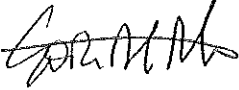

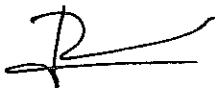
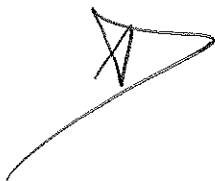


**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT
SOYUZ ST-A VOL S04 DU 1 DECEMBRE 2012 A 23H02 MN**

	Nom et Sigle	Date et Signature
Préparé par	DEL BUFALO G. SDP/ES	04/12/2014 
Vérifié par	JEAN-LOUIS S. SDP/ES	04/12/2014 
Approuvé par	RICHARD S. SDP/ES	06/01/15 
Application autorisée par	TRINCHERO J.P. SDP/ES	6 JAN. 2015 

DIFFUSION

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	3
DLVD	1

Nombre total d'exemplaires : 19

REPERTOIRE DES MODIFICATIONS

Ed/Rév	Date	Pages Modifiées	Objet de la modification
01/00	11/08/2014	TOUTES	CRÉATION / DEL BUFALO G. et JEAN – LOUIS S.

SOMMAIRE

1. OBJET – DOMAINE D'APPLICATION	4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.1. DOCUMENTS APPLICABLES	5
2.2. DOCUMENTS DE REFERENCE	5
2.3. GESTIONNAIRE TECHNIQUE DU DOCUMENT	5
3. DEFINITIONS ET SIGLES	6
3.1. DEFINITIONS	6
3.2. SIGLES	6
4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S04	8
5. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES	9
6. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES	10
6.1. DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 1R021212	11
6.2. SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 1R021212	12
7. MESURE EN CONTINU DE LA QUALITE DE L'AIR (RETOMBEES CHIMIQUES ET PARTICULAIRES)	17
7.1. OBJECTIF DES MESURES	17
7.2. RESULTATS DES MESURES.....	17
7.2.1. <i>Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA</i>	17
7.2.2. <i>Comparaison des résultats de VS04 aux résultats de VS01, VS02 et VS03</i>	24
7.2.3. <i>Résultats des détecteurs du réseau CODEX</i>	33
8. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU LANCEUR SOYUZ VOL S04	34

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 **Pleiades 1b**. Le **vol Soyuz 04** a eu lieu le **2 décembre 2012 à 23 heures 02 minutes** en heure locale, soit le 3 décembre 2012 à 02 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) **[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 trois premiers plans de mesures environnement Soyuz **[DR5, 6 et 7]**.

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-14762-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-B vol S03 du 12 octobre 2012 à 15h15
- [DR6] **CSG-RP-SSX-14379-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-A du S02 du 17 décembre 2011 à 23H03
- [DR7] **CSG-RP-SSX-14347-CNES** – Résultats du Plan de mesures Environnement Soyuz ST-A 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 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
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

4. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU VOL S04

Les domaines couverts par le plan de mesures Vol S04 [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 Soyouz. La quantification des concentrations en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde de carbone (CO₂), en oxydes d'azote (NO_x), en oxydes de soufre (SO_x), en ozone (O₃), en composés organiques volatiles et hydrocarbures (COV / HCT) et en particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) a lieu sur 6 sites (villes de Kourou, de Sinnamary, Ensemble de Lancement 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.

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)	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 S04 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 1R021212

Le jour du lancement, à H0 +22 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (**référence 1R021212** du 2 décembre 2012). Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

Tableau 2 : Données météorologiques issues du radiosondage 1R021212.txt pour les couches atmosphériques représentatives.

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (mb)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1008,2	2,0	90	26,2	91,0
100	998,3	4,4	95	26,7	82,2
500	954,0	7,9	107	23,2	96,2
1000	900,9	6,5	90	21,3	71,1
1500	850,2	2,7	111	18,7	80,3
2000	802,1	1,9	125	16,5	74,0
2500	756,2	2,6	78	14,1	51,0
3000	712,5	4,1	93	11,6	45,5
3500	670,9	5,2	58	8,2	61,5
4000	631,4	4,7	359	5,9	36,0

6.2. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 1R021212

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.

HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	424
BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	6,8
- Direction moyenne des vents (°)	95
⇒ 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)	3,3
- Direction moyenne des vents (°)	80
⇒ Les vents sont orientés vers	Carrefour Changement

Figure 1 : Retombées en dioxyde de carbone en champ proche

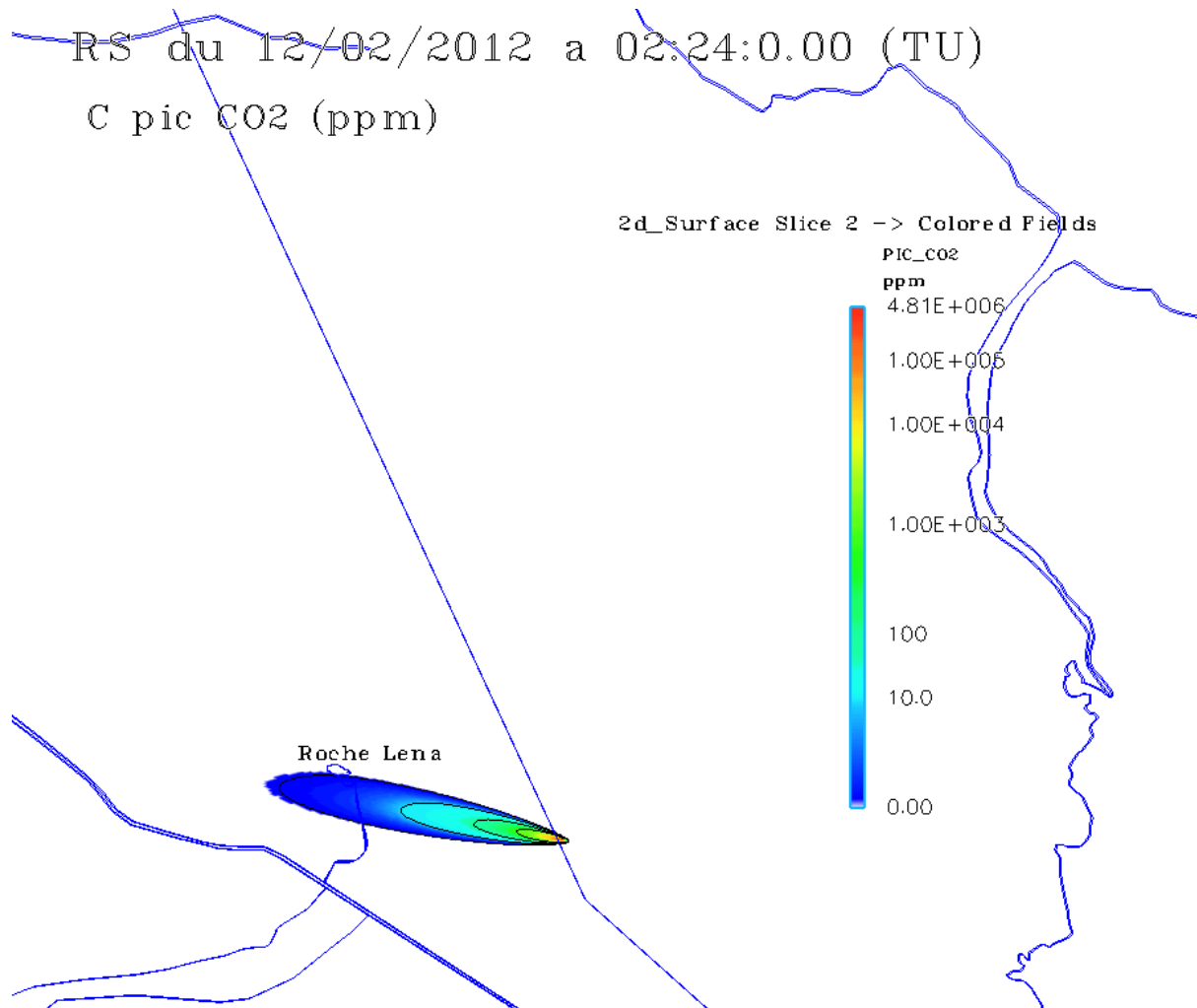


Figure 2 : Retombées en dioxyde de carbone en champ lointain

RS du 12/02/2012 a 02:24:0.00 (TU)

C pic CO₂ (ppm)

