



MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
Direction de l'Eau et de Prévention
des Pollutions et des Risques
Service de l'Eau

méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic des pollutions du sol et des nappes

A. Lallemand-Barrès
J.-Y. Henry

juin 1992
R 35 133

BRGM
SERVICES SOL ET SOUS-SOL
Département Environnement
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 38.64.34.34

RESUME

La méthode d'analyse des gaz du sol pour le diagnostic des pollutions du sol ou de la nappe par des composés organiques volatils est une méthode récente en France.

Le présent rapport, établi dans le cadre de la Convention 13-91 avec le Ministère de l'Environnement, passe en revue les différentes techniques de prélèvement et d'analyse des gaz, les conditions d'utilisation et les limites de la méthode, et présente quelques exemples d'utilisation.

Cette méthode, lorsque les conditions s'y prêtent, est utile pour délimiter un nuage de pollution rapidement et de manière peu onéreuse, et pour caractériser une pollution par des hydrocarbures.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
2. PRESENTATION DE LA METHODE.....	6
2.1. Principe.....	6
2.2. Compatibilité des composés organiques à la méthode	7
2.3. Aptitude du sol à la technique	11
2.4. Facteurs limitants	12
2.5. Interprétation des résultats.....	12
3. PRELEVEMENT DES GAZ	16
3.1. Protocole et programmation des prélèvements	16
3.2. Méthodes de prélèvement	16
3.2.1. La méthode passive	16
3.2.2. La méthode active ou grab sampling	17
3.3. Matériels et modes opératoires	17
3.3.1. Sondes de prélèvement.....	17
3.3.2. Modes opératoires	25
4. ANALYSE DES GAZ.....	34
4.1. Mesure en laboratoire.....	34
4.1.1. Analyse des gaz adsorbés sur charbon actif ou Tenax.....	34
4.1.2. Analyse des gaz conditionnés en sacs, ampoules, bouteilles à gaz	35
4.2. Mesure sur le terrain	36
4.2.1. Tubes colorimétriques Draeger ou autres.....	36
4.2.2. Chromatographie en phase gazeuse, portable.....	36
4.2.3. Infra-rouge.....	40
4.2.4. Détecteurs de chromatographie.....	40
5. ETUDES DE CAS	41
5.1. Cas 1 : pollution par gas oil.....	41
5.2. Cas 2 : pollution accidentelle par 1-1-2-trichlorotrifluoroéthane (F-113)	44
5.3. Cas 3 : pollution accidentelle par chloroforme	46
5.4. Cas 4 : pollution par benzène-chlorobenzène	49
6. CONCLUSION	50
7. BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXE : FICHES TECHNIQUES.....	54

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 - Concentrations du gaz dans le sol pour différentes conditions (Marrin, Kerfoot, 1988).
- Fig. 2 - Droite de régression montrant les concentrations en TCE dans le gaz du sol et dans la nappe près de 5 puits de contrôle (Marrin, 1987).
- Fig. 3 - Mesure de gaz dans les sols - Principe de la méthode de lundt, Ausseur et al. (BRGM, 1985).
- Fig. 4 - Système utilisé pour le prélèvement de gaz telluriques.
- Fig. 5 - Sonde de Thomson.
- Fig. 6 - Sonde de Moffat et al.
- Fig. 7 - Coupe transversale de la sonde de forage Draeger-Stitz.
- Fig. 8 - Sonde de Kerfoot et al. (1986).
- Fig. 9 - Modes de recueil des échantillons.
- Fig. 10 - Mode de prélèvement de Vilain et Druelle (1967).
- Fig. 11 - Méthode adsorptive passive (Kerfoot, Mayer, 1986).
- Fig. 12 - Méthode adsorptive dynamique (Swallow, Gschwend, 1983).
- Fig. 13 - Tube adsorbant.
- Fig. 14 - Méthode dynamique adsorptive (Wallingford, Digiano, Miller, 1988).
- Fig. 15 - Système de désorption thermique.
- Fig. 16a - Détecteur de gaz Draeger se composant de la pompe à soufflet et d'un tube réactif Draeger.
- Fig. 16b - Coupe de la pompe détectrice.
- Fig. 17 - Détecteur Draeger dans la sonde.
- Fig. 18 - Comparaison des résultats des mesures sur chromatographe portable et de laboratoire.
- Fig. 19 - Courbes d'isoteneur dans le gaz du sol.
- Fig. 20 - Concentrations de F.113 dans le gaz du sol et dans l'eau.
- Fig. 21 - Coupe hydrogéologique de la nappe (Pittman).
- Fig. 22 - Localisation des prélèvements de gaz.
- Fig. 23 - Distribution du chloroforme dans le gaz du sol et dans l'eau souterraine.

LISTE DES TABLEAUX

- Tabl. 1 - Solubilité, pression de vapeur, constante de Henry.
- Tabl. 2 - Résumé des caractéristiques des techniques de prélèvement des gaz du sol (d'après Th. D. Zdeb).
- Tabl. 3 - Equipement analytique (d'après C.D. Goodwin, R.D. Burger).
- Tabl. 4 - Profils de F.113 dans le gaz du sol.

1. INTRODUCTION

La mesure des gaz du sol a été utilisée dès 1929 en Allemagne, puis plus tard en URSS et aux Etats-Unis, pour détecter des gisements pétrolifères à faible profondeur. L'idée d'analyser les gaz du sol a aussi été appliquée à la recherche de minerais uranifères, par détection en surface du radon produit par désintégration de l'uranium.

Le radon, étant présent dans les roches granitiques, constitue par ailleurs un bon traceur des fissures ou micro-fissures.

La mesure des gaz du sol a été utilisée également au BRGM pour la recherche de ressources en eau minérale, thermique et géothermale, ainsi que pour la prévention des risques naturels [4, 6].

L'application en environnement, pour la délimitation des panaches de pollution dans les nappes souterraines, ou la détection de pollutions dans le sous-sol, est très récente en France, mais répandue et utilisée par de nombreux consultants aux Etats-Unis.

La volatilisation des gaz provenant du sous-sol ou d'un aquifère va provoquer leur migration à travers la zone non saturée en direction de l'atmosphère. Le prélèvement des gaz et leur analyse permettent de localiser la source de pollution grâce à l'établissement d'une cartographie isotoneurs en deux ou trois dimensions.

Les techniques conventionnelles, puits de contrôle et sondages avec prélèvement de carottes de sol, restent valables et indispensables pour confirmer et surveiller une pollution ; cependant, des techniques plus rapides et moins onéreuses sont utiles pour une évaluation préliminaire.

La mesure des gaz, applicable aux composés organiques volatils, présente un certain nombre d'avantages dans certains contextes.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que c'est une méthode indirecte, que les concentrations de gaz sont variables dans le temps et dans l'espace, et qu'elle est limitée par certaines caractéristiques du sol.

L'étude confiée au BRGM par le Ministère de l'Environnement, dans le cadre de la convention 13.91, se propose de faire le point sur les avantages et limites des techniques de prélèvement des gaz, et de leur analyse. La présentation de quelques études de cas permet d'illustrer le domaine d'application de la méthode.

2. PRESENTATION DE LA METHODE

2.1. PRINCIPE

Lorsqu'un composé volatil (COV) se répand dans le sol, il se répartit entre les phases liquide et gazeuse, est dissous par l'eau du sol ou adsorbé à la surface des minéraux et sur la matière organique.

Le polluant dissous se déplace ensuite vers la nappe.

Partage du polluant entre phase liquide et phase gazeuse

Les composés volatils se partitionnent de l'eau de la nappe ou de la zone non saturée vers le gaz du sol, selon leurs coefficients de partition air/eau. Ce coefficient est décrit par la loi de Henry, que l'on peut exprimer par :

$$K_H = \frac{C_g}{C_l} = \frac{K_D}{K'_D}$$

K_H = constante de Henry

C_g = concentration de COV dans la phase gazeuse du sol

C_l = concentration dans la phase liquide

K_D = constante de partage d'adsorption en phase liquide

K'_D = constante de partage d'adsorption effective dans le sous-sol

Quand ils sont dans le gaz du sol, les COV diffusent dans les pores. La diffusion est décrite par la loi de Fick en milieu poreux (pour les sols très faiblement poreux, le modèle du "dusty gas" est plus approprié [31]).

On écrit :

$$\frac{dC}{dt} = D' \frac{d^2 C}{dz^2}$$

C = concentration du COV dans la phase gazeuse

D' = coefficient de diffusion effective du polluant en milieu poreux

z = distance parcourue

$D' = D f(\eta_a, \eta_t, \tau)$

D = coefficient de diffusion du composé dans l'air $f(\eta_a, \eta_t, \tau)$: formule semi-empirique servant à calculer le facteur de correction de D

$D' = D \eta_a^{10/3} / \eta_t^2$ (selon Millington et Quick [21])

η_a = porosité remplie d'air

η_t = porosité totale

τ = tortuosité

Les processus de migration, outre la diffusion, peuvent être advectifs : variation de pression atmosphérique (pompage barométrique), de température du sol, battements de nappe, gradient de densité, flux non équimolaire et visqueux (dusty gas model).

Applicabilité

Pour être efficace, le phénomène nécessite plusieurs conditions :

- les polluants dissous doivent se répartir entre phase liquide et phase gazeuse de façon significative,
- la phase gazeuse des COV en provenance de la nappe doit ensuite diffuser vers la surface du sol,
- les composés doivent persister dans la zone non saturée et ne pas être dégradés à la profondeur d'échantillonnage.

La tendance du produit à se répartir entre phase liquide et phase gazeuse peut être évaluée approximativement par la constante de Henry du composé.

Celle-ci doit être $> 0,05 \text{ kPa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$.

D'autre part, le composé doit être suffisamment volatil pour ne pas se recondenser en zone pauvre en eau. On estime que sa pression de vapeur doit être $> 0,133 \text{ kPa}$ à 25°C (1 mm Hg).

Le tableau 1 donne des valeurs de solubilité, pression de vapeur et constante de Henry pour différents composés organiques.

2.2. COMPATIBILITE DES COMPOSES ORGANIQUES A LA METHODE

L'aptitude des composés organiques pour cette technologie est déterminée par plusieurs facteurs [28] :

- solubilité dans l'eau,
- volatilité et mobilité dans l'environnement de sub-surface,
- stabilité chimique,
- sensibilité de l'appareillage à ce composé.

Si l'on répertorie les composés en associant ceux dont les propriétés chimiques sont similaires, on obtient les groupes suivants [17] :

- . Groupe A : méthanes halogénés, éthanes, éthènes.

Ces composés comprennent : chloroforme, tétrachlorure de carbone, trichlorofluorométhane (fréon 11), 1,1,1-trichloroéthane (111TCA), 1,2-dibromoéthane (EDB), chlorure de vinyl et trichloroéthène (TCE).

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

Composé	Solubilité (g/m ³)	Pression de vapeur (kPa)	Constante de Henry (kPa.m ³ .mol ⁻¹)	Source
n-hexane	12,5 (a)	20,2	170 ± 25	(1)
2-2-4-trimethylpentane	2,25 (a)	6,56	330 ± 30	(1)
Tous les autres composés aliphatiques saturés (jusqu'au n-décane). La plupart des composés aliphatiques insaturés (jusqu'au 2-octène). La plupart des cyclopentanes et hexanes				
benzène	1 781,6 (a)	12,7	0,55 ± 0,025	(1)
toluène	536,7 (a)	3,80	0,67 ± 0,035	(1)
éthylbenzène	167,3 (a)	1,27	0,80 ± 0,07	(1)
ortho-xylène	185,9 (a)	0,88	0,50 ± 0,06	(1)
méta-xylène	162,2 (a)	1,10	0,70 ± 0,10	(1)
para-xylène	179,2 (a)	1,17	0,71 ± 0,08	(1)
chlorométhane	5 350	570	0,95 ± 0,05 0,85	(1) (2)
dichlorométhane	16 300 (a)	58,4	0,26 ± 0,02 0,22	(1) (2)
trichlorométhane	7 255 (a)	25,6	0,38 ± 0,03 0,37	(1) (2)
tétrachlorométhane	980 (a)	15,06	2,0 ± 0,4 3,05 *	(1) (2)
bromométhane	18 040 (20°C)	183,9 172,9	0,53 0,5	(1) (3)
tribromométhane	3 033	0,73	0,062 ± 0,006	(1)
chloroéthane	5 200 (20°C)	100,7	1,2 ± 0,2 1,14 *	(1) (2)
1-1-dichloroéthane	5 100	30,1	0,58 ± 0,02 0,55	(1) (2)
1-2-dichloroéthane	8 500 (a)	9,17 (a)	0,11 ± 0,01	(1)
1-1-1-trichloroéthane	720	16,53	2,8 ± 0,04 1,7 *	(1) (2)
1-1-2-trichloroéthane	4 420	4,04	0,12 ± 0,02	(1)
1-2-dibromoéthane	2 480 (20°C)	1,52	0,06	(3)
1 chloropropane	3 185 (a)	48,13	1,1 ± 0,1	(1)
1-2 dichloropropane	2 150	7,06	0,36 ± 0,04	(1)

Tableau 1 - Solubilité, pression de vapeur, constante de Henry

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

Composé	Solubilité (g/m ³)	Pression de vapeur (kPa)	Constante de Henry (kPa.m ³ .mol ⁻¹)	Source
chloroéthylène	2 700	326	2,35 (b) 2,66 *	(1) (2)
1-1 dichloroéthylène	400	79,73	13,32 2,6 *	(1) (2)
cis 1-2 dichloroéthylène	3 500	27,46	0,76 0,38 *	(1) (2)
trans 1-2 dichloroéthylène	6 300	43,47	0,67 0,93 *	(1) (2)
trichloroéthylène	1 050 (a)	9,87	1,24 (a) 0,95 *	(1) (2)
tétrachloroéthylène	270 (a)	2,48	2,3 ± 0,4 1,77	(1) (2)
cis 1-3 dichloropropène	2 800 (20°C)	4,53	0,18 ± 0,02	(1)
trans 1-3 dichloropropène	2 700	5,74	0,24 ± 0,03	(1)
chlorobenzène	491 (a)	1,59	0,35 ± 0,05	(1)
fluorobenzène	1 553	10,2	0,63 ± 0,06	(1)
bromobenzène	385	0,56	0,21 ± 0,04	(1)
ortho-dichlorobenzène	134 (a)	0,2	0,19 ± 0,01	(1)
méta-dichlorobenzène	122 (a)	0,31	0,36 ± 0,02	(1)
para-dichlorobenzène	83 (a)	0,09 (c)	0,16 ± 0,02	(1)
α-α-α-trifluorotoluène	450,7	4,98	1,62	(1)

Tableau 1 (suite) - Solubilité, pression de vapeur, constante de Henry

- (a) moyenne des valeurs répertoriées
- (b) composé à 25°C : constante de Henry calculée en utilisant une pression de vapeur égale à la pression atmosphérique
- (c) valeur extrapolée de la pression de vapeur du solide
- * valeur recommandée
- (1) MaC Kay, SHIV (1981)
- (2) Gosset (1987)
- (3) Mac Kay, Yeun (1983)

- . Groupe B : propanes halogénés, propènes, benzènes.
Ils comprennent : 1,2-dibromo-3-chloropropane (DBCP), 1,2-dichloropropane, 1,3-dichloro-1-propène, chlorobenzène et trichlorobenzène.
- . Groupe C : polycycliques aromatiques halogénés.
Ce sont les biphényles polychlorés (PCB) et pesticides organochlorés comme aldrine, chlordane, heptachlore et dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT).
- . Groupe D : hydrocarbures pétroliers C₁ à C₈.
Ils comprennent : benzène, toluène, isomères xylène, méthane, pentane, cyclohexane, iso-octane et produits complexes comme gas oil.
- . Groupe E : hydrocarbures pétroliers C₉ à C₁₂.
Ce groupe comprend : triméthylbenzène, tétraméthylbenzène, naphthalène, diesel, fuels, nonane, décane, diméthyl-naphthalène.
- . Groupe F : hydrocarbures aromatiques polycycliques.
Ces composés sont : anthracène, benzopyrène, fluoranthène, benzofluorène, chrysène et produits complexes comme huiles de moteur et goudrons.
- . Groupe G : composés oxygénés à faible poids moléculaire.
Ce sont : acétone, éthanol, formaldéhyde, méthyléthylcétone, tétrahydrofurane.

On notera que les composés des groupes C et F, soit PCB, pesticides et hydrocarbures aromatiques polycycliques à poids moléculaire élevé, ne se partagent pas favorablement dans l'atmosphère tellurique. Ces composés ne sont pas détectables dans les gaz du sol et la méthode ne s'applique pas à ces composés.

Par ailleurs, les composés du groupe G ont une pression de vapeur élevée, mais ils sont aussi très solubles dans l'eau, donc ils diffusent bien quand ils sont en phase gazeuse, mais restent dissous dans l'eau. On les trouvera donc dans le gaz du sol après un déversement dans un sol sec, mais ils ne peuvent être détectés à la suite de la pollution d'une nappe.

La méthode est applicable aux groupes B et E de faible solubilité et qui sont présents en phase vapeur ; mais une fois dans le gaz du sol, ces composés ont tendance à rester près de la surface de la nappe ou de la zone d'origine de la pollution. On ne pourra donc les détecter qu'à faible distance, en échantillonnant très près de leur source. Les composés ayant des points d'ébullition > 150°C et une pression de vapeur < 10 mm Hg à 20°C ne seront pas présents en phase vapeur en quantités suffisantes pour être détectés.

Les hydrocarbures pétroliers, groupe D, sont affectés par la profondeur de la nappe polluée, car près de la surface du sol (jusqu'à 2-3 m de profondeur), en présence d'oxygène, ils sont susceptibles d'être dégradés. Les hydrocarbures à faible poids moléculaire sont plus facilement détectables au-dessus de nappes peu profondes.

Les composés du groupe A sont détectables pour une large gamme de conditions, en raison de faibles solubilités, de pression de vapeur et coefficient de diffusion élevés, et de leur résistance à la biodégradation. La stabilité des halogénés est en général liée au nombre et au type d'halogènes dans la molécule ; la stabilité de la molécule augmente avec le nombre d'halogènes. Les composés fluorés sont plus stables que les chlorés et les chlorés sont plus stables que les composés bromés. Les composés dichlorés (dichloroéthène [DCE])

et dichloroéthane [DCA]) sont souvent issus de la dégradation de solvants chlorés.

La sensibilité de l'appareillage détermine aussi l'aptitude d'un produit pour cette technique. Plus le nombre d'halogènes sur une molécule est grand, plus la sensibilité de la technique ECD (electron capture detector) vis-à-vis du composé est grande ; par exemple, la sensibilité de ECD pour le tétrachloroéthène est 10 000 fois plus grande que pour cis-1-2-dichloroéthène.

• Quels composés mesurer pour quel type de problème

Les produits les plus fréquemment recherchés quand on a affaire à une pollution par des hydrocarbures sont le benzène, le toluène, les xylènes. Ces composés ne sont pas suffisants (faible concentration, tendance à la biodégradation). On aura intérêt à choisir d'autres composés, par exemple pour un déversement d'essence, on recherchera les alcanes en plus des aromatiques.

De plus, les différences de propriétés des composés sont utiles pour la phase d'interprétation. Par exemple, les concentrations relatives de benzène et xylènes indiquent si l'échantillon est prélevé au-dessus d'une zone d'hydrocarbures liquides ou d'hydrocarbures dissous [26]. Le benzène est plus soluble dans l'eau que les xylènes. Ainsi, après une phase de propagation dans la nappe, le rapport des concentrations benzène sur xylène sera plus important si la pollution est dissoute (le benzène dissous a migré et s'est volatilisé, alors que les xylènes, moins solubles, ont moins migré en phase aqueuse et se sont volatilisés dans la phase hydrocarbure). Quand les hydrocarbures sont mal détectés, suite à leur biodégradation, on recherche les sous-produits, CO₂, méthane.

2.3. APTITUDE DU SOL A LA TECHNIQUE

Le facteur sol intervient dans le transfert des COV à travers la zone non saturée [15].

Les concentrations des gaz du sol entre la frange capillaire et la surface du sol sont déterminées par la vitesse de diffusion des gaz à travers le sol. Si la vitesse de diffusion est trop lente, on ne détectera pas les gaz au-dessus de la zone polluée.

Les facteurs spécifiques au terrain comme la teneur en carbone organique, la teneur en eau, la porosité, la perméabilité jouent un rôle pour la diffusion des polluants gazeux dans le sol. On admet qu'il faut 10 % ou plus de porosité remplie d'air pour maintenir un débit de masse vertical au travers de la zone non saturée, suffisant pour que la technique s'applique efficacement. Un sol constitué de sables et graviers convient bien.

La constante de partition est directement corrélable au contenu du sous-sol en carbone organique f_{oc} [27], d'où :

$$K_{oc} = \frac{K_D}{f_{oc}}$$

K_{oc} = constante de partition sur la phase organique

D'autre part, on relie expérimentalement l'adsorption sur la phase organique et l'hydrophobicité du polluant représentée par K_{ow} (constante de partage eau-octanol). Il devient ainsi possible de prévoir K_{oc} , dont K_D , c'est-à-dire le pouvoir adsorbant de la zone non saturée en fonction de caractéristiques physico-chimiques inhérentes au polluant.

2.4. FACTEURS LIMITANTS

Certains contextes rendent difficile l'utilisation de la technique.

C'est le cas quand la nappe est trop près de la surface ; si les échantillons sont prélevés à une profondeur inférieure à 60 cm, ils risquent d'être dilués ou mélangés à l'air de la surface, donc ne pas être représentatifs. Par contre, si la zone de pollution est très éloignée, les concentrations des gaz risquent d'être trop faibles pour être détectées. La biodégradation peut également altérer la concentration et la composition des gaz du sol.

Selon certains auteurs, les variations des paramètres climatologiques (pression atmosphérique, température du sol, précipitations) peuvent faire varier les concentrations gazeuses à faible profondeur (0-3 m). Bien que les cinétiques de propagation de gradients de pression et de température ou l'infiltration d'eau de ruissellement soient lentes, on s'attachera lors d'une étude à prélever tous les échantillons sous les mêmes conditions météorologiques, dans le plus court laps de temps possible.

La présence de barrières géologiques empêche la migration des COV vers la surface. C'est le cas lorsque les sédiments dans la zone non saturée sont saturés en eau, ou naturellement peu perméables au gaz, par exemple des bancs d'argile dans le sable.

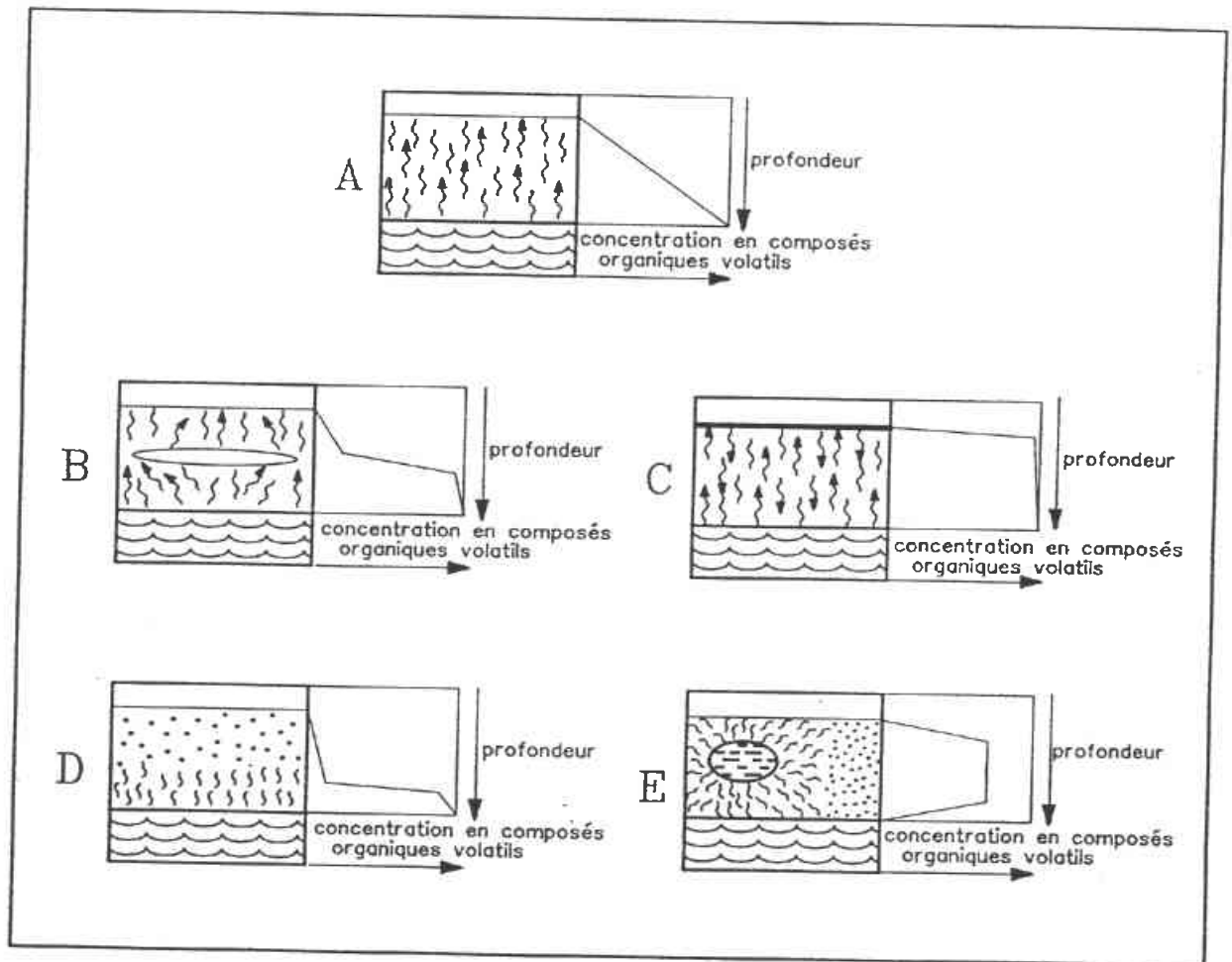
La figure 1 illustre la courbe de concentrations en COV pour différentes conditions.

2.5. INTERPRETATION DES RESULTATS

Il est indispensable d'interpréter les résultats et non d'utiliser les résultats bruts, en tenant compte des conditions géologiques, climatiques, physico-chimiques, ... Un des grands dangers de la technique est la tentation de sur-interpréter les résultats de terrain [27].

Par exemple : souvent la collecte d'échantillons de gaz se fait près de zones polluées ou de puits dont on sait que l'eau est polluée. Or, on s'aperçoit que les valeurs de concentrations du gaz dans le sol, élevées, moyennes ou faibles, ne se rencontrent pas toujours au même endroit que les fortes, moyennes ou faibles concentrations mesurées dans l'eau souterraine.

La détection du gaz est plus efficace, selon Tolman et Thompson [27], quand elle est effectuée sur une grande surface et utilisée seulement pour déterminer l'absence ou la présence de pollution dans cette zone.



- (A) Matériau poreux homogène avec porosité remplie d'air, suffisante
- (B) Couche imperméable dans le sous-sol (ex. argile, nappe perchée)
- (C) Couche imperméable en surface (ex. trottoir)
- (D) Zone d'intense activité microbiologique (points et traits indiquent différents composés)
- (E) Source de COV dans la zone non saturée

Figure 1 - Concentrations du gaz dans le sol pour différentes conditions
(Marrin, Kerfoot, 1988)

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

Ceci signifie que la méthode est utile quand elle est employée pour passer au crible un site lorsqu'une pollution est connue ou non. Elle permet de délimiter l'extension des composés volatils ou de leurs dérivés dans le sous-sol.

Par contre, selon Marrin [18], la concentration des COV dans l'eau souterraine combinée à la profondeur de la nappe peut être utilisée pour estimer les gradients de concentration dans les gaz du sol.

Marrin établit des corrélations entre gaz du sol et eau souterraine (Fig. 2).

Une courbe de régression spécifique du site peut être utilisée pour prévoir les concentrations en COV dans la nappe quand il n'y a pas de puits de contrôle et pour mettre en évidence des anomalies dans les points d'échantillonnage pouvant être dues à des hétérogénéités géologiques ou hydrogéologiques dans la zone non saturée.

On retiendra donc que l'interprétation des mesures peut être complexe et sera faite au cas par cas.

3. PRELEVEMENT DES GAZ

3.1. PROTOCOLE ET PROGRAMMATION DES PRELEVEMENTS

Des procédures mal pensées pour la collecte des échantillons aboutissent à l'obtention d'échantillons non représentatifs et qui contribuent à l'incertitude des résultats analytiques [10].

La première étape dans la programmation de l'échantillonnage est la définition claire des objectifs.

La délimitation d'un nuage de pollution, par exemple, se fera eu égard à la direction d'écoulement de la nappe. On peut aussi échantillonner verticalement, à différentes profondeurs. Par contre, pour localiser une source de pollution, on procédera à un échantillonnage systématique couvrant tout le site.

La distance entre points de prélèvement est fonction de l'objectif à atteindre. Les échantillons peuvent être prélevés à intervalles d'une centaine de mètres pour identifier une région potentiellement polluée. Pour définir un nuage, les intervalles sont de 30 à 50 m. Dans tous les cas, l'intervalle entre prélèvements ne doit pas être inférieur à 15 m. La profondeur minimale de prélèvement conseillée se situe entre 1 et 3 m, avec un minimum de 0,6 m.

3.2. METHODES DE PRELEVEMENT

On distingue deux types de méthode.

3.2.1. La méthode passive

Elle utilise la diffusion et la cinétique d'adsorption des gaz à la surface d'un adsorbant enterré dans le sol pendant quelques heures ou quelques jours. Les installations contenant l'adsorbant sont retirées du sol, puis transportées en laboratoire, où elles sont désorbées thermiquement ou par extraction chimique et analysées par chromatographie en phase gazeuse.

Selon Burris et Wolf [2], cette technique ne mesure pas la concentration. La quantité de polluant qui entre dans le dispositif et qui est adsorbée sur le matériau adsorbant est fonction des concentrations moyennes du polluant dans le gaz du sol. Elle est aussi fonction de la vitesse de transfert, elle-même liée aux conditions du sol, à la perméabilité efficace, à la lithologie et autres facteurs.

3.2.2. La méthode active ou grab sampling

Elle consiste à enfoncer une sonde dans le sol et à recueillir le gaz à l'aide d'une pompe. L'échantillon de gaz est recueilli en surface, dans une seringue, un adsorbant, un sac, et analysé par exemple par chromatographie gazeuse, sur le site ou en laboratoire.

Les caractéristiques principales des deux techniques sont données dans le tableau 2.

A noter aussi que si la stratégie d'échantillonnage est basée sur des résultats au temps réel, le prélèvement actif avec analyse sur le site est la meilleure solution. S'il s'agit de vérifier l'état du sol entre plusieurs puits, la méthode passive constitue une solution peu onéreuse.

Le choix de la technique dépend des caractéristiques du site, du niveau des connaissances sur le site étudié et des objectifs à atteindre.

Si l'on ne connaît pas l'état de la situation sur un site, la méthode active est préférée. Si l'on a identifié un polluant et que la situation est mieux connue, la méthode passive peut être envisagée.

3.3. MATERIELS ET MODES OPERATOIRES

3.3.1. Sondes de prélèvement

Dans la plupart des cas, une canne de prélèvement ou tube creux est enfoncé(e) dans le sol à la profondeur désirée. La canne est ensuite retirée de quelques centimètres avec un extracteur. La pointe du tube est retenue dans le sol, tandis qu'un espace communiquant avec la sonde de mesure permet de collecter le gaz. La partie supérieure de la sonde est reliée à une pompe. Une fois que l'air s'écoule dans la sonde, on procède à la purge, en retirant 3 fois le volume de la sonde. On procède ensuite à la collecte du gaz. Plusieurs solutions existent : les gaz sont recueillis dans des sacs, des ampoules, sur du charbon actif. Des variantes de ces cannes à prélèvement sont décrites par différents auteurs.

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

Appareils de collecte des échantillons	Préparation pour analyse	Principaux avantages	Principaux inconvénients
Méthode active (ou dynamique)			
Ampoules/Sacs	Injection directe ou purge et piège	Peuvent être stockés pour analyse ultérieure	Problèmes possibles d'adsorption, dégradation et fuites
Seringues	Injection directe	Données disponibles immédiatement	Nécessite chromatographie gazeuse de terrain, aptitudes d'enrichissement limitées
Mesure directe OVA, OVM, ...	Non nécessaire	Données disponibles immédiatement, simple	Information obtenue non spécifique du composé, faible sensibilité en général
Tubes Adsorbants réactifs	Désorption thermique ou extraction par solvant	Stockage à long terme possible, enrichissement possible pendant l'échantillonnage	Certains adsorbants sont contaminés avant, pendant et après l'échantillonnage
Méthode passive			
Tubes, autres adsorbants avec appareils	Désorption thermique ou extraction par solvant ou pyrolyse	Possibilité de stockage à long terme, schéma simplifié de prélèvement, permet d'estimer le flux polluant	Certains adsorbants sont contaminés avant, pendant et après l'échantillonnage, plus sensible aux conditions locales

Tableau 2 - Résumé des caractéristiques des techniques de prélèvement des gaz du sol (d'après Th. D. Zdeb)

• **Dispositif de lundt, Ausseur et al. [7]**

Ce dispositif est le plus rudimentaire. Il est composé d'un tube que l'on enfonce manuellement à l'aide d'un marteau et d'une tige interne (Fig. 3).

Après extraction de la tige, on a accès à la phase vapeur, qui est mesurée après purge, comme indiqué sur le schéma.

• **Matériel utilisé par Desgranges et al. [5]**

Ce système est plus élaboré que le précédent ; il est constitué d'une canne métallique creuse avec recouvrement intérieur en téflon (Fig. 4). Celle-ci est munie, avant l'installation, d'un embout métallique (rivet). A l'aide d'un marteau coulissant amovible, la canne est enfoncée jusqu'à la profondeur voulue. La canne est ensuite retirée de quelques centimètres, laissant le rivet sur place et créant ainsi une chambre de prélèvement.

