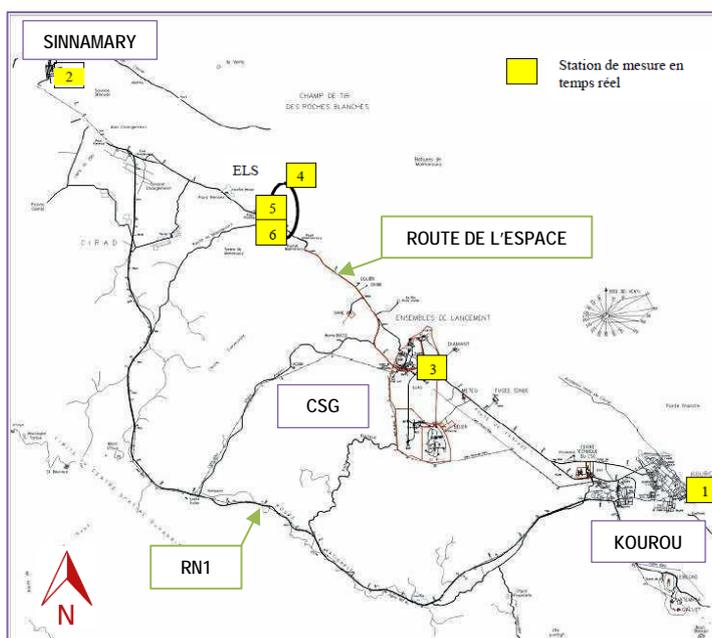
Le détail des instruments mis en place est présenté dans le document référencé **[DR01]**. Il est à retenir que chaque « shelter » réalise des mesures pour l'ensemble des paramètres précédemment cités.

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

### 4.2. Les shelters « Environnement SA »

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

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



<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>16/32</b></p>
---	--	--

## 5. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

La localisation de la « trace » de combustion de Soyuz peut varier à chaque lancement. Cette localisation ne peut être connue à l'avance du fait de la climatologie locale.

Au moyen du code de calcul 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 (présentées aux *paragraphes* **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et 6 du présent document), sur le comportement réel de la « trace » de combustion ainsi que sur les concentrations au sol des retombées chimiques et particulaires.

### 5.1. SARRIM, l'outil de modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants

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 de polluants). 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).

Une adaptation a été réalisée afin de prendre en compte le nouveau lanceur Soyuz (combustion d'un mélange kérosène/oxygène – lanceur équipé d'étages à propulsion liquide

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 très largement 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 la trace de combustion issue des 2 premiers étages de Soyuz.

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

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00                      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>17/32</b>

## 5.2. Données brutes des radiosondages

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

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

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

### 5.2.1. Données brutes du radiosondage 1R280117 (VS16)

Le jour du lancement, à H0 +23 minutes, un radiosondage spécifique est effectué. Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

**Tableau 2 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R280117 pour les couches atmosphériques représentatives.**

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (hPa)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1012,7	2,0	100	24,2	97
100	1002,7	5,7	87	25,2	90,2
500	958,1	12,9	71	22,9	91,2
1000	904,6	11,9	77	19,3	99,0
1500	853,5	12,4	88	17,1	96,6
2000	804,9	10,5	77	14,6	88,8
2500	758,7	6,9	100	13,4	78,0
3000	714,8	4,8	118	10,8	76,8
3500	673,1	4,7	117	7,7	79,5
4000	633,4	6,9	141	5,7	70,8

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>18/32</b>

### 5.2.2. Données brutes du radiosondage 1R180517 (VS17)

Le jour du lancement, à H0 +22 minutes, un radiosondage spécifique est effectué. Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

**Tableau 3 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R180517 pour les couches atmosphériques représentatives.**

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (hPa)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1153,7	5,0	60	28,4	84,0
100	1002,4	5,1	33	27,5	77,6
500	957,9	9,1	54	23,3	92,0
1000	904,5	8,0	62	19,7	88,2
1500	853,5	6,4	94	17,7	85,5
2000	804,9	7,9	90	15,4	73,3
2500	758,7	9,6	99	13,3	48,8
3000	714,8	11,5	87	11,4	43,2
3500	673,0	8,5	95	6,7	63,4
4000	633,0	7,1	91	4,3	48,3

### 5.3. Simulation SARRIM à partir du radiosondage réalisé en chronologie positive

Les données d'entrée nécessaires à la simulation sont les suivantes :

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

Au moyen des données issues de la modélisation SARRIM, la hauteur à laquelle le nuage de combustion se stabilise ainsi que la direction et la vitesse qu'il prend dans les basses et les hautes couches de l'atmosphère sont déterminées.

Les résultats pour VS16 et VS17 sont synthétisés dans les parties suivantes.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf :	<b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev :	01/00                      Classe : GP
		Date :	<b>03/12/2018</b>
		Page :	<b>19/32</b>

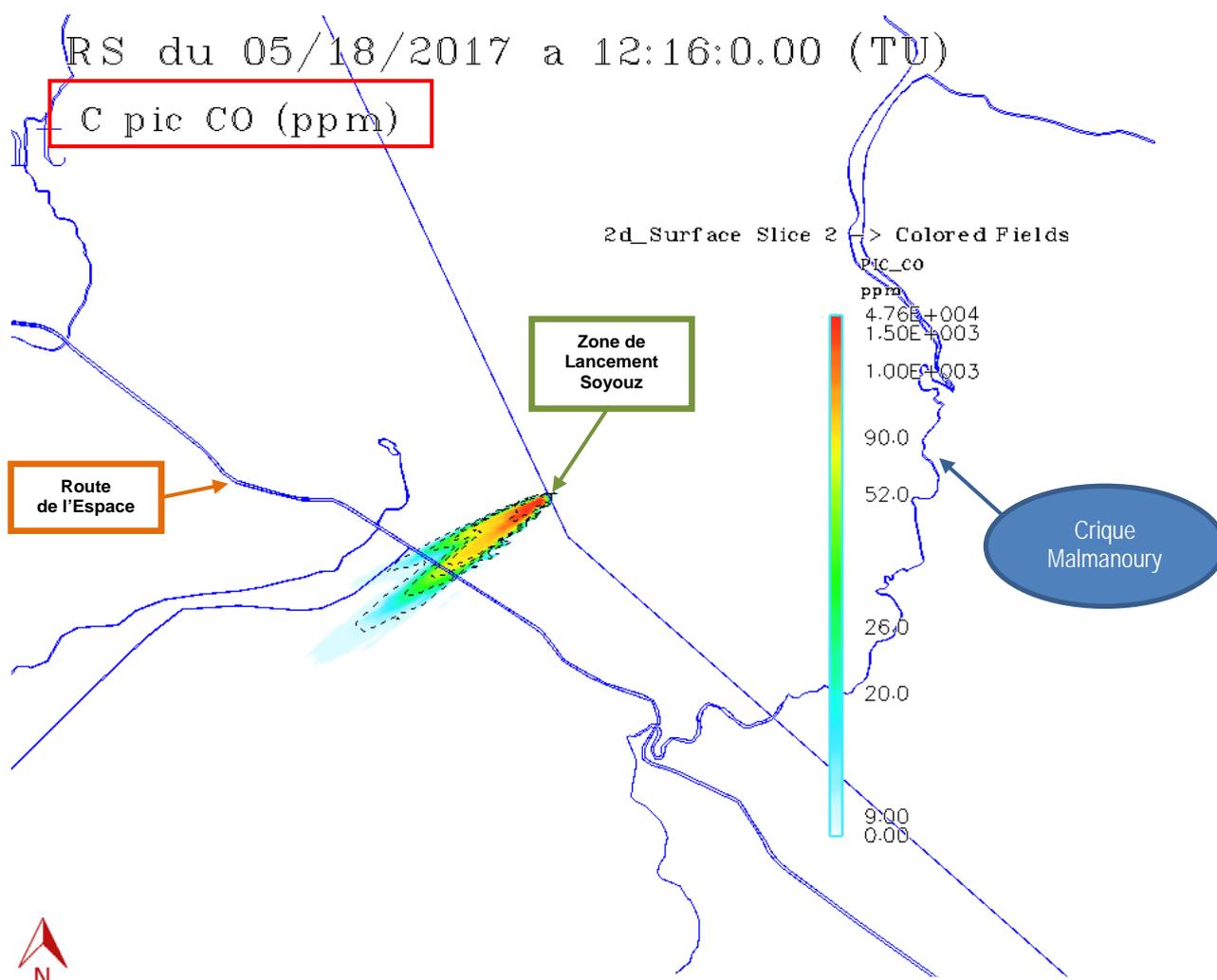
5.3.1. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 1R280117 (VS16)

