

RAPPORT D'ÉTUDE

05/10/2010

N° INERIS- DRC-10-112289-10754A

Stratégie de mesure des niveaux de concentration en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes dans l'air ambiant autour d'installations classées

Cas des sites industriels

Stratégie de mesure des niveaux de concentration en benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes dans l'air ambiant autour d'installations classées

Cas des sites industriels

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et
du logement (MEDDTL)

Bureau de l'Air & Bureau de la prospective et de l'évaluation des données

Grande Arche de la Défense - Paris Nord

92055 PARIS LA DEFENSE CEDEX

PRÉAMBULE

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

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

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

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

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

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	M. DURIF	N. ALSAC	M. RAMEL
Qualité	Direction des Risques Chroniques Responsable de l'Unité Milieux	Direction des Risques Chroniques Responsable du Pôle Caractérisation de l'Environnement	Direction des Risques Chroniques Déléguée Appui aux Pouvoirs Publics
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. GLOSSAIRE	7
2. RESUME	8
4. INTRODUCTION	9
5. DEFINITION D'UNE STRATEGIE DE MESURE	11
6.1 Benzène.....	13
6.1.1 Physico-chimie.....	13
6.1.2 Sources	13
6.1.3 Concentrations ubiquitaires et valeurs de gestion	14
6.2 Toluène	15
6.2.1 Physico-chimie.....	15
6.2.2 Sources	15
6.2.3 Concentrations ubiquitaires et valeurs de gestion	16
6.3 Ethylbenzène	17
6.3.1 Physico-chimie.....	17
6.3.2 Sources	17
6.3.3 Concentrations ubiquitaires et valeurs de gestion	18
6.4 Xylène	18
6.4.1 Physico-chimie.....	18
6.4.2 Sources	18
6.4.3 Concentrations ubiquitaires et valeurs de gestion	19
6.5 Cinétique atmosphérique	19
7. LES METHODES DE MESURES DES CONCENTRATIONS DES BTEX DANS L'AIR AMBIANT	20
7.1 Mesures intégrées.....	20
7.1.1 Prélèvement actif	20
7.1.2 Prélèvement passif	22
7.1.3 Méthodes d'analyse.....	23
7.2 Mesures en continu	24
7.3 Synthèse benzène.....	25
8. MESURES DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES	27
9. CARACTERISTIQUES DU SITE D'ETUDE	29
9.1 Sources d'émissions	29
9.2 Environnement local.....	32
9.3 Définition des situations d'intérêts.....	32
10. PLAN D'ECHANTILLONNAGE TEMPOREL	35

11. LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS.....	37
11.1 Localisation de la zone de retombée maximale des émissions canalisées et/ou diffuse (point d'émission >20m).....	39
11.2 Critères d'implantation de la tête de prélèvement	42
12. CONTROLES QUALITE	43

1. GLOSSAIRE

AASQA :	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
BTEX :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
COV :	Composés Organiques Volatils
ICPE :	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
LCSQA :	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
Zone d'étude :	Zone définie par les points de prélèvements positionnés autour de la/des sources étudiés (hors témoin).

2. RESUME

Ce guide propose les repères méthodologiques nécessaires à la mise en place d'une surveillance des concentrations du Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes (BTEX) dans l'air ambiant au voisinage des ICPE concernées par les prescriptions de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 en terme de surveillance environnementale.

Il présente les différentes méthodes de mesures des BTEX ainsi que les éléments à prendre en compte pour définir le plan d'échantillonnage (choix des périodes de mesures, localisation des points et contrôles qualité) ainsi les valeurs repères auxquels comparer les résultats de mesures.

Il est à destination des acteurs de terrain : DREAL, laboratoires, bureau d'études, qui, dans le cadre de leurs activités quotidiennes, sont confrontés à la mise en place ou à l'évaluation de la qualité de ces campagnes de mesures.

4. INTRODUCTION

Les prescriptions de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 - Surveillance de l'air (Chap. 9 - Section 1) - imposent à partir d'un niveau limite de rejet en un polluant donné (émissions diffuses comprises) que l'exploitant mette en place une surveillance du compartiment atmosphérique au voisinage du site.

Cet arrêté concerne plusieurs activités et polluants associés. Nous nous limiterons ici au cas de la surveillance du benzène, du toluène, de l'éthylbenzène et des xylènes (BTEX) autour d'une installation industrielle identifiée soumise à autorisation.

D'un point de vue méthodologique, l'arrêté ne fixe pas de règle formelle pour la mise en place de cette surveillance. Il est seulement indiqué que le nombre de points de mesure et les conditions dans lesquelles les appareils de mesure sont installés et exploités sont fixés sous le contrôle de l'inspection des installations classées.

Cette surveillance peut également être requise par arrêté préfectoral afin de vérifier que le site ne crée pas d'impact inacceptable sur la santé humaine, mais souvent l'arrêté ne fixe pas le protocole pour sa mise en œuvre.

L'objectif de ce guide est de proposer les repères méthodologiques nécessaires à la mise en place des mesures adaptées à cette surveillance. Il est à destination des acteurs de terrain : DREAL, laboratoires, bureau d'études, qui, dans le cadre de leurs activités quotidiennes, sont confrontés à la mise en place ou à l'évaluation de la qualité de ces campagnes de mesures.

Notons que la mesure réglementaire du benzène en air ambiant dans le cadre de la directive européenne intégrée¹ fait l'objet de la rédaction d'un autre guide de recommandations par le LCSQA².

