



## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrologie/Benzène/HAP/Métaux

### **Surveillance du benzène**

Juillet 2012

Programme 2012

S. FABLE / L. CHIAPPINI







## PREAMBULE

### **Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air**

**Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au MEDDE et aux AASQA.**

**L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.**







## Mesure du benzène

Laboratoire Central de Surveillance  
de la Qualité de l'Air



## Surveillance du benzène

Programme financé par la  
Direction Générale de l'Energie et du Climat

2012

**S. FABLE, L. CHIAPPINI**

Ce document comporte 19 pages (hors couverture et annexes)

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Laura CHIAPPINI	Eva LEOZ-GARZIANDIA	Nicolas ALSAC
<b>Qualité</b>	Ingénieur Chimie Métrologie Essai  Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité Chimie Métrologie Essai  Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle Caractérisation de l'environnement  Direction des Risques Chroniques
<b>Visa</b>			



# TABLE DES MATIÈRES

<b>RESUME</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>8</b>
<b>2. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES PRELEVEURS</b> .....	<b>8</b>
2.1 Le préleveur SYPAC V2.....	8
2.1.1 Description générale.....	8
2.2 Les préleveurs « faits maison ».....	9
2.2.1 Le préleveur mis au point par AIRAQ .....	9
2.2.2 Le préleveur mis au point par Air Languedoc Roussillon.....	10
2.2.3 Le préleveur mis au point par AIR Air Breizh.....	11
<b>3. ORGANISATION DE LA CAMPAGNE</b> .....	<b>11</b>
<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>12</b>
4.1 Fonctionnement global des préleveurs.....	12
4.2 Résultats de mesure du benzène.....	14
4.3 Résultats de mesure des TEX.....	16
4.4 Conclusions.....	17
<b>5. CONCLUSIONS GENERALES</b> .....	<b>18</b>
<b>6. REFERENCES</b> .....	<b>19</b>
<b>7. LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>19</b>



## **RESUME**

Conformément aux exigences de la Directive Européenne 2008/50/CE [1], certaines Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) réalisent des prélèvements de benzène par pompage sur tubes à l'aide de préleveurs depuis déjà quelques années, d'autres ont commencé à s'équiper au cours de l'année 2009.

Dans ce contexte, l'INERIS accompagne les AASQA lors de l'équipement et la mise en œuvre de préleveurs actifs en les conseillant sur l'application du guide de recommandations rédigé dans le cadre du GT benzène (mesure de débit, d'installation des tubes, précautions analytiques...), assurant le lien entre constructeurs et utilisateurs, prospectant continuellement afin d'identifier de nouvelles techniques, suivant la construction de préleveurs « faits maison » au sein de certains réseaux, de plus en plus nombreux à se lancer dans cette voie.

Au cours des discussions menées en 2010 dans le cadre de rencontres techniques (journée organisée par AIRPARIF) et de la commission de suivi benzène-HAP-métaux, il a été décidé de limiter le nombre de modèles de préleveurs développé à trois maximum en respectant les exigences de la Directive, du guide technique de recommandations [2] rédigé dans le cadre du GT benzène et de la norme NF EN 14662-1.

Ainsi, en 2011, deux préleveurs « faits maison » mis au point par AIRPARIF et Air Languedoc Roussillon, deux préleveurs commerciaux (SYPAC de TERA Environnement Version 2 et MCZ commercialisé par ECOMESURE) ont fait l'objet de l'évaluation de leurs niveaux de blanc et de leur performance lors d'essais en chambre d'exposition.

A l'exception du préleveur SYPAC dont le dysfonctionnement du logiciel a perturbé l'utilisation, les autres préleveurs ont présenté des résultats satisfaisants tant du point de vue des blancs que de la régulation du débit, des valeurs de benzène (et TEX) mesurées par chaque appareil en comparaison avec une autre méthode de référence et avec la moyenne globale sur l'ensemble des préleveurs.

En 2012, afin de compléter ces travaux en atmosphère simulée, des essais en atmosphère réelle ont été réalisés. Quatre préleveurs « faits maison », mis au point par Air LR, Air Breizh et AirAQ ainsi que le SYPAC V2 de TERA Environnement, ont été mis en œuvre pendant huit semaines sur le site trafic Auteuil d'AIRPARIF. Les conclusions de ces essais en atmosphère réelle sont similaires aux conclusions des essais en atmosphère simulée. Ainsi, à l'exception du SYPAC dont le logiciel a présenté des dysfonctionnements, l'ensemble des préleveurs a présenté des résultats satisfaisants en ce qui concerne la dérive de débit, la répétabilité entre deux mesures simultanées et la comparaison avec la méthode de référence alternative par analyseur en continu.

Les essais en atmosphère simulée comme en atmosphère réelle confirment la possibilité de déployer les préleveurs testés pour la surveillance du benzène en air ambiant.

## **1. INTRODUCTION**

Les AASQA sont inscrites depuis 2008, conformément aux exigences de la Directive Européenne 2008/50/CE, dans un processus visant à s'équiper en préleveurs actifs pour la mesure du benzène. Ainsi, le LCSQA/INERIS les accompagne lors de l'équipement et la mise en œuvre de préleveurs actifs en les conseillant pour l'application du guide de recommandations : procédure de mesure de débit, d'installation des tubes de prélèvement, précautions analytiques....

Cette action s'est concrétisée en 2010 par une enquête afin de réaliser un bilan sur les équipements existants [3] mais également de faire le point sur les difficultés techniques rencontrées lors de la mise en œuvre des préleveurs sur le terrain.

Par ailleurs, pour pallier le coût des préleveurs commerciaux, les AASQA ont décidé de développer elles-mêmes leurs propres préleveurs sous l'impulsion d'AIRPARIF dont le matériel « fait maison » est en fonctionnement dans ses stations depuis 2007 et avait rempli l'ensemble des exigences de la norme lors des tests en atmosphère simulée et réelle de 2007. Après discussion avec les AASQA, il a été adopté dans la CS « benzène-HAP-Métaux » de se limiter au développement de trois types de préleveurs au maximum.

Ainsi, en 2011, deux préleveurs « faits maison » par AIRPARIF et Air Languedoc Roussillon, deux préleveurs commerciaux (Sypac de TERA Environnement et MCZ commercialisé par ECOMESURE) ont fait l'objet de l'évaluation de leurs niveaux de blanc et de leur performance lors d'essais en chambre d'exposition par le LCSQA/INERIS.

