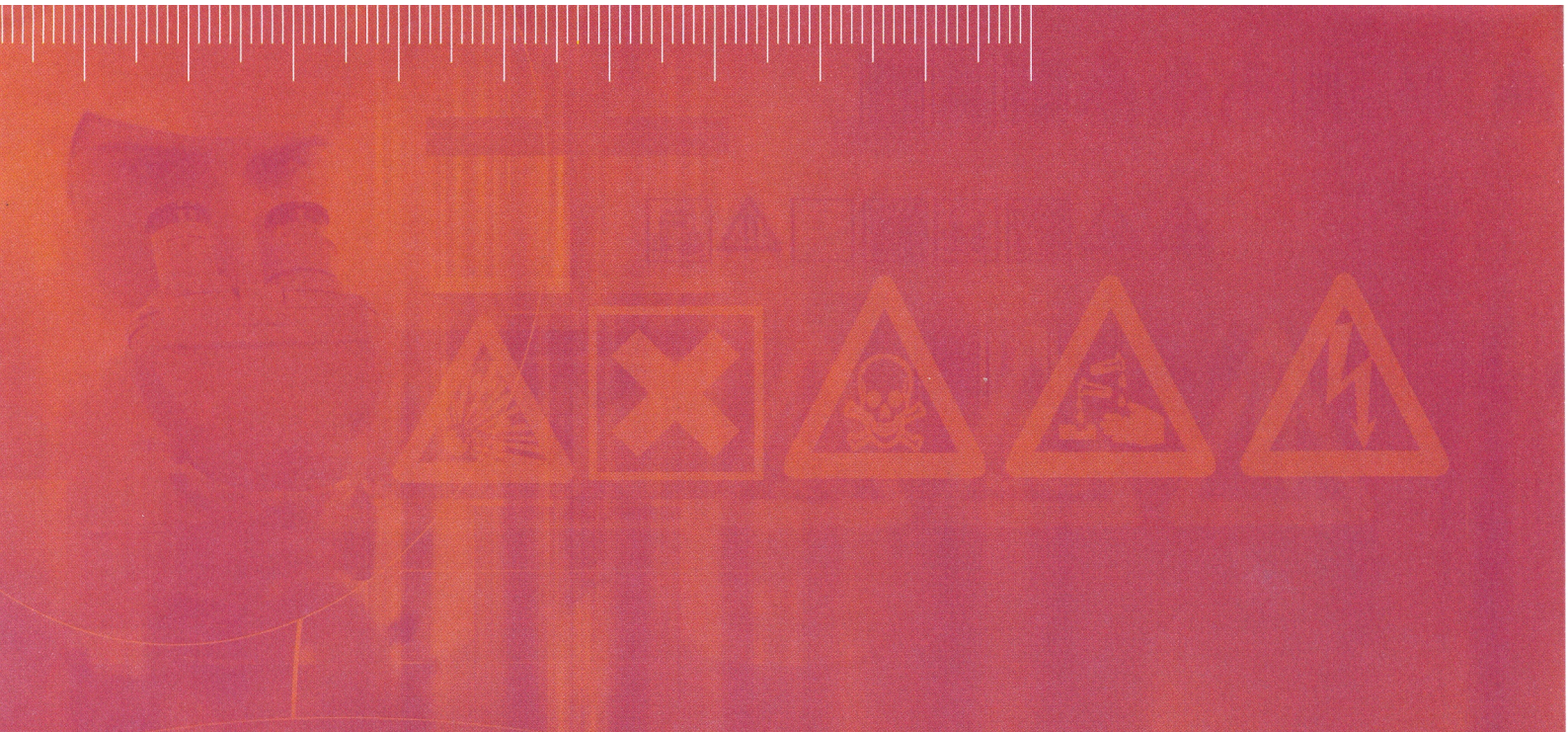




RAPPORT DE SYNTHÈSE

03/11/2011

DRA-11-117743-08538A

EAT DRA 73 – Evaluation des performances des
Barrières Techniques de Sécurité

**Opération B : Evaluation des performances de
détecteurs portatifs à photo-ionisation**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

EAT DRA 73 – Evaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité

Opération B : Evaluation des performances de détecteurs portatifs à photo-ionisation (PID)

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Nicolas Lépine, Sabine Kasprzycki, Sébastien Bouchet, Célia Sanchez

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

Ce document a été revu par les membres actifs de la Commission « Analyse Industrielle et Détection de Sécurité » de l'EXERA (INRS, LUBRIZOL, TOTAL)

	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	S. MAUGER	A. ADJADJ	G. CHANTELAUVE	B. PIQUETTE
Qualité	Responsable d'unité Direction des Risques Accidentels	Responsable de programme Direction des Risques Accidentels	Délégué Appui Administration Direction des Risques Accidentels	Directeur Adjoint Chef de pôle Direction des Risques Accidentels
Visa				

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE ET OBJECTIF	7
2. CONCEPTION ET VALIDATION D'UN BANC DE GENERATION DE VAPEURS.....	9
3. ESSAIS DE PERFORMANCE EN LABORATOIRE.....	13
3.1 Appareils soumis aux essais	13
3.2 Substances testées	13
3.3 Conditions d'essais	14
3.4 Résultats des essais de performance	15
3.4.1 Courbes et facteurs de réponse	15
3.4.2 Temps de réponse.....	15
3.4.3 Dérive	18
3.4.4 Capacité de détection à faible concentration	18
3.4.5 Test de détection	19
3.4.6 Effets des conditions environnementales	19
3.4.6.1 Température et humidité	19
3.4.6.2 Pression	22
3.4.6.3 Forte exposition.....	22
3.4.7 Maintenance	23
3.4.8 Temps de charge et autonomie des batteries.....	24
4. ESSAIS DE PERFORMANCE SUR SITE	25
4.1.1 Phase de préparation initiale	25
4.1.2 Mesures comparatives sur site	25
4.1.2.1 Mesures d'émissions diffuses de COV	25
4.1.2.2 Mesures d'émissions canalisées de COV	26
5. BILAN DE L'EVALUATION.....	29
6. LISTE DES ANNEXES	31

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Synoptique du banc génération de vapeurs	9
Figure 2 : Enceinte d'essais instrumentée de 30 litres en acier inoxydable et système d'humidification de l'air	10
Figure 3 : Validation du banc d'essais (analyseurs INERIS/INRS).....	10
Figure 4 : Temps de réponse et de récupération des détecteurs	17
Figure 5 : Influence de la température et de l'humidité – Isobutylène (100 ppm) .	20
Figure 6 : Influence de la température et de l'humidité – Butanone (230 ppm)	21
Figure 7 : Influence de la pression	22
Figure 8 : Ligne d'échantillonnage.....	27
Figure 9 : Résultats des mesures simultanées en sortie du laveur à eau	27
Tableau 1 : Caractéristiques des substances testées (source : INRS).....	14
Tableau 2 : Facteurs de réponse des détecteurs	15
Tableau 3 : Effet de l'exposition à une atmosphère polluée des détecteurs.....	18
Tableau 4 : Capacité de détection.....	18
Tableau 5 : Réponse des détecteurs à des gaz supposés non détectables.....	19
Tableau 6 : Consignes d'essai en température et humidité.....	19
Tableau 7 : Temps de retour à zéro après forte exposition	22
Tableau 8 : Effet d'une opération de maintenance sur la réponse des détecteurs	23
Tableau 9 : Opérations de maintenance réalisées sur les détecteurs	23
Tableau 10 : Temps de charge et autonomie des détecteurs	24
Tableau 11 : Vérification initiale des détecteurs	25
Tableau 12 : Relevés de mesure dans un local analyseur	26
Tableau 13 : Vérification de la réponse des détecteurs après les mesures d'émissions diffuses	26
Tableau 14 : Vérification de la réponse des détecteurs après les mesures d'émissions canalisées.....	28
Tableau 15 : Nombre de calibrages réalisés en laboratoire sur 3 mois.....	30

1. CONTEXTE ET OBJECTIF

La campagne d'évaluation des détecteurs à photo-ionisation (PID) s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) - programme DRA73 « *Evaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité* » - et par l'EXERA (Association d'exploitants d'équipements de mesure, de régulation et d'automatismes).

Les détecteurs à photo-ionisation sont principalement utilisés à des fins d'hygiène et de sécurité dans les lieux de travail mais ils peuvent aussi être utilisés à des fins de réduction des émissions industrielles des Composés Organiques Volatils (COV) au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Comme énoncé par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)¹, les principales applications des détecteurs PID portatifs sont les suivantes :

- Protection du personnel, notamment lorsqu'un capteur PID est embarqué dans un appareil de détection multi-gaz
- Recherche de fuites sur installation et détection de niveau de pollution
- Aide à l'établissement d'une stratégie de prélèvement
- Aide à la validation d'un équipement de protection collective

Une campagne d'essais a été menée en 2010 et 2011 selon un protocole établi, en 2009, au sein d'une commission technique de l'EXERA composée des entreprises suivantes : INRS, INERIS, AREVA, LUBRIZOL, TOTAL, VEOLIA. Ce protocole s'est inspiré d'une évaluation déjà réalisée par l'INRS².

L'objectif de cette campagne était de comparer les performances métrologiques de détecteurs PID dans des conditions de laboratoire et de terrain. Cinq appareils de marque différente ont donc été testés sur un banc d'essais spécialement conçu à cet effet ainsi que sur un site chimique industriel.

¹ Aide-mémoire technique ED 6053 « Les détecteurs portables à photo-ionisation pour la sécurité et l'hygiène des lieux de travail »

² Article INRS ND 2293 – 212 – 08 « Evaluation des détecteurs à photo-ionisation embarqués dans les détecteurs de gaz portables multigaz », 2008

2. CONCEPTION ET VALIDATION D'UN BANC DE GENERATION DE VAPEURS

La campagne d'évaluation des détecteurs PID en laboratoire a nécessité la réalisation d'un banc d'essais permettant la génération d'atmosphères polluées en vapeurs organiques dans des conditions maîtrisées de concentration, de température et d'humidité.

La génération de vapeurs a été réalisée à partir d'une méthode volumétrique dynamique par injection liquide (cf. figure 1). Le principe repose sur :

- l'injection, via une micro-seringue, d'un débit connu et répétable d'un solvant dans un flux d'air sec et,
- une dilution et une humidification du mélange.

