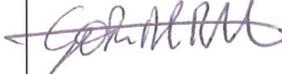


**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT
SOYUZ ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G. SDP/ES	09/02/2015 
Vérifié par		
Approuvé par	RICHARD S. SDP/ES.	09/02/15 
Application autorisée par	TRINCHERO J.P. SDP/ES	09/02/15 

DIFFUSION

destinataire	Nb
ADEME	1
AE/DP/K	1
AE/DP/K/SE	1
CG/COM	1
CNES/PARIS – DP/CME	1
DEAL	1
ESA/K	1
IRD	1
MAIRIE DE KOUROU	1
MAIRIE DE SINNAMARY	1
ONF	1
ORA GUYANE	1
S.P.P.I.	1
SDO/SC	1
SDP/ES	1
SDP/ES/ENV	2
DLA/D	1

Nombre total d'exemplaires : 18



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 2/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

Ed/Rév	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	27/01/2015	TOUTES	CREATION / DEL BUFALO G.



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES
Ed/Rév : 01/00 Classe : GP
Date : 27/01/2015
Page : 3/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	3
1. OBJET – DOMAINE D’APPLICATION.....	4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE.....	4
2.1. DOCUMENTS APPLICABLES	4
2.2. DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.3. GESTIONNAIRE TECHNIQUE DU DOCUMENT	5
3. DEFINITIONS ET SIGLES.....	5
3.1. DEFINITIONS	5
3.2. SIGLES	6
4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S03.....	8
5. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES	9
6. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	10
6.1. DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 5R121012	11
6.2. SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 5R121012	12
7. MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L’AIR (RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES).....	15
7.1. OBJECTIF DES MESURES	15
7.2. RESULTATS DES MESURES.....	15
7.2.1. <i>Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA.....</i>	<i>15</i>
7.2.2. <i>Comparaison des résultats de VS03 aux résultats de VS01 et VS02.....</i>	<i>22</i>
7.2.3. <i>Résultats des détecteurs du réseau CODEX.....</i>	<i>31</i>
8. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L’IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYUZ VOL S03.....	31

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION

Ce document a pour objet de présenter les résultats des mesures d'impact sur l'environnement réalisées lors du lancement de **Soyuz ST-B** qui transportait les satellites **GALILEO IOV-M2 (FM3 et FM4)**. Le **vol S03** a eu lieu le **12 octobre 2012 à 15 heures 15 minutes** en heure locale, soit 18 heures 15 minutes, en temps universel.

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) **[DA1]**,
- 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 **[DR2]**,
- confirmer les conclusions des deux premiers plans de mesures environnement Soyuz **[DR5 et 6]**.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. Documents applicables

- [DA1]** Arrêté Numéro 1689/2D/2B/ENV du 26 juillet 2007 autorisant la Société Arianespace à exploiter l'ensemble de lancement Soyuz, sise sur la commune de Sinnamary.
- [DA2]** **XSX-PCO-SSX-13361-CNES** – Préparation du plan de mesures environnement Soyuz.
- [DA3]** Arrêté Numéro 2120/DSDS du 06 novembre 2009 d'autorisation du CNES au prélèvement d'eau superficielle, au traitement et à la distribution de l'eau du lac de la Roche Léna.

2.2. Documents de référence

- [DR1] **CSG-RP-S3X-13360-CNES** – Plan de mesures Environnement Soyuz – Centre Spatial Guyanais.
- [DR2] **CSG-ES-SSS-8023-CNES** – DDAE de l'ensemble de lancement SOYUZ (ELS) – Volume 2 : Étude d'impact.
- [DR3] **Décret n°2010-1250 du 21/10/10** relatif à la qualité de l'air.
- [DR4] **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.
- [DR5] **CSG-RP-SSX-14347-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du 21 octobre 2011 à 07h30
- [DR6] **CSG-RP-SSX-14379-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-A du S02 du 16 décembre 2011 à 23H03

2.3. Gestionnaire technique du document

Le service SDP/ES (Environnement et Sauvegarde Sol) est le gestionnaire technique de ce document.

3. DEFINITIONS ET SIGLES

3.1. Définitions

Sans objet



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 6/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

3.2. Sigles

BLA	:	Base de Lancement Ariane
BTX	:	Benzène – Toluène – (ethylbenzène) Xylène
CI	:	Contrat Industriel
CL	:	Champ Lointain
CNES	:	Centre National d'Etudes Spatiales
CO	:	Monoxyde de carbone
CO ₂	:	Dioxyde de carbone
CODEX	:	Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (Réseau de)
COV	:	Composés Organiques Volatils
CP	:	Champ Proche
CT	:	Centre Technique
CSG	:	Centre Spatial Guyanais
dB	:	Décibel
DBO ₅	:	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
DDAE	:	Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter
ELA	:	Ensemble de Lancement ARIANE
ELS	:	Ensemble de Lancement SOYUZ
ESQS	:	Europe Spatiale Qualité Sécurité
GPS	:	Système de Positionnement Global
H ₂	:	Dihydrogène
HAP	:	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC	:	Hydrocarbures imbrûlés
ICPE	:	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IRD	:	Institut de Recherche et de Développement
LD	:	Limite de Détection
LIN	:	Azote Liquide
LOX	:	Oxygène Liquide



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 7/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

MEST	:	Matières En Suspension Totales
MIK	:	Bâtiment d'assemblage du lanceur SOYUZ et d'essais de l'étage Frégat
MMH	:	Mono Méthyl Hydrazine
N ₂ H ₄	:	Hydrazine
N ₂ O ₄	:	Peroxyde d'Azote
NO ₂	:	Dioxyde d'Azote
NO _x	:	Oxyde d'Azote
O ₃	:	Ozone
ORA	:	Observatoire Régional de l'Air en Guyane
pH	:	Potentiel Hydrogène
PHHC	:	Peroxyde Hydrogène Haute Concentration
PM	:	Matière Particulaire
ppb	:	Partie Par Milliard en volume (10 ⁻⁹), soit 1 mm ³ /m ³
ppm	:	Partie Par Million
RN1	:	Route Nationale 1
SARRIM	:	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
SO ₂	:	Dioxyde de soufre
SO _x	:	Oxydes de soufre
SPM	:	« Single Point Monitor »
UDMH	:	Unsymmetrical Di MethylHydrazine (Diméthyl hydrazine asymétrique)
VLI	:	Vitesse Limite d'Impact
VTR	:	Valeur Toxicologique de Référence
ZLS	:	Zone de Lancement SOYUZ
ZP	:	Zone de Préparation



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00 Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 8/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S03

Les domaines couverts par le plan de mesures Vol S03 [DR1] sont les suivants :

- Mesurer en continu les retombées chimiques gazeuses et particulaires issues des moteurs du 1^{er} (blocs latéraux) et 2nd (bloc A) étage de Soyuz. 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 Soyuz et BLA).
- Mesurer, en continu et en différents lieux (Kourou, Sinnamary, Centre Technique, sites Colibri, Agami et Toucan), les teneurs en dioxyde d'azote (NO₂) et en produits hydrazinés par l'intermédiaire d'analyseurs de type SPM (Zellwegers) ; ces derniers constituant le réseau CODEX. Les composés suivis ne sont émis qu'en cas de fonctionnement dégradé (accident) du lanceur.

Nota :

L'activation du réseau CODEX (Zellwegers) a été réalisé par le CI/ESQS/ES. Pour rappel, les « Zellwegers » sont entretenus et étalonnés par le laboratoire de chimie du CSG (CI/SNECMA).

La mise en route, l'étalonnage et la récupération des données des analyseurs d'air en continu ont été opérés par le CI/SNECMA.



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 9/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

5. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES

La localisation et la distance des points de mesures par rapport à la ZLS sont synthétisées dans le *Tableau 1* ci-dessous

Tableau 1 : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure.

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

Le détail des instruments mis en place est présenté dans le document référencé **[DR1]**.

Au total, le plan de mesures environnement du Vol S03 représente quarante-huit capteurs.

6. 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 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 (présentées aux paragraphes 6 et 7 du présent document), sur le comportement réel de la « trace » de combustion ainsi que sur les concentrations au sol des retombées chimiques et particulaires.

Nota :

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). Initialement, 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 10 ans de retour d'expérience sur l'utilisation de ce modèle, 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),*
- *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.



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 11/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

6.1. Données brutes du radiosondage 5R121012

Le jour du lancement, à H0 +19 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (**référence 5R121012** du 12 octobre 2012). Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

Tableau 2 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R121012 pour les couches atmosphériques représentatives.

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (mb)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1 008,3	7	100	31,1	64
100	998,4	8,6	102	28,4	62,4
500	954,3	11,2	115	26	57,0
1000	901,4	11,8	127	22,6	54,1
1500	850,8	11,2	123	19,2	51,3
2000	802,5	11,3	122	15,8	52
2500	756,4	11,8	111	13,3	41,8
3000	712,6	7,9	111	11,2	42,3
3500	670,9	11,1	110	7,7	61,5
4000	631,3	7,2	101	5,2	60,5

6.2. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 5R121012

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 sont synthétisés dans le *tableau 3* ci-dessous.

Tableau 3 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM.

HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	700
BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	10
- Direction moyenne des vents (°)	109
⇒ Les vents sont orientés vers	Carrefour Changement
HAUTES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant de la hauteur de stabilisation jusqu'à 4000 m)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	10,6
- Direction moyenne des vents (°)	116
⇒ Les vents sont orientés vers	Carrefour Changement

Figure 1 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche

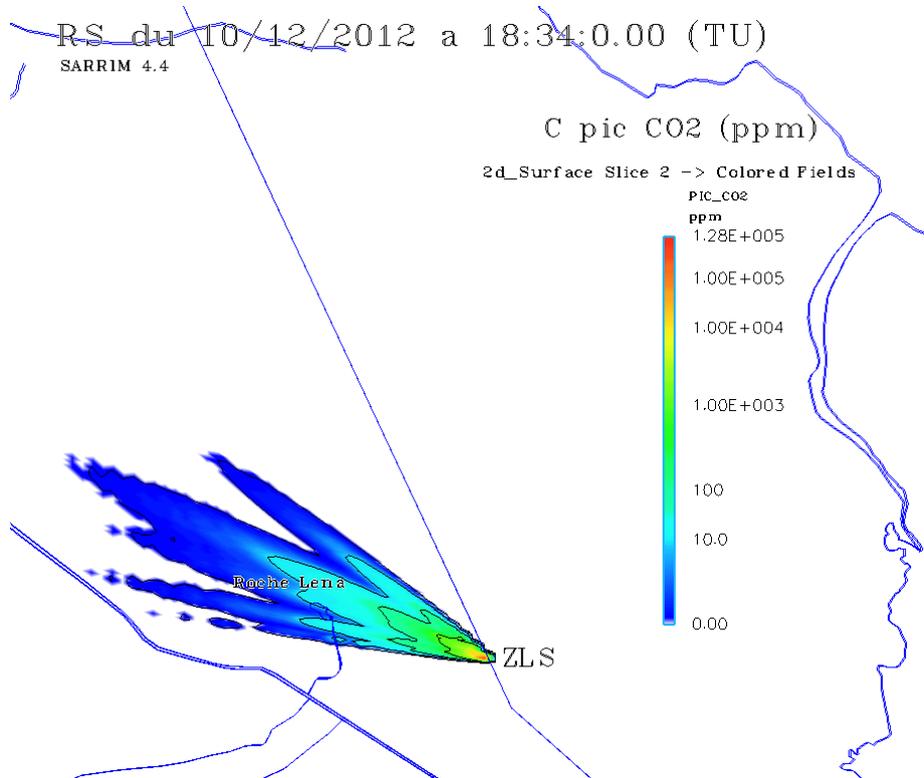


Figure 2 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain

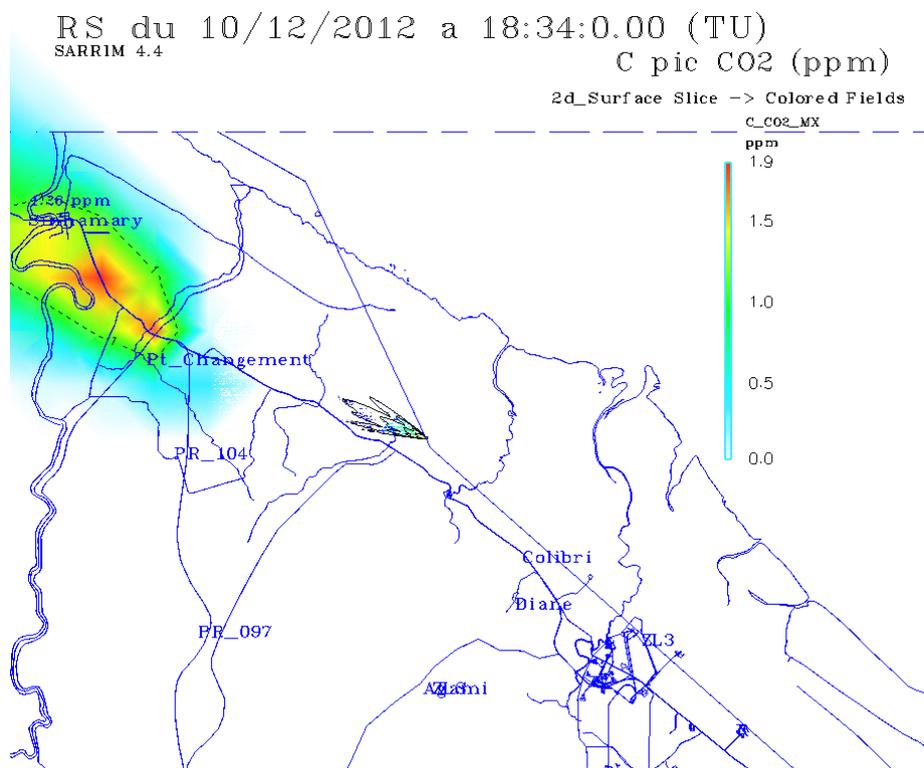


Figure 3 : Retombées en monoxyde de carbone en champ proche

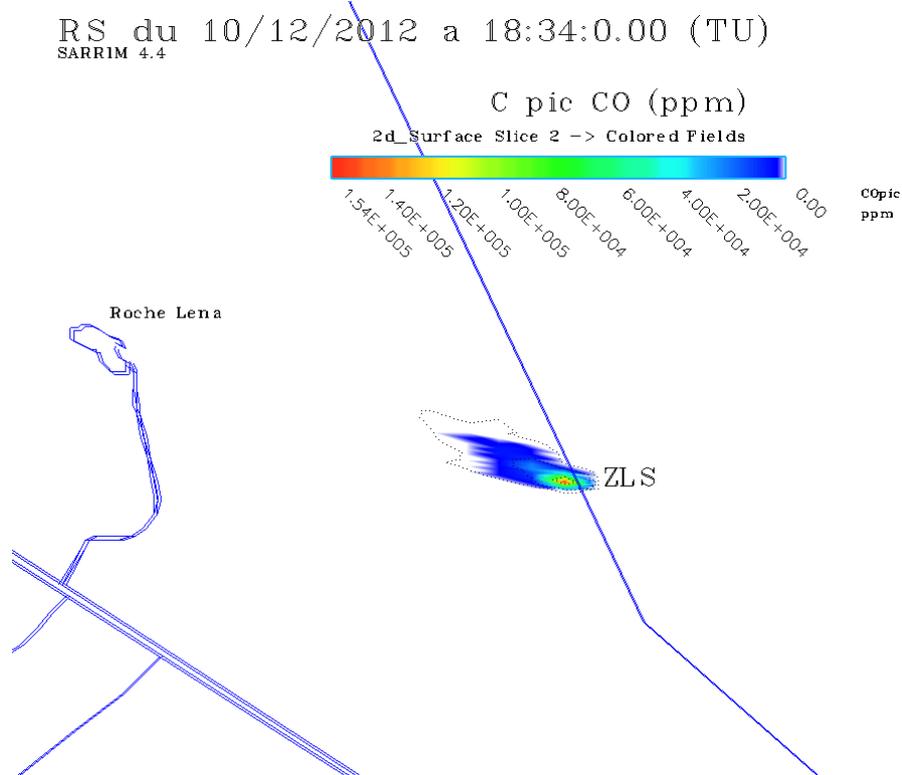
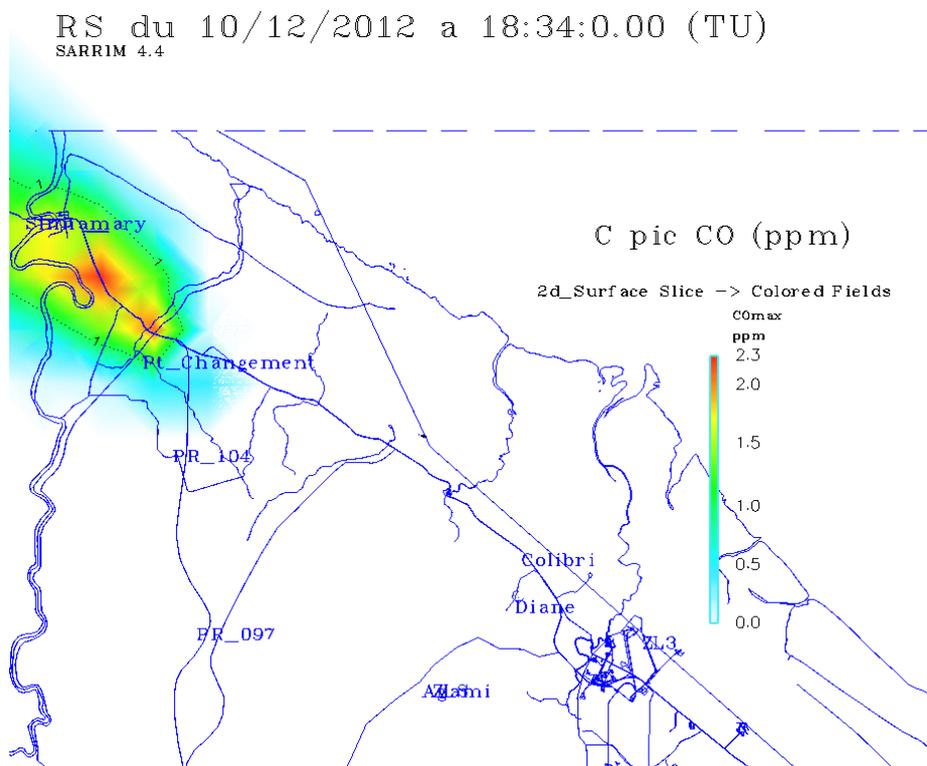


Figure 4 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain





CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00 Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 15/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

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

7.1. 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_x) et de soufre (SO_x), en monoxyde de carbone (CO), en hydrocarbures (HCT) et composés organiques volatiles (COV), en particules (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$) et en ozone (O_3) en situation nominale de lancement,
- les concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) 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 :

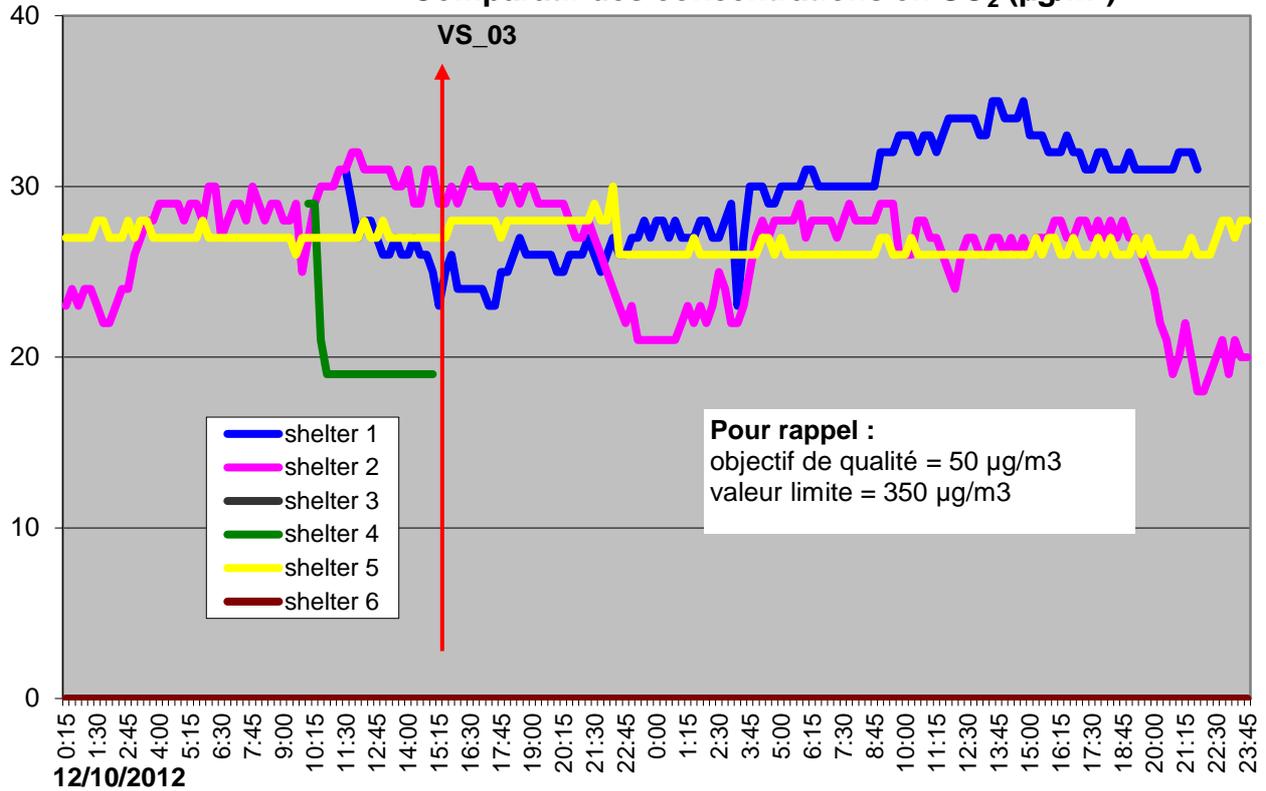
- Les analyseurs en continu de la marque ENVIRONNEMENT SA dont les points de mesures sont répartis sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque ZELLWEGER constituant le réseau CODEX.