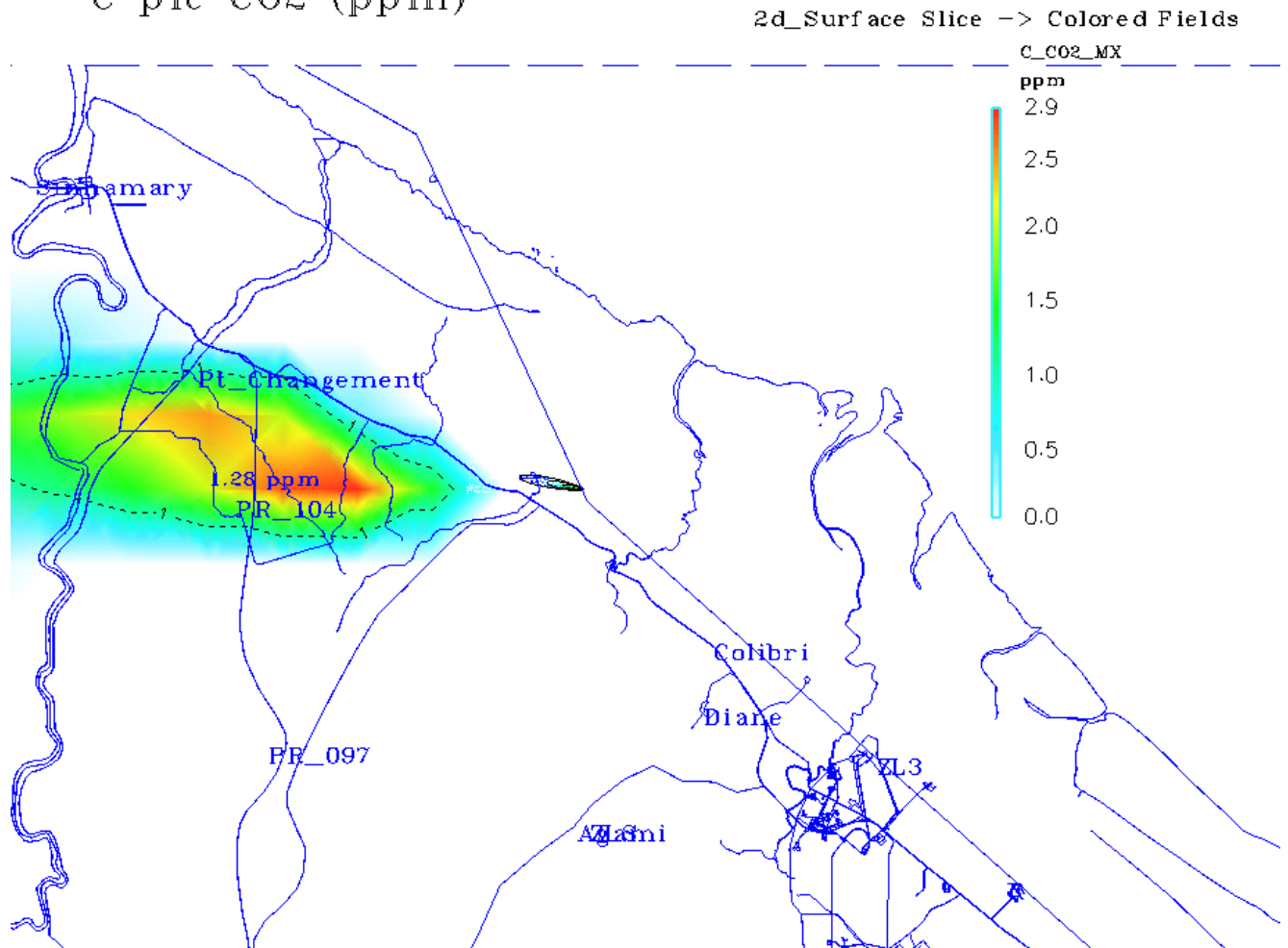


Figure 3 : Retombées en monoxyde de carbone en champ proche

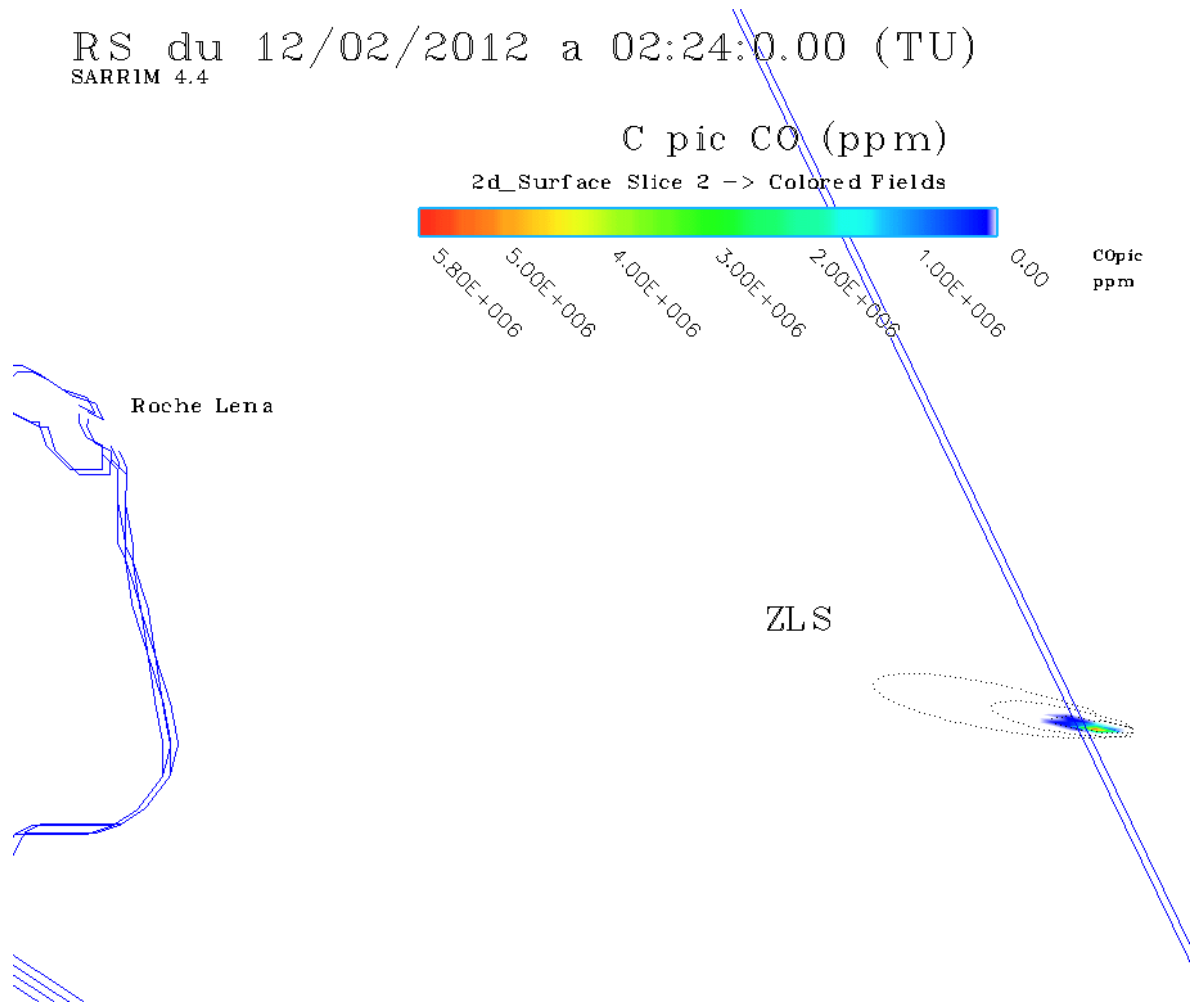
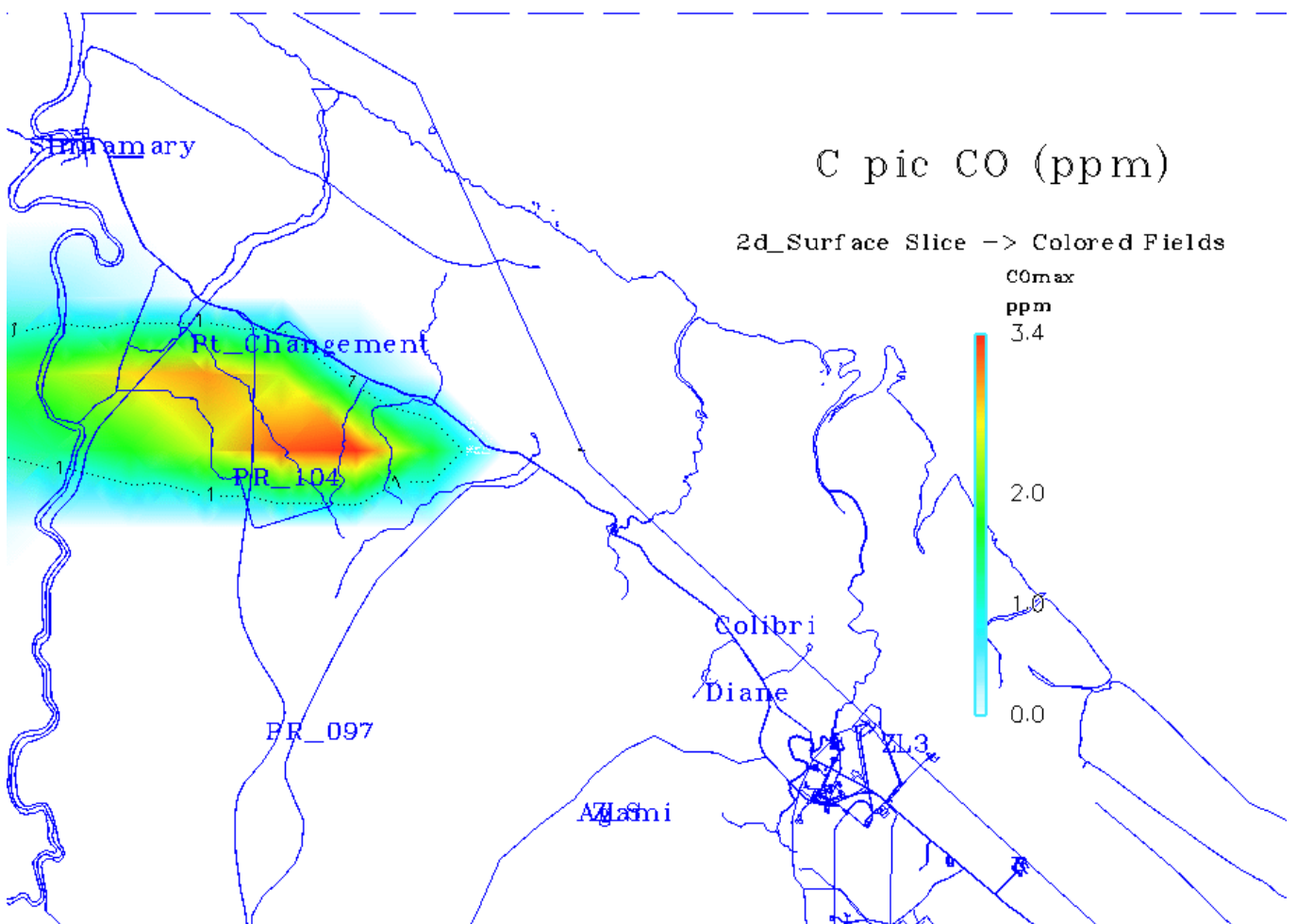


Figure 4 : Retombées en monoxyde de carbone en champ lointain

RS du 12/02/2012 a 02:24:0.00 (TU)
SARRIM 4.4



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 :

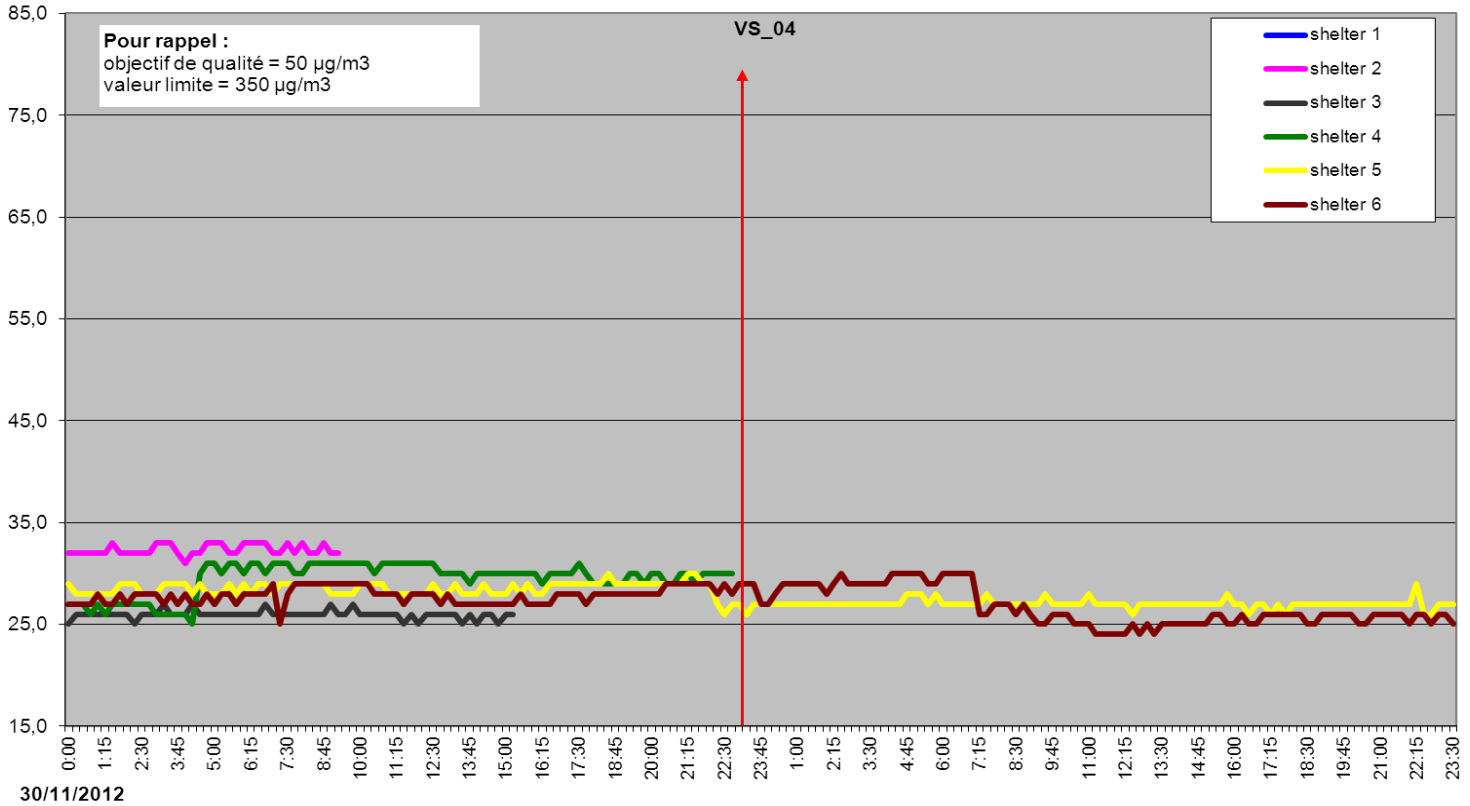
- Les analyseurs en continu de la marque ENVIRONNEMENT SA dont les points de mesures sont répartis sur les villes de Kourou et de Sinnamary, sur l'ensemble de lancement Soyuz ainsi qu'aux ELA,
- Les détecteurs de type SPM de la marque ZELLWEGER constituant le réseau CODEX.

