





**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE  
POUR LE BRULAGE DU SEGMENT S2  
n°125 SUR L'AIRE DE DESTRUCTION  
DU PROPERGOL (ADP)**

Réf : **CSG-RP-SPX-18598-CNES**  
Ed/Rev : 01/00 Classe : GP  
Date : **29/11/2017**  
Page : 2/46

## PAGE D'ANALYSE DOCUMENTAIRE

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

## MODIFICATIONS

VERSION	DATE	CHAPITRES MODIFIÉS / RAISON / NATURE DE L'ÉVOLUTION
01/00	29/11/2017	CREATION / LOSADA C.

## DOCUMENTS DE REFERENCE

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DR1	CSG-NT-SXX-17921-CNES	Plan de mesures environnement Aire de Destruction du Propergol (ADP) – Segment S2 n°125

## DOCUMENTS APPLICABLES

RÉFÉRENCE		TITRE DU DOCUMENT
DA1	Arrêté Numéro 2231 1D/1B	Arrêté Numéro 2231 1D/1B du 18 novembre 1998 autorisant le Centre National d'Études Spatiales à exploiter l'aire de destruction de propergol au Centre Spatial Guyanais sur le territoire de la commune de Kourou.
DA2	CSG-PCO-SPX-4921-CNES	Procédure Sauvegarde de brûlage du segment S2-125 sur l'Aire de Destruction de Propergol

## TERMES ET DEFINITIONS

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

## SIGLES

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
<b>ADP</b>	Aire de Destruction de Propergol
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alumine
<b>Al<sup>3+</sup></b>	Ion Aluminium
<b>Al</b>	Aluminium
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>BCS</b>	Bureau de Coordination Sauvegarde
<b>BEAP</b>	Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre
<b>BLA</b>	Base de Lancement Ariane
<b>CI</b>	Contrat Industriel
<b>CL</b>	Champ Lointain
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Ion Chlorure
<b>CMCK</b>	Centre Médico-Chirurgical de Kourou
<b>CNES</b>	Centre National d'Etudes Spatiales
<b>CODEX</b>	Collecte de Données Environnement eXtérieur du CSG (Réseau de)
<b>CP</b>	Champ Proche
<b>CT</b>	Centre Technique
<b>CSG</b>	Centre Spatial Guyanais
<b>dB</b>	Décibel
<b>ELA</b>	Ensemble de Lancement ARIANE
<b>ESQS</b>	Europe Spatiale Qualité Sécurité
<b>GPS</b>	Système de Positionnement Global
<b>H<sub>2</sub></b>	Dihydrogène
<b>HC</b>	Hydrocarbures imbrûlés
<b>HCl</b>	Acide Chlorhydrique

SIGLE / ABRÉVIATION	DÉFINITION
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IRD	Institut de Recherche et de Développement
LD	Limite de Détection
MEST	Matières En Suspension Totales
MMH	Mono Méthyl Hydrazine
MPS/P80	Moteur à Propergol Solide – Propulseur 80 tonnes
NaCl	Chlorure de Sodium
NaOH	Hydroxyde de Sodium / Soude
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
pH	Potentiel Hydrogène
ppb	Partie par milliard en volume (10 <sup>-9</sup> ), soit 1 mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
ppm	partie par million
PRS	Pupitre Responsable Sauvegarde
RN1	Route Nationale 1
RS	Radiosondage
RSM	Responsable Sauvegarde Météo
SARRIM	« Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model »
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SPM	« Single Point Monitor »
UDMH	Unsymmetrical Di MethylHydrazine (Diméthyl hydrazine asymétrique)
UPG	Usine de Propergol Guyane



**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE  
POUR LE BRULAGE DU SEGMENT S2  
n°125 SUR L'AIRE DE DESTRUCTION  
DU PROPERGOL (ADP)**

Réf : **CSG-RP-SPX-18598-CNES**  
Ed/Rev : 01/00 Classe : GP  
Date : **29/11/2017**  
Page : **6/46**

<b>SIGLE / ABRÉVIATION</b>	<b>DÉFINITION</b>
<b>VLE</b>	Valeur Limite d'Exposition
<b>VME</b>	Valeur Moyenne d'Exposition
<b>VLI</b>	Vitesse Limite d'Impact
<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence
<b>ZP</b>	Zone de Préparation

## SOMMAIRE

<b>1. OBJET - DOMAINE D'APPLICATION .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE DU BRULAGE S2 N°125.....</b>	<b>10</b>
<b>2. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU BRULAGE DU SEGMENT S2 N°125 .....</b>	<b>11</b>
<b>3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES .....</b>	<b>12</b>
<b>4. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. SARRIM, L'OUTIL DE MODELISATION DE LA DISPERSION     ATMOSPHERIQUE DES POLLUANTS.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. SIMULATION SARRIM A PARTIR DE DONNEES PREVISIONNELLES.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3. DONNEES BRUTES DU RADIOSONDAGE 4R251116.TXT .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4. SIMULATION SARRIM A PARTIR DU RADIOSONDAGE 4R251116.TXT .....</b>	<b>17</b>
<b>4.5. CONCLUSION SUR LA SIMULATION SARRIM ISSUE DU     RADIOSONDAGE .....</b>	<b>21</b>
<b>4.6. COMPARAISON DES RESULTATS DES SIMULATIONS REALISEES A     PARTIR DES RADIOSONDAGES ET DES DONNEES PREVISIONNELLES     (CEP).....</b>	<b>21</b>
<b>5. SUIVI DES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1. OBJECTIF DES MESURES .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2. RESULTATS DES MESURES.....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.1. ANALYSE DES RETOMBEES EN ALUMINIUM PARTICULAIRE         SEDIMENTABLE .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.2. ANALYSE DES RETOMBEES CHIMIQUES D'ACIDE CHLORHYDRIQUE .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3. CONCLUSIONS SUR LES RETOMBEES CHIMIQUES GAZEUSES ET     PARTICULAIRES .....</b>	<b>26</b>
<b>6. MESURE EN CONTINU DE LA POLLUTION GAZEUSE EN ACIDE CHLORHYDRIQUE .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1. OBJECTIF DES MESURES .....</b>	<b>27</b>
<b>6.2. RESULTATS DES MESURES.....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU BRULAGE DU SEGMENT S2 N°125.....</b>	<b>29</b>
<b>8. ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES AU NIVEAU DE LA ROUTE NATIONALE N°1.....</b>	<b>30</b>
<b>9. ANNEXE 2 - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT : BRULAGE SEGMENT S2 N°125 SUR L'ADP REALISE PAR CI/ESQS (DOCUMENT DE 14 PAGES).....</b>	<b>31</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Récapitulatif de l'implantation des capteurs de mesure. ....	12
<b>Tableau 2</b> : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir des données prévisionnelles CEP (1C251116.txt).....	14
<b>Tableau 3</b> : Données météorologiques issues du radiosondage 4R251116.txt pour les couches atmosphériques représentatives. ....	17
<b>Tableau 4</b> : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R251116.txt. ....	18
<b>Tableau 5</b> : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage « pénalisant » 2R211100.txt. ....	21
<b>Tableau 6</b> : Synthèse des données des radiosondages pour le suivi de la direction du nuage de combustion .....	22
<b>Tableau 7</b> : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau .....	23
<b>Tableau 8</b> : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	24
<b>Tableau 9</b> : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain .....	24
<b>Tableau 10</b> : Points de mesure présentant des valeurs maximales en champ proche et en champ lointain .....	25
<b>Tableau 11</b> : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe » .....	27
<b>Tableau 12</b> : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile » .....	28

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Retombées en acide chlorhydrique en champ lointain selon la prévision météorologique ...	15
<b>Figure 2</b> : Retombées en alumine en champ lointain selon la prévision météorologique .....	16
<b>Figure 3</b> : Retombées en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm) selon le RS CP.....	19
<b>Figure 4</b> : Retombées en alumine en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> ) selon le RS CP .....	20

## 1. OBJET - DOMAINE D'APPLICATION

Ce document a pour objet de présenter les résultats des mesures d'impact sur l'environnement réalisées lors du brûlage à l'air libre du **segment S2 n°125**, segment fabriqué par Regulus.

Ayant été rebuté pour cause d'inaptitude au vol, ce spécimen doit être détruit. Ne pouvant être transporté en l'état (compte tenu de la quantité de matières dangereuses le constituant), la seule alternative reste le brûlage à l'air libre. Cette opération a eu lieu le **25 novembre 2016 à 11 heures 00 minutes** en heure locale, sur l'**Aire de Destruction du Propergol (ADP)** implantée à proximité du Banc d'Essais des Accélérateurs à Poudre (BEAP) sur le territoire du Centre Spatial Guyanais.

Ce document est élaboré pour répondre aux objectifs suivants :

- ✓ évaluer l'impact du brûlage à l'air libre du segment n°125 sur l'Environnement.
- ✓ se conformer aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'Aire de Destruction du Propergol (ADP) **[DA1]**.

L'**arrêté préfectoral n°2231 1D/1B/ENV** du 18 Novembre 1998 autorisant le Centre National d'Etudes Spatiales à exploiter l'Aire de Destruction du Propergol (ADP) **[DA1]** précise que l'exploitant a pour obligation de mettre en place un plan de mesures (en champ proche et champ lointain) pour la surveillance de la qualité de l'air et les retombées gazeuses et sédimentaires. Ce plan, approuvé par l'inspection des installations classées, est mis en place à chaque brûlage. Les mesures prescrites portent sur les paramètres acide chlorhydrique (HCl) et alumine ( $Al_2O_3$ ).

Le plan de mesures présente un ensemble d'informations relatives au protocole de mise en place des différents capteurs ainsi qu'aux résultats recueillis.

Les procédures de sauvegarde du CNES s'assurent de la vacuité de la zone notamment dans les secteurs pouvant être assujetties à des teneurs en acide chlorhydrique et en alumine supérieures aux seuils réglementaires d'expositions.

Afin de limiter tout risque de pollution, l'exploitant déploie un dispositif de sauvegarde visant à effectuer des mesures de toxicité (**Annexe 1**) et réalise une modélisation *majorante* des retombées du nuage de combustion selon les conditions météorologiques du moment (**4.4 Simulation SARRIM à partir du radiosondage 4R251116.txt**).

- ✓ L'installation n'étant pas approvisionnée en eau, aucune prescription n'est à retenir.

