

MESURE DES TENEURS EN COV
(COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILES)
DANS LES SALLES DE TP GRÂCE
À UN DÉTECTEUR PORTATIF



Etudiants :

Anne-Gaëlle BRIARD

Mélissa CHARMEL

Justine FOIRET

Océane LASNE

Romain ROUGES

Enseignant responsable du projet :
Isabelle DELAROCHE

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **13/06/2016**

Référence du projet : **STPI2/P6/2016-38**

Intitulé du projet: **Mesure des teneurs en COV (Composés Organiques Volatiles) dans les salles de TP grâce à un détecteur portatif de COV**

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet :

- Connaître les différentes méthodes de mesure des COV et les comparer
- Prendre en main le détecteur portatif de COV
- Analyser la teneur en COV lors des séances de TP de chimie (évolution dans le temps, test de différentes situations de travail)
- Exploitation des mesures pour la vérification du respect des teneurs limites

Mots-clefs du projet : TP, analyses, exploitations

SOMMAIRE

Remerciements.....	6
Introduction.....	7
I.Organisation du travail.....	8
II.Fonctionnement des sorbonnes.....	9
III.Fonctionnement du détecteur.....	11
IV.Mesures et exploitation des teneurs détectées.....	13
1.Méthodologie générale.....	13
2.Exploitation des mesures effectuées lors des TP.....	14
a.TP de Génie des Procédés.....	14
1.Exposition des étudiants.....	15
2.Exposition des encadrants.....	18
3.Evolution de la teneur à un endroit fixe pendant le TP	19
4.Evolution de la teneur à un endroit fixe après le TP.....	19
b.TP de polymères.....	21
c.TP de Chimie Analytique.....	24
d.TP de Chimie Organique STPI2.....	26
e.TP de chimie organique département CFI.....	27
V.Chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	29
Conclusions et perspectives.....	30
Conclusions sur le travail réalisé.....	30
Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. Projet.....	31
Perspectives pour la poursuite de ce projet.....	33
Notations, acronymes.....	34
Bibliographie.....	35
Annexes	36
1 - Les COV : explications et réglementations.....	36
2 - Fonctionnement de la CPG.....	38
3 - Protocoles des solutions étalons pour la CPG.....	39
4 - Résultats de la CPG.....	40
5 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP de Polymères.....	47
6 - Graphique des valeurs détectées lors du TP de synthèse en chimie organique STPI2.....	49
7 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP du département CFI.....	50
8 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP de GP.....	51

Remerciements

Nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont permis de mener à bien ce projet.

Nous tenons à remercier Isabelle DELAROCHE pour la mise en place de ce projet, ses nombreux conseils et son investissement dans sa réalisation.

Nous remercions également Céline GRISEL et Sylvie POUBELLE qui se sont chargées de mettre en place le détecteur pour les différents TP étudiés ainsi que Kevin LEROUX et Maria PERREIRA qui nous ont accompagnés tout au long de ce projet.

Nous remercions aussi les encadrants de TP qui ont accepté de faire fonctionner le détecteur durant leurs TP, et qui ont également soigneusement rempli les fiches TP.

Enfin, nous remercions tous les étudiants qui ont porté le détecteur et pris du temps pour remplir les fiches TP.

Introduction

Pour cet EC de projet P6, nous sommes cinq étudiants de STPI2 : Océane, Mélissa, Justine, Anne-Gaëlle et Romain. Notre groupe a été constitué en fonction du classement de nos vœux de projets, que nous avons formulés sur Moodle peu avant le début du semestre 4.

Notre projet a pour but de mesurer la teneur en COV¹ (Composés Organiques Volatiles), dans les salles de TP de chimie de l'INSA grâce à un détecteur portatif afin de déterminer si les TP sont réalisés dans des conditions optimales ou s'il faut chercher de nouvelles mesures afin de protéger les étudiants et les encadrants.

Tout au long de ce projet, nous avons effectué une batterie de mesures lors des TP de GP, Ana, Orga, Poly et STPI². Nous avons sélectionné les TP utilisant des substances susceptibles d'émettre des COV. Notre objectif était de déterminer si les protocoles expérimentaux respectaient les réglementations en vigueur concernant les COV et de proposer des solutions pour réduire la teneur en COV lorsque celle-ci était trop élevée.

Il faut noter que les COV mesurés durant ces TP étaient principalement le toluène, l'acétone et l'éthanol. Pour se rendre compte si les mesures que nous obtenions étaient dans les normes ou non, nous les avons comparées à deux valeurs de référence :

- la VME, Valeur Moyenne d'Exposition. Elle est fixée à celle du toluène soit 20 ppm. Elle correspond à la limite d'exposition d'un travailleur pour une exposition légère de 8h par jour et 40h par semaine : ce critère a pour objectif d'éviter les effets à long terme sur l'organisme.
- la VLE, Valeur Limite d'Exposition. Elle est fixée à celle du toluène soit 100 ppm. Elle correspond à la concentration maximum à laquelle un travailleur peut être exposé au plus pendant 15 min sans altération physiologique : ce critère a pour but d'éviter les effets immédiats sur l'organisme.

Voici un tableau représentant les pictogrammes de danger ainsi que les valeurs de VME et VLE pour les trois molécules :

	Pictogrammes de danger	VME (en ppm)	VLE (en ppm)
Toluène	  	20	100
Acétone	 	500	1000
Ethanol		1000	5000

¹ voir annexe 1

² voir Notations et Acronymes

I. Organisation du travail

Au sein de notre groupe nous avons chacun un rôle attribué selon le tableau ci-dessous :

	Mélissa	Océane	Justine	Anne-Gaëlle	Romain
Rôle	Exploitation	Chef de projet	Protocole	Qualité	Détecteur portatif

Cependant, même si chacun avait un rôle précis, tout le monde était au courant de tous les aspects du projet et contribuait au projet dans sa globalité.

Nous nous retrouvions tous les vendredis matins de 8h à 9h30 afin de faire le point sur l'avancée hebdomadaire du projet, fixer les prochains objectifs et poursuivre les exploitations en cours.

Afin de faciliter notre communication, nous avons mis en place un dossier partagé, auquel chaque membre du groupe ainsi que Madame Delaroché avaient accès à tout moment. Ce dossier partagé contenait tous les documents relatifs au projet, notamment les énoncés des TP, les relevés de mesures du détecteur, les comptes rendus hebdomadaires, la bibliographie etc. De plus, nous échangeons beaucoup grâce aux réseaux sociaux afin de connaître le planning des TP de la semaine qu'Océane nous transmettait, ou pour discuter et échanger sur notre travail respectif.

Après chacune de nos rencontres, un compte rendu était rédigé, fixant le planning à venir et les missions de chacun pour la semaine suivante.

Nous communiquions également régulièrement lors de la semaine afin que chacun soit au courant de l'avancée de nos missions respectives.

II. Fonctionnement des sorbonnes

Durant ce projet, lors d'une matinée, nous avons effectué des tests avec des fumigènes afin d'étudier le fonctionnement des sorbonnes. Celles-ci sont des enceintes ventilées en dépression qui aspirent l'air environnant et le rejettent dans l'atmosphère extérieure grâce à un ventilateur.

Le fonctionnement normal de la sorbonne, pendant les phases de dégagement des polluants, requiert la fermeture partielle voire maximale de la vitre. La fermeture partielle correspond à l'ouverture permettant juste au manipulateur d'introduire ses bras et d'effectuer les mouvements nécessaires à la manipulation.

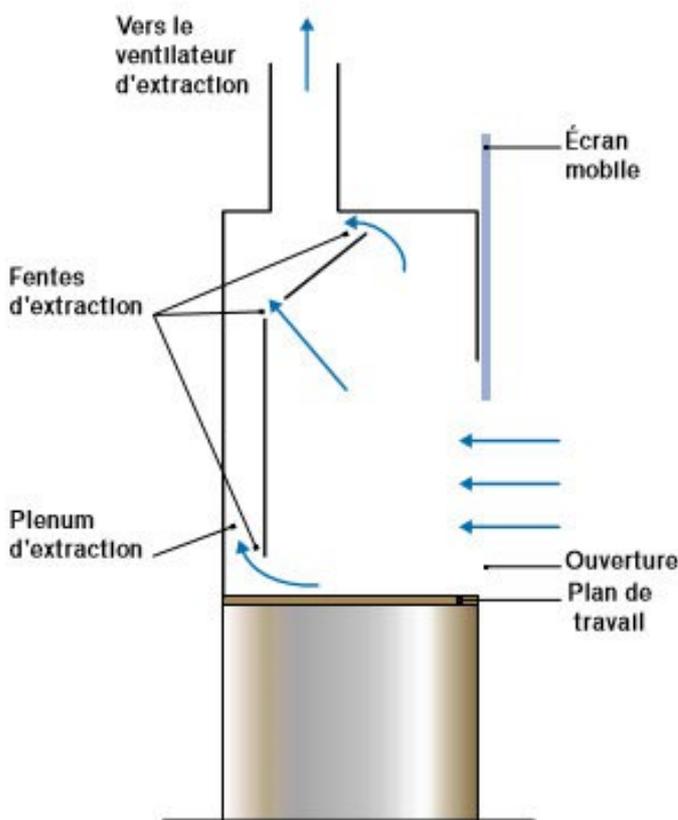


Illustration 1: Schéma de fonctionnement d'une sorbonne

Nous voulions vérifier que la sorbonne protégeait réellement le manipulateur, en analysant l'évacuation des vapeurs lors de l'utilisation de produits chimiques dangereux. Pour cela, nous avons utilisé des fumigènes car l'épaisse fumée colorée qu'ils dégagent nous permet de bien visualiser où vont les vapeurs.

Nous avons allumé six fumigènes dans des conditions différentes variant selon trois critères : place du fumigène dans la sorbonne (avant/arrière), vitre ouverte ou fermée, aspiration ou non.

Observations expérimentales :

-fumigène placé à l'arrière de la sorbonne, vitre fermée complètement, avec aspiration : la fumée est directement partie vers le haut de la sorbonne

-fumigène placé à l'arrière de la sorbonne, vitre ouverte, avec aspiration : la fumée est là aussi directement partie vers le haut de la sorbonne

-fumigène placé à l'avant de la sorbonne, vitre fermée aux 3/4, avec aspiration : la fumée est directement partie vers le fond puis le haut de la sorbonne

-fumigène placé à l'avant de la sorbonne, vitre ouverte, avec aspiration : la fumée est partie vers le haut puis le fond de la sorbonne

-fumigène placé à l'avant de la sorbonne, vitre ouverte, sans aspiration :

-1ere fois : la fumée est restée sous la hotte, elle est partie vers le haut puis le fond

-2e fois : la fumée est partie vers nous un court instant puis est repartie sous la sorbonne puis vers le fond

Ainsi, on observe que la sorbonne remplit très bien sa fonction car à chaque fois que l'aspiration fonctionne, les fumées sont évacuées vers l'arrière rapidement et ainsi le manipulateur est très peu exposé aux vapeurs.

De plus, plus la vitre est baissée, moins l'aspiration est forte car le manipulateur reçoit moins de vapeurs ; on a pu noter que même avec une faible aspiration, les vapeurs sont dirigées vers le fond. Aussi, même quand la vitre est ouverte, avec le fumigène près du manipulateur, l'aspiration empêche les fumées de se diriger vers nous. Quand il est placé à l'arrière, même si la vitre est ouverte, l'aspiration est assez forte pour que toute la fumée se dirige directement vers le haut.

On peut donc conclure que la sorbonne est très efficace pour nous protéger des vapeurs toxiques.

III. Fonctionnement du détecteur

Afin de mesurer la concentration des composés organiques volatils dans l'air, nous avons utilisé un détecteur portatif de COV, appartenant à l'INSA : le GasAlertMicro 5.

Ce détecteur est un détecteur multi-gaz portable qui dispose notamment de trois capteurs (cellule de détection des COV, cellule d'explosimétrie et oxymètre), d'une alarme sonore, d'une batterie et d'un port de carte SD (voir illustrations 2 et 3). Dans le cadre de notre projet, nous avons uniquement utilisé la fonction de détecteur de COV.



Illustration 2: Détecteur portatif de COV: GasAlertMicro 5

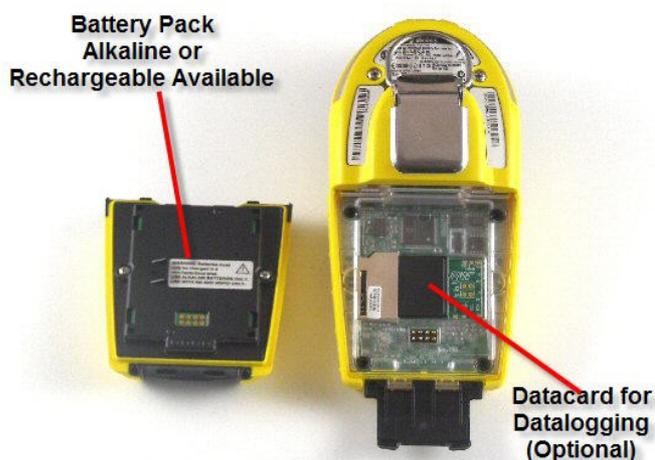


Illustration 3: Emplacements de la batterie et de la carte SD dans le détecteur

Fonctionnement

Le capteur mesure les COV dans l'air par détection de photo-ionisation (PID) à l'aide d'une sonde PID. Cette sonde utilise une source de lumière ultraviolette (UV) pour décomposer les COV dans l'air en ions positifs et négatifs. La sonde mesure alors l'intensité du gaz ionisé, celle-ci étant en fonction de la concentration de COV dans l'air. Cette méthode de détection permet la surveillance d'un large spectre sensible de contaminants organiques volatils.

Les systèmes d'alarmes sonores alertent en cas de dépassement de certaines limites prédéfinies ou lorsque les conditions d'un bon fonctionnement de l'appareil ne sont pas réunies (pannes de capteurs, de batterie ou de circuit électronique par exemple). Le détecteur déclenchera l'alarme basse en cas d'une concentration en COV supérieure à 30ppm et l'alarme haute pour une concentration supérieure à 50ppm. De plus, la concentration minimale détectable par la sonde est de 4ppm. Une pompe électrique vient compléter l'appareil. Elle permet d'effectuer des échantillonnages à distance.

Utilisation

Il est nécessaire de démarrer le détecteur en zone dite « saine » où il n'y a pas de COV présents à l'aide du bouton marche/arrêt. A chaque démarrage de l'appareil, de nombreux

tests automatiques de sécurité ont lieu. Puis le détecteur affiche et enregistre les teneurs en COV, avec un intervalle de temps défini de 10 secondes. Lorsque le détecteur sonne, il faut revenir en zone saine pour que la teneur en COV dans la sonde diminue, sinon cette dernière peut saturer et atteindre des valeurs extrêmes. Pour éteindre l'appareil, il suffit d'appuyer sur le bouton arrêt pendant quelques secondes. Il est possible de consulter les mesures directement à l'écran ou de les récupérer grâce à la carte SD et au logiciel « BW Technologies Fleet Manager II ». Ce logiciel permet d'obtenir un tableur présentant les données telles que l'évolution de la concentration ou celle de la VME en fonction du temps. Nous avons utilisé ces données pour tracer différents graphiques et ainsi analyser nos résultats.

