

Journée technique
17 octobre 2014

Gestion des sites et sols pollués



Caractérisation et surveillance des milieux (eaux, sols, gaz du sol et air intérieur), exposition et évaluation des risques sanitaires (bioaccessibilité...)

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

PRÉCONISATIONS OPÉRATIONNELLES

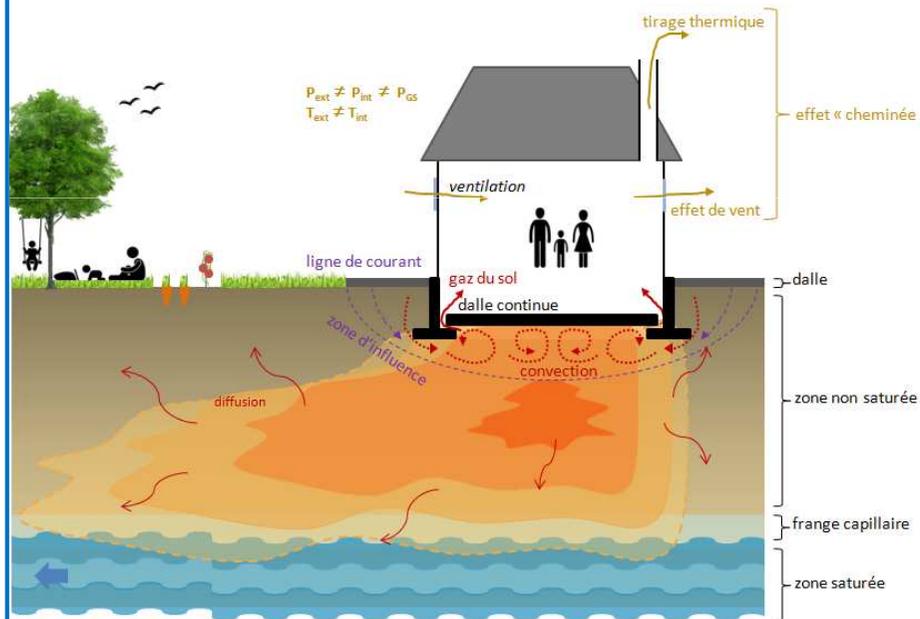
Marie Lemoine, Corinne Hulot
Sébastien Fable, Francis Guillot, Fabrice Richez

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ En réponse à différents objectifs/besoins :



➔ concernant les gaz du sol :

- caractérisation d'une zone source "sol" ;
- caractérisation d'un panache ;
- caractérisation des gaz du sol au droit d'un bâtiment ;
- dimensionnement et suivi d'opérations de travaux de dépollution ;

➔ concernant l'air intérieur :

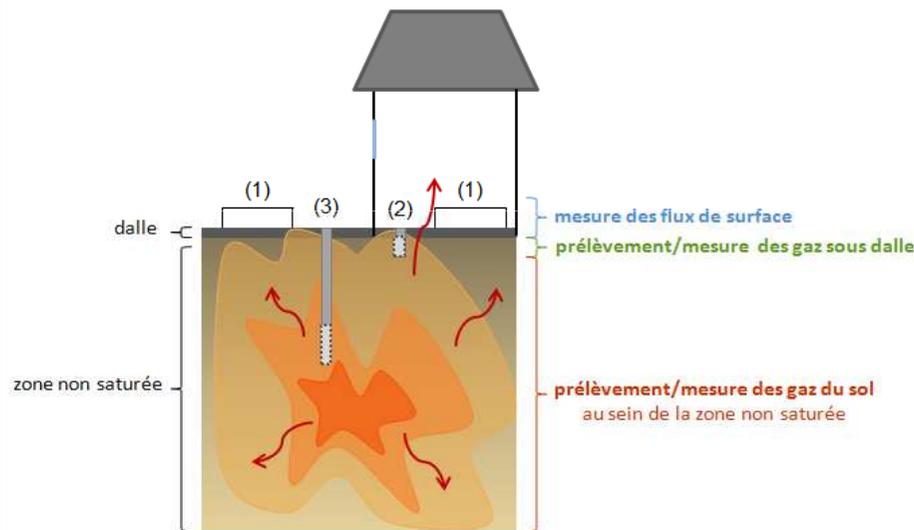
- caractérisation des milieux d'exposition ;

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ Différents « ouvrages » disponibles :



- (1) chambre à flux (mesure de flux de surface – ouvrage temporaire)
- (2) ouvrage sous-dalle (prélèvement des gaz sous dalle - ouvrage temporaire)
- (3) piézair ou puits à gaz (prélèvement des gaz du sol - ouvrage permanent)

➡ ouvrage permettant le prélèvement/la mesure des **flux de surface** :

- chambre à flux ;

➡ ouvrage permettant le prélèvement/la mesure **sous-dalle** d'un bâtiment :

- « sub-slab » ;

➡ ouvrages permettant le prélèvement/la mesure des **gaz du sol au sein de la zone non saturée** :

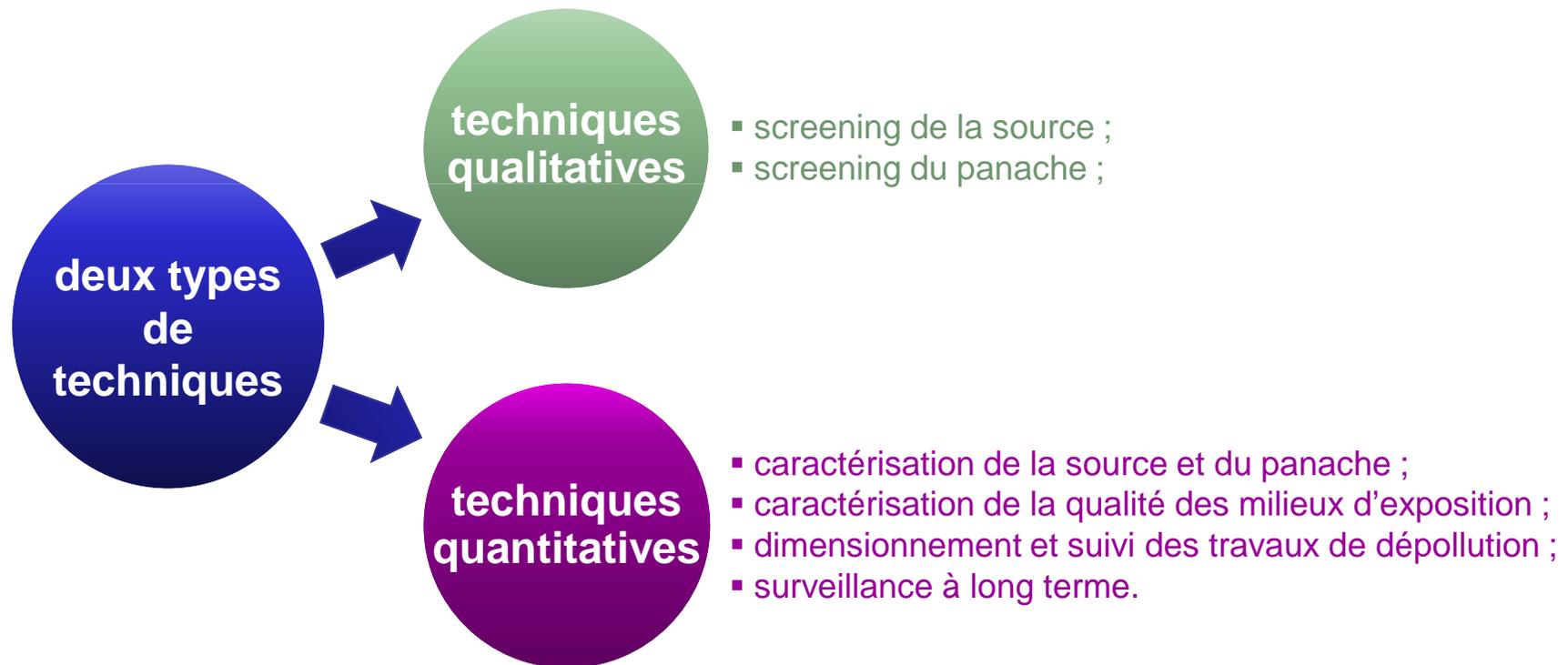
- « canne gaz » (ouvrage temporaire) ;
- piézair (ouvrage permanent).