Dans ce cas, le gaz est recueilli dans un sac tedlar.

• **Sonde de Tolman, Thomson [32] et Thomson, Marin [30] (Fig. 5)**

Les échantillons sont prélevés à l'aide d'un tube creux en acier, de diamètre 1,8 cm (3/4 pouces), enfoncé dans le sol avec une masse en téflon. La canne est ensuite retirée de quelques centimètres avec un extracteur. La pointe de forage est retenue dans le sol, laissant un espace en communication avec l'intérieur de la sonde, reliée à une pompe à vide. Après avoir purgé d'un volume correspondant à trois volumes de sonde, on procède au recueil de l'échantillon. Dans ce dispositif, cette collecte se fait avec une seringue introduite dans le tube silicone. L'aliquote de gaz est recueillie dans une seringue en verre de 10 cm³.

• **Sonde de Moffat et al. [22]**

Le système est formé d'une seule unité, et l'extraction du gaz est faite par le bas plutôt que par le sommet (Fig. 6).

• **Sonde Draeger**

Cette canne est disponible commercialement, donc utilisée en France (Fig. 7).

La sonde est composée d'un tube en acier comportant une pointe de forage et d'une sonde de mesure s'adaptant au fond de la canne par un joint torique.

Lorsque la sonde a été enfoncée avec le matériel adéquat jusqu'à la profondeur désirée, elle est retirée de quelques centimètres grâce à un extracteur. Ceci découvre les événements communiquant avec la sonde de mesure, la pointe de forage étant maintenue dans le sol. Cette sonde fonctionne avec un tube réactif placé au fond pour éviter le volume mort et pour adsorber le polluant.

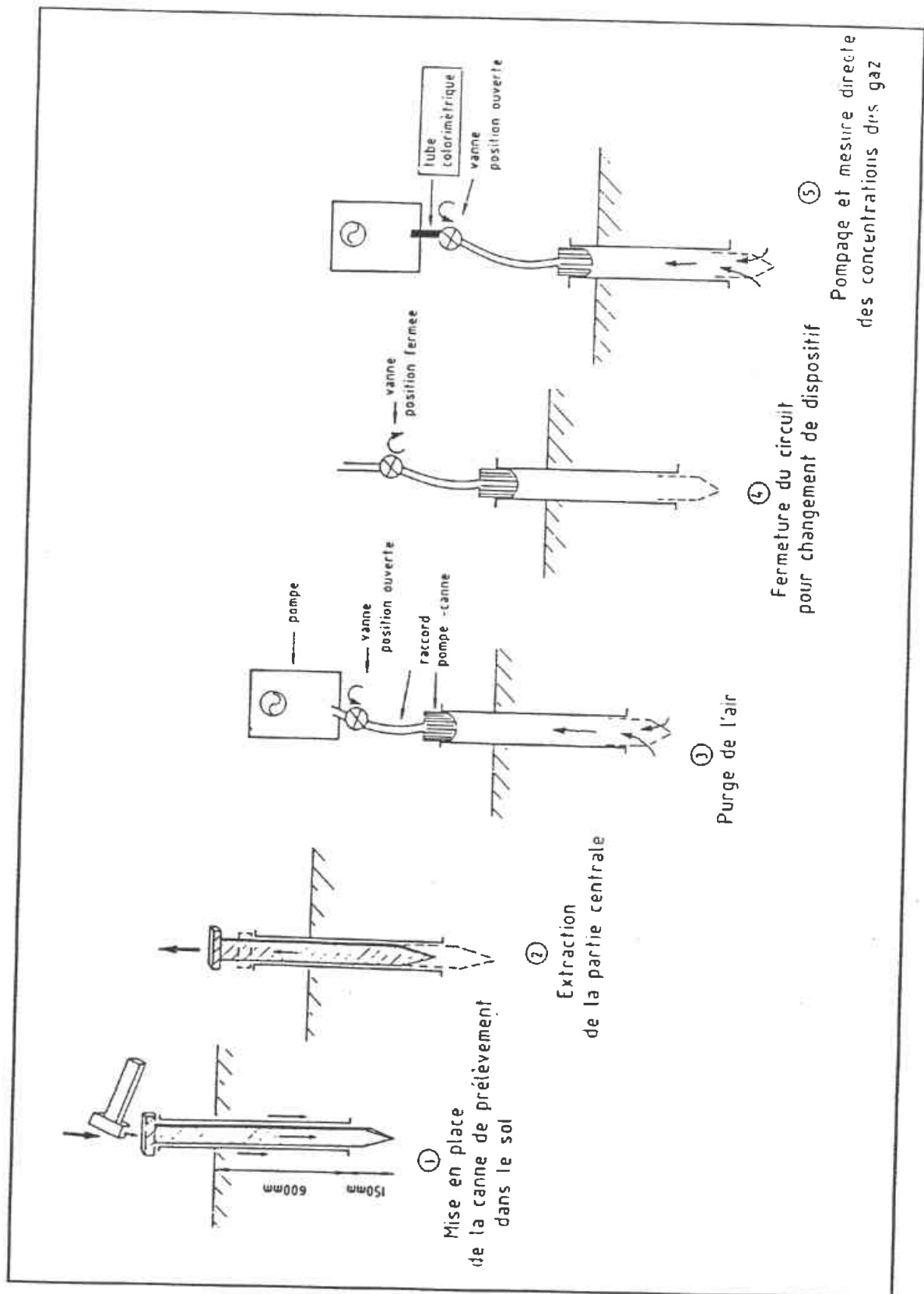


Figure 3 - Mesure de gaz dans les sols - Principe de la méthode de prélèvement de lundt, Ausseur et al. (BRGM, 1985)

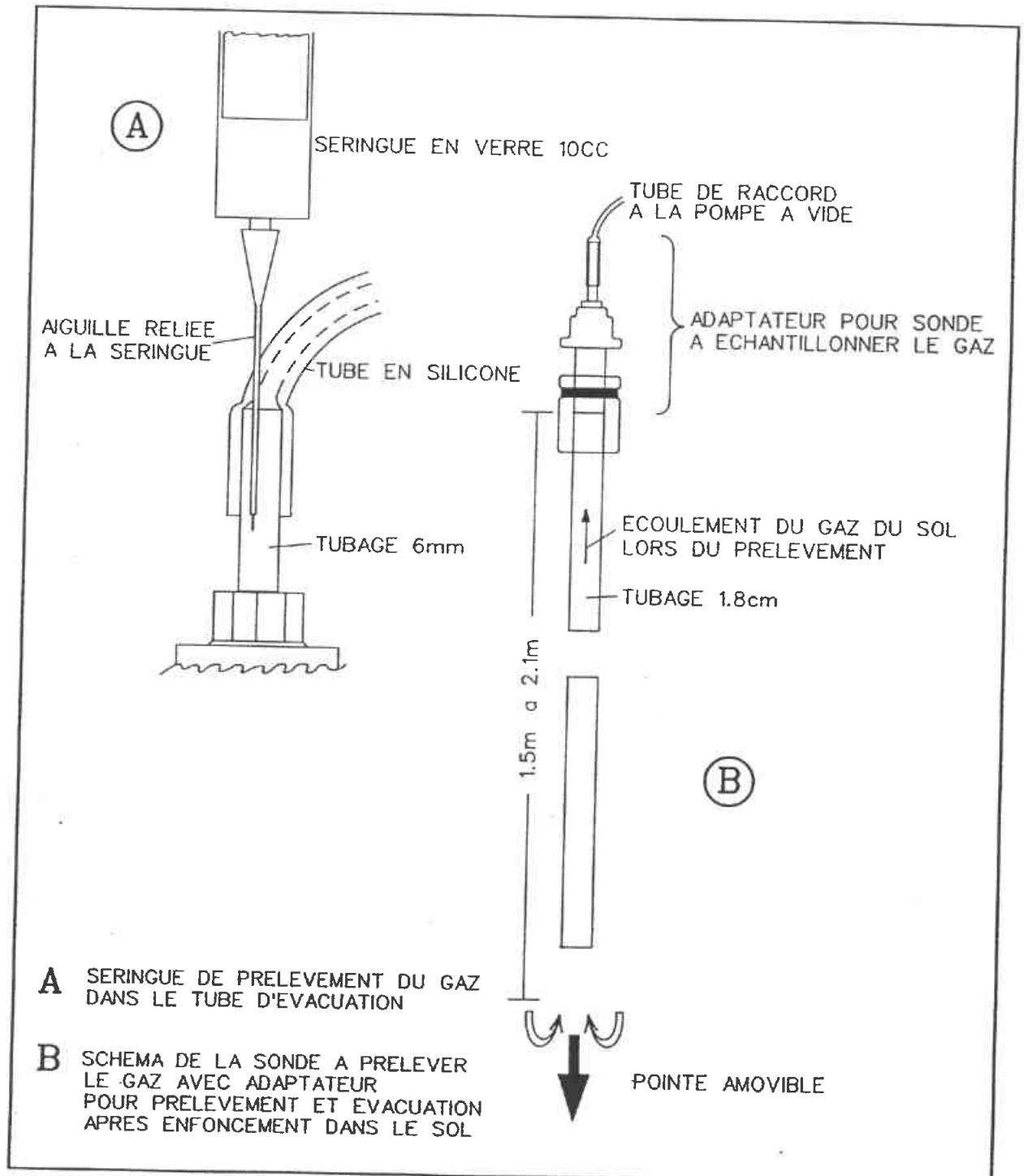


Figure 5 - Sonde de Thomson

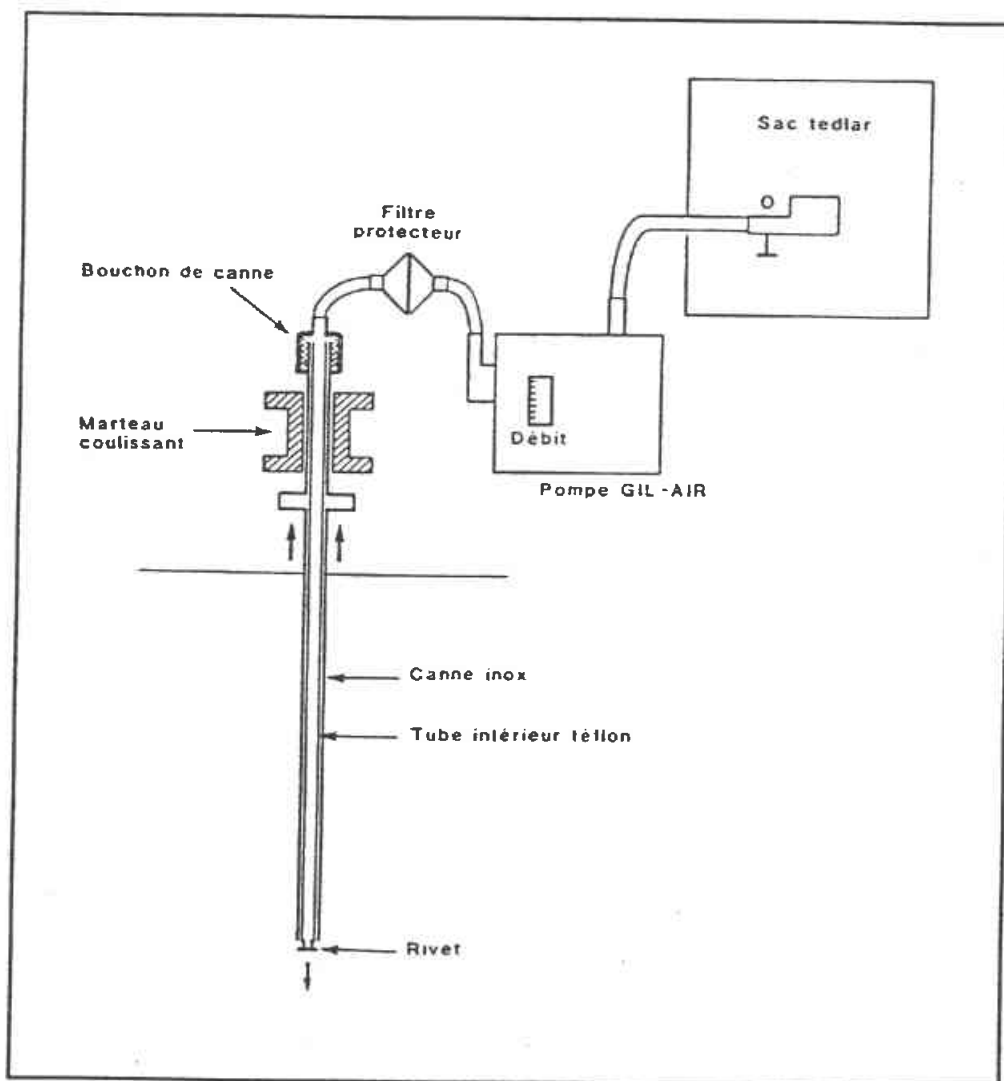


Figure 4 - Système utilisé pour le prélèvement de gaz telluriques

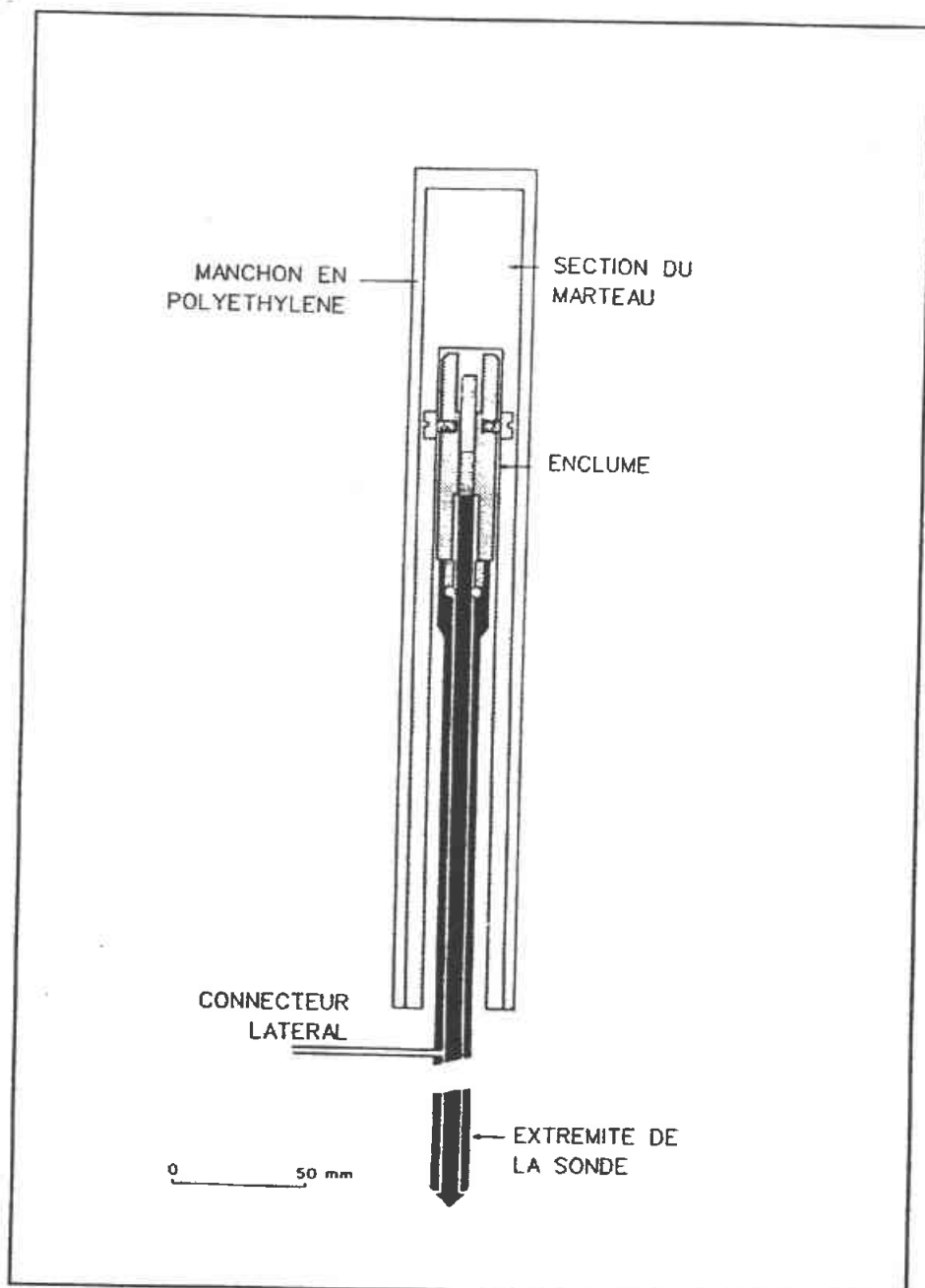


Figure 6 - Sonde de Moffat et al.

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

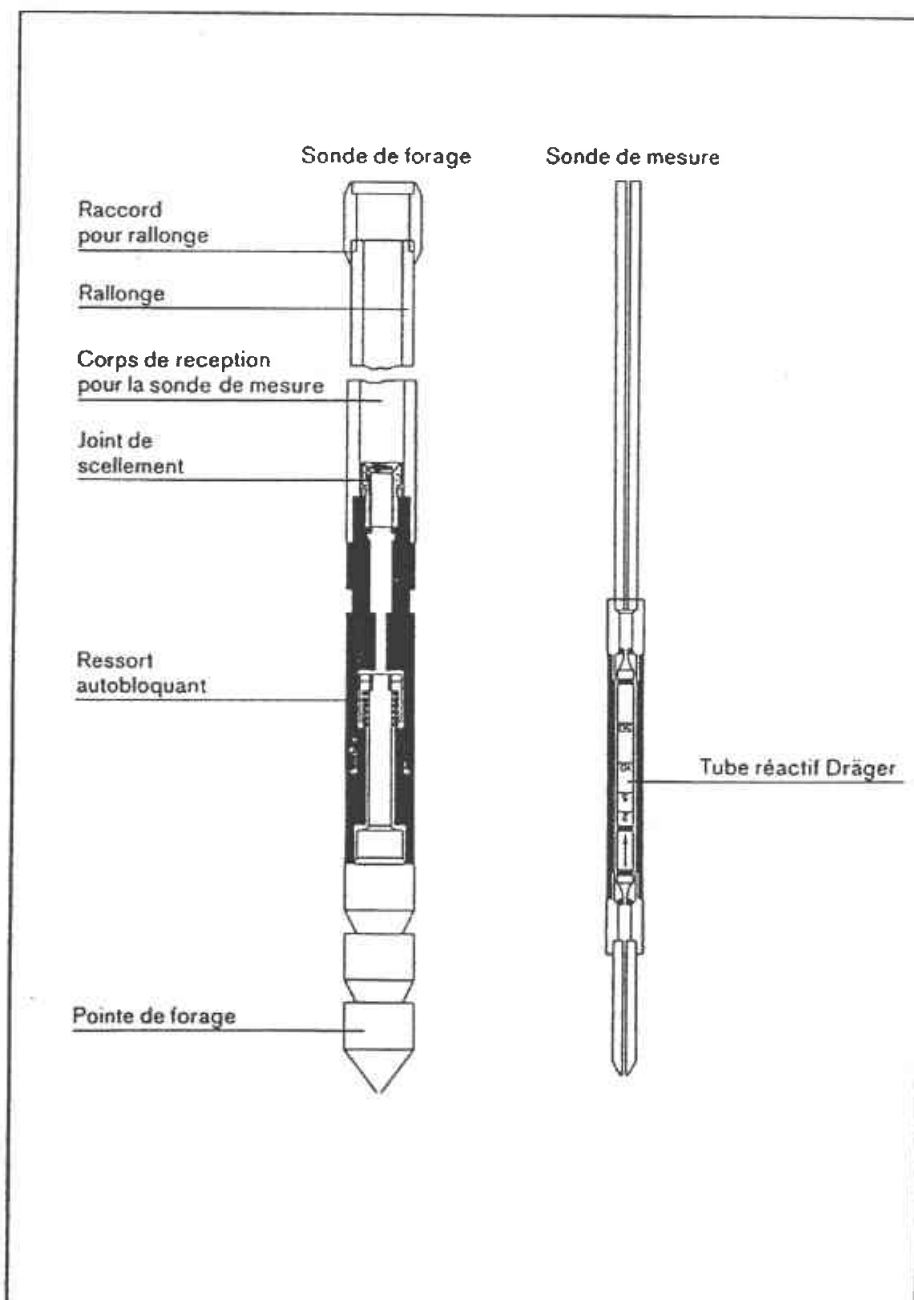


Figure 7 - Coupe transversale de la sonde de forage Draeger-Stitz

• Sonde mise au point par Kerfoot et al.

Kerfoot et al. [11] ont mis au point une sonde pour prélever des échantillons de gaz au-dessus d'une nappe polluée par du chloroforme. Cette sonde est formée d'un tube externe de diamètre extérieur 3/4 de pouces, en acier, terminé par une pointe comportant six orifices pour prélèvement, de diamètre 31 mm (Fig. 8).

Un tube interne de 31 mm de diamètre est relié aux orifices et est introduit dans le tube externe.

Les échantillons sont recueillis dans des seringues et transportés dans un laboratoire mobile.

3.3.2. Modes opératoires

Les techniques de prélèvement peuvent être classées en différentes catégories (Fig. 9).

La différence entre techniques passives et dynamiques est que ces dernières nécessitent l'emploi d'une pompe pour extraire les gaz du sol (pompe à main, calibrée, de précision, ...).

Dans tous les cas, les débits de purge ne devront pas être supérieurs à 0,5 l/mn pour respecter les vitesses de diffusion des gaz dans les sols et avoir des mesures représentatives et reproductibles.

• Méthode passive diffusionnelle (Fig. 10)

Elle a été décrite par Vilain et Druelle (1967) : une chambre de diffusion est enterrée (une canne de prélèvement munie d'évents peut aussi convenir) et reliée à une chambre ou bouteille de prélèvement. D'après les lois de diffusion, les deux chambres vont, au bout d'un certain temps, atteindre un équilibre des concentrations : le prélèvement d'un petit volume de gaz (seringue) donnera l'image exacte des concentrations en espèces gazeuses au niveau de la chambre de diffusion.

La durée d'équilibrage est très longue (4 à 6 semaines pour absorber la perturbation due aux opérations d'enterrement, 5 à 6 jours d'équilibrage pour suivre une évolution du non-saturé ; pollution, génération de CH₄, CO₂, ...).

Cette technique peut être utilisée dans le cadre, par exemple, de surveillance d'un sous-sol : sous un immeuble construit sur des marnières pouvant produire du CH₄ (Nantes) ; il est possible, dans les fondations, d'installer des chambres de diffusion.

• Méthode passive adsorptive

Un adsorbant fixé dans une boîte renversée est enterré (Fig. 11) et laissé en place pendant 2 semaines (Kerfoot, Mayer, 1986). Puis les composés organiques volatils (COV) adsorbés sont désorbés et analysés.

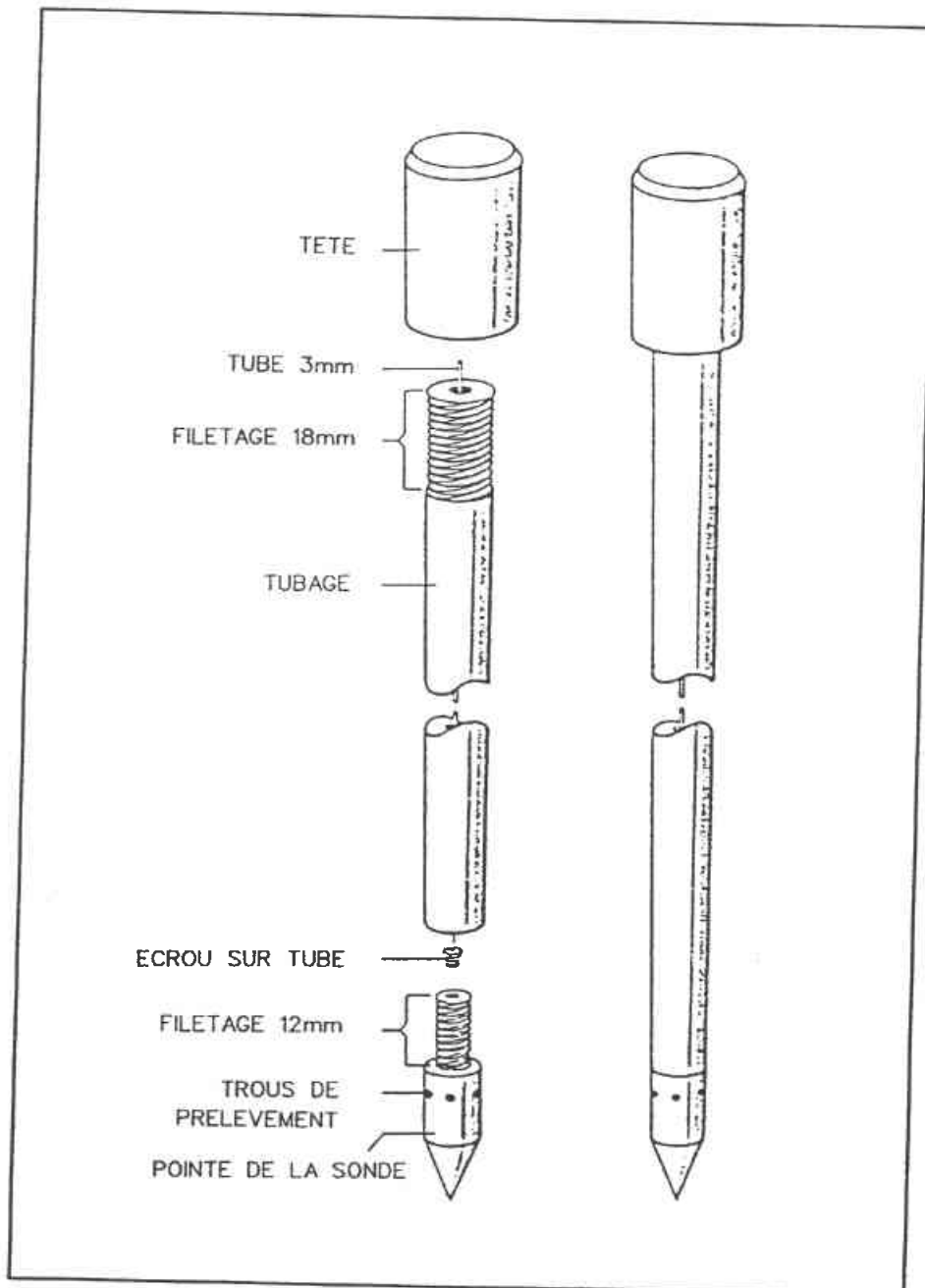


Figure 8 - Sonde de Kerfoot et al. (1986)

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

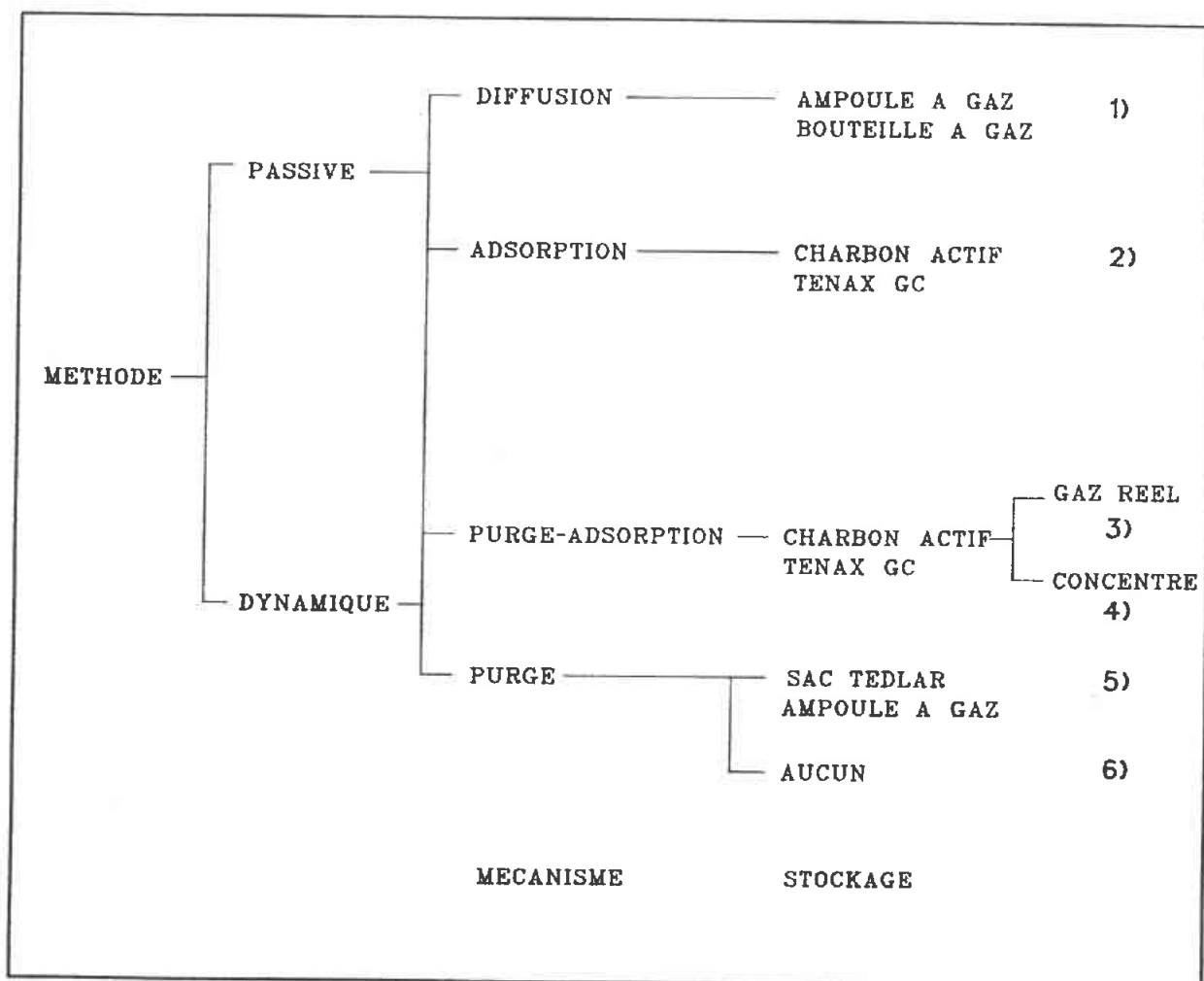


Figure 9 - Mode de recueil des échantillons

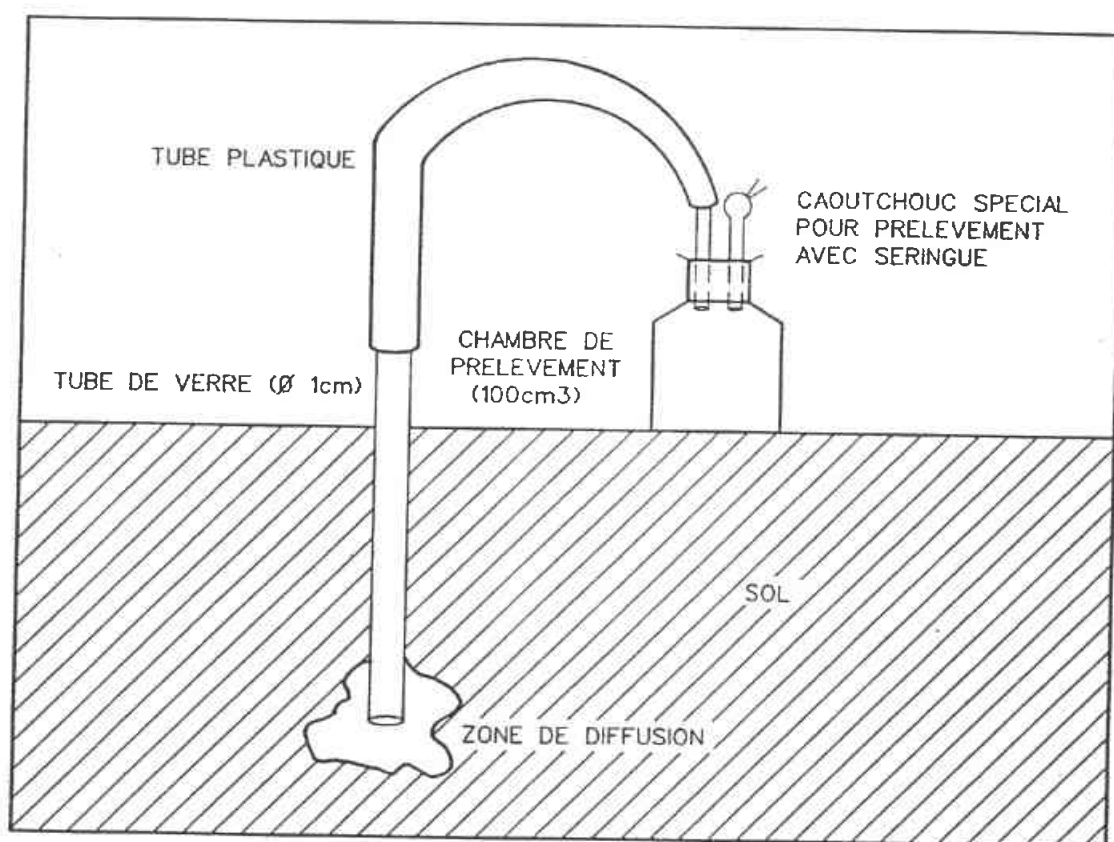


Figure 10 - Mode de prélèvement de Vilain et Druelle (1967)

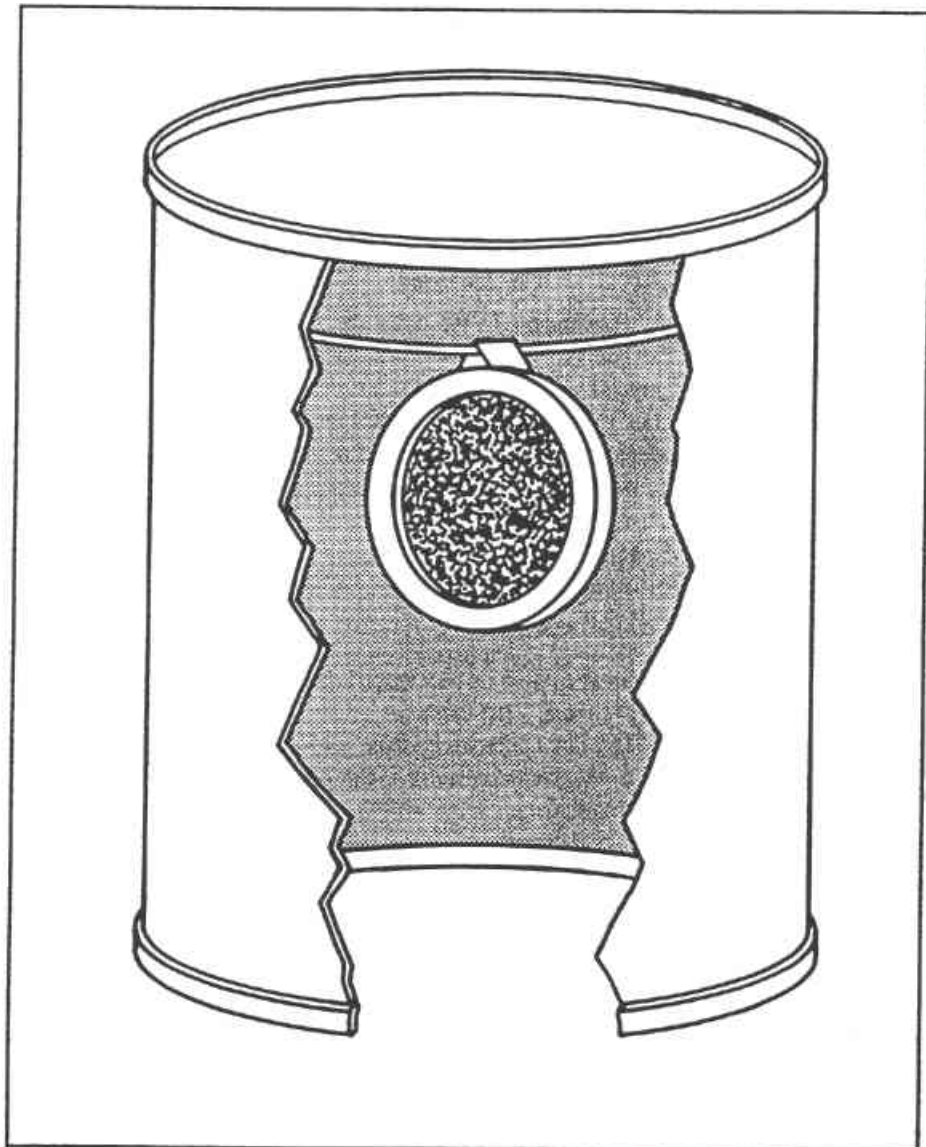


Figure 11 - Méthode adsorptive passive (Kerfoot, Mayer, 1986)

La teneur obtenue dépend de la concentration moyenne en COV au cours des 2 semaines et des cinétiques d'adsorption de ces COV sur l'adsorbant.