**Tableau 4 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM (VS16).**

<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>317</b>
<b>BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE</b> (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	6,9
- Direction moyenne des vents (°)	84
⇒ Les vents sont orientés vers	<b>Ouest</b>

Les **figures 1 à 4** présentent ci-après les modélisations de retombées en monoxyde et en dioxyde de carbone issues de la trace de combustion lors du décollage du Vol SOYUZ 16.

**Figure 1: Retombées en monoxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117**

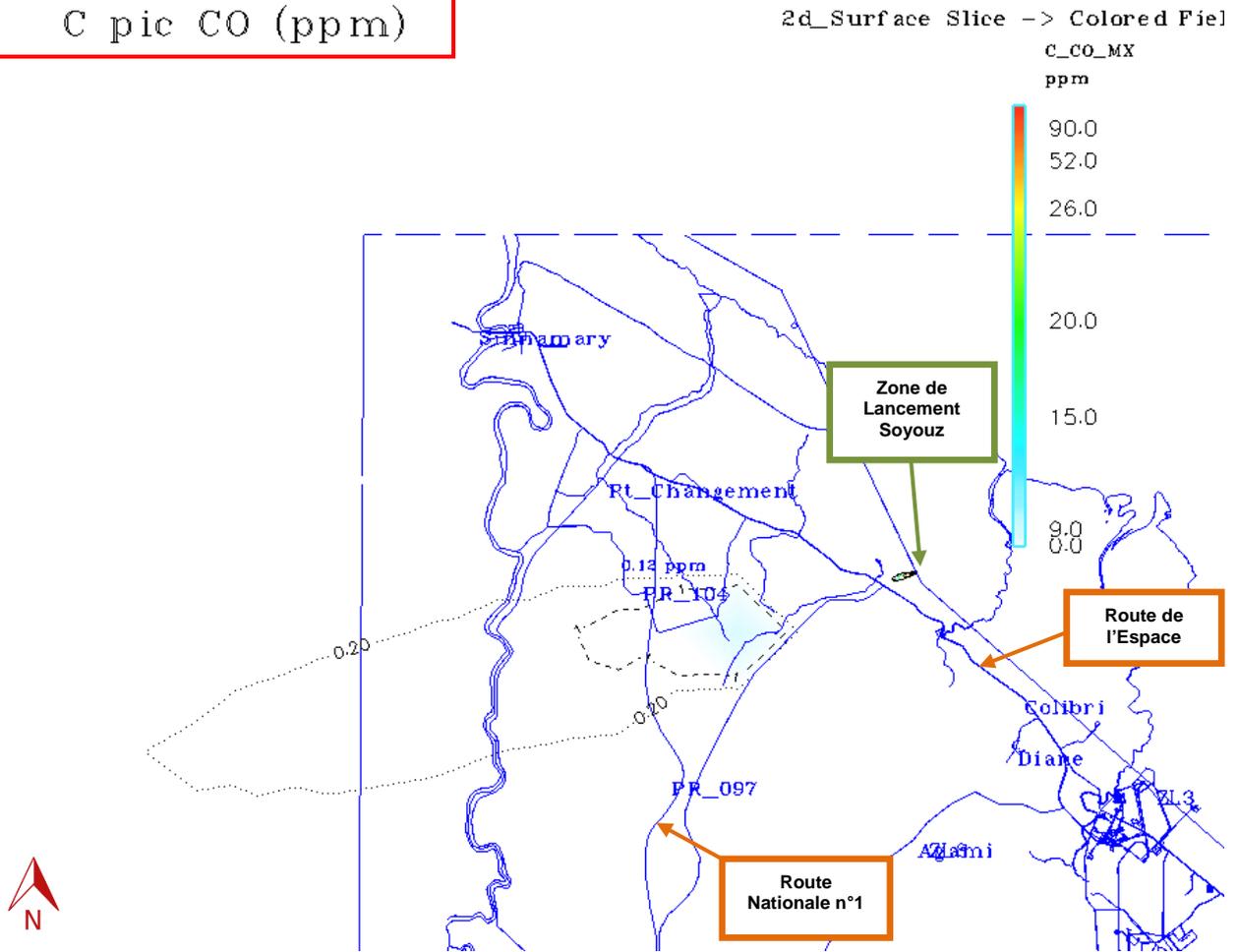


<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYOZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf :	<b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev :	01/00      Classe : GP
		Date :	<b>03/12/2018</b>
		Page :	<b>20/32</b>