7.2. Résultats des mesures

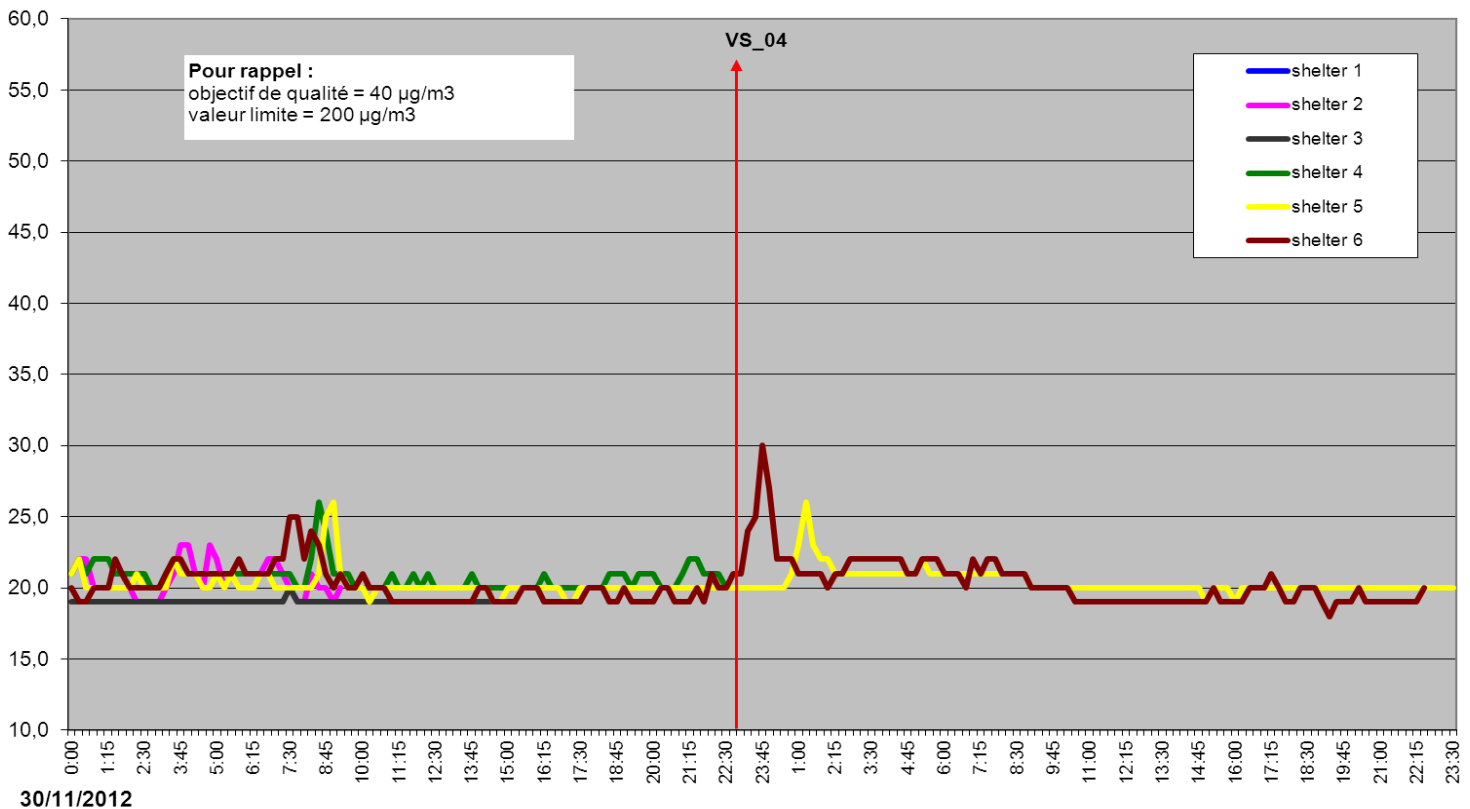
7.2.1. Résultats des analyseurs en continu ENVIRONNEMENT SA

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.

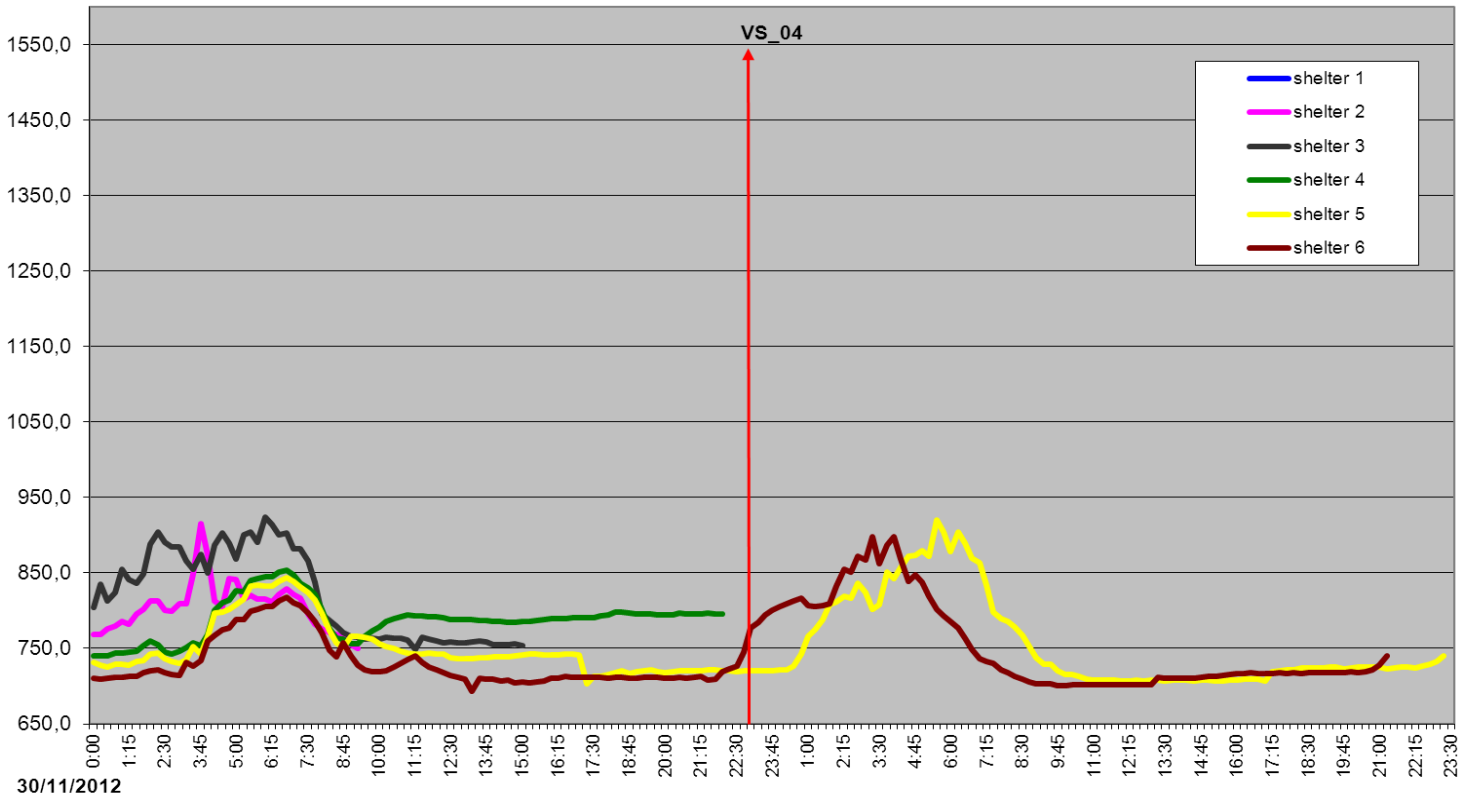
Comparatif des concentrations en SO₂ (µg/m³)



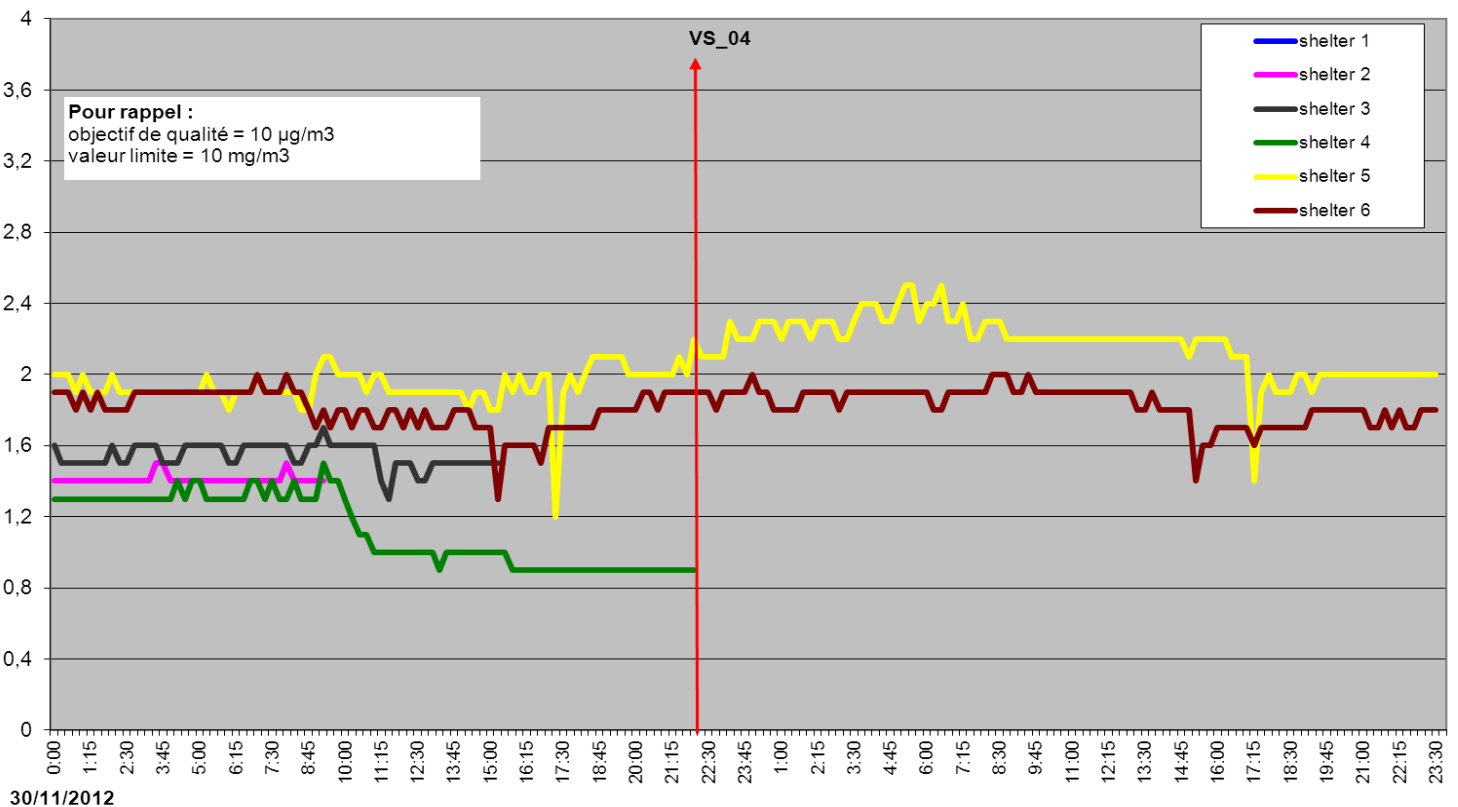
Comparatif des concentrations en NO₂ (µg/m³)



