



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Réf. : CG/SDP/ES/N°15-409

Ed/Rév : 01/00

Classe : GP

Date : 20/04/2015

Page : 1/32

RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT SOYUZ  
ST-A VOL S07 DU 3 AVRIL 2014 A 18H02 MN

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT  
SOYUZ ST-A VOL S07 DU 3 AVRIL 2014 A 18H02 MN**

**DIFFUSION**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G.  SDP/ES	26/05/2015 
Vérifié par		
Approuvé par	RICHARD S.  SDP/ES	27/05/15 
Application autorisée par	TRINCHERO J.P.  SDP/ES	le 1/06/2015 

destinataires	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.P.I.	1
SDO/SC	1
SDP/ES	1
SDP/ES/ENV	2
DLA/D	1

Nombre total d'exemplaires : 18

## REPertoire DES MODIFICATIONS

Ed/Rév	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	20/04/2015	TOUTES	CREATION / DEL BUFALO G.

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>
<b>1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. DOCUMENTS DE REFERENCE.....</b>	<b>4</b>
2.1. DOCUMENTS APPLICABLES .....	4
2.2. DOCUMENTS DE REFERENCE .....	5
2.3. GESTIONNAIRE TECHNIQUE DU DOCUMENT .....	5
<b>3. DEFINITIONS ET SIGLES.....</b>	<b>5</b>
3.1. DEFINITIONS .....	5
3.2. SIGLES .....	6
<b>4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S07.....</b>	<b>8</b>
<b>5. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES .....</b>	<b>9</b>
<b>6. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....</b>	<b>10</b>
6.1. DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 5R030414 .....	11
6.2. SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 5R030414 .....	12
<b>7. MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR (RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES).....</b>	<b>15</b>
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>
<i>Comparaison des résultats de VS07 aux résultats de VS01 à VS06 .....</i>	<i>22</i>
7.2.2. 22	
7.2.3. <i>Résultats des détecteurs du réseau CODEX.....</i>	<i>32</i>
<b>8. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYUZ VOL S07.....</b>	<b>32</b>

## 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-A** qui transportait les satellites **Sentinel-1A**. Le **vol S07** a eu lieu le **03 avril 2014 à 18 heures 02 minutes** en heure locale, soit 21 heures 02 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) **[DA 1]**,
- 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 **[DR 2]**,
- confirmer les conclusions des plans de mesures environnement Soyuz antérieures **[DR 5 à 10]**.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

### 2.1. Documents applicables

**[DA 1]** 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.

**[DA 2]** 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**

- [DR 1] **CG/SDP/ES/N°15-160** – Plan de mesures environnement Ariane5, Vega et Soyuz – Centre Spatial Guyanais
- [DR 2] **CSG-ES-SSS-8023-CNES** – DDAE de l'ensemble de lancement SOYUZ (ELS) – Volume 2 : Étude d'impact.
- [DR 3] **Décret n°2010-1250 du 21/10/10** relatif à la qualité de l'air.
- [DR 4] **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.
- [DR 5] **CG/SDP/ES/N°15-197** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B vol S06 du 19 décembre 2013 à 09h12
- [DR 6] **CG/SDP/ES/N°15-172** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S05 du 25 juin 2013 à 19H27
- [DR 7] **CG/SDP/ES/N°14-866** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S04 du 19 décembre 2012 à 09H12
- [DR 8] **CSG-RP-SSX-14762-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S03 du 12 Octobre 2012 à 15H15
- [DR 9] **CSG-RP-SSX-14379-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-A du S02 du 16 Décembre 2011 à 23H03
- [DR 10] **CSG-RP-SSX-14347-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B du S01 du 21 Octobre 2011 à 07H30

## **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

### 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 <sub>2</sub>	:	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 <sub>5</sub>	:	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 <sub>2</sub>	:	Dihydrogène
HAP	:	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT	:	Hydro Carbures Totaux
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
MEST	:	Matières En Suspension Totales
MIK	:	Bâtiment d'assemblage du lanceur SOYUZ et d'essais de l'étage Frégat
MMH	:	Mono Méthyl Hydrazine
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	:	Hydrazine
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	:	Peroxyde d'Azote
NO <sub>2</sub>	:	Dioxyde d'Azote
NO <sub>x</sub>	:	Oxyde d'Azote
O <sub>3</sub>	:	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 <sup>-9</sup> ), soit 1 mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
ppm	:	partie par million
RN1	:	Route Nationale 1
SARRIM	:	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
SO <sub>2</sub>	:	Dioxyde de soufre
SO <sub>x</sub>	:	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

#### 4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S07

Les domaines couverts par le plan de mesures Vol S07 **[DR1]** sont les suivants :

- Mesurer en continu les retombées chimiques gazeuses et particulaires issues des moteurs du 1<sup>er</sup> (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 dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) 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 réalisée 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.*



## 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	
<b>A I R</b>	1	shelter optique à l'ouest de la ZLS (bâtiment 3529) - (shelter n°4)	Oui	
	2	Zone de dépotage PHHC (bâtiment 3551) - (shelter n°5)	Oui	
	3	Zone de stockage PHHC (bâtiment 3556) - (shelter n°6)	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 S07 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.*

### 6.1. Données brutes du radiosondage 5R030414

Le jour du lancement, à H0 +28 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (**référence 5R030414** du 03 Avril 2014). Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

**Tableau 2 : Données météorologiques issues du radiosondage 5R030414 pour les couches atmosphériques représentatives.**

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (mb)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1009,8	4	20	27,3	80
100	999,8	5,2	15	26	72,5
500	955,3	5,4	18	22,5	85,6
1000	901,8	2,5	64	19,9	80,4
1500	850,9	3,2	195	17,2	70,2
2000	802,3	2,7	9	17,1	22,2
2500	756,4	3,8	13	13,7	36,9
3000	712,5	4,4	117	10,9	61,2
3500	671	5	64	9	40,1
4000	631,4	5,2	95	5,7	41,3

## 6.2. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 5R030414

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

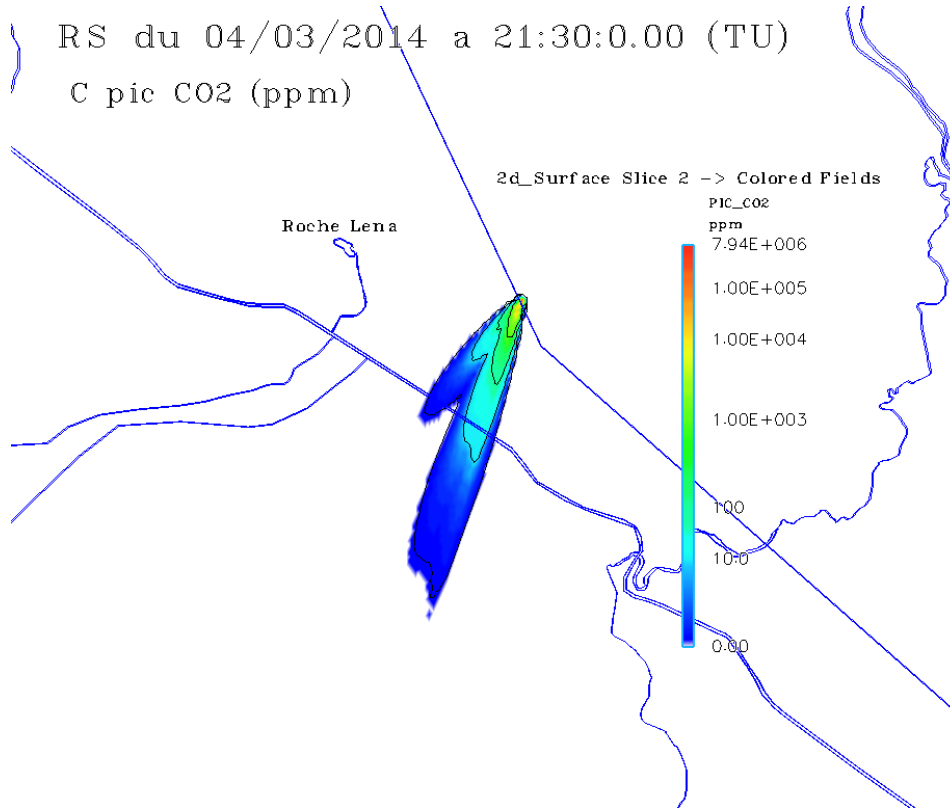
- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone de lancement (latitude, longitude),
- Les données météorologiques recueillies à l'aide d'un radiosondage,
- etc.

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* de la page suivante.