**Figure 2 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117**

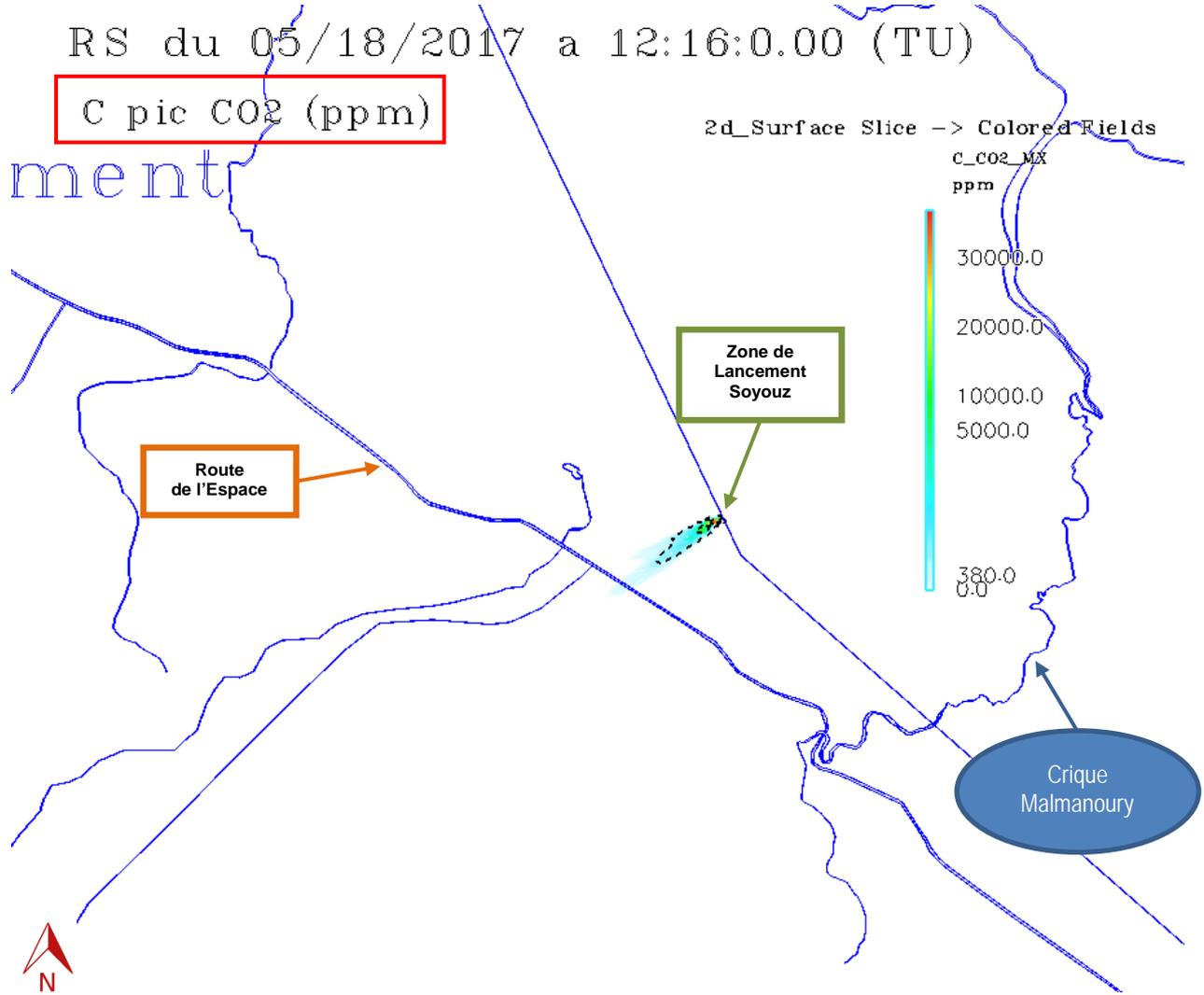
RS du 01/28/2017 a 01:25:0.00 (TU)

C pic CO (ppm)



<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>  Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement  Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p><b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYOZ</b>  <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b>  <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>  Ed/Rev : 01/00      Classe : GP  Date : <b>03/12/2018</b>  Page : 21/32</p>
---	---	--

Figure 3 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117

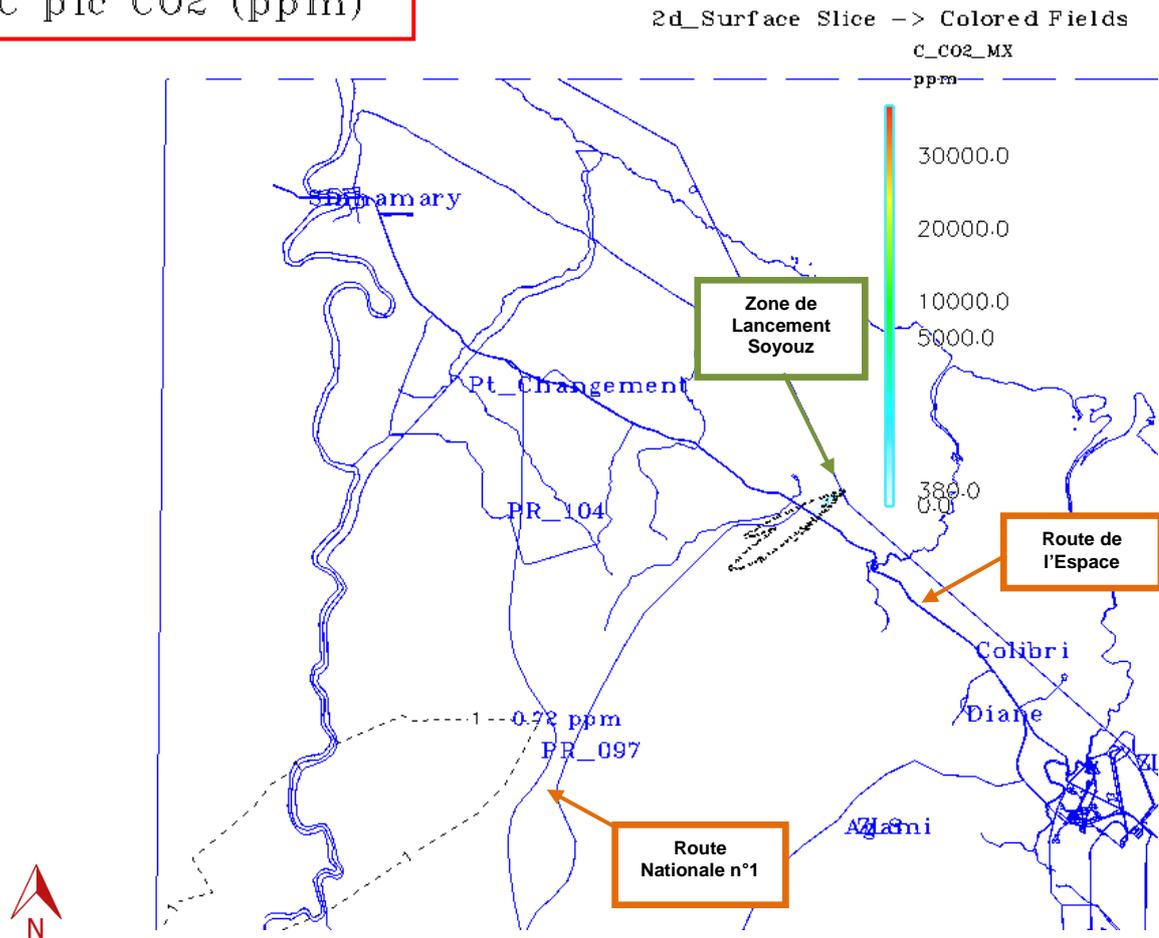


<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf :	<b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev :	01/00                      Classe : GP
		Date :	<b>03/12/2018</b>
		Page :	<b>22/32</b>

Figure 4 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117

RS du 05/18/2017 a 12:16:0.00 (TU)

C pic CO2 (ppm)



Les résultats des simulations SARRIM annoncent les valeurs maximales de concentrations en dioxyde de carbone (CO2) et monoxyde de carbone (CO) en champ proche et lointain.