7.2. Résultats des mesures

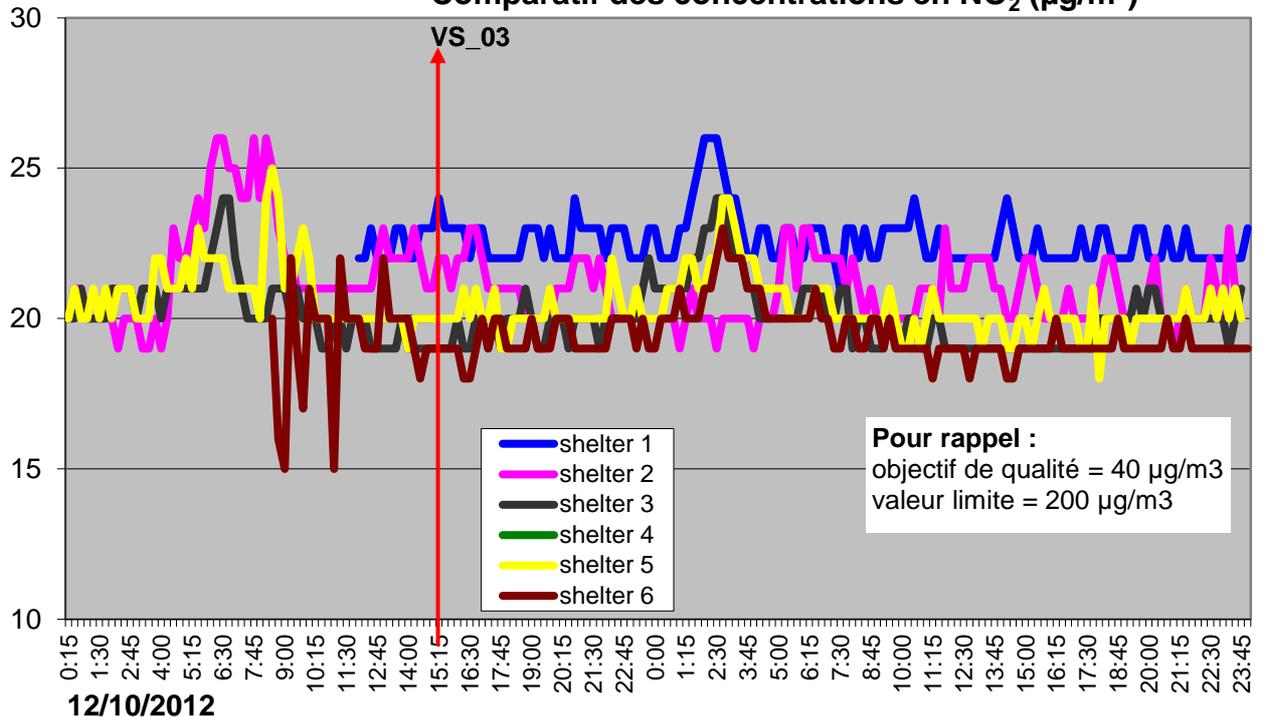
7.2.1. Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA

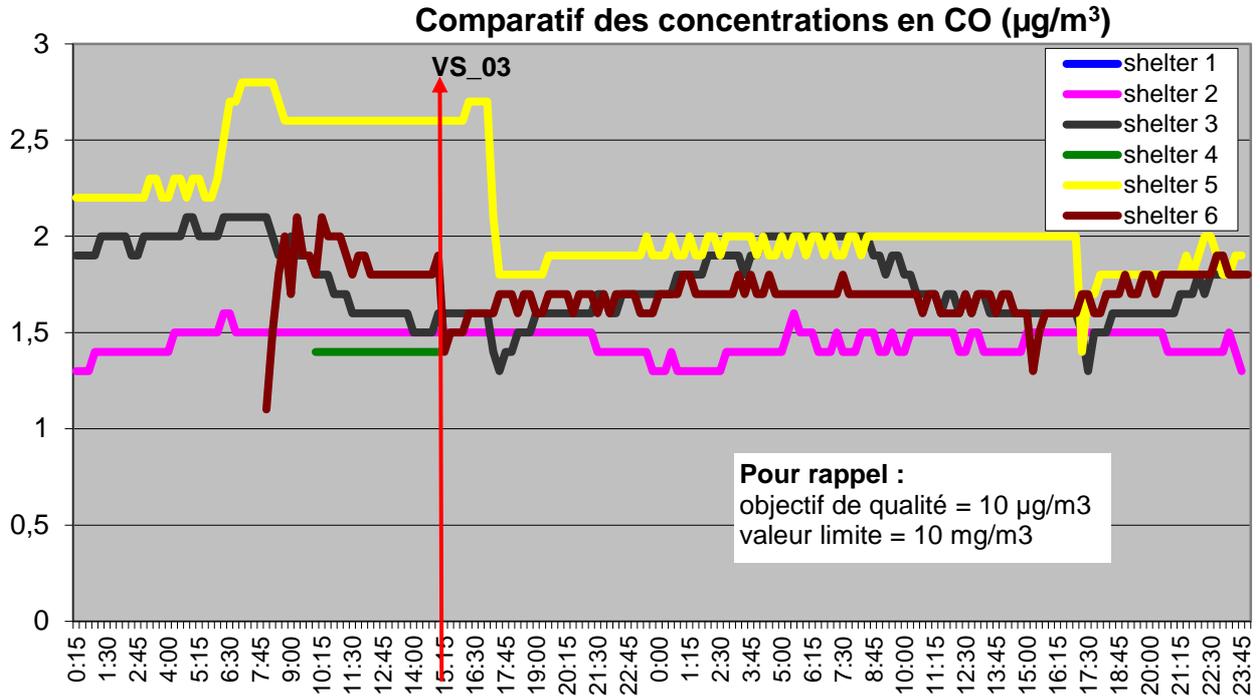
Les graphiques ci-dessous présentent un comparatif des concentrations en produits de combustion à partir des résultats obtenus quelques heures avant et après le H0.

Comparatif des concentrations en SO₂ (µg/m³)

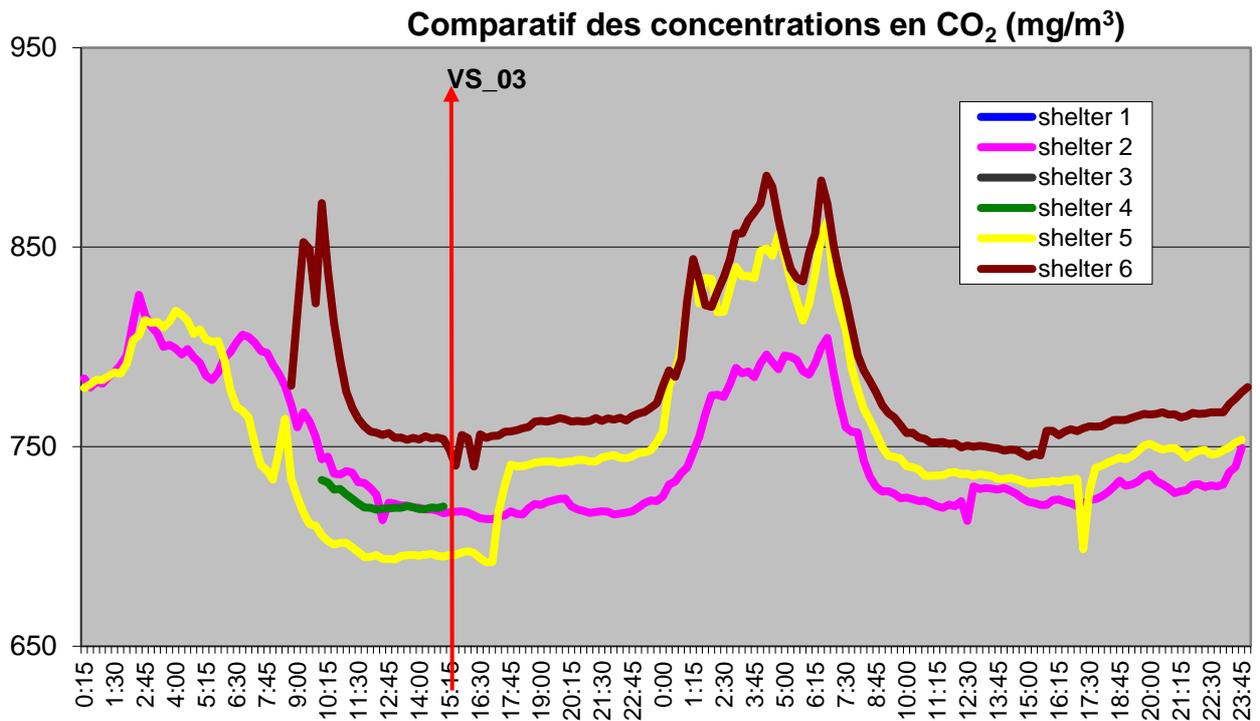


Comparatif des concentrations en NO₂ (µg/m³)