Notons que la mesure réglementaire des TEX en air ambiant n'est pas couverte par cette directive.

¹ Directive CE 2008/50/CE – 21/05/2008 – Qualité de l'air ambiant et air pur pour l'Europe.

² Rapport LCSQA sur la mesure du benzène - 2009 - www.lcsqa.org

5. DEFINITION D'UNE STRATEGIE DE MESURE

La mesure n'est pas une fin en soi. Toute campagne de mesures est mise en place pour fournir les éléments de réponse à un problème posé (objectif) dans un cadre donné (spécificité du site). La définition de cet objectif et la description des spécificités du site sont un préalable à tout déploiement de matériel sur le terrain. Ce travail préparatoire permettra de définir la **stratégie de mesure** à suivre, c'est-à-dire l'ensemble des paramètres d'échantillonnage comme : la forme physico-chimique pertinente du traceur à suivre (Quoi mesurer ?), la durée et la fréquence des prélèvements (Quand mesurer ?), la méthode de mesure associée (Comment mesurer ?), la localisation des points de prélèvement et le nombre d'échantillon (Où mesurer ?) (Figure 1).



Une stratégie de surveillance répond à un objectif. En fonction des spécificités du site, une stratégie de mesure sera proposée pour y répondre.

Figure 1 : Définition d'une stratégie de mesure

L'**objectif** premier de la surveillance est ici de **déterminer si l'activité industrielle a dégradé (ou dégrade) l'environnement au regard de l'état initial des milieux**. On peut rajouter que si tel est le cas, la question se pose de savoir si cette dégradation reste compatible avec l'usage des milieux. Ainsi, il est important d'intégrer des zones sensibles de l'environnement (zones d'habitations, lieux de vies, écoles, crèches...) à la stratégie de mesure lorsque celles-ci sont placées dans le périmètre d'impact du site.

La mise en place de cette surveillance environnementale doit donc permettre, pour le gestionnaire ou l'exploitant, l'identification de l'origine du signal mesuré, la quantification de cet impact et sa pondération.

L'**identification** de la zone d'impact des émissions atmosphériques d'un site et/ou la possibilité d'identifier l'origine du signal mesuré dans l'environnement est fondamentale en termes d'attribution de la responsabilité du site dans les concentrations mesurées.

La **quantification** juste et fidèle de la contribution de la source étudiée est nécessaire également au bon positionnement de son impact vis-à-vis de valeurs de référence.

La pondération des résultats de mesures dans l'environnement doit en premier lieu être réalisée à partir des valeurs réglementaires et de valeurs guides disponibles pour le milieu considéré. En second lieu, lorsqu'aucune valeur réglementaire ou guide n'est disponible (cas de l'éthylbenzène) ou lorsque cette valeur réglementaire est dépassée, on cherchera à comparer les valeurs mesurées à celles obtenues au même point lorsque le site n'était pas en activité. Cette logique donne toute son importance à l'état initial qui, dans la plupart des cas, sera la seule référence permettant d'évaluer objectivement si le site a eu un impact sur l'environnement. A défaut d'état initial, des valeurs de bruit de fond local obtenues par des échantillonnages en des points hors de l'influence du site pourront être utilisées (points témoins).

Les **spécificités du site** sont définies par les conditions météorologiques environnantes, les caractéristiques de la source, la topographie du site et l'occupation des sols.

La mesure étant une opération coûteuse, on cherchera à disposer d'une stratégie de mesure **adaptée et proportionnée** à l'objectif poursuivi et aux spécificités du site d'étude.

6. GENERALITES SUR LES BTEX

6.1 BENZENE

6.1.1 PHYSICO-CHIMIE³

Le benzène (C₆H₆) est un liquide volatil, avec une odeur aromatique (seuil de détection olfactif entre 1.5 et 4.7 ppm). En fonction de l'environnement, du climat et de la concentration d'autres polluants, sa durée de vie dans l'atmosphère varie de quelques heures à quelques jours. La réaction avec les radicaux d'hydroxyle est sa voie de dégradation la plus importante mais il peut être aussi lessivé de l'air par la pluie (légèrement soluble dans l'eau).

Facteur de conversion : 1 ppm = 3.19 mg/m³

6.1.2 SOURCES⁴

Le benzène n'est plus autorisé dans les produits domestiques ou de manière très strictement réglementée.

Les rejets de benzène dans l'environnement sont essentiellement atmosphériques. L'air ambiant est souvent la première voie d'exposition des populations (inhalation) au benzène.

La combustion du bois et d'énergies fossiles sont des sources d'émission de benzène. Il est également présent naturellement dans le pétrole brut et l'essence (< 1% en volume dans l'essence).

A l'échelle nationale, dans les rejets atmosphériques, sur un total de 39 kt en 2008 en France, les principales contributions sont celles du secteur résidentiel/tertiaire (75 % des émissions nationales en 2008 - combustion de biomasse notamment) et des transports routiers (15 % des émissions) (CITEPA, Secten - Avril 2010).

Les émissions atmosphériques de benzène sont orientées à la baisse (-49% entre 2000 et 2008 selon le CITEPA), suivant en cela la tendance générale pour les COV non méthaniques.

Concernant les rejets atmosphériques des sources industrielles, le registre européen des émissions des installations IPPC (E-PRTR) enseigne que les principaux contributeurs industriels en France en 2008 seraient le raffinage, la chimie avec notamment la synthèse chimique d'hydrocarbures aromatiques substitués (éthylbenzène, phénol, cyclohexane...), les aciéries avec notamment les fours de cokerie.