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ Différentes techniques de prélèvement ou de mesure :

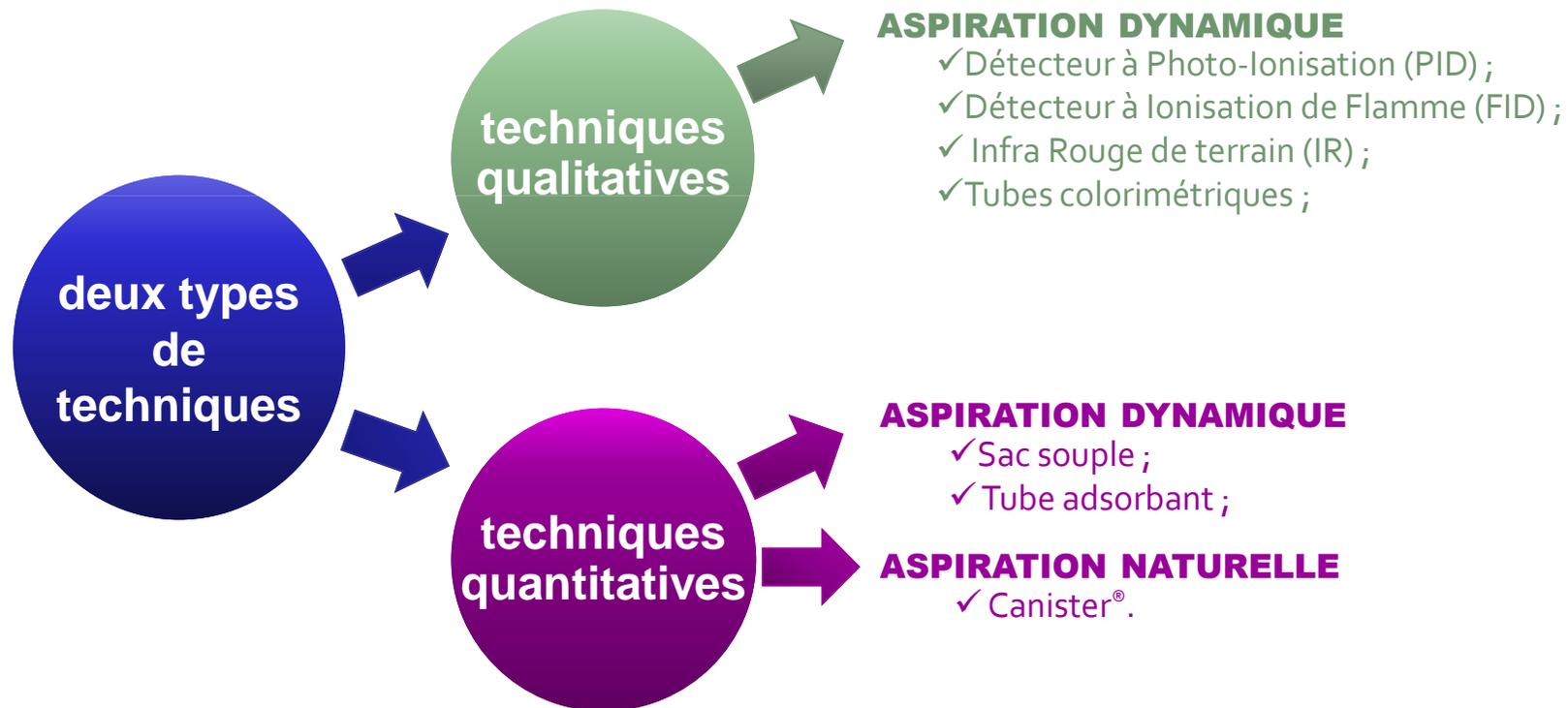


PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ Différentes techniques de prélèvement ou de mesure :



Limites rencontrées ?



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ Différentes techniques de prélèvement ou de mesure :



Limites rencontrées ?

➔ dimensionnement du prélèvement :

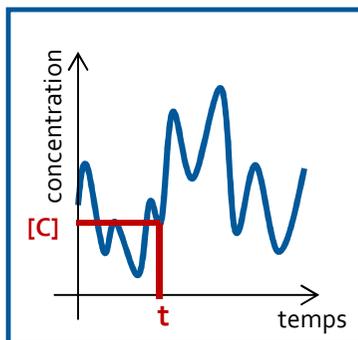
- **choix de l'adsorbant** : fonction des composés ciblés, fonction des techniques analytiques, sensibilité à l'humidité, etc ;
- **durée du prélèvement** : saturation du support, limite de quantification désirée ;

➔ mise en œuvre :

- **usage d'une pompe** : calibration/vérification, dérive du débit de pompage au cours du prélèvement, autonomie de la batterie ;

➔ interprétation et représentativité du résultat :

- techniques qualitatives : **cas d'une mesure/d'un prélèvement ponctuel** ;
- techniques quantitatives : **prélèvements de durée limitée** (quelques heures à quelques jours).



Quelle alternative ?