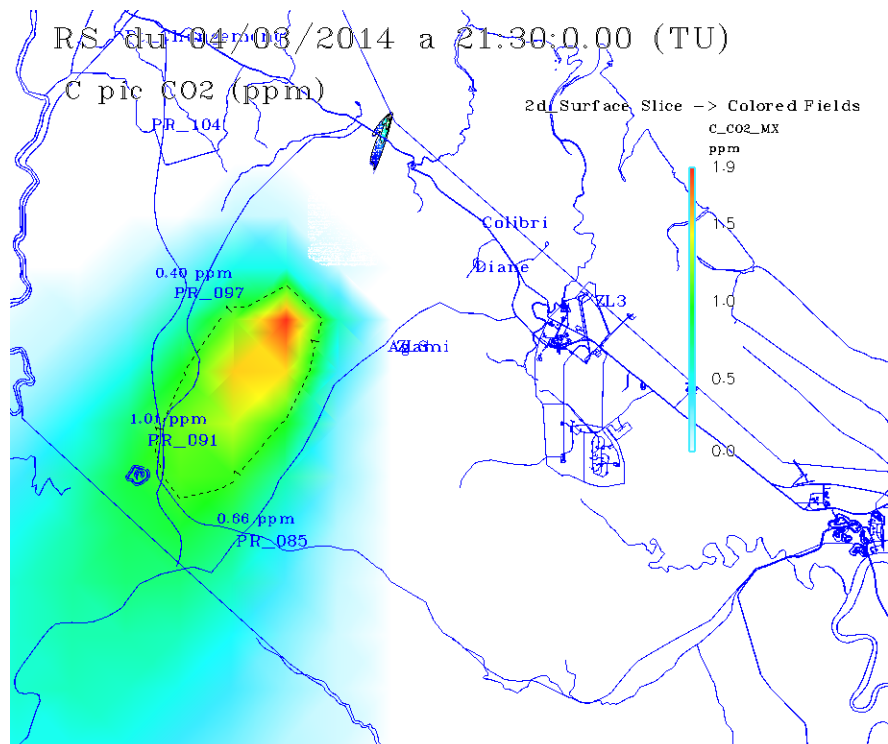
**Tableau 3 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM.**

<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	767,2
<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)	4,6
- Direction moyenne des vents (°)	29
⇒ Les vents sont orientés vers	Point kilométrique PR91
<b>HAUTES COUCHES DE L'ATMOSPHERE</b> (pour une altitude allant de la hauteur de stabilisation jusqu'à 4000 m)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	3,4
- Direction moyenne des vents (°)	350
⇒ Les vents sont orientés vers	Point kilométrique PR85

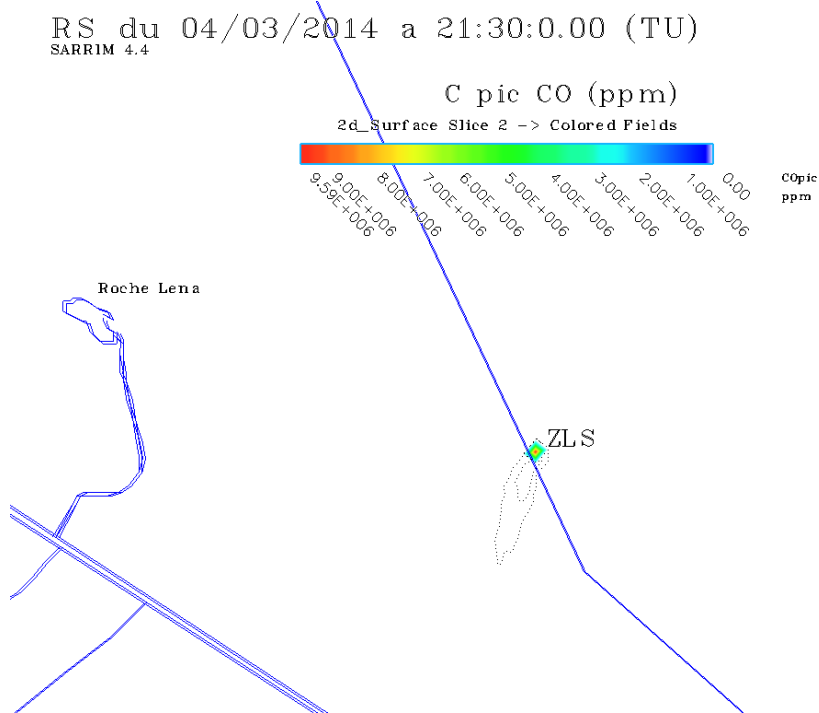
**Figure 1 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche**



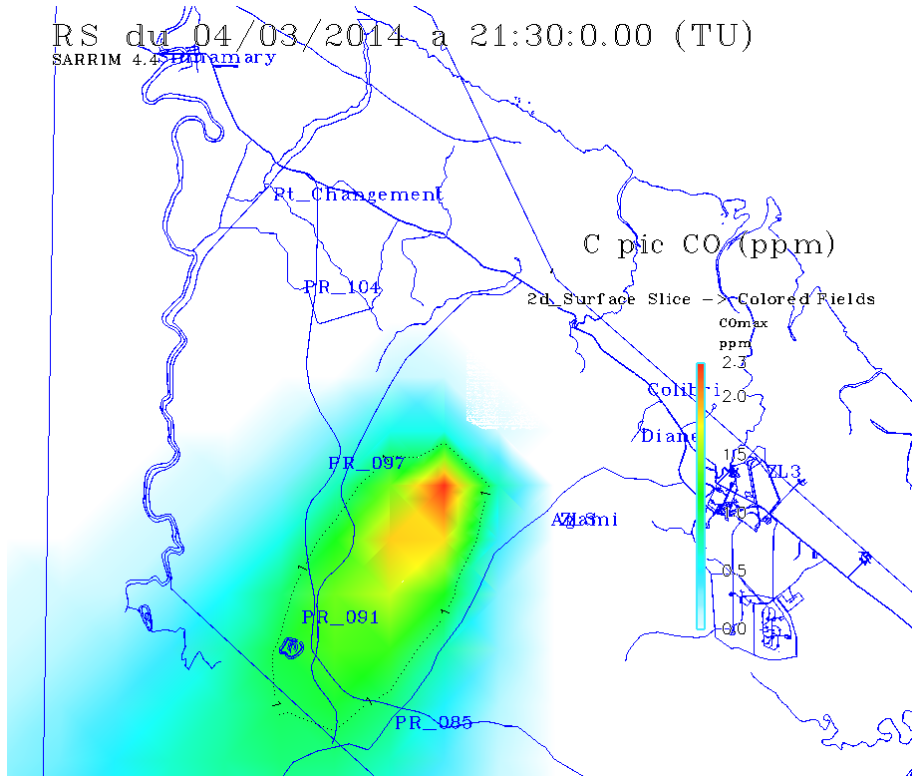
**Figure 2 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain**



**Figure 3 : Retombées en monoxyde de carbone en champ proche**



**Figure 4 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain**



## **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 ( $\text{NO}_x$ ) et de soufre ( $\text{SO}_x$ ), en monoxyde de carbone (CO), en hydrocarbures (HCT) et composés organiques volatiles (COV), en particules ( $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ) et en ozone ( $\text{O}_3$ ) en situation nominale de lancement,
- les concentrations en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) 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 :

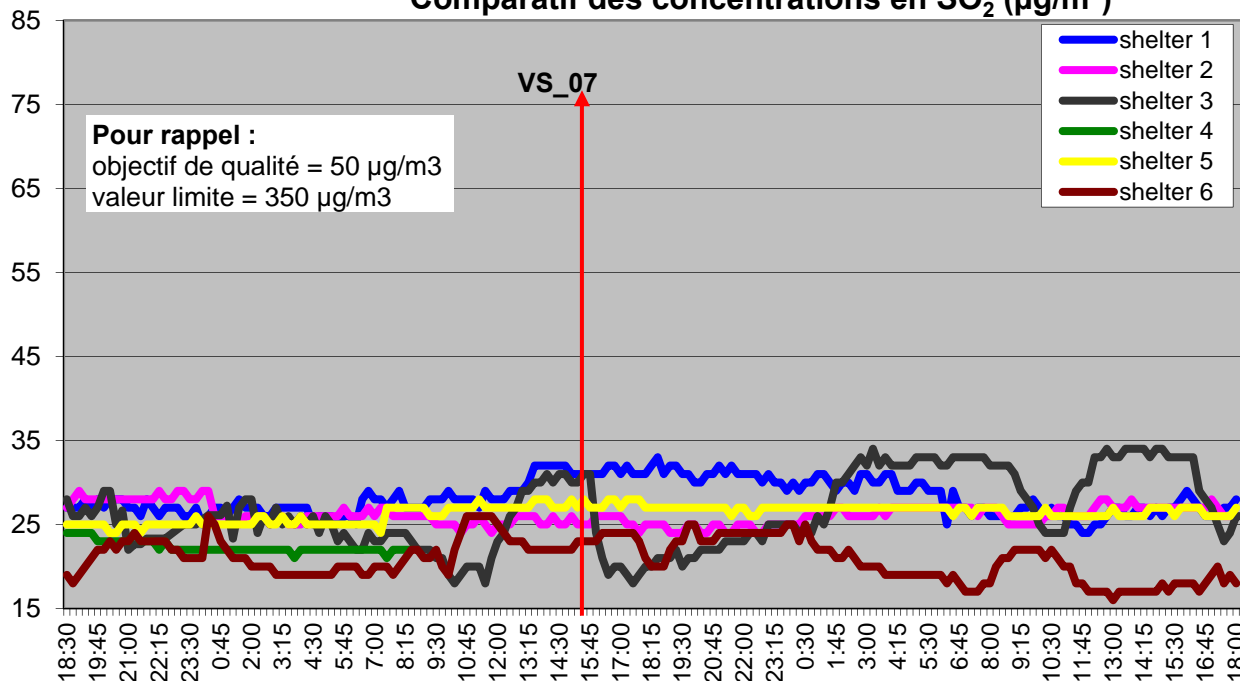
- Les analyseurs en continu de la marque ENVIRONNEMENT SA dont les points de mesures sont répartis sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque ZELLWEGER constituant le réseau CODEX.