En 2012, ces travaux ont été complétés par une campagne de test en atmosphère réelle, sur le site trafic d'Auteuil d'AIRPARIF. Quatre préleveurs « faits maison » ont été déployés (deux préleveurs identiques développés par AirAQ, un par Air Languedoc Roussillon, et un par Air Breizh) ainsi qu'un préleveur commercial, le SYPAC V2 de TERA Environnement.

Notons que le programme LCSQA 2012 pour la surveillance du benzène est donné en annexe 1 de ce rapport.

## **2. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES PRELEVEURS**

### **2.1 LE PRELEVEUR SYPAC V2**

#### **2.1.1 DESCRIPTION GENERALE**

Le préleveur SYPAC a fait l'objet de nombreuses modifications depuis sa première mise en vente sur le marché. L'ensemble des évolutions apportées à l'appareil est présenté en annexe 2 de ce rapport.

Le préleveur SYPAC dans sa version 2 est constitué de :

- deux entrées d'air pour la prise d'échantillon
- deux fois trois tubes
- deux régulateurs de débit massiques (RDM) de 30 ml (modulables)
- une pompe interne



- un PC intégré
- une sortie USB permettant la récupération des données de prélèvement

Le prélèvement s'effectue sur une voie ou l'autre mais peut également se faire sur les deux voies simultanément de façon continue, les deux RDM étant indépendants. Le débit peut être différent d'une voie à l'autre allant de 10 à 30 mL min<sup>-1</sup>.

Son coût s'élève à 8000 euros environ.



*Figure 1 : Photographie du modèle SYPAC V2 commercialisé par TERA ENVIRONNEMENT*

Son utilisation a été simplifiée par rapport à la version précédente, les tubes s'insérant et se retirant avec beaucoup plus de facilité. Il nous est difficile d'en dire beaucoup plus sur son fonctionnement dans la mesure où des dysfonctionnements récurrents du logiciel en ont empêché l'utilisation.

## **2.2 LES PRELEVEURS « FAITS MAISON »**

Les trois préleveurs testés se basent sur le même modèle inspiré du préleveur HAM d'AIRPARIF, certains se différenciant cependant par des spécificités décrites ci-dessous.

### **2.2.1 LE PRELEVEUR MIS AU POINT PAR AIRAQ**

Ils se composent de :

- une entrée d'air pour la prise d'échantillon,
- deux tubes disposés en série,
- un régulateur de débit massique (RDM),
- une pompe externe,
- un automate gérant la durée des cycles, le changement de tube, les consignes de débit.

Le prélèvement se fait sur un seul tube, un autre étant placé en série afin de vérifier l'éventuel perçage du premier. Notons qu'il a été discuté en commission de suivi de revoir cette organisation dans la mesure où les volumes de perçage ont été déterminés par le LCSQA [4].



Figure 2 : Photographie du préleveur mis au point par AIRAQ

Le coût de l'appareil s'élève à 5100€ TTC environ montage compris et sous-traité.

Dix jours de travail sont nécessaires à sa mise au point, le développement du logiciel de pilotage constituant l'étape la plus chronophage. Ce travail effectué, les prochains appareils devraient demander un temps de montage plus court. Deux appareils sont actuellement à disposition, en phase de déploiement sur le terrain, après les tests réalisés à l'INERIS

### 2.2.2 LE PRELEVEUR MIS AU POINT PAR AIR LANGUEDOC ROUSSILLON

Le préleveur développé par AIR LR est constitué de :

- une entrée d'air pour la prise d'échantillon,
- six tubes en parallèle,
- un régulateur de débit massique (RDM),
- une pompe interne,
- Un automate gérant la durée des cycles, le changement de tube, les consignes de débit.

Le prélèvement se fait en alternance en basculant d'un tube à l'autre toutes les six minutes. Trois prélèvements successifs sont possibles.



Figure 3 : Photographies du modèle mis au point par AIR LR (à gauche face avant de l'appareil, à droite, face supérieure)

Le coût de l'appareil s'élève à un peu moins de 7 000 €TTC dont environ 5 000 €TTC de fournitures diverses auxquelles s'ajoute un mois de stage et deux semaines de CDD Technicien et un demi mois de CDI Technicien Supérieur d'AIR LR (hors frais de structure et hors coût de conception / réalisation du prototype).

Deux mois environ ont été nécessaires à sa mise au point (prototype).

A ce jour, trois préleveurs sont en cours de finition et seront mis en service dans le courant de l'année 2012. Le prototype est conservé au laboratoire afin de tester d'éventuelles améliorations.

Une évolution a été apporté depuis 2011 et a consisté à utiliser une alimentation 220 V du commerce et confiner toutes les parties 220 V dans une zone isolée.

### **2.2.3 LE PRELEVEUR MIS AU POINT PAR AIR AIR BREIZH**

Il se compose de :

- une entrée d'air pour la prise d'échantillon,
- deux tubes en série parallèle,
- un régulateur de débit massique (RDM),
- une pompe externe,
- un automate gérant la durée des cycles, le changement de tube, les consignes de débit.



*Figure 4 : Photographies du modèle mis au point par AIR Breizh*

Le coût de l'appareil s'élève à 5500 €TTC environ dont 3500 €TTC pour matériel et 2000 euros pour la main d'oeuvre.

Le temps nécessaire à sa mise au point est estimé à 3 mois.

Un appareil a été mis au point et sa mise en fonctionnement est prévue dans le courant de l'année 2012.

## **3. ORGANISATION DE LA CAMPAGNE**

Les prélèvements ont été réalisés sur le site trafic d'AIRPARIF à Auteuil du 23 janvier au 19 mars 2012.

Les préleveurs ont été installés dans la remorque de l'INERIS à proximité immédiate de la station de mesure, elle-même équipée d'un préleveur HAM mis au point par AIRPARIF dont les performances ont été précédemment validées au cours de campagnes en chambre d'exposition [5] et sur le terrain [4].

Le SYPAC et les préleveurs mis au point par AIRAQ et AIR BREIZH ont réalisé huit prélèvements d'une semaine tandis que le préleveur mis au point par AIR LR a réalisé quatre prélèvements de deux semaines.