Ces modélisations indiquent que les concentrations maximales sont mesurées en champ proche, avec un pic de concentration en CO2 qui s'élève à 2683 ppm et un pic de concentration en CO qui s'élève à 1843 ppm. Ces pics de concentrations sont estimés à 200m du pas de tir. Les pics de concentrations diminuent en s'éloignant du pas de tir jusqu'à atteindre 0,4 ppm en CO2 et 0,3 ppm en CO à 2 km de le ZLS.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev : 01/00      Classe : GP
		Date : <b>03/12/2018</b>
		Page : <b>23/32</b>

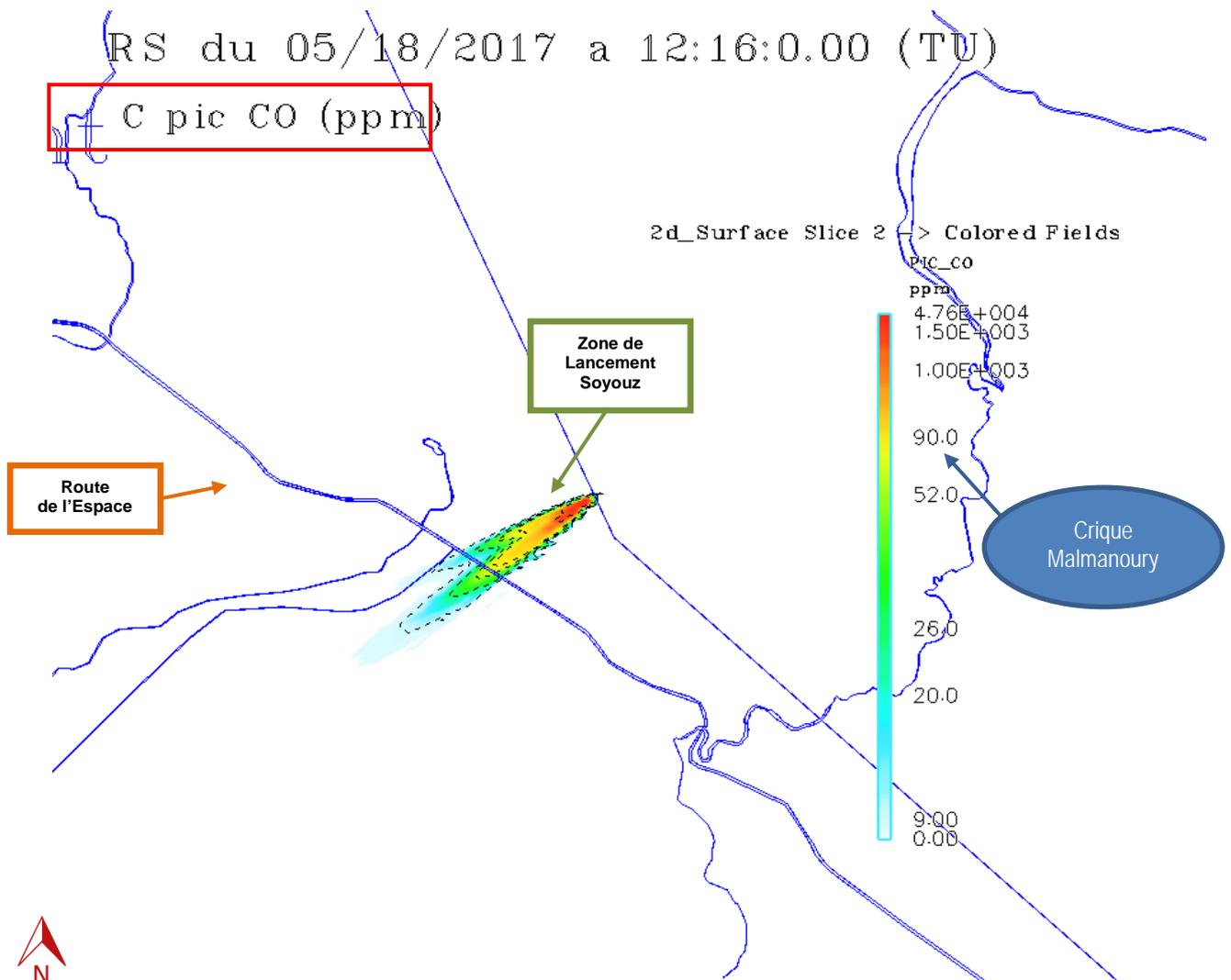
5.3.2. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 1R180517 (VS17)

**Tableau 5 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM.**

<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>769</b>
<b>BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE</b> (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	8
- Direction moyenne des vents (°)	52
⇒ Les vents sont orientés vers	<b>Sud-Ouest</b>

Les Figures 5 à 9 présentent ci-après les modélisations de retombées en monoxyde et en dioxyde de carbone issues de la trace de combustion lors du décollage du Vol SOYUZ 17.