Le détecteur utilise un gaz étalon qui est ici l'isobutylène. Il est donc nécessaire d'appliquer un facteur correctif sur la mesure afin de pouvoir l'exploiter. Le facteur correctif de chaque gaz est fourni dans la notice.

Les valeurs des facteurs correctifs des COV rencontrés sont :

	Toluène	Ethanol	Acétone
FC (X/isobutylène)	0,53	13,3	1,1

Le facteur correctif correspond à la valeur par laquelle il faut multiplier la teneur affichée par le détecteur pour obtenir la teneur réelle dans la salle.

Tout au long de nos mesures, le détecteur était réglé sur le toluène dont le facteur correctif vaut 1. Par défaut, les facteurs correctifs sont donnés par rapport à l'isobutylène.

La teneur en COV (en ppm) mesurée par le détecteur correspond donc à la formule suivante :

$$Teneur\ réelle\ en\ X = \frac{FC(X/isobutylène)}{FC(toluène/isobutylène)} \times teneur\ lue$$

où FC correspond au facteur correctif.

Or la teneur réelle correspond à la somme pondérée des teneurs du cyclohexane, du toluène et de l'acétone. On obtient donc :

$$Teneur\ lue = Teneur\ en\ toluène + 0.04 * Teneur\ en\ éthanol + 0.48 * Teneur\ en\ acétone$$

On peut négliger l'influence de l'éthanol dans l'indication du détecteur mais pas celle de l'acétone. Le détecteur ne permet pas de détecter prioritairement le toluène mais c'est le COV le plus présent en quantité et le plus toxique. Par la suite, dans ce rapport, nous considérons que la teneur lue correspond à la teneur en toluène.

$$Teneur\ lue = \frac{Teneur\ en\ toluène}{FC(toluène/toluène)} + \frac{Teneur\ en\ éthanol}{FC(éthanol/toluène)} + \frac{Teneur\ en\ acétone}{FC(acétone/toluène)}$$

$$FC(X/toluène) = \frac{FC(X/isobutylène)}{FC(toluène/isobutylène)}$$

IV. Mesures et exploitation des teneurs détectées

1. Méthodologie générale

Nous nous sommes organisés pour assister chacun à plusieurs TP, en portant le détecteur sur nous. Nous avons aussi confié le détecteur à un encadrant ou un élève lorsque nous ne pouvons pas assister au TP afin d'avoir le plus de données possibles. Pour cela, nous avons rédigé une « fiche TP » que nous donnions à la personne portant le détecteur durant le TP. Nous obtenions ainsi les informations sur les conditions de manipulation et le déroulement du TP. Par exemple, nous demandions d'y indiquer l'emplacement du détecteur, à quels moments le détecteur a émis un BIP sonore, pourquoi, etc.

Lors des TP, nous avons analysé l'émission de COV selon trois modes différents :

- en suivant les déplacements de l'étudiant durant le TP ou en lui confiant directement le détecteur
- en suivant les déplacements de l'encadrant durant le TP ou en lui confiant directement le détecteur, sachant qu'il est amené à entrer et à sortir de la salle régulièrement car il supervise plusieurs TP différents à la fois
- en laissant durant tout le TP le détecteur dans un coin de la salle afin de voir en quelles quantités les COV sont présents dans l' « atmosphère » de la salle.

Nous avons également laissé une fois le détecteur dans la salle de TP afin d'analyser la décroissance de la teneur en COV dans la salle.

Nous avons choisi d'exploiter ces données sous forme de graphique afin d'apprécier l'évolution de la teneur en COV dans le temps.

Chaque graphique représente la teneur en COV en ppm en fonction du temps et est composé de cinq courbes :

- la 1^{ère}, en bleu avec de nombreux pics représente le relevé du détecteur (teneur globale en COV)
- la VME du toluène, horizontale à 20 ppm
- la VLE du toluène, horizontale à 100 ppm
- l'exposition court terme (moyenne glissante sur 15 min) : elle est calculée en faisant la moyenne des teneurs mesurées sur 15 min. Les valeurs sont pertinentes à partir de 15 min et sont à comparer à la VLE
- l'exposition long terme (moyenne glissante sur 8h) : la valeur calculée n'est pas pertinente sur une durée inférieure à 8h donc elle est évaluée de la façon suivante :

-Lorsque c'est l'élève qui porte le détecteur, l'exposition à long terme est obtenue grâce à la formule suivante :

$$\text{Exposition long terme} = \text{Moyenne}(\text{teneurs réelles}) \times \frac{\text{durée du TP en heure}}{8}$$

-Lorsque c'est l'encadrant qui porte le détecteur, comme il est susceptible d'encadrer deux TP

dans la journée, on la calcule grâce à cette formule :

$$\text{Exposition long terme} = \text{Moyenne}(\text{teneurs réelles}) \times \frac{\text{nombre d'heures de TP dans la journée}}{8}$$

L'exposition long terme est à comparer à la VME.

Il faut noter que les VME et VLE de chaque composé organique volatile varient selon les pays. Nous avons à chaque fois considéré les valeurs établies en France.

2. Exploitation des mesures effectuées lors des TP

a. TP de Génie des Procédés

Durant les premières semaines de notre projet, nous avons utilisé le détecteur lors des TP de Génie des Procédés. La manipulation qui génère des COV est toujours la même : extraction liquide-liquide. Il s'agit de raffiner un mélange acétone-toluène par extraction liquide-liquide dans une colonne pulsée à garnissage. Ce TP implique le fonctionnement de deux pompes, une faisant circuler le mélange ACETONE-TOLUENE à raffiner (L_0 , phase légère) et l'autre le solvant EAU (V_{n+1} , phase lourde).

Les principales manipulations regroupent plusieurs prélèvements du mélange à raffiner, des mesures par empotage chronométré du débit des deux effluents (le raffinat L_n et l'extrait V_1) et un prélèvement dans une ampoule à décanter. Des mesures d'indices de réfraction des différents échantillons quantitatifs d'extrait et de raffinat sont ensuite effectuées.

Ce TP se déroulait dans le bâtiment DARWIN en salle DA.B.RJ. 20 (zone ATEX).



Illustration 4: salle DABRJ 20

Campagne de mesures et exposition à long terme

Date et demi-journée	Mardi 1 ^{er} mars après-midi	Jeudi 3 mars matin	Mardi 8 mars après-midi	Mercredi 9 mars après-midi	Jeudi 10 mars matin	Jeudi 10 mars après-midi	Vendredi 11 mars matin	Vendredi 11 mars après midi	Jeudi 17 mars après-midi
Caractéristiques de la manipulation	Détecteur porté par un étudiant	Suivi des déplacements d'un élève	Suivi des déplacements d'un étudiant	Détecteur posé près de la paillasse	Détecteur porté par un encadrant	Rechargement des installations	Détecteur porté par un étudiant	Détecteur porté par un encadrant	Décroissance
Conditions particulières éventuelles		Détecteur porté par nous-même	MRIE + CFI Détecteur porté par nous-même (+ tests)	MRIE + CFI					
Valeur exposition long terme (en ppm)	18	11	15	7	19		7	8	

1. Exposition des étudiants

Premièrement, concernant l'exposition d'un **étudiant** aux COV, nous l'avons mesurée au cours de deux TP, sur deux étudiants différents (le 1^{er} et 11 mars). Nous avons aussi « suivi » certains déplacements et manipulations d'un étudiant durant le TP du 8 mars. Cependant, les résultats obtenus durant ce TP ne sont pas significatifs car nous avons effectué des tests en plaçant le détecteur au niveau de chaque endroit émettant des COV (au niveau de l'orifice de la pompe faisant circuler le mélange acétone-toluène par exemple), d'où une valeur pour l'exposition à long terme très importante.

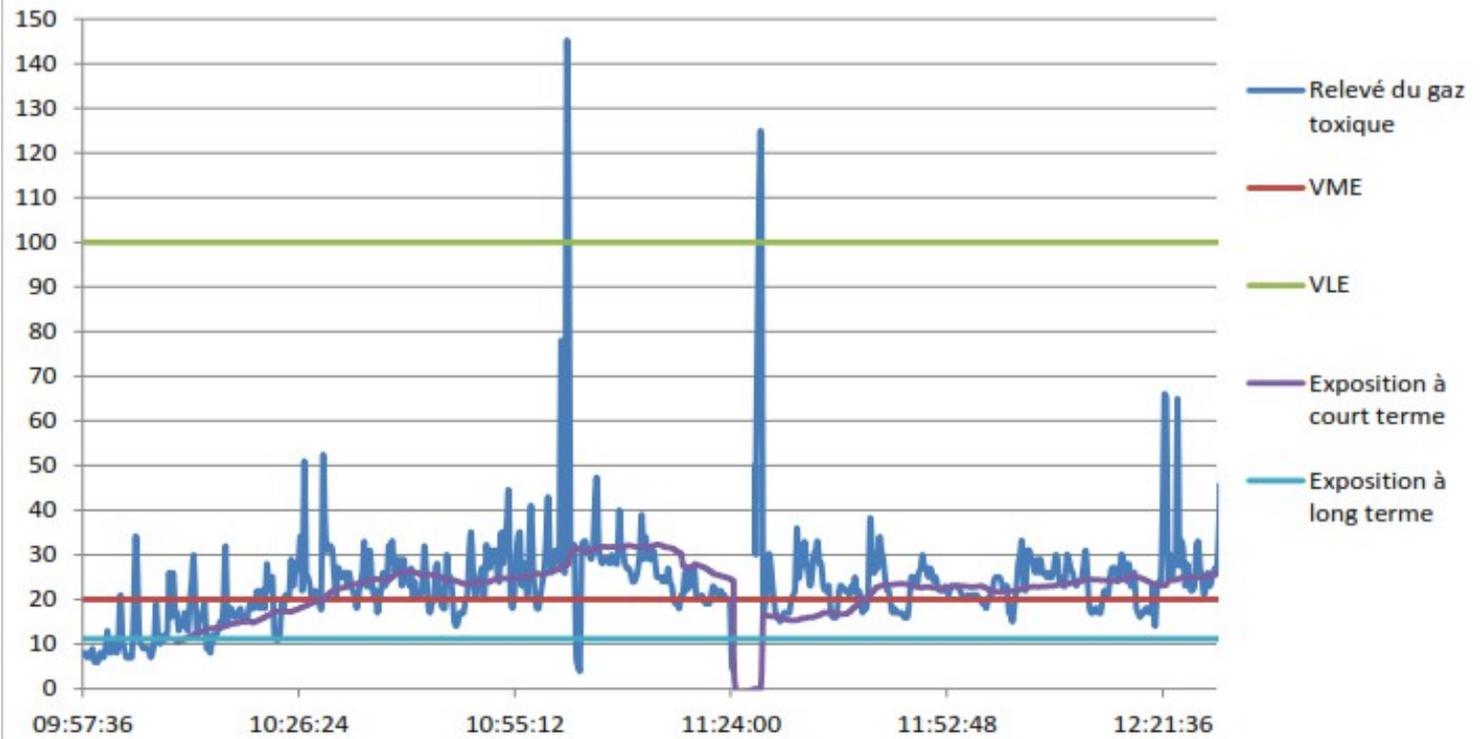
Nous remarquons également que les pics présents lors de chaque prélèvement sont encore plus importants lors de la fin du TP (atteignant jusqu'à 115 ppm), indiquant une accumulation de COV qui devraient être évacués par le système d'aspiration. Ce dernier ne semble pas efficace car lors d'une prise d'échantillons avec ou sans bras d'aspiration, les teneurs en COV sont les mêmes. Une vérification du système de ventilation de l'INSA nous semble donc nécessaire pour s'assurer de son bon fonctionnement.

Toutes les émanations cumulées se ressentent également à cause de la proximité de l'évier et de la paillasse. De plus, l'évier est relié aux autres salles de TP.

Par ailleurs, sur la passerelle, nous avons noté que les teneurs baissaient. En effet, le toluène est un gaz lourd (sa densité par rapport à l'air vaut 3.18) : il a donc tendance à s'accumuler en bas.

Enfin, nous avons observé une fuite au niveau de la pompe contenant le mélange à raffiner ; la fuite était recueillie dans un b cher à l'air libre. Lors du TP du 8 mars, nous avons également pu noter la présence d'essuie-tout autour de la pompe faisant circuler le mélange à raffiner.

TP GP du 03/03 Détecteur porté par nous-même, déplacements élève

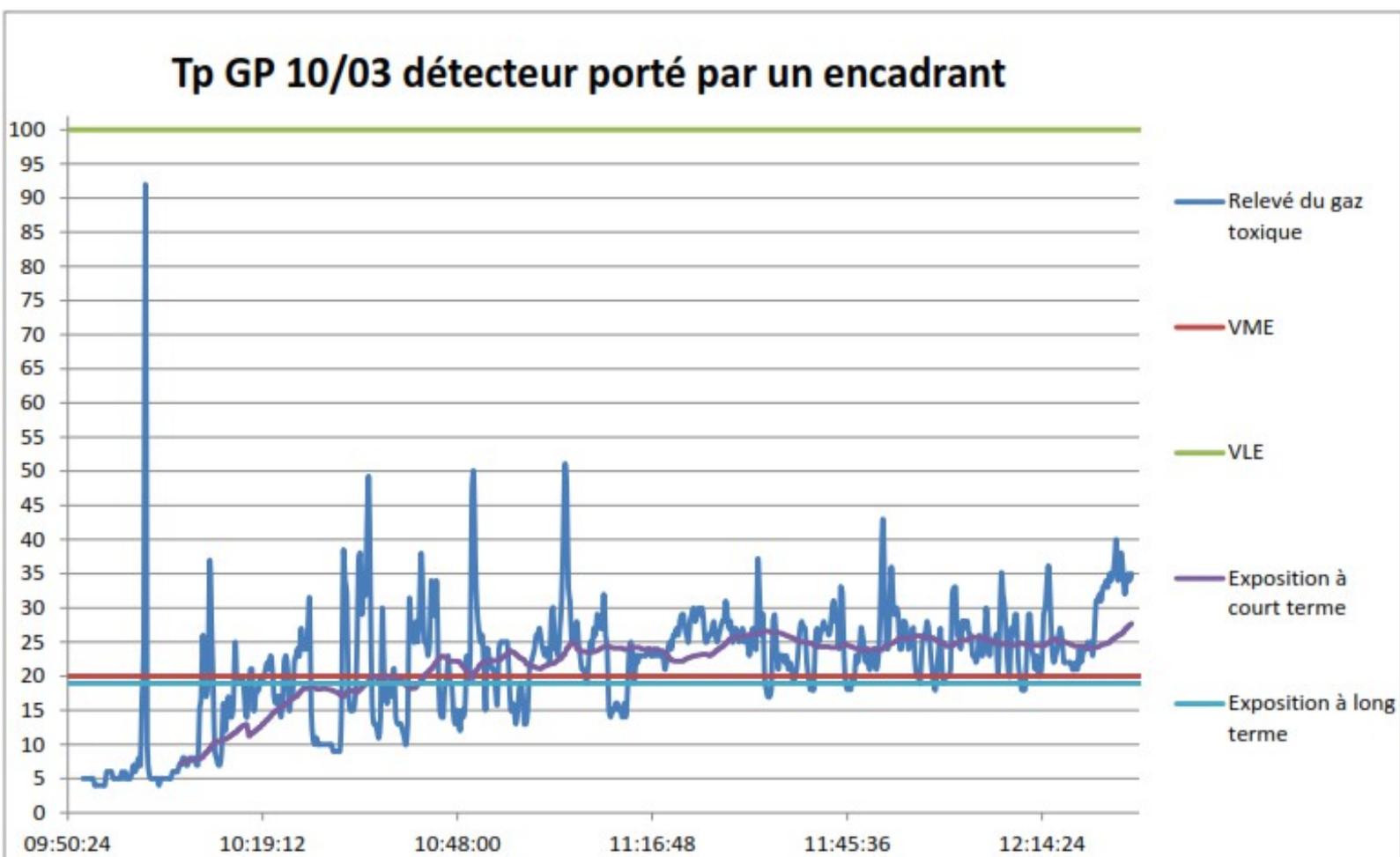


De la même façon, les récipients situés sous les robinets de prélèvement contiennent quelques gouttes de toluène (qui s'évaporent par la suite) si les étudiants n'ont pas attendu assez longtemps après avoir fermé le robinet à la fin d'un empotage. On peut constater sur le graphique ci-dessus que l'exposition à court terme est à un niveau préoccupant car elle est à plusieurs reprises au-dessus de la VME (cela dépend des graphiques), même si elle ne dépasse jamais la VLE. Les conditions de travail sont dégradées.