Méthode dynamique adsorptive - gaz réel

Les gaz sont adsorbés sur du Tenax GC, Carbopack B, ou du charbon actif (Fig. 12). Le Tenax et le charbon actif sont fournis à une granulométrie déterminée, tandis que le Carbopack B est fourni en poudre et doit être mis à une certaine taille de grains avant utilisation.

Tenax GC et Carbopack B sont insensibles aux conditions d'humidité, donc n'accumulent pas d'eau pendant le prélèvement, ce qui est gênant pour la désorption thermique, et ils peuvent concentrer de nombreux composés en conditions humides [35].

Le charbon actif a tendance à recueillir l'eau et d'autres gaz légers qui peuvent produire des pics non voulus pendant la désorption thermique. De plus, il est sensible à l'humidité, ce qui peut décroître sa capacité d'adsorption. Les COV sont en général désorbés par solvants, sur le charbon actif. Les effets de la dilution réduisent la sensibilité. Par contre, les récupérations par désorption thermique du Tenax atteignent 100 % pour la plupart des composés.

A partir de ces adsorbants, des tubes de prélèvement sont préparés (Fig. 13), en verre pyrex ou en acier inox avec de la laine de verre. Pour collecter le gaz, on perce le bouchon à une extrémité avec une aiguille hypodermique.

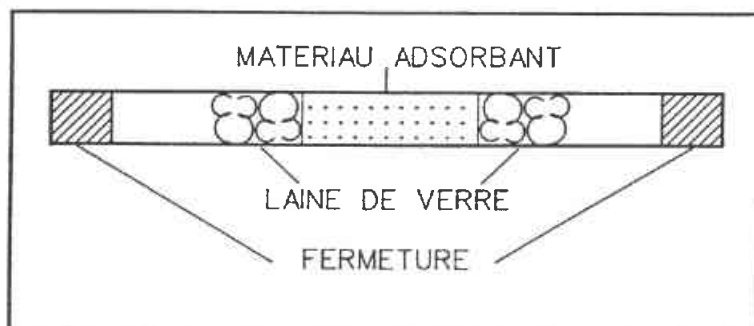


Figure 13 - Tube adsorbant

Les teneurs obtenues après désorption sont ramenées au volume de gaz prélevé et sont corrélables à l'état du gaz tellurique au moment du prélèvement.

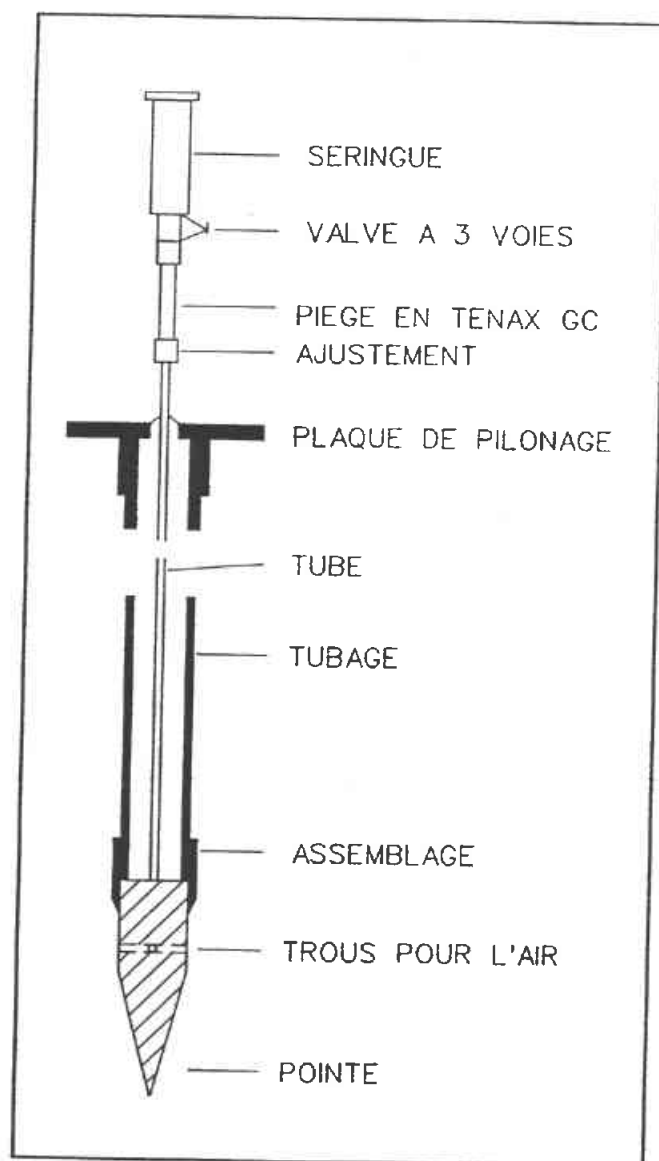


Figure 12 - Méthode adsorptive dynamique (Swallow, Gschwend, 1983)

. **Méthode dynamique adsorptive - concentration**

Cette méthode est une variante de la précédente (Fig. 14). Ici, les gaz sont aspirés par une pompe de précision et accumulés sur du charbon actif ou du Tenax GC. Un débitmètre permet d'intégrer au cours du temps le volume total de gaz prélevé [34].

$$D = 45 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}, t = 5 \text{ à } 30 \text{ min}, V_{\text{total}} = 235 \text{ à } 1\,410 \text{ cm}^3$$

La concentration obtenue après désorption et analyse sera ramenée au volume normal. C'est une méthode très utile pour étudier des milieux saturés pauvres en COV, mais elle est témoin d'une concentration moyenne au cours du temps de prélèvement. Il faut aussi faire attention à ne pas saturer le charbon actif (échantillon trop riche ou temps de prélèvement trop long), ce qui pourrait, à la rigueur, fournir des résultats qualitatifs, mais en aucune façon quantitatifs.

. **Méthode dynamique - stockage des gaz en leur état naturel**

Les gaz sont extraits des sols et conditionnés dans des sacs en téflon à vannes, type Tedlar, ou des ampoules à gaz (cf. Fig. 4). Ils peuvent être ensuite analysés en laboratoire ou transportés sur le site jusqu'à un système d'analyse immobilisé.

. **Méthode dynamique - analyse directe**

Les fractions gazeuses sont envoyées directement jusqu'au système analytique.

Comparaison des méthodes

Les méthodes peuvent être classées par ordre de fiabilité décroissante : en premier, la méthode dynamique - analyse directe, car ce que l'on analyse est réel, sans intermédiaire. On retient ensuite les méthodes utilisant des adsorbants, si les tubes sont bien isolés lors de leur transport, bien que lors de la désorption des gaz il puisse arriver que l'on n'arrive pas à 100 % de recouvrement des concentrations. On trouve en dernière position la méthode dynamique - stockage de gaz en leur état naturel : en effet, des articles récents démontrent le pouvoir adsorptif des sacs Tedlar, voire leur porosité. Cette technique pourra être utilisée pour l'identification des composés ou la quantification si les gaz sont analysés moins de 4 à 12 heures après leur prélèvement. D'ailleurs, certains organismes nationaux recommandent de plus en plus des mesures in situ plutôt que des analyses en laboratoire sur échantillons stockés.

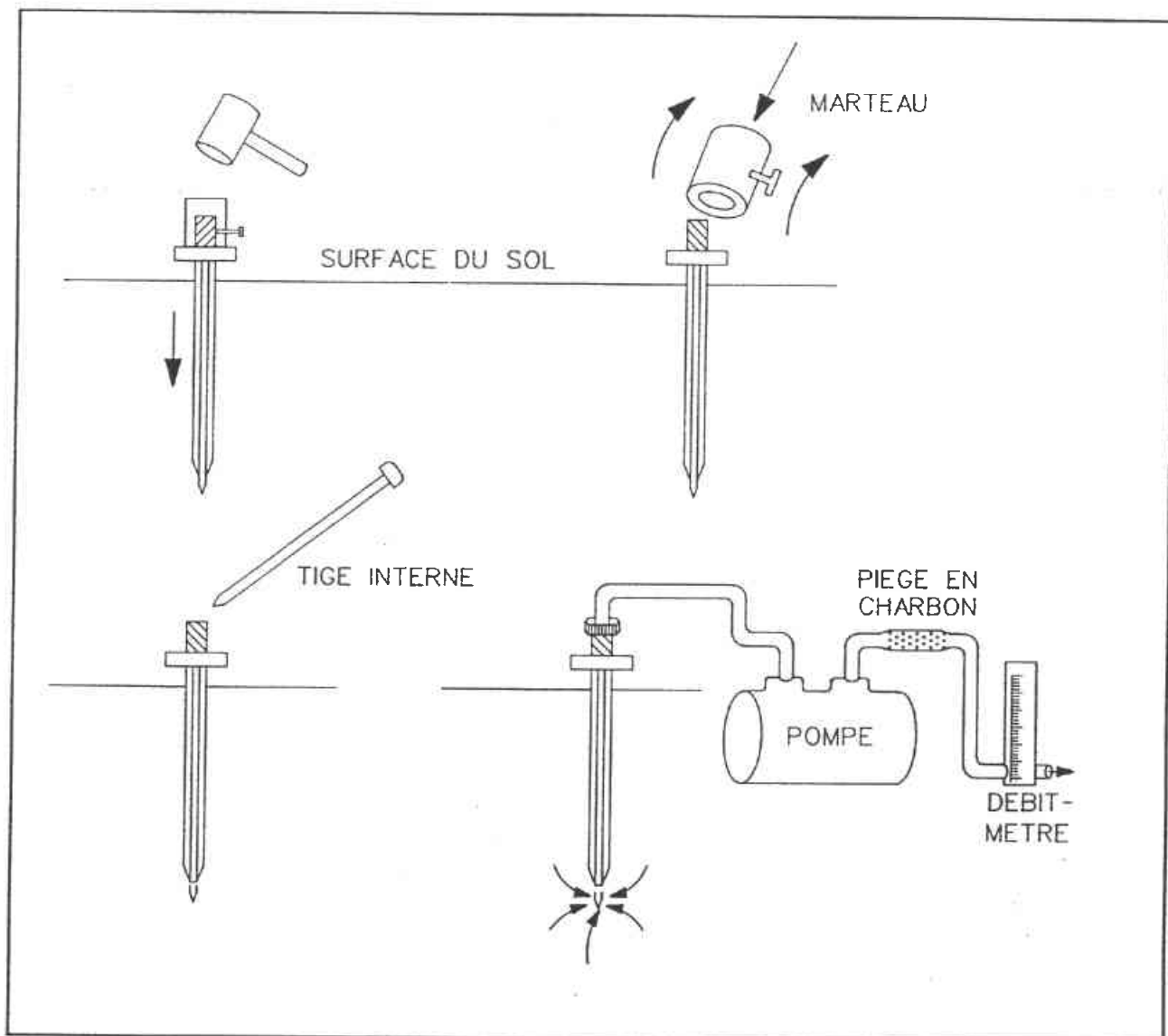


Figure 14 - Méthode dynamique adsorptive (Wallingford, Digiano, Miller, 1988)

4. ANALYSE DES GAZ

4.1. MESURE EN LABORATOIRE

4.1.1. Analyse des gaz adsorbés sur charbon actif ou Tenax

La désorption peut être thermique : le charbon sous flux de gaz inerte est porté à 200°C, les gaz désorbés sont entraînés par le gaz inerte jusqu'à un injecteur de chromatographie en phase gazeuse (GC) par exemple (Fig. 15).

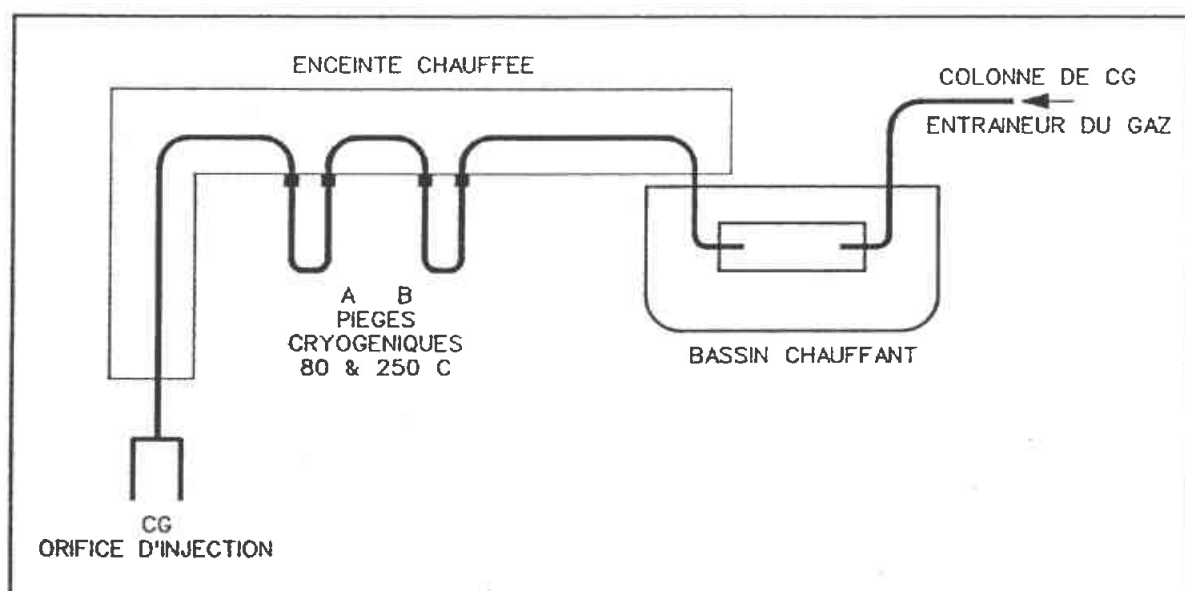


Figure 15 - Système de désorption thermique

Cette technique, par laquelle on obtient un gaz matrice chargé de COV, est compatible avec tous les appareillages susceptibles d'analyser les phases gazeuses :

- GC-FID (flame ionization detector) : détecteur par ionisation de flamme,
- GC-ECD (electron capture detector) : détecteur par capture d'électrons,
- GC-PID (photo ionization detector) : détecteur par photoionisation,
- GC-MS (mass spectrometer) : spectrographie de masse.

La chromatographie en phase gazeuse permet d'analyser les polluants en 5 à 10 mn.

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

Ces techniques séparent les différents produits du mélange sur une colonne capillaire ou non en fonction de l'interaction colonne-produit. Une programmation de température fait éluer les produits en fonction de la force de l'interaction, un détecteur spécifique (ECD, FID, PID, ...) les détecte en sortie de colonne quantitativement.

Ainsi, le FID est utilisé pour mesurer les concentrations en aromatiques. Un détecteur à capture d'électrons (ECD) est utilisé pour analyser les hydrocarbures chlorés. Le détecteur à photoionisation (PID) est plus universel. Pour analyser avec précision la gamme complète de ces polluants, une analyse sur FID et ECD est nécessaire [28].

Pour obtenir des résultats fiables, il est indispensable d'avoir un appareillage de laboratoire très performant.

- La désorption chimique des composés adsorbés sur charbon actif peut être effectuée par un solvant CS₂, CH₃OH.

La chromatographie en phase gazeuse est applicable, en particulier la GC-FID, car peu sensible au solvant CS₂ par exemple. L'utilisation d'autres chromatographies, comme la GC-MS, dépendra de leur sensibilité au solvant et dans quelle mesure celui-ci cache des informations importantes.

4.1.2. Analyse des gaz conditionnés en sacs, ampoules, bouteilles à gaz

Ici aussi, toutes les techniques chromatographiques en phase gazeuse sont applicables.

De même, toutes les techniques d'analyse des gaz sont utilisables, par exemple l'infrarouge dispersif. Les principales caractéristiques de ces techniques sont résumées dans le tableau 3.

Matériel pour analyse	Coût approximatif/ jour	Type de détecteurs disponibles	Qualité des mesures	Limites de l'appareillage	Nombre d'échantillons analysés/jour
Ionisation totale	250-375 F	PID	Faible qualité, faible sensibilité	Température, humidité	20-35
Chromatographie gazeuse sur colonne, t° ambiante	500-625 F	PID FID	Bon Bonne sensibilité	Séparation composé	15-20
Chromatographie gazeuse sur colonne, isotherme	525-675 F	PID FID ECD TCD	Bon, quelques limitations pour séparer les composés	Un seul détecteur	15
Chromatographie gazeuse à t° programmable	1 000-1 500 F	PID FID ECD TCD	Bon à excellent, déterminations faibles concentrations	Taille, complexité	10-15

Tableau 3 - Equipement analytique (d'après C.D. Goodwin, R.D. Burger)

4.2. MESURE SUR LE TERRAIN

4.2.1. Tubes colorimétriques Draeger ou autres

La technique la moins coûteuse est celle utilisant les tubes colorimétriques (Draeger ou autres).

Ce sont des tubes de verre remplis de silice ou autre adsorbant imprégnés d'un réactif. Ce tube est, soit introduit dans la sonde de mesure, soit relié en surface à la sonde (Fig. 16, 17).

Il existe en principe un tube par composé gazeux à analyser (fiches technique en annexe). Par exemple, pour le tube réagissant au CO₂, l'hydrazine va être oxydée, ce qui se traduira par une coloration violette ; cette coloration se propage dans le tube sur une distance proportionnelle à la concentration en CO₂.

Cette technique est peu coûteuse (20 à 50 francs par tube), rapide, mais plusieurs produits peuvent interférer avec des réponses disparates car les réactifs sont souvent peu spécifiques. Ils sont moins sensibles que la chromatographie gazeuse.

4.2.2. Chromatographie en phase gazeuse, portable

La technologie la plus répandue est la chromatographie en phase gazeuse dans sa version transportable ou même portable.

Les équipements proposés sur le marché peuvent comporter jusqu'à deux colonnes différentes et jusqu'à deux détecteurs parmi lesquels ECD, FID, PID, et bien sûr spectrométrie de masse.

Les limites de détection sont faibles, les chromatographes portables distinguent jusqu'à 10 à 100 ppbv selon les produits et les détecteurs.

Le prix d'un chromatographe de terrain FID est de 100 à 150 kF.

Les inconvénients de la chromatographie sur le terrain sont nombreux :

- si l'on veut s'attacher à séparer les composants d'un mélange complexe (hydrocarbures par exemple), les temps d'analyse peuvent être extrêmement longs (15 à 30 mn) ;
- les réponses des produits au détecteur peuvent ne pas être identiques d'un produit à l'autre : pour chaque produit, il faudra dresser des courbes de calibration complète (10 points de concentration) ;
- pour juger du vieillissement ou de l'évolution du système, un standard complexe doit être injecté à intervalles réguliers pour contrôler les temps de rétention ;

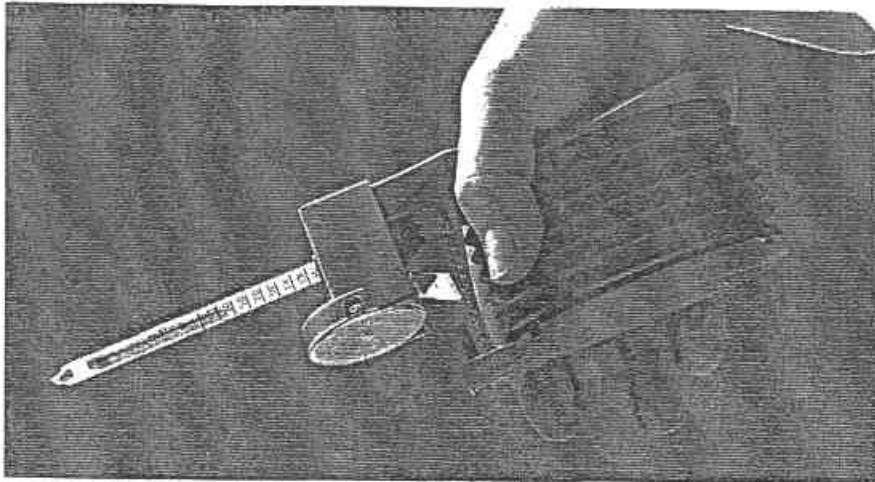


Figure 16a - Détecteur de gaz Draeger se composant de la pompe à soufflet et d'un tube réactif Draeger

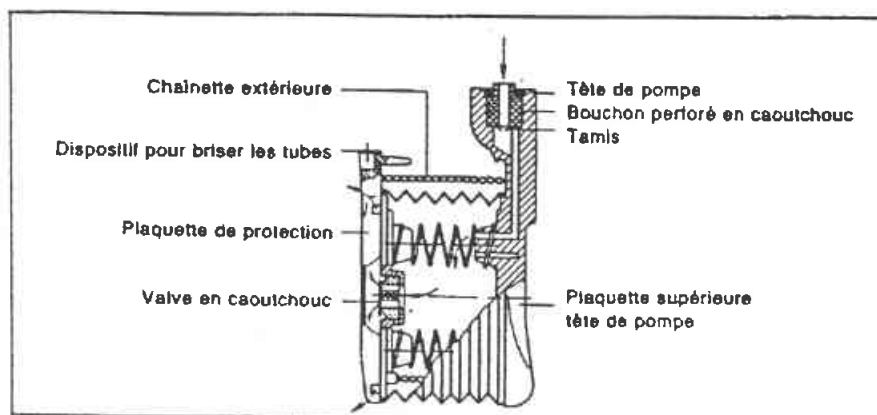


Figure 16b - Coupe de la pompe détectrice

**Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes**

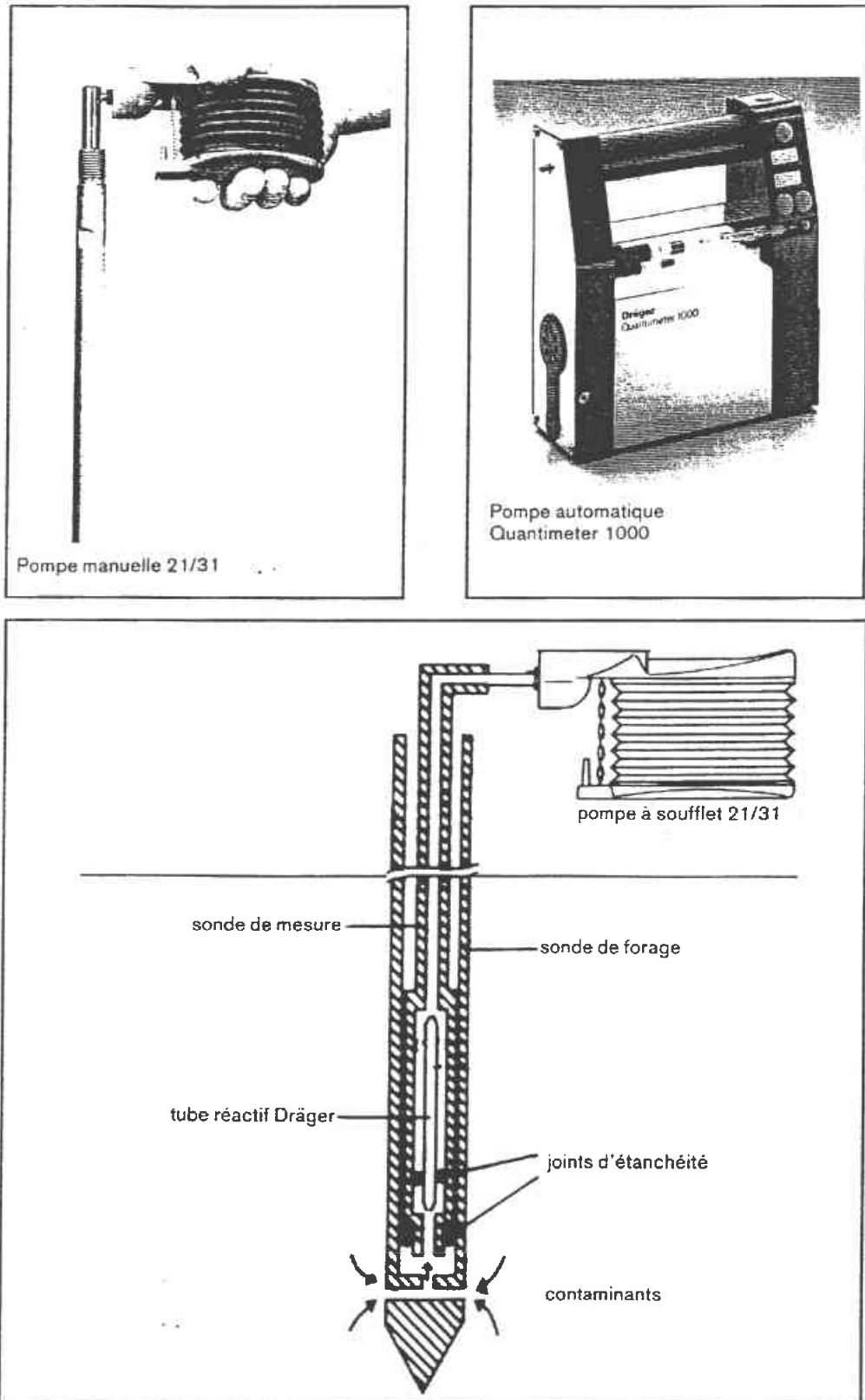


Figure 17 - Détecteur Draeger dans la sonde

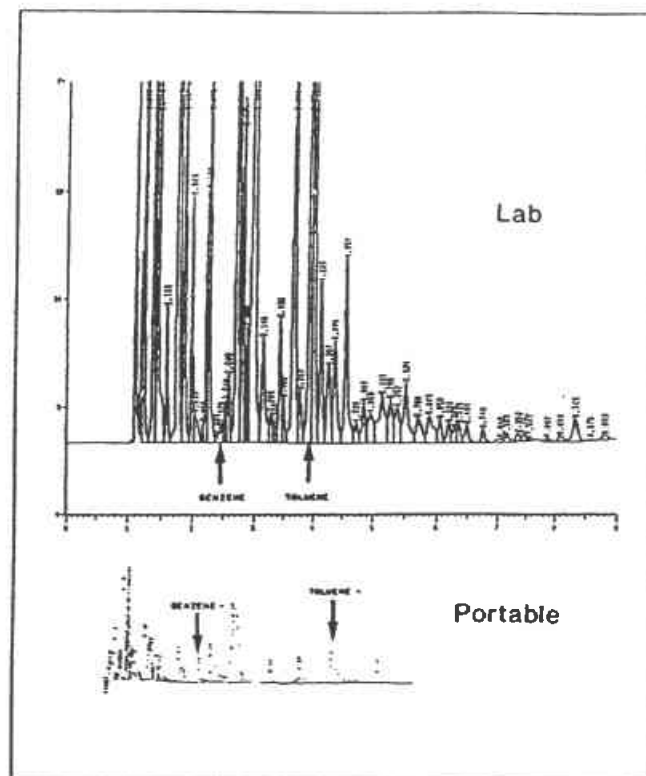
*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

- le procédé consomme, dans certains cas, beaucoup de gaz purs utilisés en tant que gaz vecteurs : azote, He, ... ; il faut donc toujours avoir des bouteilles de réserve sur le site ;
- une colonne peut servir à séparer une seule gamme de produits ; en cas de mélanges complexes (chlorés + hydrocarbures + composés polaires), plusieurs colonnes sont nécessaires, qu'il faut monter, optimiser au niveau de leur pouvoir de séparation (programmation de température, débit de gaz vecteur, ...).

La GC-MS et la GC-ECD sont des techniques très sensibles mais non portables (appareil fixé), et la GC-MS demande un vide poussé en permanence et beaucoup de gaz pur.

Kerfoot, Pierett et al. [14] ont testé quatre chromatographes portables, sur le terrain, dans les mêmes conditions. Ces appareils avaient soit des détecteurs à capture d'électrons, soit à photoionisation. On évaluait la linéarité, les limites de détection, la stabilité du facteur de réponse, les performances chromatographiques. Des différences significatives de performance de ces modèles ont été détectées. Les performances d'un appareil doivent être bien connues avant son utilisation sur le terrain.

L'avantage du chromatographe portable est qu'il donne une mesure au temps réel, mais le procédé est lent. La limite de détection est plus basse en laboratoire pour la plupart des composés et de meilleure qualité (Fig. 18).



Comparison - Lab GC vs Portable GC

Figure 18 - Comparaison des résultats des mesures sur chromatographe portable et de laboratoire

On utilisera la chromatographie portable sur le terrain quand les résultats sont à fournir le jour de la prospection. Il faut noter, par contre, que les laboratoires mobiles, équipés d'appareils de laboratoire, peuvent donner d'excellents résultats, lorsqu'ils sont en place sur le terrain.

Le chromatographe portable, dans ce cas, sert dans une première phase de dégrossissement, puis des mesures précises sont obtenues avec les appareils de laboratoire [1].

4.2.3. Infra-rouge

Une technique ancienne, mais encore proposée à cause de son prix modique, est l'infra-rouge dispersif mono-faisceau, par exemple le système MIRAN FOXBORO ou le moniteur multi-gaz type 1302 BRUEL et KJAER.

Ces appareils, surtout utilisés en contrôle d'atmosphères industrielles, sont peu sensibles et ne peuvent analyser que quelques produits à la fois (5 pour le BRUEL et KJAER) et sont inapplicables si l'on ne connaît pas d'avance la pollution que l'on veut étudier.

4.2.4. Détecteurs de chromatographie

Il existe aussi des appareils de terrain se composant uniquement d'un détecteur de chromatographie. Les composés sont analysés en bloc, sans séparation. On trouve :

- l'ionisation de flamme (FID), vendu sous le nom de OVA (Organic Volatil analyser) FOXBORO ;
- la photoionisation de flamme, par exemple le photoioniseur HNU ; cet appareil, toutefois, s'appuie sur une pseudo-séparation ; on peut choisir entre plusieurs énergies d'ionisation qui permettront ainsi de détecter, selon les énergies croissantes, de plus en plus de composés ; son prix est de 50 kF.

En général, ces systèmes sont peu chers, mais sont peu spécifiques et, recevant un signal global, ne sont pas à l'abri d'artefacts (gain et compensation électronique défailants). Ils détectent une pollution globale (zones dangereuses par exemple), mais pas de qualification.