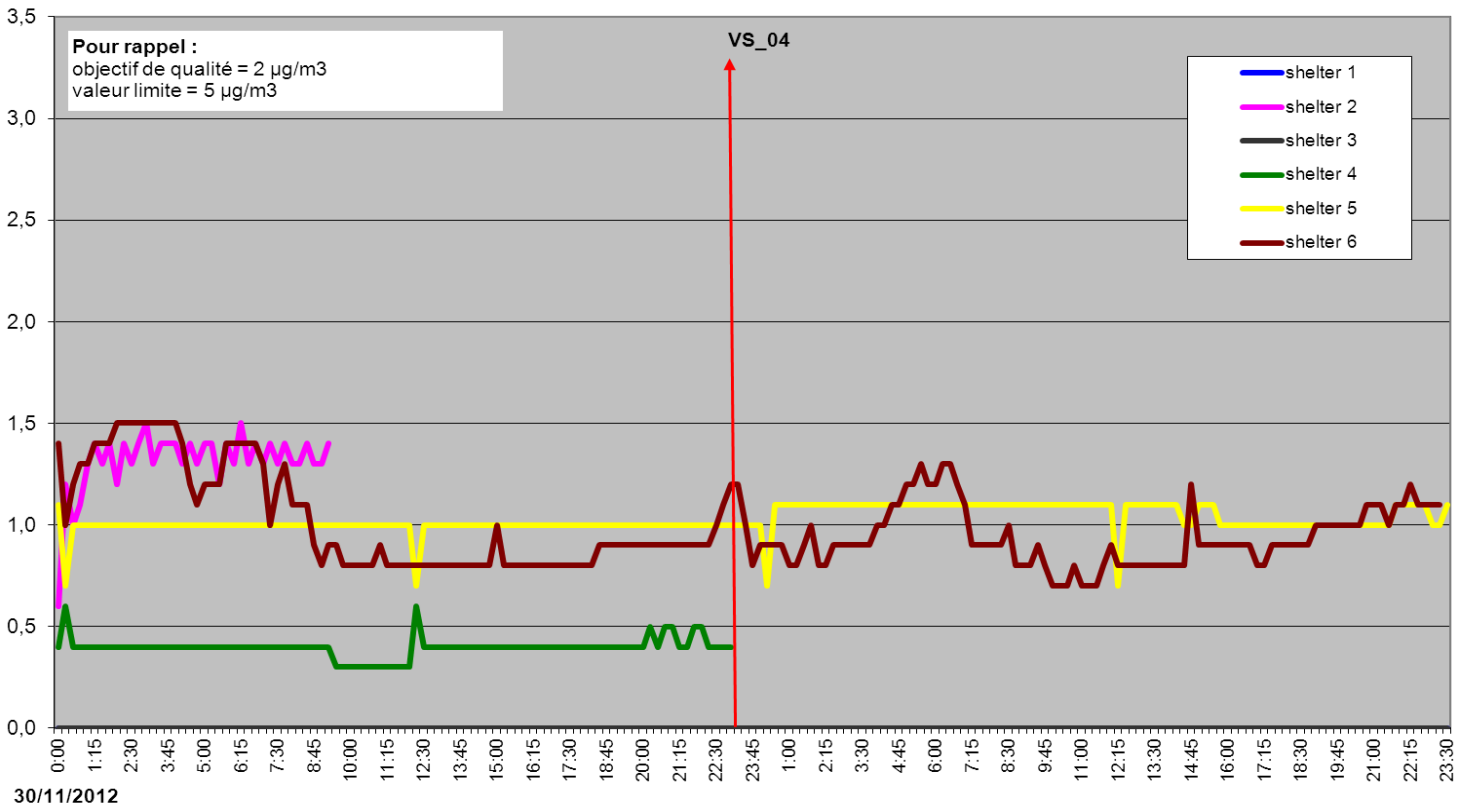
Comparatif des concentrations en CO₂ (mg/m³)



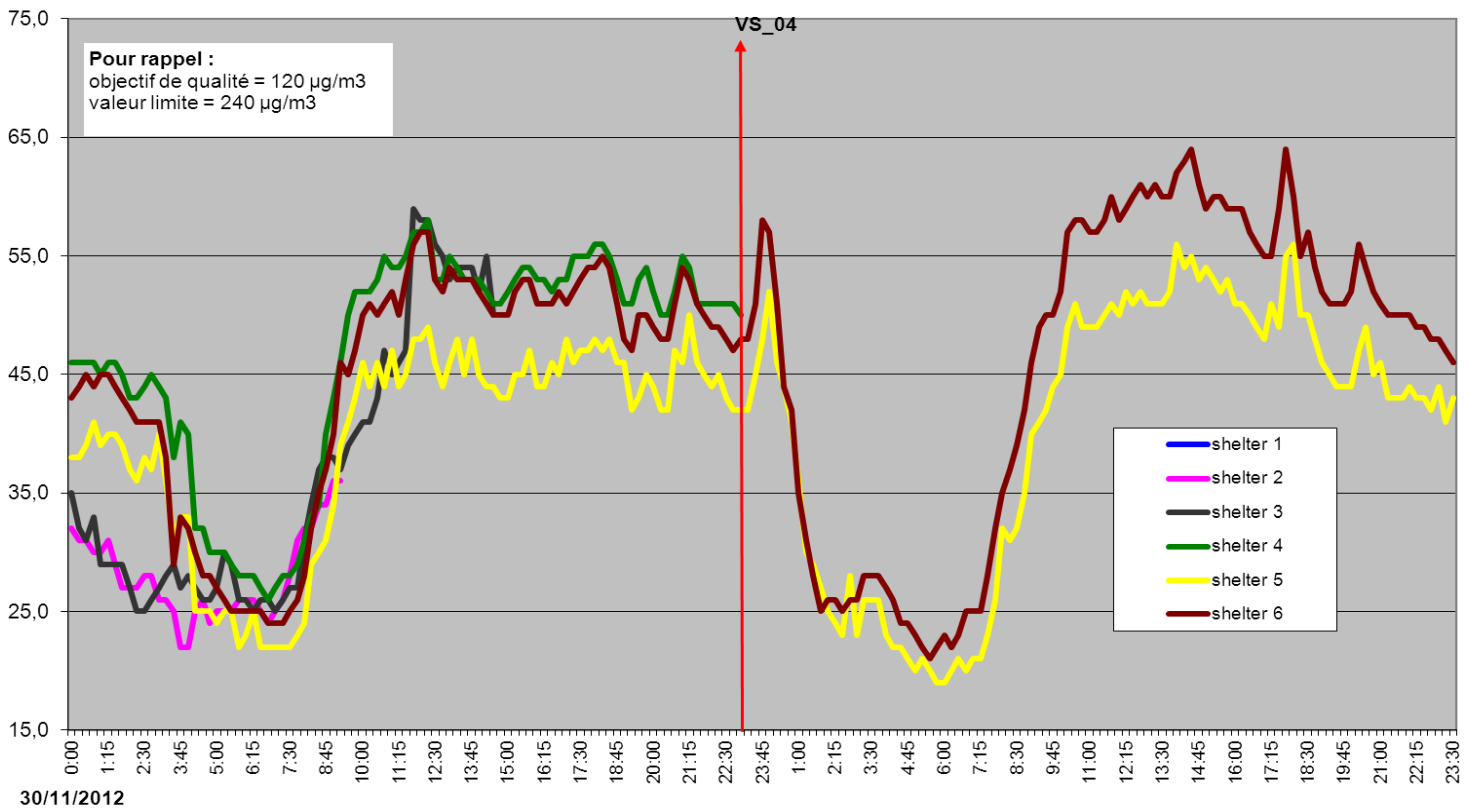
Comparatif des concentrations en CO (µg/m³)



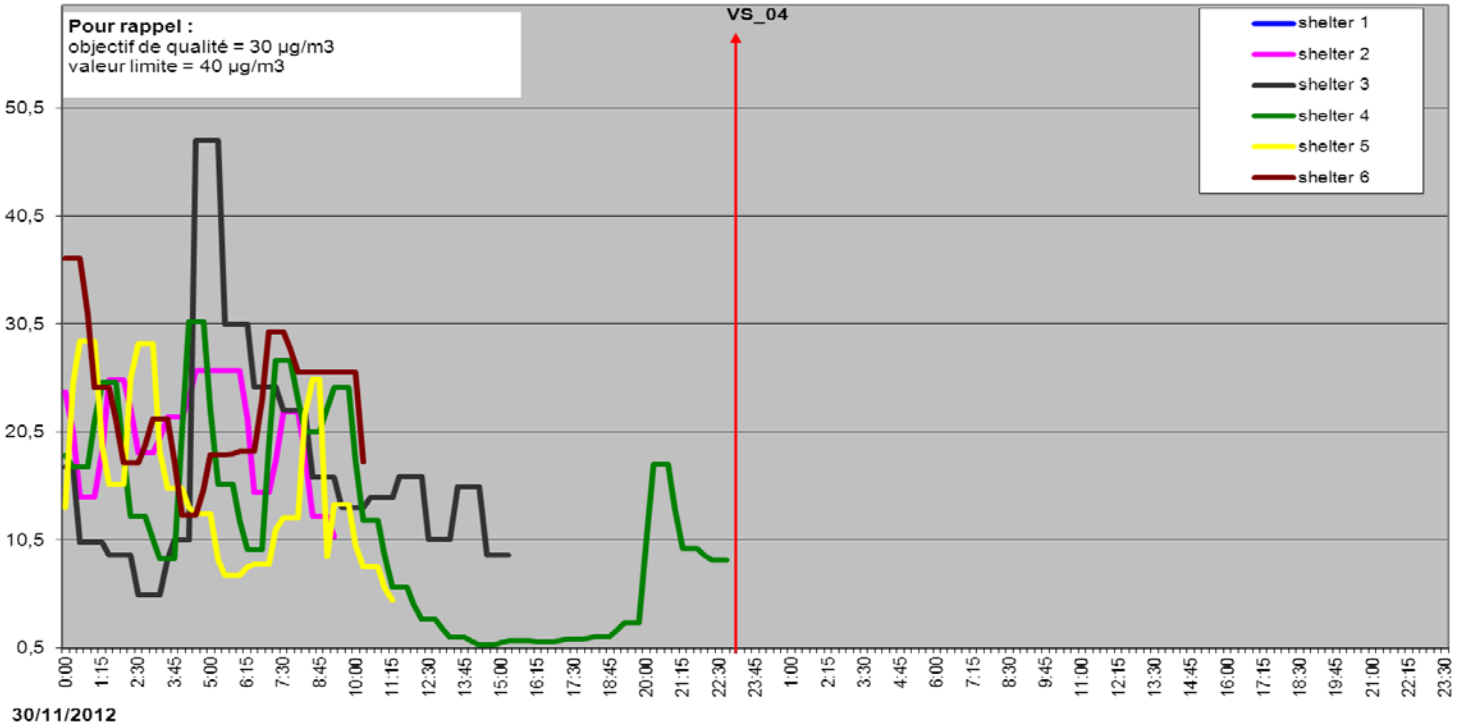
Comparatif des concentrations en HCT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