En ce qui concerne l'exposition à long terme, on s'aperçoit sur le graphique du 1^{er} mars qu'elle est très proche de la VME (d'une valeur de 20 ppm). Ce résultat est moins flagrant pour les 2 autres TP :

Date et demi- journée	1 ^{er} Mars après-midi détecteur porté par un étudiant	3 Mars matin détecteur porté par nous même	11 Mars matin détecteur porté par un étudiant
Valeur exposition long terme (en ppm)	18	11	7

2. Exposition des encadrants



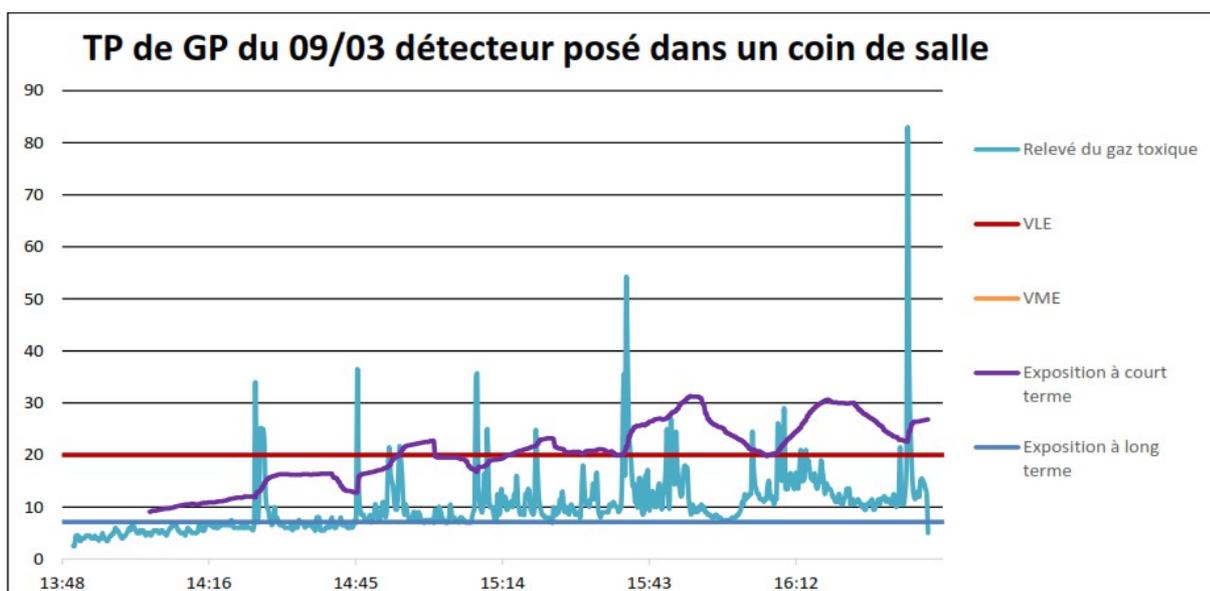
Concernant l'exposition de l'**encadrant** aux COV, nous l'avons mesurée lors de trois TP ³(3, 10 et 11 mars). Sur l'un des graphiques, nous pouvons constater des intervalles de temps durant lesquels la teneur en COV est nulle ; cela correspond aux sorties de la salle de l'encadrant. Le reste du temps, lorsque l'encadrant est présent, on constate de nombreux pics. Ainsi, ce graphique est représentatif des déplacements de l'encadrant.

Sur l'ensemble des graphiques, les pics constatés sont tous au-dessus de la VME et certains au-dessus de la VLE.

Date et demi-journée	3 mars matin	10 mars matin	11 mars après midi
Valeur exposition long terme (en ppm)	11	19	8

³ Voir Annexe 8

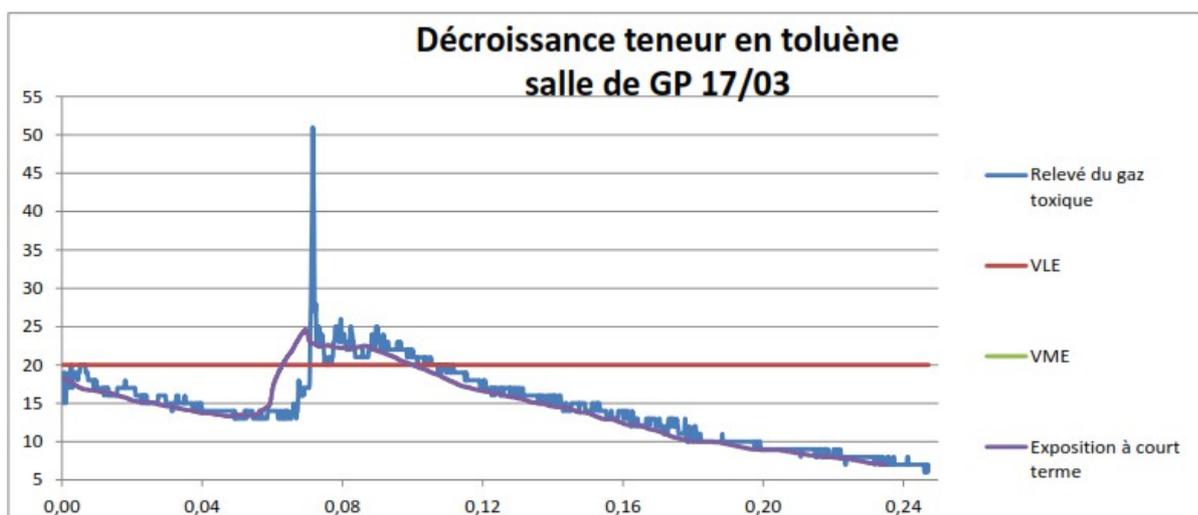
3. Evolution de la teneur à un endroit fixe pendant le TP



Concernant les mesures effectuées par le détecteur lorsque nous l'avons laissé sur une paillasse durant le TP, nous pouvons constater sur le graphique correspondant (voir ci-dessus) une montée progressive de la teneur en COV, avec des pics réguliers.

Ces pics peuvent principalement s'expliquer par la vaisselle effectuée par les étudiants, mais aussi par les émanations des bidons, de l'évier et celles des manipulations. Le tout étant mal évacué, il est logique que la teneur en COV mesurée augmente au fur et à mesure du TP.

4. Evolution de la teneur à un endroit fixe après le TP



Lors de l'analyse de la décroissance de la teneur en COV durant une après-midi, après un TP, on peut constater sur le graphique ci-dessus un unique pic, au bout d'1h43 et d'une valeur de 51 ppm, qui correspond au rechargement des installations. Après ce pic, la décroissance est relativement rapide : on constate graphiquement qu'au bout de 2h34 la teneur en COV est de 20 ppm, elle diminue jusqu'à 10 ppm au bout de 4h22. Il a donc fallu 1h50 pour réduire la

teneur de moitié. On note qu'on retrouve la teneur de fond (celle de début de TP sur les autres graphiques, aux alentours de 5 ppm) lors de nos dernières mesures. Il aura donc fallu environ 4h pour retrouver cette teneur après le rechargement des installations. Cette teneur de fond est due principalement à la présence dans le hall d'un ballon et d'un réservoir contenant du toluène et qui ont une ouverture à l'air. Ces ouvertures pourraient être réétudiées pour éviter au maximum la dispersion du toluène.

b. TP de polymères

Concernant les TP de Polymères, le détecteur a été porté par des étudiants et des encadrants, leurs observations ont été recueillies grâce aux fiches TP.

Le but de ce TP était d'étudier la réaction de transfert et la chromatographie d'exclusion stérique.

Le facteur susceptible d'émettre des COV durant ce TP était la manipulation de grandes quantités de styrène, d'acétone et de méthanol.

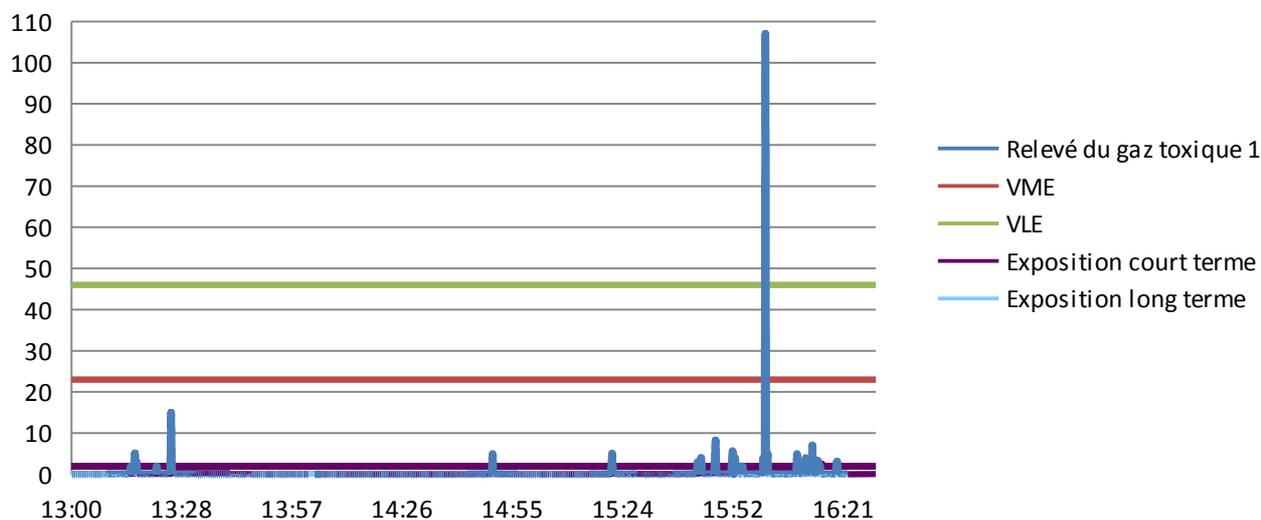
Le détecteur a été confié à 3 étudiants et 3 encadrants⁴.

	Styrène	Méthanol	Acétone
VME (en ppm)	23	200	500
VLE (en ppm)	46	-	1000

On remarque que ces valeurs limites sont proches voire supérieures à celles du toluène, elles sont toujours détectables par le détecteur car très supérieures à 0.

Pour les graphiques, nous choisissons donc comme VME et VLE celles du gaz dont les limites sont les plus faibles, ici le styrène.

TP Polymères-30/03/16-Détecteur porté par un encadrant



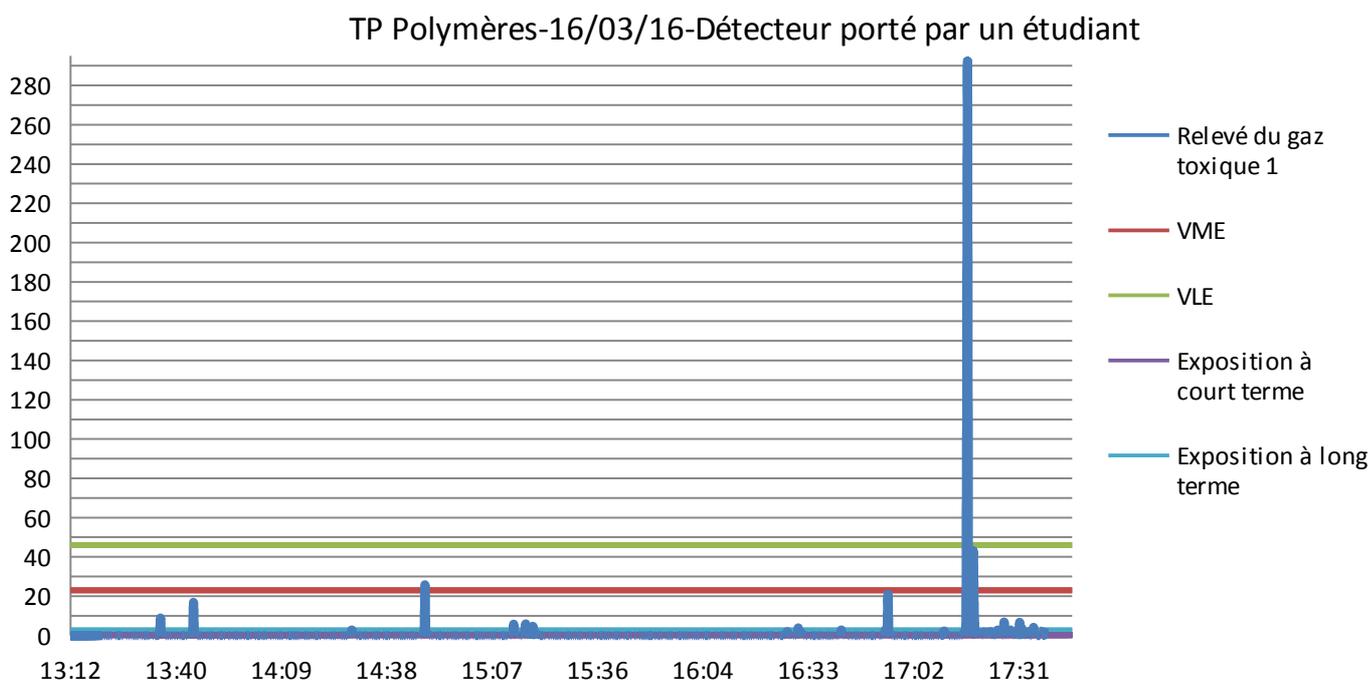
⁴ Voir Annexe 5

Pour l'exposition aux COV des étudiants comme celle des encadrants, les graphiques ne révèlent dans l'ensemble pas de danger : l'exposition court terme est toujours très inférieure à la VLE, et l'exposition long terme est toujours très inférieure à la VME durant tout le TP.