Les installations de combustion appartenant à d'autres secteurs peuvent aussi émettre du benzène. À cet égard, les combustibles ne sont pas équivalents : le gaz naturel est plus émetteur que le charbon, lui même plus émetteur que le fuel (CITEPA, 2004).

³ WHO Air Quality Guidelines for Europe (2000), chap. 5-2, benzene : http://www.euro.who.int/document/aq/5_2benzene.pdf

⁴ Données technico-économiques sur les substances chimiques en France (INERIS, JM. Brignon, Avril 2006) – Portail Substance Chimique Ineris.

Le total des émissions industrielles en France en 2008 est de 599 t pour la France. A l'échelle nationale, les émissions industrielles de benzène représentent moins de 2% du total des émissions.

Cependant, **à l'échelle locale et en présence d'une source industrielle la contribution de celle-ci peut-être beaucoup plus importante en termes d'émission et d'impact.**

Dans le cadre de ce guide, nous nous intéresserons à la surveillance des ICPE du type raffinage, chimie, aciéries et installations de combustion. Pour certaines de ces sources, les émissions peuvent être également diffuses (Tableau 1).

Activités	Sources diffuses
Raffinerie/Chimie	Stockage des matières premières et des produits finis (Toits flottants et fixes) Fuites sur les équipements du procédé (vannes, pompes, canalisation...) Zones de chargement et déchargement des camions, trains ou navires Stations de traitements des eaux
Aciéries	Emissions par les ouvrants des bâtiments (lanterneaux, portes, fenêtre...)

Tableau 1 : Exemples de sources diffuses

6.1.3 CONCENTRATIONS UBIQUITAIRES ET VALEURS DE GESTION

Les concentrations moyennes annuelles de benzène dans l'air extérieur relevées en France par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) sont comprises entre 1 µg/m³ en sites urbains de fond et plus de 10 µg/m³ en sites de proximité au trafic. Entre 1994 et 2001, les concentrations moyennes en sites urbains de fond ont été divisées par trois, alors qu'en sites de proximité du trafic, elles ont été globalement divisées par quatre⁵.

Les valeurs de gestion de la qualité de l'air en vigueur en France au 1^{er} décembre 2007 sont présentées dans le tableau ci-dessous⁶.

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Objectif de qualité	2	En moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	7 en 2008 5 en 2010	En moyenne annuelle

Tableau 2 : Valeurs réglementaires de concentration de benzène dans l'air ambiant au 1^{er} décembre 2007

⁵ Données technico-économiques sur les substances chimiques en France (EPER – INERIS, JM. Brignon, Avril 2006).

⁶ Directive CE 2008/50/CE – 21/05/2008 – Qualité de l'air ambiant et air pur pour l'Europe.

Chaque valeur réglementaire dans l'air est associée à une référence temporelle. Il s'agit dans tous les cas de valeurs moyennes intégrées sur des périodes de référence pertinentes pour les effets considérés. Pour chaque valeur, l'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 °K et 101,3 kPa.

6.2 TOLUENE

6.2.1 PHYSICO-CHIMIE⁷

Le toluène (C₆H₅-CH₃) est un liquide non corrosif et volatil avec une odeur aromatique (seuil de détection olfactif varie considérablement, moyenne géométrique de 11 ppm). A cause de sa haute volatilité et de sa faible solubilité dans l'eau, la plupart du toluène contenu dans les eaux se volatilise rapidement dans l'atmosphère. C'est l'hydrocarbure le plus abondant dans la troposphère où sa réaction avec les radicaux hydroxyles est le mécanisme principal de sa destruction (durée de vie de plusieurs jours l'été à plusieurs mois l'hiver).

Facteur de conversion 1 ppm (dans l'air, 25 °C) = 3,76 mg/m³

6.2.2 SOURCES⁸

Bien que le toluène puisse être présent de façon naturelle dans l'environnement (feu de forêt, pétrole brut...), les rejets sont essentiellement d'origine humaine.

A l'échelle nationale, la principale source est due à la forte présence de toluène dans les essences. Dans ce cas, le toluène est émis soit directement lors de la vaporisation des essences (station essence, transport et stockage des carburants...), soit dans les gaz d'échappements des véhicules à essences (imbrûlés, volatilisation...). Les autres émissions proviennent des vapeurs de toluène utilisé comme solvant, des rejets de production et des rejets d'incinération.

Les émissions de toluène ont avant tout lieu vers l'atmosphère. Mais une partie de ces émissions constitue néanmoins une source très importante des rejets indirects de toluène vers les milieux aqueux (par dépôts secs et humide).

Les principales sources industrielles du toluène sont la conversion catalytique du pétrole, l'aromatisation d'hydrocarbures aliphatique et par les fours de cokerie.

Il a plusieurs usages industriels (peinture, caoutchouc, imprimerie, cosmétique, adhésifs et résine, réactif pour synthèse d'autres produits chimiques, constituant de carburants).

Outre ces sources industrielles, il est également présent dans de nombreux produits ménagers (à des taux moyens de 12%). Les usages domestiques de peintures, diluant et la fumée de cigarette représentent les sources principales de toluène dans les environnements intérieurs.