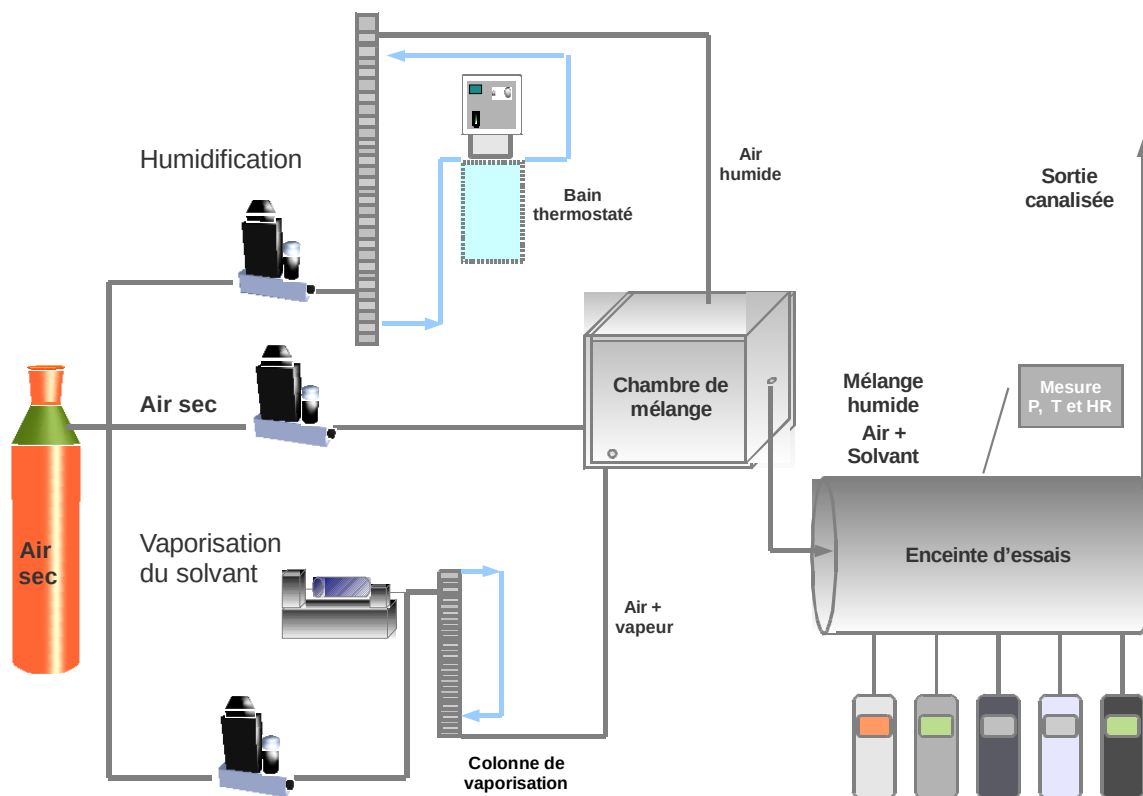


Figure 1 : Synoptique du banc génération de vapeurs



Figure 2 : Enceinte d'essais instrumentée de 30 litres en acier inoxydable et système d'humidification de l'air

Le laboratoire IP/ATER de l'INRS a apporté son soutien technique à l'INERIS pour la conception et la validation du banc de génération de vapeurs.

Il est notamment intervenu lors de la phase de validation en participant aux mesures de caractérisation de la justesse, de l'homogénéité et de la stabilité du mélange généré. Les mesures des concentrations ont été réalisées au moyen d'un analyseur à chromatographie phase gazeuse transportable (INRS) et d'un analyseur Infra-Rouge à Transformée de Fourier (INERIS).

Les mesures se sont déroulées du 23 au 25 février 2011.

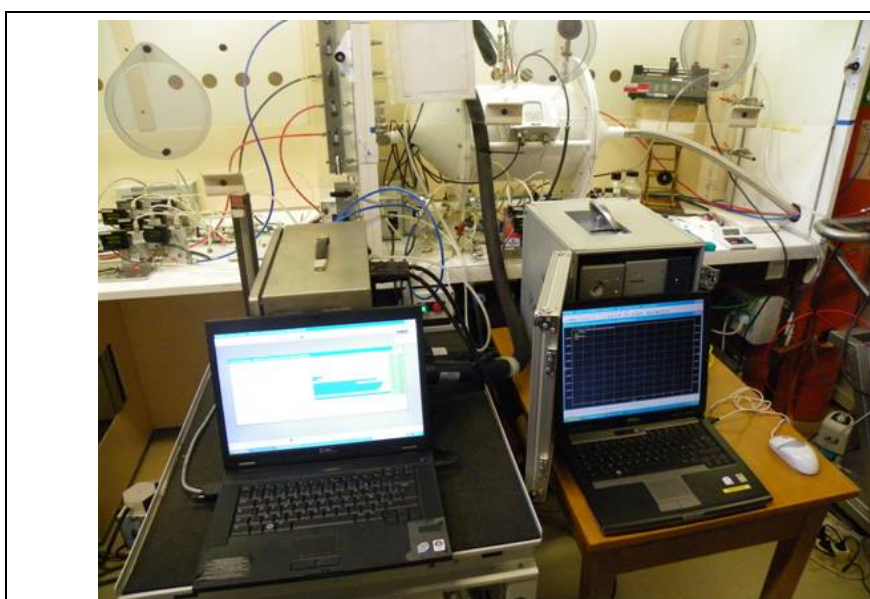


Figure 3 : Validation du banc d'essais (analyseurs INERIS/INRS)

Les résultats des mesures ont montré une stabilité de la génération, avec des écarts de concentration inférieurs à 4 % de la concentration générée sur toute la durée d'un essai et pour l'ensemble des composés testés (cf. § 3.2). Des écarts de réalisation plus importants (jusqu'à 20 %) entre la concentration recherchée et la concentration réalisée ont été constatés avec certaines substances. Aussi, un analyseur indépendant des détecteurs soumis aux essais a-t-il été utilisé pour suivre en continu la concentration dans l'enceinte d'essais. La concentration ainsi mesurée a servi de référence.

3. ESSAIS DE PERFORMANCE EN LABORATOIRE

3.1 APPAREILS SOUMIS AUX ESSAIS

Les appareils soumis aux essais sont de la famille des détecteurs à ionisation (PID). Leur principe de fonctionnement repose sur l'ionisation des gaz sous l'effet d'un rayonnement émis par une lampe UV à une longueur d'onde précise.

Ces appareils sont équipés d'un système d'aspiration. Certains détecteurs PID sont intégrés à des appareils multi-gaz embarquant également des cellules catalytiques (explosimétrie) ou encore électrochimiques (ex : toximétrie, oxygène). Les appareils livrés sont tous équipés d'une lampe standard de 10,6 eV. Cette lampe permet d'ioniser tous les composés dont l'énergie d'ionisation est inférieure à 10,6 eV et présentent les plages de mesure suivantes :

- 0-15000 ppm (1 appareil)
- 0-10000 ppm (2 appareils)
- 0-2000 ppm (1 appareil)
- 0-1000 ppm (1 appareil)

Ils sont tous prévus pour une utilisation en atmosphère explosive.

Les 5 appareils testés ont été nommés M1, M2, M3, M4 et M5 dans la suite du présent rapport.

Les détecteurs M1 et M5 sont des détecteurs multi-gaz tandis que les détecteurs M2, M3 et M4 sont des détecteurs PID dédiés.

3.2 SUBSTANCES TESTEES

La liste des substances a été établie par les membres de la Commission Analyseurs Industriels et Détection de Sécurité de l'EXERA après analyse de leur représentativité dans le milieu industriel et après prise en compte des demandes spécifiques du MEDDTL.

Dénomination	Numéros CAS	Tension de vapeur	VME ³ ppm / mg.m ⁻³	VLE ⁴ ppm / mg.m ⁻³	LIE / LSE ⁵ (% v/v)	Facteur de réponse ⁶ usuel (PID avec lampe 10,6 eV)
Acétate d'éthyle	141-78-6	5,6 kPa à 10 °C 15,5 kPa à 30 °C 37,3 kPa à 50 °C	400 / 1400		2,0 / 11,5	4,6
Butanone	78-93-3	13,3 kPa à 25 °C 26,7 kPa à 41,6 °C	200 / 600	300 / 900	1,8 / 11,5	0,9
Isopropanol	67-63-0	4,4 kPa à 20 °C 14,1 kPa à 40 °C		400 / 980	2,0 / 12,0	6,0
Toluène	108-88-3	3,0 kPa à 20 °C 3,8 kPa à 25 °C	50 / 192	100 / 384	1,2 / 7,1	0,5
Tetra-chloroéthylène	127-18-4	1,9 kPa à 20 °C 5,466 kPa à 40 °C	50 / 335			0,6

Tableau 1 : Caractéristiques des substances testées (source : INRS)

Le chlorure de vinyle, le benzène, le méthanol et l'acrylonitrile ont également été utilisés pour la réalisation d'essais particuliers en vertu de leurs propriétés physico-chimiques. Le chlorure de vinyle et le benzène sont détectables par une lampe UV 10,6 eV mais présentent une VME très basse (1 ppm) tandis que le méthanol et l'acrylonitrile ne sont pas censés être détectés au regard de leur potentiel d'ionisation, respectivement 10,85 et 10,91 eV, supérieur à l'énergie d'ionisation de la lampe.

3.3 CONDITIONS D'ESSAIS

Les conditions ambiantes du laboratoire (température, hygrométrie et pression) ont été enregistrées pendant toute la durée de la campagne. Les essais ont été réalisés à une température de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ et à une humidité relative de $50 \pm 10\%$ HR.

Le gaz de référence de calibrage des détecteurs PID était l'isobutylène (C_4H_8) à une concentration de $100 \text{ ppm} \pm 2\%$.

Les vapeurs d'essais ont été générées à partir d'une solution liquide de qualité analyse (pureté > 99,5 %). La concentration du mélange dans l'enceinte d'essais a été suivie tout au long de la campagne au moyen d'un analyseur à ionisation de flamme (FID).

³ **VLE** : Valeur limite d'exposition sur une durée maximum de 15 minutes

⁴ **VME** : Valeur moyenne d'exposition sur une durée maximum de 8 heures

⁵ **LIE** (Limite inférieure d'explosivité) : Concentration minimale d'un gaz ou d'une poussière combustible dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation spécifiée

LSE (Limite supérieure d'explosivité) : Concentration maximale d'un gaz dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation spécifiée

⁶ **Facteur de réponse** : Rapport de la concentration du polluant recherché sur celle affichée par l'appareil en équivalent isobutylène

Pour chaque jour d'essais, les détecteurs PID ont été mis en œuvre comme suit :

1. Mise en route (batterie chargée au maximum)
2. Maintien d'un temps de chauffe de 10 minutes en air propre
3. Vérification du « zéro » (air synthétique humidifié à $50 \pm 10\%$ HR) et ajustage électronique le cas échéant
4. Vérification avec le gaz de référence et ajustage électronique le cas échéant
5. Déroulement de l'essai
6. Attente du retour à zéro et maintien du fonctionnement en air propre pendant 10 minutes
7. Nouvelle vérification avec le gaz de référence

3.4 RESULTATS DES ESSAIS DE PERFORMANCE

3.4.1 COURBES ET FACTEURS DE REPONSE

Pour chacun des solvants étudiés et le gaz de référence, 3 mesures successives ont été réalisées aux concentrations cibles de 10, 100 et 500 ppm. Les courbes de réponse ont été établies à partir des concentrations moyennes mesurées. Les facteurs de réponse ont été déterminés à partir des coefficients directeurs des droites de régression linéaire (cf. annexe A).

Le tableau ci-après rapporte les facteurs de réponse mesurés (FR_m) et les compare aux facteurs de réponse spécifiés par le constructeur (FR_c).