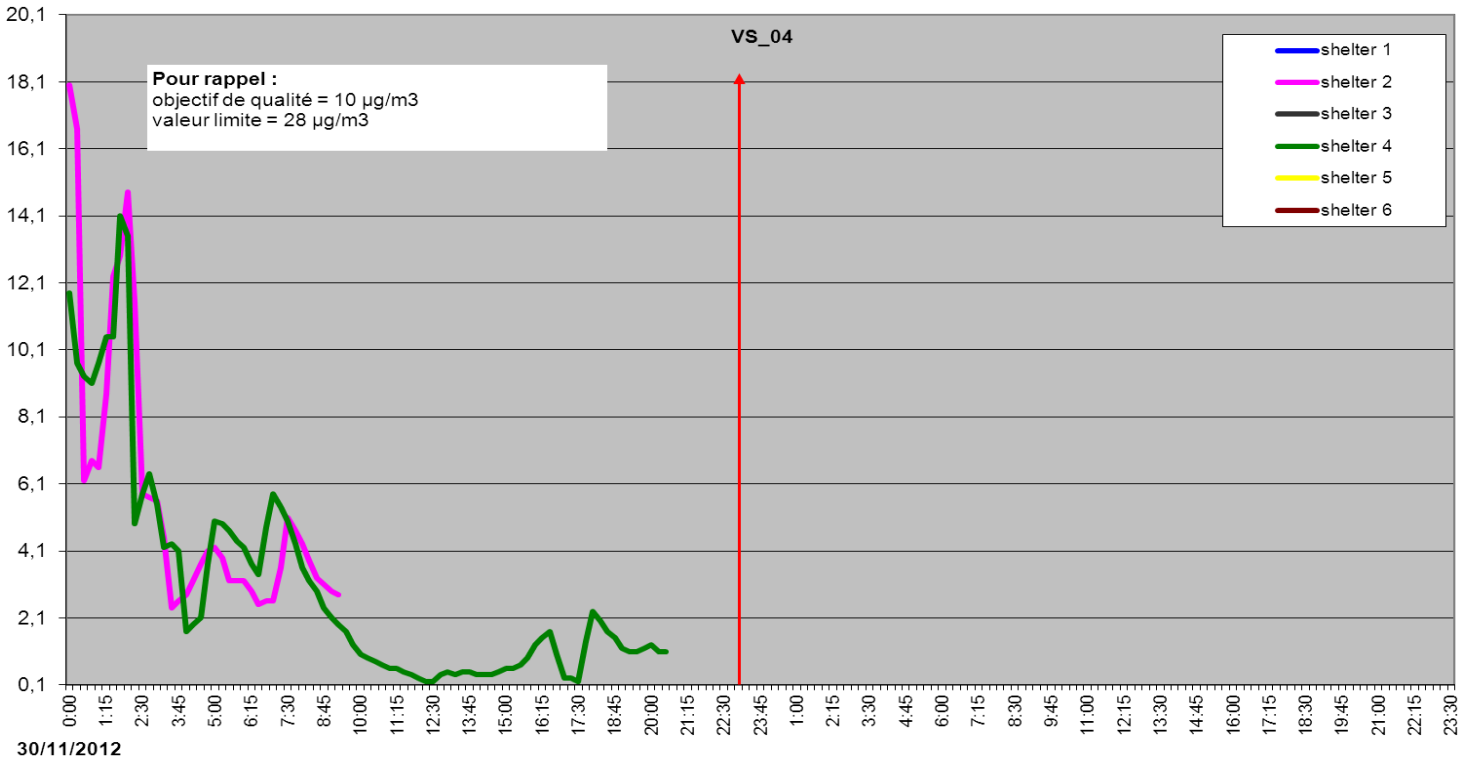
Comparatif des concentrations en O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Comparatif des concentrations en PM₁₀ (µg/m³)



Comparatif des concentrations en PM_{2,5} (µg/m³)



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

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 26,0 µg/m³ et 32,0 µg/m³ (concentration moyenne = 28,6 µg/m³). Les concentrations les plus fortes sont mesurées au niveau du point 4 (shelter n°2) implanté à Sinnamary (à 15 900 mètres de la zone de lancement). Les concentrations les plus basses ont, quant à elles, été quantifiées sur le point 3 (implanté à 750 m de la ZLS).
Il est à noter que l'analyseur du shelter 1 n'a pas fonctionné correctement sur la période de mesures. 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 VS04 ; 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* : Les teneurs en NO₂ mesurée en dehors du territoire du CSG (Kourou - shelter 1 / Sinnamary – shelter 2) sont comparables à ces détectée sur les autres points de mesures. En effet, les concentrations moyennes de NO₂ détectées sur la ZLS est de 20,1 µg/m³. Sur les autres analyseurs, hors du périmètre du CSG, la moyenne est de 20,6 µg/m³. Il est à noter que les teneurs quantifiées en champ proche (shelters 4 à 6) sont du même ordre de grandeur des concentrations du champ lointain (écart moyen de moins 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 en champ proche ont détecté un pic de NO₂ dû à l'activité de lancement de 30 µg/m³. Cette pic n'a pas dépassé l'objectif de qualité, fixée à 40 µg/m³.

- 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 3 premiers lancements, les mesures ont mis en évidence des concentrations en champ proche légèrement supérieures à celles du champ lointain (entre le $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'écart) ; les valeurs maximales étant atteintes au niveau du point 2 (shelter 5 - implanté à 550 mètres de la ZLS). L'autre point du champ proche (point 3) a enregistré des niveaux en CO de $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, similaires à celles enregistrées sur la ville de Sinnamary
Il est à noter que contrairement à la dynamique qui a eu lieu dans le vol S03 y l'n'y a pas eu lieu une légère augmentation de la concentration en CO quelques minutes après le décollage (variation de $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Par ailleurs, les niveaux mesurés, quelque minute avant et après le lancement correspondent au bruit de fond ambiant. Les valeurs en teneur de CO, pour les villes de Kourou et de Sinnamary, ils ne sont pas disponibles après le décollage.
- graphique CO₂ : Le graphique ne montre pas d'apport en CO₂ attribuable au lancement Soyuz. De plus, 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 ils restent presque stables durant l'après-midi et la nuit (de 15h00 à 02h00) jusqu'à atteindre un palier (de 2h00 à 6h00). Par la suite, ces derniers 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 augmentent d'une quantité compatible à les concentrations nominales et limité à quelques minute 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 nycthémerale). 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, seulement les analyseurs des points 1, 2 et 3 (shelters 4, 5 et 6) ont fonctionnée en continue, les autres ont été hors service dans les 12h avant et après le lancement.
Il est important de signaler que la valeur limite prescrite par le décret n°2010-1250 n'a pas été dépassée. Par conséquent, la présence de COV n'est pas attribuable au lancement VS04.
- graphique PM₁₀ : Pour rappel, les analyseurs des tous les shelters ont été hors de service au moment du décollage. Les autres ont enregistré des données de façon discontinue ou ils ont été hors de service.
Des PM₁₀ ont été détecté en très fortes concentration (dépassant l'objectif de qualité et la valeur limite) au niveau du laboratoire de chimie (shelter 3). Ce phénomène est attribuable à des apports naturelle pour la plus part. Compte tenu de ces très forts apports et la non disponibilité des données, nous ne pouvons pas distinguer la contribution de V S04 et en conclure quant à la trace des produits de combustion.

- *graphique PM_{2,5}* : A noter que seul les analyseurs des points 1 et 4 (shelters 4 et 2) ont fonctionné entre 0h00 et 09h45 du 30/12/2012, pour le point 4 (shelter 2), et 00h00 et 22h45 du 30/11/2012. Les autres analyseurs étaient tous hors service sur toute la période de mesure.
- Pour rappel, les résultats des simulations SARRIM (présentés au *paragraphe 6*) 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 VS04. 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 VS04 aux résultats de VS01, VS02 et VS03

Les histogrammes et le *Tableau 5* présentent un comparatif global des concentrations moyennes en produits de combustion à partir des résultats obtenus entre H0-23h et H0+23h45.

Tableau 5 : Synthèse des résultats moyens de VS01, VS02, VS03 et VS04 ainsi que des écarts moyens associés