⁷ WHO Air Quality Guidelines for Europe (2000), chap. 5-14, toluene : http://www.euro.who.int/document/aq/5_14toluene.pdf

⁸ Données technico-économiques sur les substances chimiques en France (EPER – INERIS, JM. Brignon, Mars 2006)

Selon l'European Chemicals Bureau (ECB,2003) et diverses entreprises pétrolières (ECB, 2000), les émissions se répartissent selon les pourcentages suivant :

- trafic routier : 65% ;
- solvant : 34%;
- rejets de production et de transformation : 2%.

Cependant, à l'échelle locale et en présence d'une source industrielle, la contribution de celle-ci peut-être beaucoup plus importante en termes d'émission et d'impact.

6.2.3 CONCENTRATIONS UBIQUITAIRES ET VALEURS DE GESTION

Environnement	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Médiane
Bruit de fond	0.2
Rural	1.3 Trace-5 (OMS, 2000)
Urbain	10.8 5-145 (OMS, 2000)
Proches sources	23.7 Trace à 20 000 ⁹
Site trafic	2 à 3 fois la concentration de benzène (France 2000 à 2004) ¹⁰ : 7 à 12

Tableau 3 : Concentrations de toluène relevées dans différents environnements¹¹

La recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé pour le toluène est de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne hebdomadaire.

⁹ WHO Air Quality Guidelines for Europe (2000), chap. 5-14, toluene : http://www.euro.who.int/document/aiq/5_14toluene.pdf

¹⁰ ZDANEVITCH I., GONZALEZ-FLESCA N., BASTIN E. (2001) : « Influence of vehicle traffic reduction in a town centre on BTX pollution ». Int. J. Vehicle Design, vol. 27, n° 1 4,pp 105 117

¹¹ ATSDR - Toxicological Profile for Toluene - September 2000

6.3 ETHYLBENZENE

6.3.1 PHYSICO-CHIMIE¹²

Ethylbenzène (C₂H₅-C₆H₅) est un liquide sans couleur qui sent comme l'essence (seuil olfactif 2 ppm) ; il s'évapore à la température ambiante et les vapeurs sont plus lourdes que l'air. Il se dégrade par réaction photochimique dans l'atmosphère (demi-vie de 5,5 heures en été et 24 heures en hiver).

Facteur de conversion : 1 ppm = 4.34 mg/m³

6.3.2 SOURCES

L'éthylbenzène est présent naturellement dans le goudron, le charbon et le pétrole. Il est utilisé comme réactif de synthèse (styrène principalement – à 95%), comme dissolvant et entre dans la composition de l'asphalte et des carburants (l'essence contient environ 2% d'éthylbenzène en masse). Les produits de consommation contenant de l'éthylbenzène sont les pesticides, les colles de moquette, les vernis, les peintures et le tabac.

L'éthylbenzène étant un composé organique volatil ; la plus grande partie de ses molécules rejetées dans l'environnement se retrouve donc dans l'air.

A l'échelle nationale, la production et les utilisations industrielles d'éthylbenzène représentent une proportion importante des rejets (intermédiaire réactionnel).

Le rejet principal d'éthylbenzène, dans l'environnement, est dû à sa présence dans les essences. Les émissions d'éthylbenzène sont liées d'une part aux pertes par évaporation de carburant, d'autre part aux émissions à l'échappement.

L'utilisation d'éthylbenzène comme solvant peut également constituer une source de rejet indirect. Mais cette consommation est assez limitée, et ce flux d'émissions doit être beaucoup moins important que les autres.

Cependant, à l'échelle locale et en présence d'une source industrielle, la contribution de celle-ci peut-être beaucoup plus importante en termes d'émission et d'impact.

¹² WHO Air Quality Guidelines for Europe (2000), chap. ethylbenzene

6.3.3 CONCENTRATIONS UBIQUITAIRES ET VALEURS DE GESTION

Environnement	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rural	0.23 – 1.6 (moyenne)
Urbain	0.74 – 100 (moyenne - max 360)
Proche autoroute	147 (moyenne)
Tunnel routier	2.1-48.2
Proximité sources industrielles	
Usine matière plastique	22 (moyenne annuelle)
Raffinage (lubrifiant)	10.8 (moyenne annuelle)
Peinture (automobile)	94 (moyenne) 52 (<1.6 km), 11.5 (6.4 km), 5 (17.6 km)
Fabrication automobile	86 - 27.8 (1 km)

Tableau 4 : Concentrations en éthylbenzène relevées dans différents environnements (Europe,USA)¹³

6.4 XYLENE

6.4.1 PHYSICO-CHIMIE¹⁴

Le xylène ($(\text{CH}_3)_2\text{-C}_6\text{H}_4$), trois isomères méta, ortho et para) s'évapore et brûle facilement, il est peu soluble dans l'eau. Le seuil de détection olfactif est situé entre 0.08 et 3.7 ppm. Le xylène peut être dégradé par photo oxydation dans l'atmosphère (demi-vie de 0.4 à 1 jour avec les radicaux hydroxyles, plus de 5000 jours avec l'ozone).

Facteur de conversion : 1 ppm = $4.34 \text{ mg}/\text{m}^3$

6.4.2 SOURCES¹⁵

Les xylènes ne sont pas présents naturellement dans l'environnement, excepté dans la fumée des feux de forêt.

Les sources anthropiques de xylènes sont le raffinage du pétrole¹⁶ et l'utilisation de solvants. Une grande partie du xylène produit (>92%) est utilisé dans la composition des essences. Le xylène est également utilisé dans différentes applications (solvant, parfumerie, synthèse de pesticides, imprimerie, industries du caoutchouc, des plastiques et du cuir).