## 4. RESULTATS

### 4.1 FONCTIONNEMENT GLOBAL DES PRELEVEURS

Si l'on excepte le SYPAC, les préleveurs ont fonctionné correctement tout au long des huit semaines d'essai. Tous basés sur le même principe, ils se caractérisent par une grande facilité d'utilisation.

En ce qui concerne le SYPAC V2, il a présenté de nombreux dysfonctionnements principalement liés au logiciel. Renvoyé au constructeur en fin de campagne, il a fait l'objet de tests afin de les identifier. Le rapport de ces tests est fourni en annexe 2.

La conformité à l'exigence de stabilité du débit de prélèvement selon la norme 14662-1 a été vérifiée pour chaque préleveur chaque semaine ou couple de semaines tel que le montre le tableau ci-dessous.

*Tableau 1 : Dérive du débit en % entre le début et la fin du prélèvement pour chaque semaine et chaque préleveur. En bleu les valeurs supérieures à la valeur de 5% exigée par la norme 14662-1*

Préleveur	Voie	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
		23-30/01	30/01-6/02	6-13/02	13-20/02	20-27/02	27/02-05/03	5-12/03	12-19/03
Air AQ	Préleveur 1	-1,1%	-3,1%	-5,0%	0%	-2,1%	-2,1%	-1,0%	-2.1%
	Préleveur 2	-1,0%	-2,1	-5,1%	2,1%	-3,2%	-2,1%	-3,2%	-3.1%
Air Breizh	V1	-2,2%	1,1%	-3,6 %	0%	-2,2%	-1,1%	-4,3%	-4,3%
	V2	-2,2%	4,6%	-1,0%	0%	-3,2%	-2,2%	-4,2%	-4,3%
AIR LR	V1	-2,1%		-1,1%		-1,1%		-29,6%	
	V2	0 %		-1,1%		-1,0%		-19,4%	

Seul le préleveur d'Air LR présente des valeurs supérieures aux 5 % exigés par la norme. Ce dépassement, observé pour un prélèvement uniquement est particulièrement élevé. Le débit mesuré en fin de prélèvement était très faible, de l'ordre de  $2 \text{ ml min}^{-1}$ . Ce phénomène ponctuel reste inexpliqué à ce jour.

Par ailleurs, de manière générale, les préleveurs respectent les exigences de la norme en matière de dérive de débit.

## 4.2 RESULTATS DE MESURE DU BENZENE

Le tableau ci-dessous présente les concentrations en benzène mesurées sur chaque voie de chaque préleveur ainsi que l'écart relatif entre les tubes d'un même préleveur

Tableau 2 : Concentrations en benzène ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) mesurées sur chaque voie de chaque préleveur sur les semaines 1 à 6 et écart relatif entre les deux tubes et/ou préleveurs

		S1 23-30/01	S2 30/01-6/02	S3 6-13/02	S4 13-20/02	S5 20-27/02	S6 27/02-05/03
Air AQ	Préleveur 1	2,60	2,99	2,36	2,11	2,26	1,99
	Préleveur 2	2,51	2,83	2,41	2,12	2,44	2,35
	Ecart relatif	3,6 %	5,6%	1,8%	0,3%	7,6%	16,4%
Air Breizh	Voie 1	2,34	2,86	2,87	2,40	2,34	2,11
	Voie 2	2,54	2,96	2,38	2,35	2,437	2,15
	Ecart relatif	7,9%	3,3%	18,4%	2,2%	4,1%	2,0%
AIR LR	Voie 1	2,675		2,64		2,18	
	Voie 2	2,659		2,57		2,10	
	Ecart relatif	0,5%		2,9%		3,3%	



L'écart relatif entre les deux tubes (correspondant au rapport entre la différence entre les deux tubes sur la moyenne des deux) permet de valider le prélèvement. A titre d'exemple, AIRPARIF se fixe un écart limite de 15 % entre les deux tubes pour valider la mesure. Les écarts calculés dans le cadre de cette campagne sont de l'ordre de 5 à 7 %, seules deux valeurs autour de 18 % sont à signaler mais restent acceptables compte de tenu de l'incertitude de mesure imposée par la Directive 2008/50/CE de 25 % pour la surveillance du benzène par la méthode de référence.

Aucune des données du SYPAC n'a été prise en compte. Le Tableau 3 présente la moyenne des concentrations en benzène mesurées par les trois préleveurs ainsi que la valeur moyenne mesurée par l'analyseur C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> (l'appareil n'étant pas opérationnel en semaines 1 en raison d'un dysfonctionnement du détecteur FID) aucune donnée n'est disponible pour cette semaine là) et les mesures fournies par ARIPARIF provenant du préleveur HAM installé dans leur station.

Notons qu'en raison d'un dysfonctionnement du système d'analyse, les résultats des deux dernières semaines ne peuvent être exploités et qu'une coupure de courant sur le terrain, dans la station, rend inexploitable les données de la semaine 3.

*Tableau 3 : Concentrations ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en benzène mesurées sur chaque voie de chaque préleveur et par l'analyseur en continu C6-C12*

	S1 23-30/01	S2 30/01-6/02	S1-S2 23/01-6/02	S4 13-20/02	S5 20-27/02	S6 27/02-05/03	S5-S6 20/02-05/03
<b>C6-C12</b>	En panne	2,7		2,0	2,1	1,9	2,0
<b>HAM</b>	2,4	2,9	2,7	2,2	2,5	2,3	2,4
<b>Air AQ</b>	2,6	2,9	2,7	2,1	2,1	2,4	2,2
<b>Air Breizh</b>	2,4	2,9	2,7	2,4	2,4	2,4	2,4
<b>Air LR</b>	-	-	2,7	-	-	-	2,1
<b>Moyenne</b>	2,5	2,9	2,7	2,2	2,3	2,2	2,2
<b>Ecart-type</b>	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Dispersion</b>	3,3%	3,6%	1,1%	7,3%	8,7%	10,1%	7,5%
<b>Incertitude</b>	6,6 %	9,6 %	2,2 %	14,6 %	17,4 %	20,2%	15 %

L'incertitude sur l'ensemble des mesures (correspondant à deux fois l'écart-type sur la moyenne soit deux fois la valeur de dispersion donnée dans le tableau) est comprise, entre 6 et 20 %. Ces valeurs sont donc correctes puisque inférieures à l'incertitude de la mesure imposée par la Directive Européenne [1], de 25 %. Elles sont également de l'ordre de 10 % pour la plupart, incertitude déterminée par le LCSQA pour la mesure du benzène par pompage sur tube rempli de Carbopack X.