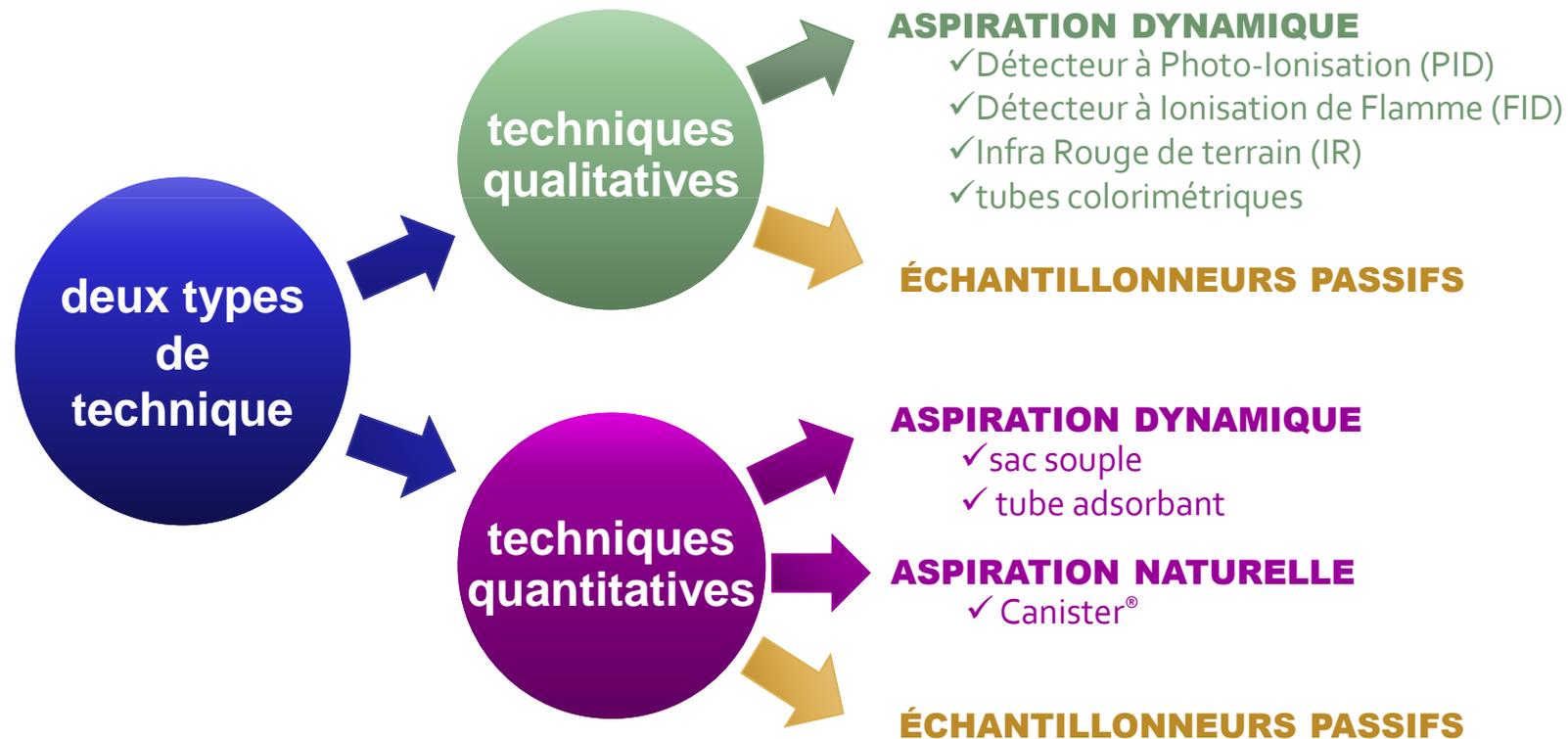


PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en sites et sols pollués

↩ Différentes techniques de prélèvement ou de mesure :



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Echantillonneur passif, une alternative ?

PASSOLAIR :

- *financement:* MEDDE, ADEME
- *durée:* 2,5 ans (2012-2014)
- *objectif:* retour d'expérience concernant l'utilisation des échantillonneurs passifs pour le prélèvement des gaz du sol et de l'air intérieur



1. Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles
2. Mises en œuvre des échantillonneurs passifs
 - ↪ à l'échelle d'une chambre à atmosphère contrôlée ;
 - ↪ à l'échelle d'un site « pilote » ;
3. Recommandations pour la mise en œuvre et perspectives



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

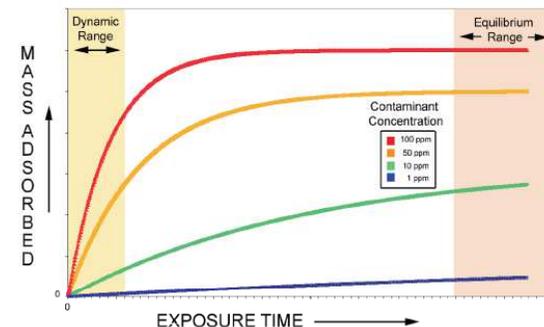


Echantillonneur passif, une alternative ?

Échantillonneurs passifs intégratifs

dispositifs permettant la diffusion et la sorption des contaminants d'intérêt au sein du module passif

concentration moyenne sur toute la durée de prélèvement, intégrant les variations de concentration



MESURE QUANTITATIVE: conversion des masses adsorbées en concentration

$$C = \frac{m_{\text{adsorbée}}}{t_{\text{exposition}} \times \tau_{\text{échantillonnage}}}$$

C , concentration du contaminant (mg/m^3)
 $m_{\text{adsorbée}}$, masse du contaminant adsorbée sur le support pendant l'exposition (mg)

$t_{\text{exposition}}$, durée d'exposition du support passif (min)

$\tau_{\text{échantillonnage}}$, taux d'échantillonnage du composé (mL/min)

↪ correspond au volume de gaz entrant au contact de support adsorbant par minute

$$\tau_{\text{échantillonnage}} = D_{\text{air}} \frac{A}{L}$$

D_{air} , coefficient de diffusion de la matrice « air » ou « gaz »
 $\frac{A}{L}$, paramètres spécifiques à la géométrie de l'échantillonneur passif

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

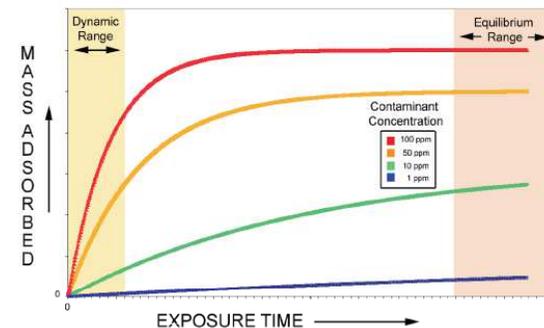


Echantillonneur passif, une alternative ?

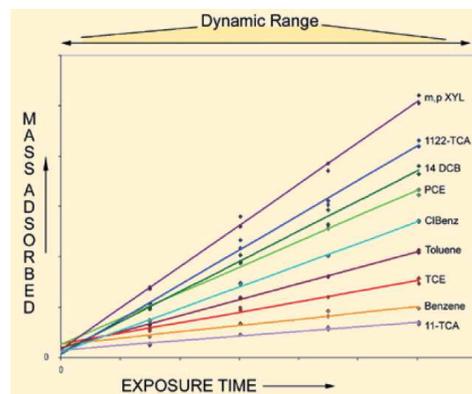
Échantillonneurs passifs intégratifs

dispositifs permettant la diffusion et la sorption des contaminants d'intérêt au sein du module passif

concentration moyenne sur toute la durée de prélèvement, intégrant les variations de concentration



MESURE QUANTITATIVE: conversion des masses adsorbées en concentration



C , concentration du contaminant (mg/m^3)

$M_{\text{adsorbée}}$, masse du contaminant adsorbée sur le support pendant l'exposition (mg)

$t_{\text{exposition}}$, durée d'exposition du support passif (min)

$T_{\text{échantillonnage}}$, taux d'échantillonnage du composé (mL/min)



↪ correspond au volume de gaz entrant au contact de support adsorbant par minute

↪ déterminé expérimentalement par le constructeur, via une série d'essais en chambre à atmosphère contrôlée, pour chaque composé chimique

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

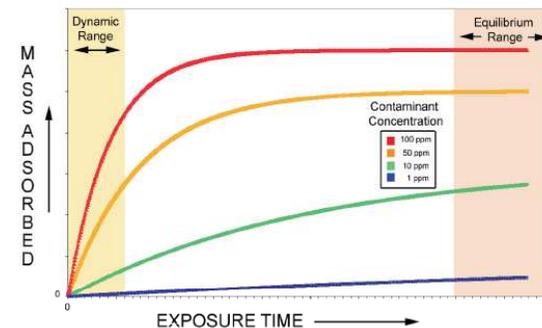


Echantillonneur passif, une alternative ?