Il est également présent dans les gaz d'échappement automobile et est émis par évaporation pendant le transport et la distribution d'essence. Les biogaz issus de la décomposition de déchets industriels et municipaux peuvent contenir également des xylènes.

¹³ INCHEM, 1996

¹⁴ WHO Air Quality Guidelines for Europe (2000)

¹⁵ INCHEM, 1995

¹⁶ Peut-être également obtenu à partir du charbon. Ces deux modes de production entraînent une différence significative dans la répartition des isomères m-o-p xylène et de l'éthylbenzène.

6.4.3 CONCENTRATIONS UBIQUITAIRES ET VALEURS DE GESTION

Environnement	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	o-Xylène	m,p-Xylène
Rural	1	1
Urbain	2.5-8.4	4.1-20
	2.8-25.3	1.9-13.1
Proche trafic automobile	33	91 et 291
		69
Proximité sources industrielles		
Industrie	207	568
Peinture (automobile)	52 - 4.5 (12 km)	158 – 14.5 (12 km)
Fabrication automobile	38 – 11.6 (1 km)	264 – 85.1 (1 km)

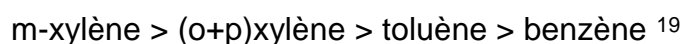
Tableau 5 : Concentrations de xylène relevées dans différents environnements (Europe et USA)¹⁷

Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé pour le xylène est de $4800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

6.5 CINETIQUE ATMOSPHERIQUE

Les BTEX se déplaçant avec les masses d'air¹⁸ et leurs durées de vie étant comprises entre quelques heures et plusieurs jours dans l'atmosphère, la mesure en un point des BTEX peut être le témoignage d'un transport à plus ou moins longue distance d'une source émettrice exogène à l'ICPE étudiée.

Lorsque la masse d'air polluée vieillit, les différents composés aromatiques ayant des vitesses de réaction différentes, les concentrations changent : l'oxydation des hydrocarbures dans la troposphère a lieu principalement avec le radical OH pendant le jour, et avec le radical NO_3 pendant la nuit. Or, il existe des grandes différences de réactivité vis-à-vis de l'oxydation entre les différents BTX :



De ce fait, près des sources, les rapports du type benzène/toluène seront donnés par la source elle-même (composition des carburants, profils des gaz d'échappement etc.). Loin des sources ou lorsque la masse d'air vieillit, les rapports de concentrations sont modifiés, le benzène prenant plus d'importance par rapport aux autres composés.

¹⁷ INCHEM, 1996

¹⁸ Sur une distance inférieure au kilomètre, la cinétique du transfert de la masse d'air correspondante est comprise entre la minute et l'heure.

¹⁹ « Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère » - Académie des Sciences, rapport n° 30, octobre 1993 (Editions TEC DOC Lavoisier).

7. LES METHODES DE MESURES DES CONCENTRATIONS DES BTEX DANS L'AIR AMBIANT

7.1 MESURES INTEGREES

Une mesure intégrée est caractérisée par deux phases : une première phase de prélèvement sur le terrain à l'aide d'un support (piège solide), suivi d'une phase d'analyse en différé en laboratoire.

La mesure intégrée du benzène peut être réalisée de différentes manières :

- Prélèvement actif (norme NF EN 14662-1, novembre 2005)
- Prélèvement passif (norme NF EN14662-4, novembre 2005)

La mesure par pompage sur tube actif est reconnue comme une des méthodes de référence pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant dans le cadre de la directive européenne 2008/50/CE.

Rappelons que la mesure réglementaire du benzène en air ambiant dans le cadre cette directive fait l'objet de la rédaction d'un guide de recommandations par le LCSQA²⁰. Outre les différentes techniques de mesure du benzène, de référence ou indicative, ce guide présente la stratégie de mesure de ce polluant (points et implantation des sites de mesure, seuils d'évaluation...) en réponse aux exigences de la directive européenne.

7.1.1 PRELEVEMENT ACTIF

Ce type de prélèvement est réalisé par pompage de l'air à échantillonner au travers de cartouches contenant un ou plusieurs adsorbants.



Système de prélèvement portable fonctionnant sur batterie (autonomie 8 heures)



Système de prélèvement transportable fonctionnant sur secteur permettant de réaliser des prélèvements séquentiels

Figure 2 : Systèmes de prélèvement actifs

²⁰ Rapports LCSQA sur la mesure du benzène - 2009 – www.lcsqa.org

Pour la mesure des BTEX en général et du benzène en particulier, il est recommandé d'utiliser des adsorbants en noir de carbone graphitisé tels le Carbotrap, le Carbopack B, le Carbopack X (ce choix devra être déterminé en fonction des autres polluants à mesurer).

Les débits de prélèvement recommandés pour de tels tubes sont compris entre 10 et 200 mL min⁻¹

La quantité de composés prélevés sur le tube dépend de la capacité de rétention de ce dernier. Ainsi, le temps et le débit de prélèvement doivent être choisis avec soin pour ne pas atteindre le volume de perçage²¹ du tube pour le composé choisi. Par exemple, pour le benzène, le Carbopack X ce volume est d'une centaine de litres, il n'est que de 40 pour le Carbotrap B. Ces tubes permettent de réaliser des prélèvements de **quelques minutes à plusieurs heures, voire jours selon l'adsorbant et le débit choisi.**

L'incertitude associée au prélèvement par tube actif a fait l'objet de travaux au sein du LCSQA²².