**Figure 5 : Retombées en monoxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R280117**

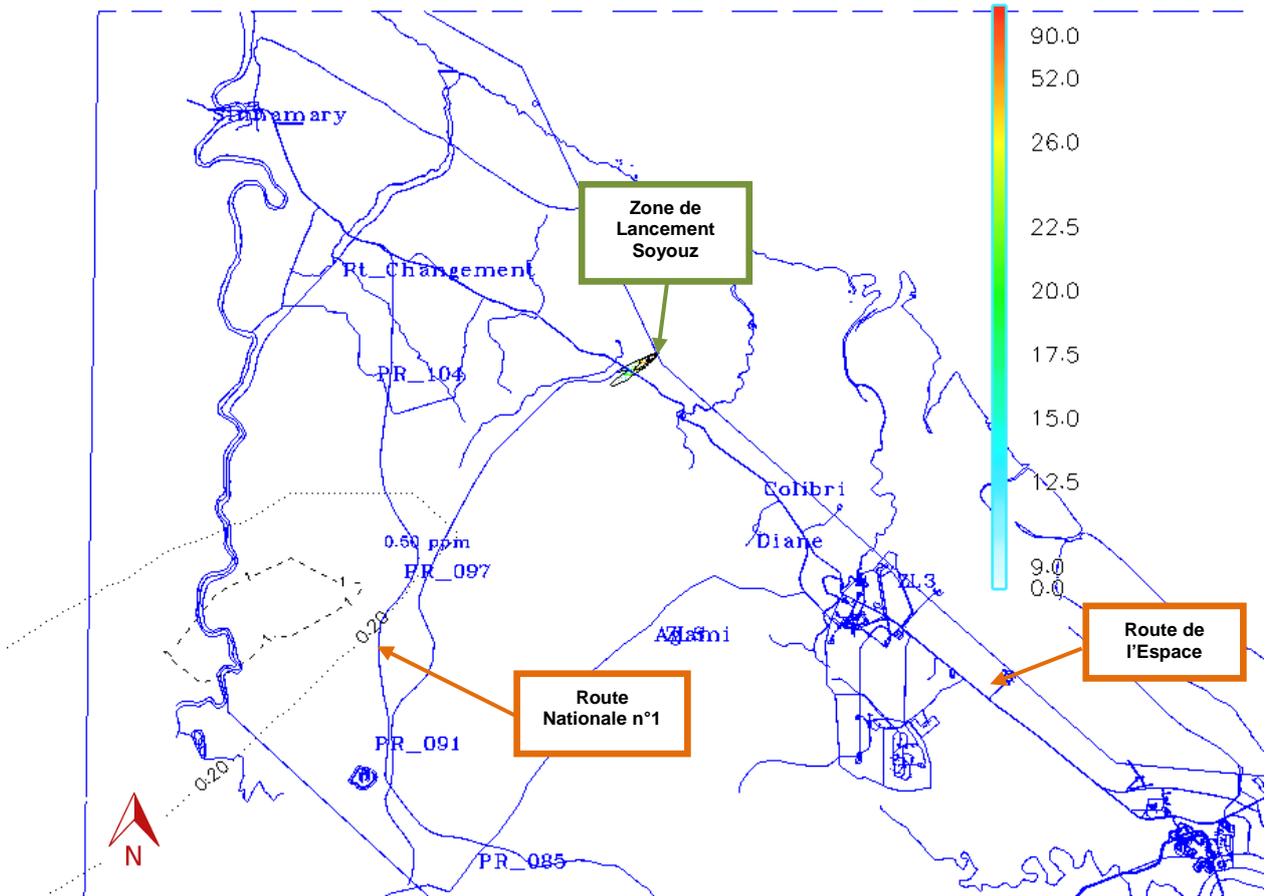


<p><b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b>  Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement  Service Environnement et Sauvegarde Sol</p>	<p align="center"><b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b>  <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b>  <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b></p>	<p>Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>  Ed/Rev : 01/00      Classe : GP  Date : <b>03/12/2018</b>  Page : 24/32</p>
---	--	--

**Figure 6 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R280117**

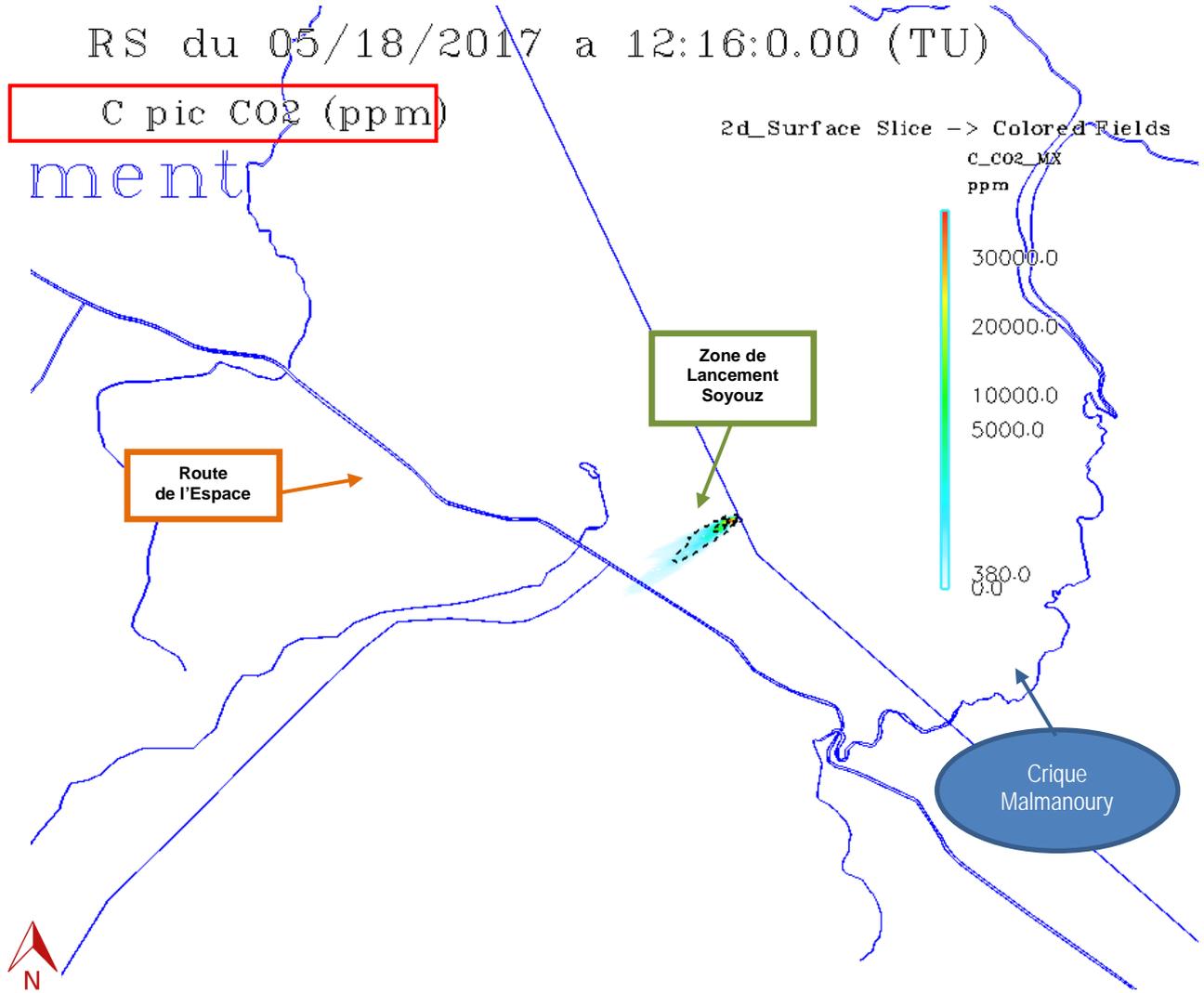
RS du 05/18/2017 a 12:16:0.00 (TU)

2d\_Surface Slice -> Colored Fields  
C pic CO (ppm)      C\_CO\_MX ppm



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYOUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf :	<b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>
		Ed/Rev :	01/00      Classe : GP
		Date :	<b>03/12/2018</b>
		Page :	<b>25/32</b>