### 4.3 RESULTATS DE MESURE DES TEX

Les tableaux suivants présentent les résultats de mesure des toluène, éthylbenzène et m+p xylène par l'ensemble des préleveurs mis en œuvre et par l'analyseur en continu C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>.

Les résultats concernant le o-xylène ne sont pas présentés car les concentrations mesurées par les préleveurs sont inférieures d'un facteur 4 à 10 aux valeurs mesurées par l'analyseur en continu C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>. Un défaut d'étalonnage du chromatographe en phase gazeuse est suspecté d'être à l'origine de ces différences, la bouteille étalon ne contenant pas de o-xylène.

*Tableau 4 : Concentrations ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en toluène mesurées sur chaque voie de chaque préleveur et par l'analyseur en continu C6-C12*

	<b>S1</b> 23-30/01	<b>S2</b> 30/01-6/02	<b>S1-S2</b> 23/01-6/02	<b>S4</b> 13-20/02	<b>S5</b> 20-27/02	<b>S6</b> 27/02-05/03	<b>S5-S6</b> 20/02-05/03
<b>C6-C12</b>	-	7,1		8,39	9,56	9,60	9,58
<b>Air AQ</b>	9,64	7,46	8,55	8,01	9,63	8,81	9,22
<b>Air Breizh</b>	9,57	7,34	8,46	9,556	9,33	8,10	8,72
<b>Air LR</b>			8,29				8,57
<b>Moyenne</b>	9,61	7,30	8,43	8,65	9,50	8,83	9,02
<b>Ecart-type</b>	0,05	0,15	0,13	0,81	0,15	0,75	0,46
<b>Dispersion</b>	0,5 %	2,1 %	1,6 %	9,3 %	1,7 %	8,5 %	5,1 %
<b>Incertitudes</b>	1 %	4,2 %	3,2 %	18,6 %	3,4 %	17 %	10,2 %

Tableau 5 : Concentrations ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en éthylbenzène mesurées sur chaque voie de chaque préleveur et par l'analyseur en continu C6-C12

	S1 23-30/01	S2 30/01-6/02	S1-S2 23/01-6/02	S4 13-20/02	S5 20-27/02	S6 27/02-05/03	S5-S6 20/02-05/03
C6-C12	-	0,8		0,96	1,11	1,10	1,1
Air AQ	1,20	0,88	1,04	0,98	1,15	1,17	1,16
Air Breizh	1,18	0,79	0,98	1,26	1,15	1,15	1,15
Air LR			1.04				1,10
Moyenne	1,9	0,84	1,02	1,12	1,13	1,14	1,13
Ecart-type	0,01	0.06	0,03	0,20	0,02	0,03	0,03
Dispersion	1,2%	7,6 %	3,1 %	17,7 %	2,0 %	3,2 %	2,8 %
Incertitude	2,4 %	15,2 %	6,2 %	35,4 %	4 %	6,4 %	5,6 %

Tableau 6 : Concentrations ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en m+p xylène mesurées sur chaque voie de chaque préleveur et par l'analyseur en continu C6-C12

	S1 23-30/01	S2 30/01-6/02	S1-S2 23/01-6/02	S4 13-20/02	S5 20-27/02	S6 27/02-05/03	S5-S6 20/02-05/03
C6-C12		2,7		3,34	3,8	3,6	3,77
HAM	3.1	2,3	2.3	2.3	2.7	2.7	3.2
Air AQ	4,39	3,10	3,75	3,47	4,16	4,10	4,13
Air Breizh	4,40	2,85	3,63	4,12	4,16	4,11	4,14
Air LR			3,77				4,19
Moyenne	4,40	2,88	3,71	3,64	4,04	3,93	4,05
Ecart-type	0,01	0,20	0,07	0,41	0,21	0,29	0,21
Dispersion	0,2 %	7,0 %	2,1 %	11,5 %	5,1 %	7,4 %	5,2 %
Incertitude	0,4 %	14,0 %	4,4 %	23,0 %	10,2 %	14,8%	10,4 %

Les résultats sont corrects pour le toluène, l'éthylbenzène et les m+p xylènes ces derniers présentant des dispersions plus élevées du fait de leur plus faible volatilité. Les incertitudes sont en effet pour la plupart inférieures à l'incertitude de la mesure imposée par la Directive Européenne [1], de 25 %.

#### 4.4 CONCLUSIONS

Ainsi, les résultats des tests présentés précédemment permettent de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ **La dérive du débit** est constamment inférieure (à une exception près) aux 5% exigés par la norme. La régulation du débit de prélèvement est donc correcte.
- ✓ **L'écart relatif entre deux tubes** est compris entre 5 à 7 %, (seules deux valeurs autour de 18 % sont notées mais restent acceptables). La mesure de benzène est donc validée pour chaque voie de chaque préleveur.

- ✓ **L'incertitude** sur l'ensemble des moyens de mesure (préleveurs + analyseur) est comprise 2 et 20 % pour le benzène et donc inférieure aux 25 % d'incertitude de mesure exigés par la Directive pour le benzène).
- ✓ **L'utilisation préleveurs** : dans l'ensemble, ils sont simples d'utilisation.

Les conclusions de cette campagne de validation sur le terrain sont similaires à celles de la campagne de validation menée en 2011 sur la chambre de simulation au cours de laquelle les valeurs de dispersion, de dérive de débit et d'écart relatif entre deux tubes d'un même préleveur étaient du même ordre de grandeur.

Enfin, en ce qui concerne le préleveur SYPAC commercialisé par TERA Environnement, les dysfonctionnements ont été dus au logiciel qui a été modifié et fonctionne à présent correctement selon les ingénieurs de TERA. Le rapport des travaux menés par TERA environnement est fourni en annexe.