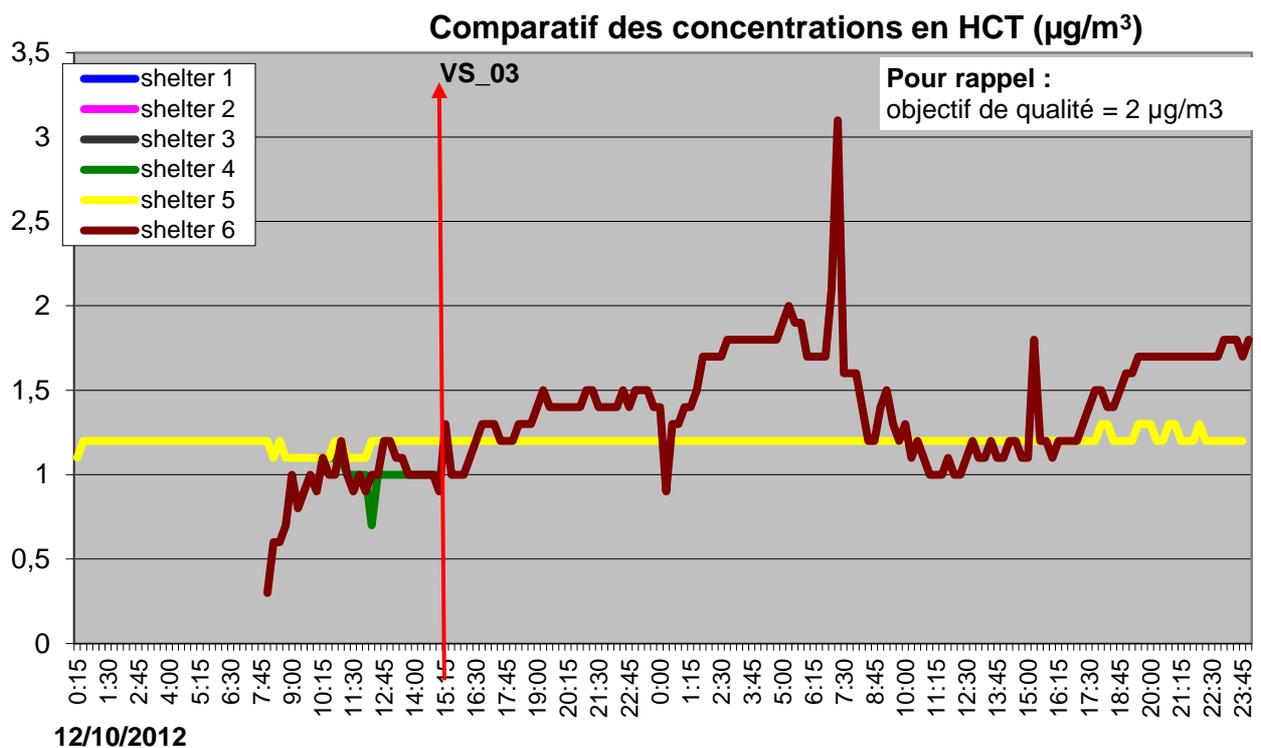
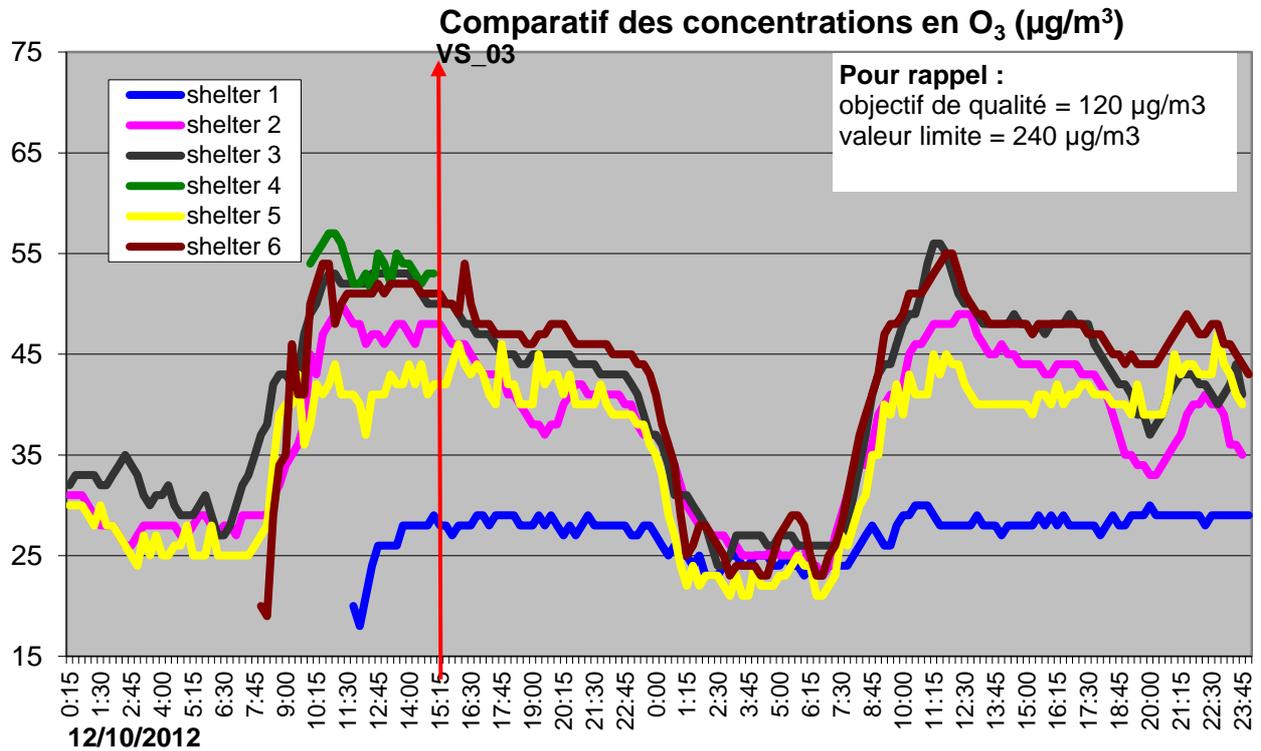


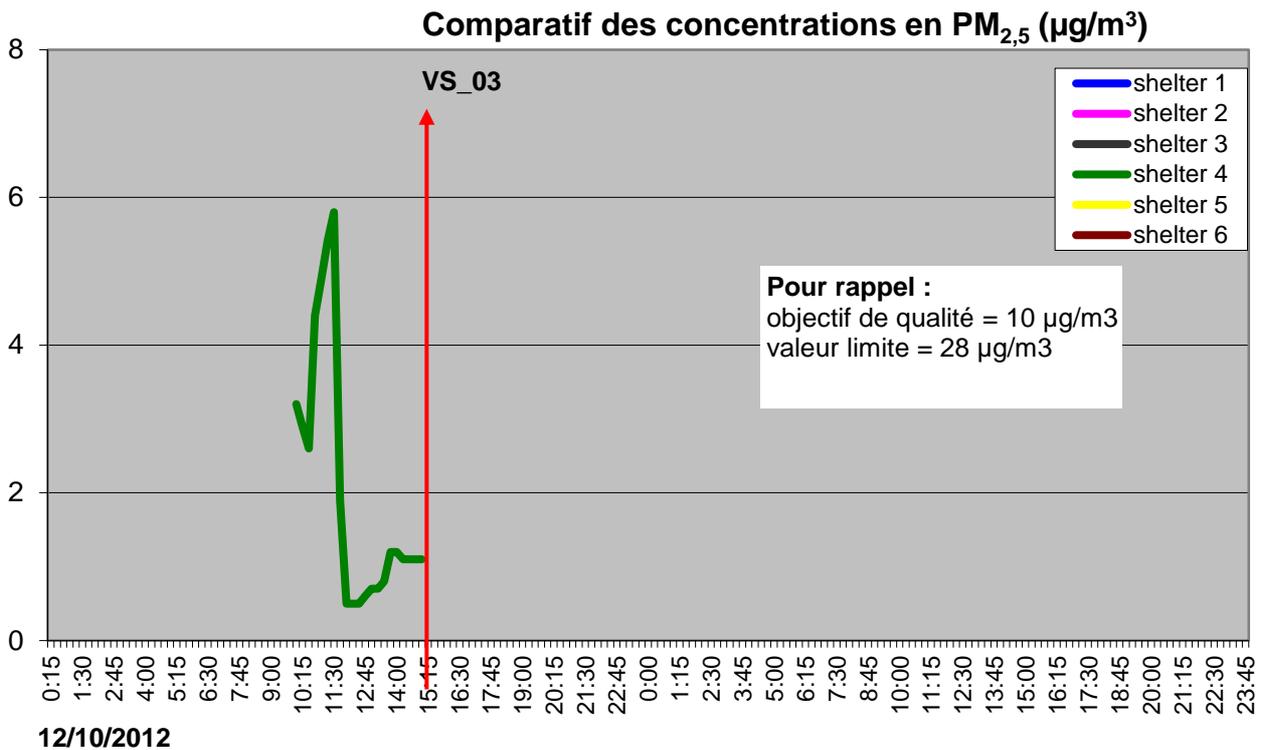
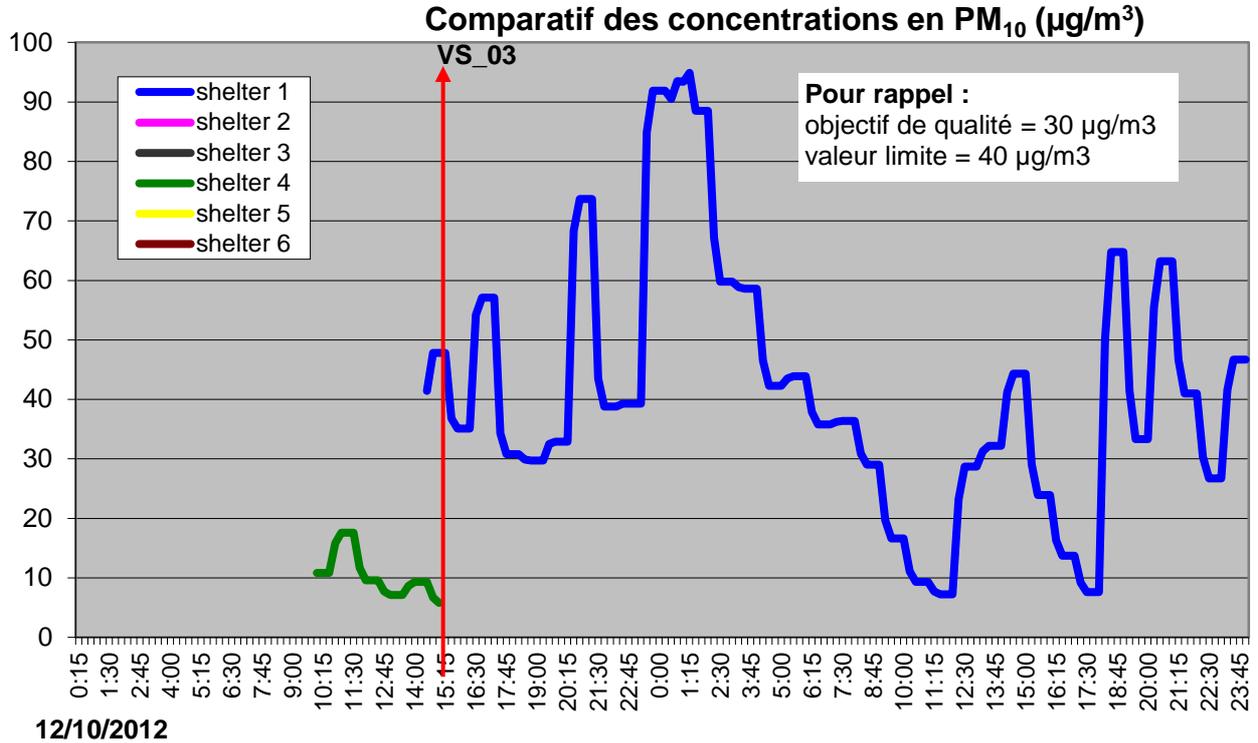