Échantillonneurs passifs intégratifs

dispositifs permettant la diffusion et la sorption des contaminants d'intérêt au sein du module passif

concentration moyenne sur toute la durée de prélèvement, intégrant les variations de concentration



MESURE QUANTITATIVE: conversion des masses adsorbées en concentration

$$C = \frac{m_{\text{adsorbée}}}{t_{\text{exposition}} \times \tau_{\text{échantillonnage}}}$$

C , concentration du contaminant (mg/m^3)

$m_{\text{adsorbée}}$, masse du contaminant adsorbée sur le support pendant l'exposition (mg)

$t_{\text{exposition}}$, durée d'exposition du support passif (min)

$\tau_{\text{échantillonnage}}$, taux d'échantillonnage du composé (mL/min)

influence des caractéristiques pétro-physiques de l'horizon sur le prélèvement des gaz du sol et le taux d'échantillonnage ?



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

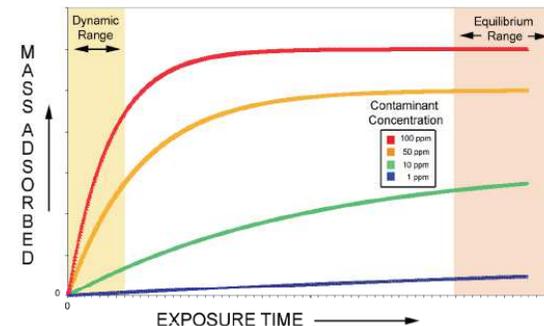


Echantillonneur passif, une alternative ?

➔ Échantillonneurs passifs intégratifs

dispositifs permettant la diffusion et la sorption des contaminants d'intérêt au sein du module passif

concentration moyenne sur toute la durée de prélèvement, intégrant les variations de concentration



MESURE QUANTITATIVE: conversion des masses adsorbées en concentration

$$C = \frac{m_{\text{adsorbée}}}{t_{\text{exposition}} \times \tau_{\text{échantillonnage}}}$$

$$E = \frac{D_{\text{eff}}}{D_{\text{air}}} \rightarrow E = \theta^{\frac{3}{4}} (1 - \epsilon)^{\frac{10}{3}}$$

C , concentration du contaminant (mg/m^3)
 $m_{\text{adsorbée}}$, masse du contaminant adsorbée sur le support pendant l'exposition (mg)

$t_{\text{exposition}}$, durée d'exposition du support passif (min)

$\tau_{\text{échantillonnage}}$, taux d'échantillonnage du composé (mL/min)

D_{eff} , coefficient de diffusion de la matrice sol

D_{air} , coefficient de diffusion de la matrice air

E , facteur d'influence de la matrice « sol »

θ , porosité
 ϵ , teneur en eau



si non communiquées au laboratoire, alors des valeurs par défaut sont retenues par le laboratoire, sur la base de la lithologie communiquée par l'opérateur (issues de Johnson&Ettinger modeling equation inputs, US EPA, 2003)

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

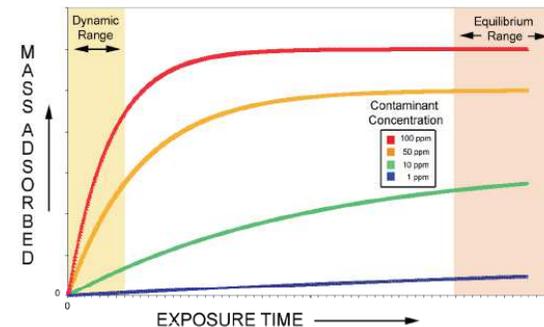


Echantillonneur passif, une alternative ?

➔ Échantillonneurs passifs intégratifs

dispositifs permettant la diffusion et la sorption des contaminants d'intérêt au sein du module passif

concentration moyenne sur toute la durée de prélèvement, intégrant les variations de concentration



MESURE QUANTITATIVE: conversion des masses adsorbées en concentration

$$C = \frac{m_{\text{adsorbée}}}{t_{\text{exposition}} \times \tau_{\text{échantillonnage}}}$$

$$E = \frac{D_{\text{eff}}}{D_{\text{air}}} \quad \rightarrow \quad E = \theta^{\frac{3}{4}} (1 - \epsilon)^{\frac{10}{3}}$$

$$C_{\text{gaz du sol}} = \frac{C}{E}$$

C , concentration du contaminant (mg/m^3)

$m_{\text{adsorbée}}$, masse du contaminant adsorbée sur le support pendant l'exposition (mg)

$t_{\text{exposition}}$, durée d'exposition du support passif (min)

$\tau_{\text{échantillonnage}}$, taux d'échantillonnage du composé (mL/min)

D_{eff} , coefficient de diffusion de la matrice sol

D_{air} , coefficient de diffusion de la matrice air

E , facteur d'influence de la matrice « sol »

$C_{\text{gaz du sol}}$, concentration du contaminant dans les gaz du sol.

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles

↩ Des échantillonneurs passifs déjà utilisés dans le domaine de la **qualité de l'air intérieur**



TUBES PASSIFS À DIFFUSION RADIALE

tube (type Radiello™) à géométrie « radiale », composé d'une membrane microporeuse (corps diffusif) et contenant un cartouche adsorbant



- ⇒ temps d'exposition maximum conseillé : **7 jours**
- ⇒ débit de diffusion (mL/min) déterminé à 25 °C, pour **34 composés chimiques** (dont BTEX, PCE, TCE),
- ⇒ **facteur de correction** à prendre, afin d'intégrer l'**influence** de la **température** sur le débit de piégeage (+/- 5% par variation de 10° C)
- ⇒ cartouche d'adsorbant **réutilisable**

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles

↩ Des échantillonneurs passifs déjà utilisés dans le domaine de la **qualité de l'air intérieur**



TUBES PASSIFS À DIFFUSION RADIALE

tube (type Radiello™) à géométrie « radiale », composé d'une membrane microporeuse (corps diffusif) et contenant un cartouche adsorbant



TUBE PASSIF À DIFFUSION AXIAL

tube (type Perkin Elmer®), à géométrie « axiale » ouvert sur la section inférieure (avec ou sans tête de diffusion) et contenant un cartouche adsorbant



- temps d'exposition maximum conseillé : **quelques jours**
- débit de diffusion (mL/min) déterminé à 25 °C, pour **quelques composés chimiques** (dont BTEX, PCE, TCE),
- **facteur de correction** à prendre, afin d'intégrer l'influence de la **température** sur le débit de piégeage
- cartouche d'adsorbant **réutilisable**

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles

↪ Des échantillonneurs passifs déjà utilisés dans le domaine de la **qualité de l'air intérieur**



population générale



TUBE PASSIF À DIFFUSION RADIALE

tube (type Radiello™) à géométrie « radiale », composé d'une membrane microporeuse (corps diffusif) et contenant un cartouche adsorbant



TUBE PASSIF À DIFFUSION AXIALE

tube (type Perkin Elmer®), à géométrie « axiale » ouvert sur la section inférieure (avec ou sans tête de diffusion) et contenant un cartouche adsorbant



travailleur (individuel)

↪ D'autres échantillonneurs passifs développés dans le cadre des prélèvements d'**hygiène au travail**



BAGDES PASSIFS

Disque (type Gabie®) possédant une large ouverture circulaire axiale et contenant un cartouche adsorbant

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Echantillonneur passif, quelles applications proposées ?