En effet, l'exposition court terme sur l'ensemble des graphiques est très souvent très proche de 0, et ne dépasse jamais 10 ppm. L'exposition long terme quant à elle est pratiquement nulle pour chaque TP.

Cependant, les 3 TP étudiant montrent un pic assez élevé vers la fin du TP, comme on peut le voir sur le graphique ci-dessous où le pic atteint environ 300ppm. Ce pic s'explique par la manipulation d'acétone lors de la vaisselle.

On remarque aussi que, contrairement aux TP de GP, ici l'encadrant semble beaucoup moins exposé aux COV que l'étudiant. En effet, pour l'ensemble des TP qu'il a réalisés, la valeur maximale d'un pic est de 20 ppm, ce qui est donc très faible.



Date	1 ^{er} avril	16 mars	17 mars	30 mars
Valeur exposition long terme (en ppm)	0,06	0,42	0,07	0,12

c. TP de Chimie Analytique

En ce qui concerne les TP de Chimie Analytique, le détecteur a été utilisé deux fois, les 19 et 20 mai. Les TP réalisés utilisaient la chromatographie liquide sous haute pression (*HPLC*).

Voici les COV utilisés au cours de ces TP ainsi que les valeurs limites d'exposition:

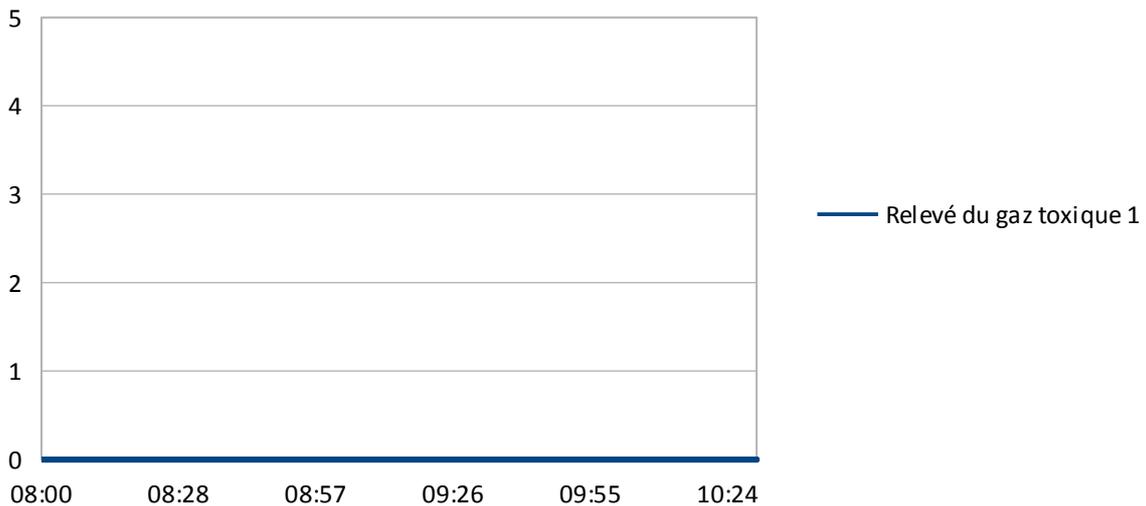
	Ethanol	Méthanol	Acétonitrile
VME (ppm)	1 000	200	40
VLE (ppm)	5000	-	-

Nous avons placé le détecteur au-dessus du bidon de déchet de l'éluant d'HPLC (acétonitrile), cependant nous avons constaté que toutes les mesures relevées étaient à 0 ppm : le détecteur n'est donc pas adapté pour mesurer les teneurs rencontrées car on se trouve sous ses limites de quantification.

Or, vu que la VME la plus faible est à 40 ppm, on peut conclure que les TP d'Analyse ne posent à priori pas de problème concernant l'émission de COV .

Ci-dessous le graphique correspondant au TP d'ANA du 19 mai :

TP ANA-19/05/16-Détecteur porté par un étudiant



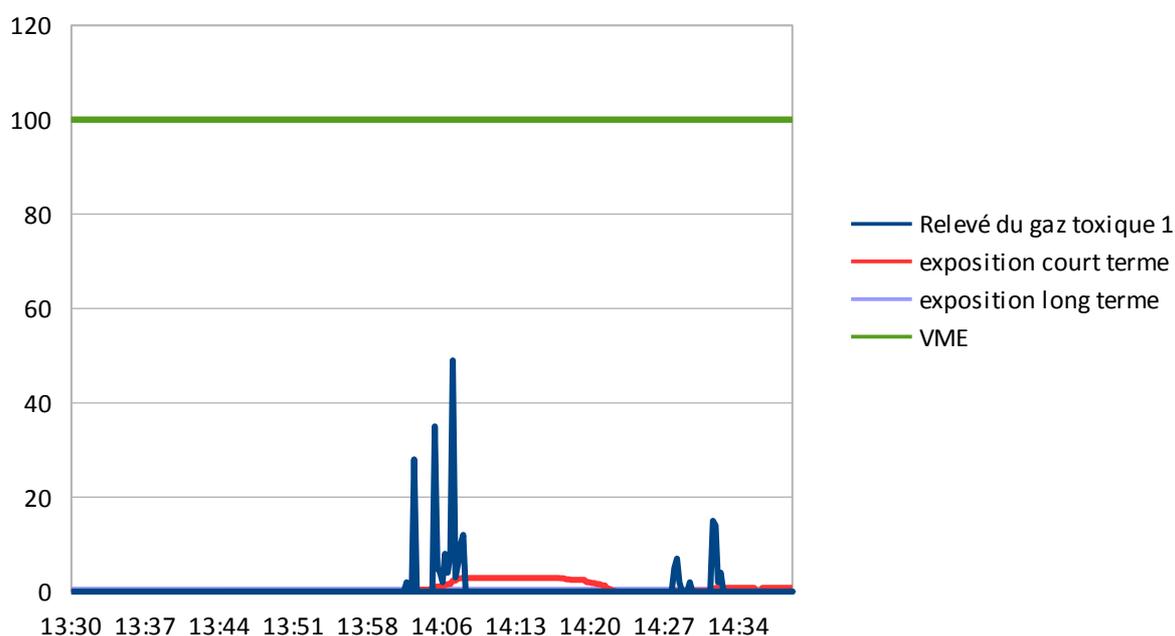
d. TP de Chimie Organique STPI2

Nous avons également fait fonctionner le détecteur lors des TP que nous avons été amenés à réaliser dans le cadre de la thématique CFI.

Seul le TP de Chimie Organique a été étudié, les autres TP (Polymères, Formulation, etc) n'utilisant pas de COV en quantité suffisante.

Ce TP consistait à synthétiser le 2-méthylpent-2-enal au cours d'une réaction de condensation aldolique. Il se divisait en 2 séances : la première consistait en la synthèse du produit, la deuxième en sa purification.

TP ORGA STPI2-Purification-02/05/16-Détecteur porté par un étudiant



Voici les COV utilisés pour cette synthèse :

	Ether diéthylique	Acétone
VME (ppm)	100	500
VLE (ppm)	200	1000

Nous avons donc pris sur nos graphiques la VME la plus basse, celle de l'éther dyéthylique.

La teneur en COV lors de ces deux séances de TP ne semble là non plus pas préoccupante, le détecteur n'ayant sonné que lors de la vaisselle à l'acétone. Graphiquement, on constate que la teneur en COV reste vraiment très faible autant lors de la synthèse que pendant la purification du produit, l'exposition court terme est toujours inférieure à 10 ppm sur chaque graphique et l'exposition long terme est quasi nulle.

Date	02 mai purification	09 mai synthèse
Valeur exposition long terme (en ppm)	0,35	0,08

e. TP de chimie organique département CFI

Concernant les TP de Chimie Organique réalisés par des étudiants du département CFI, nous avons déposé le détecteur lors de trois TP.

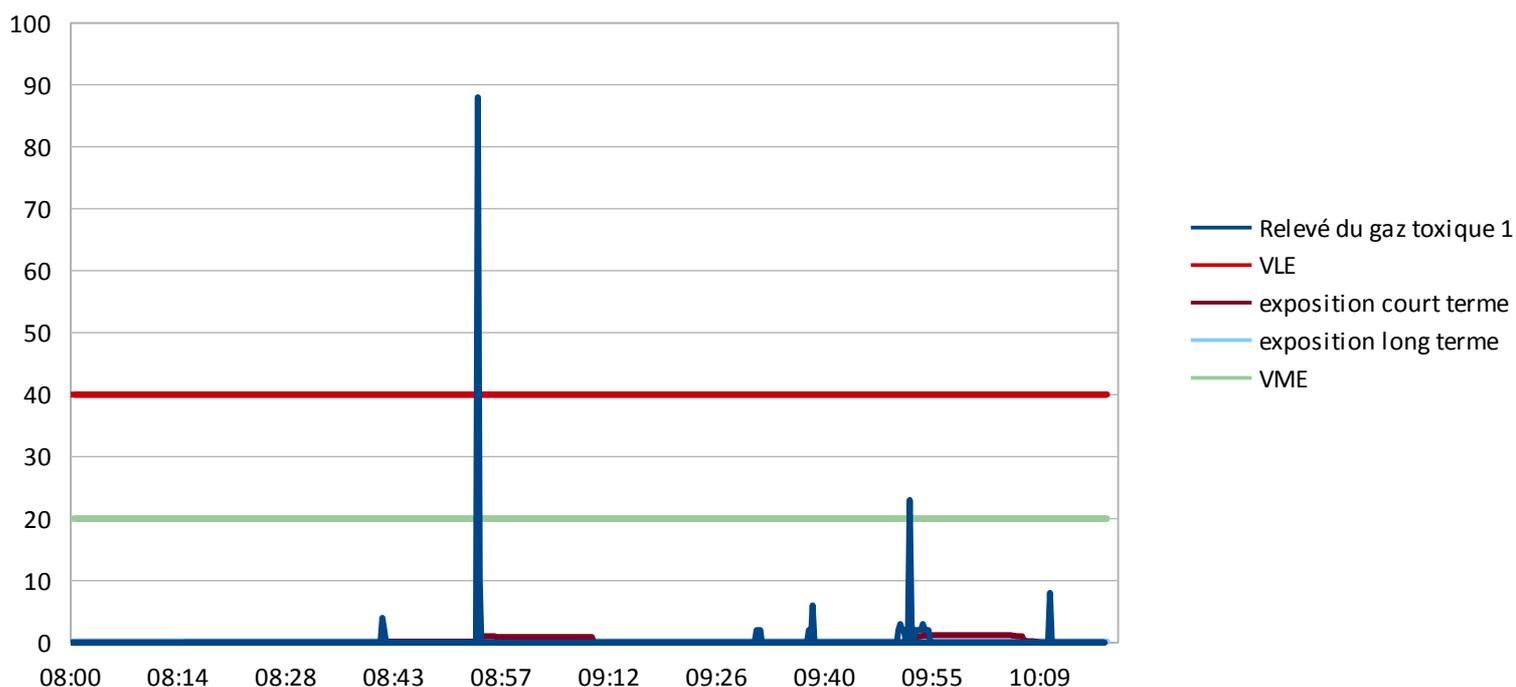
Ces TP consistaient en la synthèse du 3-nitrobenzoate de méthyle et une réaction de cétylation.

Voici un tableau récapitulant les différents COV utilisés lors de ces TP :

	Toluène	Ethylène glycol
VME (en ppm)	20	20
VLE (en ppm)	100	40

On utilisera sur les graphiques les VME et VLE de l'éthylène glycol (valeurs les plus faibles).
Ci-dessous un graphique correspondant au TP du 25 mai ; les autres graphiques se trouvent en annexe.

TP ORGA CFI-25/05/16-Détecteur porté par un étudiant



On note sur les graphiques⁵ quelques pics pouvant atteindre jusqu'à 85 ppm, notamment sur ceux du 04 et du 25 mai.

Cependant, l'exposition court terme est toujours très inférieure à la VLE (elle ne dépasse pas 8 ppm), et l'exposition long terme a toujours une valeur quasi nulle.

Ainsi, même si la teneur est élevée à quelques instants du TP, celle-ci reste globalement acceptable. Les pics sont inévitables car ils correspondent aux manipulations de COV, mais au final ceux-ci n'engendrent pas de conséquences à long terme sur l'étudiant.

⁵ Annexe 6

Date	04 mai	25 mai	26 mai
Valeur exposition long terme (en ppm)	0,3	0,14	0,06

V. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Au cours de ce projet, nous avons aussi étudié une autre méthode d'analyse de la teneur en COV, qui est la chromatographie en phase gazeuse⁶. Cette technique nous intéressait car elle nous permettait de déterminer la teneur précise de chaque COV présent dans l'air lors du TP.

Pour cela, il a fallu au préalable porter durant notre TP de chimie organique (synthèse du 2-methylpent-2-ene) une pompe reliée à une cartouche contenant du carbone. Cette cartouche est composée de deux parties : la première est un témoin; si celui-ci ne contient pas de COV, la cartouche est exploitable, sinon l'exposition a été trop importante et donc la cartouche est saturée. La deuxième partie, plus petite, permet de déterminer les concentrations respectives en COV.

Une fois le TP terminé et les pompes éteintes, nous avons versé chaque cartouche dans un récipient contenant 1mL d'hexane.

Nous avons ensuite pu réaliser la CPG afin d'analyser le carbone. Cette méthode nécessite l'utilisation de solutions étalons afin de pouvoir tracer des courbes d'étalonnage. Celles-ci nous permettront de déterminer par la suite les concentrations respectives en COV dans les cartouches. Nous avons donc mis au point un protocole nous permettant de préparer sept solutions étalons⁷. Nous avons ensuite passé ces solutions une à une dans l'appareil. Grâce au rapport de la CPG, on peut déterminer les rapports d'aires sous les pics correspondant aux différents COV et donc tracer des courbes d'étalonnage grâce aux rapports de concentration et d'aires.

Cependant, lors de l'analyse des cartouches, nous nous sommes rendus compte d'une anomalie dans les résultats obtenus⁸: les proportions dans les différents échantillons étaient tout le temps les mêmes. Il s'est avéré que l'hexane que nous avons utilisé pour réaliser les solutions étalons et les cartouches était pollué, nous n'avons donc pas pu exploiter nos cartouches. Les résultats que nous avons obtenus sont disponibles en annexe.