### **1.1. Contexte météorologique du brûlage S2 N°125**

Le présent document a également pour objet d'interpréter les effets de la météorologie locale observée au J0, sur les résultats du plan de mesures environnement.

Rappelons que les activités industrielles à risque menées au sein du CSG, telle que la mise à feu d'un spécimen d'EAP, sont autorisées sur la base de Critères Météorologiques dits de « Sauvegarde » (CMS).

Lors du brûlage du segment S2 N°125 sur l'Aire de Brûlage du Propergol, les conditions climatiques étaient clémentes et ont permis l'autorisation de la mise à feu.

Aucune précipitation ne fût enregistrée sur le territoire du CSG. Le pic en rafale ou la vitesse maximale enregistrée pour le vent était de 38,9 km/h soit 10,8 m/s, dans une direction moyenne de 70 degré, à 11h49 en heure locale.

**Ce contexte atmosphérique étant favorable à la réalisation de l'opération de brûlage, les résultats du PME n'ont pas été perturbés par la météorologie locale.**

## **2. RAPPELS CONCERNANT LE PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT DU BRULAGE DU SEGMENT S2 N°125**

Le plan de mesures environnement permet de quantifier et de surveiller les retombées en alumine et en acide chlorhydrique issues du brûlage à l'air libre du segment S2 n°125. Ce segment est constitué d'environ 110 tonnes de propergol solide du type Butalane.

Pour rappel, les domaines couverts par ce plan de mesures **[DR1]** sont les suivants :

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

Pour mémoire, le CODEX permet également de suivre les concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et en produits hydrazinés en cas de fonctionnement dégradé d'un lanceur.

***Cette situation est exclue dans le cas présent, s'agissant d'une opération de brûlage d'un segment d'EAP.***

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

Cette démarche permettra également de réaliser une corrélation entre la direction par le nuage de combustion et celle trouvée avec le logiciel de modélisation nommé « Stratified Atmosphere Release of Rockets Impact Model » (SARRIM).

**Nota :**

*La mise en place et le retrait du dispositif de suivi de la qualité de l'air et l'activation du réseau CODEX (Honeywell) ont été réalisés par le CI/ESQS/ES. Pour rappel, les « Honeywell » sont entretenus et étalonnés par le laboratoire de chimie du CSG (CI/SNECMA).*

### 3. LOCALISATION DES POINTS DE MESURES

La localisation des points de mesures et leur distance par rapport à l'ADP sont présentées au *paragraphe 3 de l'Annexe 2* (annexe présentée au *paragraphe 9* du présent document).

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

EMPLACEMENT		DISTANCE ADP (m)	HONEYWELL
A I R	CPX	4 points en champ proche (CP) 11 points en champ intermédiaire (CI) 25 points en champ lointain (CL) 4 SPM-Honeywell mobiles	Confer le <i>paragraphe 3</i> de l' <i>Annexe 2</i>
	CLX		

Le détail des instruments mis en place est présenté au *paragraphe 2 de l'Annexe 2*.

On distingue ainsi le réseau de capteurs dits « fixes » qui constituent le système de Collecte des Données Environnement eXtérieures du CSG (CODEX), du réseau de capteurs dits « mobiles » correspondant aux bacs à eau et à un ensemble de 4 capteurs disposés sur site selon les résultats des simulations SARRIM issues des données météorologiques prévisionnelles

Rappelons que le positionnement de ces instruments, hormis l'orientation pressentie par la modélisation issue du logiciel SARRIM, dépend également de l'accessibilité aux différentes zones.

Seront ainsi privilégiées les zones dites « ouvertes » accessible par voie routière (Route Nationale n°1, Route de l'espace, Piste Agami etc.).

Au total, le plan de mesures environnement mis en place pour ce brûlage du segment S2 n°125 à l'ADP représente cinquante-deux capteurs répartis selon les équipements suivants :

- 40 bacs à eau (chaque bac reposant à 1,5 m de hauteur sur un trépied),
  - 4 SPM-Honeywell mobiles (HCl en continue),
  - 8 SPM-Honeywell fixes, chacun comprenant :
    - 1 SPM pour HCl
    - 1 SPM pour les produits hydrazinés
    - 1 SPM pour le NO<sub>2</sub>.
- } Soit **24 analyseurs fixes**

Il est à noter que l'ensemble des points de mesures (en champs proche, moyen et lointain) a été installé le 25 novembre 2016 entre 07h00 et 09h15 (heure locale).

Ces capteurs ont été récupérés le jour même, soit le 25/11/16 entre 12h30 et 15h15 (heure locale).

Les échantillons d'eau recueillis dans les bacs à eau ont été remis le 28/11/16 au matin à l'Institut Pasteur pour analyse.

**Nota :**

*Lors d'un brûlage de segment d'EAP, seuls les produits de combustion du propergol contenu dans le spécimen sont à considérer. Les produits hydrazinés et le dioxyde d'azote ne sont pas présents lors de l'évènement.*

## 4. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

La localisation du nuage de combustion d'un brûlage peut varier à chaque évènement. Cette localisation ne peut être connue à l'avance du fait de la spécificité de la climatologie locale.

Afin d'optimiser l'emplacement des capteurs sur la trajectoire la plus probable du nuage, un radiosondage (réalisé au plus proche du H0) ainsi qu'une prévision météorologique (réalisée pour une échéance proche du H0) ont été utilisés.

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

- Les résultats de simulation obtenus à partir des données météorologiques prévisionnelles (CEP ou ARPEGE) ont permis de choisir l'option de pose des capteurs,
- Les résultats de simulation obtenus à partir du radiosondage effectué en chronologie positive (hauteur de stabilisation, déplacement du nuage, etc.) pourront être corrélés aux valeurs de terrain (présentées aux *paragraphes 4 et 5* du présent document).

La comparaison des résultats issus de ces deux modélisations permet d'apprécier l'efficacité du modèle et d'attester sa cohérence avec la réalité du terrain.

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

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

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

- surestime très largement les concentrations en produit de combustion (par comparaison avec les données mesurées sur le terrain par les capteurs environnementaux)

En effet, l'analyse comparative des résultats obtenus par la simulation SARRIM post ARTA 5 et des concentrations mesurées dans les bacs à eau, révèle un rapport approximatif de 400.

La réflexion sur la surestimation de SARRIM se poursuit pour affiner le rapport entre ces deux systèmes de mesure.

- est très fiable dans l'estimation de la direction réellement prise par le nuage de combustion.

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

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

#### **4.2. Simulation SARRIM à partir de données prévisionnelles**

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

- Les caractéristiques du lanceur,
- La position géographique de la zone d'essai (latitude, longitude),
- Les données météorologiques prévisionnelles issues de CEP modèle prévisionnel de profils thermodynamiques – confer la note),
- etc.

**Nota :**

*CEP est un modèle numérique c'est-à-dire un programme informatique qui modélise l'évolution de l'atmosphère avec un maillage (spatial et temporel) donné. Les résultats fournis par ce modèle permettent de prévoir le temps (conditions météorologiques) qu'il devrait faire pour les heures, jours ou semaines qui viennent.*

Les données prévisionnelles issues du fichier CEP de référence **1C251116.txt** ont permis d'orienter le positionnement des capteurs.

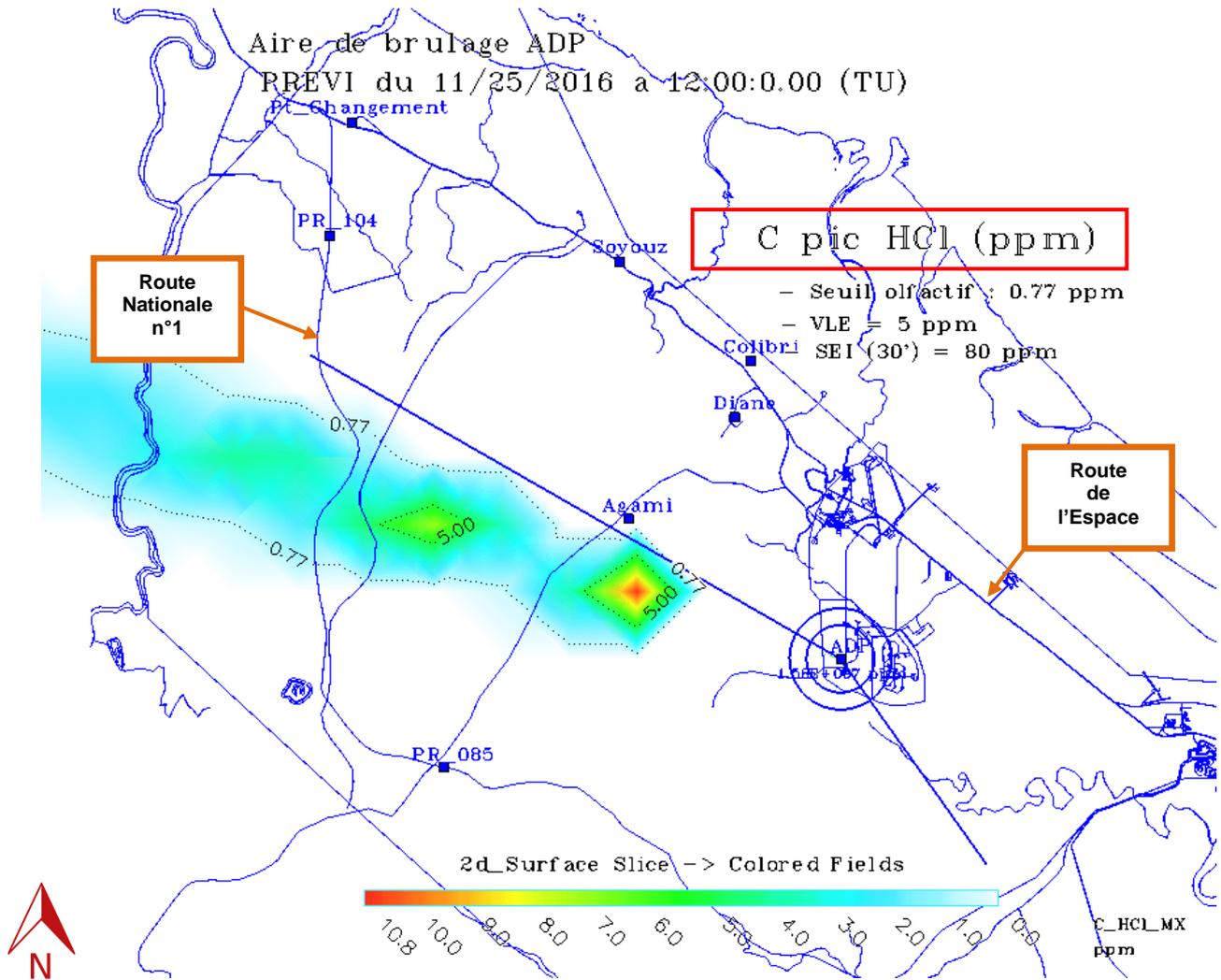
Les résultats de la simulation SARRIM sont récapitulés ci-dessous :