Substance	Fabricant 1		Fabricant 2		Fabricant 3		Fabricant 4		Fabricant 5	
	FR_c	FR_m	FR_c	FR_m	FR_c	FR_m	FR_c	FR_m	FR_c	FR_m
Acétate d'éthyle	-	3,14	4,6	4,12	3,63	2,75	3,8	3,09	4,1	3,38
Butanone	0,9	0,76	0,9	0,72	0,76	0,69	0,8	0,79	0,97	0,84
Isopropanol	-	4,94	6	6,88	4,35	4,8	4,4	5,45	5,93	6,05
Toluène	0,5	0,61	0,5	0,68	0,51	0,64	0,5	0,62	0,53	0,71
Tetra-chloroéthylène	-	0,86	0,57	0,93	0,69	0,9	0,7	0,78	0,6	1,02

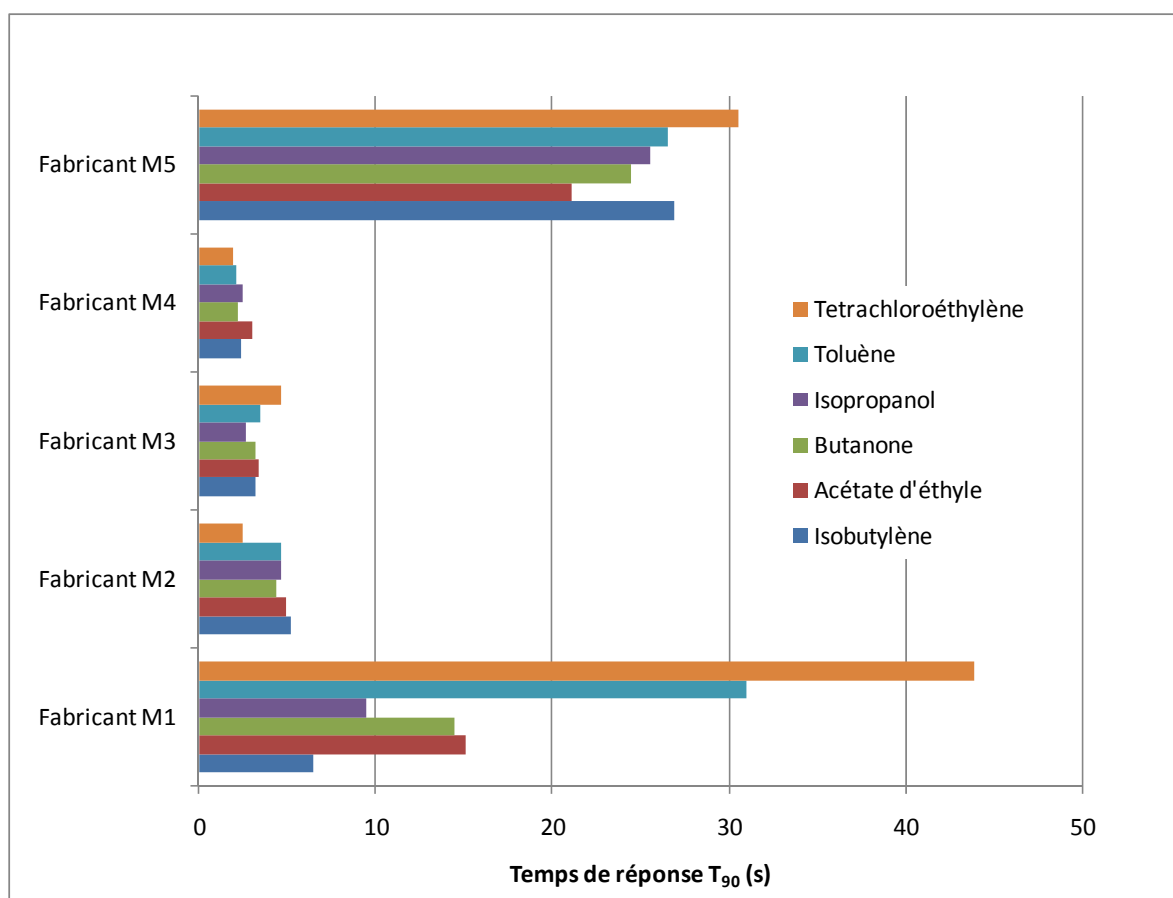
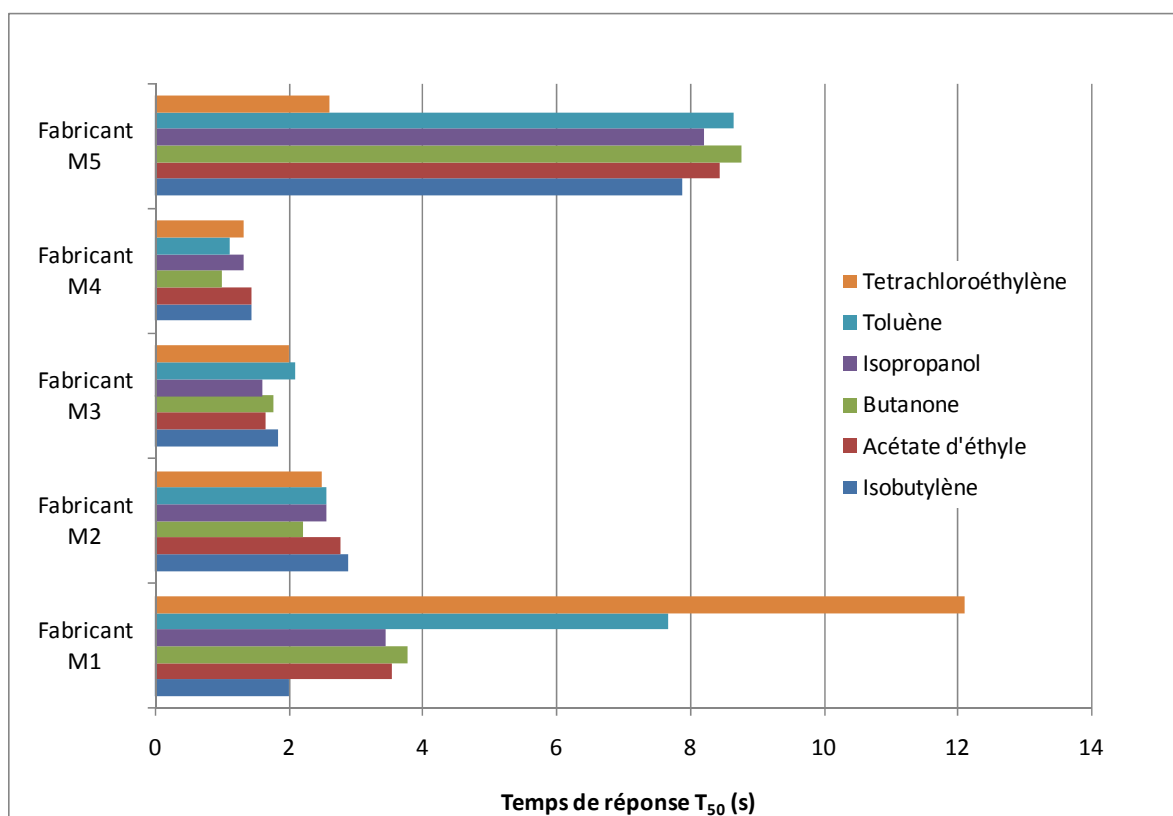
Tableau 2 : Facteurs de réponse des détecteurs

Note : les méthodes de détermination des facteurs de réponse utilisées par les fabricants ne sont pas connues.

3.4.2 TEMPS DE REPONSE

Les temps de réponse⁷ à la montée t_{50} et t_{90} ainsi que les temps de récupération (temps de réponse à la descente) t_{50} et t_{10} ont été déterminés. Les figures ci-après rapportent les résultats obtenus à partir de la moyenne des temps mesurés pour l'ensemble des concentrations testées, à raison de 3 mesures par concentration.

⁷ Temps de réponse t_x : intervalle de temps entre le moment où une variation instantanée du rapport volumique se produit à l'entrée du détecteur et le moment où la réponse atteint x % de l'indication finale



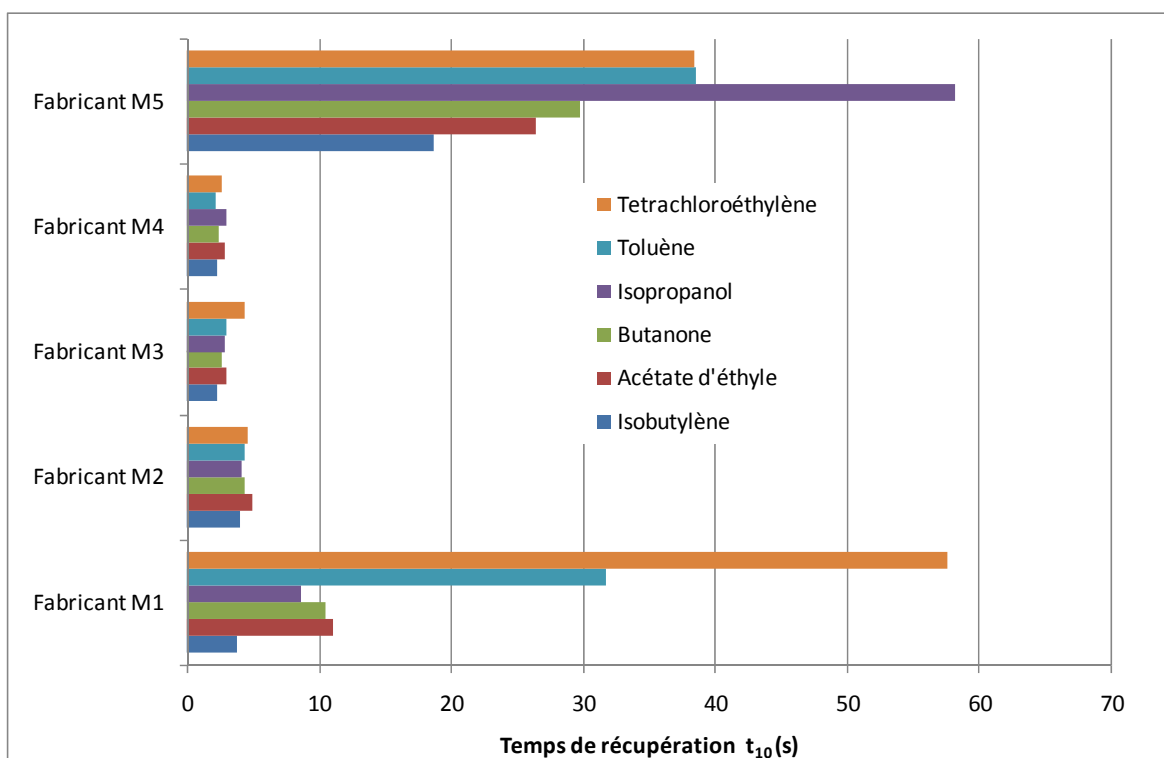
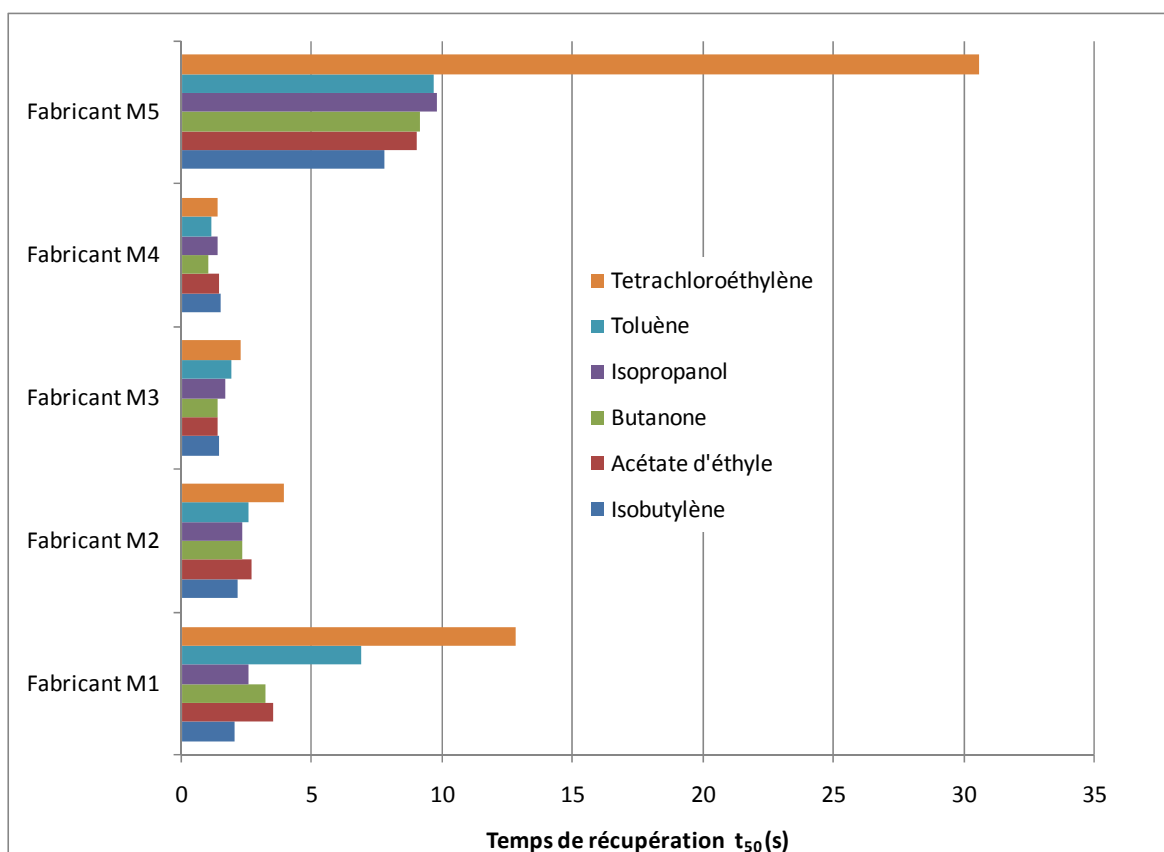