### **7.2. Résultats des mesures**

#### **7.2.1. Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA**

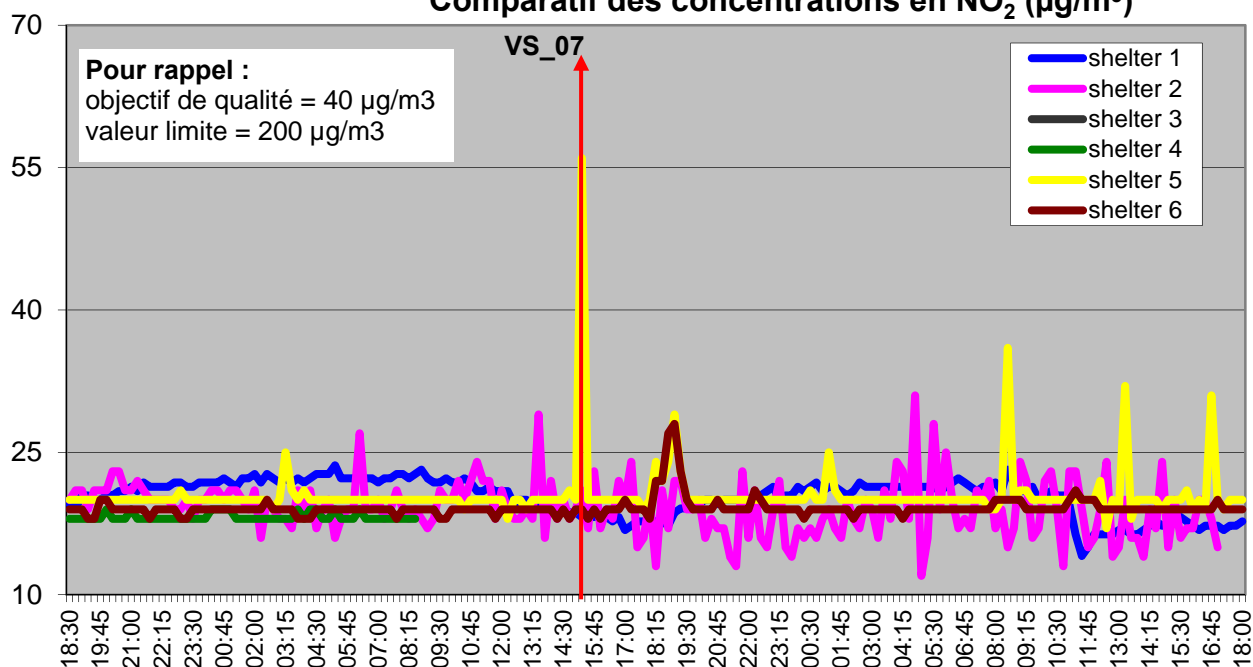
Les graphiques ci-dessous présentent, quant à eux, un comparatif des concentrations en produits de combustion à partir des résultats obtenus quelques heures avant et après le H0.

### Comparatif des concentrations en SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



31/03/2014

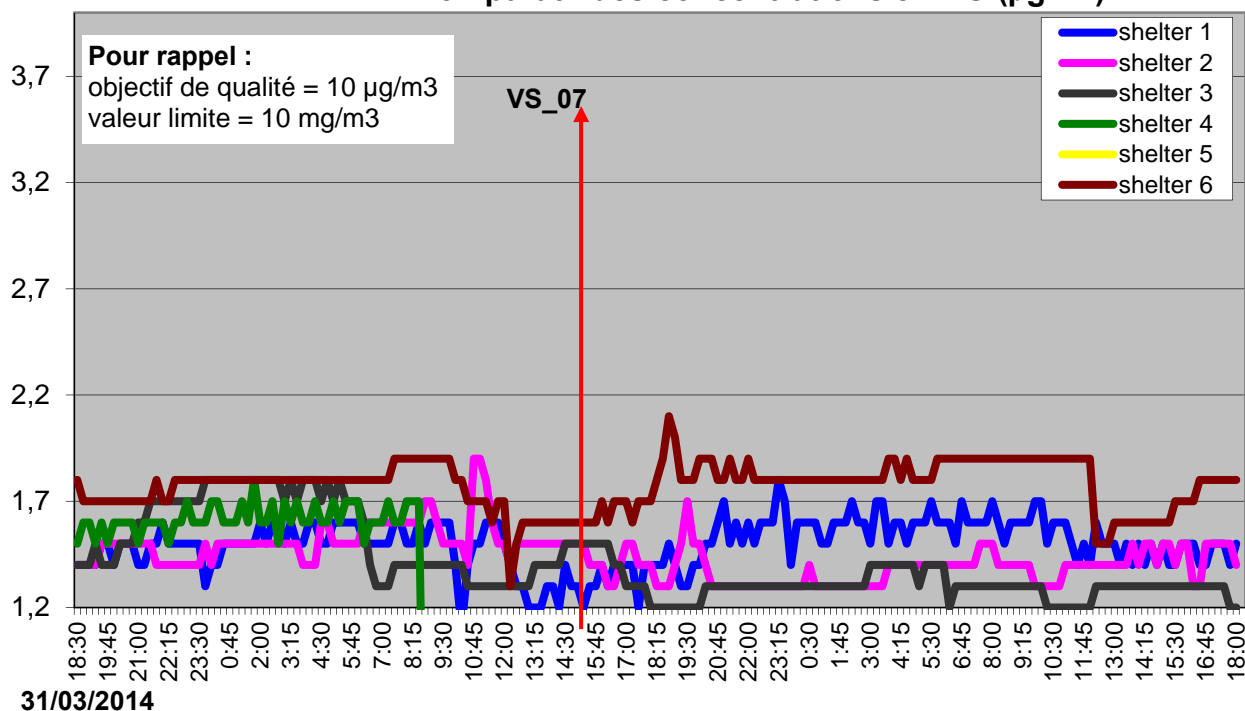
### Comparatif des concentrations en NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