Composé	Niveau de concentration étudié (µg/m ³)	Incertitude sur la concentration (%)
Benzène	~5	10
Toluène	~15	14
Ethyl benzène	~2.5	15
o xylène	~2	23
m+p-xylène	~8.5	28

Tableau 6 : Incertitude globale sur la mesure des concentrations en TEX (%) – Carbopack X 450mg – 7 jours

Il est important de noter que ce type de prélèvement nécessite l'emploi de pompes donc l'accessibilité d'alimentation électrique. Il existe dans le commerce des préleveurs programmables pour réaliser plusieurs prélèvements successifs en choisissant, pour chaque prélèvement, la durée et le débit.

L'avantage majeur de cette méthode est que le volume prélevé est mesuré et connu et ne dépend pas, contrairement au prélèvement par tube passif présenté ci-après, des conditions environnementales.

²¹ Volume au-delà duquel le polluant ne peut plus être retenu par le tube car le support est arrivé à saturation.

²² Rapports LCSQA sur la mesure du benzène – www.lcsqa.org

7.1.2 PRELEVEMENT PASSIF

Ce type de prélèvement est réalisé à l'aide de tubes à diffusion, cartouches contenant un adsorbant. Le prélèvement est ainsi réalisé sur des périodes de plusieurs jours et intègre les variations de concentration. La durée d'exposition ainsi que les conditions de température ambiante sont prises en compte pour la détermination de la concentration en composé recherché. Il existe deux types de tubes : les tubes à diffusion axiale et les tubes à diffusion radiale.



Figure 3 : Tube à diffusion avec son support de prélèvement

Les adsorbants utilisés sont les mêmes que ceux présentés précédemment pour les tubes actifs.

L'avantage principal de ce type de tube réside en son autonomie puisqu'il ne nécessite aucune alimentation électrique et est par conséquent silencieux et simple de mise en œuvre.

Le paramètre majeur influant sur le prélèvement par tube à diffusion est son débit de prélèvement, débit qui représente la quantité de matière adsorbée sur le tube en fonction du temps. Ce débit est fonction des affinités composé-adsorbant, de la concentration du composé dans l'air ambiant, du temps d'échantillonnage et de la température ambiante au cours du prélèvement.

Les tubes radiaux sont des tubes Radiello® et sont commercialisés par la Fondazione Salvatore Maugeri (FSM). La cartouche contenant l'adsorbant est introduite dans un corps diffusif cylindrique et l'adsorption se fait sur toute la surface du cylindre. Leur débit de prélèvement est plus élevé que celui des tubes axiaux.

Pour le benzène, la durée de prélèvement de benzène peut aller de **24 heures à 14 jours**.

Il est cependant important de noter que si le prélèvement sur 7 et 14 jours par tubes Radiello® a fait l'objet de nombreuses validations au sein du LCSQA, ce n'est pas le cas pour les temps de prélèvement inférieurs à 7 jours (Plaisance, et al., 2004, Leoz-Garziandia, 2006). Une étude existe cependant à ce jour sur l'évaluation de l'utilisation des tubes Radiello sur 24 h et a conclu à un bon fonctionnement du tube pour une exposition de 24h (Standberg, et al., 2005).

Ainsi, seule l'incertitude de mesure associée au prélèvement par tube Radiello sur 7 jours a été évaluée et s'élève à 22 % (@ $5\mu\text{g}/\text{m}^3$). La limite de détection pour le benzène, après 7 jours de prélèvement est de $0.05\ \mu\text{g}\ \text{m}^{-3}$.

Il est important de noter que lorsque la concentration en benzène est **supérieure à 10 µg m⁻³**, ce tube n'est pas adapté pour une mesure quantitative. Il convient alors de privilégier d'autres méthodes telles le prélèvement sur tube actif ou le prélèvement passif à diffusion axiale.

Les tubes axiaux, principalement de type Perkin Elmer®, présentent en effet des débits de prélèvement cinquante fois plus faibles que les débits de prélèvement sur tube Radiello®. Le choix du type de tube se fera en fonction de la durée de prélèvement et de la concentration attendue.

La durée de prélèvement dépend de la concentration mais elle est en général de **7 à 15 jours pour les concentrations généralement rencontrées dans l'air ambiant**. L'incertitude relative à ce type de mesure a été évaluée à environ 30% pour une utilisation sur 7 jours.

Notons que les deux types de tubes à diffusion, axiale et radiale, ont été testés par le LCSQA au cours de l'année 2008 sur un site présentant de fortes concentrations en benzène²³.

Pour les TEX, à ce jour il n'existe pas de travaux permettant de déterminer l'incertitude associée à ce type de tubes pour la mesure et les durées de prélèvement adapté.

La mesure du benzène étant souvent réalisée en même temps que les TEX, les critères de choix de tube et de durée de prélèvement seront souvent guidés par ceux imposés pour la mesure du benzène²⁴.

7.1.3 METHODES D'ANALYSE

La récupération des BTEX adsorbés sur le tube est réalisée par thermodésorption, préférable à la désorption par solvant, moins sensible. L'étape de thermodésorption est suivie d'une étape de préconcentration sur un piège froid et d'une analyse par chromatographie gazeuse couplée à une détection soit par FID (ionisation de flamme) soit par spectrométrie de masse.