Figure 4 : Temps de réponse et de récupération des détecteurs

3.4.3 DERIVE

Les détecteurs ont été placés dans une atmosphère polluée, composée de 36 ppm de butanone et de 165 ppm d'isopropanol, pendant une durée de 3 heures. Une vérification avant et après exposition à l'atmosphère polluée a été faite avec le gaz de référence. Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessous pour chacun des fabricants.

Fabricant	Vérification initiale (ppm)	Vérification finale (ppm)
M1	98	99
M2	99,9	99,9
M3	100,3	98,7
M4	99,3	99,4
M5	100,1	103

Tableau 3 : Effet de l'exposition à une atmosphère polluée des détecteurs

3.4.4 CAPACITE DE DETECTION A FAIBLE CONCENTRATION

Les capacités de détection⁸ du benzène et du chlorure de vinyle ont été déterminées aux conditions ambiantes. La réponse de chacun des appareils a été reportée dans le tableau ci-dessous.

Fabricant	Benzène		Chlorure de vinyle	
	Concentration générée	Concentration affichée par l'appareil	Concentration générée	Concentration affichée par l'appareil
M1	3	2	7	2
M2	1	1,6	1	0,5
M3	1	1,49	1	0,64
M4	1	1,2	1	0,6
M5	1	1,1	1	0,5

Tableau 4 : Capacité de détection

Note : la capacité de détection ne correspond pas nécessairement au seuil de détection des appareils.

⁸ Capacité de détection : réponse des détecteurs lors d'une exposition à une faible concentration de polluant

3.4.5 TEST DE DETECTION

Les détecteurs PID ont été soumis à des vapeurs de méthanol et d'acrylonitrile à des concentrations correspondant à la moitié de leur VME. Ces substances sont supposées ne pas être détectables par une lampe UV 10,6 eV. Les réponses obtenues sont reportées dans le tableau suivant :

Fabricant	Réponse à une concentration de 80 ppm de méthanol	Réponse à une concentration de 1 ppm d'acrylonitrile
M1	0	0
M2	0,1	0
M3	0,16	0,02
M4	0,3	0
M5	0,5	0

Tableau 5 : Réponse des détecteurs à des gaz supposés non détectables

3.4.6 EFFETS DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

3.4.6.1 TEMPERATURE ET HUMIDITE

Les détecteurs PID ont été soumis à des variations des conditions de température et d'humidité (cf. tableau 6) en étant exposés au gaz de référence ainsi qu'à une concentration de 230 ppm de butanone.

Une vérification de la réponse de chaque détecteur, avec le gaz de référence sec, a été faite au préalable de toute exposition à une hygrométrie donnée. L'exposition au gaz d'essai a ensuite été réalisée pendant une durée minimale de 15 minutes pour chaque point de consigne en température et en humidité.

Température (°C)	Humidité relative (%)
20	20
	50
	70
30	20
	50
	70

Tableau 6 : Consignes d'essai en température et humidité

Les résultats sont rapportés ci-après. Les valeurs de concentration indiquées à la figure 6 sont celles affichées par les appareils en équivalent isobutylène.

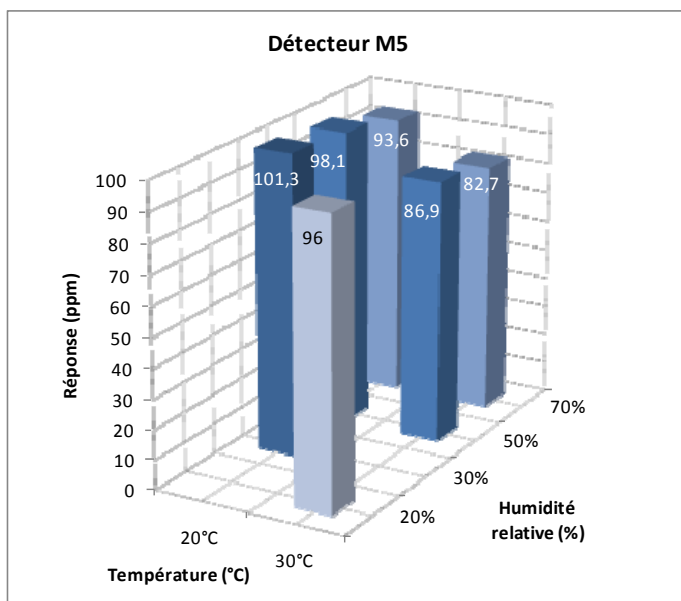
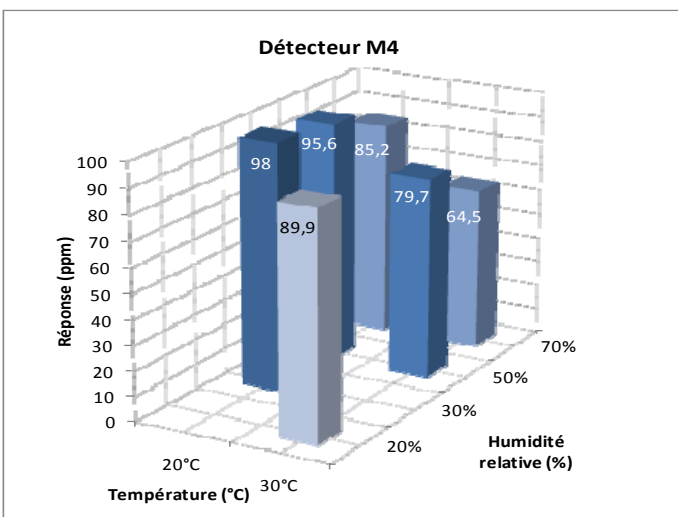
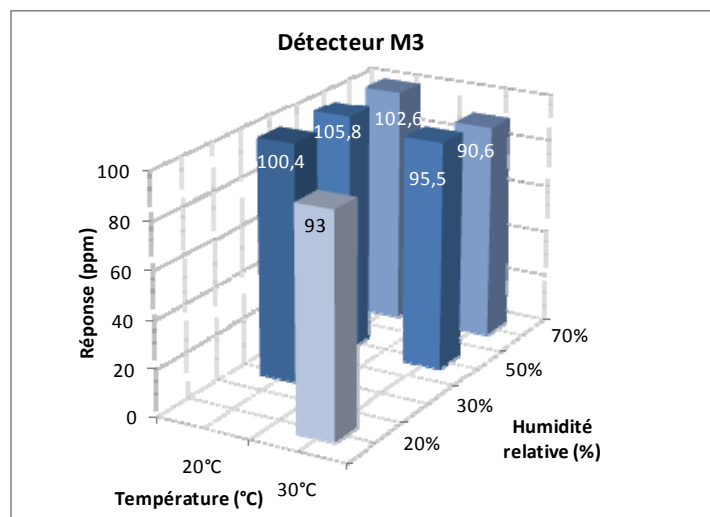
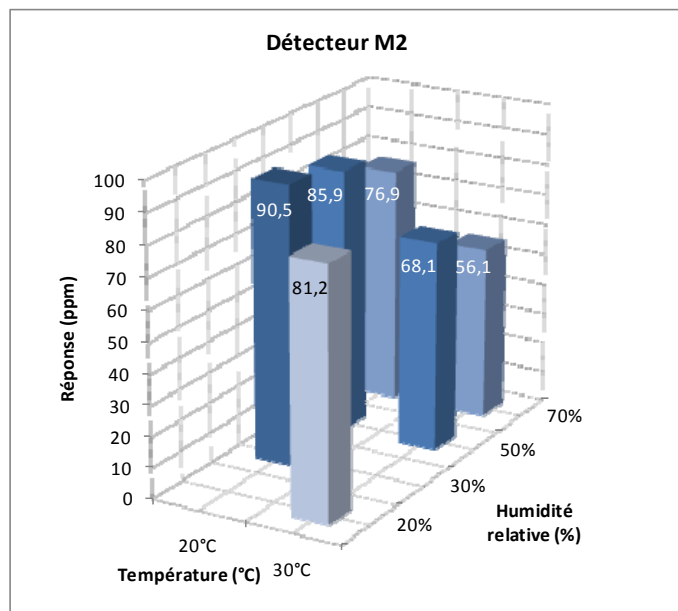
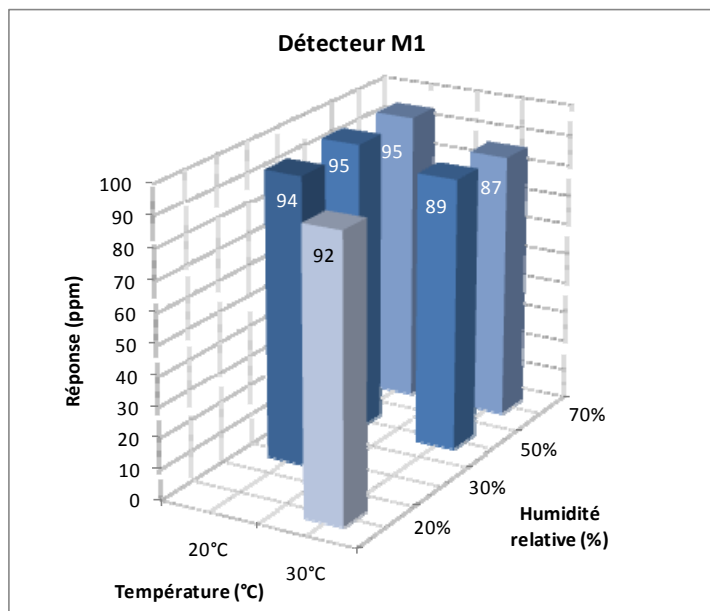