Dans quel cadre les échantillonneurs passifs sont-ils proposés ?



pour les prélèvements d'air intérieur :

- caractérisation des milieux d'exposition ;



pour les prélèvements des gaz du sol :

- screening de la source de pollution et de son panache ;
- caractérisation de la source et de son panache ;
- caractérisation des transferts de vapeur vers les milieux d'exposition ;
- dimensionnement et suivi de travaux de dépollution.



Quels composés chimiques peuvent être « ciblés » ?



... fonction de l'échantillonneur passif considéré (propriétés de l'adsorbant)



les grandes familles de composés classiquement proposées :

- les composés organiques volatils (COVs) et semi volatils (COSVs) ;
- les composés organiques volatils halogénés et semi volatils halogénés ;
- les composés aromatiques volatils (dont les BTEX) ;
- les chlorofluorocarbones ;
- les hydrocarbures volatils et hydrocarbures halogénés volatils ;
- mercure ...

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Echantillonneur passif, une alternative ?



Comment sont-ils classiquement utilisés sur site?

↳ pour les prélèvements d'air intérieur :

- échantillonneur passif placé au point de prélèvement choisi par l'opérateur,
- à une hauteur de prélèvement fonction des besoins de l'étude,
- à l'aide, si besoin, d'un support de fixation (trépied, mobilier, etc.).



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Echantillonneur passif, une alternative ?



Comment sont-ils classiquement utilisés sur site?

↳ pour les prélèvements d'air intérieur :

- échantillonneur passif placé au point de prélèvement choisi par l'opérateur,
- à une hauteur de prélèvement fonction des besoins de l'étude,
- à l'aide, si besoin, d'un support de fixation (trépied, mobilier, etc.).

↳ pour les prélèvements des gaz du sol :

- échantillonneur passif introduit dans le sol, après réalisation d'un pré-trou ou, directement à l'aide d'une canne (jusqu'à 1 m),



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Echantillonneur passif, une alternative ?



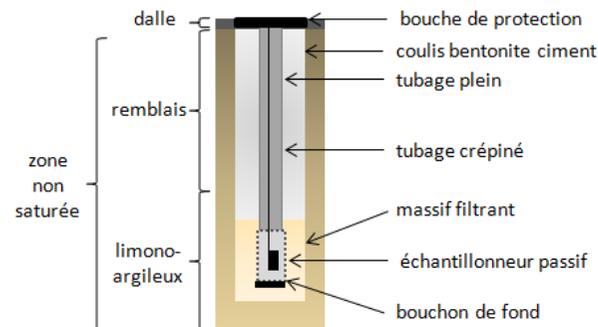
Comment sont-ils classiquement utilisés sur site?

↳ pour les prélèvements d'air intérieur :

- échantillonneur passif placé au point de prélèvement choisi par l'opérateur,
- à une hauteur de prélèvement fonction des besoins de l'étude,
- à l'aide, si besoin, d'un support de fixation (trépied, mobilier, etc.).

↳ pour les prélèvements des gaz du sol :

- échantillonneur passif introduit dans le sol, après réalisation d'un pré-trou ou, directement à l'aide d'une canne (jusqu'à 1 m),
- échantillonneur passif introduit dans le piézair, et placé à mi-hauteur de l'intervalle crépiné.



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



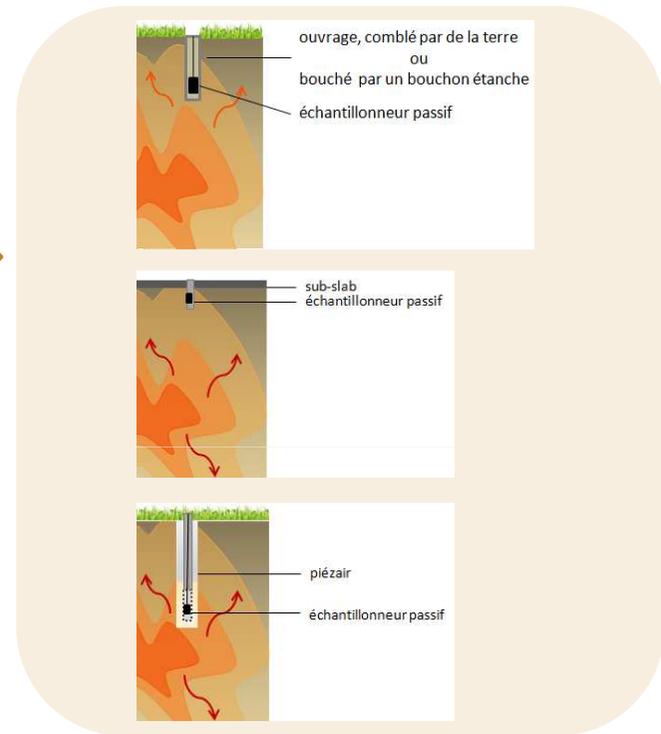
Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles

- ↪ Des échantillonneurs passifs dédiés au domaine des sites et sols pollués, principalement développés et utilisés aux **Etats Unis**

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

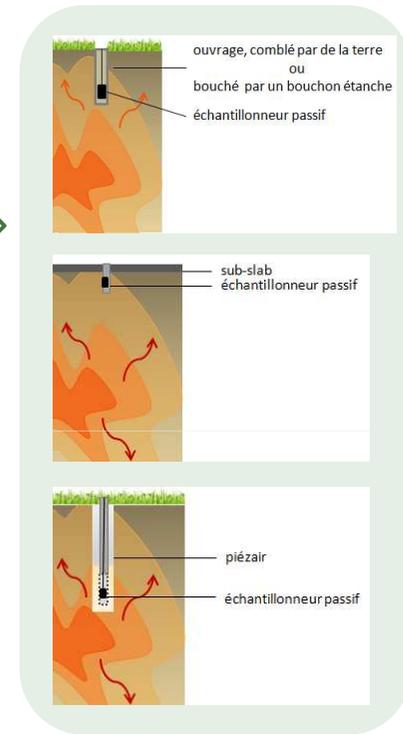


Matrice	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur eau souterraine gaz du sol (sol, sous-dalle et piézair)
caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> membrane Gore® Tex poreuse et hydrophobe cartouches d'adsorbant brevetés
analyse	TD/GC/MS
composés chimiques	COV, BTEX, Hydrocarbures...
format des données	<ul style="list-style-type: none"> masse concentration
t _{prélèvement usuel}	7 à 14 jours
concentration	non précisé
applications	<ul style="list-style-type: none"> screening caractérisation des milieux dimensionnement et suivi de chantier de dépollution
stade de développement	<ul style="list-style-type: none"> SPGoo8 : commercialisé TIPS: en développement