7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] BUCHMILLER R.C. (1989) - Screening of groundwater samples for volatile organic compounds using a portable gas chromatograph. GWMR, Summer 1989.
- [2] BURRIS D.R., WOLF D.M., REISINGER H.J. II (1988) - Examination of soil vapor sampling technique. 2nd National Outdoor Action Conf., Las Vegas, May 1988.
- [3] CAETANO O. (1989) - Détection d'une pollution par mesure in situ de gaz dans le sol. BRGM, Département Eau, Note Technique 89/29.
- [4] CHIOU C.T., PETERS L.J., FREED V.H. (1979) - A physical concept of soil water equilibria for nonionic organic compounds. Science, Vol. 206, November 1979.
- [5] DESGRANGES P., BAUBRON J.C., LELEU M. (1983) - Où en est l'atmogéochimie appliquée à la prospection des gîtes ? Chron. Rech. Min., n° 473.
- [6] GOODWIN C.D., BURGER R.M. (1989) - Inexpensive but effective soil gas screening. A case study. 3rd National Outdoor Action Conf., Orlando, 22-25 May 1989.
- [7] IUNDT F., AUSSEUR J.Y., BERTHIER F. (1985) - Prospection des teneurs anormales des gaz et des sols par une technique légère et rapide. Rapport BRGM n° 85 SGN 281 EAU.
- [8] KARICKHOFF S.W., BROWN D.S., SCOTT T.A. (1979) - Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Res., Vol. 13.
- [9] KARP K.E. (1990) - A surface-flux measurement method for screening contamination from volatile organic compounds. GWMR, Vol. X, n° 3, Summer 1990..
- [10] KEITH L.H. (1990) - Environmental sampling : a summary. Environ. Sci. Technol., Vol. 24, n° 5.
- [11] KERFOOT H.B., KOHOUT J.A., AMICK E.N. (1986) - Detection and measurement of groundwater contamination by soil-gas analysis. 3rd National Conf. on Hazardous Wastes and Hazardous Materials, Silversprings, Maryland, 1986.
- [12] KERFOOT H.B., MAYER C.L. (1986) - The use of industrial hygiene samplers for soil-gas surveying. GWMR, Fall 1986.
- [13] KERFOOT H.B., DURGIN P.B. (1987) - Soil-gas surveying for subsurface organic contamination : active and passive techniques. 8th Conf. Superfund, Washington, D.C., 1987.
- [14] KERFOOT H.B., PIERETT S.L., AMICK E.N., BOTTRELL D.W., PETTY J.D. (1990) - Analytical performance of four portable gas chromatographs under field conditions. J. Air Waste Mang. Assoc., Vol. 40, n° 8.

*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

- [15] KERFOOT H.B. (1988) - Is soil-gas analysis an effective means of tracking contaminant plumes in groundwater ? What are the limitations of the technology currently employed ? *GWMR*, Spring 1988.
- [16] KERFOOT H.B. (1989) - Pneumatic hammer soil vapor probes and miniature piezometers in use at a gasoline spill site. 3rd National Outdoor Action Conf., Orlando, 22-25 May 1989, p. 15-29.
- [17] MARRIN D.L., THOMSON G.M. (1987) - Gaseous behavior of TCE overlying a contaminated aquifer. *Groundwater*, Vol. 25, p. 21-27.
- [18] MARRIN D.L. (1987) - Soil-gas sampling strategies : deep vs shallow aquifers. 1st National Outdoor Action Conf., Las Vegas, May 1987.
- [19] MARRIN D.L. (1988) - Soil-gas sampling and misinterpretation. *GWMR*, Vol. 8, n° 2, Spring 1988.
- [20] MARRIN D.L., KERFOOT H.B. (1988) - Soil-gas surveying techniques. *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 22, n° 7.
- [21] MILLINGTON R.S., QUIRK J.P. (1961) - Permeability of porous solids. *Transactions of the Faraday society*, Vol. 57, p. 120-1207.
- [22] MOFFAT A.J., JOHNSTON M., WRIGHT J.S. (1990) - An improved probe for sampling soil atmospheres. *Plant and Soil*, 121.
- [23] NADEAU R.J., LAFORNARA J.P., KLINGER G.S., STONE T. (1985) - Measuring soil vapor for defining subsurface contaminant plumes. 6th National Conf. on Management of uncontrolled hazardous waste sites, Washington, 1985.
- [24] ROBBINS G.A., DEYO B.G., TEMPLE M.R., STUART J.D., LACY M.J. (1990) - Soil-gas surveying for subsurface gasoline contamination using total organic vapor detection instruments. Part I. Theory and laboratory experimentation. *GWMR*, Vol. X, n° 3, Summer 1990.
- [25] SPITTLER T.M., FITCH L., CLIFFORD S. (1985) - A new method for detection of organic vapors in the vadose zone. *Proc. Conf. on Characterization and monitoring of the vadose zone*, Nat. Water Well. Assoc.
- [26] SWALLOW J.A., JUNE A., GSCHWEND P.M. (1983) - Volatilisation of organic compounds for unconfined aquifers. *Proc. 3rd Nat. Symp. on Aquifer restoration and groundwater monitoring*, Nat. Water Well. Assoc., Worthington, Ohio, 1983.
- [27] SCHWARZENBACH R.P., WESTAL L.J. (1981) - Transport of nonpolar organic compounds from surface water to ground water. *Laboratory sorption studies*. *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 15, p. 11.
- [28] TILLMAN N., RANLET K., MEYER T.J. (1989) - Soil-gas surveys : Part I. *Pollution Engineering*, July 1989.
- [29] TILLMAN N., RANLET K., MEYER T.J. (1989) - Soil-gas surveys : Part II. *Procedures*. *Pollution Engineering*, August 1989.

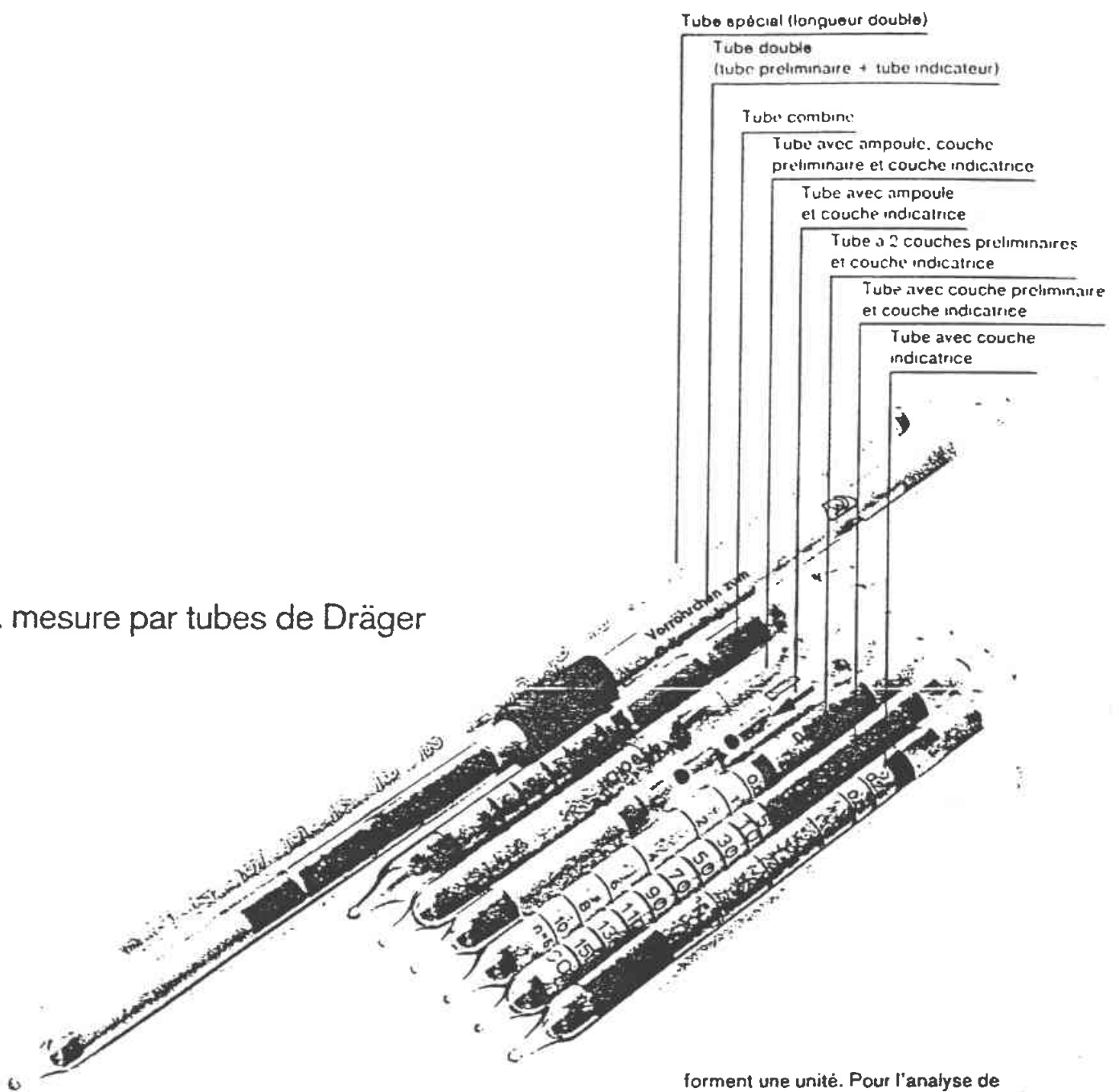
*Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic
des pollutions du sol et des nappes*

- [30] THOMSON G.M., MARRIN D.L. (1987) - Soil-gas contaminant investigations : a dynamic approach. GWMR, Summer 1987.
- [31] THORSTENSON D.C., POLLOCK D.W. (1989) - Gas transport in unsaturated porous media : the adequacy of Fick's law. Review of Geophysics, Vol. 27, n° 1.
- [32] TOLMAN K.J., THOMSON G.M. (1989) - Mobile soil gas sampling and analysis : applications and limitations. 3rd National Outdoor Action Conf., Orlando, 22-25 May 1989.
- [33] VILAIN M., DRUELLE J.P. (1967) - Extraction de petits échantillons de gaz du sol. Dosage par chromatographie. Ann. Agron., Vol. 18, n° 5, p. 507-528.
- [34] WALLINGFORD E.D., DIGIANO F.A., MILLER C.T. (1988) - Evaluation of a carbon adsorption method for sampling gasoline vapors in the subsurface. GWMR, Fall 1988.
- [35] ZDEB Th.F. (1987) - Multidepth soil gas analyses using passive and dynamic sampling techniques. Proc. NWWA/API Conf. on Petroleum hydrocarbons and organic chemicals in groundwater - Prevention, detection and restoration. Houston, Texas, November 1987.

ANNEXE

FICHES TECHNIQUES

La mesure par tubes de Dräger



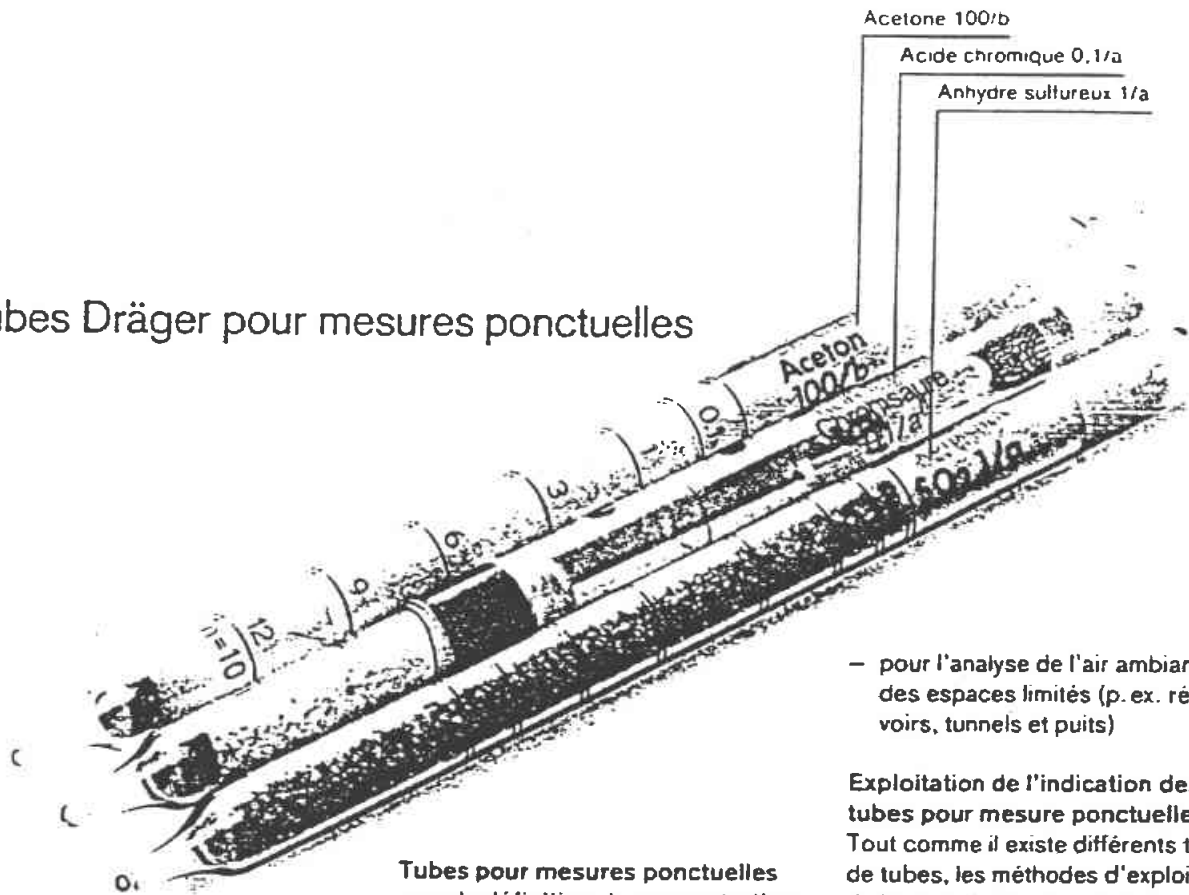
Les différents types de tubes et appareils de prélèvement Dräger. La gamme comprend 7 types de base, comprenant au total plus de 200 différents tubes offrant un large champ d'utilisation. Les tubes Dräger sont disponibles en général en paquets de 10. Le dispositif de mesure est composé de tubes Dräger plus une pompe par l'intermédiaire de laquelle l'air à analyser est aspiré à travers le tube – mesure active. Les substances dangereuses sont révélées par coloration des tubes ou, dans le cas des tubes de prélèvement, sont absorbées sur un matériau approprié. Pour les mesures ponctuelles, on utilise la pompe manuelle – Multi-Gas-Detector® ou la pompe automatique Quantimeter 1000. Pour des mesures dans le temps, le Polymeter est à utiliser. Pompe et tubes Dräger

forment une unité. Pour l'analyse de l'air respirable provenant de compresseurs ou de bouteilles de gaz comprimé, nous vous proposons le dispositif de prélèvement Aerotest. Pompes et systèmes de prélèvement sont décrits dans les dernières pages de ce prospectus.

A côté des tubes pour mesure active, Dräger développe également des tubes fonctionnant sur le mode passif: des tubes ne requérant pas de pompe. Dräger met à la disposition de l'utilisateur les tubes à diffusion à indication directe et les tubes collecteurs (ORSA 5).

Si ces tubes à indication directe pour mesures ponctuelles ou dans le temps permettent une détection rapide sur place des substances dangereuses, les tubes collecteurs, eux, doivent être exploités en laboratoire. Dräger propose à ses utilisateurs l'information nécessaire pour procéder à l'analyse.

Tubes Dräger pour mesures ponctuelles



Tubes pour mesures ponctuelles pour la définition de concentrations momentanées.

La gamme des tubes pour la mesure ponctuelle comprend actuellement 160 tubes permettant la mesure de plus de 350 gaz et vapeurs différents. En complément de la pompe manuelle Multi-Gas-Detector ou de la pompe automatique Quantimeter 1000, ils forment un système de mesure ponctuelle multifonction.

Les tubes pour la mesure ponctuelle peuvent être utilisés de la manière suivante:

- pour la mesure des expositions individuelles dans le domaine de la respiration (p. ex. à des moments précis)
- pour la détermination des concentrations momentanées (p. ex. pointes de concentration à des moments définis)
- pour la détection de fuites (p. ex. dans des canalisations, installations de gaz etc...)

- pour l'analyse de l'air ambiant dans des espaces limités (p. ex. réservoirs, tunnels et puits)

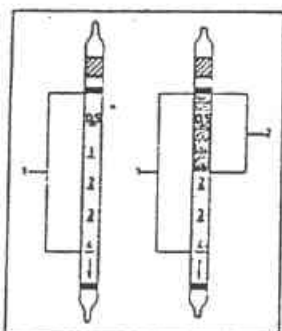
Exploitation de l'indication des tubes pour mesure ponctuelle.

Tout comme il existe différents types de tubes, les méthodes d'exploitation de leurs indications sont également différentes:

- Méthode par échelles:
 - L'interprétation se fait sur la base de la longueur atteinte par la coloration sur l'échelle imprimée. Chiffre lu = concentration (p. ex. Hydrazine 0,25/a).
- Méthode de comparaison de couleurs:
 - L'intensité de la coloration est comparée avec les teintes témoins du tube (p. ex. aldéhyde formique 0,5/a) ou du tube séparé (p. ex. tétracarbonylnickel 0,1/a).
- Méthode par anneau de marquage:
 - Le test est terminé quand la coloration atteint l'anneau de marquage imprimé sur le tube (p. ex. mercure 0,1/a).
- Méthode qualitative:
 - Une indication qualitative est indiquée par un virage de couleur de ces tubes tests - réponse oui - non (p. ex. test de gaz naturel).

Le volume d'air à analyser est invariable

(le test est p. ex. à effectuer avec 10 coups de pompe)



Méthode par échelle

L'interprétation se fait selon la longueur atteinte par la coloration sur l'échelle imprimée (fig. 23).

fig. 23: Exploitation de l'indication sur l'échelle graduée imprimée sur le tube

1 couche réactive
2 indication (dans ce cas, elle atteint le chiffre 1,5)

Méthode de la coloration témoin sur un tube séparé

Sur un tube séparé figurent plusieurs teintes témoins. L'intensité de la coloration obtenue est à comparer avec ces teintes témoins (fig. 24).

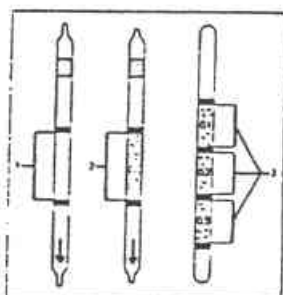


Fig. 24: exploitation de l'indication par comparaison avec les teintes témoins

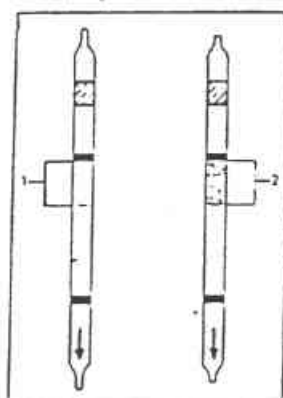
1 couche réactive
2 couche réactive ayant donné une indication
3 teintes témoins (dans ce cas elles correspondent à trois différentes concentrations de gaz)

L'interprétation de l'indication selon les méthodes par échelle ou par teintes témoins, aboutit alors directement à la valeur mesurée, le produit étant extrait de la valeur des chiffres (de l'échelle ou des témoins de teinte) et de l'unité de la grandeur mesurée (p. ex. 5 ppm).

Le volume d'air à analyser est variable

(Il faut p. ex. définir le nombre de coups nécessaire pour l'obtention d'une coloration définie)

On utilise les méthodes d'exploitation suivantes:



Méthode par anneau de marquage

Le test est terminé, quand la longueur de la coloration atteint l'anneau de marquage (isolé) imprimé sur le tube (fig. 25).

fig. 25: exploitation de l'indication à l'anneau de marquage isolé imprimé sur le tube

1 couche réactive
2 couche réactive avec indication assignant l'anneau de marquage

Méthode par coloration incorporée dans le tube

Le test est terminé quand toute la couche réactive a pris une teinte correspondant en intensité à la coloration témoin (incorporée dans le tube) (fig. 26)

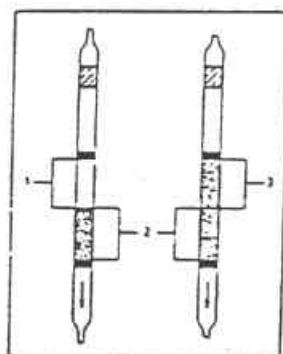


fig. 26: Exploitation de l'indication par comparaison avec la teinte témoin

1 couche réactive
2 teinte témoin
3 couche réactive ayant donné une indication (l'indication correspond à la teinte témoin)

Le nombre de coups de pompe avec la pompe aspirante, requis jusqu'à obtention de l'équilibre des teintes, sert de base pour le calcul de la valeur mesurée, qu'on relève dans un tableau où différents nombres de coups de pompe sont confrontés aux concentrations y afférentes.

L'interprétation est plus difficile, quand la coloration s'étend diffusément. Dans ce cas, il faudrait situer la terminaison là où il y a juste encore cohérence de la coloration pâissante (fig. 28).

Il peut arriver que la coloration soit de «biais» (distorsion). Dans ce cas, on relève la plus courte et la plus longue coloration pour extraire une moyenne (fig. 29).

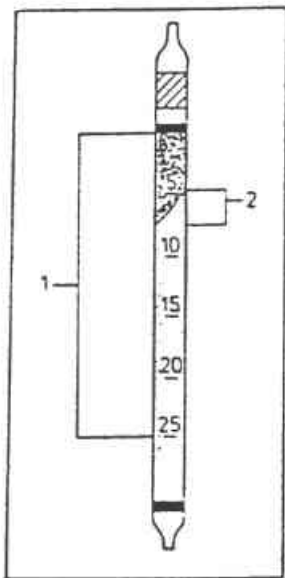
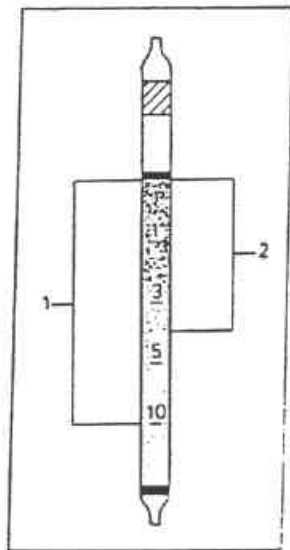


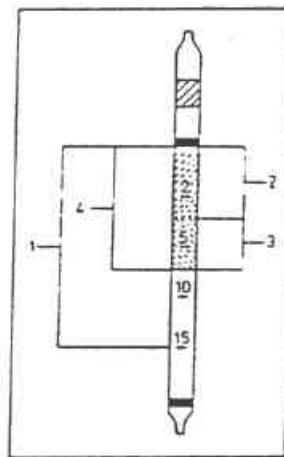
fig. 28: exploitation d'une coloration diffuse sur l'échelle imprimée
1 couche réactive
2 indicanon (se situe ici au chiffre 4)

fig. 29: exploitation d'une indication distordue. On ne trouve que rarement des indications distordues; dans ces cas, on fait la moyenne de la plus longue et de la plus courte indication (ici on obtiens le chiffre 6,5)
1 couche réactive
2 zone en biais



Pour l'exploitation, il faudrait si possible toujours respecter certaines conditions:

- Eclairage suffisant, mais non directement à la lumière du soleil
- Placer le tube sur un fond clair
- Opposer un tube non-utilisé à un tube utilisé



Pour l'exploitation sur les tubes à échelle, prendre toujours en considération la totalité de la coloration obtenue, même quand se présentent simultanément plusieurs teintes, brun, vert-brun, vert p.ex. (voir représentation schématique, fig. 27).

fig. 27: exploitation de l'indicanon sur l'échelle imprimée dans le cas où l'on obtiens plusieurs teintes dans la coloration
1 couche réactive
2 zone de (p.ex.) la coloration brun
3 zone de (p.ex.) la coloration verte
4 indication totale (donne dans ce cas une valeur de 7,5)

CH 23501

Tube réactif Dräger
Dioxyde de carbone 0,1 %/a

Mode d'emploi 234-235 24^{ème} Edition Mars 1987

1 Généralités et domaine d'utilisation

Surveillance des lieux de travail, des entrepôts et des entrepôts frigorifiques. Le tube réactif peut également être utilisé pour la détermination des gaz techniques. En ce qui concerne la manipulation des tubes réactifs et de l'appareil détecteur de gaz Dräger, voir le paragraphe 4 ci-après ainsi que le mode d'emploi 43411.

Important:

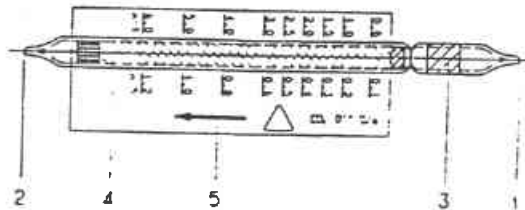
Il est strictement à déconseiller de les associer à une pompe qui serait de fabrication autre que Dräger, une combinaison de ce genre pourrait conduire à d'importantes erreurs d'indication, et serait de toutes façons contraire aux directives en vigueur.

2 Description

Voir figure

Durée d'ouverture (durée d'un coup de pompe jusqu'à tension totale de la chaînette): 15 à 30 secondes.

- 1 et 2 pointes acérées
- 3 plage pour noticas
- 4 couche indicatrice (blanche) avec échelles graduées: valeurs des chiffres en vol. % de CO₂
- 5 flèche (don être dirigée vers la pompe lors de l'analyse)



- 1 y 2 puntas fundidas
- 3 superficie para anotaciones
- 4 capa indicadora (blanca) con escala graduada: valores numéricos en % de CO₂ en volumen
- 5 flecha (debe señalar en el análisis hacia la bomba)

3 Domaine de mesure

(20°C, 1013 mbar: correspondant à 20°C, 760 Torr)

Pour 1 coup de pompe: 0,5 à 6 vol. % de CO₂ } 20°C, 1013 mbar
Pour 5 coups de pompe: 0,1 à 1,2 vol. % CO₂ }

4 Analyse et évaluation du résultat

- 4.1 Avant chaque série de mesure, vérifier l'étanchéité de la pompe avec un tube réactif obturé.
- 4.2 Biser les pointes du tube réactif.
- 4.3 Insérer de manière stricte le tube réactif dans la tête de pompe (flèche vers la pompe).
- 4.4 Aspirer l'air à analyser à travers le tube réactif en effectuant d'abord 1 coup de pompe. En présence de CO₂, la couche indicatrice se colore sur une plus ou moins longue étendue en bleu-noir. La longueur totale de la coloration est la mesure de la concentration. Lire la concentration en vol. % sur l'échelle valable pour 1 coup de pompe. Si la valeur lue est supérieure à 1 vol. %, l'analyse est terminée. Si la valeur est inférieure à 1 vol. %, continuer l'analyse avec 4 coups de pompe supplémentaires (donc 5 au total). Lire la concentration de CO₂ en vol. % sur l'échelle valable pour 5 coups de pompe (voir figure).

5 Remarques

Après résultat négatif, le tube réactif peut être réutilisé 2 fois le même jour. Après résultat positif, il n'est plus utilisable. Les colorations ne sont stables que pendant un temps limité; la longueur de la zone colorée se modifie.

6 Influence des conditions ambiantes

- 6.1 Température: Les tubes réactifs peuvent être utilisés par températures comprises entre 0°C et 30°C.
- 6.2 Humidité: Une humidité de 3 à 20 mg H₂O par litre n'a aucune influence sur l'indication.
- 6.3 Pression atmosphérique: Pour la correction de l'influence de la pression atmosphérique, le résultat obtenu est à multiplier par le facteur suivant:

$$\text{Facteur de correction} = \frac{1013}{\text{Pression atmosphérique effective (en mbar)}}$$

7 Spécificité (sensibilité transversale)

L'indication repose sur la réaction colorée de l'anhydride carbonique avec un composé d'hydrazine dont l'épousément est indiqué par le virage coloré d'un indicateur Redox (violet cristallin). D'autres gaz et vapeurs n'ont aucune influence sur l'indication.

8 Durée limite d'utilisation

La date limite et la température de stockage sont imprimées sur la banderole de la boîte.

9 Données toxicologiques (CO₂)

0,5 vol. % valeur MAC (RFA 1986).

10 Remarque

- Sur demande de l'utilisateur du tube réactif, nous donnerons les renseignements suivants:
- a) La méthode utilisée pour l'étalonnage des tubes réactifs.
 - b) L'influence des conditions d'épreuve (y compris le déroulement de la réaction) sur la transformation et sur la forme de l'indication, dans le cas où ces influences nous sont connues.

11 Tubes réactifs CO₂ avec d'autres domaines de mesure

CO ₂ , 0,01 %/a	0,01 à 0,3 vol. %
CO ₂ , 0,5 %/a	0,5 à 10 vol. %
CO ₂ , 1 %/a	1 à 20 vol. %
CO ₂ , 5 %/a	5 à 60 vol. %

Notre tableau 43401 contient par ordre alphabétique les gaz et vapeurs pouvant être déterminés à l'aide des tubes réactifs Dräger, des données importantes physiques et toxicologiques ainsi que beaucoup de données de la littérature. Ces tableaux vous parviendront sur demande!

Attention:

Ne pas jeter immédiatement les tubes réactifs usés afin qu'ils ne parviennent pas dans les mains des enfants.

Contenu complet

Tubito de control Dräger
Anhídrido carbónico 0,1 %/a

CH 23501

Instrucciones de uso 234-235 24^ª Edición Marzo 1987

1 Generalidades y campo de aplicación

Vigilancia de los locales de trabajo, almacenes y frigoríficos. El tubito puede usarse también para la determinación de gases industriales. Por lo que atañe a la manipulación del tubito de control y el detector de gases Dräger ver punto 4 de estas instrucciones, así como las instrucciones de uso 43411.

Importante:

No está autorizada la combinación de estos tubitos con bombas de otros fabricantes, ya que ello conduciría a errores de indicación considerables. Una combinación tal infringe las normas existentes.

2 Descripción

Ver ilustración.

Tiempo de apertura (duración de una carrera de la bomba hasta la tensión total de la cadena de seguridad): 15 hasta 30 segundos.

3 Campo de medición

(20°C, 1013 mbar: correspondiendo a 20°C, 760 mm Hg)

Con 1 carrera: 0,5 hasta 6 % de CO₂ en vol. } 20°C, 1013 mbar
Con 5 carreras: 0,1 hasta 1,2 % de CO₂ en vol. }

4 Análisis y evaluación del resultado

- 4.1 Antes de iniciar una serie de medidas verifique la estanqueidad de la bomba con un tubito de control sin abrir.
- 4.2 Rompa las puntas del tubito de control.
- 4.3 Inserte firmemente el tubito de control en la cabeza de la bomba (la flecha señalando hacia la bomba).
- 4.4 Se aspira primero el aire a analizar a través del tubito de control con 1 carrera de la bomba. En presencia de CO₂, la capa indicadora se colorea de azul violeta en mayor o menor medida. La longitud total de la coloración de la medida de la concentración, que se lee en la escala de 1 carrera en % en volumen. Si el valor es superior a 1 % en volumen, el análisis ha terminado, y si es inferior, se prosigue el mismo con otras 4 carreras más (5 en total). Leyéndose ahora la concentración de CO₂ en la escala de 5 carreras, en % en volumen (ver ilustración).

5 Observaciones

Después de un resultado negativo del análisis puede usarse el tubito de control hasta 2 veces más en el mismo día. Después de un resultado positivo no puede volver a utilizarse. Las coloraciones se mantienen durante tiempo limitado; la longitud de la zona coloreada varía.

6 Influencia de las condiciones del ambiente

- 6.1 Temperatura: Los tubitos de control pueden emplearse en un campo de temperaturas de 0 hasta 30°C.
- 6.2 Humedad: Dentro de un margen de 3 hasta 20 mg H₂O por litro carece la humedad de influencia alguna sobre la indicación.
- 6.3 Presión del aire: Para corregir la influencia de la presión se multiplica la indicación por el siguiente factor:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{1013}{\text{presión del aire real (en mbar)}}$$

7 Especificidad (Interferencias a la sensibilidad)

La indicación se basa en la reacción cromática del anhídrido carbónico con un compuesto de hidrazina, cuyo consumo es indicado por el viraje de color de un indicador «redox» (violeta cristallin). Otros gases y vapores no influyen sobre la indicación.

8 Duración de utilización prevista

Ver fecha de expiración y temperaturas de almacenaje en la banderola del estuche.

9 Datos toxicológicos

0,5 % en volumen valor MAK (RFA 1986)

10 Nota

- A solicitud del usuario suministramos las siguientes informaciones:
- a) Método empleado para calibrar los tubitos de control.
 - b) Influencia de las condiciones de ensayo sobre la reacción y su curso, así como sobre la exactitud de la indicación, en tanto nos son conocidos estos efectos.

11 Tubitos de control de CO₂ con otros campos de medición

CO ₂ , 0,01 %/a	0,01 hasta 0,3 % en volumen
CO ₂ , 0,5 %/a	0,5 hasta 10 % en volumen
CO ₂ , 1 %/a	1 hasta 20 % en volumen
CO ₂ , 5 %/a	5 hasta 60 % en volumen

Nuestra Tabla 4340a contiene por orden alfabético los gases y vapores medibles con los tubitos de control Dräger, y datos físicos y toxicológicos importantes de los gases y vapores, así como referencias bibliográficas.

Esta tabla le será suministrada previa solicitud.

Cuidado!

No se arrojen los tubitos de control ya utilizados, en las debidas precauciones, a fin de que no caigan en manos de los niños.

El contenido es corrosivo!

En caso de demandas, pida el número de índice impreso en la parte superior de la caja.

En caso de demanda informá el número de serie impreso en el estuche.

1 Généralités et domaine d'utilisation
Détermination du toluène (C₆H₅CH₃) dans l'air.
Utiliser les tubes réactifs conjointement avec la pompe détectrice de gaz Dräger.
En ce qui concerne la manipulation, voir le paragraphe 4 ci-dessus et le mode d'emploi 4341.

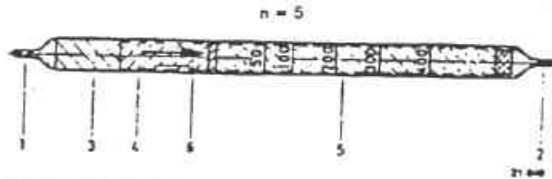
Important:
Il est strictement à déconseiller de les associer à une pompe qui serait de fabrication autre que Dräger; une combinaison de ce genre pourrait conduire à d'importantes erreurs d'indication, et serait de toutes façons contraire aux directives en vigueur.

2 Description

Voir figure.

Durée d'ouverture (durée d'un coup de pompe jusqu'à tension totale de la chaînette): 10 à 20 secondes.