Figure 5 : Influence de la température et de l'humidité – Isobutylène (100 ppm)

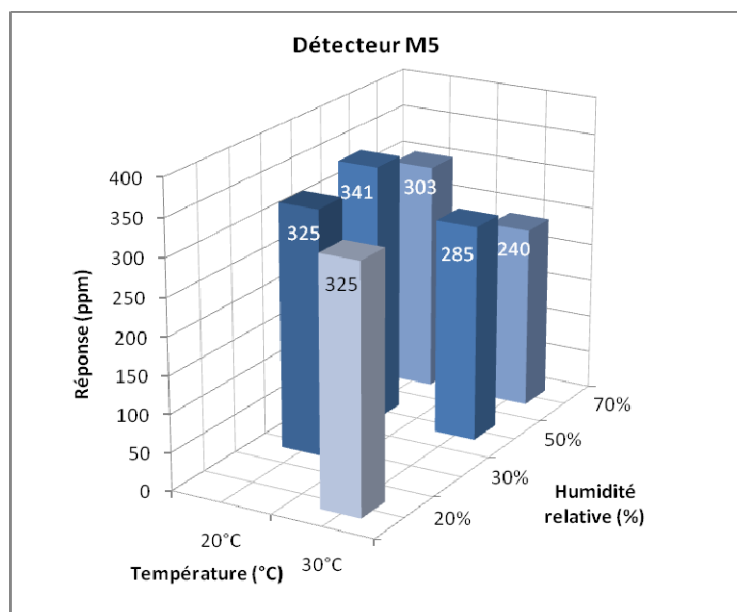
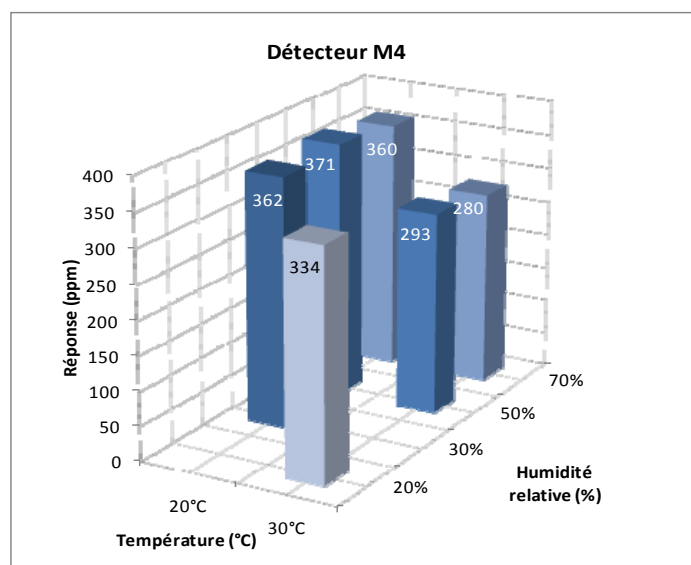
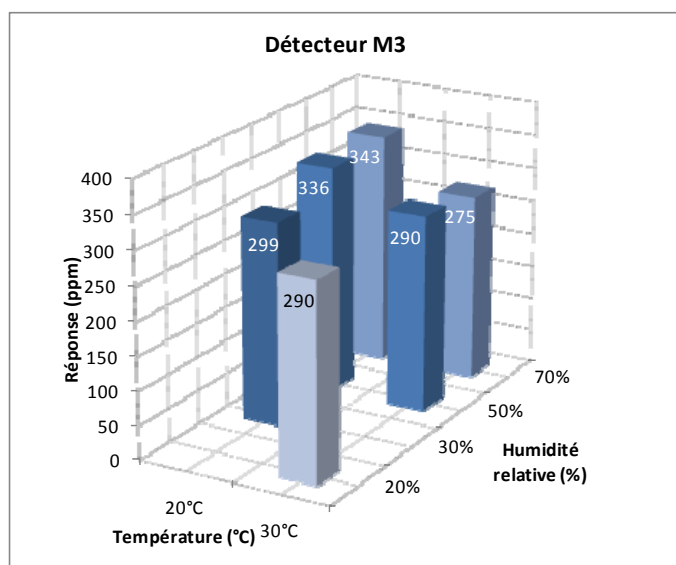
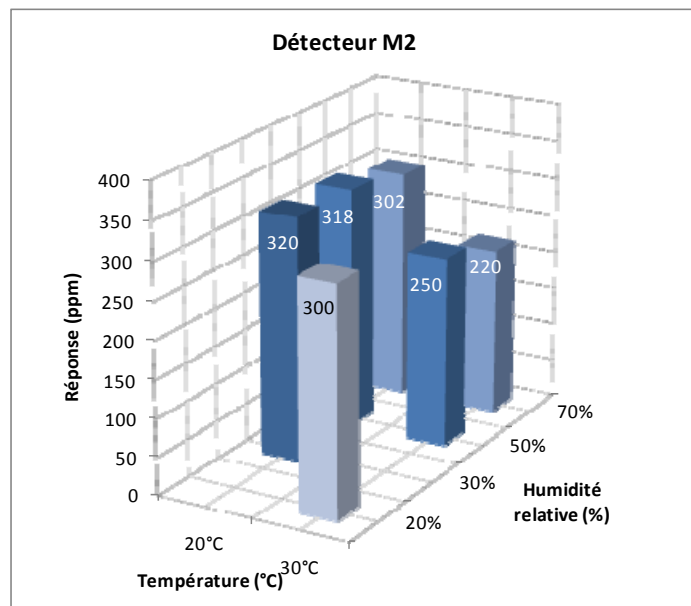
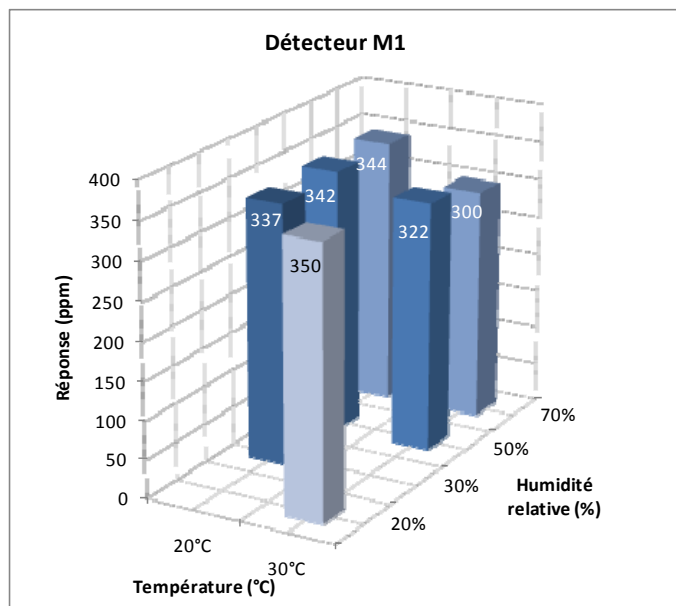


Figure 6 : Influence de la température et de l'humidité – Butanone (230 ppm)

3.4.6.2 PRESSION

Les détecteurs PID ont été testés à 3 niveaux de pression différents (950, 1000 et 1050 mbar) en étant exposés au gaz de référence sec.

Les résultats sont rapportés ci-après.

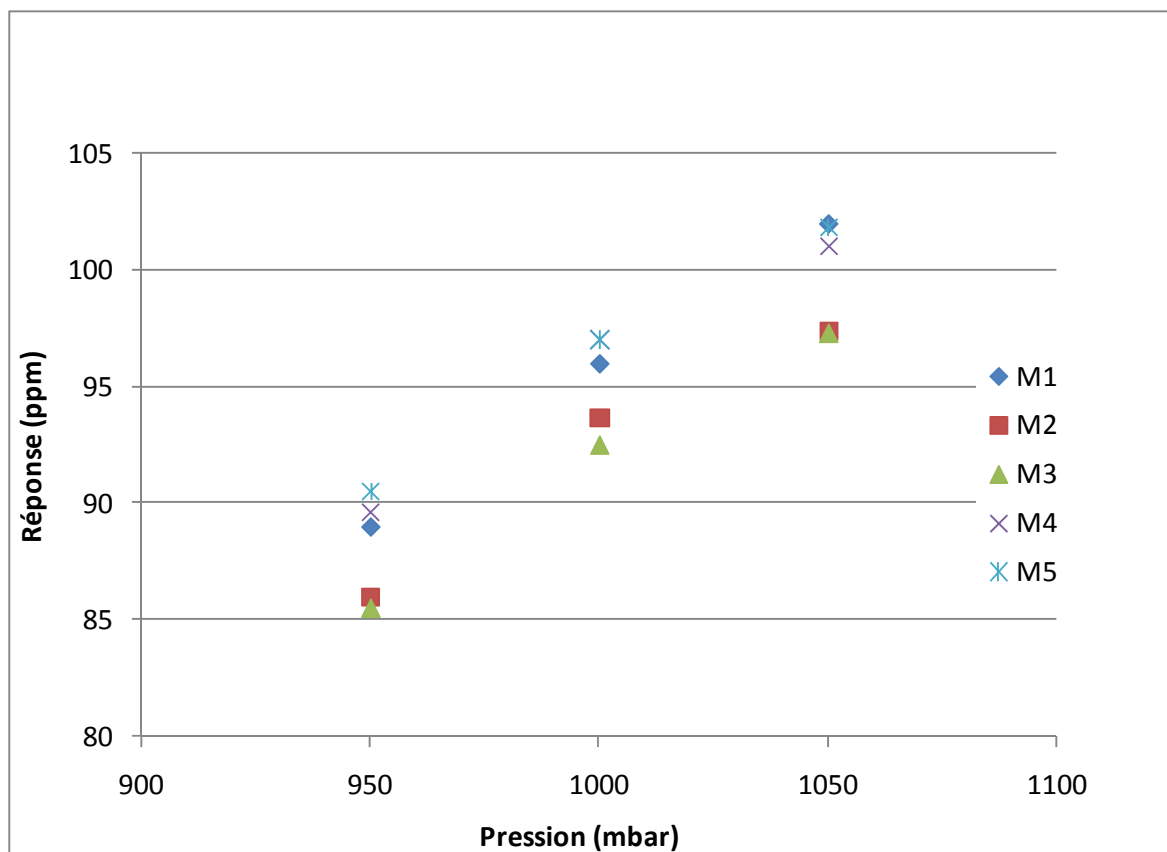


Figure 7 : Influence de la pression

3.4.6.3 FORTE EXPOSITION

Les détecteurs PID ont été exposés, pendant 2 heures, à une atmosphère polluée par des vapeurs d'acétate d'éthyle (280 ppm) et de butanone (230 ppm). Le temps de retour à zéro a été mesuré pour chacun des appareils (cf. tableau 7).