**Tableau 2 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir des données prévisionnelles CEP (1C251116.txt).**

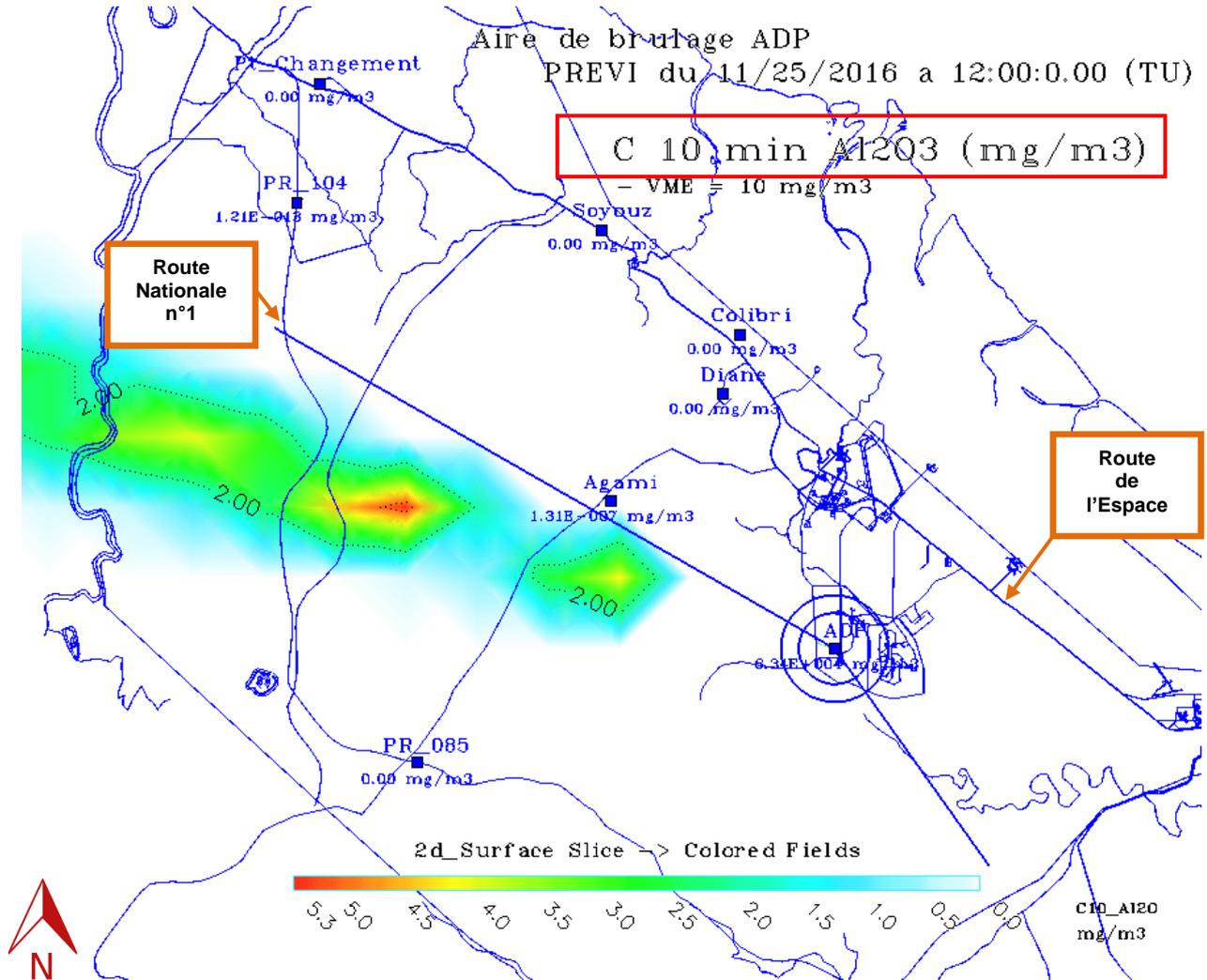
<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>704</b>
<b>BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)</b>	
DIRECTION MOYENNE DES VENTS (°)	108
⇒ LES VENTS SONT ORIENTES VERS	PR_095 SOIT UNE DIRECTION OUEST

Les **Figures 1** et **2** présentent la prévision des directions du nuage de combustion à 12h00 TU, soit 09h00 en heure locale.

**Figure 1 : Retombées en acide chlorhydrique en champ lointain selon la prévision météorologique**



**Figure 2 : Retombées en alumine en champ lointain selon la prévision météorologique**



Les résultats des simulations SARRIM au moyen des données prévisionnelles annoncent les valeurs maximales de concentrations en acide chlorhydrique et en alumine.

On note que les valeurs maximales sont relevées en champ proche. Le pic de concentration en acide chlorhydrique (HCl) s'élève à 11,4 ppm soit une valeur légèrement supérieure au seuil réglementaire d'exposition (> VLE = 5 ppm), tandis que la concentration sur 10 minutes en alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) s'élève à 5,7 mg/m<sup>3</sup> soit une valeur inférieure au seuil réglementaire d'exposition (< VME = 10 mg/m<sup>3</sup>).

Au-delà, les valeurs recueillies sont inférieures aux seuils réglementaires d'exposition.

#### 4.3. Données brutes du radiosondage 4R251116.txt

Le jour du brûlage, à H0 + 20 minutes, un radiosondage spécifique a été effectué (**référence 4R251116.txt** du 25 novembre 2016) ; on parle d'un radiosondage en chronologie positive (RS CP). Il donne des informations sur trois cent vingt-cinq couches distinctes tous les cent mètres.

**Tableau 3 : Données météorologiques issues du radiosondage 4R251116.txt pour les couches atmosphériques représentatives.**

ALTITUDE (mètres)	PRESSION (mb)	VITESSE DU VENT (m/s)	VENT EN PROVENANCE (°)	TEMPERATURE (°C)	HUMIDITE (%)
12	1010,5	4,0	90	31,3	63,0
100	1000,6	6,6	100	28,8	64,5
500	956,4	6,3	110	23,8	81,0
1000	903,0	8,4	127	19,8	80,4
1500	852,0	12,4	122	19,5	45,2
2000	803,8	9,1	115	17,8	28,9
2500	757,9	6,1	95	14,2	57,3
3000	714,1	6,0	101	11,5	57,7
3500	672,5	6,2	91	8,7	61,8
4000	632,9	2,2	101	6,4	33,4

#### 4.4. Simulation SARRIM à partir du radiosondage 4R251116.txt

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

- Les caractéristiques du brûlage (110 tonnes de propergol solide, durée de combustion du spécimen, etc.),
- Les caractéristiques du propergol (chaleur spécifique, etc.),
- La position géographique de l'ADP (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 couches de l'atmosphère sont déterminées.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après.

**Tableau 4 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage 4R251116.txt.**

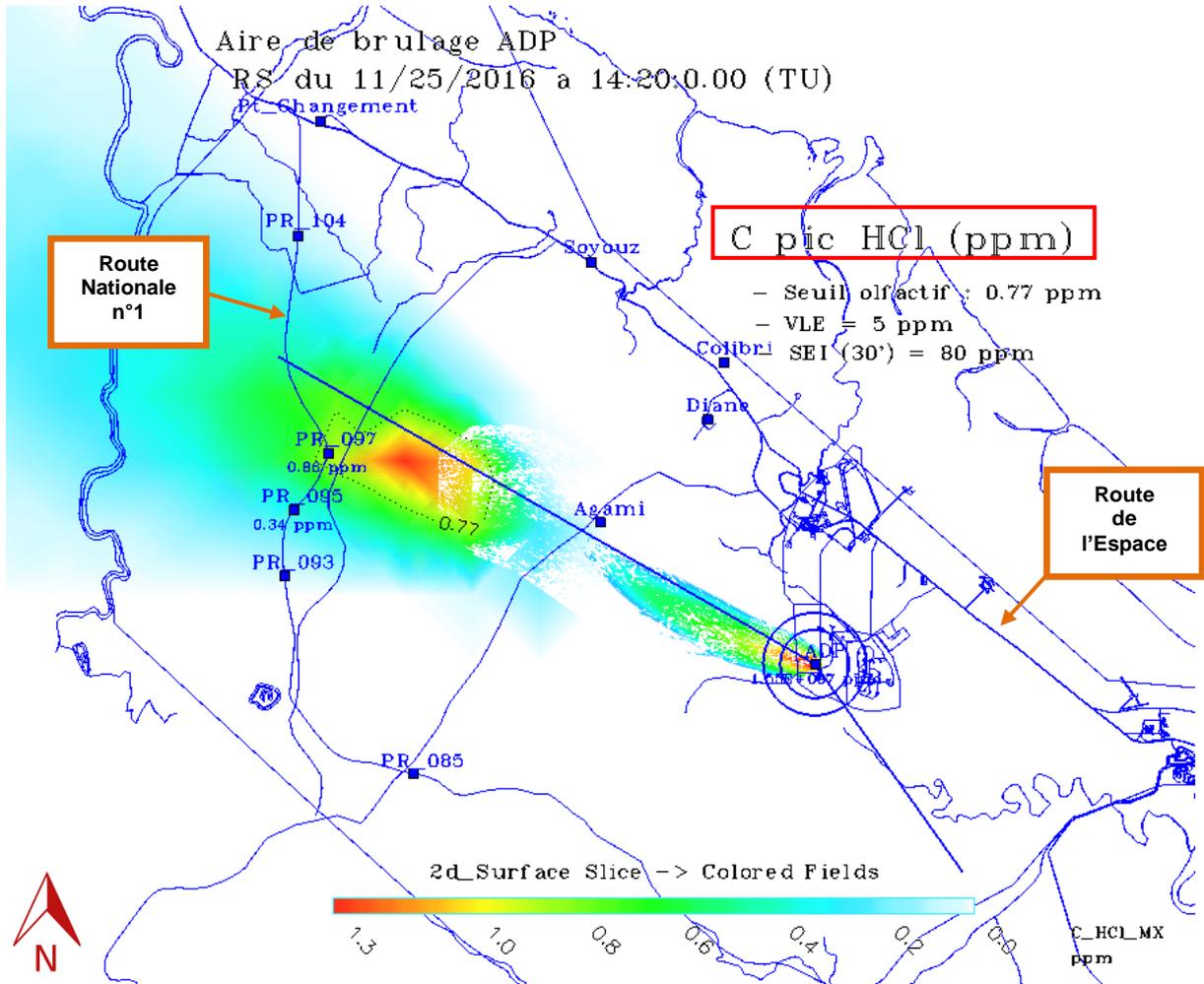
<b>HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)</b>	<b>1 260</b>
<b>BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE (pour une altitude allant du sol jusqu'à la hauteur de stabilisation)</b>	
- Vitesse moyenne des vents (m/s)	7,6
- Direction moyenne des vents (°)	114,6
⇒ Les vents sont orientés vers	PR 97 de la Route Nationale n°1

L'optimisation de l'emplacement des capteurs en champ lointain a été réalisée au moyen des résultats des radiosondages « pénalisants ». Ainsi, les sites ont été appareillés conformément au calcul statistique effectué pour l'établissement de la carte théorique d'implantation des capteurs.