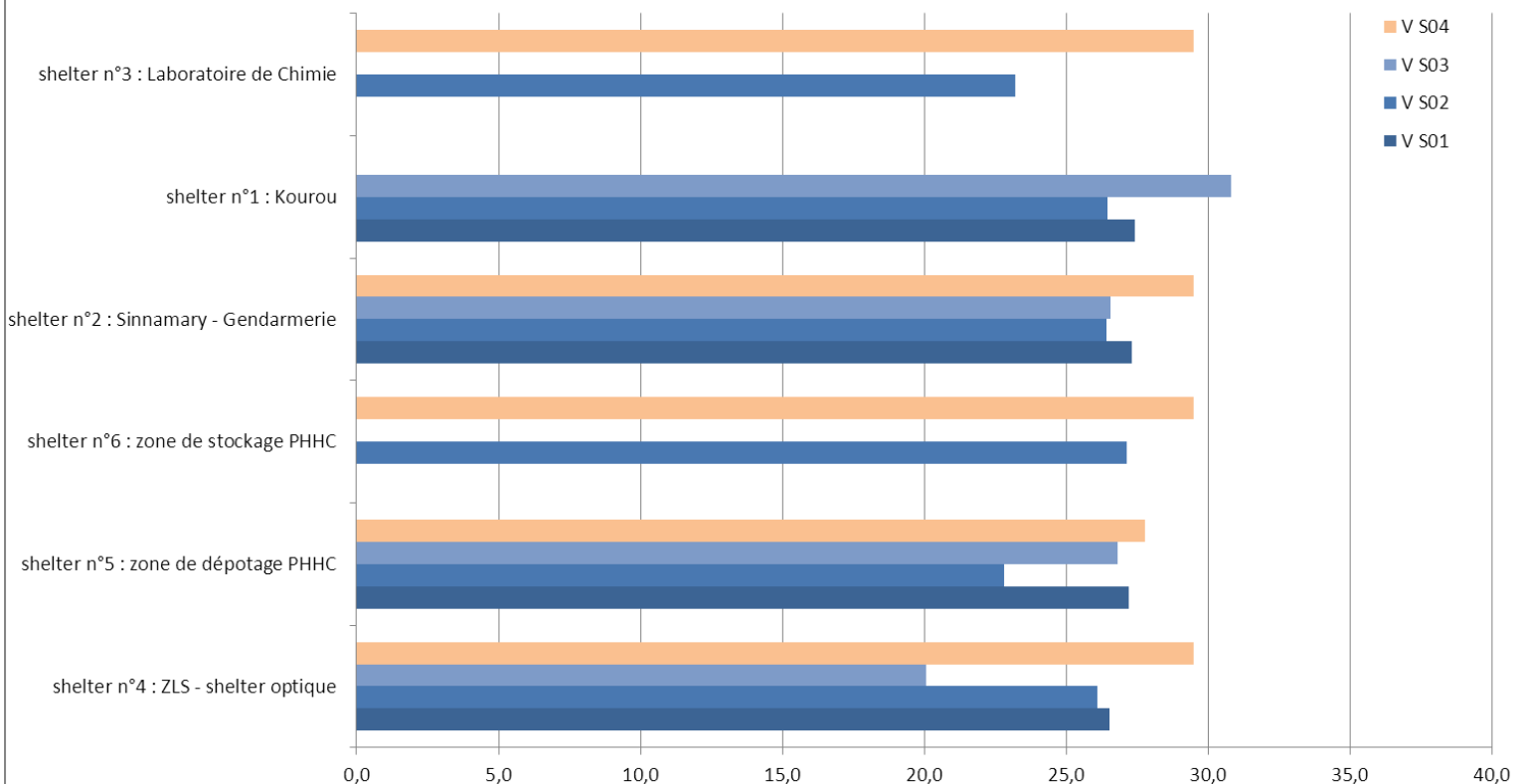
			Résultats moyens (µg/m ³)								écarts moyens (%)							
			SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂	O ₃	HCT	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂	O ₃	HCT	PM ₁₀	PM _{2,5}
Champ proche	shelter n°4 : ZLS - shelter optique	V S01	26,5	20,0	1,4	791,1	40,5	0,0	7,3	HS	-21,8%	-2,3%	21,2%	-1,3%	1,5%	21,2%	5,4%	13,0%
		V S02	26,1	20,8	1,5	794,3	HS	HS	18,2	7,9								
		V S03	20,0	20,0	1,4	722,2	53,9	1,0	10,5	2,0								
		V S04	29,5	20,7	1,1	779,5	46,5	0,4	11,3	4,3								
	shelter n°5 : zone de dépotage PHHC	V S01	27,2	20,4	1,8	789,1	36,1	0,5	HS	HS	-8,4%	-4,9%	-9,6%	3,1%	-27,3%	-18,2%	66,9%	HS
		V S02	22,8	17,3	1,7	763,6	22,3	0,9	22,1	HS								
		V S03	26,8	20,5	2,1	756,6	35,6	1,2	HS	HS								
		V S04	27,8	20,3	2,1	746,2	39,9	1,0	7,3	HS								
	shelter n°6 : zone de stockage PHHC	V S01	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	-8,8%	-32,1%	-22,5%	-4,5%	-9,0%	26,7%	45,0%	N/A
		V S02	27,1	14,8	1,5	762,1	46,6	HS	23,6	5,4								
		V S03	HS	16,1	1,4	644,1	36,1	1,4	67,1	HS								
		V S04	29,5	20,4	1,8	735,0	45,1	1,0	24,9	HS								
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	-10,2%	6,6%	4,6%	-0,5%	27,1%	N/A	10,8%	-21,4%
		V S02	26,4	23,5	HS	HS	40,8	HS	HS	HS								
		V S03	26,6	21,1	1,5	750,3	38,8	HS	34,5	HS								
		V S04	29,5	20,6	1,4	804,4	28,0	1,3	20,3	5,7								
	shelter n°1 : Kourou	V S01	27,4	33,0	1,5	816,7	34,5	3,5	9,2	HS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	HS
		V S02	26,4	28,4	1,4	741,7	38,1	1,6	19,4	HS								
		V S03	30,8	22,4	HS	HS	27,2	HS	39,3	HS								
		V S04	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS								
	shelter n°3 : Laboratoire de Chimie	V S01	HS	22,1	1,3	814,7	34,6	HS	12,9	3,9	-27,1%	11,4%	-0,7%	28,2%	2,4%	N/A	-32,2%	N/A
		V S02	23,2	22,1	HS	HS	41,4	HS	HS	HS								
		V S03	HS	20,1	1,8	1438,5	40,6	HS	HS	HS								
		V S04	29,5	19,0	1,5	808,5	37,9	HS	17,1	HS								
										10%	10%	12%	8%	13%	18%	23%	13%	

Remarques :

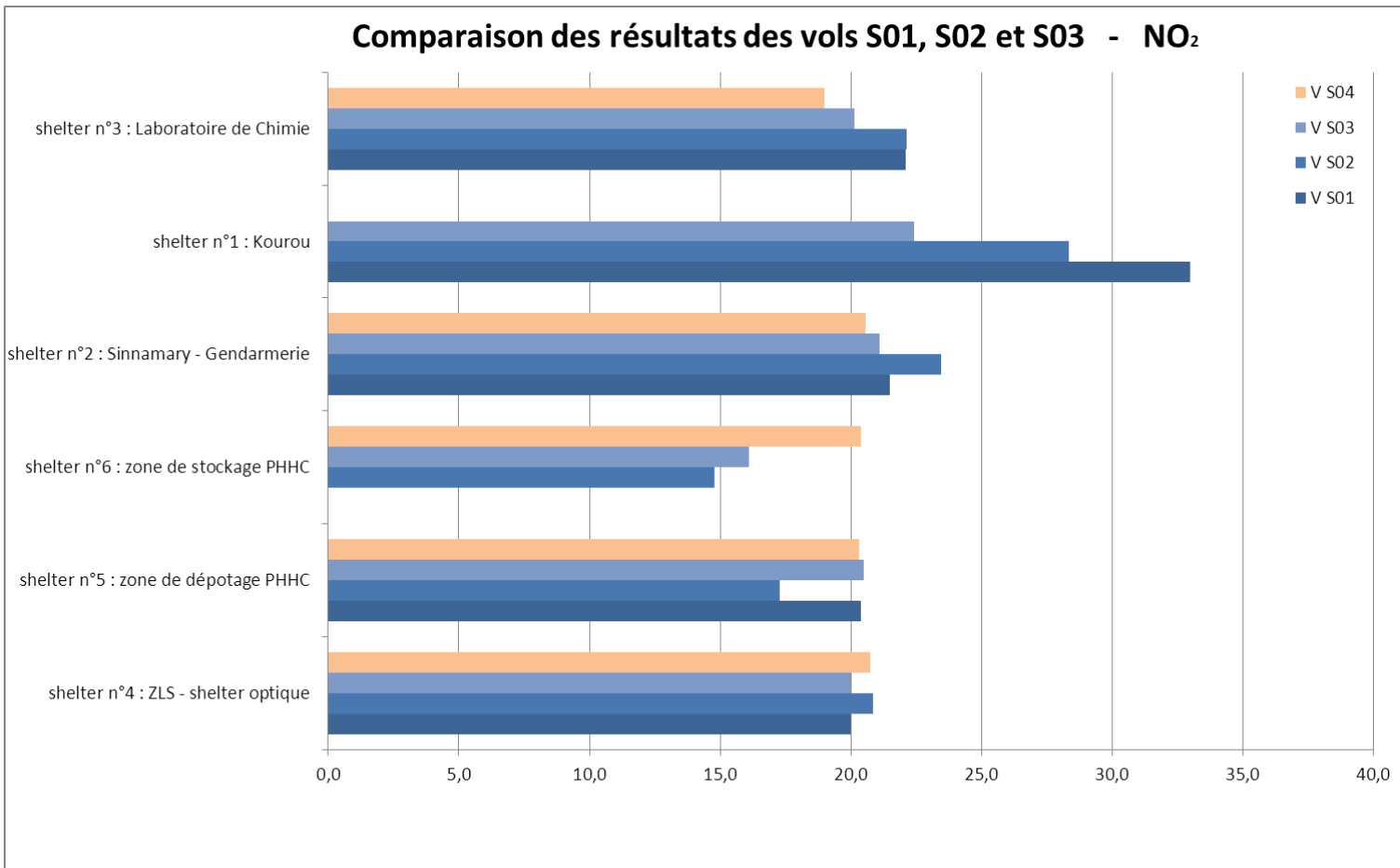
- SO₂ : Les teneurs en SO₂ quantifiées lors de la campagne de mesures pour VS04 sont équivalentes à celles du vol Soyuz, des écarts non significatifs sont mis en évidence sur l'ensemble de tous les capteurs.

Les taux mesurés sont comparables que l'on se place sur le territoire du CSG ou dans la ville de Sinnamary (écart moyen du 17%). Par conséquent, les analyseurs en continu n'ont pas quantifié d'apports imputables au lancement VS04, mais des apports imputables à des phénomènes naturels. Ils ont vraisemblablement mesuré la « qualité » de l'air ambiant.