Fabricant	Temps de retour à zéro
M1	30 minutes
M2	< 3 minutes
M3	25 minutes
M4	< 3 minutes
M5	> 2 h

Tableau 7 : Temps de retour à zéro après forte exposition

Note : Le détecteur M5 indiquait encore une valeur de 2,3 ppm après 2 heures de fonctionnement en air propre. Le détecteur M3 est rapidement redescendu à 3 ppm puis a mis 20 minutes pour revenir à zéro.

3.4.7 MAINTENANCE

Les appareils ont été exposés aux concentrations de 8, 82 et 420 ppm d'isopropanol avant d'être soumis à une opération de maintenance prévoyant, notamment, un nettoyage du capteur au moyen d'une solution proposée par le fournisseur ou, à défaut, avec du méthanol de qualité analyse (pureté > 99%). Après nettoyage et remontage, chaque appareil a fait l'objet d'une opération de calibrage. Les appareils ont ensuite été exposés de nouveau aux mêmes concentrations de 8, 82 et 420 ppm d'isopropanol. Les valeurs rapportées dans le tableau ci-dessous ont été corrigées à partir des facteurs de réponse déterminés en laboratoire.

Fabricant	Avant maintenance			Après maintenance			Durée de la maintenance
	8 ppm	82 ppm	420 ppm	8 ppm	82 ppm	420 ppm	
M1	20	94	415	20	94	429	30 minutes
M2	10	93	420	3	83	406	60 minutes
M3	14	91	384	14	101	494	30 minutes
M4	0	87	441	5	90	436	45 minutes
M5	15	95	424	13	93	411	15 minutes

Tableau 8 : Effet d'une opération de maintenance sur la réponse des détecteurs

Les opérations réalisées pour la maintenance des détecteurs diffèrent en fonction des détecteurs. Une synthèse des opérations réalisées est présentée ci-dessous.

Fabricant	Opérations réalisées					
	Démontage et remontage de la lampe UV et du filtre le cas échéant	Nettoyage du capteur en bain ultrason	Nettoyage de la lampe avec une poudre d'aluminium	Nettoyage de la lampe avec une solution à base d'alcool	Séchage des éléments	Vérification / calibration au gaz de référence
M1	X		X	X	X	X
M2	X	X		X	X	X
M3	X		X			X
M4	X		X	X	X	X
M5	X					X

Tableau 9 : Opérations de maintenance réalisées sur les détecteurs

Note : Le détecteur M5 ne permet pas le nettoyage de la lampe, mais seulement son remplacement.

3.4.8 TEMPS DE CHARGE ET AUTONOMIE DES BATTERIES

Le temps de charge et l'autonomie en fonctionnement continu des appareils ont été mesurés et comparés aux valeurs spécifiées par les fabricants. Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-après.

Fabricant	Temps de charge spécifié	Temps de charge mesuré	Autonomie spécifiée	Autonomie mesurée
M1	6 h	< 5 h	15 h	18 h
M2	< 8 h	< 6 h	16 h	16 h
M3	-	< 5 h	30 h	27 h
M4	4 h	< 4 h	8 h	7 h 45 min
M5	-	< 6 h	-	39 h

Tableau 10 : Temps de charge et autonomie des détecteurs

4. ESSAIS DE PERFORMANCE SUR SITE

Une campagne de mesures comparatives a été menée le 1^{er} et 2 juin 2010 sur un site chimique français. Les détecteurs testés sur site sont ceux évalués au laboratoire, sauf pour l'appareil M3 (voir au §4.1.1).

4.1.1 PHASE DE PREPARATION INITIALE

Au préalable de la campagne, des essais préliminaires ont été réalisés en laboratoire afin de vérifier l'état de fonctionnement des détecteurs et de procéder à un éventuel calibrage. Les détecteurs ont été exposés à une concentration de 91,9 ppm et de 650 ppm d'isobutylène. Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

Fabricant	Réponse à une concentration de 91,9 ppm d'isobutylène	Réponse à une concentration de 650 ppm d'isobutylène
M1	91	660
M2	92,1	653 (380)*
M3	98,1	682
M4	94,1	670
M5	94,2	608

Tableau 11 : Vérification initiale des détecteurs

**Le détecteur M2 a indiqué des valeurs correctes pour une concentration d'isobutylène à 650 ppm lors des opérations de calibrage. L'appareil a continuellement sous-estimé la valeur de concentration lors des essais sur site.*

Note : Le modèle de détecteur du fabricant M3 utilisé lors des essais sur site n'est pas celui utilisé lors des essais de laboratoire. Le modèle testé sur site correspond à une ancienne génération d'appareil.

4.1.2 MESURES COMPARATIVES SUR SITE

Avant et après chaque série d'essais, les appareils ont été vérifiés (et si besoin calibrés) à l'aide d'une bouteille d'air synthétique (zéro) et d'une bouteille d'isobutylène à 99,6 ppm (sensibilité).

4.1.2.1 MESURES D'EMISSIONS DIFFUSES DE COV

Les mesures ont été réalisées dans une unité de production chimique implantée à l'air libre. Les détecteurs PID ont été fixés sur un chariot roulant, à une hauteur de 1,20 m du sol. Le chariot a été déplacé dans les installations pendant 1 heure 30 minutes et des relevés ont été pris à proximité d'une vingtaine de sources d'émissions fugitives potentielles (garnitures de pompes et d'agitateurs, brides, vannes, etc.).

Le jour des mesures, la température était de l'ordre de 15°C et le temps était pluvieux. Les appareils n'ont détecté aucune présence de COV dans les installations.

Des mesures ont également été faites simultanément au même emplacement dans un local analyseur. Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-après.

Fabricant	Indication minimale (ppm)	Indication maximale (ppm)
M1	24	76
M2	20	70
M3	5	90
M4	10	62
M5	22	68

Tableau 12 : Relevés de mesure dans un local analyseur

Une vérification de la réponse des détecteurs à l'isobutylène a été réalisée après les mesures d'émissions diffuses. Les résultats sont rapportés ci-dessous.

Fabricant	Zéro (ppm)	Sensibilité (ppm)
M1	0	98
M2	0	102
M3	0	0
M4	« Hors Gamme »	« Hors Gamme »
M5	-1,8	111,3

Tableau 13 : Vérification de la réponse des détecteurs après les mesures d'émissions diffuses

Les détecteurs M3 et M4 ont présenté un défaut d'étanchéité à l'eau en présence de pluie. Après séchage, nettoyage et calibrage, le détecteur M4 a retrouvé ses fonctionnalités. En revanche, le détecteur M3 est resté inutilisable (compartiment de la lampe humide rendant la lampe inutilisable) et n'a donc pas pu être testé par la suite. A noter que le détecteur, malgré l'absence de lampe, affichait toujours une valeur et n'indiquait pas de message d'erreur pour informer l'utilisateur.

4.1.2.2 MESURES D'EMISSIONS CANALISEES DE COV

Des mesures d'émissions de COV ont été réalisées en sortie d'extraction d'un laveur à eau. L'extrémité de la ligne d'échantillonnage a été mise à l'air tandis que des dérivations ont permis le raccordement des appareils à tester. Un flacon tampon a été placé sur la ligne afin de piéger les condensats (cf. figure 8).

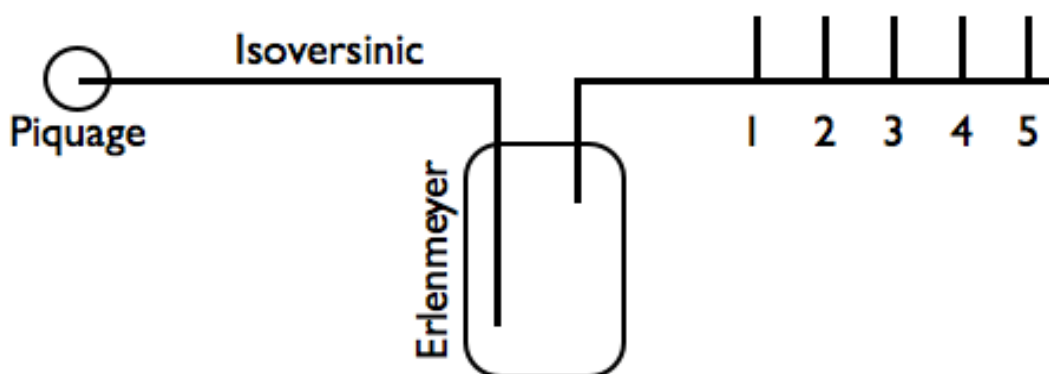


Figure 8 : Ligne d'échantillonnage

Les cinq appareils ont donc été évalués simultanément dans des conditions environnementales et opératoires identiques. Les essais ont été réalisés en phase de procédé « filtration / séchage / strippage ».

Les relevés de mesure sont présentés ci-dessous. Le détecteur M2 sous-évaluant les concentrations dépassant 300 ppm, un autre appareil identique, réceptionné sur site, a également été testé (M2 bis).

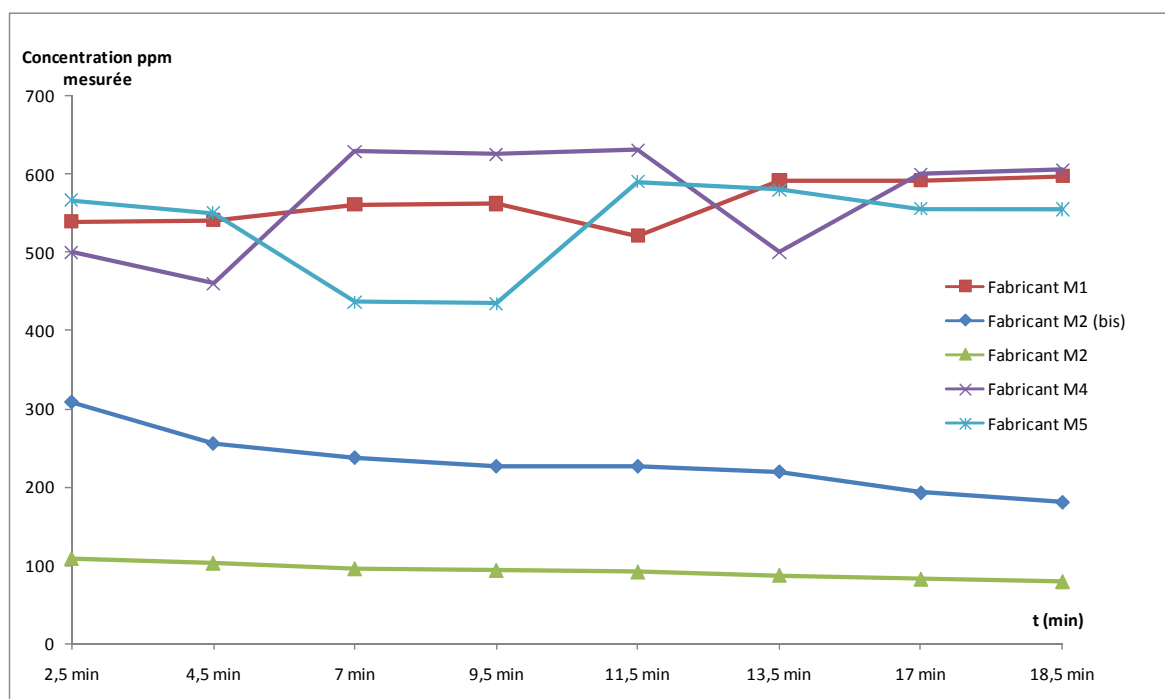


Figure 9 : Résultats des mesures simultanées en sortie du laveur à eau

Les appareils ont tous été vérifiés avec le gaz de référence après les mesures d'émissions canalisées (cf. tableau 14).