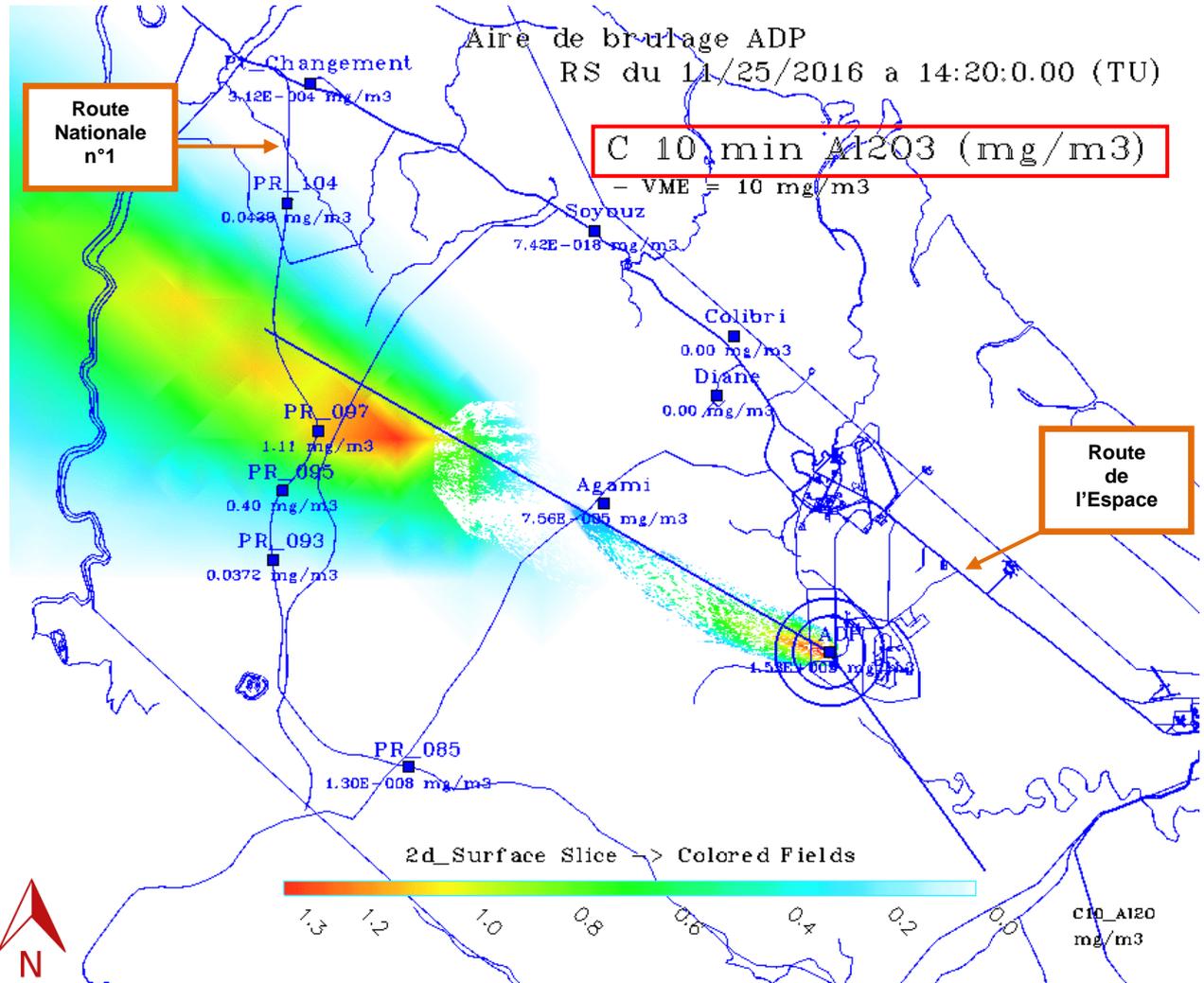
Cette carte est présentée dans le document « Plan de mesures environnement Aire de Destruction du Propergol (ADP) – Segment S2 n°125 » **[DR1]**.

**Les Figures 3 et 4 présentent** la prévision des retombées du nuage de combustion en acide chlorhydrique et en alumine au sol au H0 en **champ lointain**.

**Figure 3 : Retombées en acide chlorhydrique en champ lointain (ppm) selon le RS CP**



**Figure 4 : Retombées en alumine en champ lointain (mg/m3) selon le RS CP**



#### 4.5. Conclusion sur la simulation SARRIM issue du radiosondage

A partir des données météorologiques du radiosondage spécifique (RS CP), l'outil de modélisation SARRIM génère des simulations permettant d'apprécier l'impact réel des retombées du nuage de combustion.

Les résultats obtenus ont permis de confirmer qu'aucune perturbation atmosphérique n'est venu modifier l'orientation du nuage telle qu'elle avait été envisagé via la prévision numérique. L'ensemble des capteurs constituant le plan de mesures environnement a donc été exposé aux retombées.

En champ lointain et au niveau de la RN1, les concentrations maximales en acide chlorhydrique et alumine sont respectivement de 0,86 ppm et 1,11 mg/m<sup>3</sup>.

Ces valeurs sont estimées au niveau de la route nationale, elles demeurent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition (VLE et VME).

#### 4.6. Comparaison des résultats des simulations réalisées à partir des radiosondages et des données prévisionnelles (CEP)

La méthodologie suivie pour la mise en place du plan de mesure environnement de l'opération de brûlage suit une chronologie bien précise telle que :

- ❖ Une 1<sup>ère</sup> **optimisation de l'emplacement des capteurs** en champ lointain avait été réalisée au moyen de radiosondages dits « pénalisants » [DR1] ;
- ❖ Une 2<sup>nde</sup> **optimisation de l'emplacement des capteurs** en champ lointain a été réalisée par le biais des données prévisionnelles de CEP pour le J0 à H0, en plus des simulations réalisées dans le cadre du Plan de Mesures Aire de Destruction du Propergol – Segment S2 N°125 [DR1].

Pour rappel, un calcul statistique a permis de déterminer les radiosondages les plus pénalisants (l'un pour l'acide chlorhydrique et l'autre pour l'alumine). Les résultats des simulations SARRIM au moyen du radiosondage a permis d'établir une carte théorique d'implantation des capteurs [DR1].

Ainsi, ces derniers prévoient :

**Tableau 5 : Synthèse des résultats obtenus suite à la modélisation SARRIM à partir du radiosondage « pénalisant » 2R211100.txt.**

RADIOSONDAGE 2R211100 DU 21 NOVEMBRE 2000 À 16H51 TU		
HAUTEUR DE STABILISATION DU NUAGE (m)	292,9	
BASSES COUCHES (0 → HAUTEUR DE STABILISATION)		
- Direction moyenne des vents (°)	91	
- Concentration maximale en <b>acide chlorhydrique</b> en champ lointain (ppm)	0,26	< VLE = 5
- Concentration maximale en <b>alumine particulaire</b> en champ lointain (mg/m <sup>3</sup> )	0,88	< VME = 10

La comparaison de ces résultats (RS « pénalisants ») avec ceux de la simulation réalisée à partir du radiosondage H0 + 20min (**4R251116.txt**), met en évidence :

- que les résultats pour l'acide chlorhydrique diffèrent significativement de ceux du radiosondage réalisé à H0 + 20 min (écart supérieur à 100 %),
- un écart important pour l'alumine (écart supérieur à 100 %).

La comparaison des résultats de la simulation issue des données prévisionnelles CEP (**PREVI**) et celle de la simulation réalisée à partir du radiosondage H0 + 20 min (**4R251116.txt**), met en évidence :

- que la direction prise par le nuage diffère de 6,2 % de celle simulée avec la prévision numérique
- que les résultats pour l'acide chlorhydrique étaient surestimés de plus 100 % par rapport à ceux du radiosondage réalisé à H0 + 20 min,
- pour l'alumine, les résultats étaient également surestimés de plus de 100% par rapport à ceux du radiosondage réalisé à H0 + 20 min.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des données comparées précédemment. Nous considérons que les résultats du RS CP constituent notre référence puisqu'ils correspondent à la réalité météorologique au moment de l'évènement.

**Tableau 6 : Synthèse des données des radiosondages pour le suivi de la direction du nuage de combustion**

DIRECTION PRISE PAR LE NUAGE DE COMBUSTION		
Avant le Brûlage S2 N°125	J0 Brûlage S2 N°125 H0 – 6h	J0 Brûlage S2 N°125 / H0 + 20 min
Modélisation à partir du radiosondage « <b>pénalisant</b> »	Modélisation à partir des données CEP ( <b>PREVI</b> )	Modélisation à partir du radiosondage en chronologie positive ( <b>RS CP : H0 + 20</b> )
HCl	107,5° soit vers le point kilométrique 99 de la RN1	114,6° soit bien au sud-est du point kilométrique 97 de la RN1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
		81,1°

Ces optimisations ont permis de valider l'implantation des capteurs dans les meilleures conditions afin que les bacs à eau soient exposés aux retombées chimiques du nuage de combustion issu du brûlage du segment S2 N°125.