⁶ Voir Annexe 2

⁷ Voir annexe 3

⁸ Voir Annexe 4

Conclusions et perspectives

Conclusions sur le travail réalisé

Suite à ce projet, nous avons pu tirer les conclusions suivantes concernant les différents TP lors desquels le détecteur a été utilisé :

-A propos des TP de GP, notre présence à ces TP nous a permis de déterminer quelles manipulations étaient les plus responsables de l'émission de COV, et ainsi d'expliquer les pics présents sur chaque graphique . Les manipulations à risque sont selon nous les empotages, les prélèvements d'échantillons et la vaisselle à l'acétone.

Vu les nombreux pics obtenus, nous pouvons dire qu'il est nécessaire d'agir afin de protéger la santé des étudiants et du personnel. Un étudiant en CFI effectuant seulement deux TP dans cette salle dans l'année, est finalement peu exposé. L'encadrant quant à lui, fréquente cette salle tous les jours, il nous paraît donc très exposé et il en va de sa santé d'agir afin de diminuer cette teneur en COV. L'encadrant à tout intérêt à sortir régulièrement de la salle pour être moins exposé.

Une des priorités afin de diminuer la teneur en COV dans la salle serait de remplacer les bras d'aspiration jugés défectueux et de cartériser le montage d'extraction Liquide/Liquide.

Par ailleurs, nous avons noté que durant le TP, l'étudiant doit passer à côté des réservoirs pour mesurer des indices de réfraction à l'aide du réfractomètre. Or c'est au niveau de ces réservoirs qu'il y a la plus importante concentration en COV. Par conséquent, ce déplacement l'expose fortement. Nous pensons qu'il serait judicieux de changer de place le réfractomètre ou d'utiliser uniquement le deuxième réfractomètre dont la salle dispose, celui-ci étant mieux placé.

Pour minimiser encore davantage les risques d'exposition, nous proposons que l'encadrant effectue une prévention auprès des étudiants avant chaque TP pour leur rappeler le danger des produits qu'ils manipulent. Il nous paraît impératif de sensibiliser davantage les étudiants à la toxicité des produits et la nécessité de les manipuler toujours sous aspiration.

-Au sujet des TP de Polymères, le facteur susceptible d'émettre des COV était la manipulation de grandes quantités de styrène, d'acétone et de méthanol. Les graphiques montrent une exposition court terme et long terme quasi nulle, ainsi l'émission de COV durant les TP de Polymères ne nous paraît pas inquiétante. Les manipulations lors de ces TP sont effectuées avec toutes les mesures de protection et dans de bonnes conditions. Cependant, on pourrait peut-être penser à remplacer la vaisselle à l'acétone par un produit moins dangereux afin de diminuer davantage encore l'exposition des étudiants. Seulement, l'avantage de l'acétone est qu'il dissout bon nombre de composés organiques et qu'il permet d'éliminer les traces d'eau de la verrerie.

- En ce qui concerne les TP de Chimie Analytique, le détecteur n'a été utilisé que deux fois. De par les valeurs nulles relevées, on peut déduire que le détecteur n'est pas adapté pour mesurer les teneurs durant ces TP, car on est sous les limites de quantification du détecteur.

- A propos des TP de Chimie Organique en STPI 2 comme en CFI, malgré certains pics, la teneur en COV ne semble pas préoccupante.

Par ailleurs, grâce à l'expérience des fumigènes, nous pouvons ajouter que l'utilisation des sorbonnes est essentielle, car celles-ci sont très efficaces pour empêcher les vapeurs toxiques de se propager dans l'atmosphère de la salle.

Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. Projet

Anne-Gaëlle :

En ce qui me concerne ce projet a été un réel enrichissement dans beaucoup de domaines. En effet lors de celui-ci j'ai appris beaucoup de choses concernant les composés organiques volatiles, le détecteur et les normes en vigueur mais également concernant le travail de groupe. Ce projet m'a appris à analyser les données enregistrées par le détecteur et évaluer les risques encourus par les élèves et les encadrants lors des TP. Cette démarche fût très enrichissante et m'a permis de prendre du recul sur les manipulations effectuées lors des TP. Ce projet a été un réel enrichissement, en effet, désirant poursuivre mon cursus scolaire dans le département CFI, ce projet m'a permis d'élargir mes connaissances scientifiques qui me seront utiles dans les prochaines années. Le travail de groupe était parfois compliqué mais m'a permis d'apprendre à mieux travailler en groupe avec des personnes inconnues.

Justine :

Ce projet P6 m'a appris à travailler en groupe à long terme sur une problématique précise, en ayant un but commun et des objectifs prédéfinis .

Réaliser ce projet s'est révélé très bénéfique, car nous serons amenés à mener une démarche similaire durant notre future carrière d'ingénieur : face au problème ici de la teneur en COV dans les salles de TP de chimie, nous avons dû l'analyser, puis mesurer précisément la teneur à l'aide du détecteur portatif, et ce sur plusieurs semaines, afin d'exploiter un maximum de données et pouvoir proposer des solutions d'amélioration concrètes.

Dans l'ensemble nous nous sommes bien entendus pour mener à bien ce projet, même s'il n'a pas toujours été simple de s'organiser pour exploiter les données ou de respecter notre rôle prédéfini.

J'ai trouvé que ce projet correspondait bien avec la thématique CFI/MRIE que nous avons choisi tous les cinq pour ce semestre 4. En effet, il s'agissait d'évaluer les risques concernant l'émission des COV, et cela en assistant aux TP et en réalisant des protocoles (fumigènes, préparation du badge carbone...). Nous avons ainsi pu acquérir une première vision sur le département CFI, et cela m'a confirmé que ce domaine m'attirait et m'a motivé pour mes futures années en cycle ingénieur.

Enfin, ce projet m'a avant tout apporté des connaissances supplémentaires en chimie (fonctionnement des sorbonnes, COV, CPG, génie des procédés...), ce qui m'a permis d'enrichir mes connaissances scientifiques.

Mélissa :

Ce projet est l'un des plus intéressants auquel j'ai participé. En effet, le but était de mesurer la

teneur en COV lors de différents TP afin de déterminer si la santé des étudiants et des encadrants était compromise. Ce sujet avait donc un objectif particulier et pourrait avoir un impact sur les mesures de sécurité mises en place à l'intérieur des labos. Ce projet fut l'opportunité d'en apprendre davantage sur les COV, sur les risques encourus en manipulant et sur l'importance des équipements de protection.

Par ailleurs, cela m'a permis une nouvelle fois de travailler en groupe, notion importante pour le métier d'ingénieur. Cela a ses avantages comme la connaissance de nouvelles personnes et le partage de nos idées et de nos connaissances. Cela demande également une certaine organisation.

Enfin, ce projet me conforte dans le choix de prendre pour thématique CFI grâce à l'observation du travail réalisé en labo et aux échanges avec les élèves des années supérieures réalisant les TP.

Océane :

Ce projet a été pour moi l'occasion de travailler en équipe avec des personnes que je ne connaissais que très peu avant. Etant chef de projet, j'ai surtout dû m'occuper des plannings, de la répartition des tâches et de la communication avec les techniciens de laboratoire afin que le détecteur aille en TP si aucun de nous n'était disponible.

On a appris à s'organiser avec nos cinq emplois du temps différents.

Il m'a aussi permis d'assister à des tps de GP -toujours le même, celui de l'extraction liquide-liquide - ce qui m'a donné un aperçu de ce qu'on peut faire en département. De même, on a eu accès aux sujets de TP pour pouvoir évaluer les moments à risques.

Le projet m'a apporté beaucoup de connaissances, sur les COV, le détecteur, etc.

Romain :

Ce projet de chimie a été de mon côté très formateur. Tout d'abord j'ai découvert ce que sont les COV et l'impact qu'ils peuvent avoir selon leur concentration. En effet, une haute teneur en COV peut être dangereuse pour la santé et c'est pourquoi nous avons effectué des mesures dans les salles de TP. L'étude effectuée sur plusieurs semaines a permis de différencier les TP avec une haute teneur et ceux avec une basse teneur.

Ce projet m'a également fait découvrir ce qu'était le travail de groupe et les difficultés que cela pouvait amener. Il faut savoir se mettre d'accord lorsque les avis divergent et répartir le travail de façon équitable, ce qui est souvent compliqué. Nous communiquions souvent à l'aide des réseaux sociaux afin de se tenir au courant des avancées, et partager le travail effectué. La mise en place d'un planning était également intéressante car ce dernier permettait d'avoir des objectifs hebdomadaire à remplir.

Enfin ce projet rejoignait mon projet professionnel qui est d'intégrer le département CFI. Il m'a donc permis de découvrir divers aspects de ce dernier, notamment les nombreux TP que nous serons amenés à faire durant les années de département, ainsi que de me familiariser avec les laboratoires.

Perspectives pour la poursuite de ce projet

Selon nous, il serait très intéressant de réitérer ce projet les années suivantes afin de voir si les améliorations proposées pour diminuer la teneur en COV dans les salles de TP ont été effectuées et si oui, de comparer leur impact à précédemment.

Nous proposons néanmoins quelques modifications afin d'améliorer ce projet :

Toutes nos conclusions sont basées sur un seul détecteur, cependant celui-ci peut subir des défaillances, nous ne sommes pas assurés d'une fiabilité optimale. C'est pourquoi un deuxième appareil de mesure pourrait être nécessaire afin d'enrichir les conclusions apportées. De plus, nous ne pouvons pas être présents à chaque TP car beaucoup d'entre eux avaient lieu sur nos heures de cours. Nous ne savions donc pas toujours la cause des pics de teneur observés, si celle-ci n'était pas détaillée sur la fiche TP.

Peut-être qu'il faudrait effectuer nous-même des tests en laboratoire avec différents COV, sur notre heure de projet hebdomadaire ou en dehors, afin d'évaluer l'influence de chacun sur les valeurs détectées.

En ce qui concerne l'organisation propre du groupe, une redistribution des rôles a été nécessaire. En effet, ceux-ci n'étaient pas en adéquation avec le travail à fournir (une seule personne pour l'exploitation n'était pas suffisante par exemple).

Notations, acronymes

GP: Génie des Procédés

ANA: Analytique

POLY: Polymères

ORGA: Organique

STPI2: Sciences Technologiques pour l'Ingénieur 2ème année

COV: Composés Organiques Volatiles

FC: Facteur Correctif

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

Bibliographie

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/COV.html> (valide à la date du 15/04/16)

http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossier=274 (valide à la date du 15/04/16)

<http://www.ineris.fr/centredoc/emisn1-4v6.pdf> (valide à la date du 15/04/16)

<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Composes-organiques-volatils-COV.html>
(valide à la date du 15/04/16)

<http://www.entreprises.cci-paris-idf.fr/web/environnement/air-energie/reduire-emissions-atmospheriques/reglementation-cov-applicable-icpe> (valide à la date du 15/04/16)

<http://www.ineris.fr/centredoc/emisn1-4v6.pdf> (valide à la date du 22/02/16)

http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/compose_organique_volatil_cov.php4
(valide à la date du 22/02/16)

www.ineris.fr/centredoc/emisn1-4v6.pdf (valide à la date du 22/02/16)

<https://www.gazdetect.com/informations-complementaires-dg/detection-de-composes-organiques-volatils/> (valide à la date du 22/02/16)

http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossier=274 (valide à la date du 22/02/16)

http://www.ors-idf.org/dmddocuments/rapport_cov_final.pdf (valide le 13/03/16)

<http://www.lamaisonnature.ch/les-materiaux/la-pollution-interieure/les-composes-organo-volatils-cov/>
(valide à la date du 13/03/16)

http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossier=274 (valide à la date du 13/03/16)

<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-cov-5415/> (valide à la date du 30/04/16)

<http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/les-cov-mais-quest-ce-que-cest-3392/> (valide à la date du 30/04/16)

<http://www.ineris.fr/centredoc/mesure-1357743062.pdf> (valide le 30/04/16)

<https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-00971915/document> (valide à la date du 30/04/16)

<http://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/composes-organiques-volatils-cov/definition-sources-demission-impacts> (valide à la date du 12/05/16)

<http://www.ircamex.com/reglementations/les-c-o-v/> (valide à la date du 12/05/16)

<http://www.eurofins.com/france-cov> (valide à la date du 12/05/16)

<http://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/composes-organiques-volatils-cov/cadre-reglementaire-cov> (valide à la date du 12/05/16)

Annexes

1 - Les COV : explications et réglementations

Le texte qui suit provient du site suivant :

[www.officiel-prevention.com/.../ris.../detail dossier CHSCT.php...](http://www.officiel-prevention.com/.../ris.../detail_dossier_CHSCT.php...)

L'essentiel

Les composés organiques volatils (COV) sont des substances qui se caractérisent par leur grande volatilité, c'est-à-dire qu'ils émettent des vapeurs même à pression et température ordinaire de travail, et donc se répandent aisément sous forme gazeuse dans l'air ambiant des ateliers, bureaux ou dans l'atmosphère extérieure environnante. Les COV sont très nombreux et proviennent des hydrocarbures et de leurs dérivés chimiques : parmi les plus fréquents, citons le butane, le propane, l'éthanol, le benzène, le formaldéhyde et l'acétone, le styrène, les aldéhydes, le perchloroéthylène...

Les COV sont utilisés dans de multiples secteurs professionnels, particulièrement dans les procédés industriels utilisant des solvants (peintures, colles, vernis, encres, traitements de surface, dégraissage, nettoyage à sec, caoutchouc ...), ou sont utilisés dans de très nombreux produits pour leurs propriétés intrinsèques (gaz propulseurs, carburants, bactéricides, ...).

Les composés organiques volatils ont des effets très néfastes sur la santé (irritations des yeux, des muqueuses des voies respiratoires, troubles cardiaques et du système nerveux, céphalées, nausées...) et certains COV sont cancérigènes (benzène...), d'autres toxiques pour la reproduction ou mutagènes. De plus, au contact d'une source de chaleur, les COV présentent des risques importants d'incendie et d'explosion. Enfin, en se dégradant dans l'atmosphère sous l'effet des rayonnements du soleil et de la chaleur, ils provoquent la formation ou l'accumulation dans l'environnement de composés nocifs, comme l'ozone. Les multiples risques que présentent les COV ont conduit à de nombreuses réglementations, aboutissant à un ensemble complexe de mesures pour répondre aux normes (valeurs limites d'exposition professionnelle).

La prévention consiste à :- limiter l'utilisation des produits les plus émetteurs et favoriser la substitution par d'autres qui le sont moins (produits poudres par exemple),

- promouvoir des actions de réduction à la source d'émission (produits bases aqueuses, optimisation des procédés d'application par exemple),
- capter les COV le plus en amont possible pour les réutiliser ou les détruire,
- utiliser des machines fermées étanches,
- ventiler les lieux de travail et aspirer les vapeurs à leur source d'émission,
- respecter scrupuleusement les règles de stockage des produits chimiques,
- adapter toutes les installations électriques des locaux à la zone de risque, conformément aux directives européennes ATEX concernant les atmosphères explosives.
- en cas d'urgence ou pour des travaux exceptionnels de courte durée, porter un appareil de protection respiratoire et des gants de protection adaptés à la tâche effectuée et au produit

concerné.