Traitement échantillon	Mesures actives	Mesures passives
Thermodésorption	NF EN 14662-1	NF EN 14662-4
Désorption chimique (par solvant)	NF EN 14662-2	NF EN 14662-5

Tableau 7 : Normes de références pour l'analyse du benzène par CG/FID ou SM pour deux modes d'extractions des supports de prélèvement actif et passif

²³ Rapports LCSQA sur la mesure du benzène – 2008-2009 - www.lcsqa.org

²⁴ Stratégie de mesure des niveaux de concentrations en benzène dans l'air ambiant autour des installations classés. Réf. INERIS-DRC-10-112289-05796A – Ineris, 2009.

7.2 MESURES EN CONTINU

Ce type de prélèvement est basé sur l'emploi d'analyseurs en continu. Ces appareils sont des chromatographes en phase gazeuse, de taille réduite, mesurant exclusivement les BTEX. Ils comprennent un dispositif d'aspiration et de préconcentration des COVs, suivis d'une colonne chromatographique et d'un ou deux systèmes de détection, par ionisation de flamme (FID) ou photo-ionisation (PID).



Figure 4 : Exemple de système de mesure en continu des BTEX

Pour le benzène, la mesure par analyseur automatique est reconnue comme une des méthodes de référence pour la surveillance de ce polluant dans l'air ambiant dans le cadre de la directive européenne 2008/50/CE (norme NF EN 14662-3, décembre 2005). C'est une des méthodes de référence pour la surveillance du benzène (AASQA). L'incertitude associée à ce type de mesure n'a pas été déterminée précisément au niveau national mais a été évaluée à 11% ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lors de l'élaboration de la norme.

En raison de la durée de prélèvement et d'analyse, ces appareils donnent des **mesures dites quart-horaires, c'est à dire espacées d'un quart d'heure.**

Ce type de mesure est idéal pour le suivi en continu des concentrations de BTEX. Cependant la servitude et la maintenance des appareils sont particulièrement lourdes. Leur fonctionnement implique l'utilisation de bouteilles de gaz et nécessite un étalonnage délicat. La mise en œuvre de tels appareils pour réaliser la surveillance de plusieurs points autour de sites industriels semble lourde et couteuse (coût d'un appareil de mesure en continu : ~ 30 000 euros). **Notons cependant que c'est la seule technique de mesure permettant d'identifier des épisodes ponctuels de fortes concentrations en BTEX.**

7.3 SYNTHÈSE BENZÈNE

Méthode	Plage de concentrations	Résolution temporelle	Incertitude associée	Commentaires	
Analyseur en continu	De 0.5 à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mesure quart horaire (15 mn)	~11 % (@ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Résultat immédiat Permet d'identifier des pics de concentrations et des valeurs moyennes	Appareil couramment commercialisé, ~30 000 € Nécessité d'alimentation électrique + gaz Étalonnage délicat Maintenance lourde Spécificité technique de l'opérateur
Tube passif radial	De 2 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 jours	22% (7 jours @ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Information différée par rapport à analyse en continu (prélèvement puis analyse en laboratoire) Mesures sensibles aux conditions environnementales (température, vitesse de vent) Tube validé pour des prélèvements de 7 jours Incertitude sur 24 h non définie	Influence des interférents Facile à mettre en œuvre, silencieux, autonome Tubes commercialisés
Tube passif axial	De 2 à 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 à 14 jours	30 %	Cf. Tube passif radial	Cf. Tube passif radial
Tube actif	De 0.5 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 heures et inférieures à 7 jours (selon l'adsorbant choisi)	~10 % (7 jours @ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Information différée par rapport à analyse en continu (prélèvement puis analyse en laboratoire) Nécessité d'alimentation électrique pour des prélèvements supérieurs à 8 heures	Appareil couramment commercialisé, + ou - sophistiqué et + ou - coûteux (1000 -20000 euros) Nécessité contrôle du débit

8. MESURES DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES

La mesure des paramètres météorologiques doit être systématique pendant toute la campagne de mesure.

Les données météorologiques, provenant d'une station météorologique de Météo France située hors de la zone d'étude, peuvent rarement être considérées comme représentatives des conditions de dispersion locale.

L'arrêté du 2 février 1998 impose d'ailleurs (Surveillance de l'air - Chap. 9 - Section 1) que « Dans tous les cas, la vitesse et la direction du vent sont mesurées et enregistrées en continu sur l'installation classée autorisée ou dans son environnement proche. ».

Cette station de mesure doit être installée sur la zone d'étude afin d'enregistrer en continu et avec a minima une résolution horaire : la direction et la force du vent, la température, la pression atmosphérique, l'humidité et la pluviométrie.

Ces mesures permettront de connaître quelles ont été les conditions de dispersion sur la zone de mesure pendant la phase de prélèvement. Elles permettront de valider a posteriori les hypothèses faites avant le démarrage de la campagne, notamment celles sur la direction et force des vents.

La vitesse et direction des vents devront être mesurées à une hauteur de 10m du sol. Cette hauteur correspond également à celle d'où doivent être mesurés la force et la direction du vent servant de données d'entrées aux modèles de calcul de la dispersion atmosphérique des polluants.

L'emplacement du matériel de mesure devra être conforme aux règles de bonnes pratiques de Météo France. Il sera situé dans une zone hors de toutes influences topographiques et/ou architecturales pouvant créer des phénomènes micro-météorologiques (cf. § 9.2) dont l'effet est limité géographiquement (inférieur à la zone d'étude).