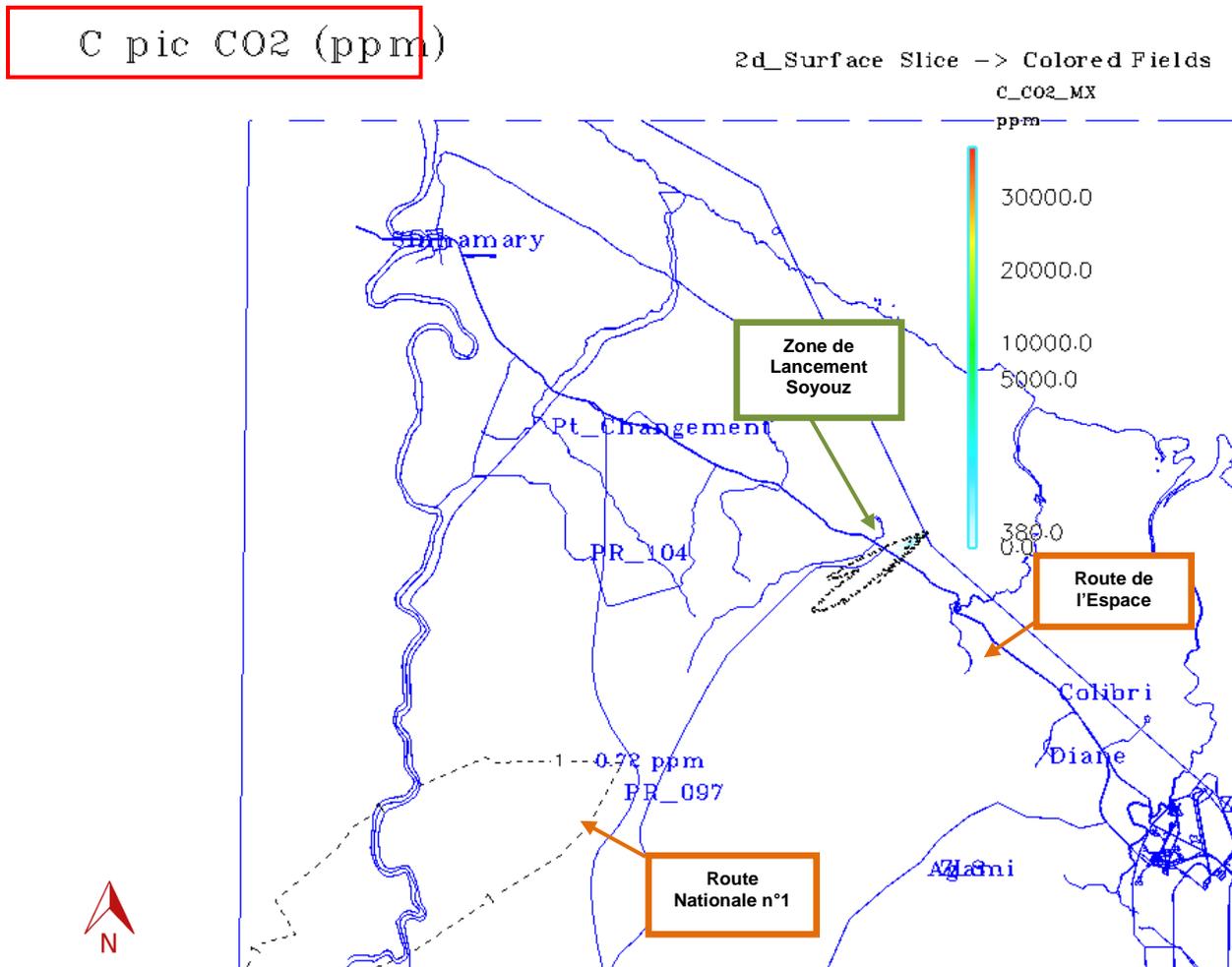
Figure 7 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche selon le RS CP 1R180517



<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b>	Classe : GP
		Ed/Rev : 01/00	
		Date : <b>03/12/2018</b>	
		Page : <b>26/32</b>	

Figure 8 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain selon le RS CP 1R180517

RS du 05/18/2017 a 12:16:0.00 (TU)



Les résultats des simulations SARRIM annoncent les valeurs maximales de concentrations en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et monoxyde de carbone (CO) en champ proche et lointain.

Ces modélisations indiquent que les concentrations maximales sont mesurées en champ proche, avec un pic de concentration en CO<sub>2</sub> qui s'élève à 7584 ppm et un pic de concentration en CO qui s'élève à 5211 ppm. Ces pics de concentrations sont estimés à 200m du pas de tir. Les pics de concentrations diminuent en s'éloignant du pas de tir jusqu'à atteindre 11 ppm en CO<sub>2</sub> et 7 ppm en CO à 2 km de le ZLS

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>27/32</b>
--	--	--

## 6. MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR (RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES)

### 6.1. Objectif 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 (1er étage) et le corps central (2ème étage) du lanceur Soyuz.

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

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

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

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

### 6.2. Résultats des mesures

#### 6.2.1. Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA

Il est intéressant de rappeler que les produits suivis par le biais du plan de mesures environnement sont soit :

- naturellement présents (émissions de la forêt, composition de l'atmosphère, etc.)
- émis par l'activité humaine (véhicules motorisés, groupes électrogènes, brûlages à l'air libre de végétaux, etc.).

#### Interprétation des graphiques – VS16 :

Premièrement il convient de noter que 5 shelters ont permis d'obtenir des données pour cette campagne :

- Les shelters de Kourou, Sinnamary, 3551 (ELS), 3529 (ZLS) et du 3556 (ELS).
- Le shelter BLA- EPCU S3G (Laboratoire de chimie) était défaillant.

Sur les 8 paramètres analysés, aucun pic de concentration suite au tir n'est observé.

Par ailleurs, les concentrations mesurées pour les paramètres **SO<sub>2</sub>**, **NO<sub>2</sub>**, **CO** et **O<sub>3</sub>** ne dépassent pas l'objectif de qualité fixé par le **décret 2002-213 du 15 février 2002** (...) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement (...).

Concernant les paramètres **HCT** et **CO<sub>2</sub>**, aucune variation significative des concentrations dans la journée n'est observée.

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYOUZ</b> <b>VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03</b> <b>ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>28/32</b>
--	---	--

En observant les paramètres **PM<sub>10</sub>** et **PM<sub>2,5</sub>**, on constate des pics de concentration, notamment vers 20h00 à Kourou. Sachant que le lancement S16 n'a eu lieu qu'à 22h03 et que le shelter de Kourou n'est pas couvert par le nuage de combustion de Soyouz (cf modélisation SARRIM), ces pics de concentrations ne peuvent pas être attribués au tir mais à d'autres phénomènes extérieurs tels que la circulation de voitures.

### Interprétation des graphiques – VS17 :

Pour cette campagne, seuls 3 shelters ont permis d'obtenir des données sur la qualité de l'air :

- Les shelters de Sinnamary, 3551 (ELS) et du 3556 (ELS).
- Les shelters de l'hôtel des Roches à Kourou et le shelter 3529 (ZLS) étaient défaillants.

De la même manière que pour VS16, les paramètres **SO<sub>2</sub>**, **NO<sub>2</sub>**, **CO** et **O<sub>3</sub>** ne dépassent pas l'objectif de qualité fixé par le **décret 2002-213 du 15 février 2002** (...) relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement (..).