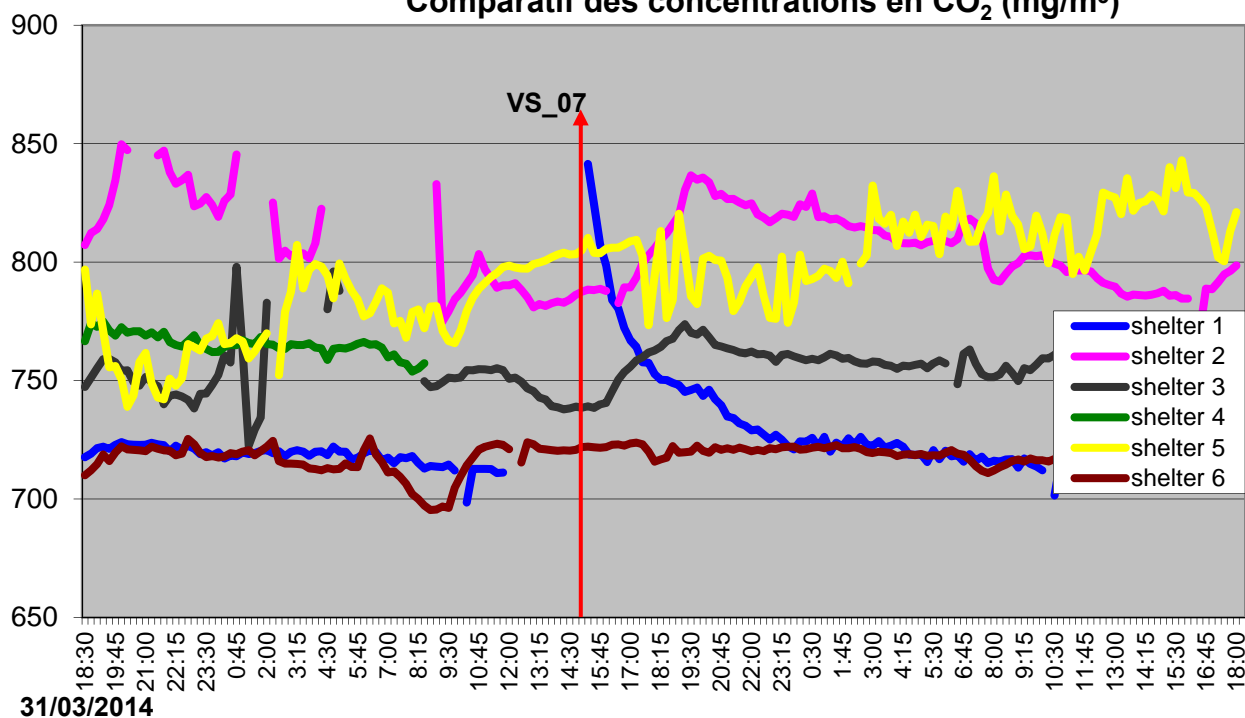
31/03/2014

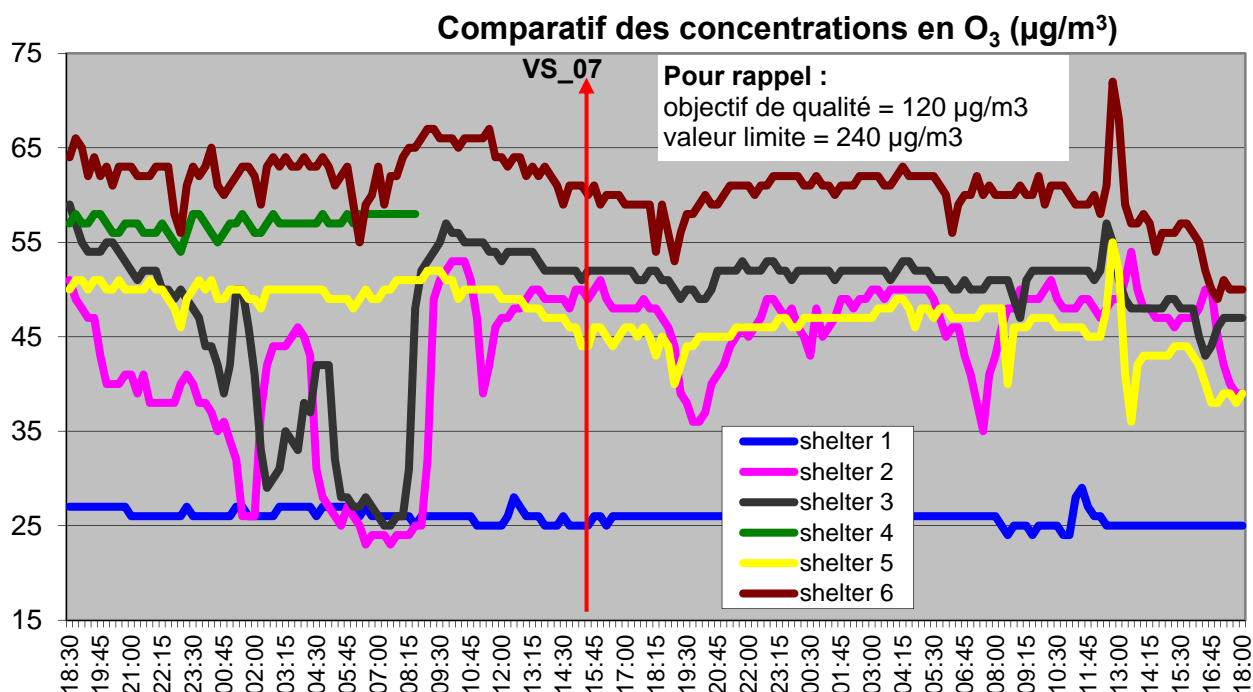


### Comparatif des concentrations en CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

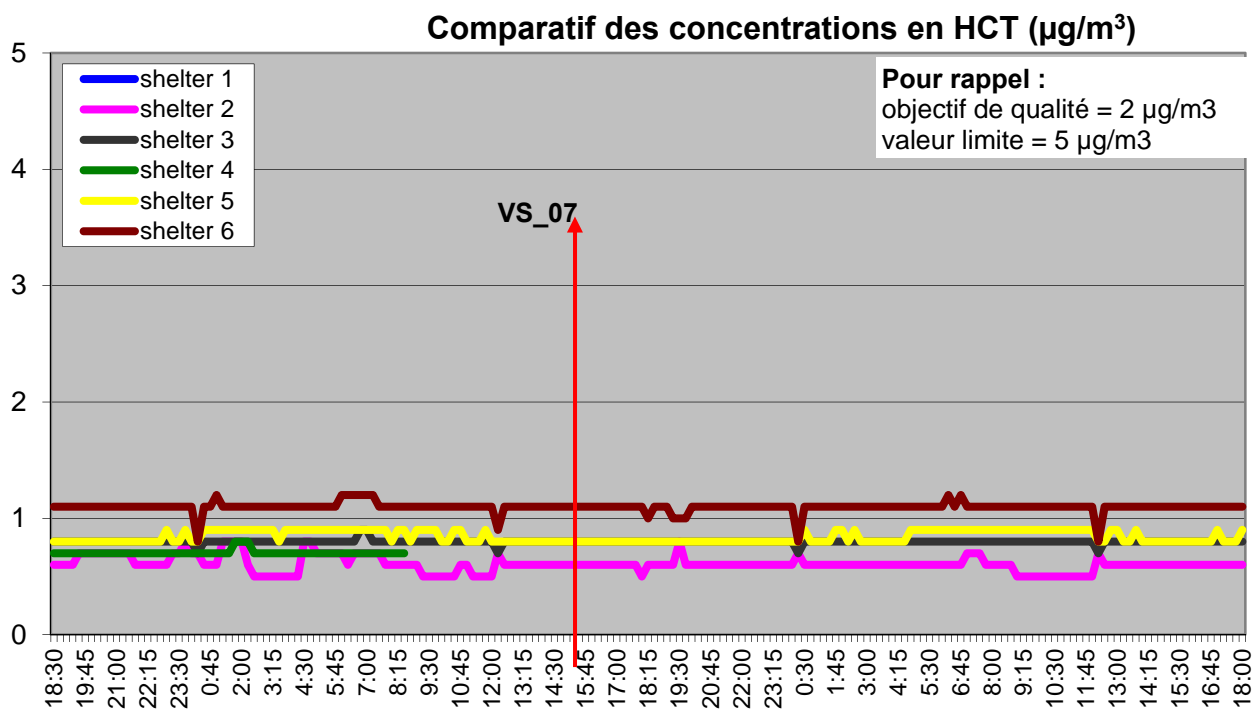


### Comparatif des concentrations en CO<sub>2</sub> ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )



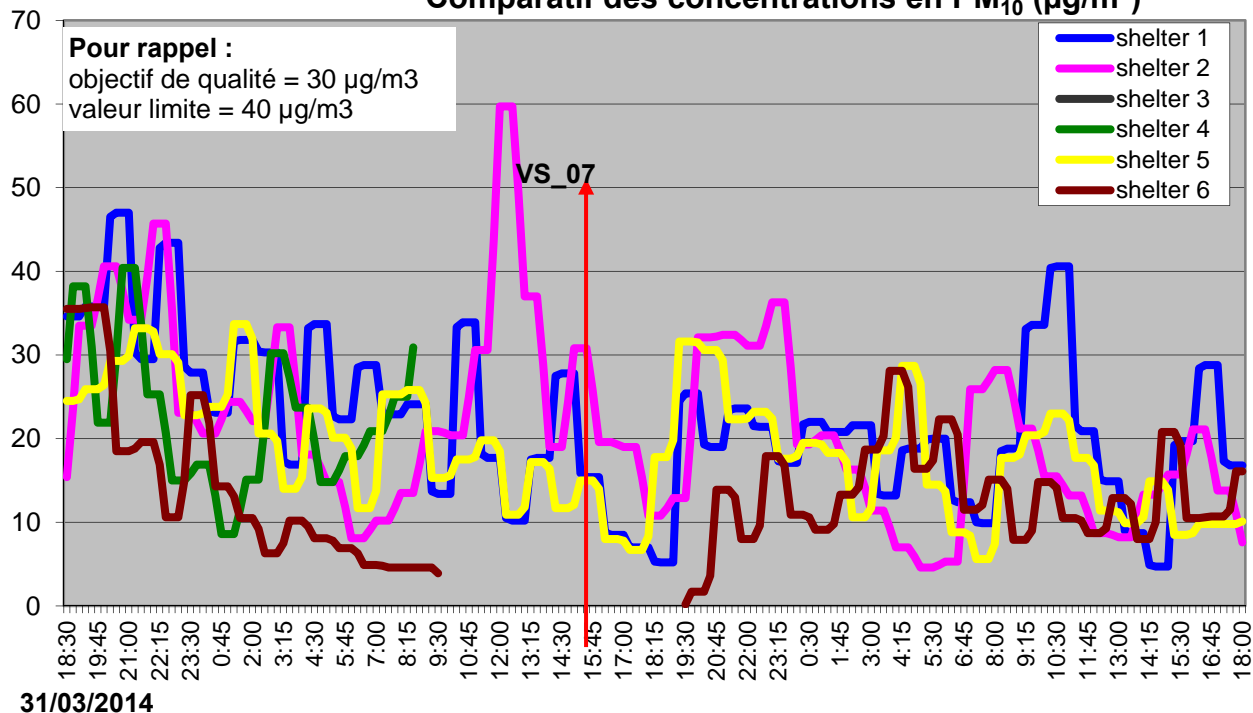


31/03/2014

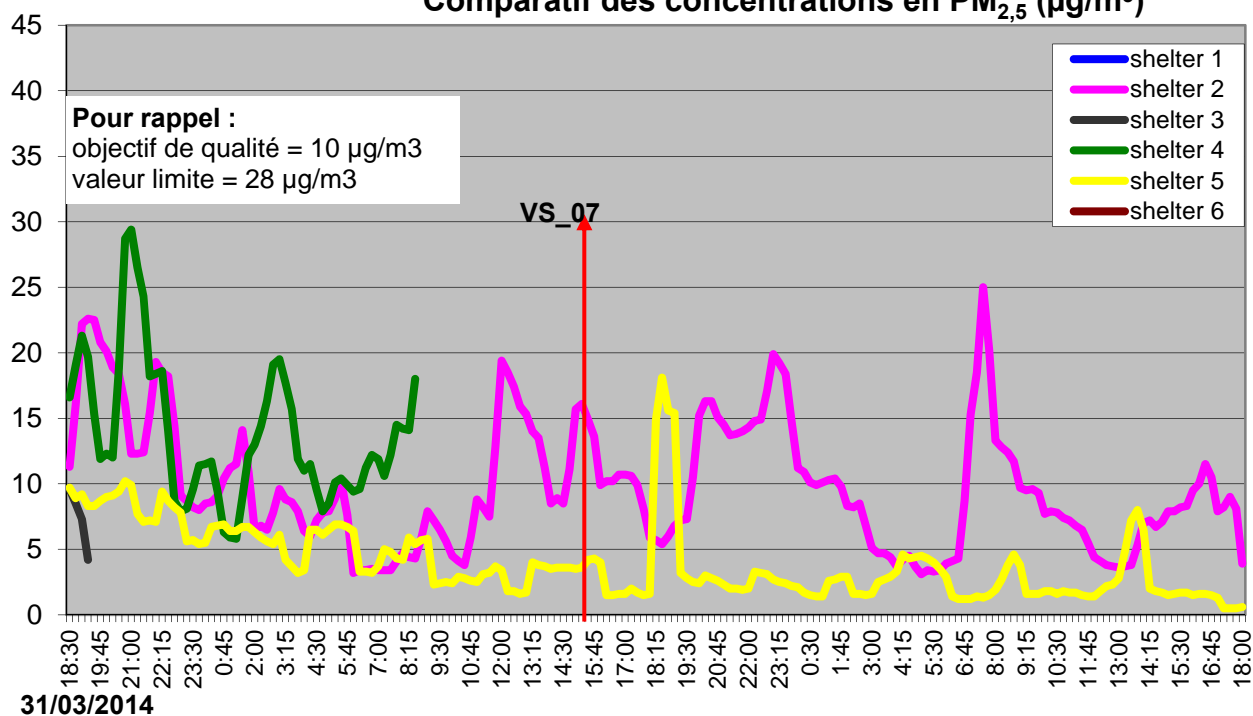


31/03/2014

### Comparatif des concentrations en PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



### Comparatif des concentrations en PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



	SHELTER 1 : KOUROU	SHELTER 2 : SINNAMARY	SHELTER 3 : LABO CHIMIE	SHELTER 4 : BAT. 3529	SHELTER 5 : BAT. 3551	SHELTER 6 : BAT 3556
SO <sub>2</sub>			max	¥		min
NO <sub>2</sub>		min	HS	¥	max	
CO	min			¥	HS	max
CO <sub>2</sub>		max				min
O <sub>3</sub>	min			¥		max
HCT	HS	min		¥		max
PM <sub>10</sub>		max	HS	¥		min ¥¥
PM <sub>2,5</sub>	HS			max ¥	min	HS

¥ : Valeur moyenne inférieure à 14 h

¥¥ : Valeur moyenne sur 33 h

**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 SO<sub>2</sub>* : on constate que les niveaux moyens de SO<sub>2</sub> oscillent entre 21,00 et 28,00 µg/m<sup>3</sup> (concentration moyenne = 25,1 µg/m<sup>3</sup>). Les concentrations les plus fortes sont mesurées au niveau du point 5 implanté à Kourou – Hôtel des Roches (à 28 km de la zone de lancement –shelter 1). Les concentrations les plus basses ont été registrées sur le shelter n°6 (implanté à 750 mètres de la ZLS).  
Par ailleurs, en champ proche (shelters 5 et 6) les niveaux moyens enregistrés sont inférieurs à ceux du champ lointain. Enfin, les teneurs en dioxyde de soufre sont restées sur des niveaux stables après le lancement (entre le 21,0 et 26,3 µg/m<sup>3</sup>).  
Ainsi, on peut conclure que :
  - les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en SO<sub>2</sub> imputables au lancement VS 07 ; 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 NO<sub>2</sub>* : La teneur en NO<sub>2</sub> mesurée en dehors du territoire du CSG (Kourou – point 5 / Sinnamary – point 4) sont analogues à celles enregistrées sur les autres points de mesures. En effet, les concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> détectées au niveau des points 4 et 5 sont respectivement de 20,3 et 19,7 µg/m<sup>3</sup>. Sur les autres analyseurs, la moyenne est de 19,1 µg/m<sup>3</sup>. Similairement aux observations réalisées sur les mesures des vols précédentes, le graphique fait apparaître une dynamique « naturelle » de variations des concentrations avec le temps appelées variations nyctémérales. Par ailleurs nous notons 15 minutes après le lancement un pic de 56 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>, au niveau du point 2 (Shelter 5 à 550 mètres de la ZLS) dépassant l'objectif de qualité fixé à 40 µg/m<sup>3</sup>.  
Néanmoins, on peut conclure que les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en NO<sub>2</sub> dû à l'activité de lancement dépassant le périmètre du l'ELS. Les quantités détectées en dehors du ELS 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]**.  
Tout comme les précédents lancements, les mesures en champ proche ont mis en évidence des concentrations moyennes légèrement supérieures à celles du champ lointain ( $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  d'écart) ; les valeurs maximales étant atteintes au niveau du point 3 (à 750 mètres de la ZLS). L'autre shelter du champ proche a enregistré des niveaux moyens de  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de CO (shelter 4, implanté à 190 mètres de la ZLS).  
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 CO<sub>2</sub> : 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 CO<sub>2</sub> la journée et production de CO<sub>2</sub> la nuit. Pour rappel, 50% du territoire du CSG est recouvert par de la forêt primaire et secondaire (soit environ 350 km<sup>2</sup>). A noter que le niveau naturel de CO<sub>2</sub> est significativement plus important au niveau du point 4 (shelter 2) que sur le reste des autres points (écart de  $68,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).