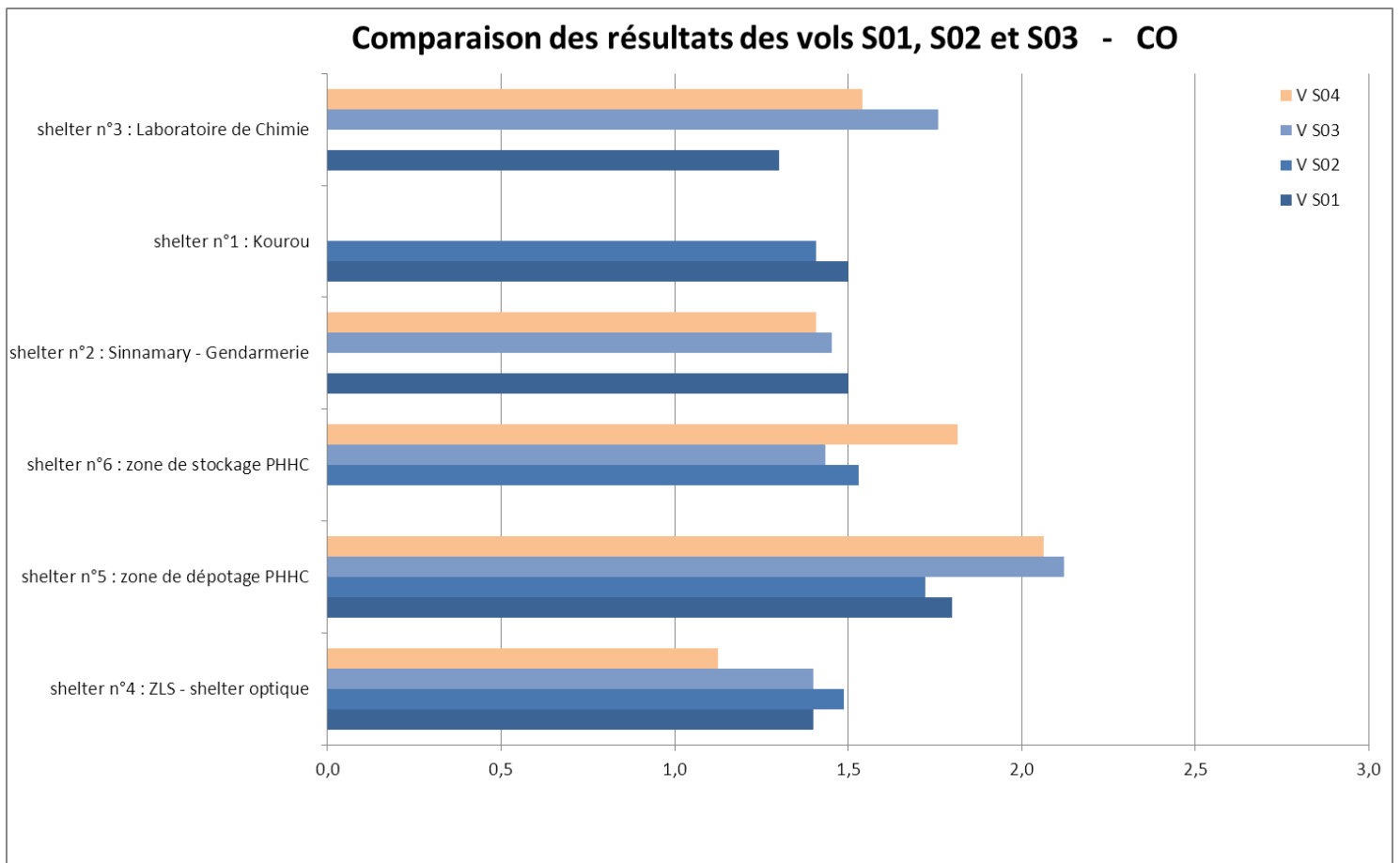
Comparaison des résultats des vols S01, S02 et S03 - SO₂



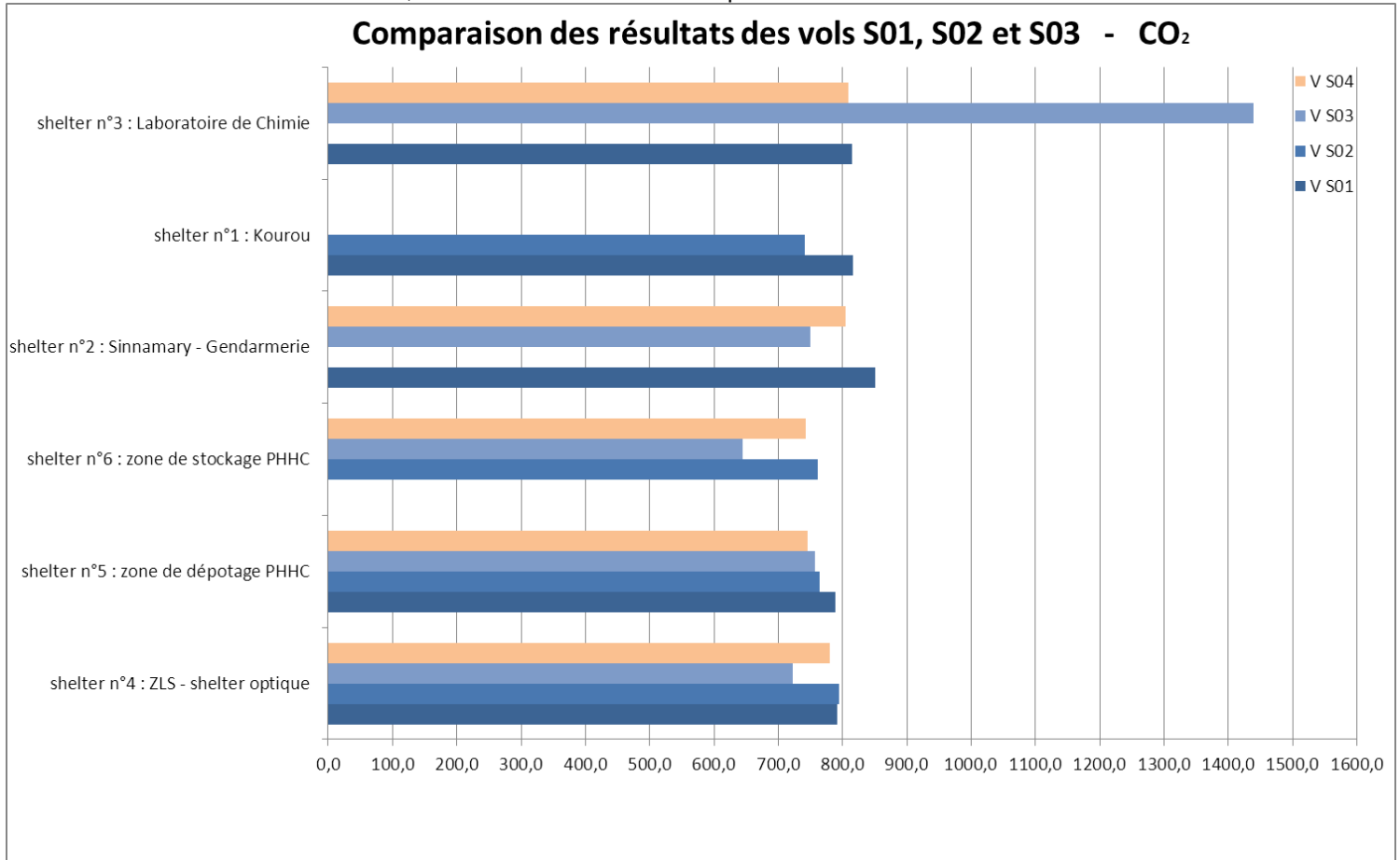
- NO_2 : Pour un même lancement (VS01, VS02, VS03 o VS04), on constate que les concentrations moyennes fluctuent d'une façon pas significative d'un site à l'autre ; les teneurs les plus fortes étant systématiquement relevées à Kourou, en exception du VS04, ou le releveur a été Hors de Service. Cependant, la comparaison des résultats obtenus lors des 4 lancements met en évidence un écart moyen pas significatif (10 %). Cela signifie que les capteurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en NO_2 supérieures à celles enregistrées pour les autres vols. les quantités détectées constituant le bruit de fond ambiant.



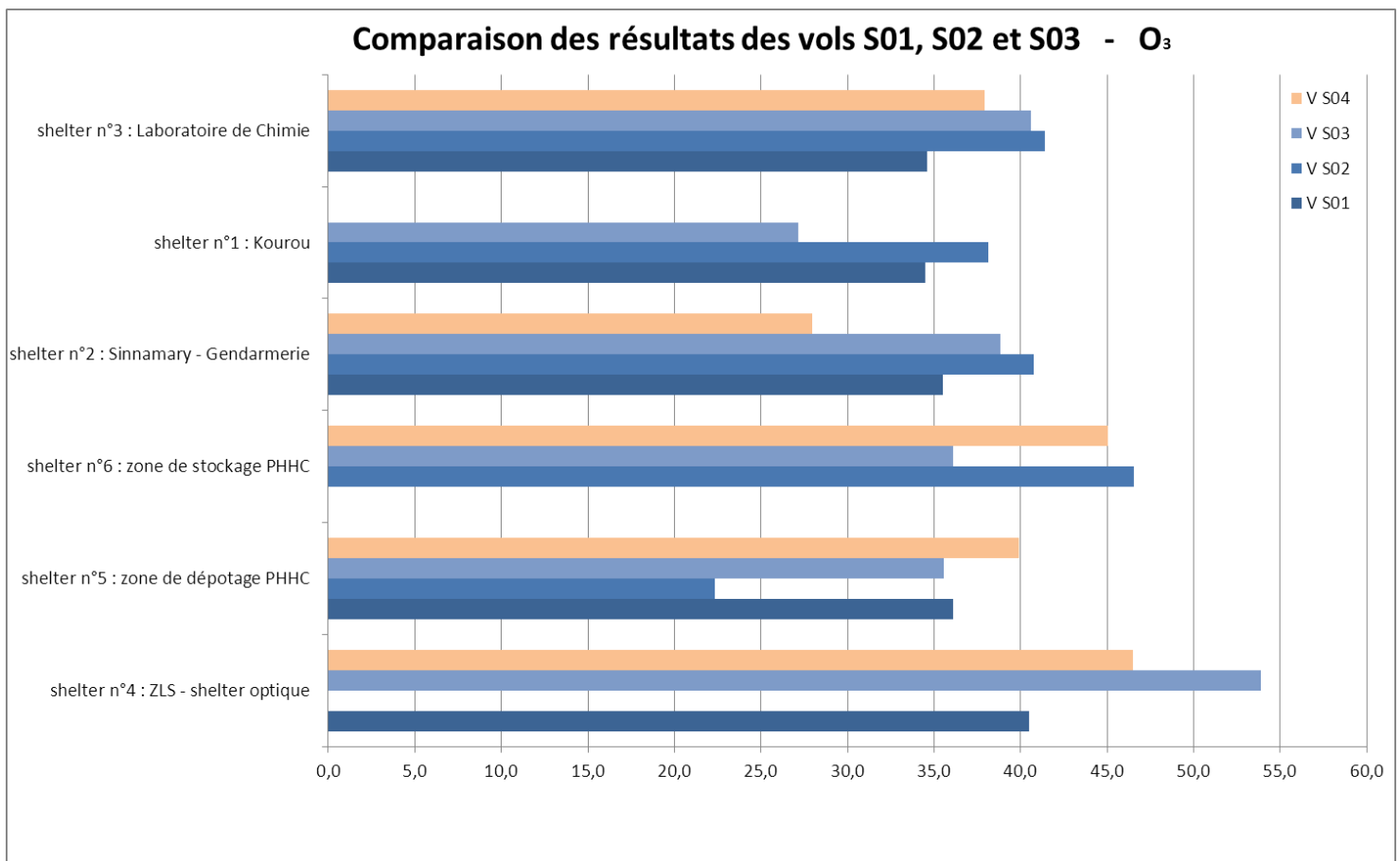
- CO** : De variations de concentrations de faible entité sont à noter ; ces dernières n'étant pas significatives en valeurs positifs, et dans certains cas ont été des concentrations inférieures (cas du Shelter 02, du Shelter 03 et du Shelter 04). En effet, la concentration moyenne, tous sites confondus, est de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour VS01 de $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour VS02 et VS03 et de $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
Nous pouvons donc conclure que les analyseurs n'ont pas détecté d'apports particuliers en CO attribuables au lancement VS04 ; les quantités détectées constituant le bruit de fond ambiant.



- CO₂ : Les teneurs de CO₂ mesurées lors de VS04 sont similaires à celles de VS01 et VS02 et VS03 (écart moyen de l'ordre de 8 %). Ces niveaux étant plus faibles sur tous les points de mesure, ces variations ne sont donc pas attribuables au lancement VS04.