12/10/2012



12/10/2012







CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES
Ed/Rév : 01/00 Classe : GP
Date : 27/01/2015
Page : 20/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

	SHELTER 1 : KOUROU	SHELTER 2 : SINNAMARY	SHELTER 3 : LABO CHIMIE	SHELTER 4 : BAT. 3529	SHELTER 5 : BAT. 3551	SHELTER 6 : BAT 3556
SO ₂	Max	Min	HS	*		HS
NO ₂	Max			*		Min ****
CO	HS	Min		*	Max	****
CO ₂	HS	Min	HS	*		Max ****
O ₃	Min ***			*		Max ****
HCT	HS	HS	HS	*		****
PM ₁₀	**	HS	HS	*	HS	****
PM _{2,5}	HS	HS	HS	*	HS	HS

*= valeur moyenne sur 5h **= valeur moyenne sur 20h

= valeur moyenne sur 35h *= valeur moyenne sur 40h

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des anomalies et des extrema pour chacun des paramètres suivis.

Remarques :

- Il est intéressant de rappeler que les produits suivis par le biais du plan de mesures environnement sont soit :
 - naturellement présents (émissions de la forêt, composition de l'atmosphère, etc.)
 - émis par l'activité humaine (véhicules motorisés, groupes électrogènes, brûlages à l'air libre de végétaux, etc.).
- graphique SO₂* : on constate que le niveau moyen de SO₂ oscille entre 26,8 et 30,8 µg/m³ (concentration moyenne = 28,0 µg/m³). Les concentrations les plus fortes sont mesurées au niveau du shelter n°1 implanté à Kourou (à 27 950 mètres de la zone de lancement – point 5). Les concentrations les plus basses ont, quant à elles, été quantifiées sur le shelter n°5 (implanté à 550 mètres de la ZLS).

Il est à noter que l'analyseur des shelters 3, 4 et 6 n'a pas fonctionné correctement sur la période de mesures.

Par ailleurs, en champ proche (shelter 4), les niveaux enregistrés sont équivalents à ceux du champ lointain (notamment ceux de Sinnamary – point 4). Enfin, aucune augmentation significative de la teneur en dioxyde de soufre n'a été mise en évidence après le lancement.

Ainsi, on peut conclure que :

- les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en SO₂ imputables au lancement VS03 ; les quantités détectées constituant le bruit de fond « naturel »,
- les teneurs mesurées restent très inférieures à la valeur limite prescrite par le décret n°2010-1250 du 21/10/2010 [DR4] et à l'objectif de qualité de l'air.

- graphique NO₂ : La teneur en NO₂ mesurée en dehors du territoire du CSG (Kourou - shelter 1 / Sinnamary – shelter 2) est supérieure à celle détectée sur les autres points de mesures. En effet, les concentrations moyennes de NO₂ détectées au niveau des shelters 1 et 2 sont respectivement de 22,6 et 21,1 µg/m³. Sur les autres analyseurs, la moyenne est de 20 µg/m³. Il est à noter que les teneurs quantifiées en champ proche (shelters 5 et 6) sont inférieures aux concentrations du champ lointain (écart moyen de 1 µg/m³).
Par ailleurs, l'ensemble des valeurs reste inférieur à la valeur limite imposée par le décret relatif à la qualité de l'air [DR4] et à l'objectif de qualité de l'air. Néanmoins, on peut conclure que les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en NO₂ dû à l'activité de lancement. Les quantités détectées constituent le bruit de fond ambiant.
- graphique CO : Les teneurs en CO sont toutes inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité de l'air définis au [DR4]. Il est à noter que l'analyseur du shelter 1 et du shelter 4 n'ont pas fonctionné correctement pour ce plan de mesures.
Tout comme les 2 premiers lancements, les mesures ont mis en évidence des concentrations en champ proche légèrement supérieures à celles du champ lointain (0,3 µg/m³ d'écart) ; les valeurs maximales étant atteintes au niveau du shelter 5 (à 550 mètres de la ZLS). L'autre shelter du champ proche a enregistré des niveaux moyens de CO équivalents (1,7 µg/m³).
Par ailleurs, les niveaux mesurés correspondent au bruit de fond ambiant aussi bien sur l'ELS que dans les villes de Kourou et de Sinnamary.
- graphique CO₂ : Le graphique ne montre pas d'apport en CO₂ attribuable au lancement Soyuz. Bien au contraire, les courbes montrent une diminution des concentrations après le H0. Des variations des concentrations en fonction du temps sont mises en évidence. Cela coïncide aux phénomènes de photosynthèse et de respiration de la végétation : consommation de CO₂ la journée et production de CO₂ la nuit. Pour rappel, 50% du territoire du CSG est recouvert par de la forêt primaire et secondaire (soit environ 350 km²).
- graphique O₃ : Le processus de production d'ozone est mis en évidence par le graphique. Pour rappel, l'ozone (polluant « photochimique ») est produit par un ensoleillement intense, en présence de certains composés chimiques. Les fortes concentrations d'ozone sont observées entre 10h00 et 15h00 (période de fort ensoleillement). Ces concentrations diminuent progressivement durant l'après-midi et la nuit (de 15h00 à 02h00) jusqu'à atteindre un palier (de 2h00 à 6h00). Par la suite, ces dernières ré-augmentent progressivement lors des périodes de faible ensoleillement (entre 06h00 et 10h00).
Sur l'ensemble des capteurs, nous constatons que les teneurs d'ozone détectées n'augmentent pas significativement après le H0. Les teneurs moyennes journalières sont équivalentes sur l'ensemble de la période de mesure.
Par conséquent, la présence d'ozone n'est pas attribuable au nuage de combustion de Soyuz. Les variations observées suivent une dynamique « naturelle » de variation des concentrations avec le temps (variation nyctémérale). Par ailleurs, la valeur limite du [DR4] n'a pas été dépassée et l'objectif de qualité de l'air est, quant à lui, respecté.
- graphique HCT (COV) : Pour cette campagne de mesures, l'analyseur des shelters 1 à 4 ont été hors service.
Le graphique met en exergue aucun dépassement soit des valeurs limite prescrite par le décret n°2010-1250 soit l'objectif de qualité. Par ailleurs nous rappelons que les HCT sont dû aux émissions:
 - de la végétation (présence de mangrove à proximité immédiate du shelter),
 - des voies de circulation (présence de parkings et de routes aux alentours).

Par conséquent, la présence de COV n'est pas attribuable au lancement V S03.



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 22/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

- graphique PM_{10} : Pour rappel, les analyseurs des shelters 2 à 6 ont été hors service. Des PM_{10} ont été détectées en très fortes concentrations (dépassant l'objectif de qualité et la valeur limite) à Kourou (shelter 1). Ce phénomène est la conséquence d'apports naturels particulièrement importants lors de la grande saison sèche. Compte tenu de ces très forts apports naturels, nous ne pouvons pas distinguer la contribution potentielle de V S03 et en conclure quant à l'impact de la « trace » de combustion.
- graphique $PM_{2.5}$: Tous les analyseurs étaient hors service sur la période de mesure. Sauf l'analyseur du shelter 4 qui il a été actif en partant de 7h45 jusqu'à le moment du lancement.
- Pour rappel, les résultats des simulations SARRIM (présentés au *paragraphe 6.2*) montrent que la « trace » de combustion s'est dirigée vers le carrefour Changement (PR 105 de la RN1). Cette direction ne peut pas être corrélée avec les mesures des analyseurs en continu car aucun appareil n'a quantifié d'apports significatifs en polluants suite au vol VS03. Par ailleurs, les concentrations maximales ont été mesurées :
 - sur des sites différents selon les composés contrôlés,
 - dans des lieux qui ne sont pas forcément sous le vent de l'ELS (Kourou par exemple).

7.2.2. Comparaison des résultats de VS03 aux résultats de VS01 et VS02

Les histogrammes et le *Tableau 5* présentent un comparatif global des concentrations moyennes en produits de combustion à partir des résultats obtenus enregistrées quelque heure avant et après le H0.



CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CSG-RP-SSX-14762-CNES

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 27/01/2015

Page : 23/31

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ
ST-B VOL S03 DU 12 OCTOBRE 2012 A 15H15 MN

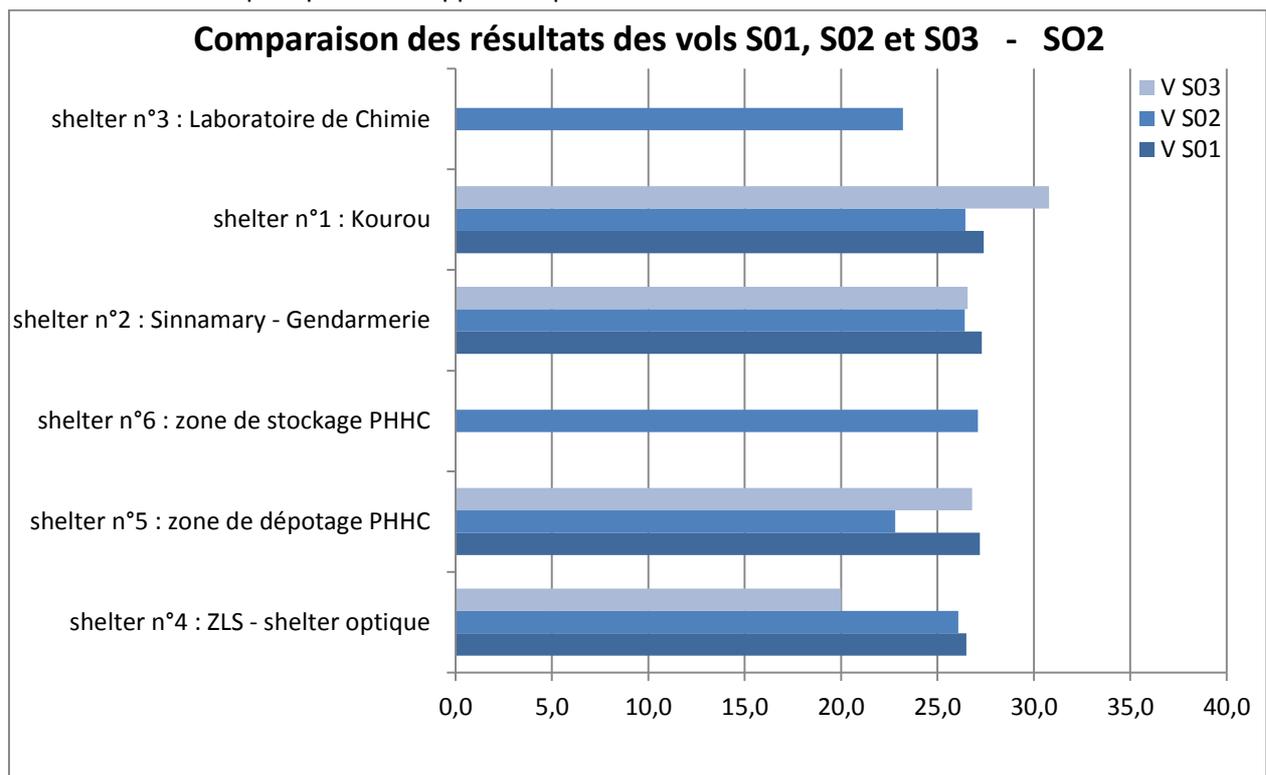
Tableau 5 : Synthèse des résultats moyens de VS01, VS02 et VS03 ainsi que des écarts moyens associés

		Concentrations moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur 48h								Ecart type (σ) sur 48h								
		SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂	O ₃	HCT	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂	O ₃	HCT	PM ₁₀	PM _{2,5}	
Champ proche	shelter n°4 : ZLS - shelter optique	V S01	26,5	20,0	1,4	791,1	40,5	0,0	7,3	N.A.	1,78	8,39	0,09	78,42	11,15	0,59	7,28	N.A.
		V S02	26,1	20,8	1,5	794,3	HS	HS	18,2	7,9	0,43	2,62	0,07	48,21	16,69	0,54	9,89	7,47
		V S03	20 *	20 *	1,4 *	722,2 *	53,9 *	1 *	10,5 *	2 *	3,01	0,00	0,00	4,69	1,70	0,08	3,67	1,74
	shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	V S01	27,2	20,4	1,8	789,1	36,1	0,5	HS	HS	3,14	1,68	0,18	82,12	9,75	N.A.	N.A.	N.A.
		V S02	22,8	17,3	1,7	763,6	22,3	0,9	22,1	HS	2,13	0,93	0,10	52,09	1,06	0,08	9,87	N.A.
		V S03	26,8	20,5	2,1	756,6	35,6	1,2	HS	HS	0,80	1,03	0,31	43,74	7,93	0,03	N.A.	N.A.
	shelter n°6 : zone de stockage PHHC	V S01	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		V S02	27,1	14,8	1,5	762,1	46,6	HS	23,6	5,4	2,16	1,13	0,07	57,64	11,15	0,65	13,66	3,75
		V S03	HS	16,1 ****	1,4 ****	644,1 ****	43,1 ****	1,4 ****	67,1 ****	HS	N.A.	7,43	0,64	297,89	18,11	0,59	N.A.	N.A.
champs moyen & lointain	shelter n°2 : Sinnamary - Gendarmerie	V S01	27,3	21,5	1,5	850,7	35,5	0,0	11,1	4,7	1,24	1,79	0,16	86,75	9,45	0,15	8,66	3,83
		V S02	26,4	23,5	HS	HS	40,8	HS	HS	HS	1,61	2,79	N.A.	N.A.	8,21	N.A.	N.A.	N.A.
		V S03	26,6	21,1	1,5	747,0	37,2	HS	HS	HS	3,24	1,43	0,07	31,84	1,43	N.A.	N.A.	N.A.
	shelter n°1 : Kourou	V S01	27,4	33,0	1,5	816,7	34,5	3,5	9,2	HS	0,93	1,39	0,09	75,92	8,09	0,58	7,17	N.A.
		V S02	26,4	28,4	1,4	741,7	38,1	1,6	19,4	HS	0,85	2,23	0,05	27,77	11,77	0,15	7,63	N.A.
		V S03	30,8	22,6	HS	HS	27,1***	HS	41,5 **	HS	15,38	9,79	N.A.	N.A.	6,11	N.A.	26,23	N.A.
	shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	V S01	HS	22,1	1,3	814,7	34,6	HS	12,9	3,9	HS	3,06	0,12	100,41	10,08	N.A.	12,08	5,66
		V S02	23,2	22,1	HS	HS	41,4	HS	HS	HS	4,12	2,31	N.A.	N.A.	10,18	N.A.	0,00	N.A.
		V S03	HS	20,1	1,8	HS	40,6	HS	HS	HS	N.A.	1,08	0,19	N.A.	8,90	N.A.	N.A.	N.A.
		*	Valeur moyenne sur 5h			**	Valeur moyenne sur 20h			***	Valeur moyenne sur 35h			****	Valeur moyenne sur 40h			

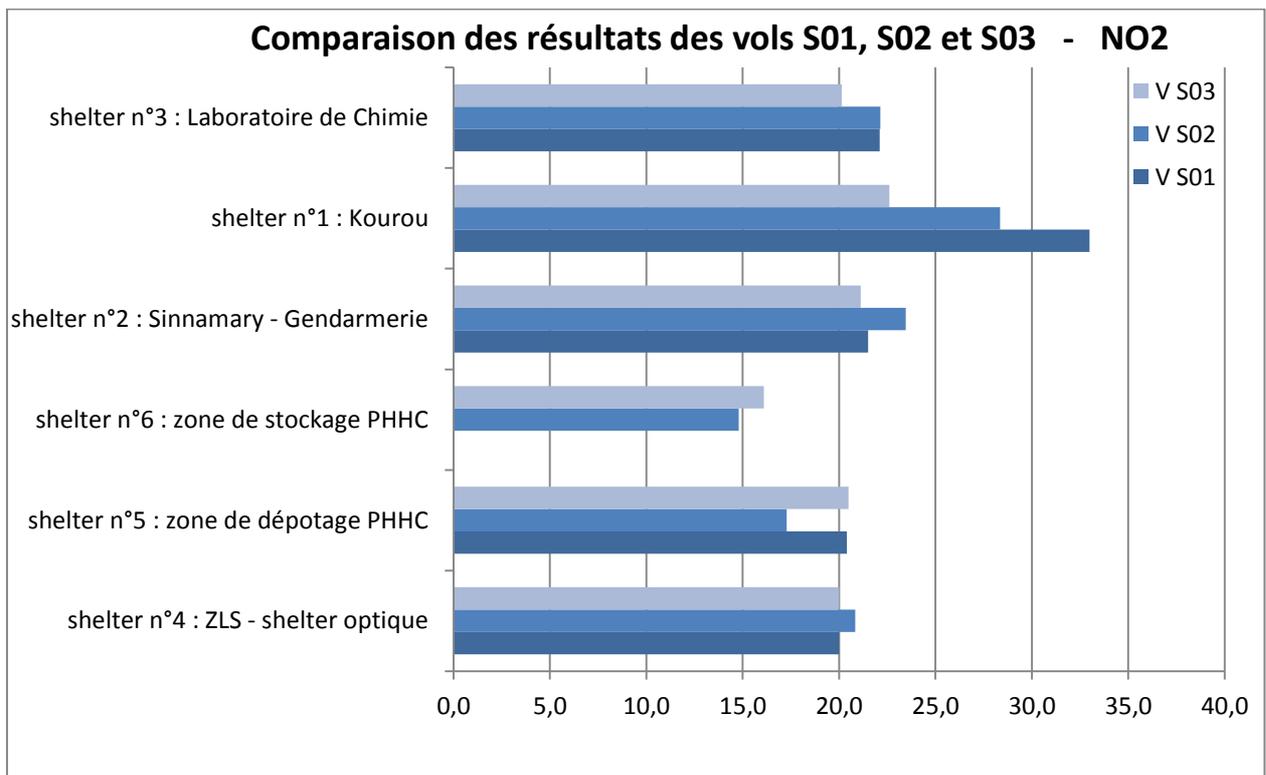
Remarques :

- SO₂ : Les teneurs en SO₂ quantifiées lors de la campagne de mesures pour V S03 sont équivalentes à celles de V S01 et de V S02 uniquement à Sinnamary. A noter que pour le shelter 5, le niveau atteint pour V S03 est équivalent à celui de V S01. Pour les autres points de mesure, des écarts plus importants sont mis en évidence par comparaison aux niveaux de SO₂ des 2 premiers lancements.