La réglementation concernant les Composés Organiques Volatils

Les textes législatifs forment un ensemble complexe de mesures, échéances strictes et méthodes de réduction des émissions de COV précises, ayant une portée considérable pour de très nombreuses entreprises, qui doivent adopter des procédés et des produits pour répondre aux normes (valeurs limites).

Les installations doivent respecter les Valeurs Limites d'Emissions (VLE) selon les différents COV. Les principales réglementations relatives aux COV ne s'appliquent pas seulement à la limitation des émissions d'installations industrielles mais aussi à celles relatives à la limitation des concentrations dans des compositions de produits de grande consommation.

En ce qui concerne les évictions professionnelles, les femmes enceintes ou allaitantes ne peuvent être maintenues à des postes de travail les exposant par exemple au benzène et à certains dérivés des hydrocarbures aromatiques (hors appareils clos).

2 - Fonctionnement de la CPG

Le but de la CPG est de séparer les molécules d'un mélange afin de les identifier grâce à des étalons et des solutions pures passées précédemment. Elle permet aussi de déterminer la concentration de chacun des composants grâce aux aires sous les pics. En effet, si on les compare avec les étalons pour lesquelles on connaît les concentrations de tous les composants, on peut tracer des courbes d'étalonnage pour déterminer les concentrations dans notre produit.

La CPG est composée de plusieurs parties. On trouve en premier la chambre de combustion, appelée injecteur, avec un septum. La micro seringue est introduite dans le septum et lorsqu'on injecte le produit, une quantité de quelques microlitres, la chambre étant à une température supérieure à toutes les températures d'ébullition des différents produits, l'échantillon est directement volatilisé. Le gaz est ensuite transporté dans la colonne grâce au gaz vecteur, ici de l'hélium, qui est introduit dans l'injecteur. Le gaz va parcourir toute la colonne avant d'atteindre le détecteur FID, il s'agit d'une flamme alimentée avec de l'hydrogène et de l'air dont la tension, de l'ordre de la centaine de volts, est maintenue entre la buse de la flamme et une électrode entourant cette dernière. Lorsque les molécules traversent la flamme, elles sont ionisées ce qui provoque un courant électrique entre les électrodes qui est ensuite amplifié.

La colonne est apolaire et capillaire. Son caractère apolaire est donnée par la phase stationnaire va retenir les molécules les plus apolaires -celles avec lesquelles elle a le plus d'affinité. Les molécules polaires sont donc celles qui sortent de la colonne en premier. Un film directement déposé sur les parois de la colonne, de longueur importante, lui procure une capillarité importante. Ici, il est épais de 1.8 micromètres. La colonne est dans un four qui est maintenu à température constante. Nous avons utilisé le chromatographe CLARUS 580 Perkin Elmer, et la colonne s'appelle ZB-624.

Parallèlement, on utilise un logiciel qui permet de programmer les injections. Un écran tactile est relié à la CPG, il permet d'allumer la flamme, de vérifier les températures, mais aussi de programmer un compte à rebours de 5 secondes avant chaque injection. Le logiciel que l'on utilise est TotalChrom Navigator. On sélectionne la méthode, puis choisit l'emplacement des résultats et le nom de l'injection. Ensuite, sur le logiciel et sur l'écran de la CPG s'affiche certaines données mais surtout si la machine est prête à l'injection. Lorsqu'elle n'est pas prête, toutes les données sont en rouge, et lorsqu'elle est prête, elles sont en vert. On peut visualiser les résultats en direct, la courbe se dessine petit à petit. Chaque injection dure normalement 20 min mais on peut l'arrêter à tout moment. Nous les avons arrêtées au bout de 8 min car tous nos composés étaient sortis. On peut ensuite aller dans Graphic Edit, qui nous ressort la dernière courbe. Ici, on peut définir le bruit de fond, puis attribuer un nom à chaque pic, c'est à dire identifier les différents composants. Ainsi, on modifie la méthode, et en prenant cette nouvelle méthode pour les injections suivantes, on aura directement l'identification des pics dans les résultats. Enfin, dans résultats, on peut imprimer un rapport qui relève tous les pics avec le temps et l'aire sous les pics qui nous intéressent.

3 - Protocoles des solutions étalons pour la CPG

Avant toute manipulation, vérifier l'étalonnage des pipetman en prélevant 1 mL d'eau et en pesant ce volume. La masse attendue est d'1 g.

Préparation solution E_0 :

- Introduire 20 mL d'hexane dans une fiole jaugée de 25 mL.
- Ajouter 100 μ L d'ethanol à l'aide d'un pipetman en plongeant l'embout dans le solvant afin d'éviter l'évaporation de l'éthanol.
- Compléter avec de l'hexane jusqu'au trait de jauge.
- Obtention de la solution E_0 . Conserver la solution dans un flacon.

($C_{\text{ethanol}} = 3,16 \text{ mg/ml}$)

Préparation solution mère S_0 :

- Introduire environ 80 mL d'hexane dans une fiole jaugée de 100 mL.
- Introduire ensuite 100 μ L d'ether, 100 μ L de propanal et 100 μ L d'acétone à l'aide d'un pipetman. Prendre soin d'introduire les produits avec l'embout du pipetman dans le solvant afin d'éviter leur évaporation.
- Compléter avec de l'hexane jusqu'au trait de jauge.
- Obtention de la solution S_0 . Conserver la solution dans un flacon.

($C_{\text{ether}} = 713 \mu\text{g/mL}$, $C_{\text{propanal}} = 810 \mu\text{g/mL}$, $C_{\text{acétone}} = 791 \mu\text{g/mL}$)

Préparer les étalons E_1 à E_6 , en répétant le protocole suivant :

- Introduire environ 15 mL d'hexane dans une fiole de 25 mL.
- Ajouter les quantités de solutions E_0 et S_0 indiquées dans le tableau ci-dessous à l'aide d'une pipette jaugée en la plongeant dans le solvant.
- Compléter avec de l'hexane pour obtenir 25 mL de solution.
- Remplir deux vials étiquetés pour chaque étalon.

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
$V_{S_0}(\text{ml})$	0,1	0,5	1	2	4	5
$V_{E_0}(\text{ml})$	1	1	1	1	1	1
Prélèvement E_0	Pipetman	Pipetman	Pipetman	Pipette jaugée	Pipette jaugée	Pipette jaugée
C_{ethanol}	126,4 $\mu\text{g/mL}$					
$C_{\text{ether}} (\mu\text{g/mL})$	2,85	14,3	28	57	114	142
C_{propanal}	3,24	16,2	32	64	129	162
$C_{\text{acétone}}$	3,16	15,8	31	63	126	158

Solutés : éther, propanal, acétone.

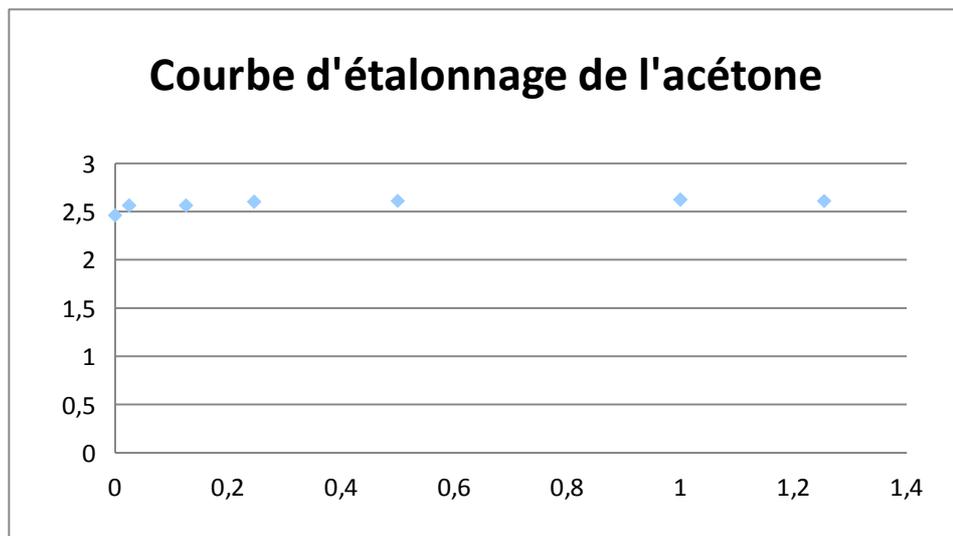
Solvant : hexane
Etalon interne : ethanol

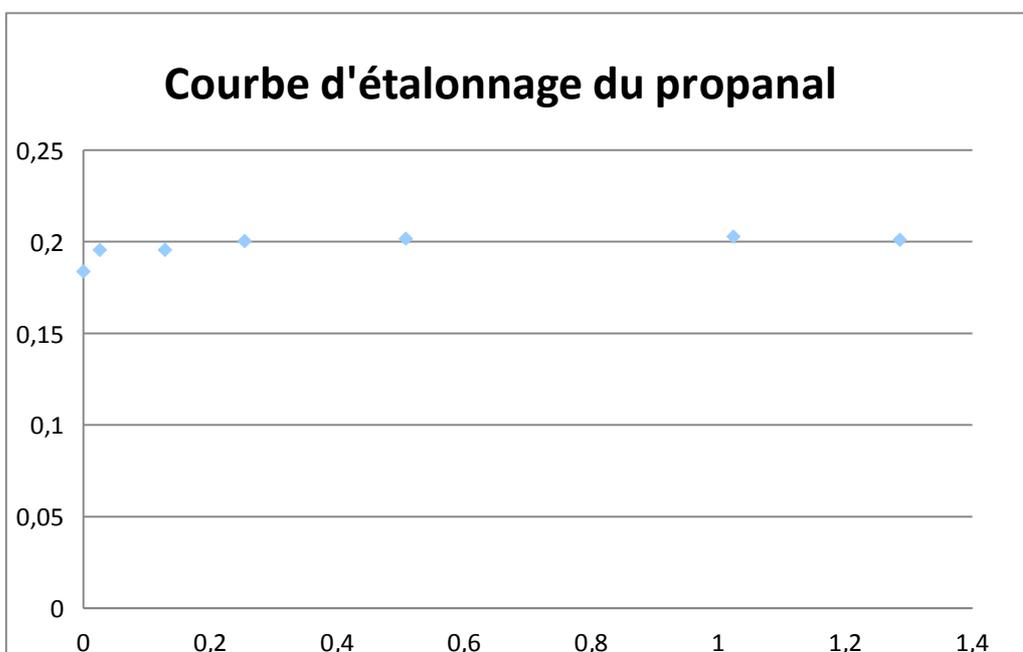
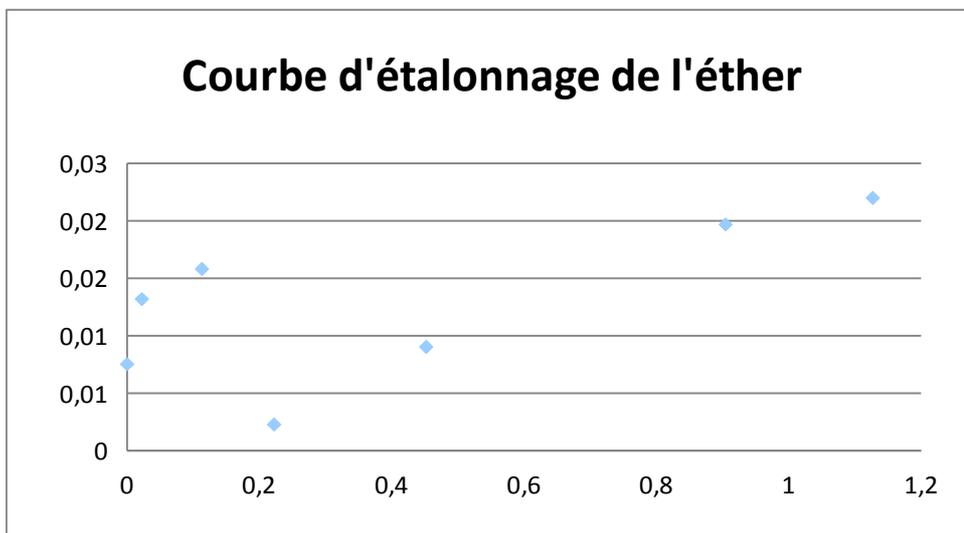
Les concentrations en solutés doivent être comprises entre 2 et 200 $\mu\text{g/mL}$ pour être détectables.

4 - Résultats de la CPG

échantillon/produit	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6
ether	112,48	205,36	250,4	34,1	120,41	267,58	298,27
propanal	2742,49	3044,4	3097	2993	2688,08	2756,35	2726,38
acétone	36709,29	39903	40581,7	38878,86	34795,35	35666,91	35384,01
éthanol	14921,29	15573	15839,6	14941,38	13326,22	13593,88	13561,71

échantillon/concentration	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Céther/Céthanol	0	0,02261905	0,11349206	0,22222222	0,45238095	0,9047619	1,126984127
Aéther/Aéthanol	0,00753822	0,01318693	0,01580848	0,00228225	0,00903557	0,01968386	0,021993539
Cpropanal/Céthanol	0	0,02571429	0,12857143	0,25396825	0,50793651	1,02380952	1,285714286
Apropanal/Aéthanol	0,18379711	0,1954922	0,19552261	0,20031617	0,20171361	0,20276404	0,20103512
Cacétone/Céthanol	0	0,02507937	0,12539683	0,24603175	0,5	1	1,253968254
Aacétone/Aéthanol	2,46019547	2,5623194	2,56204071	2,60209298	2,61104424	2,6237476	2,60911124