## **5. SUIVI DES RETOMBÉES CHIMIQUES GAZEUSES ET PARTICULAIRES EN CHAMPS PROCHE, MOYEN ET LOINTAIN**

### **5.1. Objectif des mesures**

Les mesures des retombées chimiques gazeuses et particulaires ont pour objectif d'évaluer les retombées issues de la combustion à l'air libre du segment S2 n°125 sur l'ADP.

Pour cela, le dispositif mis en œuvre a pour but de mesurer les retombées sédimentables réalisées au moyen de quarante pièges à eau disposés à 1,50 mètre de hauteur (conformément à la norme AFNOR NF X 43-006).

Les pièges à eau récupérés, sont conditionnés puis adressés à un laboratoire pour la détermination des paramètres suivants :

**Tableau 7 : Ensemble des paramètres de mesures dans les bacs à eau**

<b>Paramètres mesurés</b>	<b>Unités</b>
pH	unité pH
Conductivité	μS/cm
Concentration en HCl	mg/m <sup>2</sup>
Concentration en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (particulaire, dissous et totale)	mg/m <sup>2</sup>

Un rappel sur les limites réglementaires de toxicité des principaux produits émis par ce brûlage est fait au *paragraphe 6 de l'Annexe 2* (présentée au *paragraphe 9* du présent document).

### **5.2. Résultats des mesures**

Tous les résultats bruts sont synthétisés au *paragraphe 4 de l'Annexe 2* (annexe présentée au *paragraphe 9* du présent document).

### 5.2.1. Analyse des retombées en aluminium particulaire sédimentable

**Tableau 8 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain**

	ALUMINIUM PARTICULAIRE		
	Concentration Maximale (mg/m <sup>2</sup> )	Point de mesure	Distance de l'ADP (m)
Champ proche	52,63	CP01 : Derrière le merlon Ouest	178
Champ lointain	3,75	CL01 : Site Agami	8237

**Remarques :**

Le tableau ci-dessus présente les valeurs de concentrations maximales recueillis pour l'alumine particulaire sédimentable.

Hormis le point CP01, qui a capté la plus forte concentration en alumine particulaire [Al]<sub>p</sub>, les concentrations [Al]<sub>p</sub> mesurées en champs proche, intermédiaire et lointain sont négligeables voir non quantifiables. En effet, on mesure une valeur moyenne de 18,05 mg/m<sup>2</sup> en champ proche et une valeur moyenne de 2,19 mg/m<sup>2</sup> en champ lointain.

Les retombées en alumine particulaire issues du brûlage du segment n'ont pas engendré d'impact sur l'environnement

### 5.2.2. Analyse des retombées chimiques d'acide chlorhydrique

**Tableau 9 : Points de mesure présentant des concentrations maximales en champ proche et en champ lointain**

	IONS CHLORURES (MESURE POUR ACIDE CHLORHYDRIQUE)		
	Concentration Maximale (mg/m <sup>2</sup> )	Point de mesure	Distance de l'ADP (m)
Champ proche	139,1	CP01 : Derrière le merlon Ouest	178
Champ lointain	33,5	CL01 : Site Agami	8237

**Tableau 10 : Points de mesure présentant des valeurs maximales en champ proche et en champ lointain**

<b>PH</b>			
	<i>Acidité maximale (unité pH)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance de l'ADP (m)</i>
Champ proche	5,05	CP14 : Chemin de ronde Zone 20	797
Champ lointain	4,80	CL19 : PK 91 sur la RN1	15145
<b>CONDUCTIVITE</b>			
	<i>Maximum (µS/cm)</i>	<i>Point de mesure</i>	<i>Distance de l'ADP (m)</i>
Champ proche	32,00	CP01 : Derrière le merlon Ouest	178
Champ lointain	54,00	CL01 : Site Agami	8237

Les tableaux ci-dessus présentent les valeurs de concentrations maximales recueillis pour l'acide chlorhydrique, le potentiel hydrogène (pH) et la conductivité.

**Remarques :**

- Comme pour l'alumine particulaire sédimentable, hormis le point CP01, les concentrations en acide chlorhydrique mesurée en **champ proche, intermédiaire et lointain** sont négligeables voir non quantifiables. En effet, on mesure une valeur moyenne de 13 mg/m<sup>2</sup> en champ proche et une valeur moyenne de 2,7 mg/m<sup>2</sup> en champ lointain.
- On note une valeur de concentration en acide chlorhydrique de 6,0 mg/m<sup>2</sup> au point CP08 du **champ proche**. Or, nous savons que lorsque la concentration en acide chlorhydrique augmente, la valeur de la conductivité augmente et la valeur de pH diminue.  
Au regard des valeurs mesurées dans cette zone (pour ces trois paramètres), la valeur du point CP08 est écartée et témoigne d'une possible contamination du bac à eau par des facteurs environnementaux extérieurs (poussières latéritiques, déjections animales, feuilles...).
- En **champ lointain**, la plus forte concentration en acide chlorhydrique est mesurée au point CL01, qui correspond au Site Agami. Cette information corrobore les résultats de la simulation SARRIM et ainsi valide le lieu de passage du nuage de combustion.
- En ce qui concerne les valeurs de pH et de conductivité, on observe que les valeurs les plus importantes sont mesurées au point CP01 en champs proche et au point CL20/21 en champ lointain. Ces observations confirment l'interprétation relative à l'orientation du nuage de combustion, vers le point kilométrique.
- En s'attachant au phénomène chimique décrit précédemment, nous pouvons confirmer, au vue des valeurs de pH et de conductivité, que le nuage s'est bel et bien orienté vers le point kilométrique 97 de la Route Nationale n°1. A ce niveau de la route, les valeurs en acide chlorhydrique et en alumine particulaire sont respectivement de 3,0 mg/m<sup>2</sup> et 0.62 mg/m<sup>2</sup> et sont négligeables.

**Retenons que les mesures réalisées sont conformes aux prescriptions de l'arrêté préfectoral puisqu'elles demeurent inférieures aux seuils réglementaires d'exposition (VLE et VME).  
Les retombées issues du brûlage du segment n'ont pas engendré d'impact décelable sur l'environnement.**

### **5.3. Conclusions sur les retombées chimiques gazeuses et particulières**

Les mesures mettent en évidence que la plus forte proportion d'acide chlorhydrique et d'alumine particulaire retombe en champ proche, à proximité du segment brûlé soit jusqu'à une distance d'environ 200mètres de l'ADP.

En dehors de cette zone, les mesures sont faibles à non quantifiables, elles respectent ainsi les prescriptions de l'arrêté préfectoral et il n'y a donc pas eu d'impact significatif sur l'environnement.

La comparaison de la simulation SARRIM (réalisée au moyen des données du radiosondage 4R251116.txt) aux données de terrain met en exergue que :

- le radiosondage montrait une direction moyenne des vents de 114,6° soit vers l'Ouest au point kilométrique 97 de la RN1. Ainsi, la simulation issue dudit radiosondage montrait que les plus importantes concentrations en acide chlorhydrique et en alumine étaient identifiées au PK 97.
- L'analyse des résultats des bacs à eau corrobore cette observation puisque les valeurs les plus importantes en champ lointain ont été mesurées dans cette direction, au niveau du point PK97 de la RN1.

**Ainsi, on observe une parfaite cohérence entre la simulation sur la direction du nuage et les mesures de terrain.**

**Par conséquent, les capteurs ont été correctement implantés et exposés au nuage de combustion du segment S2 N°125.**

## 6. MESURE EN CONTINU DE LA POLLUTION GAZEUSE EN ACIDE CHLORHYDRIQUE

### 6.1. Objectif des mesures

Ces mesures ont pour objectif de suivre en temps réel les concentrations en gaz chlorhydrique.

Pour mémoire, on distingue au sein du système de Collecte des Données Environnement eXtérieures du CSG (CODEX), le réseau de capteurs dits « fixes » du réseau de capteurs dits « mobiles » correspondant notamment à un ensemble de 4 capteurs disposés sur site selon les résultats des simulations SARRIM issues des données météorologiques prévisionnelles.

A noter que ces appareils permettent aussi la quantification des teneurs en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et des produits hydrazinés pour les lancements Ariane 5, Vega et Soyuz en cas d'accident du lanceur en vol.

***Cette situation est exclue dans le cas présent, s'agissant d'une opération de brûlage d'un segment d'EAP.***

Les détecteurs de type SPM (Single Point Monitor de type « Honeywell ») du réseau de capteurs dits « fixes » sont implantés sur les lieux suivants :

- dans la ville Kourou au niveau :
  - du local annexe du club de bridge de l'Hôtel des Roches,
  - de la toiture du bâtiment des urgences du Centre Médico-Chirurgical de Kourou (CMCK),
  - de l'embarcadère des îles du Salut au Vieux-Bourg (cabanon en bois),
  - de la station météo Isabelle de la plage de la Cocoteraie (cabanon en bois),
- dans la ville de Sinnamary au niveau de la Gendarmerie (abri en bois),
- au Centre Technique du CSG, dans une annexe au bâtiment « électromécanique »,
- sur les sites d'observation Agami (mobil home) et Toucan (cabanon en bois).

Les gammes de mesure des analyseurs du système CODEX « fixe » sont les suivantes :

**Tableau 11 : Gammes de mesure des paramètres des analyseurs du système CODEX « fixe »**

Nom	Produits	Gamme de mesure	Seuil olfactif
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Produits hydrazinés	1 à 6 ppm	1,7 ppm
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Dioxyde d'azote	1 à 45 ppm	0,2 ppm
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	0,77 ppm

En ce qui concerne le système CODEX « mobile », quatre unités de détecteurs mobiles sont mises en place sur des sites dont la localisation est optimisée par simulation avec le logiciel de dispersion atmosphérique SARRIM.

Les seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile » sont les suivantes :

**Tableau 12 : Seuils de détections des analyseurs du système CODEX « mobile »**

Nom	Produits	Seuil de détection en Champ Proche	Seuil de détection en Champ Lointain
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	28 à 1200 ppb

La retransmission des données en temps réel se fait à l'aide de balises par voie hertzienne et filaire vers un poste informatique au Bureau de Coordination Sauvegarde (BCS).