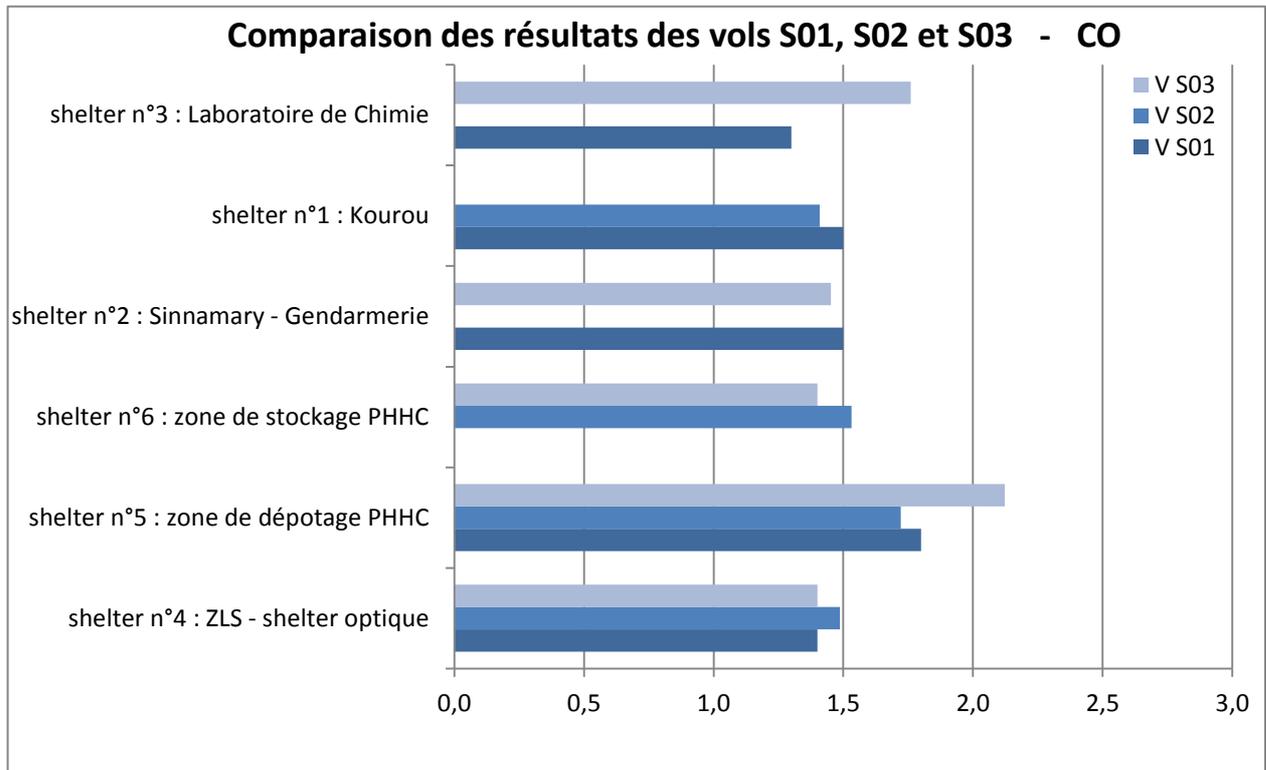
Malgré cela, les taux mesurés sont comparables, que l'on se place sur le territoire du CSG ou dans les villes de Kourou et de Sinnamary. Par conséquent, les analyseurs en continu n'ont pas quantifié d'apports imputables au lancement V S03.



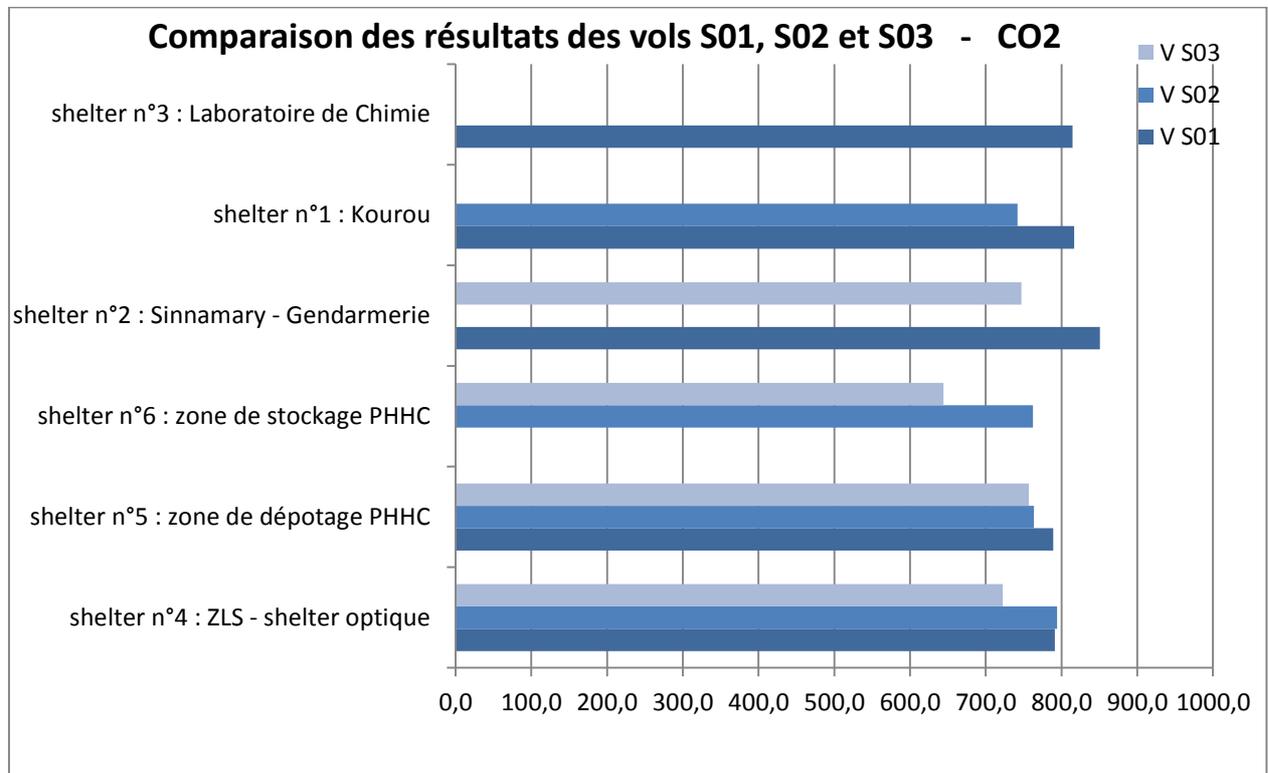
- NO₂ : Pour un même lancement, on constate que les concentrations moyennes fluctuent de façon importante d'un site à l'autre; les teneurs les plus fortes étant systématiquement relevées à Kourou. Cependant, les écarts type obtenus lors des 3 lancements sont comparables. Ainsi les capteurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en NO₂ attribuables au lancement V S03 ; les quantités détectées constituant le bruit de fond ambiant.



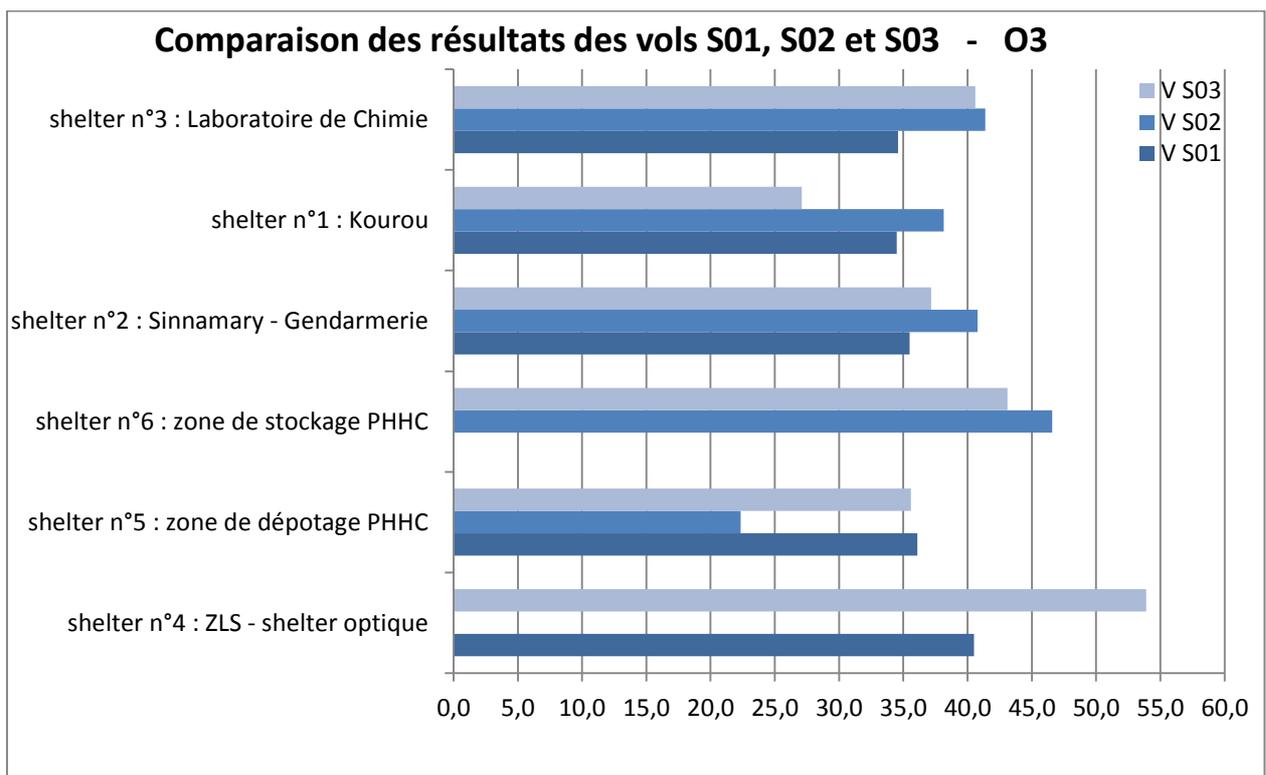
- CO : De très faibles variations de concentrations sont à noter; ces dernières n'étant pas significatives. En effet, la concentration moyenne, tous sites confondus, est de 1,5 µg/m³ pour V S01 et de 1,6 µg/m³ pour V S02 et V S03.
 Nous pouvons donc conclure que les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en CO attribuables au lancement V S03 ; les quantités détectées constituant le bruit de fond ambiant.