Fabricant	Zéro (ppm)	Sensibilité (ppm)
M1	2*	107*
M2	0	89
M2 (bis)	0	99
M3	HS	HS
M4	0	102
M5	4*	118*

Tableau 14 : Vérification de la réponse des détecteurs après les mesures d'émissions canalisées

** Vérifications réalisées une heure après les mesures afin d'attendre le retour à zéro des appareils*

5. BILAN DE L'EVALUATION

Les performances de 5 détecteurs à photo-ionisation (PID) disponibles sur le marché ont été évaluées en laboratoire et sur site industriel dans le cadre d'un protocole établi au sein de l'EXERA.

Les résultats des essais métrologiques réalisés en laboratoire mettent en évidence que:

- **Les facteurs de réponse mesurés sont globalement comparables à ceux fournis par les fabricants.** Des écarts de l'ordre de 20 % sont constatés en moyenne, ce qui est acceptable au regard des incertitudes relatives à la méthode de génération et d'analyse des gaz d'essai, ainsi qu'à la méthode de détermination des facteurs de réponse.
- Les temps de réponse et les temps de récupération peuvent varier significativement d'un appareil à un autre ou d'une substance à une autre. **Les détecteurs PID dédiés ont des temps ne dépassant pas 5 secondes**, et ce, indifféremment de la substance à laquelle ils ont été exposés. En revanche, **les détecteurs PID multi-gaz présentent des temps plus importants (jusqu'à 40 secondes)** et pouvant varier significativement d'une substance à une autre.
- La réponse des détecteurs n'a pas été influencée par une exposition à une atmosphère polluée par des vapeurs de solvants. En revanche, **le temps de retour à zéro des détecteurs a parfois été très significativement augmenté** (jusqu'à plus de 2 heures pour l'un des appareils).
- **La réponse des appareils a été influencée** par les variations des conditions ambiantes : **température, humidité et pression**. Globalement, les essais montrent que la réponse des détecteurs est réduite quand la température ou l'humidité augmentent. A noter que **l'influence de l'humidité est d'autant plus marquée que la température est élevée**.

Lors de leur utilisation sur site industriel, les observations suivantes ont été faites :

- Deux des cinq détecteurs testés ont présenté un défaut d'étanchéité, en présence de pluie, ayant amené à une perte totale de fonction (temporaire dans un cas, permanente dans un autre). A noter que le détecteur, pour lequel la lampe ne fonctionnait plus, affichait toujours une valeur et n'indiquait pas de message d'erreur pour informer l'utilisateur que la lecture était erronée.
- Trois des détecteurs ont donné des réponses concordantes dans les mêmes conditions de mesure d'émissions canalisées. L'un des détecteurs a néanmoins sous-évalué systématiquement les concentrations dépassant 300 ppm.

De manière générale, les essais réalisés en laboratoire et sur site industriel ont permis de mettre en évidence que les détecteurs PID sont des appareils compacts, faciles à mettre en œuvre pour une utilisation quotidienne et pouvant fournir une information rapide.

En revanche, l'utilisation du module de paramétrage interne et des logiciels pour réglage des alarmes et de la concentration du gaz de calibrage s'est avérée peu intuitive pour certains des détecteurs testés.

Certains dysfonctionnements observés ont mis en évidence que des précautions d'usage sont à respecter. Il faut donc bien garder à l'esprit que **ces appareils demandent à être mis en œuvre par des utilisateurs avertis**. Les PID n'étant pas sélectifs et sensibles aux conditions environnementales, les opérateurs doivent être en mesure de réaliser une analyse critique de l'information donnée par le détecteur. Il est aussi important de souligner que les PID ont nécessité un nombre important de calibrages tout au long de la campagne d'essais sur une période d'environ 3 mois (cf. tableau 14). Ce constat a également été fait à l'occasion des mesures sur site.

Fabricant	Nombre de calibrages (vérification + ajustage)
M1	6
M2	9
M3	10
M4	13
M5	9

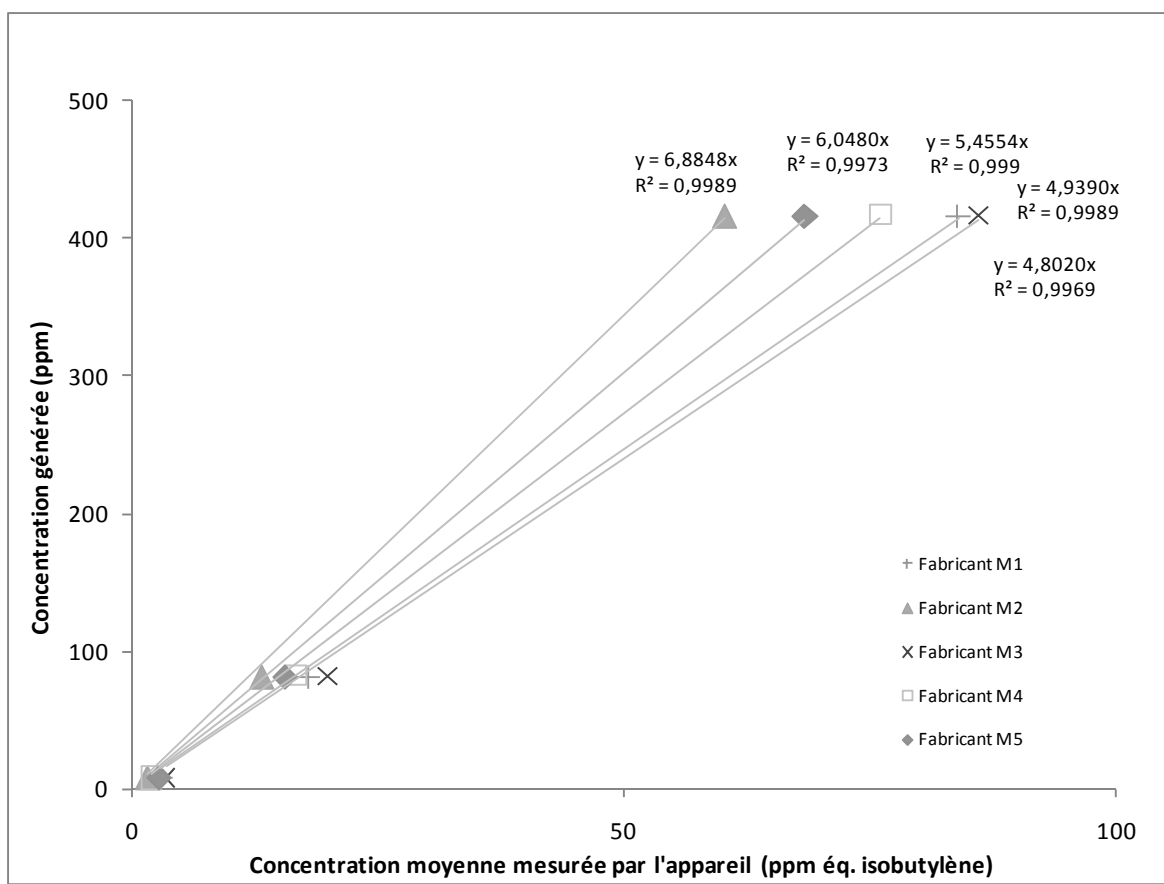
Tableau 15 : Nombre de calibrages réalisés en laboratoire sur 3 mois

Une vérification des appareils avant chaque utilisation, par un utilisateur averti et formé, est donc recommandée pour éviter toute dérive de leur zéro et/ou de la réponse des appareils (cf. guide INRS ED 6088).

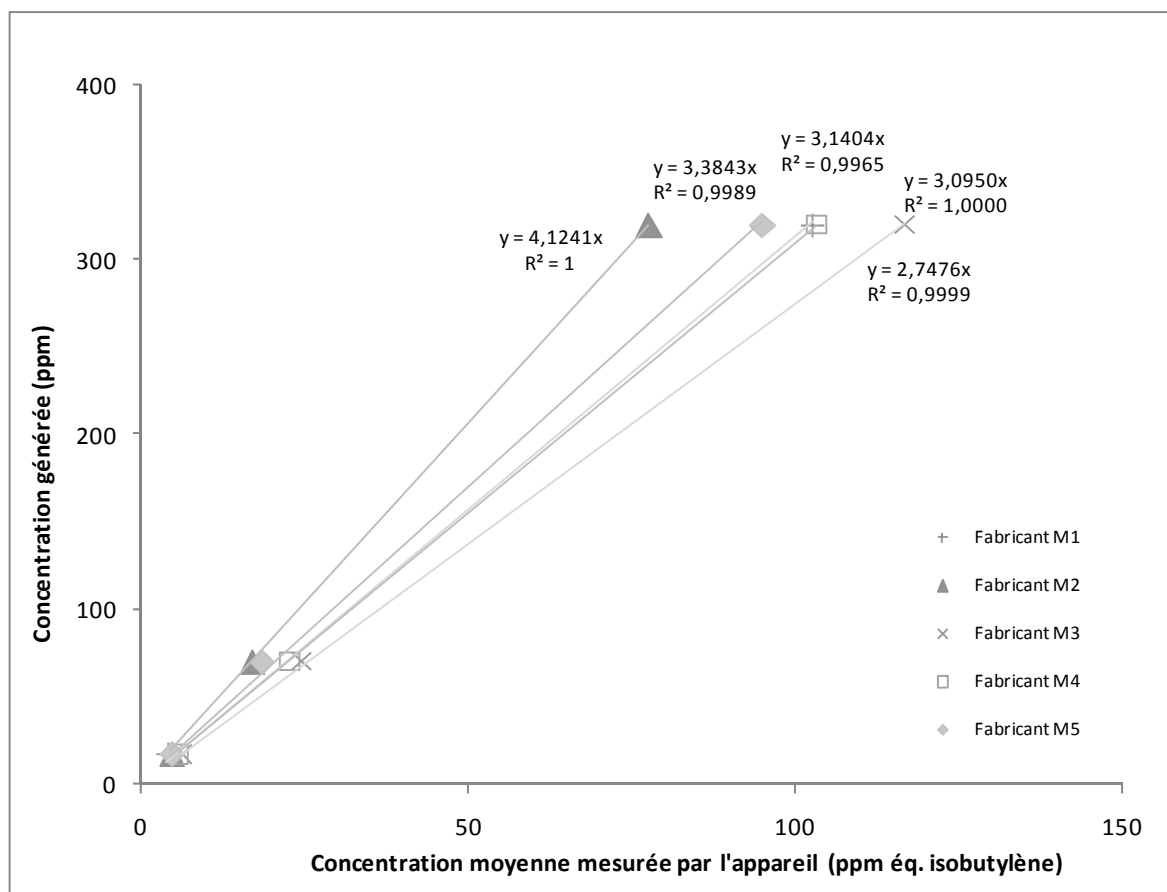
6. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nb/N°pages
A	Courbes de réponse	5