## 6.2. Résultats des mesures

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



### **SPM Honeywell en cours de mise en place**

**(à gauche : SPM dans son boîtier de protection – à droite : SPM sans protection)**

Parmi les différents détecteurs implantés, seul le SPM Honeywell n°1 (implanté à proximité du point CP01 – à 178 mètres de l'ADP ; derrière le merlon ouest) a détecté une « pollution » en acide chlorhydrique à hauteur de 15 ppm pendant 1h30. Cette information corrobore les mesures de terrain.

Le graphique est présenté au *paragraphe 5 de l'Annexe 2* du présent document.

## **7. CONCLUSIONS GENERALES SUR LE SUIVI DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU BRULAGE DU SEGMENT S2 N°125**

Au cours du brûlage du segment S2 N°125, la surveillance de la qualité de l'air a été réalisée grâce à différents moyens de contrôle.

Les résultats de terrain obtenus par l'analyse des bacs à eau, n'ont pas mis en évidence d'impact des retombées en alumine particulaire que ce soit en champ proche, moyen ou en champ lointain. De même, pour l'acide chlorhydrique, un impact a été mesuré à proximité directe du segment (jusqu'à 178 mètres). Au-delà, les valeurs mesurées sont négligeables voir non quantifiables. Aussi, aucun impact significatif n'est à signaler.

L'interprétation des résultats des bacs à eau démontre que ceux –ci ont été correctement implantés et ont été exposés aux retombées du nuage de combustion.

Enfin, le dispositif de suivi en temps réel de la qualité de l'air a détecté une pollution ponctuelle en acide chlorhydrique à 178 mètres du segment.

Au-delà, aucune autre pollution n'a été mesurée que ce soit dans les villes de Kourou, de Sinnamary ou sur le reste du territoire du CSG.

**Au regard de l'ensemble de ces constats, notons que le brûlage du segment S2 N°125 effectué le 25 novembre 2016 s'est déroulé conformément aux prescriptions de l'Arrêté d'Autorisation d'Exploiter l'ADP, et que les mesures ont permis d'écarter le risque de pollution et ainsi d'impact sur l'environnement guyanais.**

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

*Ces échanges ont permis d'aboutir à la présente version Sur la base de cette version du document, les prochains comptes rendu de résultats des plans de mesures environnement mis en place pour les brûlages à l'ADP seront élaborés de façon similaire.*

## **8. ANNEXE 1 : EVALUATION DE L'IMPACT SUR LES PERSONNES AU NIVEAU DE LA ROUTE NATIONALE N°1**

Au regard de leur mission de sauvegarde et de protection de l'environnement, les services SDP/ES et SDP/PI du CNES/CSG ont suivi le déroulement de l'opération depuis le PC Sécurité au bâtiment Uranus.

Les cortèges de la BSPP répartis sur et autour du site du CSG ont surveillé l'évolution du nuage grâce à leurs appareils de détection. Parmi l'ensemble des appareils de mesures de toxicité pour le paramètre acide chlorhydrique (HCl), aucune détection ne fût signalée.

Ces mesures sont réalisées sur l'ensemble du périmètre du site, les villes avoisinantes et notamment au niveau du carrefour Bec Fin situé la route nationale n°1.

**Une heure après l'évènement, un contrôle de la zone de brûlage a été effectué en présence d'agents du BCS, de la Sureté Protection et des Sapeur Pompiers.**

**La qualité de l'air fût jugée bonne.**



**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE  
POUR LE BRULAGE DU SEGMENT S2  
n°125 SUR L'AIRE DE DESTRUCTION  
DU PROPERGOL (ADP)**

Réf : **CSG-RP-SPX-18598-CNES**  
Ed/Rev : 01/00 Classe : GP  
Date : **29/11/2017**  
Page : 31/46

**9. ANNEXE 2 - RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT :  
BRULAGE SEGMENT S2 N°125 SUR L'ADP REALISE PAR CI/ESQS  
(DOCUMENT DE 14 PAGES)**

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT**  
Brûlage segment EAP sur l'ADP

**DIFFUSION** : SDP/ES (3 exemplaires) ; ESQS/A ; ESQS/SE/BCS (I. COSCOY)

Pour ESQS



**J. BOURGEOIS**

## 1. Introduction

Le présent rapport présente les résultats du plan de mesures environnement obtenus lors du brûlage d'un segment EAP sur l'aire ADP (Aire de Destruction de Propergol) implantée à proximité du site du BEAP le 25 novembre 2016 à 10h00.

Ce rapport présente l'ensemble des résultats obtenus. Il détaille :

- la description des mesures réalisées pour ce brûlage;
- la localisation des points de mesures (en champ proche, moyen et lointain) ;
- les résultats des analyses faites à partir des bacs à eau ;
- les résultats des détections du réseau CODEX.

### 1.1. Instrumentation

Pour ce brûlage, le plan de mesures mis en œuvre était constitué de :

- **en Champs proche et intermédiaire- 15 sites instrumentés :**
  - 1 SPM Honeywell,
  - 15 bacs à eau (chaque bac reposant à 1,5 m de hauteur sur un trépied).
- **en Champ lointain - 25 sites instrumentés :**
  - 3 SPM Honeywell,
  - 25 bacs à eau (chaque bac reposant à 1,5 m de hauteur sur un trépied).

### 1.2. Mise en place

Le matériel (SPM Honeywell, bacs à eau) a été installé le 25/11/2016 entre 07h00 et 9h15.

### 1.3. Retrait des capteurs et analyseurs et envoi des analyses aux laboratoires

Les capteurs et analyseurs ont été récupérés le jour même soit le 25/11/2016 entre 12h30 et 15h15.  
Les échantillons ont été remis le 28/11/2016 au matin à l'Institut Pasteur.

## 2. Description des mesures réalisées pour le brûlage du segment

### 2.1. Mesures des retombées chimiques gazeuses et particulaires

Ces mesures permettent de caractériser les retombées chimiques issues de la combustion du segment en champs proche, intermédiaire et lointain. Les retombées sédimentables (chlorure, aluminium dissous, particulaire et total), le pH et la conductivité sont mesurées à l'aide de bacs à eau.

Pour ce plan de mesures, 4 bacs ont été disposés en champ proche autour de l'aire de brûlage, 11 bacs ont été mis en place en champ intermédiaire sur le chemin de ronde situé à proximité immédiate de l'ADP et 25 bacs ont été placés en champ lointain sur la piste Agami, la RN1, la route menant à « Petit Saut » et le site d'observation Agami.

La mise en œuvre a été assurée par ESQS et les analyses ont été confiées à l'Institut Pasteur de Guyane.

### 2.2. Mesures en continu de la qualité de l'air

24 analyseurs SPM Honeywell sont installés à poste fixe sur 8 sites localisés à Kourou, Sinnamary, le Centre Technique et les sites d'observation (Agami et Toucan).

Ce réseau mesure en temps réel la teneur en acide chlorhydrique, ainsi qu'en peroxyde d'azote et en produits hydrazinés dans l'atmosphère en cas de situation dégradée.

Les données sont centralisées vers le poste CODEX implanté au BCS (Bureau de Coordination Sauvegarde) localisé au Centre Technique.

Quatre appareils supplémentaires mobiles ont été mis en service à l'occasion de ce brûlage pour la mesure d'HCl :

- le mobile 1 était placé en champ proche entre les points de mesure CP1 et CP2,
- le mobile 3 était placé en champ intermédiaire au point de mesure CL5,
- le mobile 4 était placé en champ intermédiaire au point de mesure CL6,
- le mobile 5 était placé en champ proche au point de mesure CL2,

Les gammes de mesures des appareils fixes sont les suivants :

Nom	Produits	Gamme de mesure	Seuil olfactif
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Produits hydrazinés	1 à 6 ppm	1,7 ppm
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Dioxyde d'azote	1 à 45 ppm	0,2 ppm
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	0,8 ppm

Les gammes de mesures des appareils mobiles sont les suivants :

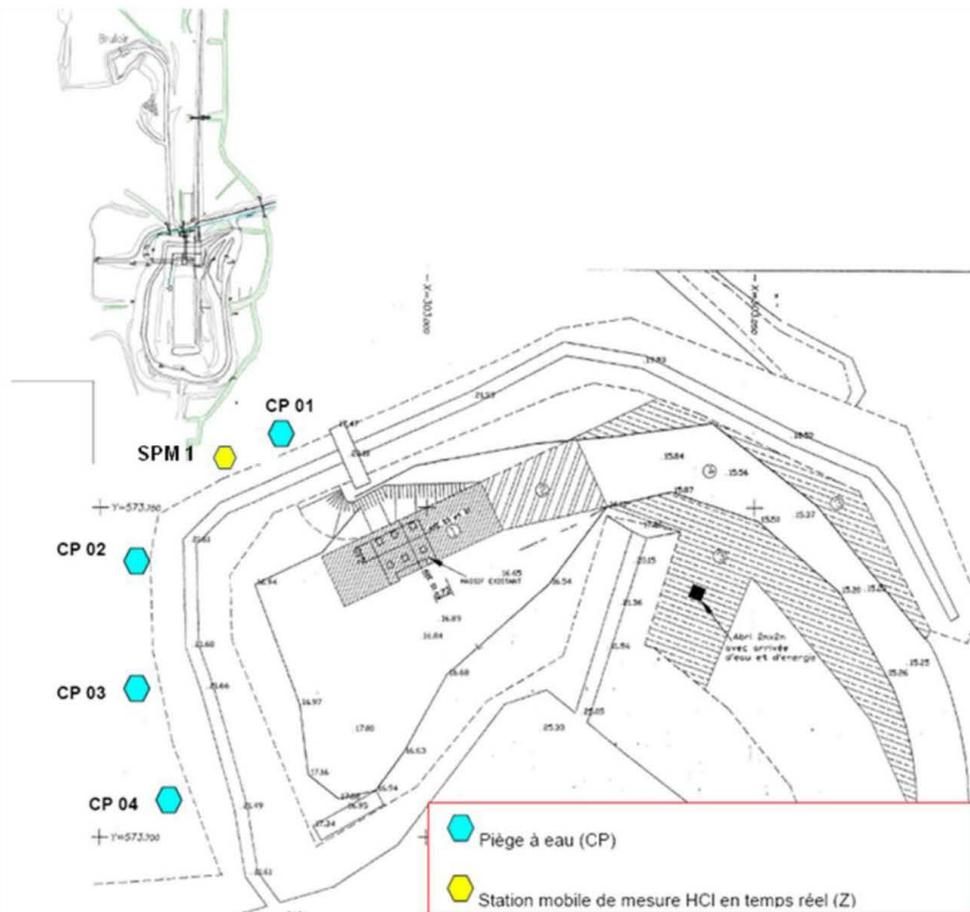
Nom	Produits	Gamme de mesure champ proche	Gamme de mesure champ lointain
HCl	Acide chlorhydrique	2 à 15 ppm	28 à 1200 ppb

L'étalonnage et l'exploitation de ces mesures sont assurés par le service SDO/SC via le laboratoire de chimie du CSG.