Concernant le paramètre **NO<sub>2</sub>**, on observe un pic de concentration à H0, uniquement au droit du shelter du 3551, à l'intérieur de l'ELS.

Par ailleurs, on observe une augmentation de la concentration en **SO<sub>2</sub>** suite au tir. Cette augmentation ne semble pas liée au lancement car les teneurs continuent d'augmenter plus de 2h après le tir.

On observe également une augmentation de la concentration en **ozone (O<sub>3</sub>)** à partir de 06h15, qui s'explique par le levé du jour (concentration photochimique). De même, on note une augmentation des concentrations en **PM<sub>10</sub>** et **PM<sub>2,5</sub>** à partir de 06h15, c'est-à-dire plus de 2h30 avant le tir.

Concernant les paramètres **HCT** et **CO<sub>2</sub>**, aucune variation significative des concentrations n'est observée durant la période de mesure.

### 6.2.2. Analyse statistique des résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA

Afin de faciliter la compréhension des résultats, une analyse statistique simple a été réalisée sur l'ensemble des données exploitables mesurées (cf annexe 1).

Elle permet de comparer l'ensemble des concentrations mesurées pendant le fonctionnement des shelters environnement avec les données mesurées entre H0 et H0+2h (données d'après-tir).

Cette analyse met en avant les éléments suivant :

- **VOL S16**

Hormis au droit du 3529 (ZLS) en SO<sub>2</sub> et au droit du 3556 (ELS) en HCT, les concentrations maximales mesurées en produit de combustion ne correspondent pas à la période d'après-tir. De plus, les deux points cités précédemment présentent des maximums relativement faibles et proches de la moyenne.

Par ailleurs, les concentrations mesurées après le tir (entre H0 et H0+2h) sont dans le même ordre de grandeur que l'ensemble des valeurs mesurées (moyenne inférieure ou dans le même ordre de grandeur que la somme de la moyenne et de l'écart type pour l'ensemble des données).

**Par conséquent, les mesures effectuées indiquent qu'il n'y a pas de modification significative de la concentration en produits de combustion dans l'air liée au vol S16.**

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : <b>29/32</b>
---	--	--

- **Vol S17**

La concentration maximale en NO<sub>2</sub> au droit du 3551 lors de cette campagne correspond à une valeur mesurée après le tir (11 µg/m<sup>3</sup>). A noter que des valeurs supérieures à 11 µg/m<sup>3</sup> ont été mesurées au droit du 3556 avant le tir.

Hormis pour de ce point, les concentrations maximales mesurées en produit de combustion ne correspondent pas à la période d'après-tir.

**Par conséquent, les mesures effectuées indiquent qu'il n'y a pas d'augmentation significative de la concentration en produits de combustion dans l'air liée au vol S17.**

### 6.2.3. Résultats des détecteurs du réseau CODEX

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 2 systèmes CODEX mobiles, aucune teneur en dioxyde d'azote et en produits hydrazinés n'a été détectée car il n'y a pas eu de fonctionnement dégradé des lanceurs lors des vols S16 et S17

<b>CENTRE SPATIAL GUYANAIS</b> Sous-Direction de la Protection, de la Sauvegarde et de l'Environnement Service Environnement et Sauvegarde Sol	<b>RESULTATS DES PLANS DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ VOL S16 DU 27 JANVIER 2017 à 22h03 ET VOL S17 DU 18 MAI 2017 à 08h54</b>	Réf : <b>CSG-RP-SPX-19317-CNES</b> Ed/Rev : 01/00      Classe : GP Date : <b>03/12/2018</b> Page : 30/32
--	--	---

## 7. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES LANCEMENTS SOYUZ VOL S16 ET VOL S17

Les missions SOYUZ VS16 et VS17, effectuées respectivement les 27 Janvier et le 18 mai 2017, ont permis la mise à poste de plusieurs satellites de télécommunications, correspondants aux 1<sup>er</sup> et 5<sup>ème</sup> vols réussis de l'année 2017.

La surveillance de la qualité de l'air par les analyseurs en continu n'a pas mis en évidence d'impact direct des produits de combustion émis par Soyuz sur le territoire du CSG et les villes de Kourou et de Sinnamary.

Dans le cas où des impacts liés ou lancement ont été détectés, ils sont restés très localisés et contenus géographiquement à l'Ensemble de Lancement Soyuz.

Les valeurs mesurées correspondent

- au bruit de fond ambiant qui suit des variations nycthémérales (dynamique « naturelle » de variations),
- au cumul des produits émis par les véhicules motorisé et la végétation.

Les résultats obtenus par la simulation SARRIM, réalisée au moyen du radiosondage le plus représentatif de l'état de l'atmosphère (le plus proche du H0), n'ont pas été corrélés par les résultats des analyseurs en continu. En effet, aucun impact significatif du lancement n'a été décelé sur les concentrations mesurées.

Les concentrations maximales ont été quantifiées sur des sites différents selon les composés contrôlés et dans des lieux qui ne sont pas nécessairement sous le vent de l'ELS.

**Au regard de l'ensemble de ces constats, nous retenons que les plans de mesures des lancements VS16 et VS17, effectués respectivement les 27 janvier et 18 mai 2017 se sont déroulés conformément aux prescriptions de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter l'ELS. Les résultats des mesures ont mis en évidence qu'aucun impact significatif sur l'environnement guyanais n'est décelable.**

*Dans le cadre d'une démarche d'amélioration du contenu d'optimisation des études de suivi des Plans de Mesures Environnement, le service Environnement et Sauvegarde Sol échange depuis Septembre 2016 avec les inspecteurs des installations classées de la DEAL.*