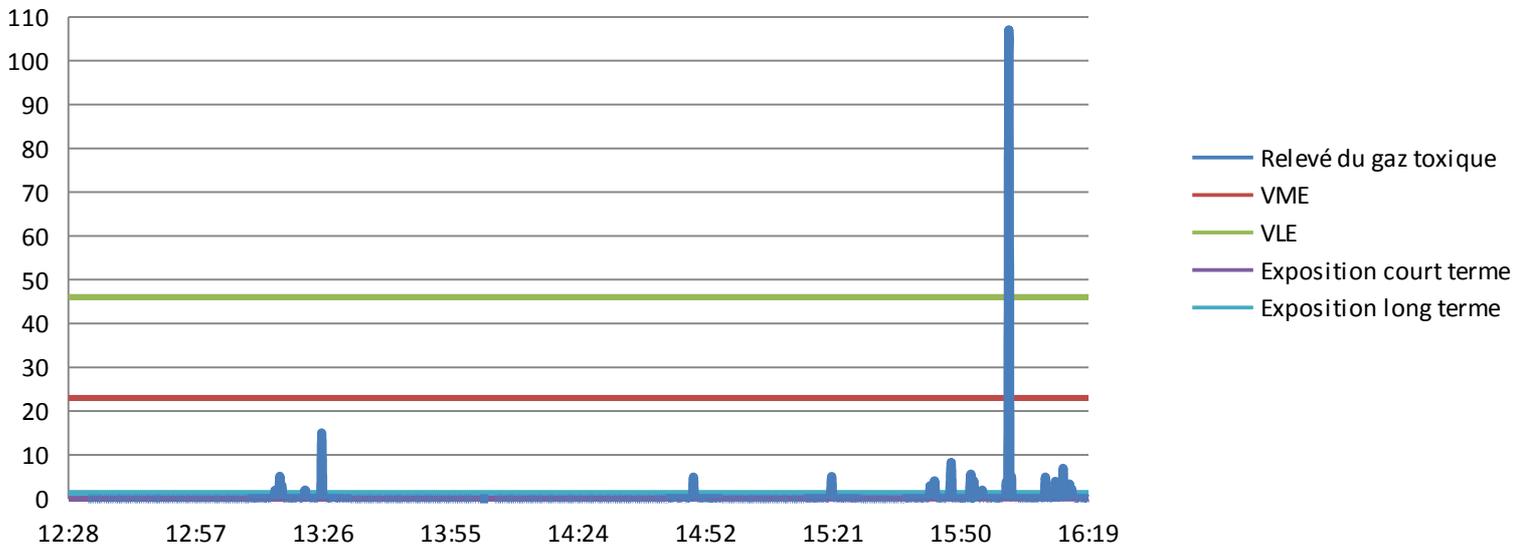




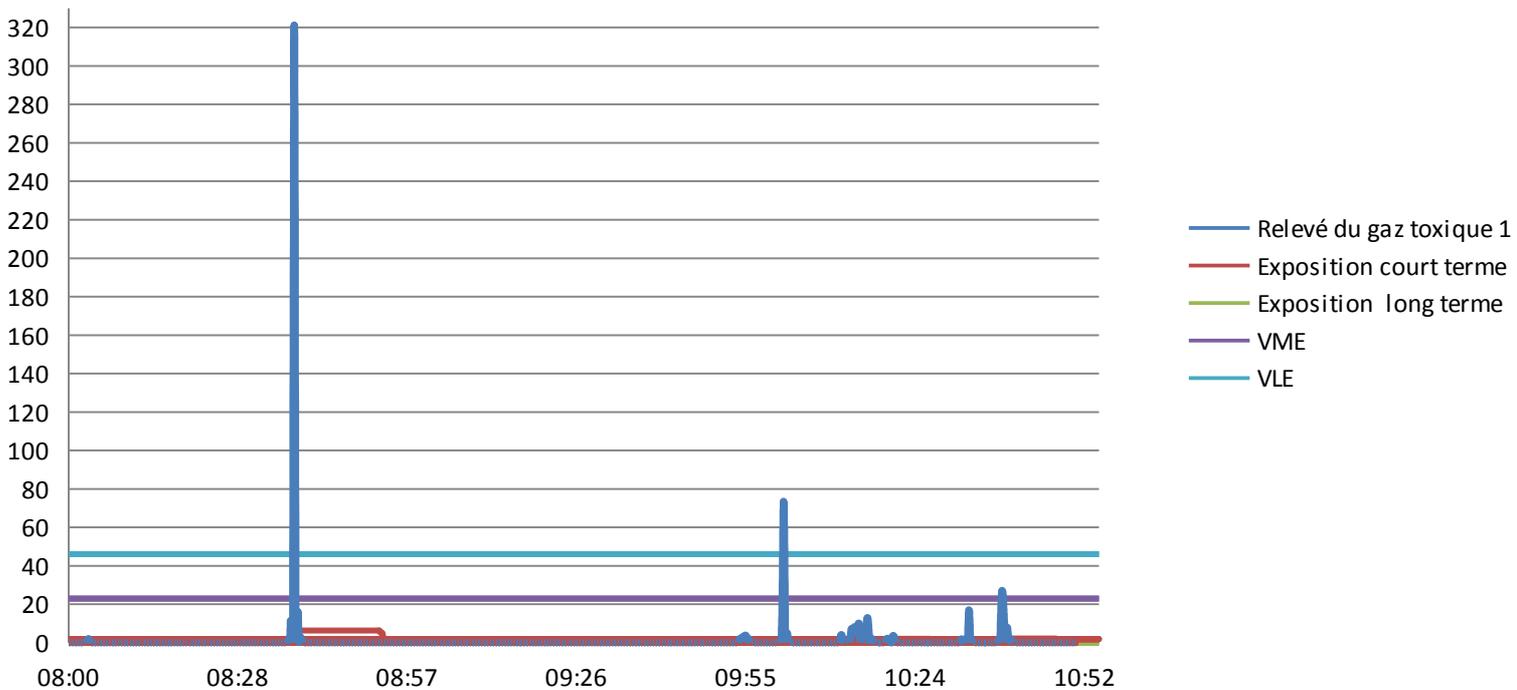
échantillon/produit	Cartouche 1	Cartouche 2
ether	696,5	499,1
propanal	2752,3	2213,2
acétone	35786,3	28353,8
éthanol	13957,1	10865,8

5 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP de Polymères

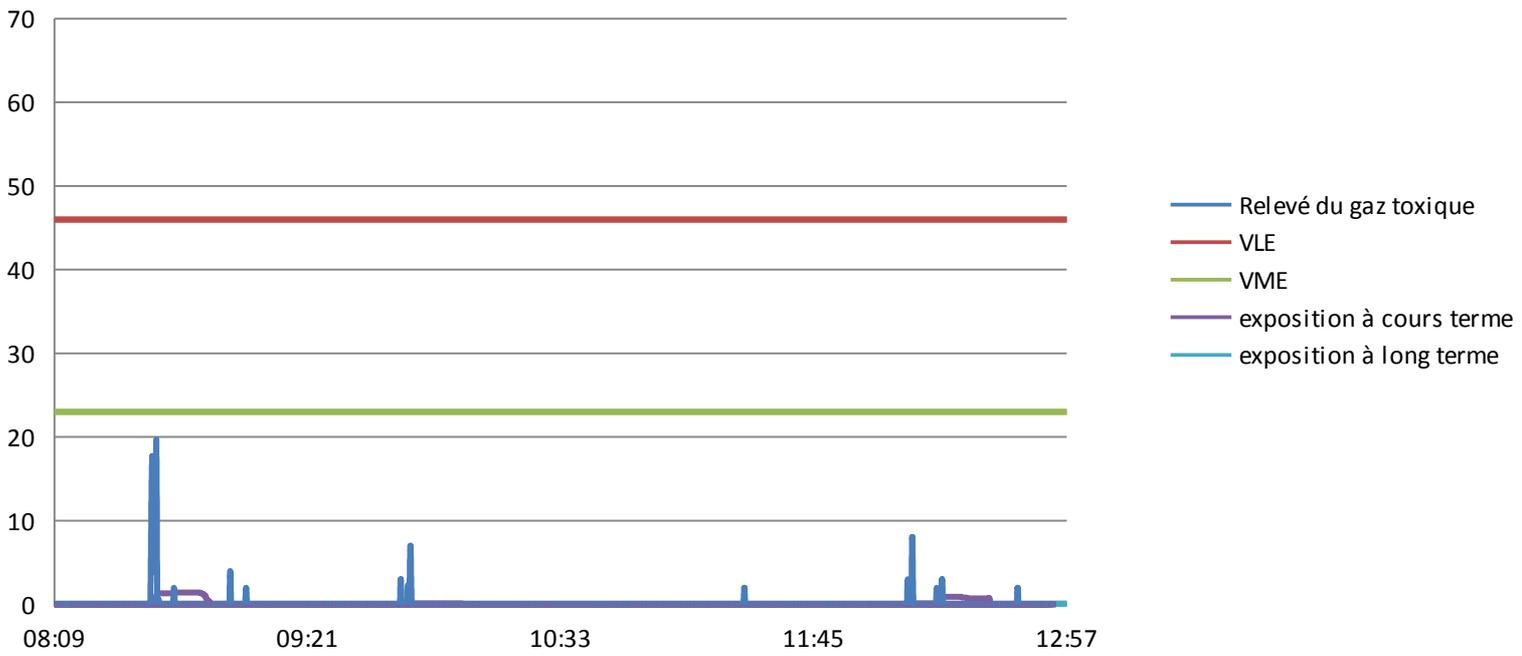
TP Polymères-30/03/16-Détecteur porté par un étudiant



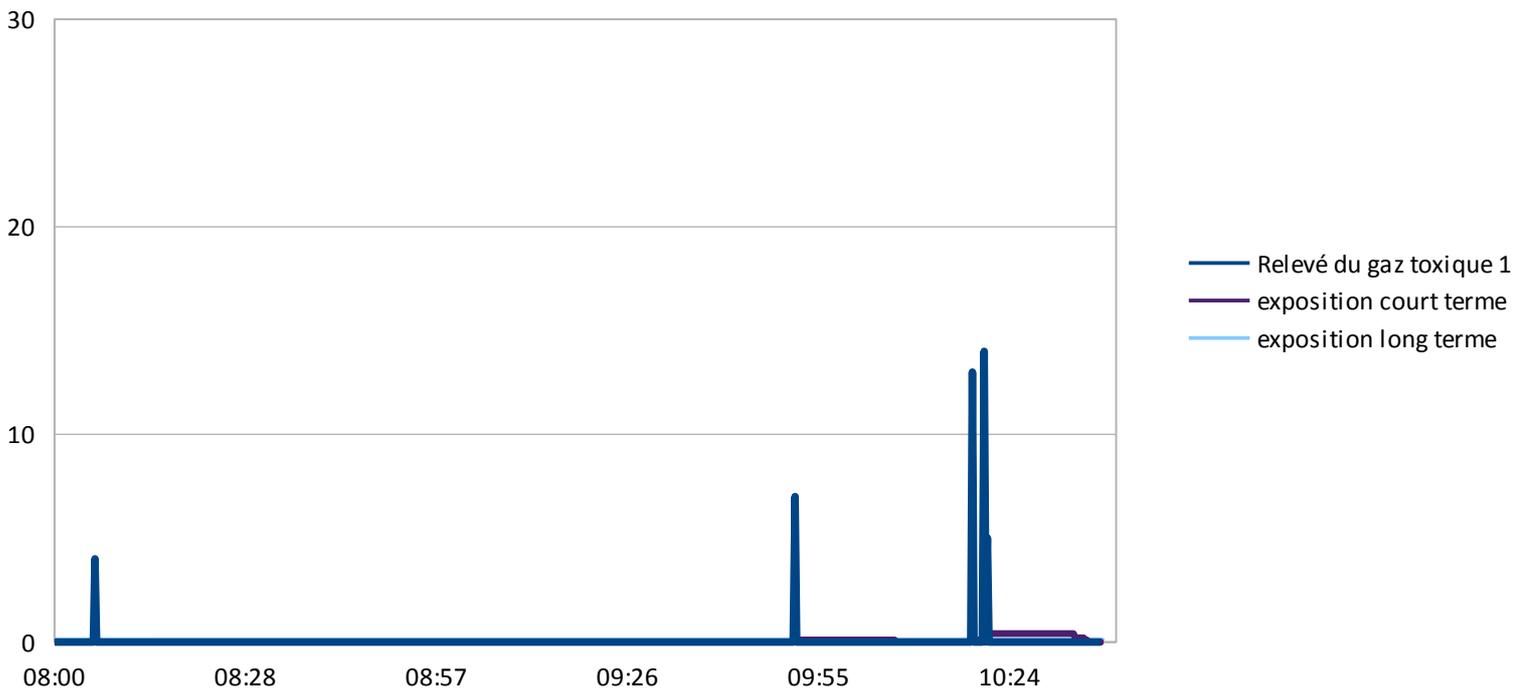
TP Polymères-31/03/16-Détecteur porté par un étudiant