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

	 AGI® SURVEY	 BESURE® SAMPLER
Matrice	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur eau souterraine gaz du sol (sol, sous-dalle et piézair) 	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur gaz du sol (sol, sous-dalle et piézair)
caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> membrane Gore® Tex poreuse et hydrophobe cartouches d'adsorbant brevetés 	<ul style="list-style-type: none"> vial en verre tête de diffusion 2 cartouches d'adsorbants hydrophobes brevetés
analyse	TD/GC/MS	TD/GC/MS
composés chimiques	COV, BTEX, Hydrocarbures...	COV, BTEX, Hydrocarbures...
format des données	<ul style="list-style-type: none"> masse concentration 	<ul style="list-style-type: none"> masse
t _{prélèvement usuel}	7 à 14 jours	48 H - plusieurs jours
concentration	non précisé	non précisé
applications	<ul style="list-style-type: none"> screening caractérisation des milieux dimensionnement et suivi de chantier de dépollution 	<ul style="list-style-type: none"> screening suivi de chantier de dépollution
Stade de développement	<ul style="list-style-type: none"> SPGoo8 : commercialisé TIPS: en développement 	<ul style="list-style-type: none"> commercialisé



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

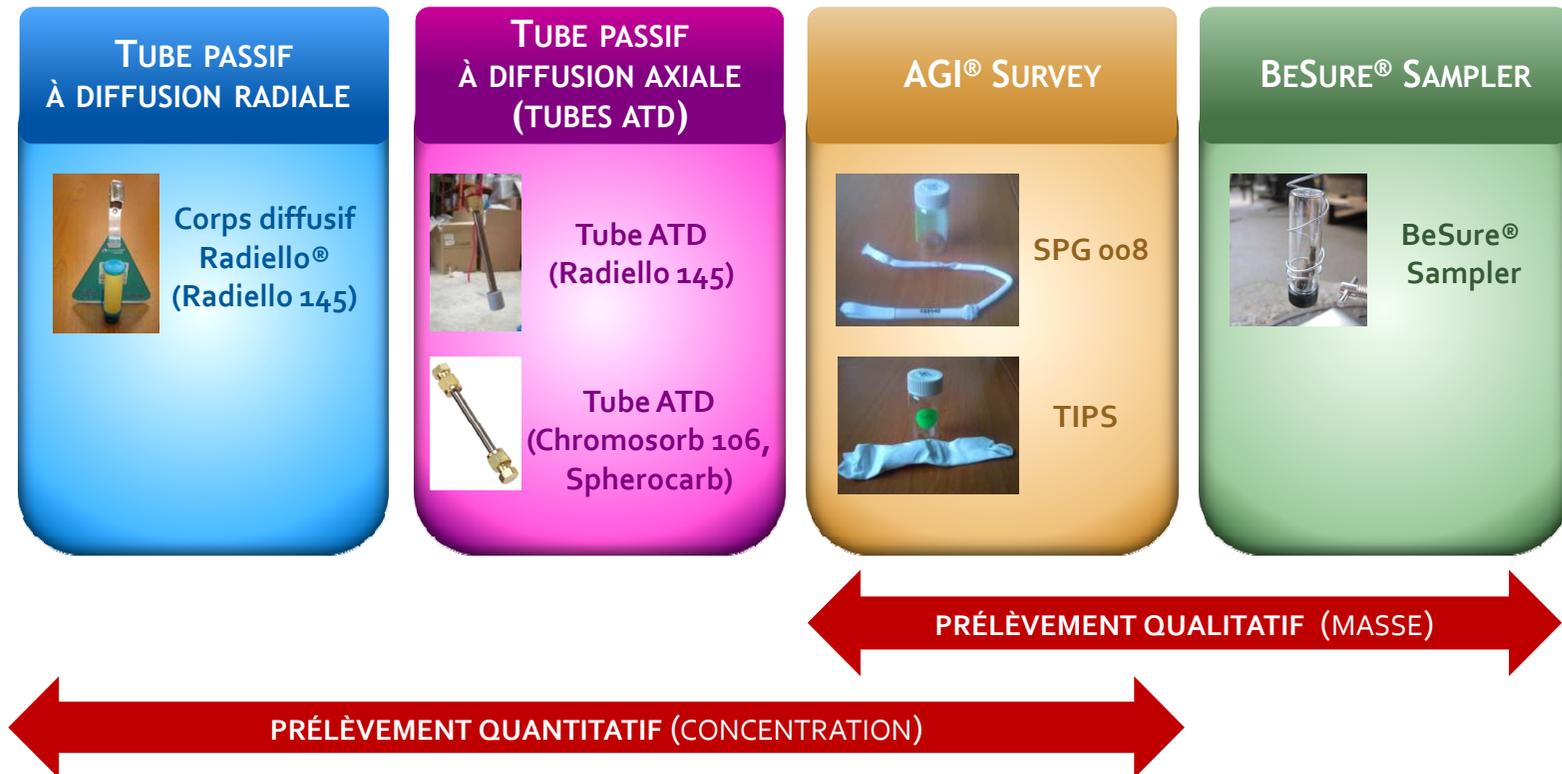
	 AGI® SURVEY	 BeSURE® SAMPLER	 WATERLOO MEMBRANE SAMPLER™
Matrice	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur eau souterraine gaz du sol (sol, sous-dalle et piézair) 	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur gaz du sol (sol, sous-dalle et piézair) 	<ul style="list-style-type: none"> air intérieur gaz du sol (sol, sous dalle)
caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> membrane Gore® Tex poreuse et hydrophobe cartouches d'adsorbant brevetés 	<ul style="list-style-type: none"> vial en verre tête de diffusion 2 cartouches d'adsorbants hydrophobes brevetés 	<ul style="list-style-type: none"> vial en verre tête de diffusion (PDMS) billes d'adsorbant
analyse	TD/GC/MS	TD/GC/MS	TD/GC/MS
composés chimiques	COV, BTEX, Hydrocarbures...	COV, BTEX, Hydrocarbures...	COV
format des données	<ul style="list-style-type: none"> masse concentration 	<ul style="list-style-type: none"> masse 	<ul style="list-style-type: none"> masse concentration
t _{prélèvement} usuel	7 à 14 jours	48 H - plusieurs jours	non précisé
concentration	non précisé	non précisé	non précisé
applications	<ul style="list-style-type: none"> screening caractérisation des milieux dimensionnement et suivi de chantier de dépollution 	<ul style="list-style-type: none"> screening suivi de chantier de dépollution 	<ul style="list-style-type: none"> screening caractérisation des milieux
stade de développement	<ul style="list-style-type: none"> SPGoo8 : commercialisé TIPS: en développement 	<ul style="list-style-type: none"> commercialisé 	<ul style="list-style-type: none"> commercialisé

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Etat de l'art des échantillonneurs passifs disponibles

↩ Echantillonneurs passifs retenus dans le cadre du projet de recherche PassSolAir



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Mise en œuvre des échantillonneurs passifs



Tests en chambre à atmosphère contrôlée

- ➔ nature de la contamination (PCE)
- ➔ gamme de concentration
- ➔ température
- ➔ humidité