*Ces échanges ont permis d'aboutir à la présente version.*

## 8. ANNEXE 1 : ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA POUR VS16

SHELTER	PARAMETRES													
	SO2_XX	NO2_XX	CO_XX	CO2_XX	O3_XX	HCT_XX	PM10_XX	CPM2.5_02	SO2_XX	NO2_XX	CO_XX	CO2_XX	O3_XX	
KRU	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,20	2,90	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	81,30
	Max	32,00	2,00	0,30	81,10	26,00	0,30	427,90	0,30	0,21	56,88	17,64	22,69	9,84
	moyenne	4,22	0,21	0,13	56,88	17,64	0,21	22,69	0,21	0,03	15,40	15,40	15,40	8,71
	ecartype	5,72	0,47	0,25	21,17	3,09	0,24	38,10	0,24	0,20	40,92	66,10	8,70	0,00
	moyenne+ecartype	9,93	0,68	0,38	78,05	20,73	0,44	76,99	0,44	0,40	81,61	134,20	17,40	0,00
SIN	moyenne HO à HO+2h	2,00	0,00	0,00	0,00	18,67	0,20	40,92	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,00
	max HO à HO+2h	2,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,20	66,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00	149,10	6,00	0,30	0,00	0,30	0,30	0,60	35,30	0,00	0,00
	Max	0,00	7,00	0,00	514,90	22,00	0,60	35,30	0,60	0,31	14,42	14,42	0,00	0,00
	moyenne	0,00	2,32	0,00	238,92	14,78	0,31	14,42	0,31	0,04	4,27	4,27	0,00	0,00
S3G	ecartype	0,00	1,33	0,00	62,99	2,59	0,04	4,27	0,04	0,36	18,69	0,00	0,00	0,00
	moyenne+ecartype	0,00	3,65	0,00	301,91	17,37	0,36	18,69	0,36	0,34	23,36	0,00	0,00	0,00
	moyenne HO à HO+2h	0,00	1,11	0,00	182,09	14,11	0,34	18,69	0,34	0,40	20,09	0,00	0,00	0,00
	max HO à HO+2h	0,00	2,00	0,00	195,60	16,00	0,40	20,09	0,40	0,40	22,09	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3529 - ZLS	Max	2,00	0,00	4,50	2784,70	9,00	0,20	0,00	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,00
	moyenne	0,18	0,00	1,82	1141,16	31,75	0,24	26,03	0,24	0,05	40,78	0,00	0,00	0,00
	ecartype	0,43	0,00	3,04	251,09	5,36	0,05	66,81	0,05	0,29	66,81	0,00	0,00	0,00
	moyenne+ecartype	0,60	0,00	4,86	1392,25	37,11	0,29	132,84	0,29	0,30	107,60	0,00	0,00	0,00
	moyenne HO à HO+2h	2,00	0,00	2,80	1017,00	38,00	0,30	15,10	0,30	0,30	15,10	0,00	0,00	0,00
3551 - ELS	max HO à HO+2h	2,00	0,00	2,80	1017,00	38,00	0,30	15,10	0,30	0,30	15,10	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	1,60	1155,90	57,00	0,30	39,90	0,30	0,10	3,30	0,00	0,00	0,00
	Max	5,00	9,00	0,57	1004,07	22,42	0,23	14,20	0,23	0,05	7,25	2,15	2,15	2,31
	moyenne	1,00	1,01	0,61	1050,02	31,20	0,28	21,46	0,28	0,20	10,38	4,46	4,46	4,46
	ecartype	1,08	0,85	1,19	950,08	7,67	0,20	10,38	0,20	0,20	20,40	2,50	2,50	2,50
3556 - ELS	moyenne HO à HO+2h	2,00	1,67	1,41	950,08	11,00	0,20	20,40	0,20	0,10	1,90	0,00	0,00	0,00
	max HO à HO+2h	3,00	3,00	1,50	958,00	11,00	0,20	20,40	0,20	0,10	1,90	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,50	2249,80	9,00	0,30	33,00	0,30	0,29	11,29	0,00	0,00	0,00
	Max	6,00	34,00	0,73	2317,39	34,14	0,32	6,28	0,32	0,32	17,57	0,00	0,00	0,00
	moyenne	1,16	1,29	0,84	2354,38	39,60	0,29	8,59	0,29	0,29	10,70	0,00	0,00	0,00
moyenne+ecartype	2,71	2,19	1,56	2327,90	34,22	0,29	8,59	0,29	0,29	10,70	0,00	0,00	0,00	
ecartype	1,56	1,29	0,73	2327,90	34,22	0,29	8,59	0,29	0,29	10,70	0,00	0,00	0,00	
moyenne HO à HO+2h	2,67	2,056	0,73	2327,90	34,22	0,29	8,59	0,29	0,29	10,70	0,00	0,00	0,00	
max HO à HO+2h	4,00	24,00	0,80	2334,90	38,00	0,30	10,70	0,30	0,30	10,70	0,00	0,00	0,00	

## 9. ANNEXE 1 : ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS DES ANALYSEURS EN CONTINU ENVIRONNEMENT SA POUR VS17

SHELTER	PARAMETRES											
	SO2_XX	NO2_XX	CO_XX	CO2_XX	O3_XX	HCT_XX	PM10_XX	CPM2,5_XX	HS			
KRU	Min	0,00	0,00	1649,60	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	21,00	89,00	0,60	6564,70	26,00	0,00	0,00	0,00	91,70	65,40	65,40
	moyenne	0,00	1,74	0,17	1778,41	9,95	0,00	0,00	0,00	35,61	21,65	21,65
	ecartype	0,00	9,47	0,13	265,46	5,10	0,00	0,00	0,00	27,27	18,90	18,90
	moyenne+ecartype	0,00	11,20	0,30	2043,87	15,05	0,00	0,00	0,00	62,89	40,55	40,55
moyenne HO à HO+2h	0,00	-1,73	0,04	1512,94	4,85	0,00	0,00	0,00	8,34	2,74	2,74	
max HO à HO+2h	0,00	0,00	0,13	1737,10	22,22	0,00	0,00	0,00	45,44	29,03	29,03	
SIN	Min	0,00	0,00	1752,40	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,10	36,50	36,50
	Max											
	moyenne											
	ecartype											
	moyenne+ecartype											
S3G	Min											
	Max											
	moyenne											
	ecartype											
	moyenne+ecartype											
3529 - ZLS	Min											
	Max											
	moyenne											
	ecartype											
	moyenne+ecartype											
3551 - ELS	Min	0,00	0,00	0,00	718,70	0,00	0,10	0,10	0,10	3,10	0,10	0,10
	Max	5,00	11,00	4,10	935,40	37,00	0,40	0,40	0,40	74,40	18,60	18,60
	moyenne	1,80	0,97	1,20	790,93	18,29	0,26	0,26	0,26	27,99	5,99	5,99
	ecartype	1,43	0,65	0,84	43,60	7,87	0,06	0,06	0,06	19,94	5,09	5,09
	moyenne+ecartype	3,23	1,61	2,04	834,53	26,17	0,32	0,32	0,32	47,92	11,08	11,08
moyenne HO à HO+2h	2,67	2,67	1,00	763,49	24,78	0,16	0,16	0,16	47,80	11,70	11,70	
max HO à HO+2h	4,00	11,00	1,10	767,60	29,00	0,20	0,20	0,20	54,80	15,30	15,30	
3556 - ELS	Min	0,00	18,00	0,50	704,60	6,00	0,10	0,10	0,10	2,40	0,80	0,80
	Max	15,00	25,00	0,90	890,60	41,00	0,40	0,40	0,40	58,40	43,30	43,30
	moyenne	1,55	18,72	0,72	755,44	25,32	0,20	0,20	0,20	21,37	13,74	13,74
	ecartype	2,83	0,62	0,08	38,86	7,85	0,06	0,06	0,06	14,23	10,16	10,16
	moyenne+ecartype	4,38	19,34	0,79	794,30	33,18	0,26	0,26	0,26	35,60	23,90	23,90
moyenne HO à HO+2h	8,00	18,89	0,78	726,74	31,56	0,20	0,20	0,20	38,41	27,17	27,17	
max HO à HO+2h	11,00	19,00	0,80	729,70	33,00	0,20	0,20	0,20	47,50	34,50	34,50	