TP Polymères-17/03/16-Détecteur porté par un encadrant

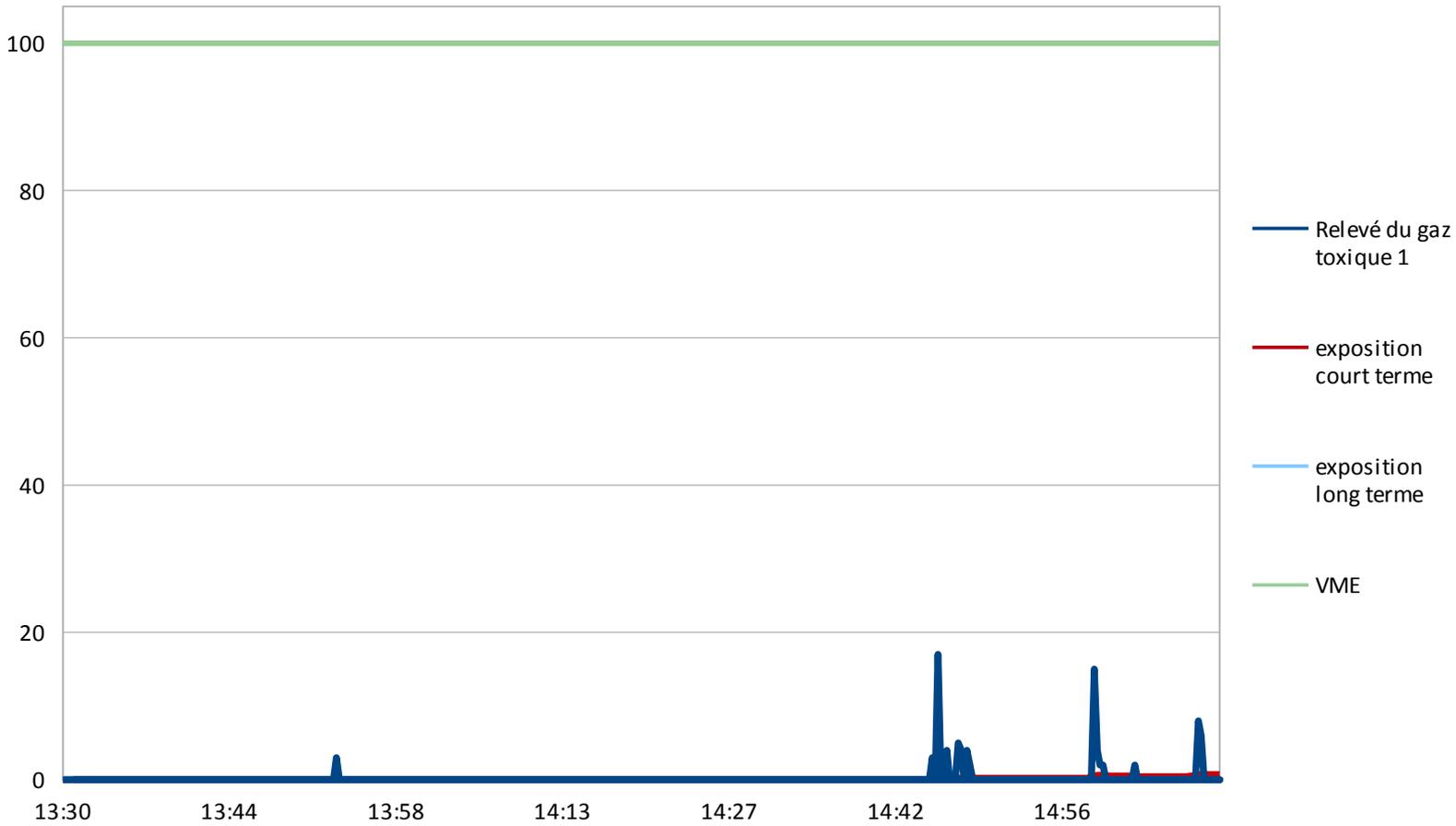


TP Polymères-01/04/16-Détecteur porté par un encadrant



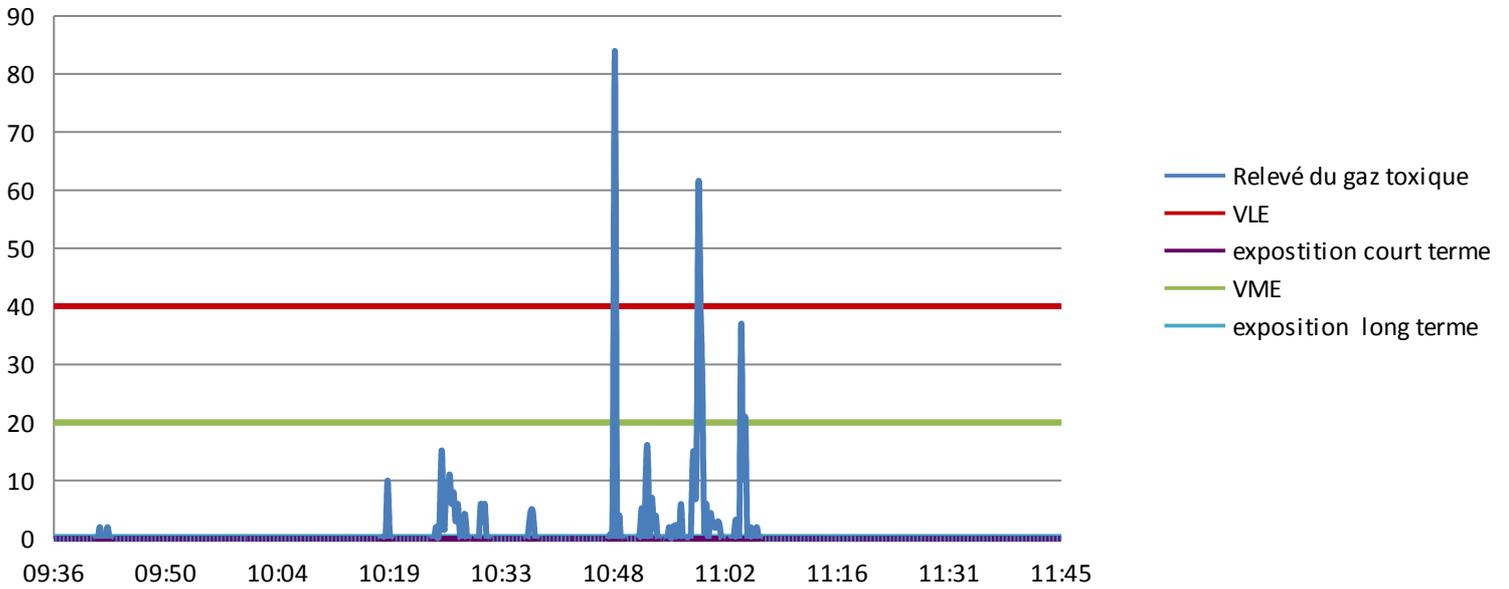
6 - Graphique des valeurs détectées lors du TP de synthèse en chimie organique STPI2

TP ORGA STPI2-Synthèse-09/05/16-Détecteur porté par un étudiant

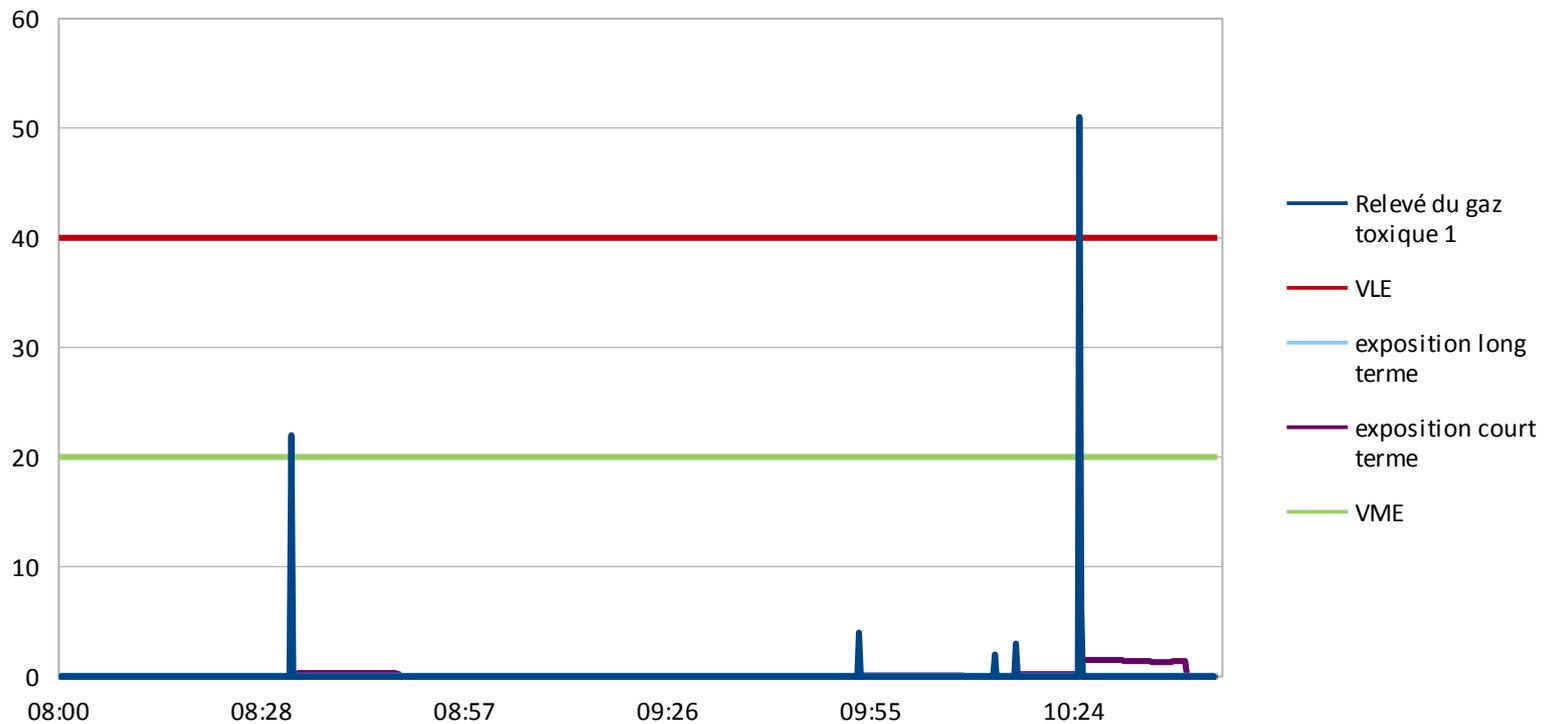


7 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP du département CFI

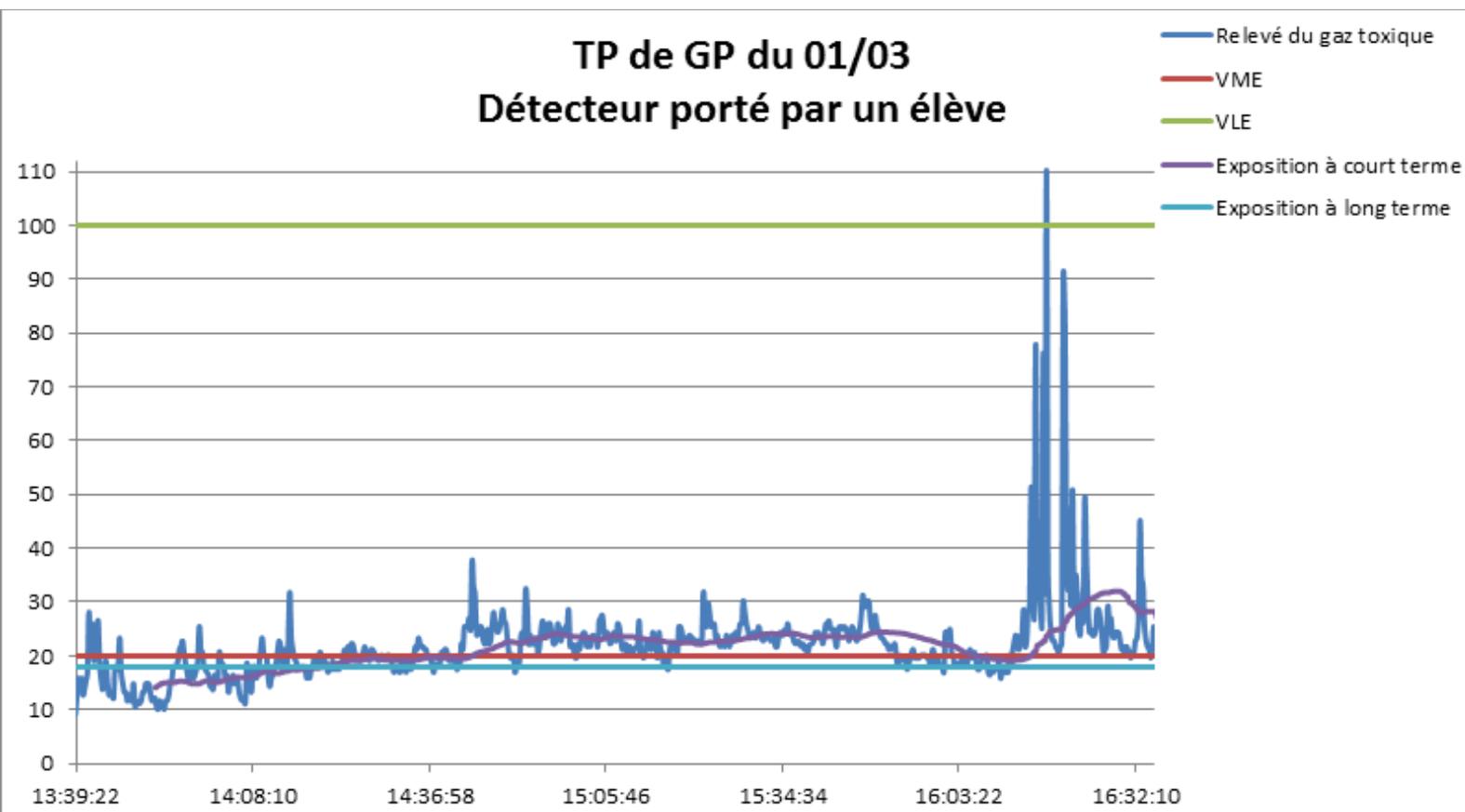
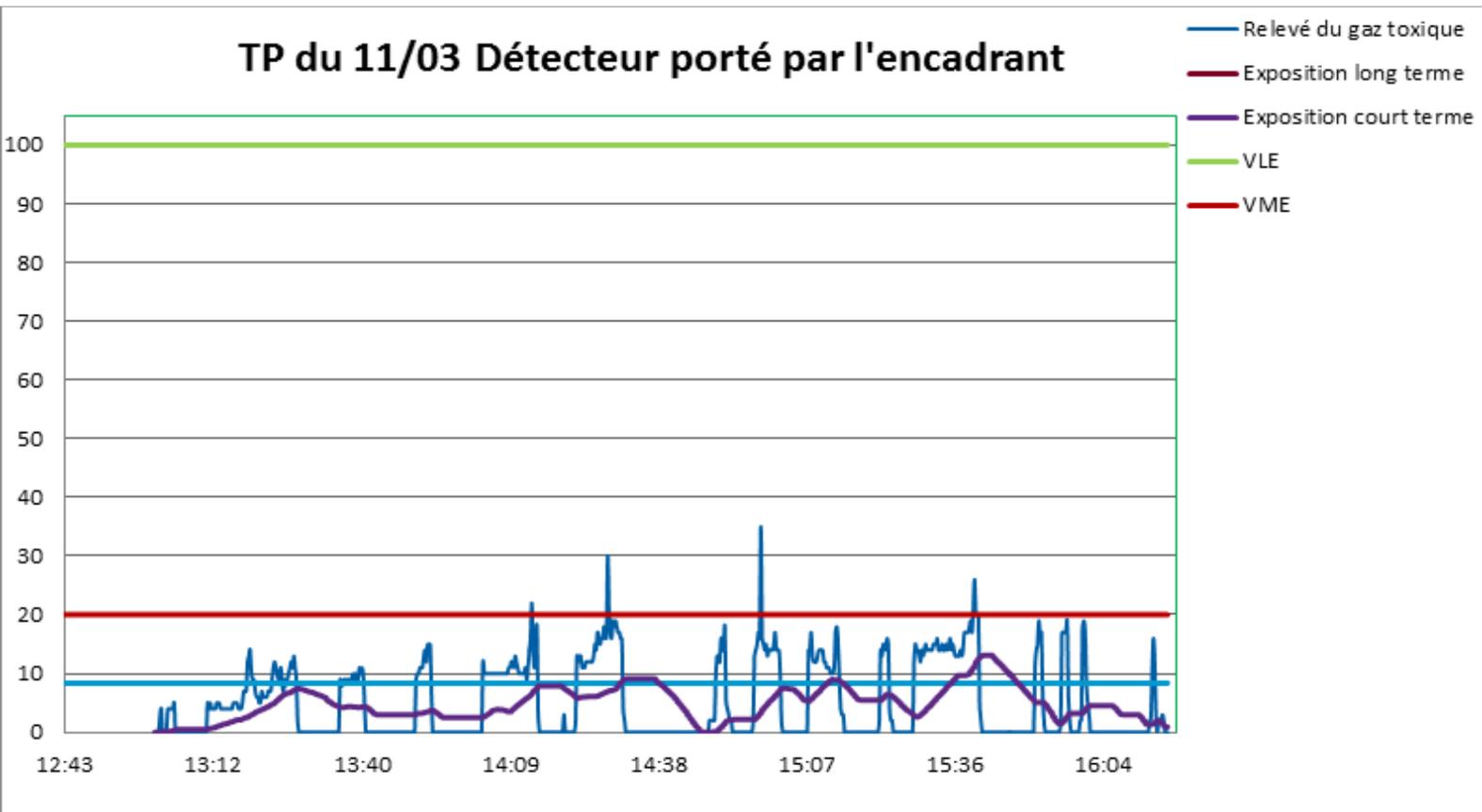
TP ORGA CFI-04/05/16-Détecteur porté par un étudiant



TP ORGA CFI-26/05/16-Détecteur porté par un étudiant



8 - Graphiques des valeurs détectées lors des TP de GP



TP de GP 11/03

Détecteur porté par un élève