Tests sur site

- ➔ site pollués aux solvants chlorés
- ➔ ouvrages de type « piézair »
- ➔ tubage crépiné dans deux horizons :
 - remblais (sable grossier...)
 - limono-argileux
- ➔ différentes gammes de concentration

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests en chambre à atmosphère contrôlée

↪ **Objectif** : évaluer les performances des différents supports, dans des conditions d'exposition contrôlées



7 essais mis en œuvre au cours de deux campagnes (février et décembre 2013)

Paramètres expérimentaux :

- nature du polluant : PCE
- vitesse de circulation d'air: 0,2 m/s
- température: 10-20°C
- pression: atmosphérique
- humidité: 60-90%

↪ Variation de la durée d'exposition

↪ Variation de la concentration



50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 500 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

⇒ suivi en continu de la pression, de la température, de l'humidité et de la vitesse de vent

⇒ prélèvement actif ponctuel sur tube adsorbant en parallèle

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests en chambre à atmosphère contrôlée



Comparaison des résultats obtenus selon différents aspects

- « performances » de chaque échantillonneur passif :
 - “fiabilité” de la technologie (test de répétabilité) ;
 - comportement selon les conditions d’exposition (gammes de concentration) ;

- mise en perspective des résultats obtenus par les différents échantillonneurs passifs dans des conditions d’exposition identiques
 - résultats qualitatifs (masses) ;
 - résultats quantitatifs (concentrations).

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

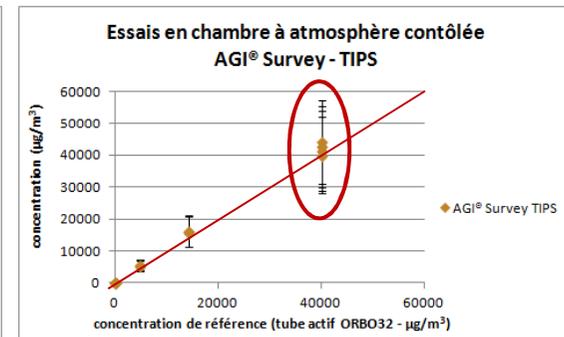
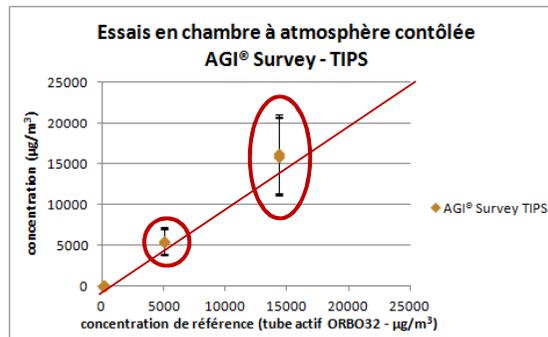
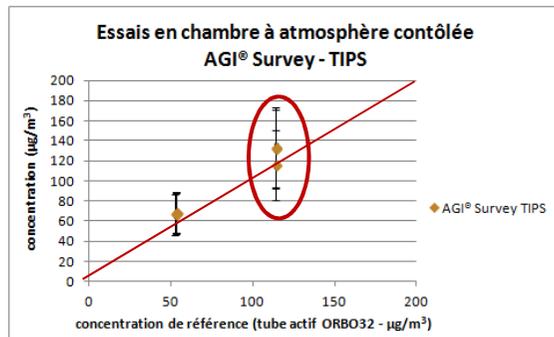


Tests en chambre à atmosphère contrôlée



Performances des différents supports de prélèvement passif

AGI® Survey - TIPS (en développement)



⇒ répétabilité des prélèvements : *écart type relatif de 1 à 8%*

⇒ corrélation entre les concentrations d'exposition et les concentrations mesurées : *écart type relatif de 3 à 20%*

⇒ masse de PCE adsorbée hors gamme analytique à 500 mg/m³ pour 48 H d'exposition



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests en chambre à atmosphère contrôlée



Performances des différents supports de prélèvement passif

↪ Mise en perspectives des résultats obtenus pour les différents échantillonneurs passifs

↪ **répétabilité** des prélèvements pour des concentrations faibles à moyennes (50, 100, 5 000, 15 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) : *écart type relatif de 1 à 20%*

↪ **écarts de répétabilité plus importants** pour les plus fortes concentrations (500 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

... « capacité » d'adsorption des supports adsorbant, à de fortes concentrations pour une telle durée d'exposition ?

↪ **corrélation** entre les faibles concentrations d'exposition (50 et 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et les concentrations mesurées : *écart type relatif de 2 à 17%*

↪ **écarts de concentration plus importants** pour les plus fortes concentrations

↪ cas du AGI SPG008 : **masse de PCE adsorbée hors gamme analytique pour les autres essais, à des concentrations plus importantes** (concentration estimée).

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests sur un site industriel pilote

↪ **Objectif** : évaluer les performances des différents supports, dans des conditions réelles d'exposition



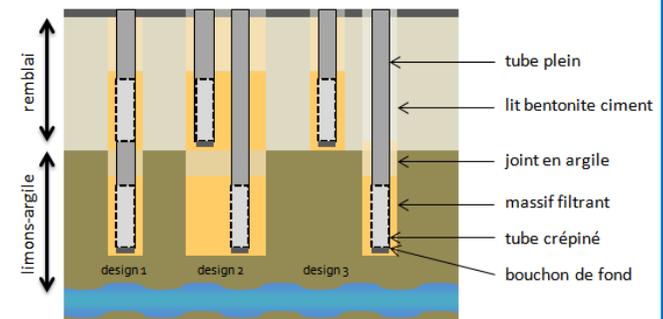
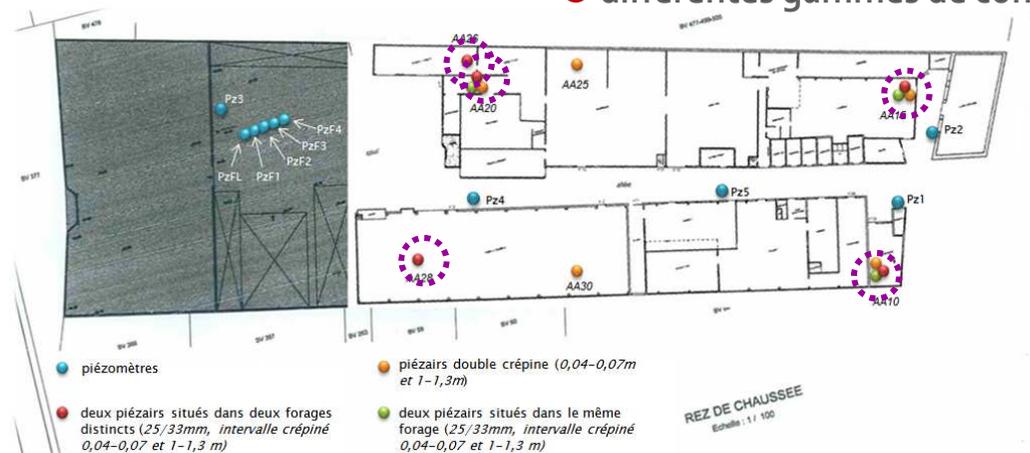
multiples prélèvements réalisés au cours de deux campagnes (juin 2012 et décembre 2013)

↪ pollution anthropique aux chlorés (PCE, TCE, cis-DCE)