- graphique O<sub>3</sub> : Sur l'ensemble des capteurs, nous constatons que les teneurs d'ozone détectées n'augmentent pas 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, très largement respecté (pic maximal de  $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enregistré à 12h45 du 04/04/2014 sur le shelter 6)
- graphique HCT (COV) : L'ensemble des mesures concernant les hydrocarbures totaux est homogène quel que soit le point de mesure, intérieure soit extérieure le périmètre du CSG. Les analyseurs ont enregistrées le bruit de fond ambiant.
- graphique PM<sub>10</sub> : Des PM<sub>10</sub> ont été détectées en très fortes concentrations (dépassant l'objectif de qualité et la valeur limite) à Kourou (shelter 1) et à Sinnamary (shelter 2). 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 S07 et en conclure quant à l'impact de la trace des produits de combustion.
- graphique PM<sub>2,5</sub> : Les teneurs de PM<sub>2,5</sub> registrées pour les shelters 1,2 et 5 sont comparables entre eux, ainsi nous pouvons déduire que les valeurs enregistrées sont les constituantes du bruit de fond ambiante.

- Pour rappel, les résultats des simulations SARRIM (présentés au *paragraphe 6*) montrent que la « trace » de combustion s'est dirigée vers le Point kilométrique PR 91 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 VS 07. 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 VS07 aux résultats de VS01 à VS06

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

**Tableau 5 : Synthèse des résultats moyens de V S01 à V S07 ainsi que des écarts moyens associés pour le champ proche**

champ proche			Concentrations moyennes sur 48h								Ecart type ( $\sigma$ ) sur 48h							
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
			( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								
champ proche	Shelter n°4 : ZLS – Shelter Optique	V S01	26,5	20,0	1,4	791,1	40,5	0,0	7,3	HS	1,77	5,31	0,09	61,54	11,12	0,60	6,68	N.A.
		V S02	26,1	20,8	1,5	794,3	HS	HS	18,2	7,9	3,14	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 *	2,13	0,93	0,10	52,09	1,06	0,08	9,87	N.A.
		V S04	29,5	20,7	1,1	779,5	46,5	0,4	11,3	4,3	14,81	10,41	0,58	393,67	24,19	0,20	8,44	4,52
		V S05	29,22	20,1 ##	1,2 ##	HS	50,6 ##	1,0 ##	11,9 #	4,3 #	1,30	0,33	0,25	N.A.	14,74	0,07	6,63	3,99
		V S06	31,3 ?	18,2 ?	1,9 ?	723,6 ?	74,9 ?	0,8 ?	20,3 ?	3,5 ?	2,33	0,41	0,22	49,71	6,29	0,01	12,04	9,79
		V S07	22,4 ¥	18,1 ¥	1,6 ¥	795,3	57,0 ¥	0,7 ¥	22,5 ¥	13,8 ¥	0,72	0,40	0,07	4,41	0,92	0,02	8,34	5,38
	Shelter n°5 : Zone de dépotage PHHC	V S01	27,2	20,40	1,80	789,10	36,10	0,50	HS	HS	3,20	1,02	0,18	82,54	9,73	N.A.	N.A.	N.A.
		V S02	22,8	17,3	1,7	763,6	22,3	0,9	22,1	HS	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		V S03	26,8	20,5	2,1	756,6	35,6	1,2	HS	HS	2,16	1,13	0,07	57,64	11,15	0,65	13,66	3,75
		V S04	27,8	20,3	2,1	746,2	39,9	1,0	7,3	HS	0,94	0,91	0,18	82,52	10,29	0,07	5,77	N.A.
		V S05	26,4 ###	20,0 ###	2,0 ###	HS	39,9 ###	1,1 ###	17,9 ###	4,6 ###	0,98	1,43	0,13	0,13	8,79	0,07	16,94	7,59
		V S06	25,6	19,8	1,8	750,8	57,3	1,0	23,4	3,4	1,17	0,64	0,13	63,91	1,27	0,04	12,25	0,00
		V S07	26,3	20,2	HS	718,7	47,1	0,8	18,6	4,0	0,96	1,07	N.A.	63,90	3,54	0,05	7,66	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	3,24	1,43	0,07	31,84	1,43	N.A.	N.A.	N.A.
		V S03	HS	16,1 ****	1,4 ****	644,1 ****	43,1 ****	1,4 ****	67,1 ****	HS	0,93	1,39	0,09	75,92	8,09	0,58	7,17	N.A.
		V S04	27,3	20,4	1,8	735,049	45,1	1,0	24,9	HS	1,59	1,84	0,11	80,80	12,17	0,26	15,84	N.A.
		V S05	HS	HS	1,0 ###	HS	HS	HS	18,9 #	HS	N.A.	N.A.	0,06	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		V S06	25,1	18,8	1,6	710,8	HS	0,9	23,4	HS	1,37	0,64	0,13	63,91	1,27	0,04	12,25	N.A.
		V S07	21,0	19,1	1,8	712,2	60,8	1,1	13,6 ¥¥	HS	2,44	1,07	0,13	63,90	3,54	0,05	7,66	N.A.