## **5. CONCLUSIONS GENERALES**

Depuis 2010, les travaux de l'INERIS au sein du LCSQA sur le benzène se sont entièrement tournés vers le prélèvement actif par pompage sur tube et ont consisté pour l'année 2011 à :

- ✓ s'impliquer dans les travaux menés par les AASQA afin de mettre au point leur propre préleveur,
- ✓ tester deux préleveurs « faits maison » ainsi que deux préleveurs commerciaux,
- ✓ animer en collaboration avec Atmo Picardie un atelier aux journées techniques 2011 partiellement dédié à la mesure du benzène par pompage sur tube à l'aide de préleveurs.

L'ensemble de ce travail complété par l'essai réalisé en 2012 permet de conclure à la pertinence du développement de préleveurs au sein des AASQA à condition que :

- ✓ ce développement suive les recommandations du guide du LCSQA pour la surveillance du benzène [2] et réponde aux exigences de la norme NF EN 14662-3,
- ✓ les opérations fondamentales de test d'un appareil à réception soient effectuées (tests de fuite, dérive du débit, stabilité du débit, niveaux des blancs) dès lors qu'un appareil est développé,
- ✓ des opérations de maintenance soient réalisées régulièrement (changement des filtres de protection des RDM, des joints, étalonnage des RDM...),
- ✓ le nombre de préleveurs de conception différente n'excède pas trois modèles type,
- ✓ les préleveurs présentant des conceptions nouvelles soient testés par le LCSQA.

**Les essais en atmosphère simulée comme en atmosphère réelle confirment la possibilité de déployer les préleveurs testés pour la surveillance du benzène en air ambiant.**

Le guide du LCSQA pour la surveillance du benzène [2] sera mis à jour avec un cahier des charges pour la mise au point des préleveurs comprenant entre autres l'ensemble des recommandations énoncées ci-dessus.

## 6. REFERENCES

1. Directive européenne 2008/50/CE, *DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe*  
Disponible sur <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:FR:PDF>, 2008.
2. Guide de recommandation, et al., *Guide technique de recommandation concernant la mesure du benzène en air ambiant*. 2009. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2009/emd-ineris/mesure-benzene-guide-technique-recommandations-concernant-mesure-benzene-air>.
3. Chiappini, L., *Note sur les retours de l'enquête portant sur l'organisation d'une journée d'échanges entre utilisateurs et constructeur de préleveurs actifs pour la surveillance du benzène en air ambiant*. 2009.
4. Rapport LCSQA, et al., *Surveillance du benzène 1/3: surveillance du benzène par échantillonnage actif, application de la norme 14662-1*. 2007. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2007/emd-ineris/mesure-benzene>.
5. Rapport LCSQA, L. Chiappini, and S. Fable, *Surveillance du benzène 1/3: surveillance du benzène par échantillonnage actif, application de la norme 14662-1*. 2011. **en cours de rédaction**.
6. NF EN 14662-3, *Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en benzène partie 3: prélèvement par pompage automatique avec analyse en phase gazeuse sur site - Décembre 2005*. 2005.

## 7. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fiche LCSQA 2012	3
Annexe 2	Rapport de test du SYPAC V2	10





# **ANNEXE 1**

---

Fiche 2011



# THEME 4 : METROLOGIE DU BENZENE – HAP - METAUX

## 1. ETUDE N°1 : SURVEILLANCE DU BENZENE

**Responsable de l'étude : EMD**

*En collaboration avec : INERIS*

### Objectif

L'objectif de ces travaux est de poursuivre les actions destinées à améliorer et à vérifier la qualité des techniques de mesure du benzène existantes, à les adapter aux besoins des AASQA, et à examiner leur conformité aux exigences de la directive.

### Contexte et travaux antérieurs

Depuis 2006, des travaux ont porté sur la mise au point et l'évaluation des performances de la méthode d'échantillonnage actif sur des tubes remplis de Carbopack X, en suivant les prescriptions de la norme 14 662-1. Ces travaux, comprenant entre autres des tests en atmosphère simulée et réelle de différents dispositifs d'échantillonnage actifs, ont ainsi été réalisés. Des appareils commerciaux ainsi qu'un appareil mis au point par AIRPARIF avaient alors présenté de bons résultats, conformes aux exigences de la directive 2008/50/CE et de la norme 14662-1.

L'année 2010 avait été marquée par de nombreuses discussions sur les difficultés techniques rencontrées par les AASQA lors de la mise en œuvre des préleveurs sur le terrain et sur la possibilité de développer leurs propres préleveurs à l'instar d'AIRPARIF dont le préleveur HAM est déployé dans les stations depuis 2007.

En 2011, les travaux sur la mesure du benzène se sont poursuivis en conduisant des actions portant principalement sur :

- l'assurance qualité : avec l'organisation d'un exercice d'intercomparaison avec des tubes dopés en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) et pour les 3 adsorbants (Carbopack X, Carbograph 4 et Carbopack B) mais aussi une deuxième partie de l'exercice avec des tubes exposés à des matrices étalon en chambre d'exposition.
- La méthode de référence (échantillonnage actif) au travers de plusieurs actions :
  - Poursuite d'une campagne de terrain de mesure du benzène en partenariat avec le réseau MADININAIR avec utilisation de deux préleveurs identiques (l'un équipé d'une membrane Nafion et pour l'autre sans) en parallèle avec un analyseur automatique
  - L'évaluation des blancs et des tests en chambre d'exposition des préleveurs développés par AIRPARIF et Air Languedoc Roussillon, de la nouvelle version du modèle fabriqué par la société TERA Environnement et du modèle commercialisé par ECOMESURE
  - L'étude de l'influence de la quantité de charbon (Carbopack X) remplissant les tubes sur la qualité des l'analyse des TEX en particulier.

## Travaux proposés pour 2012

### **Méthode de référence (échantillonnage actif) (➤ action EMD et INERIS)**

- Conformément aux exigences de la directive européenne intégrée, les AASQA se sont inscrites depuis 2008 dans un processus visant à s'équiper en préleveurs actifs pour la mesure du benzène. L'INERIS se propose de les accompagner lors de l'équipement et la mise en œuvre de préleveurs actifs en les conseillant pour l'application du guide de recommandations sorti en 2010 : procédure de mesure de débit, d'installation des tubes de prélèvement, précautions analytiques.... Cette action s'est concrétisée en 2010 par une enquête afin de réaliser un bilan sur l'existant mais également de faire le point sur les difficultés techniques rencontrées lors de la mise en œuvre des préleveurs sur le terrain (➤ **action INERIS**). Par ailleurs, pour pallier le coût des préleveurs commerciaux, les AASQA ont décidé de développer elles-mêmes leurs propres préleveurs sous l'impulsion d'AIRPARIF dont le matériel « fait maison » est en fonctionnement dans les stations depuis 2007 et remplit l'ensemble des exigences de la norme lors des tests en atmosphère simulée et réelle de 2007. Il a ainsi été décidé de se limiter au développement de trois types de préleveurs au maximum. Deux ont été testés par l'INERIS en atmosphère simulée (chambre d'exposition) en 2011.