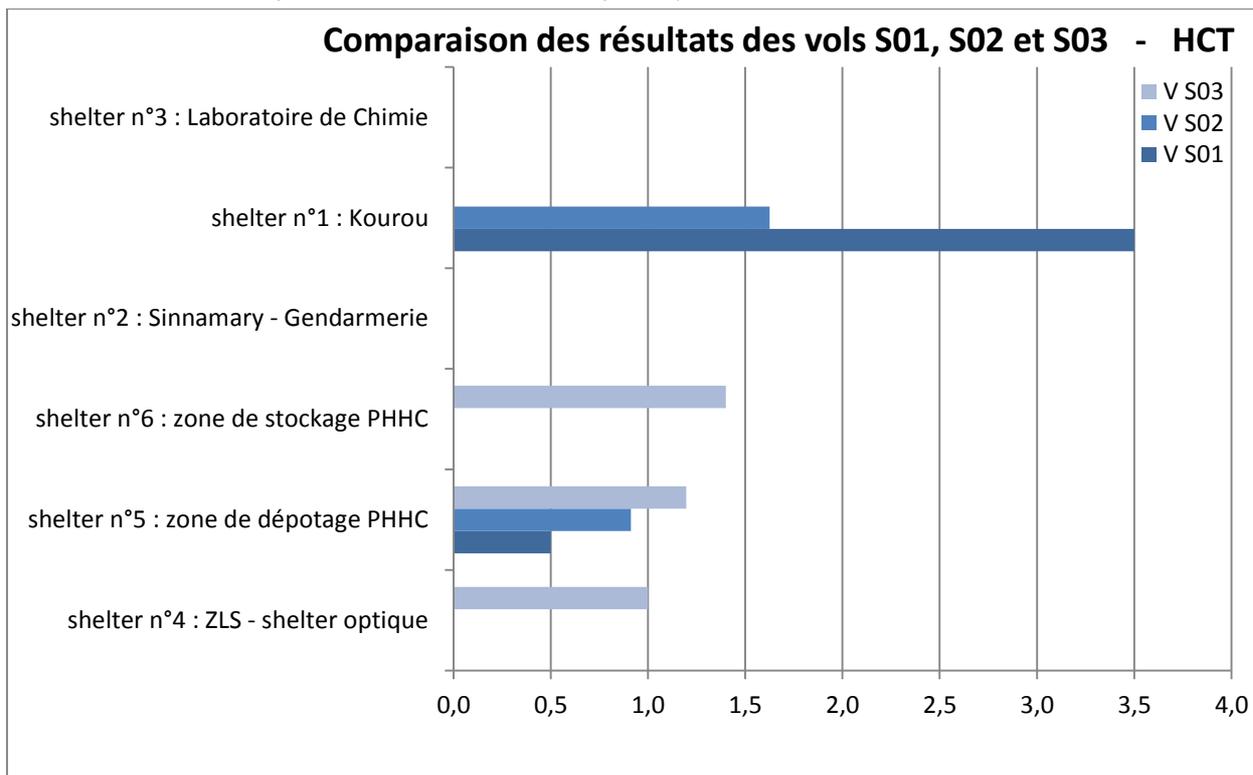
- CO₂ : Les teneurs de CO₂ mesurées lors de V S03 sont légèrement plus faibles que celles de V S01 et V S02 (écarts type comparables). Ces niveaux étant plus faibles sur tous les points de mesure, ces variations ne sont donc pas attribuables au lancement V S03.



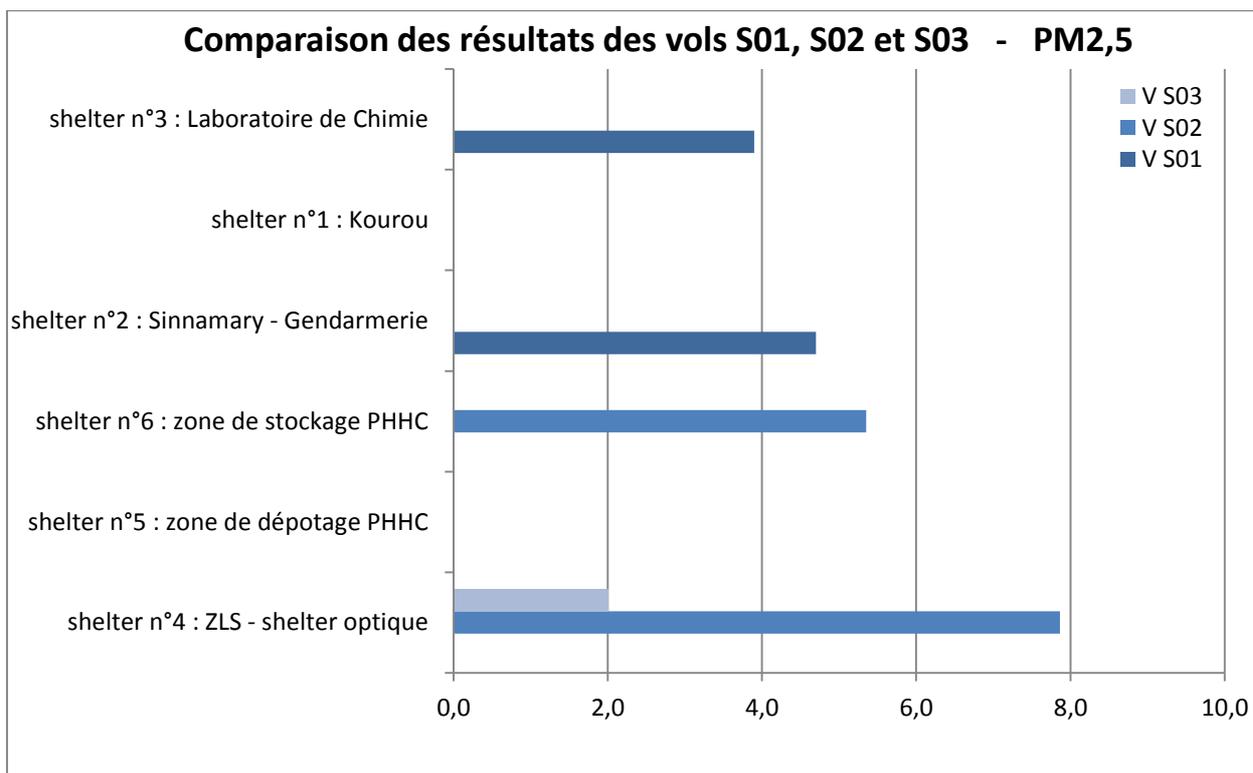
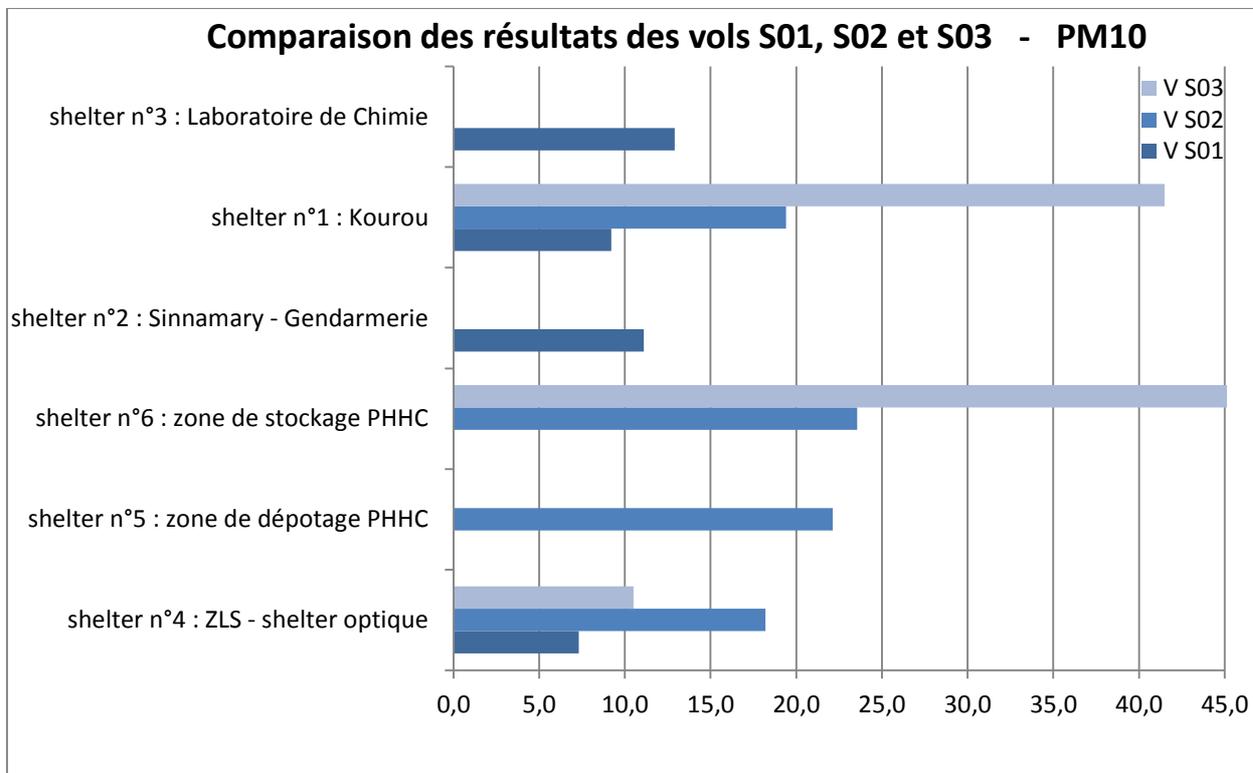
- O_3 : Un écart significatif est à noter entre les mesures de V S03 et celles de V S01 et V S02. Ces disparités semblent être dues à la spécificité du processus de formation de l'ozone (polluant « photochimique »). Néanmoins, pour V S03, on observe que la concentration moyenne la plus forte a été mesurée au niveau du shelter 5 (implanté à 550 mètres de la ZLS). Au-delà de ce point, les concentrations en ozones sont équivalentes. L'impact de l'ozone formé est donc très limité géographiquement. Les émissions de Soyuz ne semblent pas avoir eu de conséquences sur la qualité de l'air hors de l'ELS.



- Les hydrocarbures : Compte tenu des nombreuses microcoupures survenues sur le réseau électrique, la plupart des analyseurs ont été Hors Service. Par conséquent, il est difficile de conclure quant à l'impact des émissions de Soyuz. Néanmoins, pour rappel, les hydrocarbures (ou composés organiques volatiles ou BTEX) ont comme principales sources d'émissions :
 - la végétation (présence de forêt à proximité immédiate des capteurs),
 - les voies de circulation (présence d'axes routiers importants ou de parkings à proximité immédiate des capteurs).



- Les matières particulaires : Compte tenu des nombreuses microcoupures survenues sur le réseau électrique, certains analyseurs ont été Hors Service. Par conséquent, il est difficile de conclure quant à l'impact des émissions de Soyuz sur la qualité de l'air.



7.2.3. 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 pollution en dioxyde d'azote et en produits hydrazinés n'a été détectée car il n'y a pas eu de fonctionnement dégradé du lanceur.

8. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYUZ VOL S03

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.

Les valeurs mesurées correspondent

- au bruit de fond ambiant qui suit des variations nyctémérales (dynamique « naturelle » de variations),
- au cumul de la pollution émise par les activités humaines 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. Les concentrations maximales ont été quantifiées sur des sites différents selon les composés contrôlés et dans des lieux qui ne sont pas forcément sous le vent de l'ELS.

Enfin, la comparaison des résultats obtenus suite au lancement V S03 à ceux de V S01 et V S02 ne met pas en exergue d'écarts significatifs. Les teneurs mesurées sur l'ensemble des sites sont équivalentes d'un lancement à l'autre. Cela confirme donc :

- la conclusion de l'impact négligeable des produits de combustion de Soyuz sur l'Environnement des champs proche, moyen et lointain,
- les conclusions faites lors du rapport de présentation des résultats des 2 premiers plans de mesures environnement Soyuz [DR5 et 6].