### 3. Localisation des points de mesures - champ proche (CP) et champ lointain (CL)

#### 3.1. Champs « proche » et « intermédiaire »

POINT DE MESURES	DISTANCE PAR RAPPORT A L'ADP (M)	LOCALISATION
CP 01	178	Derrière le merlon Ouest
SPM 1	176	Derrière le merlon Ouest
CP 02	159	Derrière le merlon Ouest
CP 03	149	Derrière le merlon Ouest
CP 04	133	Derrière le merlon Ouest
CP 05	766	Chemin de ronde Zone 26
CP 06	666	Chemin de ronde Zone 25
CP 07	540	Chemin de ronde Zone 25
CP 08	500	Chemin de ronde Zone 24
CP 09	477	Chemin de ronde Zone 24
CP 10	487	Chemin de ronde Zone 23
CP 11	525	Chemin de ronde Zone 23
CP 12	623	Chemin de ronde Zone 22
CP 13	688	Chemin de ronde Zone 21
CP 14	797	Chemin de ronde Zone 20
CP 15	893	Chemin de ronde Zone 19





 <p><b>ESQS</b> Europe Spatial Qualité Sécurité</p>	<p><b>RESULTATS DU PLAN DE MESURES ENVIRONNEMENT Brûlage segment EAP sur l'ADP</b></p>	<p>Référence : 17.SE.RS.02 Date : 13/01/2017 Page : 7/14</p>
--	--	--

### 3.2. Champ « lointain »

POINT DE MESURES	DISTANCE PAR RAPPORT A L'ADP (M)	LOCALISATION
CL 01	8237	Site Agami
CL 02 + SPM 5	7684	Piste Agami – PK 8 après le portail
CL 03	8985	Piste Agami – PK 10 après le portail
CL 04	9068	Piste Agami – PK 11 après le portail
CL05 + SPM 3	9562	Piste Agami – PK 12 après le portail
CL 06 + SPM 4	10164	Piste Agami – PK 13 après le portail
CL 07	10720	Piste Agami – PK 14 après le portail
CL 08	11335	Piste Agami – PK 15 après le portail
CL 09	8046	PK 77 de la RN1
CL 10	8436	PK 80 de la RN1
CL 11	8597	PK 81 de la RN1
CL 12	9616	PK 82 de la RN1
CL 13	10846	PK 84 de la RN1
CL 14	12041	Embranchement Piste Agami / RN1 – PK15,8 après le portail (Bec fin)
CL 15	13043	PK 86 de la RN1
CL 16	13893	PK 87 de la RN1
CL 17	15206	PK 89 de la RN1
CL 18	15248	PK 90 de la RN1
CL 19	15145	PK 91 de la RN1
CL 20	15601	PK 93 de la RN1
CL 21	15822	PK 95 de la RN1
CL 22	15458	PK 97 de la RN1
CL 23	17198	PK 99 de la RN1



**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE  
POUR LE BRULAGE DU SEGMENT S2  
n°125 SUR L'ARE DE DESTRUCTION  
DU PROPERGOL (ADP)**

Réf : **CSG-RP-SPX-18598-CNES**  
Ed/Rev : 01/00 Classe : GP  
Date : **29/11/2017**  
Page : **39/46**



**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT  
Brûlage segment EAP sur l'ADP**

Référence : 17.SE.RS.02  
Date : 13/01/2017  
Page : 8/14

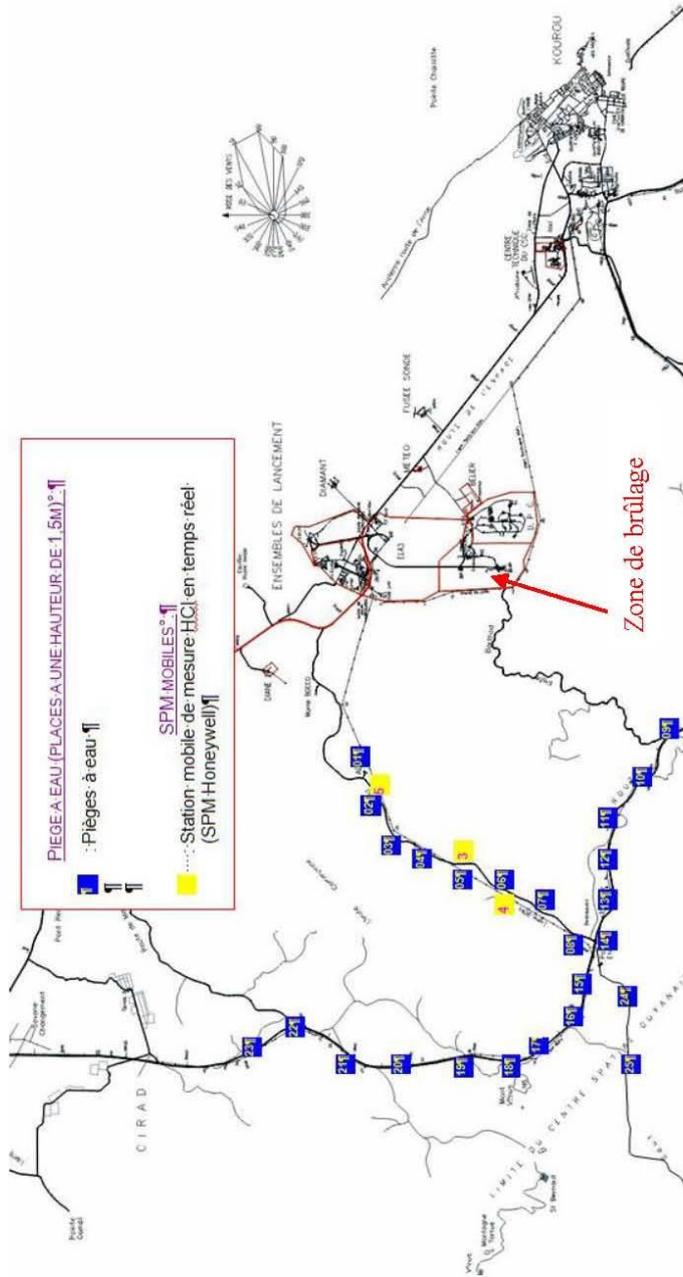
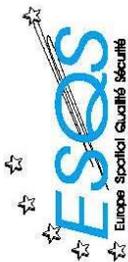
POINT DE MESURES	DISTANCE PAR RAPPORT A L'ADP (M)	LOCALISATION
CL 24	13011	PK1 Route de Petit-Saut
CL 25	14952	PK3 Route de Petit-Saut

Référence : 17\_SE.RS.02

Date : 13/01/2017

Page : 9/14

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT  
Brûlage segment EAP sur l'ADP**



#### 4. Mesures des retombées chimiques particulières

Le temps d'exposition des bacs à eau a été d'environ 5H puisque ceux-ci ont été déposés et récupérés le jour même.

Le volume d'eau distillée initialement versé dans les bacs était de 500 ml.

Durant la relativement courte période d'exposition aucune pluie n'a été enregistrée, en conséquence les échantillons ont été légèrement concentrés (volume moyen recueilli = 460 ml soit une évaporation moyenne de 8%)

Pour ce plan de mesure, la limite de détection de l'aluminium a été fixée à 0,02mg/l, soit 0,48mg/m<sup>2</sup> pour 500ml d'eau recueillis dans les bacs de dimensions 17,4 x 12 cm.

La concentration en aluminium particulaire n'est pas mesurée mais calculée par différence entre les concentrations en aluminium total et aluminium dissous. Pour cette raison, lorsque les concentrations en Aluminium total ou dissous sont inférieures à la limite de détection (0,02mg/L), l'annotation « Non Quantifiable (n.q) » est indiquée pour la concentration en Aluminium particulaire.

Pour les chlorures, la limite de détection des chlorures a été fixée à 0,05mg/L soit 1,20 mg/m<sup>2</sup> pour 500ml d'eau recueillis dans les bacs de dimensions 17,4 x 12 cm.

Les volumes d'eau recueillis étant différents d'un point à un autre, les concentrations surfaciques seront différentes pour une même concentration volumique.

Exemple :

- pour un volume d'eau recueilli égal à 550 ml, une concentration de 2 mg/L correspondra à une concentration de 52,7 mg/m<sup>2</sup>.
- pour un volume d'eau recueilli égal à 410 ml, une concentration de 2 mg/L correspondra à une concentration égale à 39,3 mg/m<sup>2</sup>.