↪ tubage crépiné dans deux horizons différents:

- remblais (sable grossier...)
- limono-argileux

↪ différentes gammes de concentration



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests sur un site industriel pilote

↪ **Objectif** : évaluer les performances des différents supports, dans des conditions d'exposition contrôlées



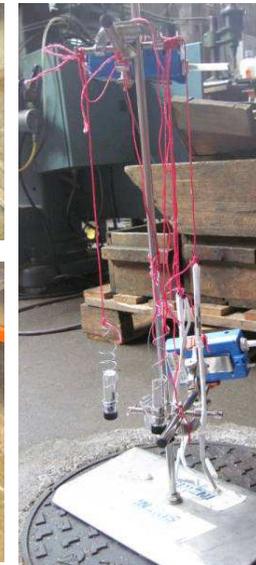
multiples prélèvements réalisés au cours de deux campagnes (juin 2012 et décembre 2013)

Paramètres expérimentaux :

- mélange de contaminants (PCE, TCE, cis-DCE) ;
- connaissance du site suite aux investigations CityChlor - gaz du sol ;

- ↪ pas de maîtrise précise des **gammes de concentration** ;
- ↪ **différentes durées d'exposition.**

- ⇒ suivi de la **pression atmosphérique**, de la **température**, de l'**humidité** ;
- ⇒ **prélèvement actif sur tube adsorbant** (charbon actif) **avant et/ou après exposition.**



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Tests sur un site industriel pilote



Données acquises dans le cadre d'un essai de screening (gaz du sol)

Gaz du sol : 72H d'exposition dans les piézaires (Février 2013)

Février 2013

	zone la plus fortement contaminée	zone moyennement contaminée	zone faiblement contaminée
cis-DCE	Zone1	Zone3	Zone2
TCE	Zone1	Zone3	Zone2
PCE	Zone2	Zone3	Zone1

➔ résultats cohérents entre le AGI®Survey et le BeSure®Sampler dans des zones aux niveaux de contaminations différents, et pour différents contaminants majeurs du site (PCE, TCE, cis-DCE).

➔ TCE



➔ PCE



PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR

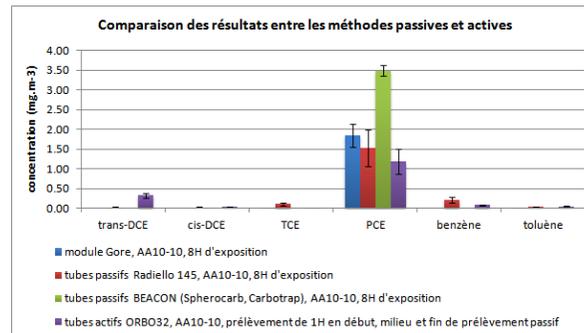


Tests sur un site industriel pilote



Données acquises dans le cadre des prélèvements d'air intérieur

Air ambiant: 8H d'exposition au droit des piézairs (Juin 2013)
4 jours d'exposition au droit des piézairs (Février 2013)



↳ résultats plus disparates aussi bien pour les gaz du sol que pour l'air ambiant

- interprétations plus complexes nécessitant la prise en compte des spécificités des modules passifs) ;
- gammes de concentration importantes dans les gaz du sol limitant le temps d'exposition à 30 min pour certains supports.

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Conclusions et recommandations

↪ Intérêt du prélèvement passif

- ✓ acquisition de données complémentaires aux techniques de « prélèvement actif » :
 - prélèvement passif : libre flux des composés ciblés ;
 - possibilité de réaliser des prélèvements de plus longue durée (plusieurs jours) ;
 - niveau de contamination intégré sur toute la durée de prélèvement ;
- ✓ possibilité d'investiguer différents milieux via le même dispositif (air intérieur, gaz du sol, eau souterraine) ;

↪ Dimensionnement des investigations

- ✓ différents protocoles envisageables, en fonction du contexte de l'étude (différents ouvrages, données qualitatives, données quantitatives, etc.) ;
- ✓ choix de l'échantillonneur passif et de sa durée d'exposition déterminés principalement par :
 - les objectifs des investigations ;
 - la nature du support adsorbant ;
 - la nature des composés ciblés ;
 - dans le cas de prélèvements des gaz du sol, des caractéristiques petrophysiques des lithologies concernées ;
 - des niveaux de contamination attendus.

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Conclusions et recommandations

↩ Mise en œuvre sur site

- ✓ dispositifs de prélèvement pratiques et faciles à mettre en œuvre (peu fragiles, aucune source d'énergie électrique, absence de pompe, etc.) ;
- ✓ dispositifs de prélèvement n'induisant aucune gêne pour les riverains (bruit, etc.) ;

↩ Conditionnement et transport

- ✓ moyens de transport et de conservation peu contraignants pour l'opérateur ;

↩ Analyse des échantillonneurs passifs

- ✓ analyse assurée par le fournisseur ...

! ... AGI®Survey, BeSure®Sampler : aux Etats Unis.

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Conclusions et recommandations

↪ Exploitation de données qualitatives (screening)

- ✓ performances intéressantes des supports pour l'identification des différents niveaux de contamination ;
- ✓ possibilité de générer une cartographie de l'état de contamination des milieux investigués ;
- ✓ comparaison de données qualitatives possible, si, et seulement si les prélèvements sont réalisés avec un dispositif de prélèvement identique ;

↪ Exploitation de données quantitatives (concentration)

- ✓ transmettre au fournisseur/au laboratoire les informations pertinentes et nécessaires concernant les caractéristiques pétro-physiques des lithologies présentes ;
- ✓ porter une attention particulière aux propriétés du support adsorbant et plus particulièrement à sa gamme de linéarité (masse maximale adsorbable permettant une quantification) pour l'interprétation des résultats.

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Quelques points d'attention pour l'évaluation des incertitudes

- ✓ influence de la nature du composé sur la « masse maximale adsorbable » et donc sur la **durée optimale du prélèvement**, en fonction des objectifs ;
- ✓ influence de contaminations complexes (multitude de composés) sur le comportement du support et le **résultat du prélèvement** :
 - effet de compétition ;
 - phénomène de **rétrodiffusion** ;
- ✓ performances de certains échantillonneurs passifs pour la mise en œuvre de **prélèvements de longue durée**, au droit de **zones fortement contaminées** ;
- ✓ influence des paramètres météorologiques sur le **prélèvement** (température, pression, etc.).

PRÉLÈVEMENTS PASSIFS POUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR INTÉRIEUR



Perspectives

- ✓ livrable final synthétisant tous les travaux, disponible début 2015 ;
- ✓ nouvelles investigations de terrain sur de nouveaux sites pilotes :

TEMPAIR : Variabilité temporelle des concentrations dans les gaz de sol et dans l'air intérieur - Etude des facteurs d'influence et recommandations en termes de prélèvements

- ➔ *financement:* MEDDE, ADEME
- ➔ *durée:* 2,5 ans (2014-2016)
- ➔ *différents objectifs, dont:* retour d'expérience concernant l'utilisation des échantillonneurs passifs pour le prélèvement des gaz du sol et de l'air intérieur





MERCI DE VOTRE ATTENTION

Marie LEMOINE Corinne HULOT
Marie.LEMOINE@ineris.fr Corinne.HULOT@ineris.fr