*	Valeur moyenne sur 5h	**	Valeur moyenne sur 20h	***	Valeur moyenne sur 35h	****	Valeur moyenne sur 40h
#	Valeur moyenne sur 14h max	##	Valeur moyenne sur 19h	###	Valeur moyenne sur 34h max		
?	Valeur moyenne sur 41h	??	Valeur moyenne sur 44h				
¥	Valeur moyenne inférieure à 14h	¥¥	Valeur moyenne sur 33h				

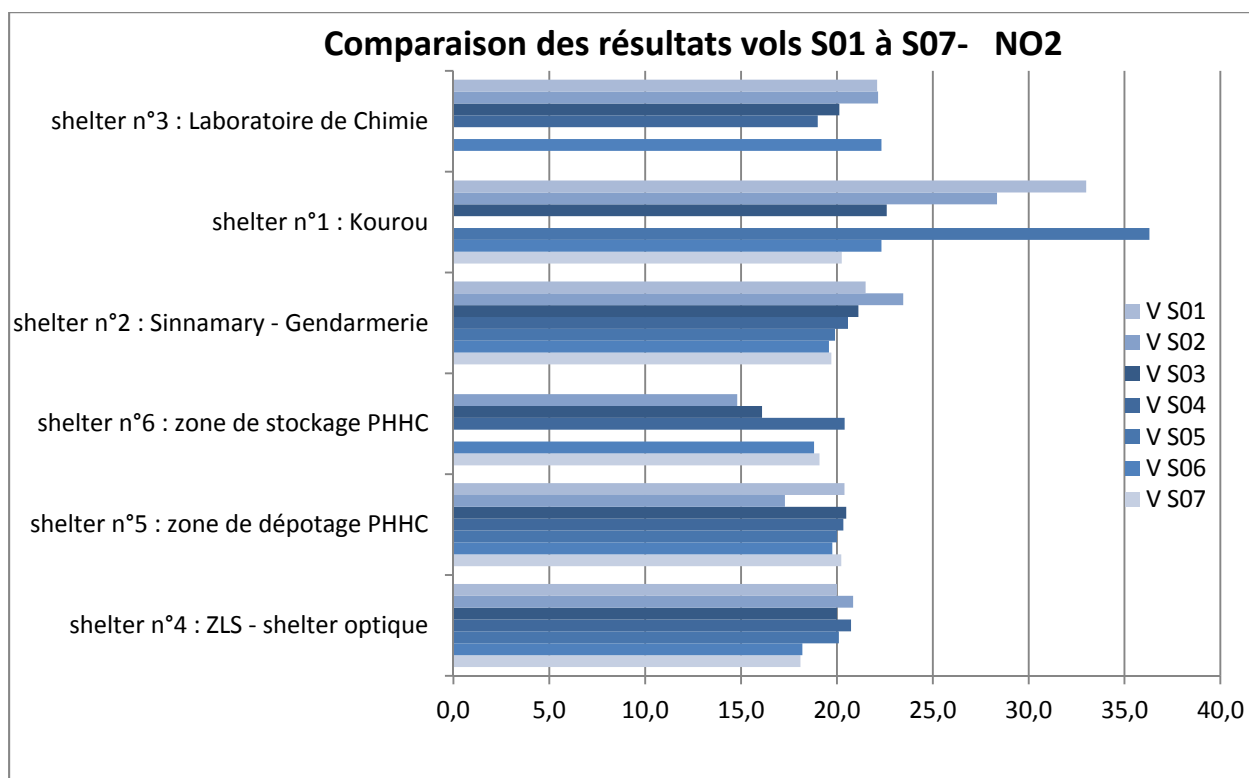
**Tableau 6 : Synthèse des résultats moyens de V S01 à V S07 ainsi que des écarts moyens associés pour le champ lointain**

			Concentrations moyennes sur 48h								Ecart type ( $\sigma$ ) sur 48h									
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>		
			( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )										
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	1,20	1,10	0,16	87,46	9,45	0,17	7,18	17,92		
		V S02	26,4	23,5	HS	HS	40,8	HS	HS	HS	HS	3,06	0,12	100,41	10,08	N.A.	12,08	5,66		
		V S03	26,6	21,1	1,5	747,0	37,2	HS	HS	HS	HS	4,12	2,31	N.A.	N.A.	10,18	N.A.	0,00	N.A.	
		V S04	32,3	20,6	1,4	804,4	28,0	1,3	20,3	5,7	12,92	8,24	0,56	321,67	11,29	0,53	8,39	2,92		
		V S05	28,8 ###	19,9 ###	1,4 ###	HS	42,6 ###	0,4 ###	22,8 ###	10,7 #	1,74	1,42	0,06	N.A.	N.A.	0,18	20,92	13,16		
		V S06	25,8	19,6	1,6	765,4	45,9	1,3	20,8	6,6	1,25	0,91	0,10	70,81	6,58	0,05	10,31	8,42		
		V S07	26,2	19,7	1,4	806,4	43,4	0,6	21,6	9,8	1,19	4,67	0,11	93,90	7,74	0,07	11,05	4,90		
	shelter n°1 : Kourou	V S01	27,4	33,0	1,5	816,7	34,5	3,5	9,2	HS	0,94	6,21	0,09	75,99	8,04	0,58	6,97	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.		
		V S04	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 S05	28,7	36,3	1,5	746,1	26,8	2,1	21,9	HS	1,97	1,55	0,36	68,35	0,82	0,08	5,13	N.A.		
		V S06	28,1	22,3	1,3	768,9	HS	HS	35,3	HS	1,46	0,72	0,10	1114,83	0,28	0,27	10,78	N.A.		
		V S07	28,3	20,3	1,5	726,1	25,9	HS	22,0	HS	2,10	4,29	0,12	112,19	0,74	2,27	9,70	N.A.		
	shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	V S01	HS	22,1	1,3	814,7	34,6	HS	12,9	3,9	0,00	1,63	0,12	100,69	10,02	0,00	11,49	2,13		
		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.		
		V S04	26	19	1,5	808,5	37,9	HS	17,1	HS	12,18	8,92	0,72	383,97	19,19	0,00	9,89	N.A.		
		V S05	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 S06	20,8	22,3	HS	751,1??	63,2	0,9	16,1	4,6??	4,88	0,72	N.A.	69,91	6,67	0,03	8,39	12,55		
		V S07	26,7	HS	1,4	755,0	48,5	0,8	HS	0,2	6,34	20,82	0,18	86,27	7,50	0,02	N.A.	1,10		
	*	Valeur moyenne sur 5h				**	Valeur moyenne sur 20h				***	Valeur moyenne sur 35h				****	Valeur moyenne sur 40h			
	#	Valeur moyenne sur 14h max				##	Valeur moyenne sur 19h				###	Valeur moyenne sur 34h max								
	?	Valeur moyenne sur 41h				??	Valeur moyenne sur 44h													
	¥	Valeur moyenne inférieure à 14h				¥¥	Valeur moyenne sur 33h													