- 1 et 2 pointes acérées
- 3 plage pour notes
- 4 couche préliminaire (blanche)
- 5 couche indicatrice (blanche) avec échelle graduée; valeurs des chiffres = ppm de toluène, valable pour n = 5 coups de pompe
- 6 flèche (doit être dirigée vers la pompe lors de l'analyse)



- 1 y 2 puntas fundidas
- 3 superficies para anotaciones
- 4 capa previa (blanca)
- 5 capa indicadora (blanca), con escala graduada; valores numéricos = ppm de toluol, válidos para n = 5 carreras
- 6 flecha (debe señalar en el análisis hacia la bomba)

1 Generalidades y campo de aplicación
Determinación del toluol (C₆H₅CH₃) en el aire.
Los tubitos de control se utilizarán conjuntamente con la bomba detectora de gases Dräger. Por lo que se refiere a la manipulación, ver el punto 4 de estas instrucciones y las instrucciones de uso 4341.

Importante:
No está autorizada la combinación de estos tubitos con bombas de otros fabricantes, ya que ello conduciría a errores de indicación considerables. Una combinación tal infringe las normas existentes.

2 Descripción

Ver ilustración.

Tiempo de apertura (duración de una carrera de la bomba hasta la tensión total de la cadenilla de seguridad): 10 hasta 20 segundos.

3 Domaine de mesure (20°C, 1013 mbar; correspondant à 20°C, 760 Torr)
Pour n = 5 coups de pompe: 5-400 ppm de toluène
(la première graduation de l'échelle correspond à 50 ppm;
pour de plus petites concentrations, on ne peut faire qu'une estimation approximative.)
jusqu'à 500 ppm de toluène au maximum
(voir paragraphe 4.5)

Pour n = 4 coups de pompe:
1 ppm de toluène ≈ 3,84 mg/m³
1 mg de toluène/m³ ≈ 0,26 ppm } 20°C, 1013 mbar

4 Analyse et évaluation du résultat

4.1 Avant chaque série de mesures, vérifier l'étanchéité de la pompe avec un tube réactif obturé.

4.2 Briser les pointes du tube réactif.

4.3 Insérer de manière étanche le tube réactif dans la tête de pompe (flèche vers la pompe).

4.4 Aspirer l'air à analyser à travers le tube réactif en effectuant 5 coups de pompe. En présence de toluène, la couche indicatrice blanche se colore en brun. La longueur de la coloration est fonction de la concentration.
Valeurs des chiffres = ppm de toluène.

4.5 Mesure des concentrations supérieures à 400 ppm.
Aspirer l'air à analyser à travers le tube réactif, en effectuant 4 coups de pompe. En multipliant l'indication (valeurs de chiffres de l'échelle) par le facteur 1,25 on obtient les ppm de toluène.

5 Remarques

Les colorations restent stables quelques jours à condition d'obtenir les tubes réactifs avec des capuchons en caoutchouc.

Les tubes réactifs ne sont plus réutilisables, même après résultat négatif.

6 Influence des conditions ambiantes

6.1 Température

Les tubes réactifs peuvent être utilisés par températures comprises entre +10°C et +30°C.

6.2 Humidité

Dans le domaine situé entre 5 et 12 mg d'H₂O par litre, l'humidité n'a aucune influence sur l'indication.

6.3 Pression atmosphérique

Pour la correction de l'influence de la pression atmosphérique, le résultat obtenu est à multiplier par le facteur suivant:

$$\text{Facteur de correction} = \frac{1013}{\text{Pression atmosphérique effective (en mbar)}}$$

7 Spécificité (sensibilité transversale)

L'indication repose sur la réaction du toluène avec l'acide iodique et l'acide sulfurique (virage de coloration du blanc vers brun).

Les hydrocarbures d'essence colorent la couche indicatrice en brun-rougeâtre. Ce n'est que si le benzène est présent en concentrations supérieures à 150 ppm, que l'indication sera influencée. Par le benzène la couche indicatrice se colore en un jaune diffus. Les systèmes sont indiqués avec une sensibilité plus faible que le toluène.

8 Durée limite d'utilisation

La date limite et la température de stockage sont imprimées sur la banderole de la boîte.

9 Propriétés importantes du toluol

Valeur MAC (RFA 1986):	100 ppm
Limite inférieure d'inflammabilité:	1,2 vol. % (à 20°C)
Limite supérieure d'inflammabilité:	7,0 vol. % (à 20°C)
Température d'inflammabilité:	535°C
Point éclair:	6°C
Pression de vapeur:	22 Torr (à 20°C)
Volatilité (concentration de saturation dans l'air):	111 mg/litre (à 20°C)
Poids moléculaire:	92,1
Densité (liquide):	0,87 g/cm ³ (à 20°C)
Point de fusion:	-95°C
Point de ébullition:	111°C

Sur demande de l'utilisateur du tube réactif, nous donnerons les renseignements suivants:

- a) La méthode utilisée pour l'étalonnage des tubes réactifs.
- b) L'influence des conditions d'épreuve (y compris le déroulement de la réaction) sur la transformation et sur la fidélité de l'indication, dans le cas où ces influences nous sont connues.

11 Protection respiratoire par cartouche filtrante

Si une protection respiratoire par cartouche filtrante est nécessaire et permise, utiliser une cartouche filtrante avec la lettre caractéristique A.

Notre tableau 43401 contient par ordre alphabétique les gaz et vapeurs pouvant être déterminés à l'aide des tubes réactifs Dräger, des données importantes physiques et toxicologiques ainsi que beaucoup de renvois à la littérature.
Ces tableaux vous parviendront sur demande.

Attention:

Ne pas fumer inattentivement les tubes réactifs épuisés afin qu'ils ne parviennent pas dans les mains des enfants.
Contenu corrompu!

3 Margen de medición (20°C, 1013 mbar; correspondiente a 20°C, 760 Torr)
Siendo n = 5 carreras: 5 hasta 400 ppm de tolueno
(la primera división de la escala corresponde a 50 ppm,
las concentraciones más bajas únicamente pueden evaluarse)
Siendo n = 4 carreras: Hasta un máximo de 500 ppm de toluol
(ver Punto 4.5)

1 ppm de toluol ≈ 3,84 mg/m³
1 mg de toluol/m³ ≈ 0,26 ppm } 20°C, 1013 mbar

4 Análisis y evaluación del resultado

4.1 Antes de iniciar una serie de medidas verifique la estanqueidad de la bomba con un tubito de control un abnrr.

4.2 Romper las puntas del tubito de control.

4.3 Insertar firmemente el tubito de control en la cabeza de la bomba (la flecha señalando hacia la bomba).

4.4 Se aspira el aire a analizar a través del tubito de control con 5 carreras de la bomba. Si existe toluol se colorea de pardo la capa indicadora blanca. La longitud de la coloración depende de la concentración.
Valores numéricos = ppm de toluol.

4.5 Mediciones de concentraciones superiores a 400 ppm.
Se aspira el aire a través del tubito de control con 4 carreras. La indicación (valores numéricos de la escala) multiplicada por el factor 1,25 corresponde a las ppm de tolueno.

5 Observaciones

Las coloraciones se mantienen durante algunos días, cuando se cierran los tubitos de control con caperuzas de goma.

Los tubitos de control no pueden volver a usarse, aun cuando haya sido negativo el resultado del análisis.

6 Influencia de las condiciones del ambiente

6.1 Temperatura

Los tubitos de control pueden emplearse en un campo de temperaturas entre 10°C y 30°C sobre cero.

6.2 Humedad

Dentro de un límite de 5 hasta 12 mg H₂O por litro, no tiene la humedad influencia alguna sobre la indicación.

6.3 Presión del aire

Para corregir la influencia de la presión se multiplica la indicación por el siguiente factor:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{1013}{\text{presión del aire real (en mbar)}}$$

7 Especificidad (Interferencias a la sensibilidad)

La indicación se basa en la reacción del toluol con ácido yódico y ácido sulfurico (viraje de color de blanco a pardo).

Los hidrocarburos bencénicos colorean la capa indicadora de rojo pardusco. El benzol perjudica la indicación cuando sus concentraciones son superiores a 150 ppm, coloreando la capa indicadora difusamente os amaranto.

Los alioles son indicados con menos sensibilidad que el toluol.

8 Duración de utilización prevista

Ver fecha de expiración y temperatura de almacenamiento en la banderole del estuche.

9 Propiedades más importantes del toluol

Vaioz MAK (RFA 1986):	100 ppm
Limite de inflamabilidad inferior:	1,2% en volumen (a 20°C)
Limite de inflamabilidad superior:	7,0% en volumen (a 20°C)
Température de encendido:	535°C
Punto de inflamación:	6°C
Presión del vapor:	22 Torr (a 20°C)
Volatilidad (concentración de saturación en el aire):	111 mg/litro (a 20°C)
Peso molecular:	92,1
Densidad (liquido):	0,87 g/cm ³ (a 20°C)
Punto de fusión:	-95°C
Punto de ebullición:	111°C

10 Nota

Si lo desea el usuario suministramos las siguientes informaciones:

- a) Método utilizado en el calibrado de los tubitos de control.
- b) Influencia de las condiciones del ensayo en la reacción y su curso, así como sobre la exactitud de la indicación, siempre que estos efectos nos sean conocidos.

11 Protección respiratoria por filtro

En caso de ser necesaria y estar autorizada la protección respiratoria mediante filtro, se emplearán los que llevan como letra distintiva la A.

Nuestra Tabla 43401 contiene por orden alfabético los gases y vapores medibles con los tubitos de control Dräger, y datos físicos y toxicológicos importantes de los gases y vapores, así como referencias bibliográficas.

Esta tabla le será suministrada previa solicitud.

Cuidado!

No se toquen los tubitos de control ya utilizados, con las debidas precauciones, a fin de que no caigan en manos de los niños.
(El contenido es corrosivo!)

En caso de demandas, pñere d'indiquer le No de série imprimé sur la boîte

En caso de demandas informativa indique el número de serie e

1 Généralités et domaine d'utilisation

Pour la détermination des hydrocarbures d'essence dans l'air des locaux de travail, des réservoirs, etc. L'échelle graduée imprimée sur le tube réactif, est valable pour le n-octane C₈H₁₈ (voir également le § 7 -Spécificité du présent mode d'emploi). Utiliser les tubes réactifs conjointement avec la pompe détectrice Dräger. Concernant la manipulation de l'appareil détecteur de gaz et des tubes réactifs, voir le § 4 ci-après et le mode d'emploi «Multi Gas Detector».

Important:

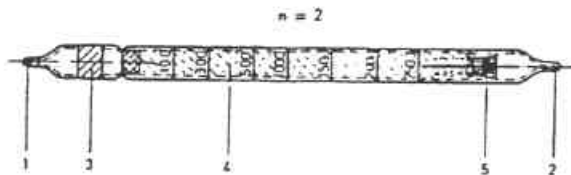
Il est strictement à déconseiller de les associer à une pompe ou serait de fabrication autre que Dräger; une combinaison de ce genre pourrait conduire à d'importantes erreurs d'indication, et serait de toutes façons contraire aux directives en vigueur.

2 Description

Voir figure.

Durée d'ouverture (durée d'un coup de pompe jusqu'à tension totale de la chaînette): 10 à 20 secondes.

- 1 and 2 pontes scellées
- 3 plage pour notes
- 4 couche indicatrice (blanche) avec échelle graduée; ce qui correspond à ppm de n-octane pour 2 coups de pompe
- 5 flèche (doit être dirigée vers la pompe lors de l'analyse)



- 1 y 2 puntas fundidas
- 3 superficie para anotaciones
- 4 capa indicadora (blanca) con escala graduada; corresponde a ppm de n-octano con 2 carreras de la bomba
- 5 flecha (debe señalar en el análisis hacia la bomba)

3 Domaine de mesure

Pour n = 2 coups de pompe:
100 à 2500 ppm de n-octane (20°C, 1013 mbar, correspondant à 20°C, 760 Torr)
1 ppm de n-octane = 4,77 mg par m³
1 mg de n-octane par m³ = 0,21 ppm } 20°C, 1013 mbar (760 Torr)

4 Analyse et évaluation du résultat

- 4.1 Avant chaque série de mesures, vérifier l'étanchéité de la pompe avec un tube réactif obturé.
- 4.2 Baisser les pontes du tube réactif.
- 4.3 Insérer de manière étanche le tube réactif dans la tête de pompe détectrice (flèche vers la pompe).
- 4.4 Aspirer l'air à analyser à travers le tube réactif en effectuant 2 coups de pompe. En présence de n-octane (ou d'un autre hydrocarbure d'essence), la couche indicatrice blanche se colore en vert-brunâtre. La longueur de la coloration est fonction de la concentration. Valeurs des chiffres = ppm n-octane.

5 Remarques

Les colorations sont stables pendant quelque temps à condition d'obturer les tubes réactifs avec des bouchons en caoutchouc. Même après résultat négatif, les tubes réactifs ne sont plus réutilisables.

6 Influence des conditions ambiantes

Les tubes réactifs peuvent être utilisés par températures comprises entre 0 et 40°C. Dans ce domaine, l'humidité n'a aucune influence sur le résultat de mesure.

7 Spécificité (sensibilité transversale)

L'indication du n-octane repose sur la réaction colorée avec du pentaoxyde d'iode, du dioxyde de sélénium et de l'acide sulfurique fumant (virage de la coloration du blanc en vert-brunâtre). Outre le n-octane, d'autres composés organiques et plusieurs composés inorganiques sont également indiqués.

Quelques exemples pour la sensibilité d'indication par rapport à d'autres composés

Substances perturbatrices	Concentration équivalente (environ)
500 ppm n-hexane	800 ppm n-octane
1000 ppm n-hexane	>2500 ppm n-octane
500 ppm n-heptane	700 ppm n-octane
1000 ppm n-heptane	2000 ppm n-octane
500 ppm iso-octane	600 ppm n-octane
1000 ppm iso-octane	1500 ppm n-octane
1500 ppm iso-octane	2500 ppm n-octane
500 ppm n-nonane	300 ppm n-octane
1000 ppm n-nonane	500 ppm n-octane
1000 ppm benzène	< 100 ppm n-octane
1000 ppm toluène	< 100 ppm n-octane
1000 ppm xylène	< 100 ppm n-octane
500 ppm CO	200 ppm n-octane
1000 ppm CO	400 ppm n-octane
1000 ppm H ₂ S	< 100 ppm n-octane

Remarque:

Les carburants contiennent d'importantes quantités d'arômes. Le tube réactif hydrocarbures d'essence n'indique brièvement pas ces arômes, uniquement les composants aliphatiques sont mesurés. Pour apprécier l'air, utiliser, dans ce cas, en complément le tube réactif Dräger toluène 25/a.

8 Durée limite d'utilisation

La date limite et la température de stockage sont imprimées sur la banderole de la boîte.

9 Propriétés importantes du n-octane

Concentration maximum sur le lieu de travail (RFA 1986)	500 ppm (2350 mg/m ³)
Limite inférieure d'inflammabilité:	0,8 vol.-% à 20°C
Limite supérieure d'inflammabilité:	8,5 vol.-% à 20°C
Température d'inflammabilité:	210°C
Ponts éclair:	12°C
Pression de vapeur:	10 Torr (à 20°C)
Vitesse (concentration de saturation dans l'air)	82,5 mg/litre (à 20°C)
Poids moléculaire	114,23
Densité	0,70 g/cm ³ (à 20°C)
Pont de fusion	-67°C
Pont d'ébullition	126°C

10 Protection respiratoire par cartouche filtrante

Si une protection respiratoire est nécessaire et permise, utiliser un filtre avec la lettre caractéristique A.

Notre tableau 43401 contient par ordre alphabétique les gaz et vapeurs devant être déterminés à l'aide des tubes réactifs Dräger, des données importantes physiques et toxicologiques ainsi que beaucoup de données à titre d'information. Ces tableaux vous parviendront sur demande!

Attention:

Ne pas jeter intentionnellement les tubes réactifs usés dans l'eau ou ne pas les jeter dans les poubelles des enfants. Consulter conseil.

1 Generalidades y campo de aplicación

Para determinación de los hidrocarburos de bencina en el aire de los locales de trabajo, depósitos, etc. La escala graduada impresa en los tubitos es válida para n-octano C₈H₁₈ (ver también punto 7. -Especificidad- de estas instrucciones de uso). Los tubitos se utilizarán conjuntamente con la bomba detectora de gases Dräger. Para la manipulación del detector de gases y los tubitos ver punto 4 de estas instrucciones y las instrucciones de uso «Multi Gas Detector».

Importante

No está autorizada la combinación de estos tubitos con bombas de otros fabricantes, ya que esto conduciría a errores de indicación considerable. Una combinación tal infringe las normas existentes.

2 Descripción

Ver ilustración.

Tiempo de apertura (duración de una carrera de la bomba hasta la tensión total de la cadenilla de seguridad): 10 hasta 20 segundos.

n = 2

3 Margen de medida

Con n = 2 carreras: 100 hasta 2500 ppm de n-octano (20°C, 1013 mbar, correspondiendo a 20°C, 760 Torr)
1 ppm n-octano = 4,77 mg por m³
1 mg n-octano por m³ = 0,21 ppm } 20°C, 1013 mbar (760 Torr)

4 Análisis y evaluación del resultado

- 4.1 Verificar con un tubito sin abrir la estanqueidad de la bomba antes de cada serie de mediciones.
- 4.2 Romper las puntas del tubito.
- 4.3 Insertar el tubito herméticamente en la cabeza de la bomba detectora de gases (la flecha señalando hacia la bomba).
- 4.4 Aspirar con 2 carreras a través del tubito el aire a analizar. De existir n-octano u otro hidrocarburo de bencina la capa indicadora blanca se colorea de verde pardusco. La longitud de la coloración depende de la concentración. Valores numéricos = ppm de n-octano.

5 Observaciones

Las coloraciones se pueden mantener durante algún tiempo, cuando se cierran los tubitos con las capuchas de goma. Los tubitos no pueden volver a utilizarse aun después de un resultado negativo del análisis.

6 Influencia de las condiciones del ambiente

Los tubitos pueden utilizarse en un margen de temperatura de 0 a 40°C. En este margen la humedad no influye en el resultado de la medición.

7 Especificidad (Interferencias a la sensibilidad)

La indicación de n-octano se basa en la reacción cromática con pentaoxido de yodo, dióxido de selenio y ácido sulfúrico fumante (viraje de color de blanco a verde pardusco). Además del n-octano son indicados también otros compuestos orgánicos y algunos inorgánicos. A continuación algunos ejemplos de la sensibilidad de indicación frente a otros compuestos.

Substancias perturbadoras	Concentración equivalente (aproximada)
500 ppm n-hexano	800 ppm n-octano
1000 ppm n-hexano	>2500 ppm n-octano
500 ppm n-heptano	700 ppm n-octano
1000 ppm n-heptano	2000 ppm n-octano
500 ppm iso-octano	600 ppm n-octano
1000 ppm iso-octano	1500 ppm n-octano
1500 ppm iso-octano	2500 ppm n-octano
500 ppm n-nonano	300 ppm n-octano
1000 ppm n-nonano	500 ppm n-octano
1000 ppm benzeno	< 100 ppm n-octano
1000 ppm tolueno	< 100 ppm n-octano
1000 ppm xileno	< 100 ppm n-octano
500 ppm CO	200 ppm n-octano
1000 ppm CO	400 ppm n-octano
1000 ppm H ₂ S	< 100 ppm n-octano

Nota:

Los hidrocarburos contienen considerables cantidades de aromáticos. Precisamente, estos aromáticos no son indicados por el tubito de control Hidrocarburos de bencina, siendo medidos únicamente los porciones alifáticos. Para determinar sobre el aire deben emplearse entonces, adicionalmente, los tubitos Dräger Tolueno 25/a.

8 Tiempo de utilización previsto

Ver en el presente datos sobre fecha de caducidad y temperatura de almacenamiento.

9 Propiedades importantes del n-octano

Valor MAK (RFA 1986)	500 ppm (2350 mg/m ³)
Limite de inflamabilidad inferior:	0,8% en Vol. a 20°C
Limite de inflamabilidad superior:	8,5% en Vol. a 20°C
Temperatura de encendido:	210°C
Punto de inflamación:	12°C
Presión de vapor:	10 Torr (a 20°C)
Velocidad (concentración de saturación en el aire)	82,5 mg/litre (a 20°C)
Peso molecular:	114,23
Densidad:	0,70 g/cm ³ (a 20°C)
Punto de fusión:	-67°C
Punto de ebullición:	126°C

10 Protección respiratoria mediante filtro

En caso de ser necesario y estar autorizada la protección respiratoria por medio de filtro, se utilizarán los mercados con la letra distintiva A.

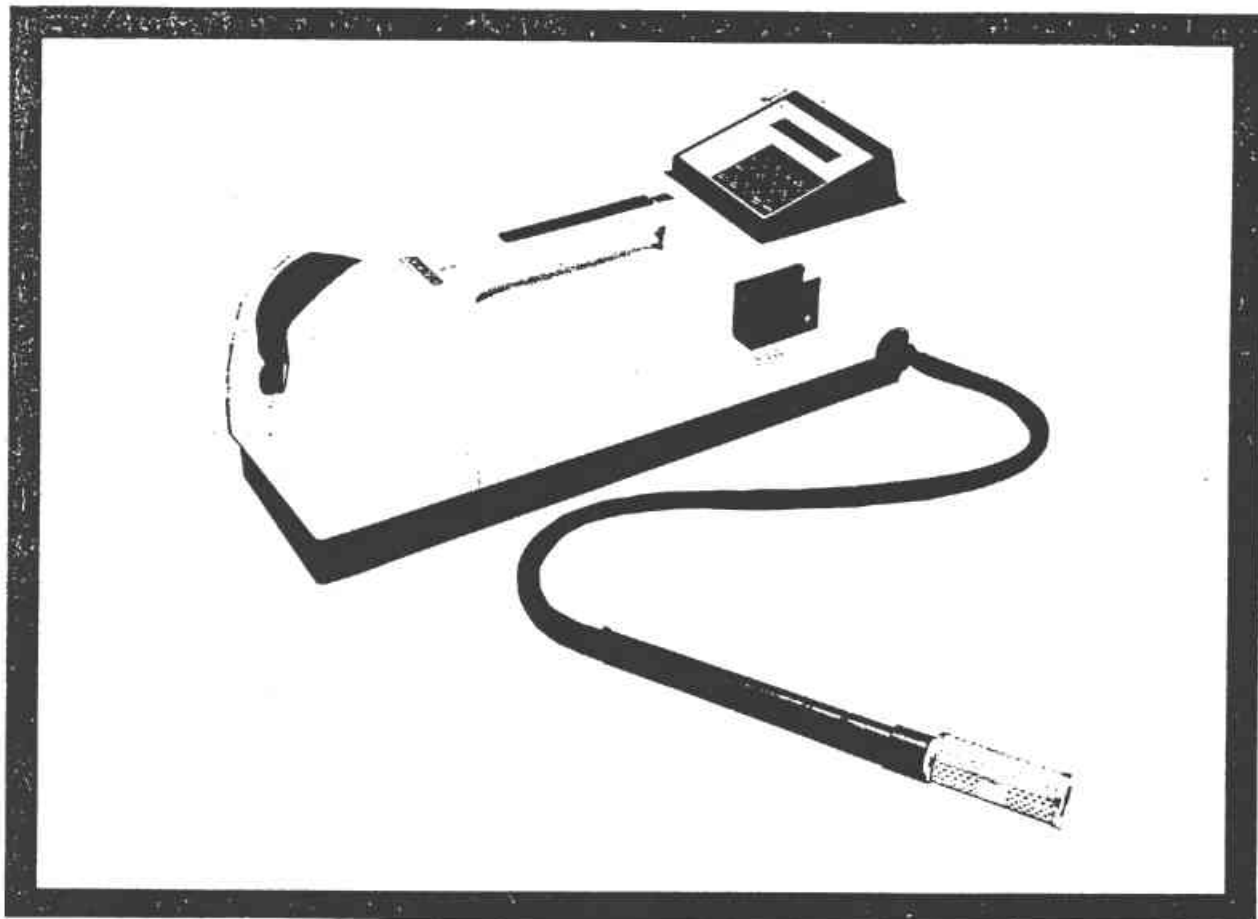
Nuestro Tabla 4340a contiene por orden alfabético los gases y vapores medibles con los tubitos de control Dräger, y datos físicos y toxicológicos de estos gases y vapores, así como referencias biológicas. Esta tabla le será suministrada sobre solicitud.

Cuidados

No se deben utilizar los tubitos de control ya utilizados, sino los debidas producciones, e en de evitar que caigan en manos de los niños. El contenido es corrosivo!

En caso de demandas, por favor indicar el No de serie impreso en la boquilla.

En caso de demanda informativa indique el número de serie «Dräger» en el artículo.



ANALYSEUR PORTABLE D'AIR AMBIANT MIRAN 1 B

Le MIRAN 1 B est un spectromètre portable monofaisceau contrôlé par microprocesseur utilisé pour la mesure de concentration de gaz ou de vapeur dans l'air ambiant. L'utilisation d'une programmation interactive permet à l'opérateur de choisir rapidement un mode d'analyse. L'analyseur combine la fidélité et la précision de la spectrométrie infra-rouge avec les avantages du pilotage par microprocesseur.

Portable

L'appareil a été conçu pour la surveillance sur le site sans utilisation d'aucun accessoire ou réactif. Une pompe incorporée envoie un échantillon d'air dans la cellule pour analyse puis purge celle-ci après que la mesure ait été effectuée. Le poids de l'analyseur (13,6 kg), la poignée de transport et la bretelle permettent le port de l'appareil pendant l'analyse.

Le bloc batterie au cadmium-nickel autorise quatre heures d'analyse en continu. On peut bien entendu prolonger cette durée en utilisant d'autres blocs de batterie. Si la charge des accus est trop faible, l'analyseur s'arrête et affiche cet état sur l'écran.

DIAGNOSTICS

Le logiciel de l'analyseur comporte un test de routine qui fonctionne dès la mise en marche de l'appareil. Ce diagnostic ne nécessite aucune intervention de l'utilisateur. Sont également vérifiés: la mémoire morte, la mémoire vive, le temps de mise à température de la source, la source d'énergie, les servo-moteurs, le bruit de fond. L'appareil ne fonctionne qu'en cas de succès de tout ces tests.

FOXBORO[®]

INTERFACE FACILE D'EMPLOI

La procédure interactive simplifie l'utilisation du MIRAN 1B. Les mots clé sont commodes à utiliser et suivent la procédure: analyse, étalonnage, spectre d'absorption, mise en mémoire, diagnostic et repos. Le réglage s'effectue avec un petit nombre d'entrées pour modifier les différents paramètres et l'analyse est commandée par quelques mots clé. Le clavier extra-plat et le programme simple de fonctionnement rendent le fonctionnement de l'analyseur simple et pratiquement sans erreur.

ALARMES SONORES

L'analyseur a trois types d'alarmes sonores. Le premier type, un unique "BIP" avertit l'utilisateur d'une erreur de manipulation. Le deuxième, un "BIP-BIP" (type compteur Geiger) de fréquence variable se déclenche lorsque l'on approche du seuil d'alarme programmé. Un "BIP-BIP" de fréquence fixe avertit du dépassement du seuil d'alarme.

BIBLIOTHEQUE DE COMPOSANTS

La mémoire de l'analyseur comprend une librairie des paramètres d'analyse pour plus de cent types de gaz et vapeurs différents. Il reste la place pour l'entrée des paramètres d'analyse de dix composants choisis par l'utilisateur. Les données sont les suivantes: nom du composant (jusqu'à 6 caractères), facteur spécifique et courbe d'absorption (constante utilisée pour la conversion de l'absorbance en concentration), seuils d'alarme, longueur d'onde, trajet optique et gain.

Il n'est pas nécessaire d'entrer les paramètres d'analyse pour un composant qui figure dans la bibliothèque. Le microprocesseur règle automatiquement la longueur d'onde et le trajet optique aux valeurs en mémoire dans la bibliothèque pour cette analyse.

BALAYAGE DU SPECTRE

L'analyseur peut réaliser un spectre d'absorption infrarouge. On peut ainsi détecter un composant dans l'ambiance, réaliser le spectre d'absorption d'un gaz unique, localiser les pics d'absorption. Lorsque l'on utilise le mode "recherche de pic", la ligne de base est d'abord mesurée puis mise en mémoire. Un échantillon est ensuite envoyé dans la cellule et l'analyseur affiche les pics d'absorption. L'utilisateur peut sélectionner celui qui lui convient pour l'étalonnage et l'analyse. Cette procédure permet d'entrer de nouveaux composants dans la bibliothèque ou de sélectionner une nouvelle longueur d'onde d'analyse pour un composant déjà dans la librairie.

SOUPLESSE D'UTILISATION

Le microprocesseur contrôle le bon fonctionnement de l'analyseur. On peut néanmoins à tout moment modifier les paramètres de l'analyse pour détecter tout gaz ou vapeur qui absorbe entre 2,5 et 14,5 micromètres.

Le filtre variable circulaire (CVF) qui couvre le spectre de 2,5 à 14,5 micromètres permet l'analyse de pratiquement tout composé organique et de beaucoup de composés minéraux. Le CVF est entraîné par un robuste servomoteur garantissant une bonne précision et une bonne répétabilité dans la sélection de la longueur d'onde.

La cellule de mesure a un trajet optique variable de 0,75 à 20,25 mètres. Le trajet optique variable permet de mesurer des concentrations allant de la ppm au pourcentage. Le mécanisme de réglage du trajet optique est également commandé par le microprocesseur, le changement est automatique et facile à réaliser.

CONDITIONS DE STOCKAGE ET DE FONCTIONNEMENT

Influence de	Conditions de référence	Limites de fonctionnement	Limites de stockage
Température ambiante	23 ± 2°C	5 et 40°C	-40 et +85°C
Humidité relative	50 ± 10%	5 et 95% à 30°C	0 et 95% à 35°C
Tension d'alimentation	120 ou 220 V ± 5%	120 ou 220 V + 10 -15%	—
Fréquence d'alimentation	50 ou 60 Hz ± 0,5%	50 ou 60 Hz ± 3%	—

PERFORMANCES

Cycle d'analyse: une minute par échantillon (correspondant à 5 remplissages de la cellule)

Reproductibilité des longueurs d'onde: $\pm 0,1\%$

Reproductibilité du trajet optique: $\pm 0,1\%$

Niveau du bruit: 0,004 unités d'absorbance (UA) à 23°C avec un trajet de 20,25 M à 12,0 u de longueur d'onde avec des fenêtres en AgBr.

Dérive: 0,004 UA pour 8 heures dans les mêmes conditions que pour le niveau de bruit

SPECIFICATIONS DE FONCTIONNEMENT

ANALYSEUR

Alimentation: 220V + 10 -15% 50 Hz + 3 Hz

Bloc batterie: cadmium nickel rechargeable 5,0 V- 4,8 Ah et 7,5V - 4,8 Ah. temps de décharge 4h. Temps de charge 14 à 16 h.

Consommation: 70 W maxi.

Plage d'absorbance: 0,000 à 2,000 UA

Echelle de mesure: 0 à 99,999 PPM

Débit de la pompe: 25 à 301/mm avec filtre de prise d'échantillon propre.

Tuyau de prélèvement: 0,9 m diamètre int. 16 mm en polyéthylène

Mode de prélèvement d'échantillon: en circuit ouvert avec pompe incorporée; en circuit fermé avec pompe externe; avec système de prélèvement

Affichage: par cristaux liquides de la concentration ou de l'absorbance en 2 lignes de 20 caractères de 5,3 mm

Clavier opérateur: extra plat à 28 touches

Fonctions: analyse, étalonnage, spectre, choix des programmes, diagnostic et repos

Capacité de mémoire: 40K de mémoire morte programmable (PROM), 4K de mémoire vive (RAM) non volatile, 4K de mémoire vive volatile.

Bibliothèque de composants: Voir tableau

Alarme sonore: prévient d'une erreur de l'opérateur, de l'approche de la V.M.E.; du dépassement du seuil d'alarme.

Sortie analogique: 0-10V courant continu

SPECTROMETRE INFRA-ROUGE

Type: monofaisceau piloté par microprocesseur

Largeur de fente: 1,25 mm fixe

Optique: filtre variable à 3 segments (2,5 à 4,5 μm , 4,4 à 8 μm , 7,9 à 14,5 μm) entraîné par servo-moteur. Le passage d'une longueur d'onde à une autre est automatique.

Source: filament nickel-chrome

Détecteur: pyro-électrique au tantalate de lithium

CELLULE A GAZ

Trajet optique: sélection automatique de 0,75; 2,25; 6,75; 12,75; et 20,25 M

Volume: 3,4 litres

CARACTERISTIQUES

Matériaux de construction

Boîtier: mousse de Noryl

Ligne d'échantillonnage: polyéthylène

Cellule à gaz: aluminium téfloné

Fenêtres: bromure d'argent AgBr

Vannes: polyéthylène

Dimensions: environ 706 mm x 229 mm x 279 mm

Poids: 13,6 kg environ

NORMES DE SECURITE

Cet analyseur est garanti par **FOXBORO** comme répondant aux standards de l'industrie pour l'usage en atmosphère ordinaire.

MODELE

M1B = MIRAN 1B Analyseur portable d'air ambiant

Cellule d'échantillonnage

A = téflonée

Matériaux des fenêtres

1 = bromure d'argent (AgBr)

Options

A = système d'étalonnage à boucle fermée 120V 60 Hz

B = système d'étalonnage à boucle fermée 220V 50 Hz

C = batterie supplémentaire

Exemples: MIB-A1; MIB-A1-AC

OPTIONS

Système d'étalonnage à boucle fermée: est constitué d'une pompe à circulation, des tuyaux de raccordement et du septum. La cellule de mesure peut être rapidement remplie d'un mélange de concentration connue par l'injection d'un échantillon à travers le septum. Les étalonnages réalisés par l'utilisateur sont rapides, faciles et précis. Disponible pour alimentation secteur 120V, 60 Hz ou 220V 50 Hz

Bloc Batterie: le bloc batterie nickel offre une autonomie de fonctionnement de quatre heures. Le choix de cette option entraîne la fourniture d'un deuxième bloc en plus de celui fourni avec l'appareil

ACCESSOIRES

Système d'étalonnage à boucle fermée: voir "OPTIONS" alimentation 220V 50Hz. Référence CR005ZU. Alimentation 120V 60Hz. Référence CR005ZT.