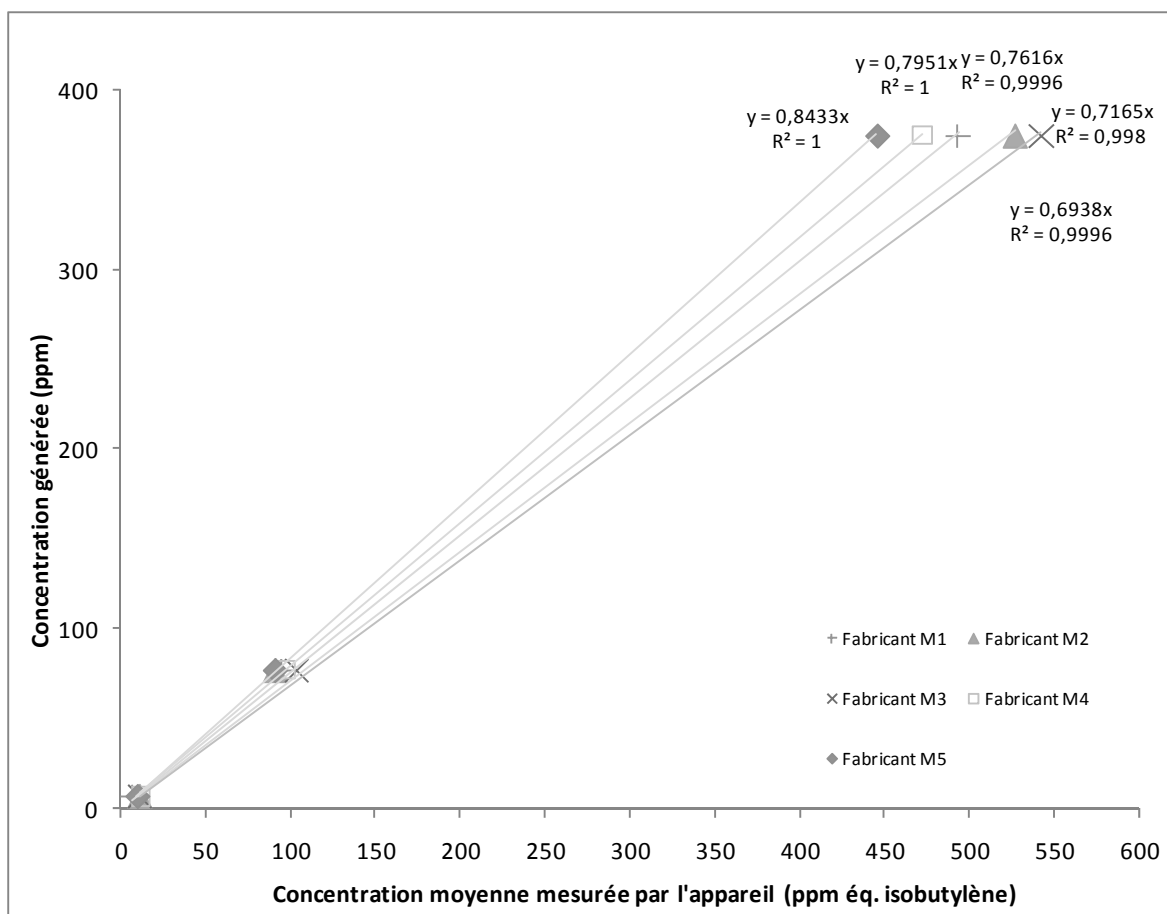
ANNEXE A
Courbes de réponse



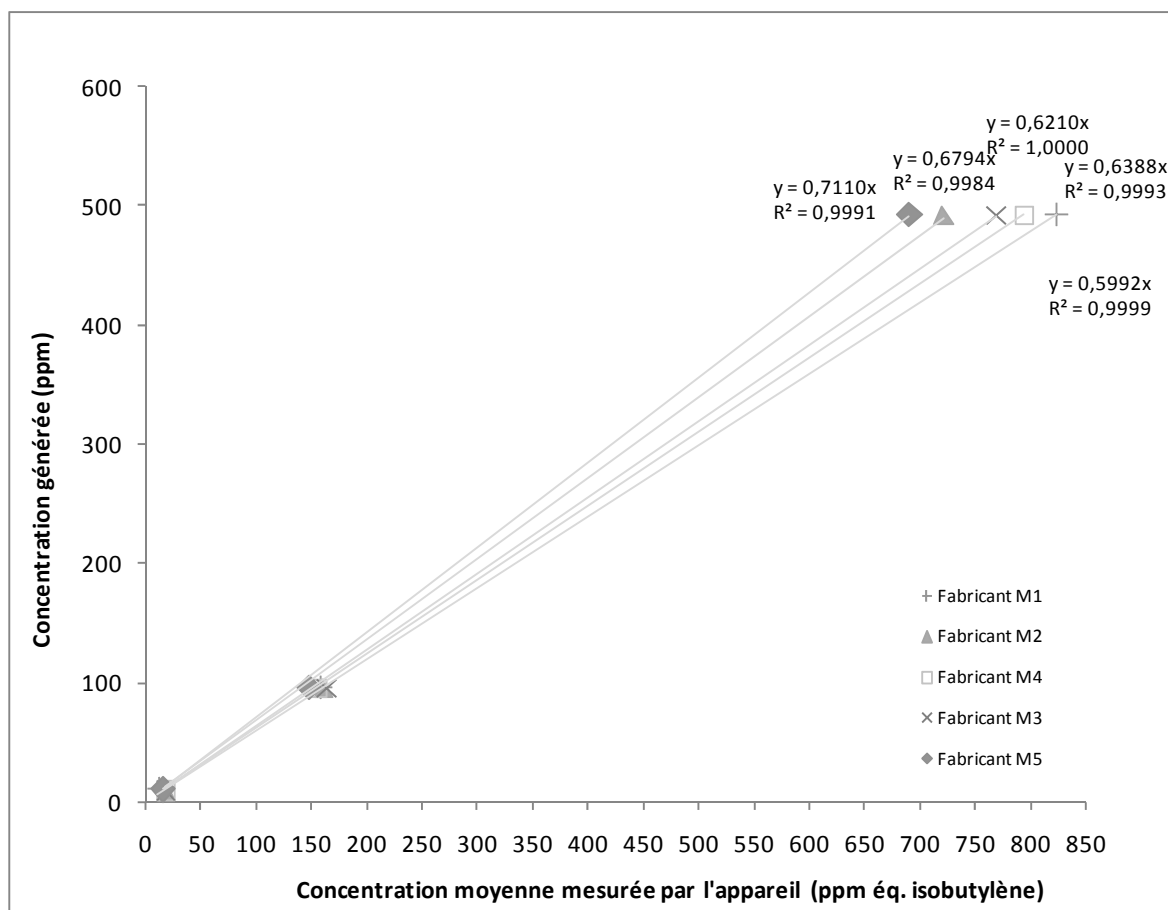
Courbes de réponse - Isopropanol



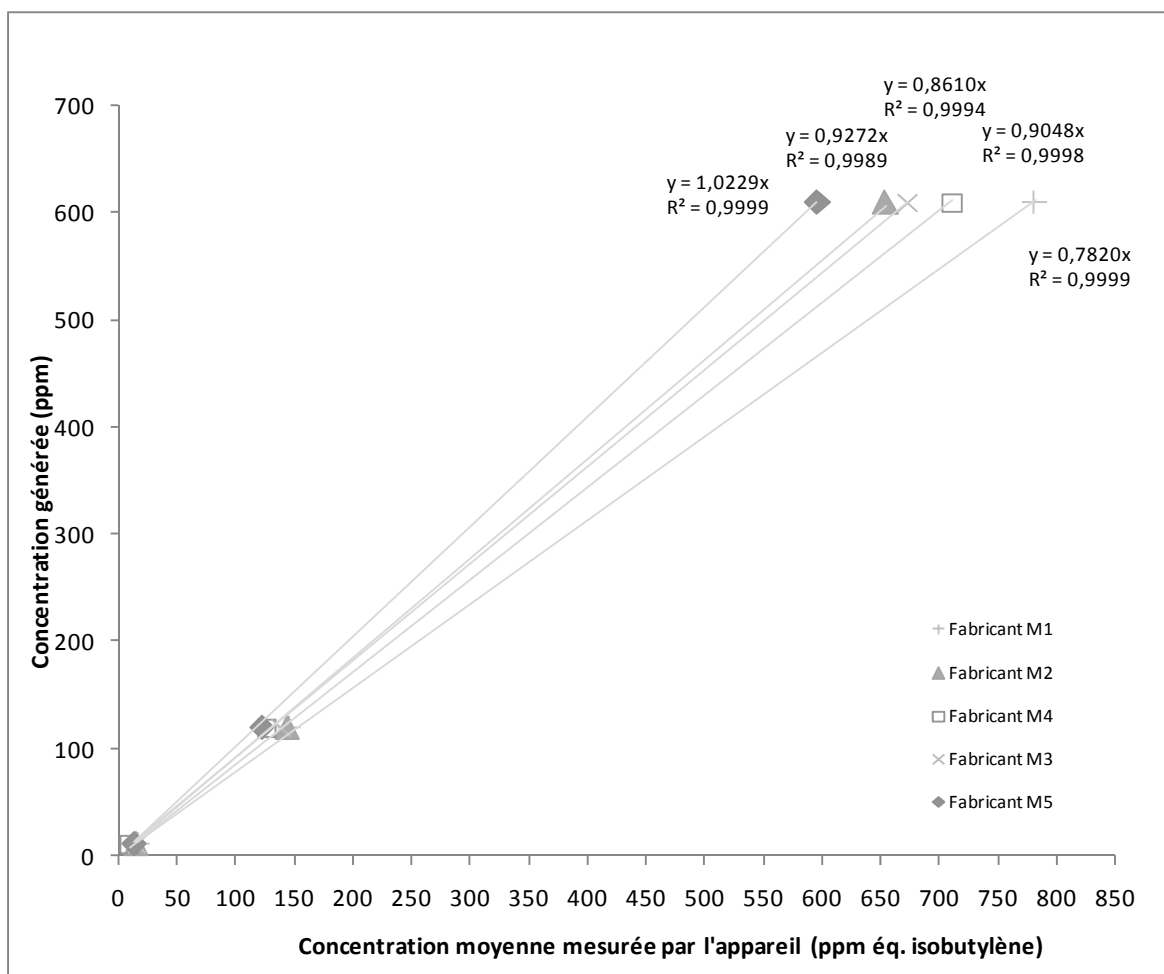
Courbes de réponse - Acétate d'éthyle



Courbes de réponse - Butanone



Courbes de réponse - Toluène



Courbes de réponse - Tétrachloroéthylène



INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet :** <http://www.ineris.fr>