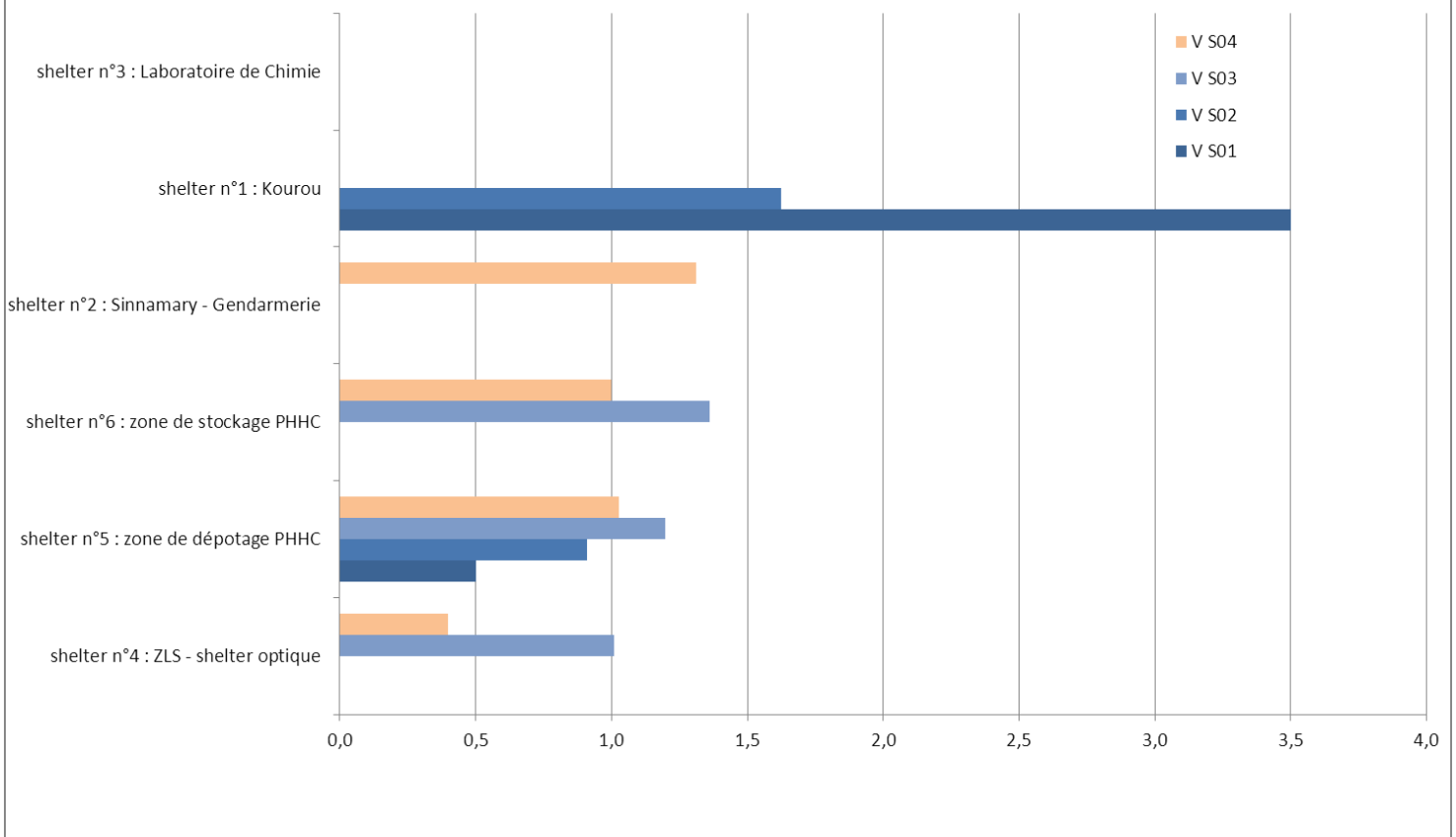


- O_3 : Est à noter un écart entre les mesures de VS01, VS02, VS03 et VS04 dans les shelters 5 et 6 (écart moyen du 13%). Ainsi les différences dans les autres shelters ils sont attribuables à la spécificité du processus de formation de l'ozone (polluant « photochimique »). Néanmoins, pour VS04, on observe que la concentration moyenne la plus forte a été enregistrée au niveau du shelter 4, en restant comparables avec les autres valeurs moyennes enregistré. L'impact de l'ozone formé par le lanceur 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.



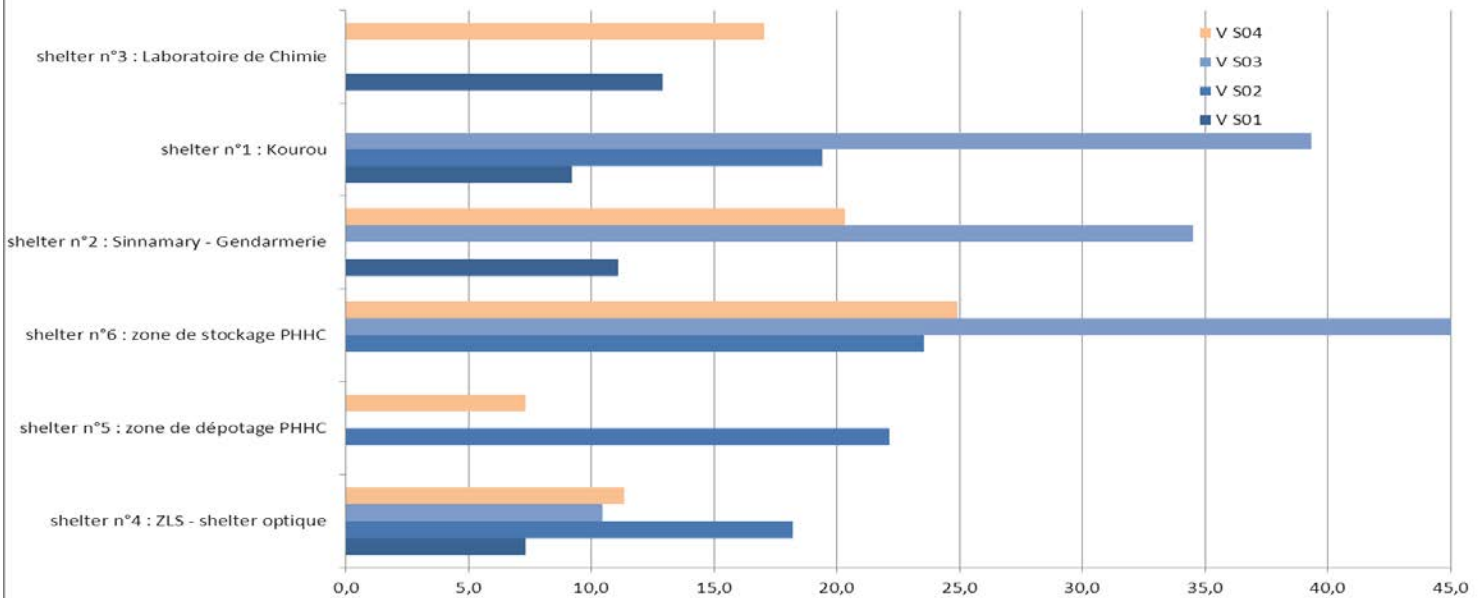
- Les hydrocarbures : Compte tenu des nombreuses problématiques instrumentales, certains analyseurs ont été Hors Service. Par conséquent, il est difficile de conclure quant à l'impact des émissions de Soyuz. Néanmoins, pour rappel, les hydrocarbures (ou composés organiques volatiles ou BTEX) ont comme 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).

Comparaison des résultats des vols S01, S02 et S03 - HCT

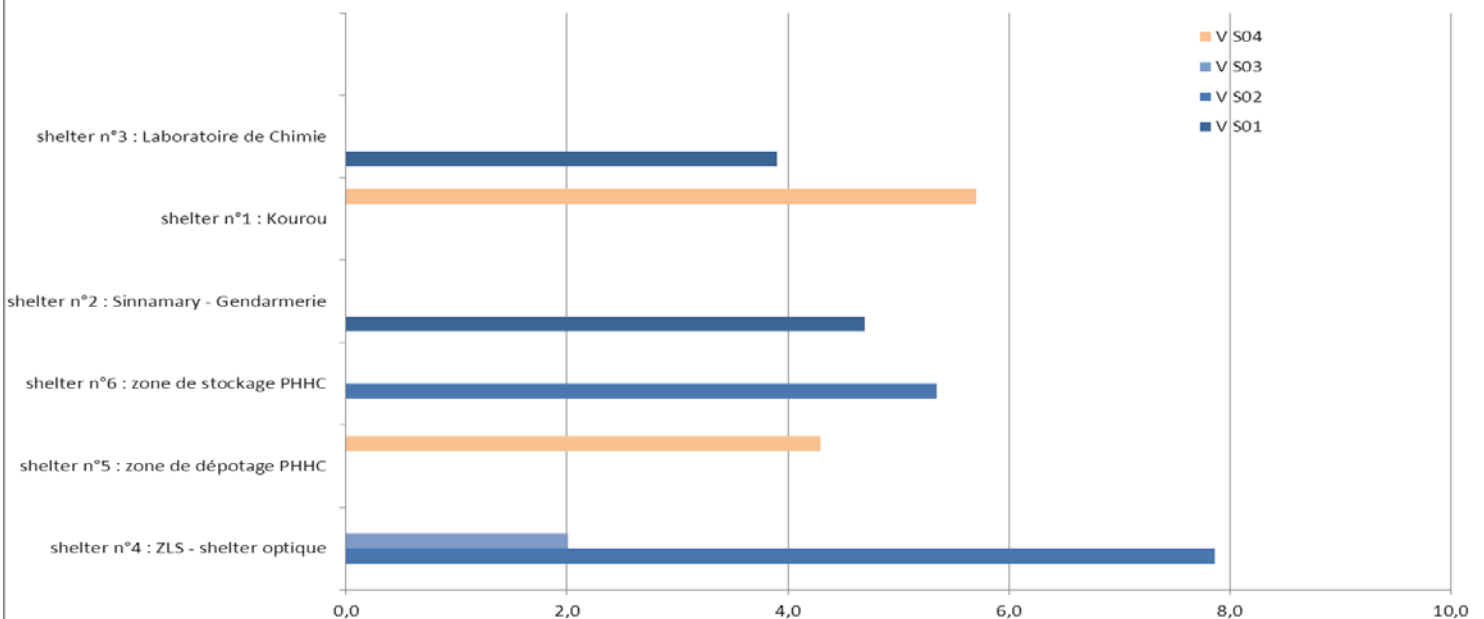


- Les matières particulaires : Compte tenu des nombreuses problématiques qu'ils ont eu lieu dans le période d'observation, la plus part de données ils ne sont pas être utilisés. Par conséquent, il est difficile de conclure quant à l'impact des émissions de Soyuz sur la qualité de l'air.

Comparaison des résultats des vols S01, S02 et S03 - PM₁₀



Comparaison des résultats des vols S01, S02 et S03 - PM_{2,5}



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 S04

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 sont compatibles avec :

- Le bruit de fond ambiant qui suit des variations nycthémérales (dynamique « naturelle » de variations) et
- Le 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 VS04 à ceux de VS01, VS02 et VS03 met en exergue des émissions de grandeur comparable à les enregistré pour les vols précédentes. 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 3 premiers plans de mesures environnement Soyuz **[DR5, 6 et 7]**.