Bloc batterie: "OPTIONS" référence CR005YV

Adaptateur secteur: permet de faire fonctionner l'analyseur sur le secteur, le choix de cette option entraîne la fourniture d'un deuxième adaptateur en plus de celui fourni avec l'analyseur. Référence CR006SN

Enregistreur: pour tracer le spectre d'absorption infrarouge, les variations d'absorbance. Référence 003.3993.

Recueil de spectres: Ces ouvrages sont d'une aide considérable dans le choix d'une longueur d'onde et d'un trajet optique pour l'analyse de nombreux gaz et vapeurs.

"Infrared Spectra of Gases and Vapors" par Erley et Blake Dow Chemical Company, Volume I, spectre de prisme, cellule de 10 mètres. Référence 001.3993.

"Infrared Spectra of Gases and Vapors" par Erley et Blake Dow Chemical Company, Volume II, spectre de réseau. Référence 001.3994.

"Hazardous gases and Vapors" Spectres I.R. et constantes physiques. Beckman TR 595. Référence 001.3989.

Seringues liquides

1 microlitre, pour étalonnage des basses échelles en ppm. Référence 003.3994.

10 microlitres, pour étalonnage des hautes échelles en ppm. Référence 003.3995

Seringues gaz

50 microlitres, pour étalonnage des basses échelles en ppm. Référence 003.3996.

2cm³, pour étalonnage des hautes échelles en ppm. Référence 003.3997.

PRINCIPE DE LA MESURE

Le rayonnement de la lumière infra-rouge est émis par un filament nichrome. Il est envoyé directement sur le filtre interférentiel circulaire qui sélectionne la longueur d'onde avant l'entrée dans la cellule à gaz. L'échantillon est introduit dans la cellule par la pompe incorporée à l'analyseur avec un débit de 25 à 30 l/min. Il absorbe l'énergie infra-rouge, l'absorption est mesurée par le détecteur, amplifiée et convertie en unités de concentration par l'électronique et envoyée vers l'affichage à cristaux liquides. L'absorption infra-rouge est proportionnelle à la concentration, elle suit la loi de Beer:

$$A = a \times b \times c$$

A est l'absorbance, a le facteur d'absorbance, b le trajet optique, c la concentration. Le MIRAN 1B possède un facteur de correction de courbe pour compenser les écarts de la loi de Beer.

Le microprocesseur utilise un programme interactif qui permet à l'opérateur d'obtenir rapidement les choix et les fonctions de l'analyseur. Il contrôle le spectromètre, moyenne les mesures, calcule les absorbances et les concentrations des échantillons inconnus.

L'analyseur comprend une cellule à gaz de 20 M à réflexion multiple qui permet d'obtenir des trajets optiques de longueur différente le réglage se fait automatiquement suivant l'analyse. Cette possibilité donne à l'analyseur une étendue de mesure allant de la ppm au pourcentage. La plus grande sensibilité est obtenue avec un trajet de 20,25 M et permet de détecter la ppm de nombreux gaz.

APPLICATIONS

L'analyseur portable MIRAN 1B est utile dans un grand nombre d'applications pour détecter et mesurer des concentrations de gaz toxiques.

Par exemple:

L'oxyde d'éthylène est un agent stérilisant couramment utilisé dans les hôpitaux et l'industrie pharmaceutique. Il est nécessaire d'effectuer des mesures périodiques à proximité des stérilisateurs et des systèmes de ventilation. Le MIRAN 1B détecte facilement la ppm.

L'aldéhyde formique (formol) est utilisé dans la fabrication de matières plastiques et dans les hôpitaux. une exposition à de telles vapeurs entraîne une irritation des muqueuses et doit être détecté très rapidement. La VLE actuelle est de 3 ppm.

Le monoxyde et le dioxyde de carbone peuvent tous deux être facilement mesurés avec le MIRAN 1B. Ils peuvent être recherchés à l'état de trace dans des gaz purs, sur un poste de travail et à certains endroits où on ne doit pas dépasser des seuils déterminés. Les VME sont respectivement de 50 et 5000 ppm.

Les Gaz anesthésiques représentent un risque pour le personnel des salles d'opération en raison de leur toxicité: le dioxyde d'azote, l'halothane, l'enflurane, le penthrane, l'isoflurane... Le MIRAN 1B détecte facilement la ppm de tous ces gaz.

Les agents de fumigation comme le dibromure d'éthylène, la chloropicrine, le bromure de méthyle, la phosphine sont couramment utilisés pour la désinfection des fruits et des céréales. En raison de la toxicité de ces produits et du risque potentiel qu'ils représentent pour les personnes qui l'utilisent, il est important de surveiller ces teneurs dans l'air ambiant.

Hygiène et sécurité dans l'industrie. Les industriels qui utilisent un grand nombre de produits chimiques sont souvent confrontés à des problèmes de fuite de solvants. Dans tous ces cas, il est nécessaire d'effectuer des mesures sur le site pour la sécurité du personnel (par ex. imprimerie, parfumerie, conditionnement de solvants). Les Laboratoires d'analyse qui interviennent dans de nombreux secteurs d'industrie, doivent avoir du matériel souple d'utilisation.

Le MIRAN 1B avec sa bibliothèque de plus de 100 composants programmés est l'instrument adéquat, autonome et immédiatement opérationnel.

INSTRUCTIONS DE COMMANDE

1. Référence de l'analyseur
2. Accessoires

BIBLIOTHEQUE DE COMPOSANTS⁽¹⁾

Composants ⁽²⁾	Nom de code	Gamme de mesure (ppm)	Réglage seuil d'alarme (ppm)	Limite inférieure détectable (ppm)	Longueur d'onde (um)	Trajet optique (mètres)
Acetaldehyde	ACTALD	0 à 400	200	1,1	9,26	20,25
Acetic Acid	ACETA	0 à 50	10	0,3	8,72	20,25
Acetone	ACETON	0 à 2000	1000	3,7	8,48	2,25
Acetonitrile	ACETCN	0 à 200	40	7,6	9,68	20,25
Acetophenone	ACETOPN	0 à 100	50	0,3	10,70	20,25
Acétylène	C2H2	0 à 200	100	1,6	3,05	20,25
Acétylène Tetrabromide	ACNBR4	0 à 200	20	1,2	8,99	20,25
Acrylonitrile	ACRCN	0 à 100	2	0,6	10,67	20,25
Acrylonitrile	ACRCN	0 à 20	2	0,6	10,67	20,25
Ammonia	NH3	0 à 500	50	0,7	10,95	12,75
Ammonia	NH3	0 à 100	50	0,5	10,95	20,25
Aniline	ANILIN	0 à 20	5	0,2	9,53	20,25
Benzaldehyde	BZALDH	0 à 500	500	0,3	8,58	20,25
Benzene	BNZENE	0 à 200	10	2,2	9,93	20,25
Benzene	BNZENE	0 à 50	10	2,2	9,93	20,25
Benzyl Chloride	BZCL	0 à 100	10	2,5	9,54	20,25
Bromoform	CHBR3	0 à 10	1	0,4	8,96	20,25
Butadiene	BUTDEN	0 à 2000	200	3,9	11,10	2,25
Butane	BUTANE	0 à 2000	100	5,1	10,40	20,25
Butane	BUTANE	0 à 200	100	5,1	10,40	20,25
2-Butanone(MEK)	MEK	0 à 1000	200	3,6	8,79	2,25
2-Butanone	MEK	0 à 250	200	0,6	8,79	12,75
Butyl Acetate	BUTAC	0 à 600	200	2,5	8,33	0,75
Butyl Acetate	BUTAC	0 à 300	200	0,6	8,33	2,25
n-Butyl Alcohol	BUOH	0 à 1000	100	2,7	9,70	2,25
n-Butyl Alcohol	BUOH	0 à 200	100	0,3	9,70	12,75
Carbon Dioxide	CO2	0 à 2000	1000	10,2	4,72	0,75
Carbon Disulfide	CS2	0 à 50	20	4,8	4,70	20,25
Carbon Monoxide	CO	0 à 250	50	2,1	4,76	20,25
Carbon Monoxide	CO	0 à 100	50	2,1	4,76	20,25
Carbon Tetrachloride	CCL4	0 à 200	10	0,8	12,76	2,25
Carbon Tetrachloride	CCL4	0 à 20	10	0,08	12,76	20,25
Chlorobenzene	CLBZ	0 à 150	75	0,4	9,40	20,25
Chlorobromethane	CLBRME	0 à 500	200	1,5	8,39	6,75
Chlorodifluoromethane	F22	0 à 1000	100	1,1	9,20	0,75
Chloroform	CHCL3	0 à 500	50	3,3	13,12	0,75
Chloroform	CHCL3	0 à 100	50	1,1	13,12	2,25
M-Cresol	CRESOL	0 à 20	5	0,2	8,88	20,25
Cumene	CUMENE	0 à 100	50	2,3	9,90	20,25
Cyclohexane	CYHXN	0 à 500	300	0,7	3,41	2,25
Cyclopentane	CYPNTN	0 à 500	300	9,0	11,40	20,25
Diborane	B2H6	0 à 10	1	0,6	3,83	20,25
m-Dichlorobenzene	MCL2BZ	0 à 150	50	0,3	9,47	20,25
o-Dichlorobenzene	OCL2BZ	0 à 100	50	0,6	13,55	20,25
p-Dichlorobenzene	PCL2BZ	0 à 150	75	2,5	9,30	20,25
Dichlorodifluoromethane (Freon 12)	F12	0 à 800	800	1,3	9,40	0,75
Dichlorodifluoromethane (Freon 12)	F12	0 à 5	800	0,08	9,30	20,25
1,1-Dichloroethane	11DCE	0 à 200	100	0,4	9,50	20,25
1,2-Dichloroethylene	CL2ETE	0 à 500	200	5,3	12,30	0,75
Dichloroethyl Ether	CL2ETH	0 à 50	15	0,09	9,05	20,25
Dichloromonofluoromethane	F21	0 à 1000	800	2,3	9,50	0,75
Dichlorotetrafluoroethane (Freon)	F114	0 à 1000	800	1,7	8,67	(Freon 21) 0,75

⁽¹⁾La société Foxboro se réserve le droit d'ajouter ou d'éliminer des composants de la bibliothèque.

⁽²⁾Pour les noms de composants, nous avons conservé la terminologie internationale anglo-saxonne.

BIBLIOTHEQUE DE COMPOSANTS (suite)^(a)

Composants ^(b)	Nom de code	Gamme de mesure (ppm)	Réglage seuil d'alarme (ppm)	Limite inférieure détectable (ppm)	Longueur d'onde (um)	Trajet optique (mètres)
Diethylamine	ET2NH2	0 à 50	25	1,1	8,99	20,25
Dimethylacetamide	DMAC	0 à 50	10	0,4	10,10	20,25
Dimethylamine	ME2NH2	0 à 50	10	1,2	8,79	20,25
Dimethylformamide	DMF	0 à 50	10	0,2	9,36	20,25
Dioxane	DIOXAN	0 à 500	100	1,1	9,06	2,25
Dioxane	DIOXAN	0 à 100	100	0,3	9,06	6,75
Enflurane	ENFLRN	0 à 100	2	0,3	8,96	2,25
Enflurane	ENFLRN	0 à 10	2	0,03	8,96	20,25
Ethane	ETHANE	0 à 1000	500	10,6	12,20	20,25
Ethanolamine	ETOHNH	0 à 100	10	2,9	12,93	20,25
2-Ethoxyethyl Acetate (Cellosolve Acetate)	CELAC	0 à 200	100	0,3	8,89	6,75
Ethyl Acetate	ETAC	0 à 1000	400	2,1	8,32	0,75
Ethyl Acetate	ETAC	0 à 400	400	2,1	8,32	0,75
Ethyl Alcohol	ETOH	0 à 2000	1000	6,5	9,67	0,75
Ethyl Alcohol	ETOH	0 à 1000	1000	2,3	9,67	2,25
Ethylbenzene	ETBZN	0 à 200	100	3,0	9,90	20,25
Ethyl Chloride	ETCL	0 à 1500	1000	3,4	10,50	6,75
Ethylène	ETHYLN	0 à 100	50	0,5	10,70	20,25
Ethylène Dibromide	ETBR2	0 à 50	2	0,6	8,68	20,25
Ethylène Dibromide	ETBR2	0 à 10	2	0,6	8,68	20,25
Ethylène Dichloride	ETCL2	0 à 100	10	1,3	8,37	20,25
Ethylène Oxide	ETO	0 à 100	1	1,0	3,30	20,25
Ethylène Oxide	ETO	0 à 10	1	0,7	3,30	20,25
Ethyl Ether (Freon 11)	ETHER	0 à 2000	400	2,8	9,03	0,75
Ethyl Ether (Freon 11)	ETHER	0 à 1000	400	2,8	9,03	0,75
Fluorotrichloromethane (Freon 11)	F11	0 à 2000	800	11,2	10,96	2,25
Formaldehyde	HCHO	0 à 20	3	0,5	3,56	20,25
Formic Acid	FORMIC	0 à 20	5	0,2	9,36	20,25
Halothane	HALTHN	0 à 100	10	0,5	12,46	12,75
Halothane	HALTHN	0 à 10	10	0,3	12,46	20,25
Heptane	HEPTAN	0 à 1000	500	3,5	3,40	0,75
Hexane	HEXANE	0 à 1000	500	3,9	3,39	0,75
Hydrazine	HYDZ	0 à 100	2	0,6	10,67	20,25
Hydrogen Cyanide	HCN	0 à 20	10	1,7	3,03	20,25
Hydrogen Fluoride	HF	0 à 50	20	10,0	2,62	20,25
Isoflurane	ISOFLN	0 à 100	2	0,09	8,84	6,75
Isoflurane	ISOFLN	0 à 10	2	0,04	8,84	20,25
Isopropyl Alcohol	IPA	0 à 2000	400	4,5	8,94	2,25
Isopropyl Alcohol	IPA	0 à 1000	400	1,5	8,94	6,75
Isopropyl Ether	IPETH	0 à 1000	500	4,1	9,12	0,75
Methane	METHAN	0 à 1000	50	1,8	7,70	20,25
Methane	METHAN	0 à 100	50	1,0	7,70	20,25
Methoxyflurane	MXFLN	0 à 100	3	0,2	12,10	12,75
Methoxyflurane	MXFLN	0 à 10	2	0,2	12,10	20,25
Methyl Acetate	MEAC	0 à 500	200	2,3	9,7	2,25
Methyl Acetylène	MEACEN	0 à 5000	1000	20,7	3,0	2,25
Methyl Acetylène	MEACEN	0 à 1000	1000	2,0	3,0	12,75
Methyl Acrylate	MEACRY	0 à 50	10	0,1	8,57	20,25
Methyl Alcohol	MEOH	0 à 1000	200	2,2	9,70	2,25
Methyl Alcohol	MEOH	0 à 500	200	0,7	9,70	6,75
Methylamine	MENH2	0 à 50	10	1,9	3,36	20,25
Methyl Bromide	MEBR	0 à 50	20	2,3	7,60	20,25
Methyl Cellosolve	MECEL	0 à 50	25	0,3	9,62	20,25

^(a)La société Foxboro se réserve le droit d'ajouter ou d'éliminer des composants de la bibliothèque.

^(b)Pour les noms de composants, nous avons conservé la terminologie internationale anglo-saxonne.

BIBLIOTHEQUE DE COMPOSANTS⁽¹⁾

Composants ⁽²⁾	Nom de code	Gamme de mesure (ppm)	Réglage seuil d'alarme (ppm)	Limite inférieure détectable (ppm)	Longueur d'onde (um)	Trajet optique (mètres)
Methyl Chloride	MECL	0 à 1000	100	10,2	13,59	6,75
Methyl Chloride	MECL	0 à 200	100	3,0	13,59	20,25
Methyl Chloroform	111TCE	0 à 500	350	1,2	9,39	2,25
Methylene Chloride	MECL2	0 à 1000	100	10,0	13,47	0,75
Methyl Iodide	MEI	0 à 40	5	1,8	3,36	20,25
Methyl Mercaptan	MESH	0 à 100	10	1,5	3,38	20,25
Methyl Methacrylate	MEMAC	0 à 250	100	1,0	8,80	2,25
Morpholine	MORPH	0 à 50	20	0,7	9,20	20,25
Nitric Oxide	NTRCOX	0 à 100	25	3,9	5,38	20,25
Nitrobenzene	NO2BZ	0 à 20	2	0,9	11,94	20,25
Nitrogen Dioxide	NO2	0 à 10	5	0,4	6,24	20,25
Nitromethane	NO2ME	0 à 200	100	4,5	3,37	20,25
Nitrous Oxide	N2O	0 à 2000	25	5,6	4,68	0,75
Nitrous Oxide	N2O	0 à 100	25	0,4	4,68	12,75
Octane	OCTANE	0 à 1000	50	2,9	3,40	0,75
Octane	OCTANE	0 à 100	50	0,3	3,40	6,75
Pentane	PENTAN	0 à 1500	1000	4,6	3,39	0,75
Perchloroéthylène	PERC	0 à 500	100	0,7	11,10	2,25
Perchloroéthylène	PERC	0 à 200	100	0,2	11,10	6,75
Phosgene	PHOSGN	0 à 5	0,5	0,1	11,98	20,25
Propane	PROPAN	0 à 2000	1000	6,5	3,37	0,75
n-Propyl Alcohol	PROPOH	0 à 500	200	0,8	9,60	6,75
Propylène Oxide	PRENOX	0 à 200	100	1,1	12,16	20,25
Pyridine	PYR	0 à 100	15	8,6	9,90	20,25
Styrène	STYRN	0 à 500	100	0,8	11,10	12,75
Styrène	STYRN	0 à 200	100	0,5	11,10	20,25
Sulfur Dioxide	SO2	0 à 250	5	2,0	9,00	20,25
Sulfur Dioxide	SO2	0 à 100	5	1,9	9,00	20,25
Sulfur Hexafluoride	SF6	0 à 500	1	0,6	10,80	0,75
Sulfur Hexafluoride	SF6	0 à 5	1	0,02	10,80	6,75
1,1,2,2-Tetrachloro-1,2-Difluoroéthane (R-112)	F112	0 à 2000	500	12,8	9,90	0,75
1,1,2,2-Tetrachloroéthane	CL4ETA	0 à 50	5	1,4	8,60	20,25
Tetrahydrofuran	THF	0 à 500	200	0,6	9,40	6,75
Toluene	TLUENE	0 à 1000	200	9,2	13,89	2,25
Total Hydrocarbons	TOHYD	0 à 1000	100	3,9	3,39	0,75
1,1,2-Trichloroéthane	CL3ETA	0 à 50	10	0,9	10,90	20,25
Trichloroéthylène	TRI	0 à 2000	100	4,1	10,84	0,75
Trichloroéthylène	TRI	0 à 200	100	0,4	10,84	6,75
1,1,2-Trichloro-1,2,2-Trifluoroéthane (R-113)	F113	0 à 2000	1000	3,4	8,70	0,75
Trifluoromonobromométhane (R-13B1)	F13B1	0 à 1000	800	0,4	8,54	0,75
Vinyl Acetate	VAC	0 à 10	10	0,06	8,42	20,25
Vinyl Chloride	VCL	0 à 20	2	0,8	11,30	20,25
Vinylidène Chloride	VDC	0 à 20	10	0,3	9,40	20,25
Xylène (Xylo)	XYLOL	0 à 2000	100	17,9	13,20	2,25
Xylène (Xylo)	XYLOL	0 à 200	100	2,0	13,20	20,25

⁽¹⁾La société Foxboro se réserve le droit d'ajouter ou d'éliminer des composants de la bibliothèque.

⁽²⁾Pour les noms de composants, nous avons conservé la terminologie internationale anglo-saxonne.

MIRAN est une marque déposée de la Société "FOXBORO".

Fréon et Téflon sont des marques déposées de la Société E.I. DUPONT DE NEMOURS.

Noryl est une marque déposée de la Société GENERAL ELECTRIC.

Fiche Technique

Moniteur multigaz — Type 1302

UTILISATIONS:

- Mesures quantitatives des concentrations de 5 composants et de la vapeur d'eau dans un mélange gazeux
- Mesures relatives à la sécurité et à la santé publiques
- Mesures de pollution intérieure et de ventilation
- Détection des émissions accidentelles de gaz et de vapeurs

CARACTÉRISTIQUES:

- Détection sélective d'une grande gamme de gaz/vapeur
- Réponse linéaire sur une large gamme dynamique
- Extrêmement fiable grâce à ses possibilités d'auto-vérification
- Grande stabilité (faible dérive) rendant le calibrage nécessaire seulement quatre fois par an

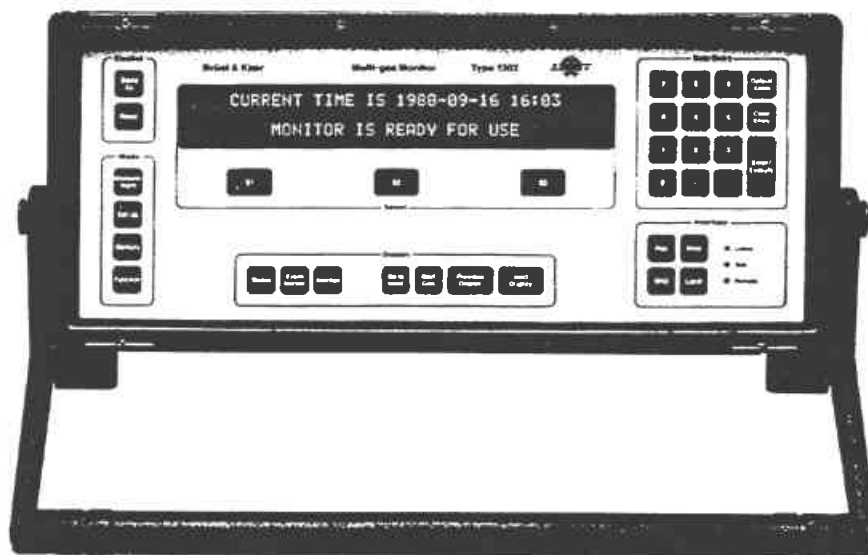
- Facile à utiliser, expérience en programmation non requise
- Précis, compense les fluctuations thermiques, les interférences de vapeur d'eau et de gaz connus
- Grande mémoire de masse
- Équipé d'une interface série RS 232D et d'une interface parallèle IEEE 488 pour la commande à distance et le transfert des données
- Portable
- Fonctionnement immédiat, durée de chauffage non nécessaire
- Affichage immédiat des résultats de mesure
- Acquisition d'échantillons à partir de points situés jusqu'à 50m de l'instrument
- Utilisé avec un/deux Échantillonneurs et doseurs multipoint Type 1303, il peut analyser des échantillons prélevés en 6/12 endroits différents

Introduction

Le Moniteur multigaz Type 1302 est un analyseur quantitatif très précis, fiable, stable et commandé par microprocesseur. Son principe de mesure repose sur la méthode photoacoustique de détection infrarouge. En fait, le 1302 peut être utilisé pour analyser n'importe quel gaz susceptible d'absorber de la lumière infrarouge. Des filtres optiques appropriés (jusqu'à 5) sont installés sur la platine de filtres du 1302 pour qu'il puisse mesurer sélectivement la concentration d'un maximum de 5 gaz/vapeur contenus dans un échantillon d'air. Le seuil de détection du 1302 dépend du gaz mais reste quand même autour de 10^{-3} ppm.

La fiabilité des résultats de mesure est assurée par les auto-vérifications régulières qu'effectue le 1302. La précision est garantie par la capacité du 1302 de compenser la mesure pour toute fluctuation thermique, et toute interférence de vapeur d'eau ou autres gaz dont on sait la présence.

Le Moniteur multigaz est facile à utiliser grâce aux touches de sa face avant. Chaque fois qu'une touche est appuyée, un court commentaire est affiché par le 1302 pour guider l'utilisa-



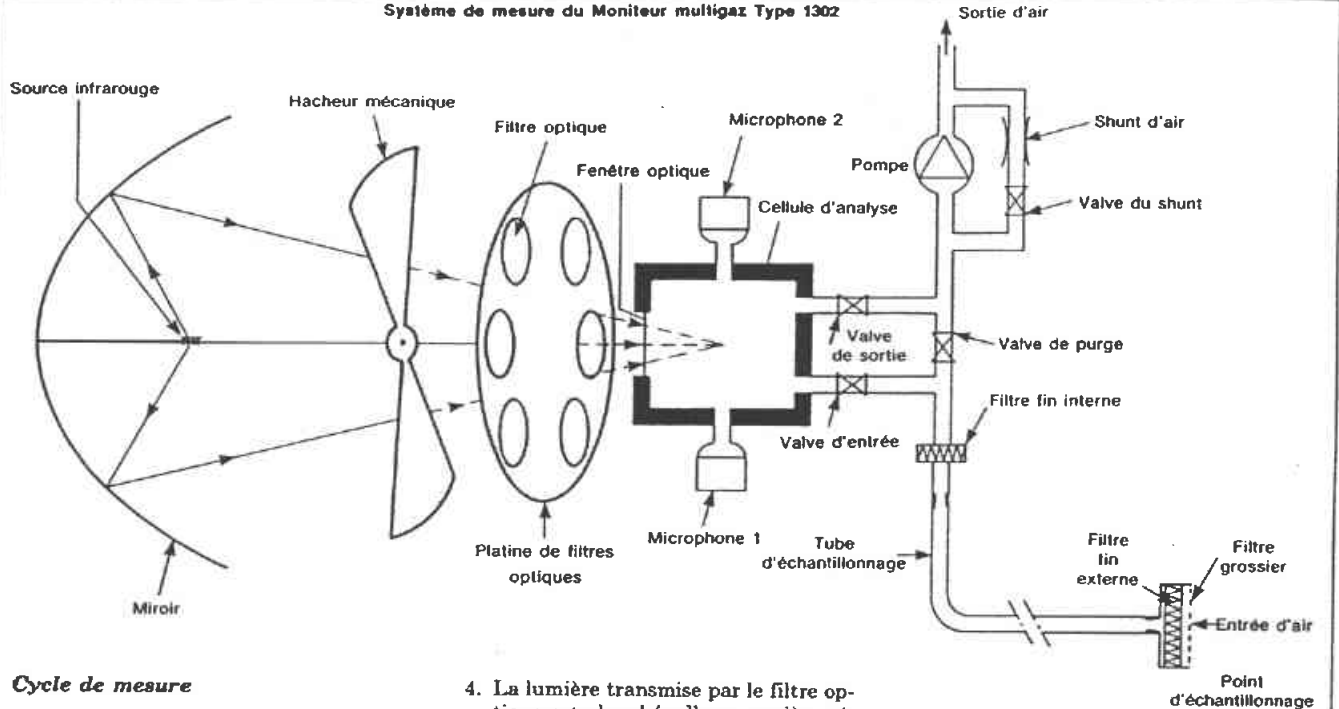
teur à travers chaque étape de la procédure de mesure. Les directives étant simples et logiques, aucune expérience en programmation n'est requise.

L'utilisateur peut régler le 1302 pour qu'il conduise presque toute sorte de tâche relative à la surveillance des gaz. Dès qu'ils sont disponibles, les résultats des mesures sont indiqués par l'afficheur à 2×40 caractères (30s pour un gaz et 105s pour 5 gaz/va-

peur). Ces résultats sont automatiquement stockés dans la mémoire de masse du 1302 et peuvent être ultérieurement imprimés ou portés sur graphe.

Le système de mesure et les accessoires nécessaires au traitement des signaux et au stockage des données sont contenus dans le coffret antipoussière du 1302. Puisqu'il est portable et ne requiert pas de temps de chauffage ou de recalibrage après un déplacement,

Système de mesure du Moniteur multigaz Type 1302



Cycle de mesure

1. La pompe aspire un échantillon d'air à travers deux filtres, de manière à remplacer l'échantillon de la mesure précédente par un nouveau.
2. Le nouvel échantillon est hermétiquement contenu dans la cellule d'analyse par la fermeture des valves d'entrée et de sortie.
3. L'onde lumineuse émise par la source infrarouge est réfléchiée par un miroir convexe; elle est ensuite dirigée à travers un hacheur mécanique qui la module, puis à travers l'un des filtres optiques.

4. La lumière transmise par le filtre optique est absorbée d'une manière sélective par le gaz analysé, d'où une hausse de la température du gaz. Celle-ci croît et décroît à la fréquence de modulation de la lumière, et provoque ainsi des augmentations et diminutions équivalentes de la pression du gaz (signal acoustique) dans la cellule.
5. Deux microphones montés dans les parois de la cellule mesurent l'onde de pression qui est proportionnelle à la concentration du gaz analysé.
6. La platine de filtres tourne de telle sorte que la lumière est transmise à

travers le filtre optique suivant, et le nouveau signal est mesuré. Cette étape est répétée autant de fois qu'il y a de gaz à mesurer.

Dans le cas où un seul gaz/vapeur est mesuré et où l'échantillon ne provient que de l'air ambiant autour du 1302, la mesure dure environ 30s; elle prend environ 105s dans le cas de 5 gaz/vapeur. En outre, une plus grande longueur de tube fait augmenter le temps nécessaire à l'acquisition d'un nouvel échantillon, et donc la durée de la mesure.

le 1302 est idéal pour la surveillance à court terme d'échantillons prélevés dans son environnement immédiat. Pour la surveillance à long terme, le 1302 est placé en intérieur et procède, via des tubes en polytétrafluoroéthylène, à l'acquisition d'échantillons d'air en des points situés jusqu'à 50 m du Moniteur.

Sélectivité

La sélectivité du Moniteur multigaz est déterminée par les filtres optiques installés sur sa platine de filtres. Une grande gamme de filtres optiques à bande étroite est disponible chez Brüel & Kjær. Le choix des filtres optiques les plus appropriés est facilité par l'étude des spectres d'absorption des gaz à surveiller, ou de tous autres gaz susceptibles d'être rencontrés dans le même air ambiant. Se référer à la Fiche technique relative aux filtres optiques pour plus de détails.

La vapeur d'eau, presque toujours présente dans l'air ambiant, absorbe la lumière infrarouge sur presque la totalité des longueurs d'onde. Ainsi, peu importe le type de filtre optique utili-

sé durant la séquence de mesure, la vapeur d'eau contribue toujours au niveau acoustique global dans la cellule d'analyse. Plus la concentration de vapeur d'eau dans la cellule est grande, plus elle contribue au signal mesuré. Cependant, un filtre optique spécial est installé en permanence sur la platine de filtres du 1302, qui permet de mesurer séparément la contribution de la vapeur d'eau durant chaque cycle de mesure. Le 1302 est donc capable de compenser l'interférence de la vapeur d'eau.

Tout autre gaz interférant, dont la présence dans l'air ambiant est connue, est compensé d'une manière similaire. En installant un filtre optique pour mesurer sélectivement la concentration du gaz interférant, le 1302 peut compenser sa contribution.

Calibrage

Après y avoir installé les filtres optiques appropriés, on calibre le zéro du Moniteur multigaz (avec de l'air propre sec, puis de l'air propre humide) et ensuite sa sensibilité (à l'aide d'une concentration connue de chaque gaz à

surveiller). Le calibrage est très facile; l'utilisateur est guidé le long de la procédure par les directives affichées par le 1302. Grâce à la grande stabilité du 1302 (faible dérive), le calibrage est rarement nécessaire plus de quatre fois par an.

Utilisation

Le 1302 est commandé par les touches de sa face avant. Des commentaires concis sont affichés par le 1302 pour assister l'utilisateur dans l'emploi de ces touches. Il existe quatre modes d'opération: «réglage», «mesure», «mémoire» et «fonction».

Mode «réglage»

Lorsque le 1302 se trouve dans ce mode, l'utilisateur peut choisir les paramètres définissant une tâche de surveillance particulière (voir Table 1). La mémoire du 1302 peut stocker jusqu'à 10 tâches de surveillance différentes. Un numéro d'identification, de 1 à 10, est attribué au réglage de chaque tâche de surveillance.

Avec le mode «réglage», l'utilisateur peut choisir les paramètres qui déter-

Tâche définie par l'utilisateur

Surveillance gaz A? / B? / C? / D? / E?
 Surveillance vapeur d'eau (Oui/Non)?
 Échantillonnage continu (Oui/Non)?
 Intervalle d'échantillonnage?
 Durée totale de surveillance?
 Compensation de la vapeur d'eau?
 Compensation des interférences?

102004FD

Table 1. Paramètres de réglage d'une tâche de surveillance, définis par l'utilisateur

minent, par exemple: les unités de mesure (c.-à-d. ppm ou mg/m^3 pour les concentrations gazeuses); les codes d'interface et de communication permettant aux données de mesure d'être imprimées et/ou portées sur graphe; la durée sur laquelle les mesures peuvent être moyennées (c.-à-d. 15 min si les niveaux d'exposition à court terme ou STEL sont requis).

Mode «mesure»

En utilisant ce mode, l'utilisateur choisit la tâche de surveillance qu'il désire et la date de début de la tâche. À cette date, l'horloge interne du 1302 déclenche automatiquement la mesure. Si l'on choisit une période fixe, le 1302 met automatiquement fin à la tâche de surveillance au terme de la période; dans le cas contraire, le 1302 ne cesse la surveillance que lorsqu'il est manuellement mis hors tension.

Mode «mémoire»

Lors d'une tâche de surveillance, toutes les données sont stockées dans une mémoire dénommée «mémoire d'affichage». Dans le mode «mémoire», les données stockées dans cette mémoire peuvent être copiées et stockées dans l'autre mémoire du 1302, la «mémoire de support», pour prévenir les pertes occasionnées par le sur-enregistrement des résultats de la mesure suivante.

Les données stockées dans la mémoire de support peuvent être rappelées dans la mémoire d'affichage à partir de laquelle l'utilisateur peut faire défiler les résultats de mesure avec les touches du groupe «Display». Les données peuvent être également effacées de la mémoire de support pour permettre à de nouvelles données d'y être stockées.

Mode «fonction»

Dans ce mode, le 1302 peut être réglé pour exécuter presque toute séquence d'opérations sur n'importe quel intervalle temporel. Avec les touches de la face avant, l'utilisateur introduit une séquence d'opérations qui est stockée dans la mémoire du 1302 et exécutée sur demande.