Il est donc prévu pour 2012 de la part de l'INERIS de :

- Tester les préleveurs évalués en chambre en 2011, accompagnés d'autres éventuellement, en atmosphère réelle (site trafic par exemple) suite à une demande des AASQA lors de la commission de suivi du 08 février 2011.
- Un travail de veille sur les techniques émergentes en particulier sur les méthodes de mesure en continu destinées à identifier des sources sera réalisé et des tests en chambre d'exposition proposés le cas échéant.
- Compte tenu de l'ensemble des travaux menés dans le cadre du LCSQA depuis plusieurs années sur la méthode par échantillonnage actif (en chambre d'exposition mais aussi sur sites) et de la démarche de certaines AASQA de développer leurs propres préleveurs, l'EMD se propose de participer à la rédaction d'un cahier des charges techniques (phase de conception et de suivi métrologique lors de l'utilisation sur le terrain) avec l'ensemble des acteurs impliqués. Ce cahier des charges intégrera également les essais indispensables à assurer en cas de modification d'un élément constitutif du préleveur ainsi que la mise en place d'un processus de remontée d'informations techniques au niveau national (problèmes de fonctionnement, changement de caractéristiques techniques de pièces de conception d'appareil...), l'objectif étant d'avoir une conformité pérenne de matériel par rapport aux exigences de la directive 2008/50/CE et de la norme 14662-1 (➤ **action EMD**).
- Par ailleurs, en vue de la révision de la norme 14662-3 concernant la mesure automatique du benzène, une veille technologique sera réalisée. Elle concernera plus particulièrement les appareils approuvés par type et les appareils pour lesquels la demande d'approbation est en cours (➤ **action EMD**).

### **Méthode indicative (échantillonnage passif) (➤ action EMD)**

En 2008, une campagne d'intercomparaison, réalisée à la station de L'Hôpital-Mairie de l'association Air Lorraine et impliquant les trois techniques de mesure du benzène (prélèvement actif sur tube de Carbopack X, échantillonneurs passifs Perkin Elmer et Radiello et analyseurs automatiques BTEX Chromatotec/FID) a montré des résultats contrastés pour le tube Radiello avec des mesures estivales en assez bon accord avec les valeurs des analyseurs automatiques et à l'inverse des mesures hivernales qui présentent une forte sous-estimation.

L'origine de cette sous-estimation a été identifiée comme étant des dépôts d'eau (gel, rosée) sur l'échantillonneur passif liés à des conditions météorologiques particulières (faibles températures < 10°C combinées à des humidités élevées > 80%). En 2010 l'EMD a réalisé une série d'expositions de tubes Radiello sous ces conditions défavorables en chambre d'exposition et a établi des conditions analytiques (mise en œuvre d'un « inlet split » permettant de limiter la quantité d'échantillon envoyée vers le détecteur) mieux adaptées à l'analyse de ces échantillons

L'EMD propose donc au cours de l'année 2012 de réaliser une campagne de mesure sur le terrain dans des conditions environnementales défavorables (conditions hivernales si possible sur un site de proximité trafic) avec comparaison des teneurs évaluées entre la méthode de référence (analyseur automatique) et l'échantillonnage passif (échantillonneurs passifs Perkin Elmer et Radiello) afin de s'assurer à partir de mesures en atmosphère réelle de l'amélioration de l'accord entre les valeurs des analyseurs automatiques et celles de l'échantillonnage passif basée sur l'analyse des tubes via la méthode analytique développée en 2010.

### **Mesure des COV précurseurs de l'ozone (➤ action EMD)**

Préparation de pièges de préconcentration pour les analyseurs de COV Perkin Elmer pour analyses tubes BTEX et analyses on line (pour 2011 28 tubes pour 3 AASQA)

### **Renseignements synthétiques**

Titre de l'étude	<b>Surveillance du benzène</b>
Personne responsable de l'étude	Nadine LOCOGE/Thierry LEONARDIS (EMD), Laura CHIAPPINI (INERIS)
Travaux	pérennes
Durée des travaux pluriannuels	-
Collaboration AASQA	- Air Lorraine/Airparif/...
Heures d'ingénieur	LNE : INERIS : 300 EMD : 300
Heures de technicien	LNE : INERIS : 350 EMD : 150
Document de sortie attendu	Rapports d'étude + guide de recommandations finalisé pour la mesure du benzène
Lien avec le tableau de suivi CPT	Demande AASQA 2011
Lien avec un groupe de travail LCSQA	CS HAP/Métaux/Benzène
Matériel acquis pour l'étude	EMD : néant INERIS : bouteilles de gaz + tubes





## **ANNEXE 2**

---

Rapport d'expertise du SYPAC V2



**RAPPORT D'EXPERTISE**

**« Expertise du SyPACV2 utilisé pour les tests d'inter-comparaison de l'INERIS »**

Version 1

**N° d'affaire TERA : 10-CS-2231**

**CLIENT**

Nom : **ATMO Champagne Ardenne**  
 Adresse : **2 rue Leon PATOUX**  
**51664 REIMS**  
 Commande Client N° : **BC0109101928**

**PRODUIT**

Modèle : **SyPACV2**  
 Numéro de série : **SY-10-CS-2231-01**  
 Date de réception : **13/04/2012**

**VALIDATION**

<b>Réalisation de l'expertise :</b>	<i>date</i> : du 17/04/2012 au 17/04/2012	<i>Nom</i> : <b>A. TALEGHANI</b> <i>Fonction</i> : <b>Responsable Ingénierie</b>	<i>Visa sur version papier</i> :
<b>Vérification :</b>	<i>date</i> : 18/04/2012	<i>Nom</i> : <b>A. TALEGHANI</b> <i>Fonction</i> : <b>Responsable Ingénierie</b>	<i>Visa sur version papier</i> :
<b>Approbation :</b>	<i>date</i> : 18/04/2012	<i>Nom</i> : <b>C. GALVEZ</b> <i>Fonction</i> : <b>Directeur Technique</b>	<i>Visa sur version papier</i> :