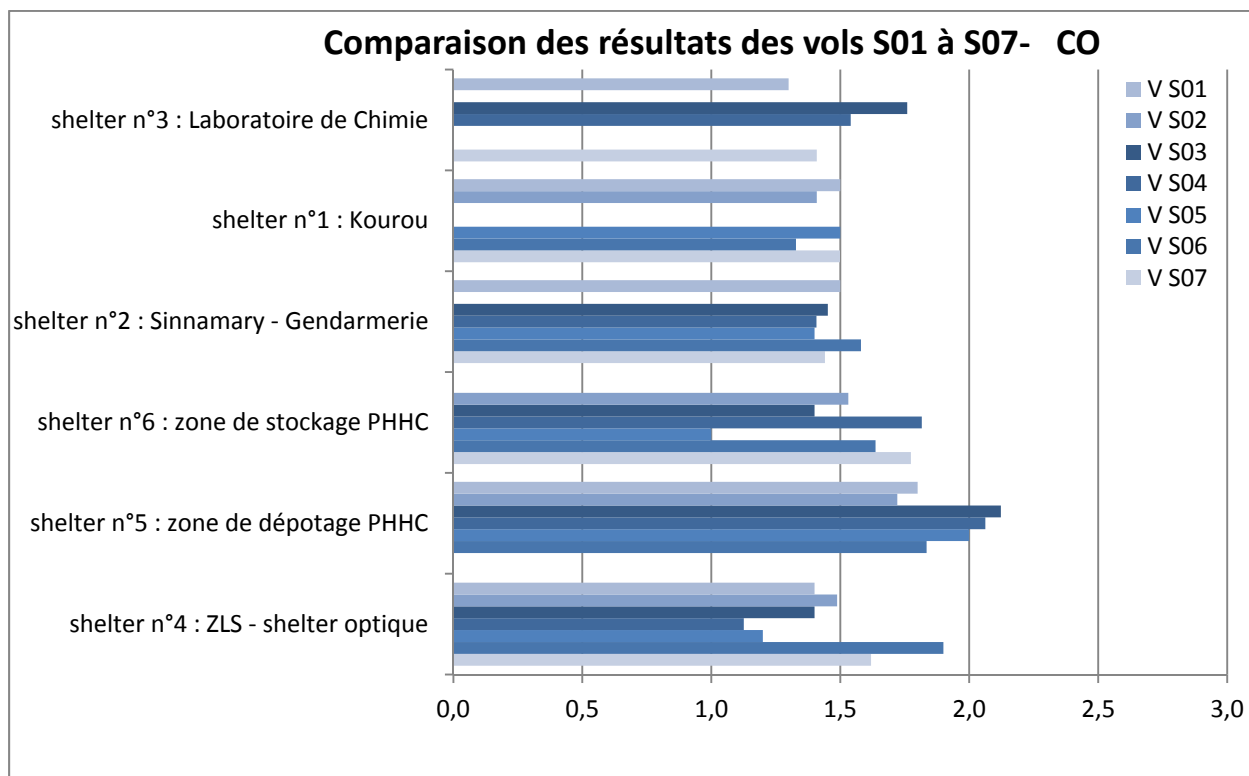




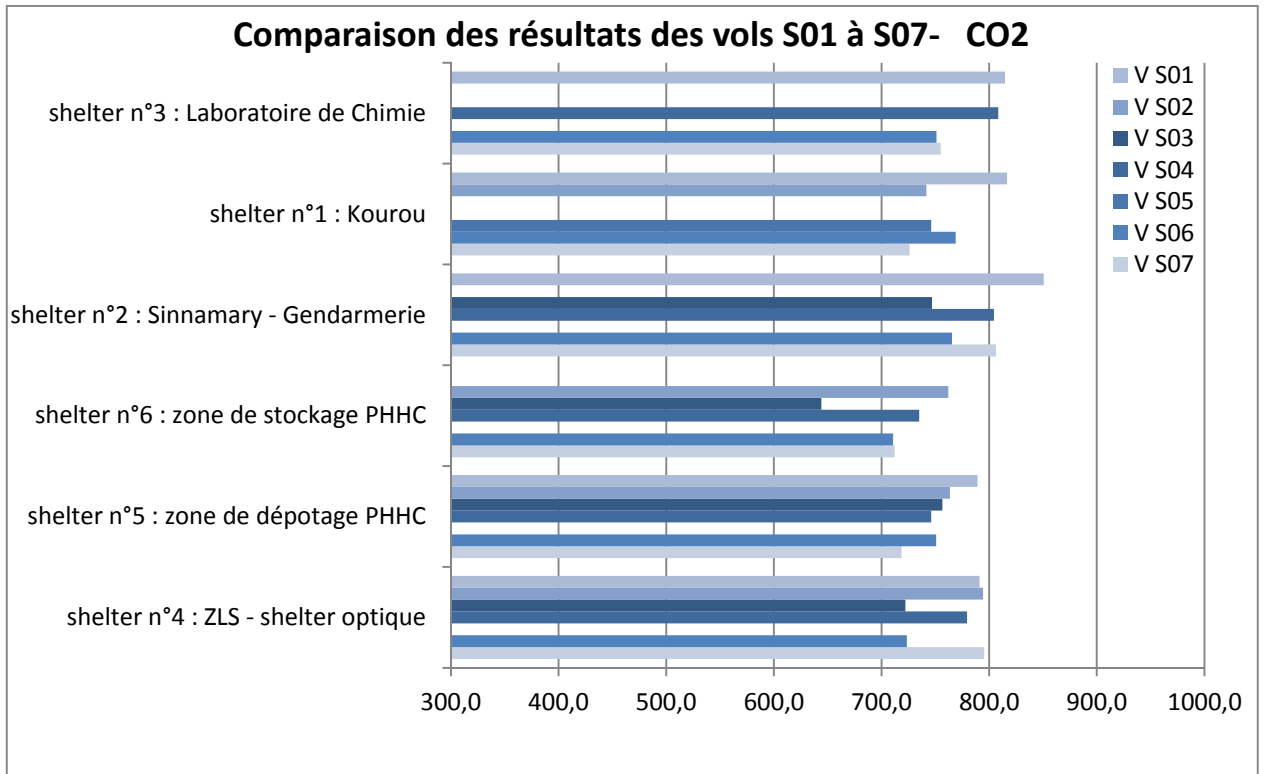
- NO<sub>2</sub> : Pour un même lancement, on constate que les concentrations moyennes fluctuent d'un site à l'autre ; les teneurs les plus fortes étant systématiquement relevées à Kourou. Cependant, la comparaison des résultats obtenus lors des 7 lancements ne met pas en évidence un écart moyen significatif. Cela signifie que les capteurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en NO<sub>2</sub> attribuables au lancement V S07, ainsi nous pouvons considérer que les résultats obtenus sont comparables entre eux.



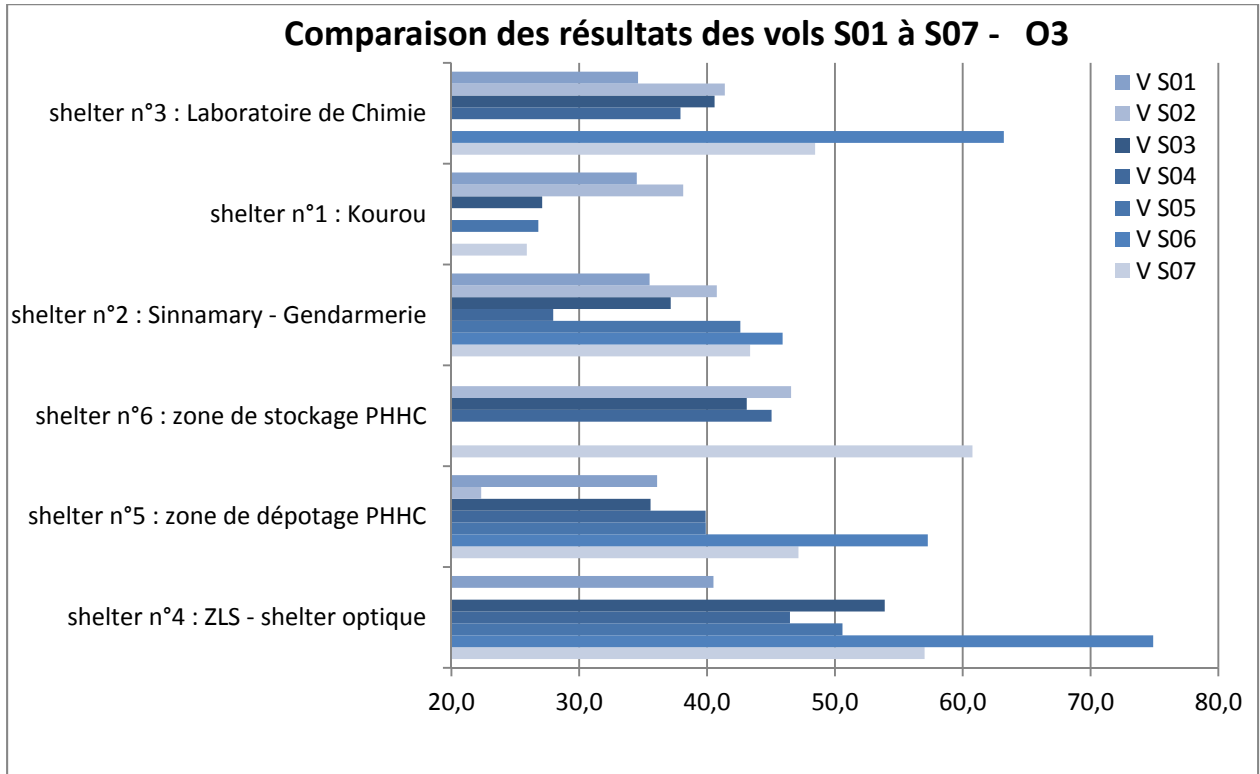
- CO : De très faibles variations de concentrations sont à noter ; ces dernières n'étant pas significatives.  
Nous pouvons donc conclure que les analyseurs ont détecté des apports comparables à ceux déjà obtenus. Ainsi les quantités détectées constituent le bruit de fond ambiant.



- CO<sub>2</sub> : Les teneurs de CO<sub>2</sub> mesurées lors de V S07 sont comparables aux précédents vols.