Dans une usine produisant en continu, la «séquence de touches» pourrait, par exemple, régler le 1302 pour qu'il effectue trois tâches de surveillance différentes durant trois tranches temporelles couvrant 24 h.

Résultats des mesures

Dès qu'ils sont disponibles, les résultats des mesures sont affichés par le 1302, et sont continuellement mis à jour. Durant une tâche de surveillance, le 1302 procède à une analyse statistique continue des concentrations mesurées et calcule: la valeur moyenne, la moyenne des différences et la concentration maximale/minimale de chaque gaz surveillé. La valeur moyenne est la même que la valeur de la moyenne pondérée sur toute la période de surveillance.

En appuyant sur un bouton, la moyenne des résultats individuels est automatiquement calculée, puis affichée. En pressant de nouveau, les résultats originaux reviennent à l'affichage.

Les données de mesure stockées dans la mémoire d'affichage du 1302 peuvent être imprimées sous forme de liste par l'Enregistreur graphique Type 2313, ou par toute autre imprimante standard, via une interface parallèle IEEE 488 ou série RS 232 D. Les données peuvent être également portées sur graphe par le Traceur graphique Type 2319.

Si un événement intéressant ou inhabituel se produit pendant une tâche de surveillance, la mesure en cours peut être «étiquetée». Ceci permet à l'utilisateur de déterminer l'influence de cet événement sur la tâche de surveillance choisie.

Commande à distance

Le Moniteur multigaz Type 1302 peut être commandé à distance par PC via son interface RS 232 D ou IEEE 488. Le Logiciel d'application Type 7620 permet à un ordinateur IBM AT ou PS/2-50 (et plus) de commander à distance soit un seul 1302, soit une chaîne de un 1302 et un ou deux Échantillonneurs et doseurs multipoint Type 1303 (voir Fig. 1). Un 1303 à lui seul étend considérablement la capacité de surveillance du 1302 puisqu'il lui permet d'analyser des échantillons prélevés en 6 endroits différents. Le logiciel d'application commande tout le système.

Si le 1303 est utilisé comme «échantillonneur», le 1302 est capable de surveiller en séquence des échantillons prélevés en 6 endroits différents. Si le 1303 est utilisé comme «doseur» et «échantillonneur» à la fois, il peut doser jusqu'en 6 points différents, et ramener les 6 échantillons correspondants. Le logiciel analyse les mesures résultantes pour en évaluer les variations d'air ambiant et l'efficacité de la ventilation en chaque point surveillé.

Fiabilité

La fiabilité des mesures est assurée par les auto-vérifications que le 1302 effectue. Ces auto-vérifications témoignent du bon fonctionnement de l'instrument et concernent essentiellement: le logiciel, l'intégrité des données et les éléments électriques, mécaniques et électroniques du 1302. Toute anomalie est signalée dans les résultats de mesure pour que l'utilisateur puisse voir si quelque chose a affecté la précision de la mesure. En cas de coupure de courant, le 1302 reprend

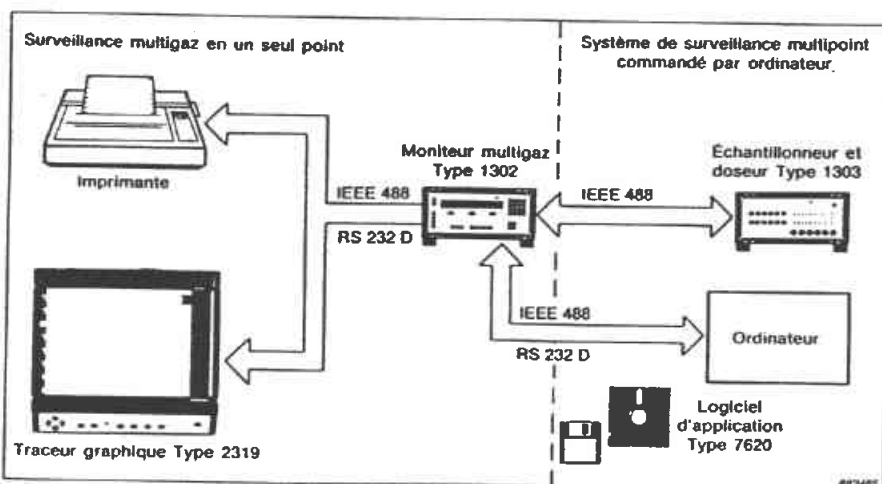


Fig. 1. Le Moniteur multigaz Type 1302 peut être utilisé seul, comme moniteur multigaz en un point, ou avec un 1303 dans un système de surveillance multigaz multipoint commandé par ordinateur et employant le logiciel disponible

automatiquement les mesures dès que l'alimentation est rétablie.

Entretien

Les seules tâches d'entretien nécessaires sont le calibrage et le remplacement du filtre fin dans les unités in-

terne et externe de filtrage d'air. Ces deux tâches sont très simples et ne sont nécessaires qu'environ quatre fois par an.

Spécifications du 1302

Tous les termes relatifs à l'analyse des gaz sont conformes aux définitions stipulées dans la norme internationale ISO 8158

Votre représentant Brüel & Kjær local vous assistera dans le choix des filtres appropriés. Des détails sont fournis dans la Fiche technique correspondante.

Si les filtres optiques nécessaires sont commandés avec le 1302, Brüel & Kjær assure leur installation. Le zéro du 1302 est alors calibré. Le calibrage de sa sensibilité avec un gaz spécifique est optionnel. Une fiche de calibrage fournie avec le 1302 renferme des détails sur les filtres optiques installés et sur le type de calibrage subi par le 1302.

D'autres filtres optiques peuvent être achetés plus tard, lorsque de nouvelles applications se présentent. On trouvera des détails sur l'installation des filtres et sur le calibrage du 1302 dans le Manuel d'instructions correspondant.

TECHNIQUE DE MESURE:

Spectroscopie photoacoustique infrarouge

TEMPS DE RÉPONSE: (Incluant la purge de la cellule) dépend du nombre de gaz mesurés et de la longueur du tube d'échantillonnage utilisé. Avec 1 m de tube, la réponse prend ~30 s si un seul gaz/vapeur est mesuré, et ~105 s si 5 le sont à la fois. Évidemment, l'utilisation d'un tube de 50 m ne fait qu'accroître le temps de réponse.

GAMME DE MESURE:

Seuil de détection: dépend du gaz mais reste entre 10^{-3} parties par million (ppm) et 1 ppm (voir Fiche technique sur les filtres optiques; seuils de détection de quelques gaz purs).
Gamme dynamique: 5 ordres de grandeur (c.-à-d. limite supérieure de détection = $100\,000 \times$ limite inférieure de détection). Si le 1302 doit mesurer sur toute la gamme, sa sensibilité doit être calibrée avec deux concentrations différentes. L'utilisateur doit être averti que certains gaz à des concentrations élevées et en présence de vapeur d'eau pourraient endommager le 1302. Pour plus d'informations, adressez-vous à votre spécialiste B&K local.

UNITÉS DE MESURE:

Parties par million (ppm) et mg/m^3 normalisés à la température introduite par l'utilisateur.

PRÉCISION:

Dérive du zéro:

Typiquement = seuil de détection par 3 mois
Influence de la température: $\pm 10\%$ du seuil de détection/ $^{\circ}\text{C}$

Influence de la pression: $\pm 0,5\%$ du seuil de détection/mbar

Répétabilité: 1% de la valeur mesurée

Gamme de dérive:

$\pm 2,5\%$ de la valeur mesurée par 3 mois
Influence de la température: $\pm 0,3\%$ de la valeur mesurée/ $^{\circ}\text{C}$
Influence de la pression: $-0,01\%$ de la valeur mesurée/mbar

CONDITIONS DE RÉFÉRENCE:

• Mesure à 20°C , 1013 mbar et humidité relative (HR): 60%.
▲ Mesure sous 1013 mbar et HR: 60%.
▲ Mesure à 20°C et HR: 60%.

CALIBRAGE:

Le calibrage est une procédure de trois/quatre étapes que l'on effectue en attachant consécutivement à l'entrée d'air du 1302 des sources (1) d'air sec, (2) d'air humide et (3) d'une ou deux concentrations connues du gaz à surveiller. Le calibrage est nécessaire seulement quatre fois par an.

INTERFÉRENCE:

Le 1302 compense automatiquement les interférences causées par les fluctuations thermiques dans sa cellule d'analyse, et peut également compenser la présence de vapeur d'eau dans l'échantillon. Si l'on installe un filtre optique pour mesurer un interférent connu, le 1302 peut compenser l'interférent.

CAPACITÉ DE STOCKAGE DE DONNÉES:

Le 1302 peut stocker les résultats d'une tâche de surveillance d'une semaine impliquant la surveillance de vapeur d'eau et de 5 gaz toutes les 10 min.

DIVERS:

Coffret: conforme à CEI 529.

Dimensions:

Hauteur: 175 mm

Largeur: 395 mm

Profondeur: 300 mm

Poids: 9 kg

Température de fonctionnement: $+5$ à $+40^{\circ}\text{C}$

Humidité relative: Jusqu'à 90% à 30°C (sans condensation)

Vitesse max. de pompage: $30\text{ cm}^3/\text{s}$ (lors de la purge du tube d'échantillonnage) et $5\text{ cm}^3/\text{s}$ (lors de la purge de la cellule d'analyse)

Volume d'air requis par échantillon: (avec un tube d'échantillonnage de 1 m) 140 cm^3 par échantillon

Alimentation: 100 - 127 V et 200 - 240 V (50 - 400 Hz) $\pm 10\%$ AC. Conforme à CEI 348 Classe 1

Consommation: ~100 VA.

Prise de relais d'alarme: à connecter à un ou deux relais d'alarme visuelle/audio. Les niveaux d'alarme pour chaque gaz sont définis par l'utilisateur.

Sensibilité aux vibrations: Conforme à CEI 68-2-6. De fortes vibrations à 20 Hz peuvent compromettre le seuil de détection.

Sensibilité acoustique: Non influencée par le bruit externe.

Compatibilité électromagnétique: Conforme aux normes U.S. FCC relatives aux calculateurs Classe B.

COMMUNICATION:

Le 1302 est muni d'une interface parallèle IEEE 488 et d'une interface série RS 232 D pour recevoir et transmettre les données. Le 1302 peut être commandé à distance via ces interfaces. La vitesse de transmission de l'interface RS 232 D va de 300 à 9600 Bauds. Le 1302 est capable de convertir les données reçues via son interface série RS 232 D (par ex. à partir d'un ordinateur) en données pouvant être transmises vers le 1303 via son interface parallèle IEEE 488.

Pile de support: une pile au chlorure de lithium, dont la durée de vie est de 5 ans, protège les données stockées dans la mémoire non volatile du 1302 et alimente l'horloge interne.

ACCESSOIRES INCLUS:

Ressort de fixation pour filtres optiques (x8) DL 3322
Clef à boulon pour l'unité interne de filtrage d'air QA 0181
Papier filtre fin (x10) pour l'unité interne de filtrage d'air DS 0714
Unité externe de filtrage d'air UD 5023
Papier filtre fin (x25) pour l'unité externe de filtrage d'air DS 0759
Pincettes QA 0164
Outil pour ressorts de fixation QA 0170

Ensemble de calibrage:

Raccord «Y» UD 5001
Écrou fileté (x2) YM 0652
Tube pour calibrage (4 m) AT 2177
Couvercle de la face avant FE0023
Bandoulière DH 0541
Câble secteur avec prise CEE femelle à 3 pôles AN0010
Fusible retardé 110 V, 1,25 A (x2) VF 0027
Fusible retardé 220 V, 0,63 A (x2) VF 0032
Manuel d'instructions

ACCESSOIRES DISPONIBLES:

Filtres optiques (x22) UA 0968-UA 0988
..... et UA 0936
Câble d'interface IEEE 488 AO 0265
Prise DIN mâle verrouillable à 6 broches pour relais d'alarme JP 0600
Tube PTFE (polytétrafluoréthylène) AF 0614
Enregistreur graphique Type 2313
Traceur graphique Type 2319
Échantillonneur et doseur multi-point Type 1303
Logiciel d'application Type 7620

Brüel & Kjær



MAISON MERE: DK-2850 Naerum - Danemark - Tél.: +45 42 8005 00 - Télex: 37316 bruk dk - Fax: +45 42 80 14 05

Brüel & Kjær Belgium S.A. - Rue du Pavillon 9 - 1210 Bruxelles - Tél. 02/242 97 45 - Télex 62248 BKBELG - Fax 02/242 97 95

Brüel & Kjær Canada Ltd. 90 Leacock Road - Pointe Claire - Québec H9R 1H1 - Tél. (514) 695-8225 - Télex 05-821691 b-kpck - Fax (514) 695-4808

Brüel & Kjær France 46, Rue du Champoreux B P 33 - 91541 Mennecy cedex - Tél. 1/645720 10 - Télex ibeka 6005731 - Fax 1/645724 19

Brüel & Kjær (Suisse) SA - Av. Longemalle 24 - CH-1020 Renens - Tél. 021 24 66 42



CENTURY OVA 128 PORTABLE ORGANIC VAPOR ANALYZER

With intensifying public concern over the increasing use of organic chemicals in the U.S.A., EPA and OSHA have proposed and enacted regulations to govern their use. The need to rapidly assess the environmental impact of these volatile chemicals has generated a demand for field-portable, direct reading instruments. The dual mode CENTURY OVA 128 Portable Organic Vapor Analyzer was designed to meet this demand, and to respond to the requirements for immediate on-site evaluation of organics using methods similar to, and approaching, the accuracy of laboratory instruments.

Several of the many OVA 128 features are:

- Provides continuous, direct readout of total organic vapor concentrations for survey purposes (Mode 1)
- Allows qualitative and quantitative analysis using the gas chromatographic mode (Mode 2).
- Sensitivity to sub-parts per million concentrations in air, and parts per billion concentrations in head-space of water.
- FM and BASEEFA certified intrinsically safe for use in Class I, Groups A, B, C, and D, Division 1 hazardous locations.
- It is a light-weight, completely field-portable instrument weighing approximately 5.5 kg (12 lb), that provides eight hours of continuous operation per battery charge.

FOXBORO[®]

- Many hundreds of successful field-proven applications have demonstrated the exceptional reliability and ruggedness of this analyzer.
- Uses a flame ionization detector that does not respond to ambient gases, such as CO and CO₂, and

exhibits no sensitivity changes due to variations in relative humidity

- Linear meter readout with a 270 degree full scale deflection providing concentration ranges of 0 to 10, 0 to 100, and 0 to 1000 ppm.

GENERAL DESCRIPTION

INTRODUCTION

The CENTURY OVA 128 is a dual-mode analyzer combining the features normally found in two separate instruments. The survey mode (Mode 1) provides continuous operation for screening an area for total organics and reporting the values directly in parts per million (ppm) methane equivalent. The GC (gas chromatographic) mode (Mode 2) then can be used to analyze the same sample by separating the components present. This provides for identification as to the chemicals present and their concentration in ppm. Instrument flexibility of this type is uncommon. The CENTURY OVA was the first to provide this convenient combination and remain an easy to operate and durable instrument.

PRINCIPLE OF OPERATION

Flame Ionization Detector

A flame ionization detector is used to monitor the presence of organic vapors. The principle benefits of monitoring with a flame ionization detector are:

- Universal organic compound response with approximately the same high sensitivity for all
- Flame ionization will not respond to changes in relative humidity or changes in CO and CO₂ concentration.
- It is a mass sensing detector which exhibits minimal effects from changes in temperature, pressure, or flow.
- Provides excellent dynamic range and concentration linearity

Sample gathering is done by using a small diaphragm air pump. Detection requires a hydrogen delivery system, a sample delivery system, and an electronic amplification and display system. The hydrogen delivery system provides an eight hour supply of hydrogen gas (with a precisely controlled flow) to the detector. The sample delivery system provides air to the detector chamber to maintain the flame combustion and introduce the organic air contaminants for analysis. Figure 1 illustrates both the hydrogen flow and air flow patterns in the OVA 128.

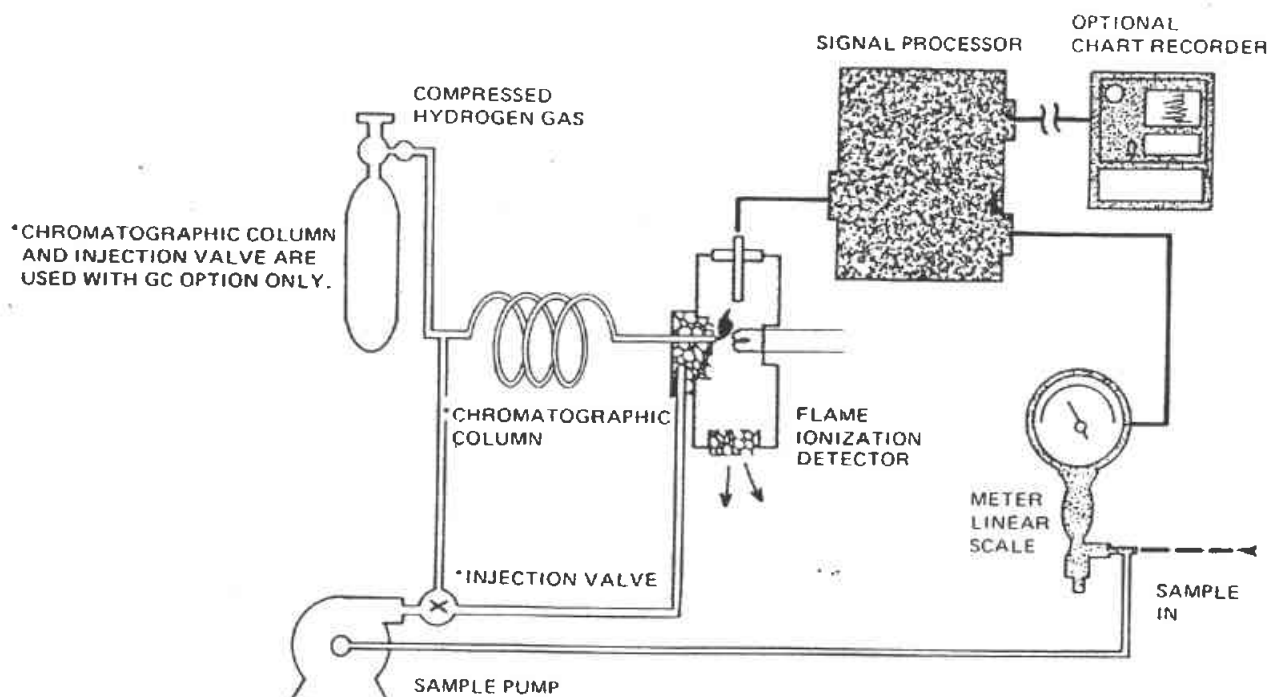


Figure 1. OVA 128 Schematic Diagram

Survey Analysis — Mode 1

In Mode 1, the air sample is delivered continuously to the detector chamber. When an organic vapor is exposed to the hydrogen flame via the air flow, the carbon molecules ionize and a current is carried between the detector electrodes. This current is proportional to the concentration of vapor in the sample. Different compounds will ionize to varying extents in the flame. The OVA 128 is internally calibrated for methane gas, and all survey responses are expressed in methane equivalent. The OVA 128 can be calibrated to read directly for other compounds, through the gas select adjustment dial on the instruments front panel.

Chromatographic Analysis — Mode 2

With Mode 2, the OVA 128 functions as a portable gas chromatograph utilizing hydrogen as a carrier gas and a flame ionization detector as the sensor. In this mode, a fixed volume of sample air is injected (by means of an injection valve) into the chromatographic column which contains a suitable packing material. At the same time that a sample is introduced into the column, the remaining sample air is directed through an integral charcoal filter (not shown in Figure 1) to provide the detector with a supply of pure air.

While moving through the chromatographic column, the sample constituents are separated based on their interaction with the column packing material. As the constituents leave the column, they are carried to the detector and register on the linear meter and the attached optional chart recorder. The time, measured from the mo-

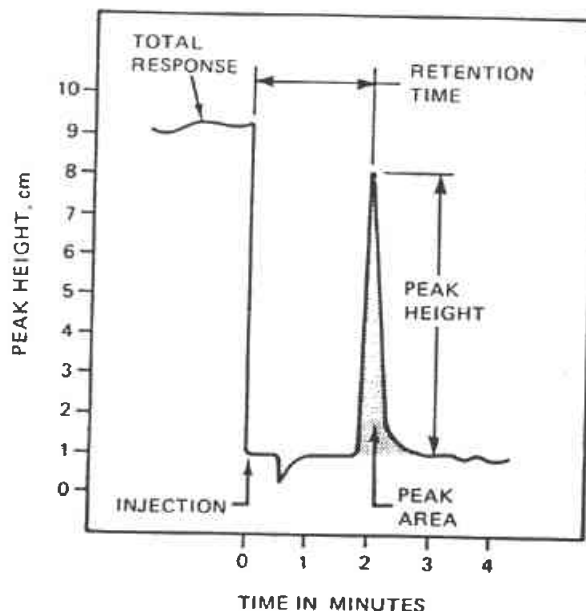


Figure 2. OVA 128 Generalized Chromatogram

ment of sample injection until the compound of interest exits the column, is known as the retention time and serves to identify the compound. The area under the chromatographic peak is proportional to the concentration of the compound in the air sample. The peak height can also be used to determine sample concentration since it closely correlates with peak area. Figure 2 illustrates an example of a linear chromatogram.

OVA 128 APPLICATIONS

The OVA 128 Portable Organic Vapor Analyzer is well-suited for use in the following typical industrial and hazardous waste applications.

Industrial Applications

- Industrial hygiene monitoring
- Leak source identification and measurement
- Monitoring of confined entry areas
- Arson investigation and solvent-accelerant identification
- Survey of spills (accident) locations for problem identification

Hazardous Waste Applications

- Rapid identification of imminent threats to health and safety
- Determination of the extent of contamination in air, water, and soil
- Identification of potential sampling points
- Determination of level of respiratory protection required

PRODUCT SAFETY SPECIFICATIONS

FM certified intrinsically safe for use in Class I, Groups A, B, C, and D, Division 1 hazardous locations.

BASEEFA certified intrinsically safe, Ex ib, for IIC, Zone 1. Temperature Class T6.

STANDARD SPECIFICATIONS

Readout 0 to 10, 0 to 100, and 0 to 1000 ppm linear scales

Minimum Detectable Limit (Methane) 0.2 ppm

Response Time Approximately two seconds for 90% of reading

Fuel for Detector Hydrogen

Carrier Gas for Chromatograph Hydrogen (self-contained tank)

Concentration Alarm Audible alarm, user-selectable level

Sample Flow Rate Approximately 2 L/min

Electric Power 12 V dc rechargeable battery

Voltage Output to Recorder 0 to 5 V dc

Flame Out Indication Audible and visual

Operation Time in Portable Mode Eight hours

Filters Sintered metal, user-cleanable

Nominal Dimensions (Sidepack)
230 × 300 × 100 mm (9 × 12 × 4 in)

Approximate Mass 5.5 kg (12 lb)

INSTRUMENT TYPES

Option A Configured for use as a Survey Mode Analyzer for total hydrocarbon monitoring. Specify OVA 128.

Option B Configured for use as a Survey and Gas Chromatograph Analyzer. Specify OVA 128GC.

Option C Tri-column option for the specific analysis of benzene. Specify OVA 128TRI.

INSTRUMENT ACCESSORIES

(Also Refer to Figure below)

Dilutor Kit Used to monitor inert atmospheres, or extend the concentration range of the instrument. The dilution ratios are adjustable from 5 to 50 times. Specify Part Number 511745-1.

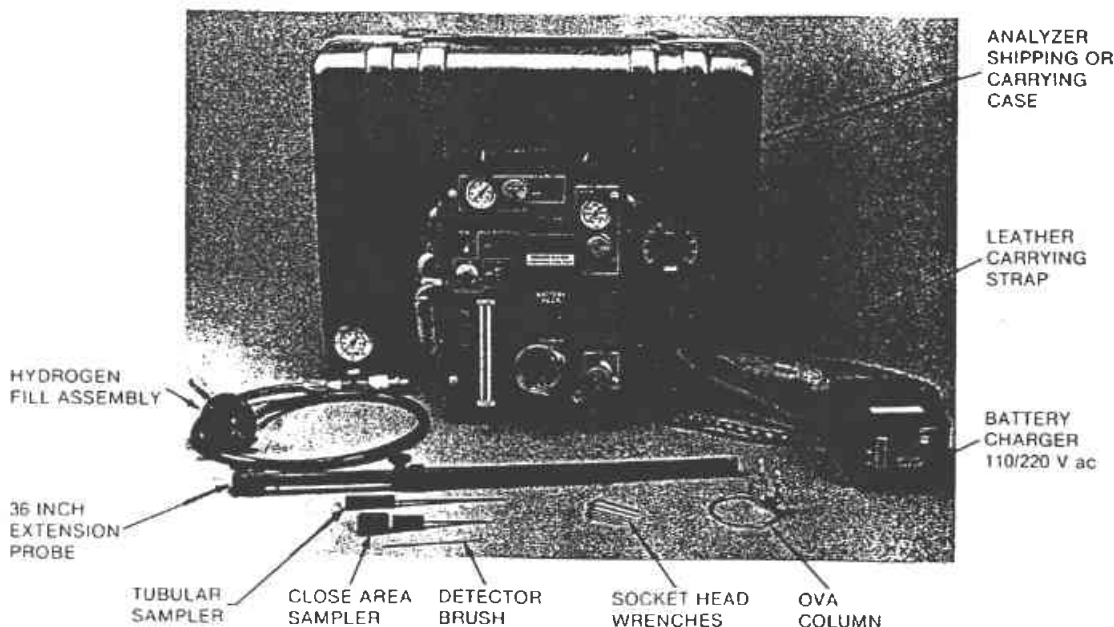
Septum Adapter Used for making syringe injections of gases into the instrument. Specify Part Number 510645-1.

Charcoal Filter Adapter Used for zeroing the instrument in contaminated environments. Specify Part Number 510095-1.

Portable Strip Chart Recorder Used for making hard copy records for all configurations. Specify Part Number 510445-4 for FM certification, and Part Number 510445-6 for BASEEFA certification.

Portable Isothermal Kit (PIP Kit) Used for the temperature control of the OVA columns at 0, 40, and 100°C (32, 104, and 212°F). Specify Part Number 511800-1.

Standard Chromatographic Columns Various column packings available. Specify Part Number 510454, also type and length of column.

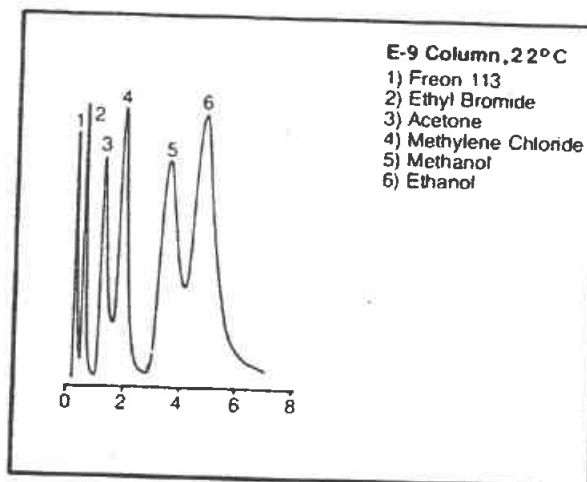
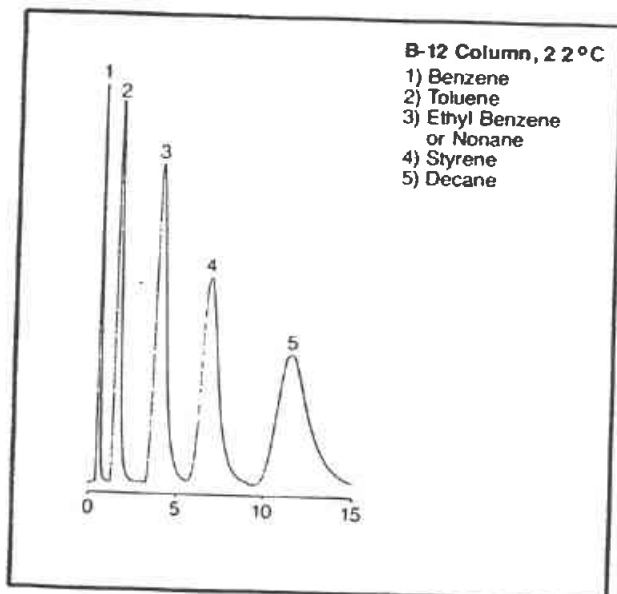
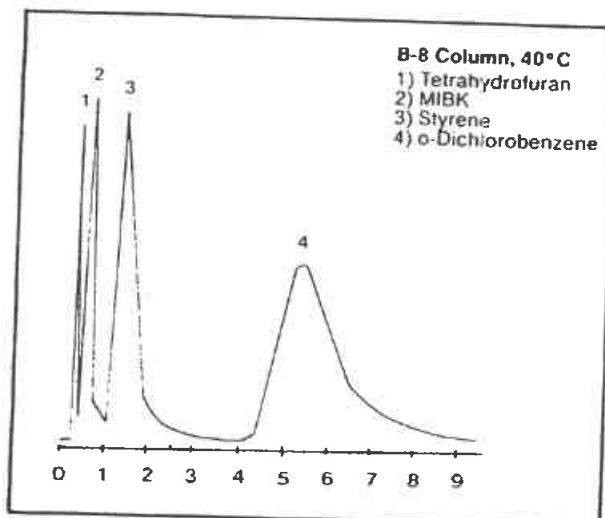
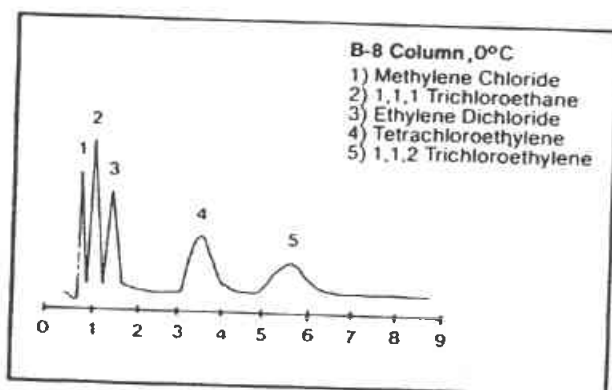


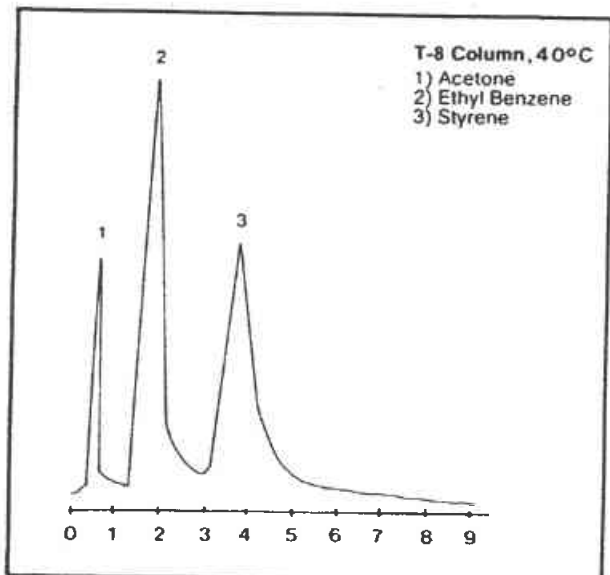
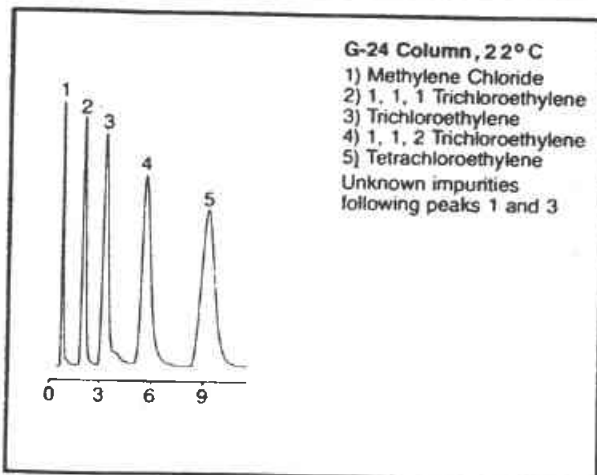
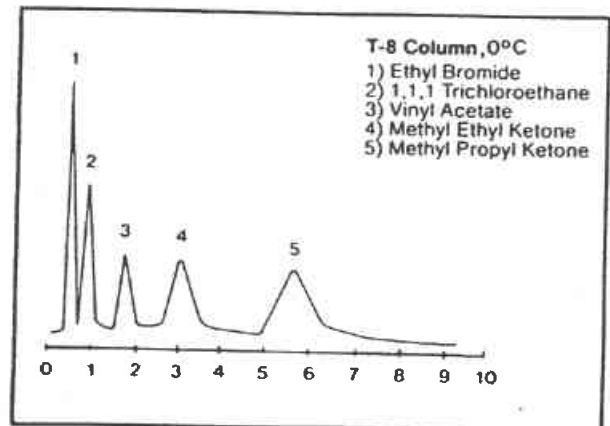
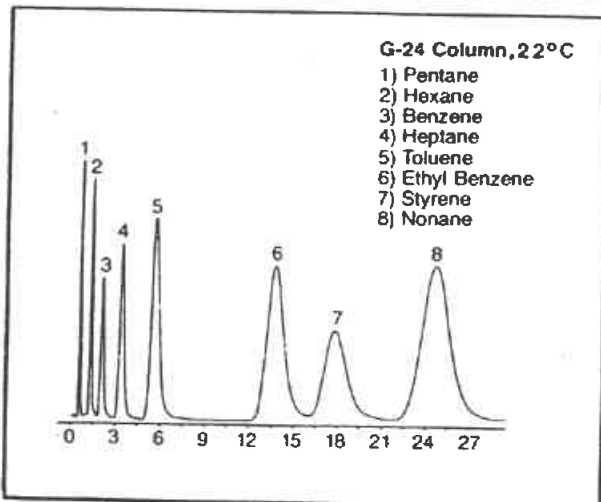
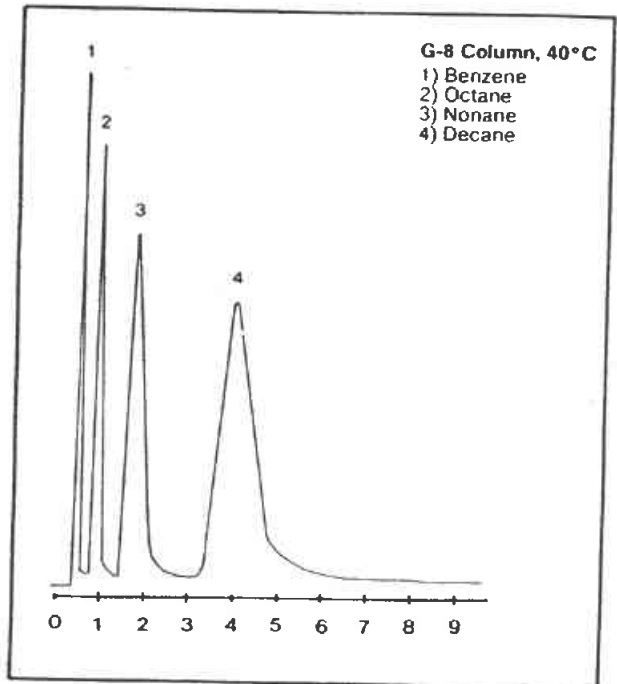
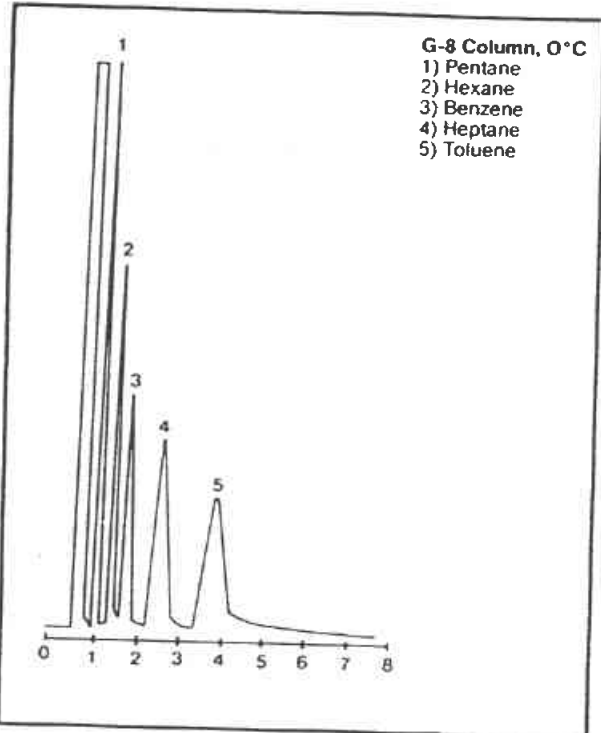
TYPICAL OVA 128 CHROMATOGRAMS