*Les pages ou les résultats de ce rapport ne peuvent être reproduits intégralement ou partiellement, par quelque procédé que ce soit sans l'autorisation écrite de TERA Environnement.*

**N° d'affaire TERA : 10-CS-2231**

**Commande Client N° : BC0109101928**



TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1</b> Objet et domaine d’application .....	3
<b>1.2</b> Document de référence et documents applicables .....	3
<b>1.3</b> Confidentialité .....	3
<b>2.  CONSTAT DES DEFAILLANCES</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b> A la mise sous tension .....	4
<b>2.2</b> Lors de la navigation dans les menus de l’interface web .....	4
<b>3.  INTERVENTION MATERIELLE</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1</b> Sauvegarde des données contenues dans la carte SD .....	5
<b>3.2</b> Changement de l’écran LCD .....	5
<b>3.3</b> Changement de la carte micro-processeur .....	5
<b>3.4</b> Changement de la carte SD .....	5
<b>3.5</b> Suppression de la résistance de pull-up du bus RS485 .....	5
<b>4.  INTERVENTION LOGICIELLE</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1</b> Vérification des erreurs potentielles renvoyées par le logiciel .....	6
<b>4.2</b> Vérification des informations écrites en base de données .....	6
<b>5.  CONCLUSION DE L’EXPERTISE</b> .....	<b>8</b>
<b>5.1</b> L’écran LCD .....	8
<b>5.2</b> La communication entre micro-processeur et RDM .....	8
<b>5.3</b> La base de données .....	8
<b>5.4</b> Synthèse du problème rencontré .....	9
<b>5.5</b> Statut de l’équipement .....	10

---

## INTRODUCTION

### 1.1 Objet et domaine d'application

Ce document présente les résultats de l'expertise effectuée sur le SyPACV2 restitué par l'INERIS.

### 1.2 Document de référence et documents applicables

- Commande : **BC0109101928**
- Manuel utilisateur SyPACV2 V1.0

### 1.3 Confidentialité

Ce document est la propriété d'ATMO CHAMPAGNE ARDENNE. Il ne peut être ni communiqué à un tiers, ni reproduit, ni divulgué sans son autorisation.

---

## 2. CONSTAT DES DEFAILLANCES

### 2.1 A la mise sous tension

Après l'installation du SyPACV2 selon les consignes du manuel utilisateur V1.0, nous avons procédé à la mise sous tension du SyPACV2 et ouvert l'interface de programmation du SyPACV2 en utilisant *Internet Explorer 8* installé sur le *EeePC* fourni.

Constat :

- La pompe se met en route environ 45 secondes après la mise sous tension.
- Les électrovannes émettent le bruit caractéristique de leur changement d'état.
- Le débit mesuré en voie A1 est conforme, à l'erreur près, à celui renvoyé par l'interface de programmation.
- L'écran LCD ne s'allume pas : aucun caractère ni rétro-éclairage.

### 2.2 Lors de la navigation dans les menus de l'interface web

Toujours en utilisant l'*EeePC* fourni ainsi qu'*Internet Explorer8*, nous avons cliqué sur chaque onglet du menu horizontal supérieur.

Constat :

- De manière générale, la navigation est lente.
- Il est impossible d'accéder à la page des rapports (menu « Rapport »).
- La page « Suivi » s'affiche en deux temps. La structure de la page est rapidement affichée alors que les données ne s'affichent que tardivement.
- On peut accéder aux autres onglets du menu.

### 3. INTERVENTION MATERIELLE

#### 3.1 Sauvegarde des données contenues dans la carte SD

Avant toute opération, une sauvegarde de l'ensemble des données contenues dans la carte SD a été effectuée. Un nouveau dossier a été créé sur le Bureau du *EeePC* et le contenu de la carte SD copié dans le nouveau répertoire « Expertise 20120417 ».

#### 3.2 Changement de l'écran LCD

Après un changement standard de l'écran LCD, nous constatons la disparition de la panne.

- ⇒ Le circuit de pilotage de l'écran LCD est fonctionnel.
- ⇒ L'écran LCD initial est hors service.

#### 3.3 Changement de la carte micro-processeur

Après un changement standard, nous ne constatons aucune amélioration.

- ⇒ La carte micro-processeur est discriminée

#### 3.4 Changement de la carte SD

La carte SD a été changée par une carte SD de même capacité (2Go) mais de nouvelle génération, permettant une lecture/écriture des données à plus grande vitesse (15Mbits/s). Les données de la carte SD initiale ont été dupliquées sur la nouvelle carte. Nous n'avons constaté aucune amélioration

- ⇒ La carte SD initiale est fonctionnelle

#### 3.5 Suppression de la résistance de pull-up du bus RS485

Après l'intervention logicielle (cf. p6 §4.1), nous avons remarqué une erreur importante lors de la communication entre le micro-processeur et les régulateurs de débit massique (RDM).

Pour corriger ce problème, nous avons dessoudé la résistance dite de « pull-up » du bus RS485.

- ⇒ Cette intervention a résolu la problématique de communication

## 4. INTERVENTION LOGICIELLE

Avec des outils logiciels tels que « Putty », « Filezilla » ou « Sqlitebrowser », nous pouvons expertiser la partie logicielle du SyPACV2 et nous assurer de son fonctionnement.

### 4.1 Vérification des erreurs potentielles renvoyées par le logiciel

A l'aide du logiciel « Putty », nous avons pris la main sur le système d'exploitation Linux embarqué sur la carte micro-processeur et avons procédé aux vérifications logicielles. Le logiciel embarqué renvoie, sur la sortie standard du système d'exploitation, des messages d'erreur. Lorsque ceux-ci se manifestent, nous pouvons apporter les modifications adéquates et vérifier la résolution du problème.

Les erreurs renvoyées par le logiciel lorsque celui est en cours de prélèvement :

- Erreur de communication avec les RDM : provient d'une erreur lors de la transmission des trames entre le micro-processeur et les RDM. On en conclut une défaillance matérielle sur le bus de données (cf. p.5 §3.5)
- Erreur d'insertion de données en base de données : provient d'une occupation importante de la base de données. On en conclut qu'il existe un ralentissement d'écriture/lecture de la base de données.