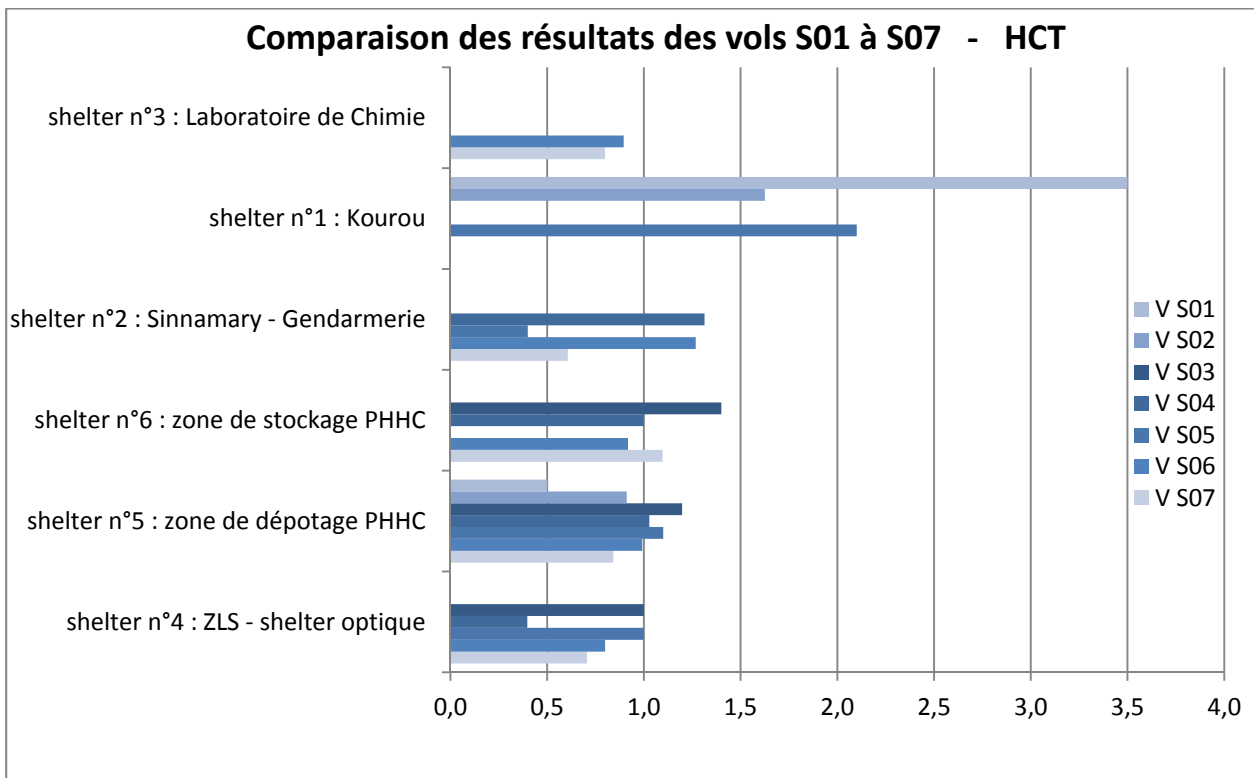


- $O_3$  : Pour VS 07, on observe que la concentration moyenne la plus forte a été mesurée au niveau du shelter 6 (implanté à 750 mètres de la ZLS). Au-delà, les concentrations en  $O_3$  sont équivalentes à celles enregistrées pour les autres vols

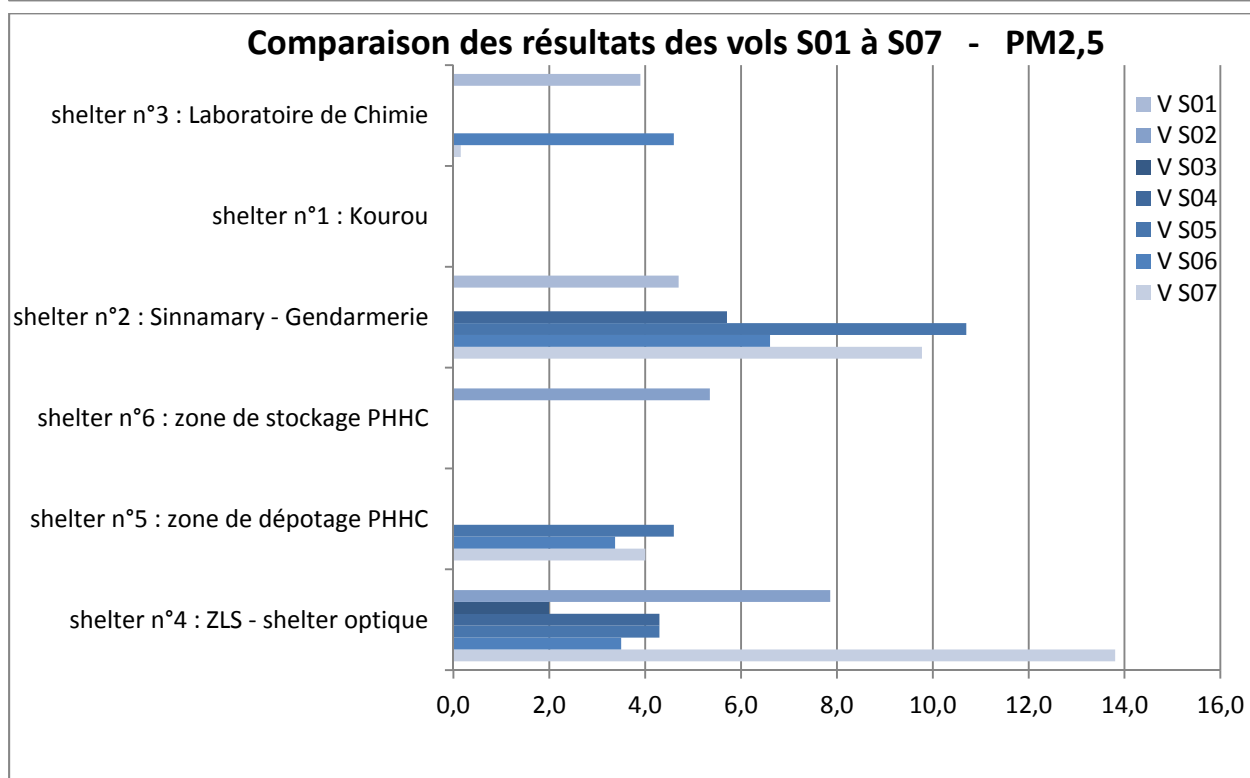
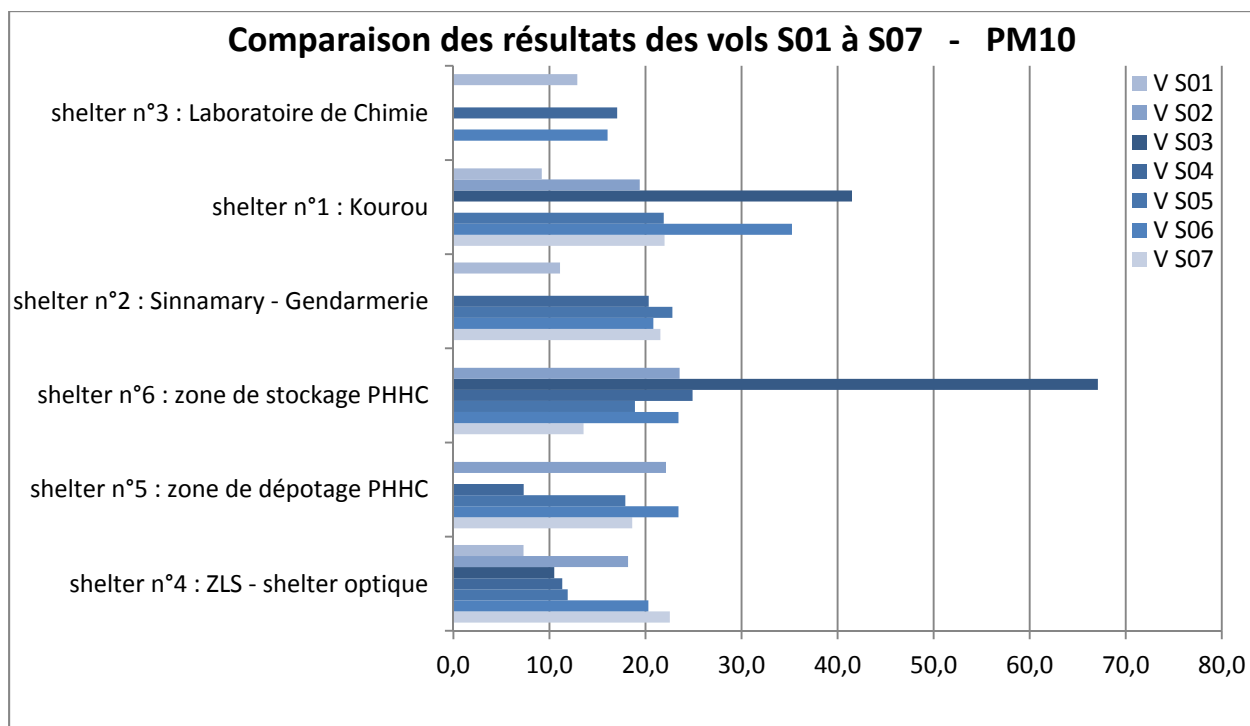


- Les hydrocarbures : Les hydrocarbures (ou composés organiques volatiles ou BTEX) ont comme principales sources d'émissions :
  - la végétation (présence de forêt à proximité immédiate des capteurs),
  - les voies de circulation (présence d'axes routiers importants ou de parkings à proximité immédiate des capteurs).

L'ensemble de toutes ces sources et les faibles niveaux enregistrés génèrent un bruit de fond qu'il rend difficile de conclure quant à l'impact des émissions de Soyuz sur la qualité de l'air. D'autant plus que pour V S07, la valeur la plus élevée a été mesurée à Kourou.



- Les matières particulaires : Les concentrations en  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont comparables d'un vol à l'autre. Les fortes valeurs en  $PM_{10}$  lors du V S03 semblent incohérentes.



### 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 S07

La surveillance de la qualité de l'air par les analyseurs en continu de l'air 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 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. 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 S07 à ceux précédents 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,