Les incertitudes des mesures indiquées ci –dessous sont calculées selon le paragraphe 8.3.3 de la norme NF ISO 11352 et issues des essais inter-laboratoire (incertitude relative associée au biais avec k=2) :

- pH Ub,rel(k=2)= 3.41%.
- Conductivité Ub,rel(k=2)= 2.06%.
- Aluminium Ub,rel(k=2)=30.64%.
- Chlorures Ub,rel(k=2)=6.89%

Référence : 17-SE-RS-02

Date : 13/01/2017

Page : 11/14

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT  
Brûlage segment EAP sur l'ADP**



**4.1 Résultats d'analyse des bacs à eau « champ proche » - « champ intermédiaire »**

Localisation	Volume recueilli (ml)	Aluminium Dissous		Aluminium Particulaire		Aluminium TOTAL		Chlorures		pH		Conductivité	
		Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie (mg/l)	Incertitude (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration calculée dans le volume d'eau recueillie (mg/l)	Incertitude (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie (mg/l)	Incertitude (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie (mg/l)	Incertitude (mg/m <sup>3</sup> )	Mesure (µS/cm)	Incertitude (µS/cm)	Mesure (µS/cm)	Incertitude (µS/cm)
CP1	460	<0.009	<0.14	2.389	16.13	1.099	52.63	2.389	139.1	6.20	0.21	32.00	0.66
CP2	460	<0.009	<0.14	2.389	16.13	1.099	52.63	2.389	139.1	6.20	0.21	32.00	0.66
CP3	470	<0.01	<0.14	0.022	0.152	0.01	0.495	<0.024	<1.13	5.85	0.20	1.40	0.03
CP4	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.75	0.20	1.40	0.03
CP5	480	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.60	0.19	1.40	0.03
CP6	470	<0.01	<0.14	0.046	0.317	0.022	1.035	0.27	0.13	5.60	0.19	1.40	0.03
CP7	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.90	0.20	4.30	0.09
CP8	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.50	0.19	1.40	0.03
CP9	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.50	0.19	1.40	0.03
CP10	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.35	0.18	1.40	0.03
CP11	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.65	0.19	1.40	0.03
CP12	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.25	0.18	1.60	0.03
CP13	470	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.05	0.17	1.60	0.03
CP14	460	<0.01	<0.14	n.q.	-	<0.02	<0.46	<0.024	<1.13	5.15	0.18	1.40	0.03
CP15	150	<0.003	<0.04	n.q.	-	<0.02	<0.003	<0.008	<0.36	0.02	0.18	1.40	0.03

Référence : 17.SE.RS.02  
Date : 13/01/2017  
Page : 12/14

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT  
Brûlage segment EAP sur l'ADP**



**4.2 Résultats d'analyse des bacs à eau « champ lointain »**

Localisation	Volume recueilli (ml)	Aluminium Dissous			Aluminium Particulaire			Aluminium TOTAL			Chlorures			pH		Conductivité				
		Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie mg/l	capté dans le bac mg/l	Incertitude mg/m2	Concentration calculée dans le volume d'eau recueillie mg/l	capté dans le bac mg/l	Incertitude mg/m2	Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie mg/l	capté dans le bac mg/l	Incertitude mg/m2	Concentration mesurée dans le volume d'eau recueillie mg/l	captés dans le bac mg	Incertitude mg/m2	Mesure	Incertitude	Mesure	Incertitude			
CL01	440	0.149	0.066	3.14	0.178	0.078	3.75	1.15	0.327	0.144	6.89	2.11	1.59	0.70	33.5	2.31	5.35	0.16	54.00	1.11
CL02	430	<0.02	<0.009	<0.41	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.41	<0.13	0.07	0.03	1.5	0.10	5.10	0.17	1.70	0.04
CL03	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.43	<0.13	0.10	0.05	2.2	0.15	5.05	0.17	1.70	0.04
CL04	450	<0.02	<0.009	<0.43	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.43	<0.13	0.06	0.03	1.4	0.09	5.10	0.17	1.50	0.03
CL05	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	<0.05	<0.02	<1.1	0.08	5.05	0.17	1.50	0.03
CL06	450	<0.02	<0.009	<0.43	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.43	<0.13	<0.05	<0.02	<1.08	0.07	5.05	0.17	1.50	0.03
CL07	450	<0.02	<0.009	<0.43	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.43	<0.13	<0.05	<0.02	<1.08	0.07	4.95	0.17	1.70	0.04
CL08	450	<0.02	<0.009	<0.43	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.43	<0.13	<0.05	<0.02	<1.08	0.07	4.95	0.17	1.60	0.03
CL09	500	<0.02	<0.01	<0.48	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.48	<0.15	0.10	0.05	2.3	0.16	5.25	0.16	1.90	0.04
CL10	490	<0.02	<0.01	<0.47	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.47	<0.14	0.06	0.05	2.5	0.17	5.20	0.18	1.40	0.03
CL11	480	<0.02	<0.01	<0.46	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.46	<0.14	0.11	0.03	1.3	0.09	5.15	0.18	1.50	0.03
CL12	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	0.09	0.04	1.9	0.13	5.00	0.17	2.10	0.04
CL13	490	<0.02	<0.01	<0.47	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.47	<0.14	<0.05	<0.02	<1.17	0.08	5.05	0.17	1.50	0.03
CL14	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	<0.05	<0.02	<1.13	0.08	4.95	0.17	1.70	0.04
CL15	470	<0.02	<0.009	<0.45	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.45	<0.14	<0.05	<0.02	<1.13	0.08	5.05	0.17	1.40	0.03
CL16	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	<0.05	<0.02	<1.1	0.08	5.05	0.17	1.50	0.03
CL17	480	<0.02	<0.01	<0.46	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.46	<0.14	<0.05	<0.02	<1.15	0.08	4.95	0.17	1.60	0.03
CL18	490	<0.02	<0.01	<0.47	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.47	<0.14	<0.05	<0.02	<1.17	0.08	5.00	0.17	1.30	0.03
CL19	480	<0.02	<0.01	<0.46	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.46	<0.14	<0.05	<0.02	<1.15	0.08	5.05	0.17	1.30	0.03
CL20	460	<0.02	<0.009	<0.44	0.028	0.013	0.62	0.19	0.028	0.013	0.62	0.19	0.13	0.06	3.0	0.20	4.80	0.16	2.30	0.05
CL21	470	<0.02	<0.009	<0.45	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.45	<0.14	0.09	0.04	2.1	0.14	4.80	0.16	1.90	0.04
CL22	490	<0.02	<0.01	<0.47	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.47	<0.14	0.07	0.04	1.7	0.12	5.05	0.17	1.70	0.04
CL23	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	0.08	0.04	1.9	0.13	4.95	0.17	2.20	0.05
CL24	460	<0.02	<0.01	<0.46	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.01	<0.46	<0.14	<0.05	<0.02	<1.15	0.08	5.05	0.17	1.30	0.03
CL25	460	<0.02	<0.009	<0.44	n.q.	-	-	-	<0.02	<0.009	<0.44	<0.14	<0.05	<0.02	<1.1	0.08	4.95	0.17	1.70	0.04

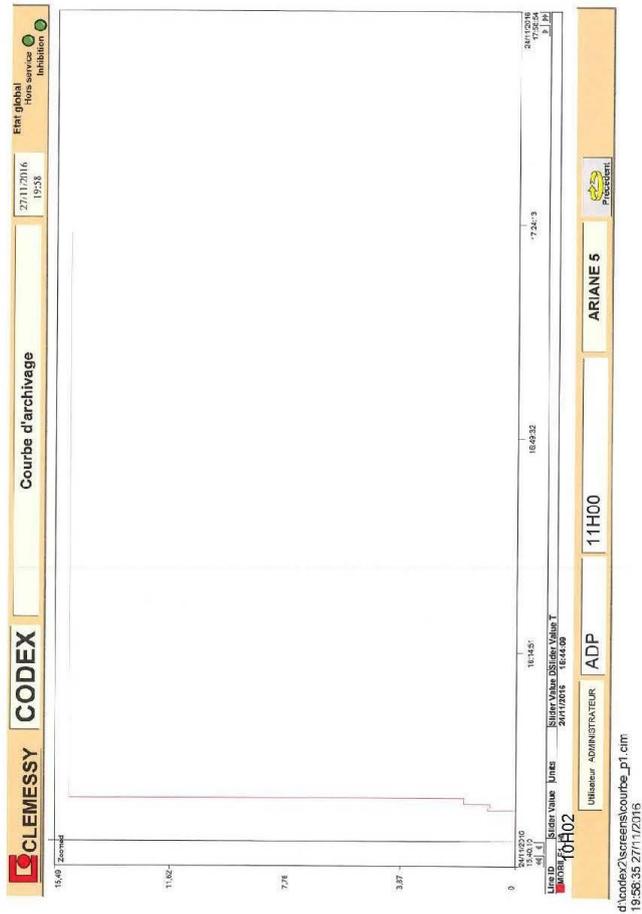
Référence : 17.SE.RS.02  
Date : 13/01/2017  
Page : 13/14

**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT  
Brûlage segment EAP sur l'ADP**



**5. Mesures de la qualité de l'air - Réseau CODEX**

Seul, l'appareil Honeywell mobile N°1 placé à proximité du point CP 01 a détecté et mesuré une pollution en HC1, le graphe est présenté ci-dessous.



## 6. Rappels sur les limites réglementaires de toxicité des principaux produits émis lors d'un brûlage de segment d'EAP Ariane5.

**VLE/VME** : Valeurs admises pour les concentrations de certaines substances dangereuses dans l'atmosphère des lieux de travail (INRS/Ministère du travail).

**SEL** : Concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné (30 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets létaux (décès).

**SEI** : Concentration maximale de polluant dans l'air pour un temps d'exposition donné (30 minutes) en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas d'effets irréversibles (persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à une exposition en situation accidentelle).

Type de gaz	VME	VLE
Alumine (poussière)	10 mg/m <sup>3</sup>	-
Dose Alumine en mg.s/m <sup>3</sup>	1440000	-

Type de gaz	S.E.I. 10 mn	S.E.I. 30 mn	S.E.L. 30 mn	VLE
HCl	240 ppm 358 mg/m <sup>3</sup>	80 ppm 90 mg/m <sup>3</sup>	470 ppm 700 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm
Dose HCl en ppm.s	144000	144000	846000	

L'alumine ne présente pas de toxicité intrinsèque, par contre comme toute poussière, au-delà d'une certaine concentration dans l'air elle peut présenter des risques. Certaines valeurs ont été déterminées pour assurer la sécurité sur les lieux de travail. Pour les poussières inertes, il existe une VME (Valeur Moyenne d'Exposition des travailleurs). Cette valeur représente la concentration maximale à laquelle une personne peut être exposée sur son lieu de travail 8 heures par jour, 5 jours par semaine sans risque pour sa santé. Bien que non adaptée à l'environnement naturel, cette valeur nous donne un élément de comparaison.

La VME des poussières inertes est donc de 10mg/m<sup>3</sup> pendant 8h, 5 jours/semaine ce qui correspond à une dose par semaine de 1440000 mg.s/m<sup>3</sup>.



**RESULTATS DU PLAN DE MESURES  
ENVIRONNEMENT MIS EN PLACE  
POUR LE BRULAGE DU SEGMENT S2  
n°125 SUR L'AIRE DE DESTRUCTION  
DU PROPERGOL (ADP)**

Réf : **CSG-RP-SPX-18598-CNES**  
Ed/Rev : 01/00 Classe : GP  
Date : **29/11/2017**  
Page : **46/46**

♦♦♦♦ FIN DU DOCUMENT ♦♦♦♦