### 4.2 Vérification des informations écrites en base de données

A l'aide de l'outil logiciel SqliteBrowser, nous avons visualisé les informations écrites en base de données. L'ensemble des données mesurées, les modes et consignes de prélèvement, les informations utilisateurs, etc. sont consignés dans des tables structurées.

- La table des prélèvements (paramètres globaux du prélèvement) : aucune incohérence particulière à signaler.
- Table des modes : nous avons constaté la présence d'une erreur (cas normalement non permis par le logiciel web). Il existe un doublon des informations concernant les voies à activer, le débit, le temps de purge et l'activation du test de fuite.



- Table des consignes : l'erreur dans la table des modes impacte la table des consignes. On constate un doublon dans les consignes pour le prélèvement numéro 13.
- Table des logs : cette table contient les états du prélèvement. On constate que pour le prélèvement n°10, il existe plus de 30000 lignes et pour le prélèvement n°13 plus de 20000 lignes. Normalement, le logiciel inscrit une dizaine de lignes par prélèvement. Cette défaillance montre que le logiciel embarqué de gestion des prélèvements s'arrête (à cause d'une erreur) et redémarre. Ce processus s'est produit autant de fois que de lignes inscrites.
- Table des données : Aucune incohérence

Pour incriminer une erreur potentielle dans la base de données, nous la remplaçons par une base de données par défaut et tentons de faire un prélèvement dans les mêmes conditions que le prélèvement n°10.

- ⇒ On constate que la navigation est redevenue normale, donc fluide.
- ⇒ On constate que l'erreur de communication sur le bus RS485 ne nous permet pas d'effectuer un prélèvement

---

## 5. CONCLUSION DE L'EXPERTISE

Nous avons décelé plusieurs problèmes ne permettant pas l'utilisation du matériel SyPACV2.

### 5.1 L'écran LCD

Ce composant est à changer. Le reste des fonctionnalités autour du LCD, tels que les boutons poussoirs, les parties électroniques et informatiques de gestion du LCD, est opérationnel.

### 5.2 La communication entre micro-processeur et RDM

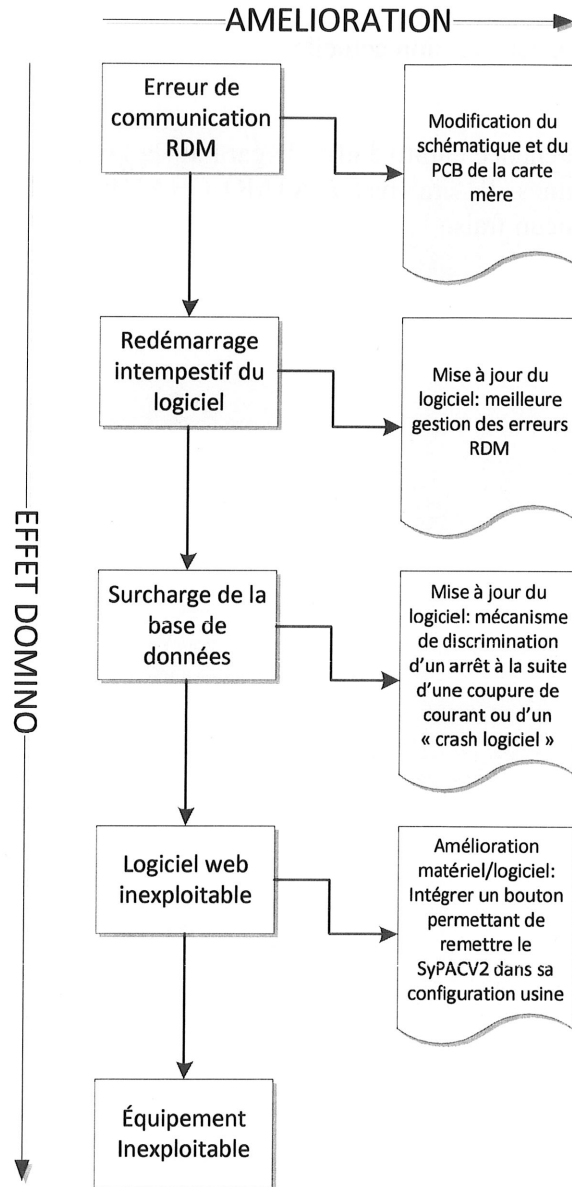
La résistance de pull-up impacte les niveaux de tension et les temps de montée des signaux du bus de données. Avec la résistance initialement soudée, les erreurs ne sont pas systématiques, cela signifie que le système est en limite de fonctionnement. Des changements environnementaux (T° et H%) peuvent modifier légèrement la valeur de la résistance et rendre la transmission hors gabarit. De plus les trames étant différentes les unes des autres (en fonction de la donnée utile à transmettre), le caractère non-systématique se voit renforcé.

Après la modification matérielle (cf p5 §3.5), nous ne constatons aucune erreur sur le bus de données.

### 5.3 La base de données

La surcharge d'informations engendrée par les redémarrages intempestifs, plus de 50000 lignes, ont induit des ralentissements très importants de l'interface web de gestion des prélèvements. Cette surcharge explique également l'erreur « Timeout 30seconds » dans la page Rapport. En effet, l'interface web doit lire, donc stocker en mémoire vive, plus de 50000 lignes de données. Le logiciel n'étant pas prévu pour ce type fonctionnement, il ne peut supporter une telle surcharge. Après une suppression de ces 50000 lignes, nous constatons un fonctionnement normal.

**5.4 Synthèse du problème rencontré**



N° d'affaire TERA : 10-CS-2231

Commande Client N° : BC0109101928

Siège Social : TERA Environnement – 628,rue Charles de Gaulle 38920 CROLLES –  
Téléphone : 04.76.92.10.11 – Fax : 04.76.90.85.24

---

### 5.5 Statut de l'équipement

L'équipement composé :

- du SyPACV2
- des logiciels dans leur version actuelle
- du *EeePC*

fera l'objet d'une maintenance curative afin de garantir la faisabilité des prélèvements et cela dans un délai de trois semaines. Il sera livré à ATMO CHAMPAGNE ADRENNE dans un délai de quatre semaines sans aucun frais.