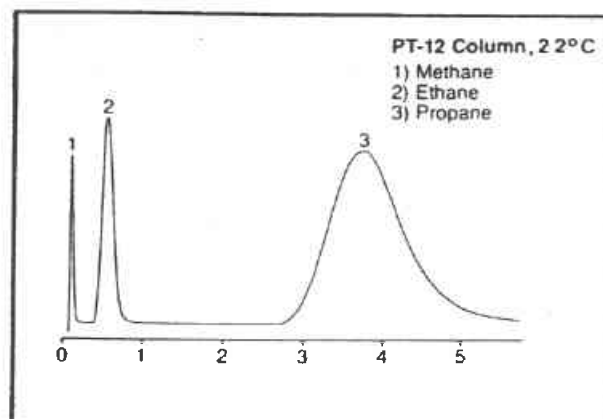
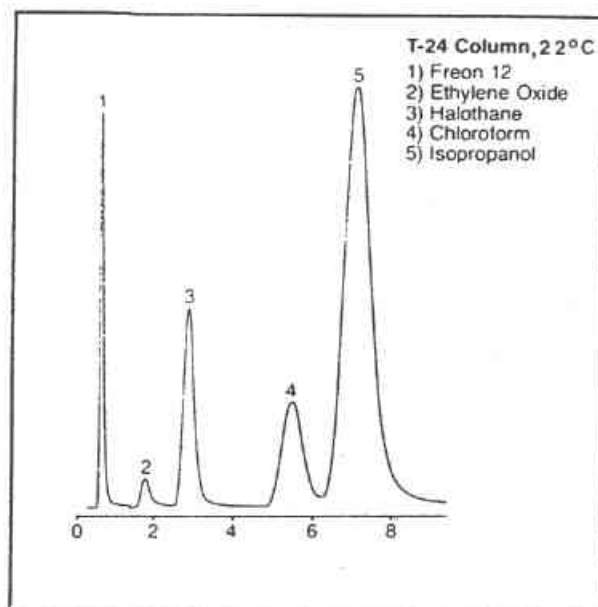
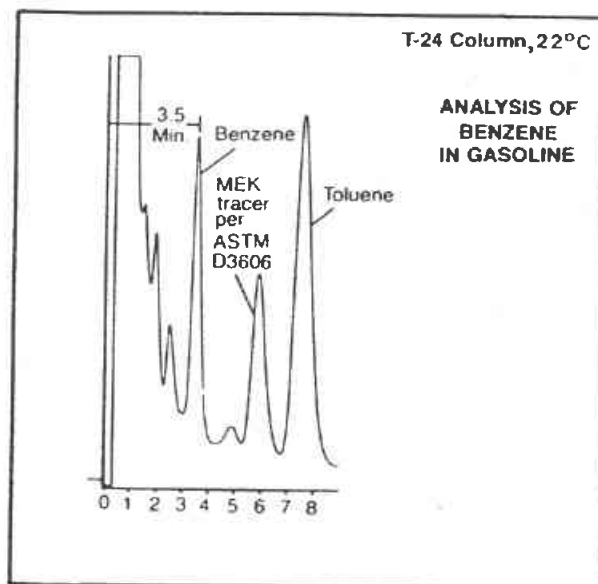
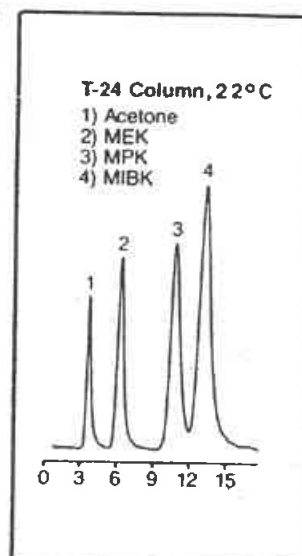
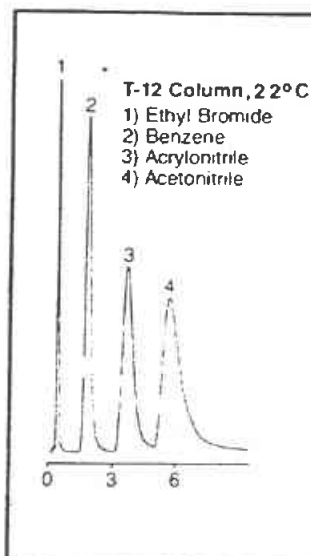
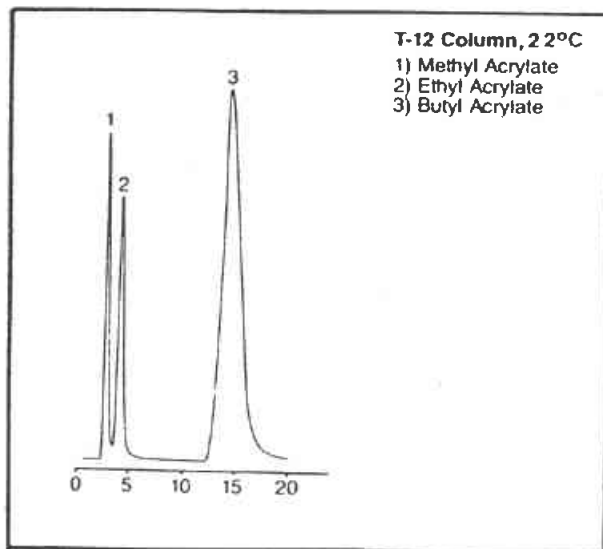
In the following chromatograms, all retention times are in minutes.

Column Code Description:

- B—3% Diisodecyl Phthalate on ANAKROM A, AW, 60/80 mesh.
- E—20% Carbowax 400 on ANAKROM C22A, AW, 60/80 mesh.
- G—10% OV-101 on ANAKROM Q, 60/80 mesh.
- T—10% 1,2,3-tris(2-cyanoethoxy) Propane on ANAKROM C22A, AW, 60/80 mesh.
- PT—Porapak T, 60/80 mesh.







ORDERING INSTRUCTIONS

1. Configuration Option A (OVA 128), Option B (OVA 128GC), or Option C (OVA 128TRI)
2. Instrument Accessories
3. Electrical Classification
4. Tag and Application

ANAKROM and CENTURY are trademarks of The Foxboro Company.
Carbowax is a trademark of Union Carbide Corporation.
OVA is a trademark of Ohio Valley Specialty.
Porapak is a trademark of Waters Associates, Inc.

5. ETUDES DE CAS

Pour illustrer les techniques décrites, nous présentons trois études de cas décrites dans la littérature américaine, et un cas d'étude réalisée en France.

5.1. CAS 1 : POLLUTION PAR GAS OIL

Références : rapport confidentiel

Cause et origine de la pollution : fuite sur une canalisation enterrée

Localisation : nappe phréatique de la plaine d'Alsace

Contexte hydrogéologique :

Le terrain est constitué de remblais surmontant des limons et la terre végétale, puis des sables, graviers, galets rhénans sur 2 à 90 m d'épaisseur. Le toit de la nappe phréatique apparaît vers 3 m en-dessous du niveau du sol. L'écoulement de la nappe se fait dans la direction nord/nord-ouest.

Etude de la pollution :

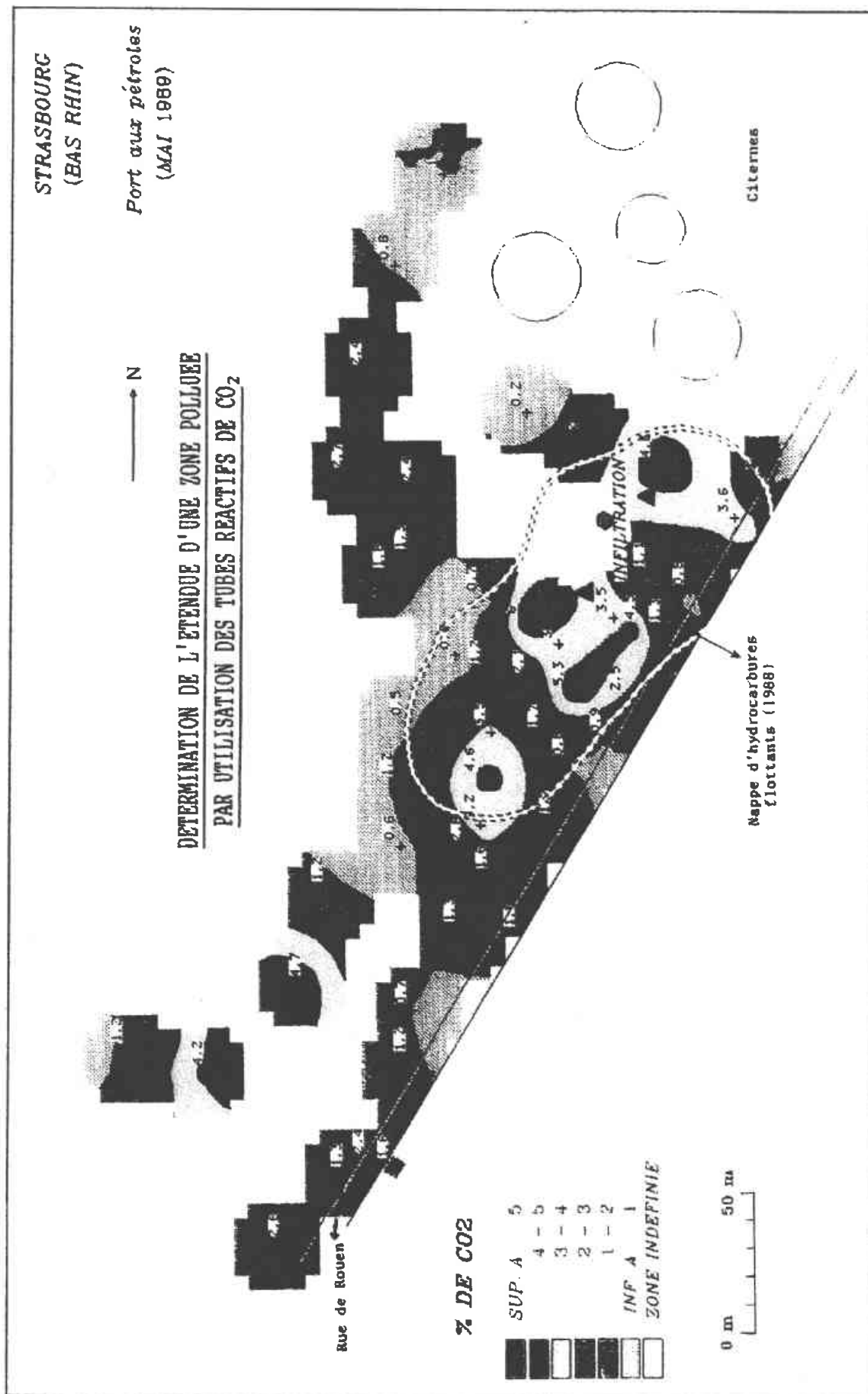
La nappe était polluée par des hydrocarbures flottants. Trois puits de pompage ont permis d'évacuer en deux ans environ la moitié des polluants. Le reste de la pollution imprègne le terrain au toit de la nappe.

• **Prélèvements des gaz et analyse**

Les tubes réactifs ont été utilisés : tubes réactifs pour hydrocarbures d'essence, et tubes réactifs pour CO₂.

Le but de l'étude était de mesurer la teneur en hydrocarbures dans le milieu non saturé et de confirmer l'extension de la zone polluée précédemment reconnue par la campagne de piézomètres.

Les prélèvements étaient réalisés avec un pas de 30 m.



Résultats

La cartographie des hydrocarbures n'a pu être établie en raison d'un problème de sensibilité des tubes. Par contre, une carte des pourcentages de CO₂ a été établie à partir d'une cinquantaine de points de prélèvement.

La teneur en CO₂ mesurée par les tubes provient principalement de la décomposition des hydrocarbures. Les zones de fortes concentrations en CO₂ correspondent assez bien à la localisation de la loupe d'hydrocarbures flottants.

Toutefois, une zone à fortes teneurs en CO₂ se trouve à l'extérieur de cette loupe, et semble avoir la même direction que le Rhin.

5.2. CAS 2 : POLLUTION ACCIDENTELLE PAR 1-1-2-TRICHLO- ROTRIFLUOROETHANE (F-113)

Auteurs : G.M. Thomson, D.L. Marrin

Référence : "Soil gas contaminant investigations : a dynamic approach" (GWMR, Summer 1987)

Cause et origine de la pollution :

Deux aires de chargement, en amont d'un stockage enterré de solvant, à l'origine de la pollution d'un puits de contrôle en aval du stockage.

Localisation : non précisée

Contexte hydrogéologique :

Terrain constitué d'un silt sableux homogène à forte teneur en eau dans certaines zones. La nappe est à 8-9 m de profondeur. La direction d'écoulement est sud-est ; mais plusieurs puits de production nord-ouest produisent périodiquement une modification de la direction d'écoulement.

Etude de la pollution :

- **Gaz mesuré :** 1-1-2-trichlorotrifluoroéthane.
- **Prélèvement :** mise en place de 52 sondes de prélèvement, réparties sur le site pendant 3 jours ; les sondes sont toutes à la profondeur de 2,5 m.
- **Dispositif utilisé :** recueil du gaz dans une seringue en verre ; l'analyse est faite à l'aide d'un laboratoire mobile équipé de 2 chromatographes de laboratoire comprenant chacun un détecteur à capture d'électrons et un détecteur à ionisation de flamme.
- **Résultats :** les résultats permettent de tracer la carte des teneurs sur le site (Fig. 19) ; par ailleurs, différents forages permettent de corréler les concentrations dans le gaz du sol et celles de l'eau dans la nappe (Fig. 20) ; un profil de concentration (tableau 4) montre que les concentrations du gaz varient de 7 ordres de grandeur sur 6 m de profondeur.

	Profondeur (m)	F-113 ($\mu\text{g/l}$)
gaz du sol	0,6	0,004
	1,1	0,3
	3,4	33
	6,1	1 800
eau	8,0	81

Tableau 4 - Profils de F-113 dans le gaz du sol

Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic des pollutions du sol et des nappes

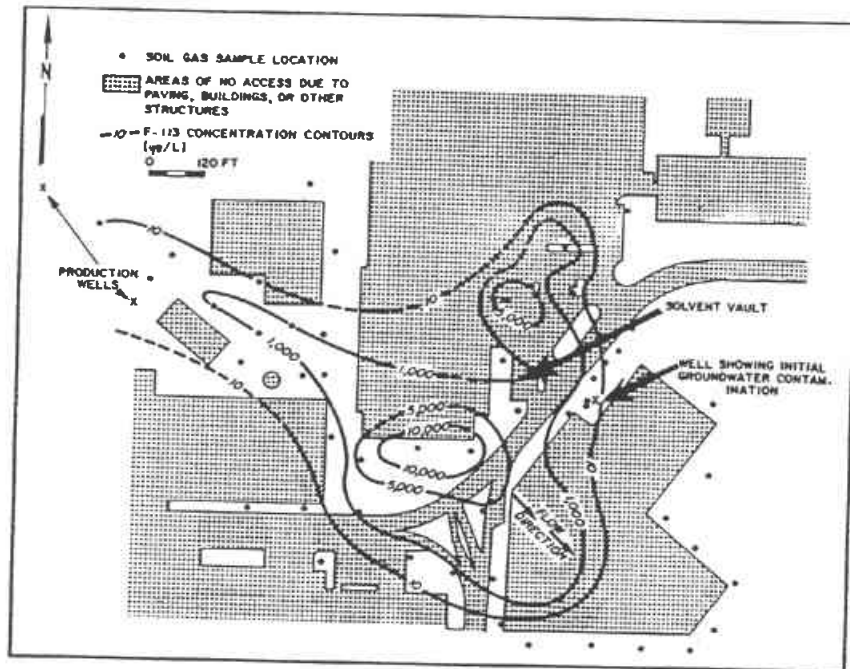


Figure 19 - Courbes d'isoteneur dans le gaz du sol

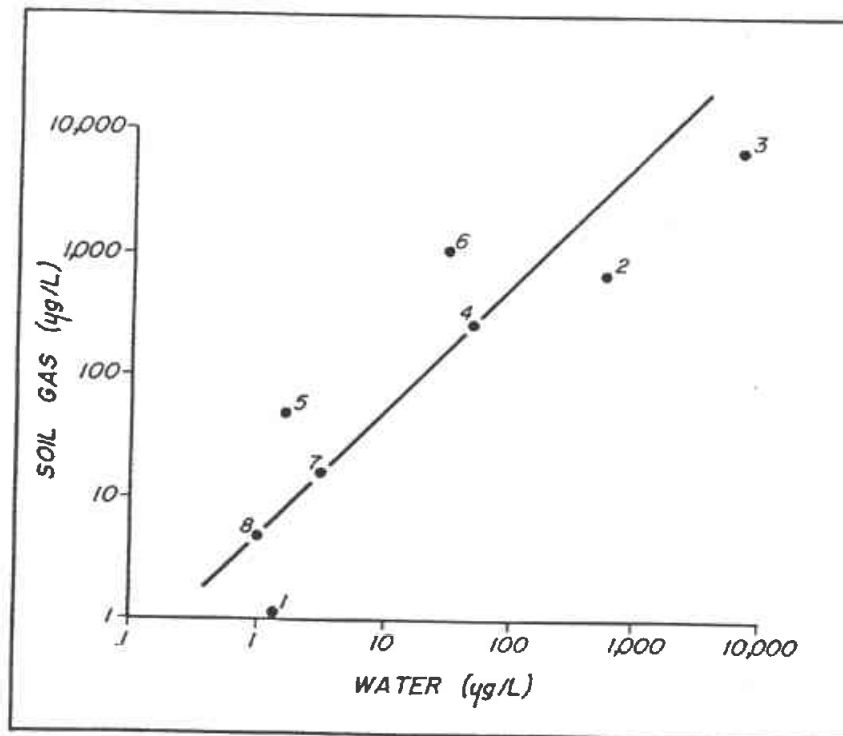


Figure 20 - Concentrations de F-113 dans le gaz du sol et dans l'eau

5.3. CAS 3 : POLLUTION ACCIDENTELLE PAR CHLOROFORME

Auteurs : H.B. Kerfoot, C. Mayer

Référence : "The use of industrial hygiene samplers for soil-gas surveying" (Fall 1986 GWMR)

Auteurs : H.B. Kerfoot, J.A. Kohout, E.N. Amick

Référence : "Detection and measurement of groundwater contamination by soil-gas analysis" (3rd National Conference on Hazardous Wastes and Hazardous Materials, Silversprings, Maryland, 1986)

Cause et origine de la pollution :

Pollution de nappe en provenance d'un complexe industriel situé en amont. La nappe est polluée par différents composés, dont benzène/chlorobenzène et chloroforme, seul considéré dans cette étude.

Localisation : Pittman, Nevada, Etats-Unis

Contexte hydrogéologique :

Le terrain est formé d'alluvions et graviers non consolidés d'âge Pléistocène sur argile plio-cène.

La figure 21 donne la coupe hydrogéologique du site. La nappe libre se situe entre 1,80 m et 3,60 m sous le sol. Elle s'écoule en direction nord.

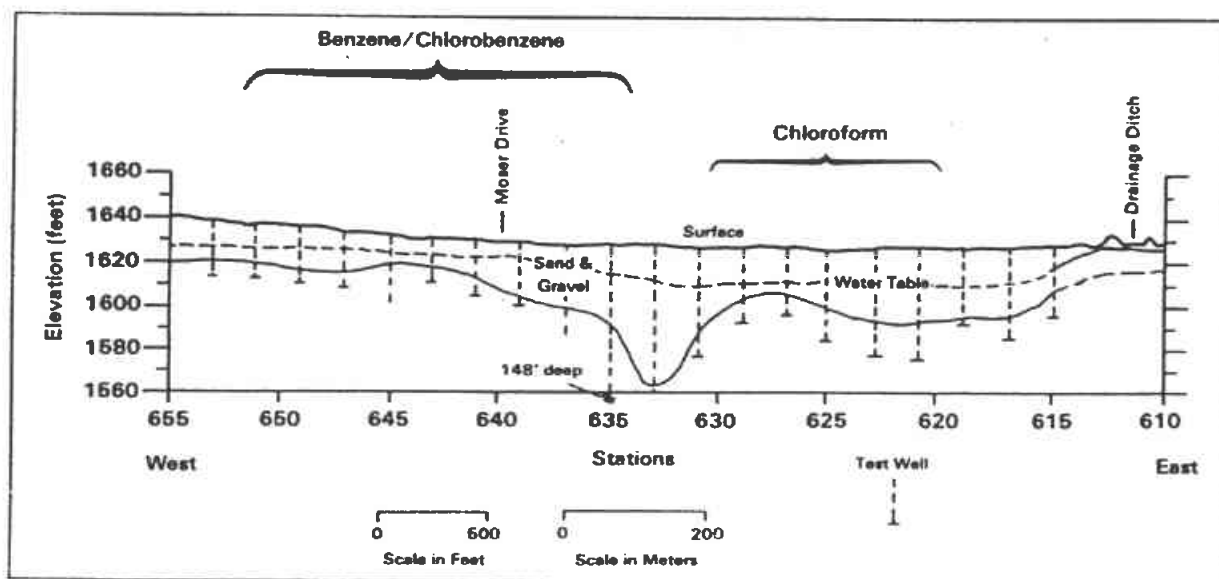


Figure 21 - Coupe hydrogéologique de la nappe (Pittman)

Etude de la pollution :

. Technique de prélèvement du gaz

Gaz analysé : chloroforme

Deux types de prélèvements : par la sonde Kerfoot (cf. Fig. 8), et par méthode passive, sur charbon actif (cf. Fig. 11).

- Les prélèvements de gaz par la sonde ont été effectués à 1,20 m de profondeur à 4 endroits dans un rayon de 6 m autour de puits de contrôle à l'intérieur des limites du nuage de pollution dans la nappe.

Pour délimiter le nuage, les prélèvements ont été effectués à 1,20 m de profondeur à l'Est d'un puits situé à l'angle Ouest du nuage, et à l'Ouest d'un puits situé à l'angle Est du nuage. Les échantillons sont prélevés dans des seringues et transportés au laboratoire mobile sur le site.

- Les boîtes contenant le charbon actif ont été enterrées à 30 cm de profondeur, à 6 m au nord de 6 puits de contrôle qui recourent le nuage de chloroforme. De plus, 10 préleveurs charbon ont été placés à 90 cm d'intervalle sur une ligne nord-sud entre deux puits (Fig. 22).

Les charbons sont restés en place pendant 6 semaines, puis transportés en laboratoire pour être désorbés chimiquement.

. Technique analytique

- Les échantillons de gaz obtenus par méthode active ont été analysés sur le terrain dans un laboratoire mobile équipé d'un chromatographe de laboratoire avec détecteur à capture d'électrons.
- Les solutions résultant de la désorption des charbons ont été analysés en laboratoire par chromatographie gazeuse à détecteur par capture d'électrons.

Résultats :

La figure 23 montre la distribution du chloroforme dans l'eau et dans les échantillons de gaz du sol. Une corrélation de 95 % existe lorsque l'on porte la concentration dans le gaz du sol par méthode active et la concentration dans l'eau.

Par ailleurs, on observe une corrélation de 99 % entre les mesures par méthode active et par méthode passive.

Méthodes d'analyse des gaz dans les sols pour le diagnostic des pollutions du sol et des nappes

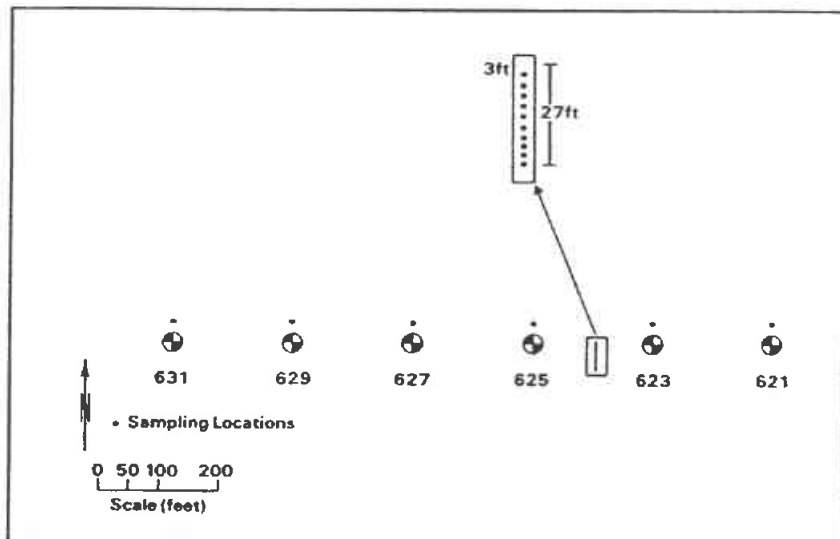


Figure 22 - Localisation des prélèvements de gaz

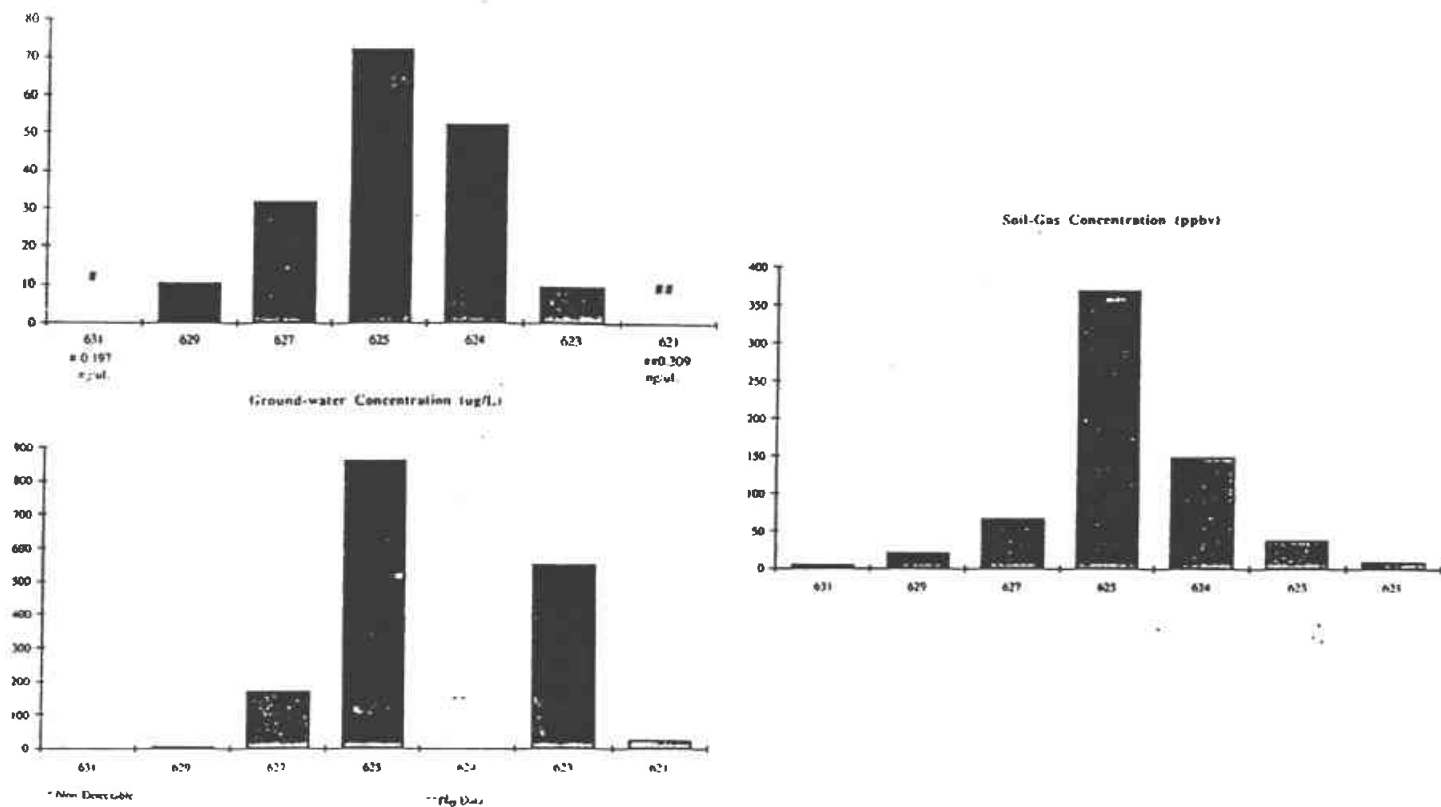


Figure 23 - Distribution du chloroforme dans le gaz du sol et dans l'eau souterraine

5.4. CAS 4 : POLLUTION PAR BENZENE-CHLOROBENZENE

Auteurs : H.B. Kerfoot, C. Mayer, P.B. Burgin, J.J. D'Lugosz

Référence : "Measurement of carbon dioxide in soil gases for indication of subsurface hydrocarbon contamination" (GWMR Spring 1988)

Cause et origine de la pollution : idem cas 2

Localisation : Aquifère Pittman, Nevada, Etats-Unis

Contexte hydrogéologique : voir cas 2 et coupe hydrogéologique (cf. Fig. 21)

Etude de la pollution :

- . Gaz analysé : CO₂
- . Technique de prélèvement de gaz

Les échantillons ont été prélevés avec une pompe manuelle Draeger, reliée à une sonde Kerfoot.

Les prélèvements de gaz CO₂ ont été effectués à 6,4 m au nord des puits, à 1,6 m de profondeur.

- . Analyse du gaz

Après prélèvement de 100 cm³ de gaz pour la purge, le tube détecteur est fixé et 1 000 cm³ de gaz sont pompés dans le tube détecteur. Les concentrations en CO₂ sont obtenues par comparaison de la longueur sur laquelle apparaissent le changement de coloration avec une échelle de référence.

- . Résultats

Les mesures sont comparées aux résultats obtenus sur les échantillons d'eau prélevés dans la nappe. On observe une bonne corrélation (95 %) entre les deux types de mesure. Cependant, les résultats obtenus n'indiquent pas forcément une relation entre le carbone organique dissous dans l'eau et les concentrations en CO₂ gazeux, mais ils montrent une corrélation qui est en accord avec une oxydation des hydrocarbures, dans la zone non saturée.

6. CONCLUSION

La mesure des gaz dans les sols est une méthode récente de diagnostic des pollutions du sol et des nappes.

Elle permet de vérifier l'extension de la pollution du sous-sol par des composés volatils ou leurs dérivés.

C'est une étape préliminaire, peu onéreuse, et qui ne perturbe pas le site. Elle ne se substitue pas, une fois la pollution reconnue, aux prélèvements et à l'analyse d'échantillons de sols et d'eaux. Lorsque l'on ne dispose d'aucune donnée sur l'état du site, la méthode active (mesure directe du gaz du sol et analyse sur le site par détecteurs ou tubes colorimétriques spécifiques) est recommandée. Une fois la pollution décelée, l'analyse plus fine des polluants par chromatographie gazeuse est réalisée à l'aide d'appareils de terrain ou en laboratoire.

Dans le cas où l'on utilise la méthode passive, les échantillons recueillis sont analysés en laboratoire. Les résultats sont de meilleure qualité.

L'interprétation des résultats est, dans tous les cas, délicate et devra être faite avec soin.