Dans le cas où ce phénomène est suspecté sur une zone d'intérêt (id. sur une zone où un point de prélèvement est installé) et peut avoir un effet sur les concentrations du polluant qui y sont mesurées, une station météorologique spécifique y sera installée. Cette station permettra de mesurer en continu le/les paramètres nécessaires au suivi de l'effet attendu (direction et/ou force des vents et/ou pluviométrie et/ou...particulières). Dans ce cas de figure, la vitesse et la direction des vents devront être mesurées à une hauteur identique à la tête de prélèvement²⁵.

²⁵ Tête de prélèvement : Point d'entrée de l'air ambiant dans le système de prélèvement.

9. CARACTERISTIQUES DU SITE D'ETUDE

La concentration du benzène (ou TEX) dans l'air ambiant en un point est le résultat de la dispersion atmosphérique d'une émission (source étudiée ou exogène).

Toute variation de l'activité du site (id. des paramètres des émissions) et/ou des conditions de dispersion associées entraînera une variation dans la concentration mesurée.

Une multitude de combinaisons sont possibles conduisant à une variation importante des concentrations. A certaines périodes, les concentrations au point de mesure devraient être importantes (situation dégradée) ou au contraire faibles (situation minorante). Il est important de distinguer les périodes pendant lesquelles les concentrations en un point sont le plus probablement homogènes.

Un préalable à la construction de la stratégie de mesure va être de déterminer dans quelles conditions, avec quelles fréquences et quelles durées, ces cas se produisent.

On cherchera prioritairement à distinguer les cas extrêmes (situation minorante et dégradée). Ces différentes configurations pourront être déterminées par l'étude des variations de la source et des conditions de dispersion.

Ce travail préparatoire, qui peut paraître fastidieux, permettra d'optimiser les périodes de prélèvement pour qu'elles soient les plus représentatives de la situation de fonctionnement étudiée et de réduire le nombre de jours de mesure en augmentant leur représentativité. A chacune de ces périodes, une hiérarchisation spatiale des concentrations pourra ensuite leur être associée (influence des conditions de dispersions notamment).

Cette étude combinée de la source d'émission (cf. § 9.1) et de l'environnement local (§ 9.2) permettra d'identifier la période pendant laquelle réaliser les mesures (cf. § 10) et le choix d'implantation de prélèvement (cf. § 11).

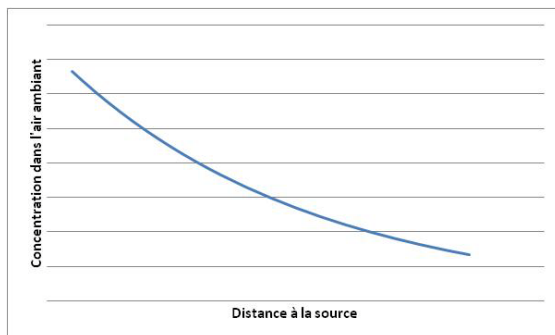
9.1 SOURCES D'EMISSIONS

Avant toute mise en place d'une stratégie de mesure, le procédé doit être décrit au travers d'un schéma synoptique identifiant les phases du procédé responsables des émissions de benzène. Chacune des sources devra être localisée sur un plan sur lequel seront annotées leurs caractéristiques.

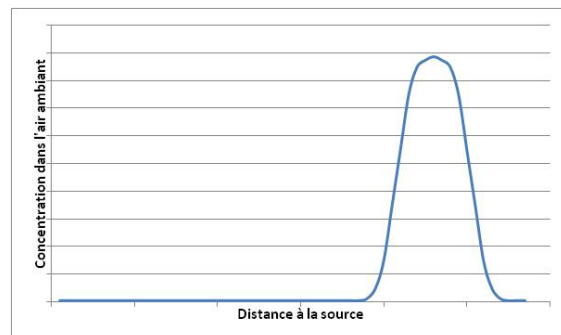
On s'intéressera notamment à la nature des émissions (canalisées ou diffuses) et à leur variation temporelle. L'impossibilité de décrire ces paramètres devra être clairement indiquée dans le rapport de mesure (« source de benzène non caractérisée »).

Concernant les émissions diffuses, il ne s'agit pas de les répertorier une à une mais de localiser les zones d'émissions en précisant, si prises dans leur ensemble (unité géographique), elles peuvent être considérées comme des sources volumiques, surfaciques, linéiques ou ponctuelles.

La hauteur, la température et la vitesse des émissions sont des paramètres qui permettent d'approcher les distances d'impact. Un polluant émis en hauteur avec une vitesse importante (émission canalisée) aura un point d'impact plus éloigné qu'une émission diffuse qui se produit à quelques mètres du sol avec une vitesse souvent très faible. Les profils des concentrations résultants mesurées au sol le long de l'axe des vents dominants en fonction de la distance du site sont de deux types (Figure 5).



Cas d'une source diffuse



Cas d'une source canalisée

Figure 5 : Profils des concentrations d'un polluant gazeux mesurées dans l'air au sol le long de l'axe des vents dominants en fonction de la distance du site

Autour de certains sites, l'impact local des sources diffuses peut être important. Les méthodes de quantifications de ces émissions pouvant être difficiles à mettre en œuvre, il existe une incertitude importante sur les concentrations modélisées dans l'air ambiant à partir de ces flux d'émission. La surveillance environnementale permet de mieux évaluer l'impact de ces émissions autour du site.

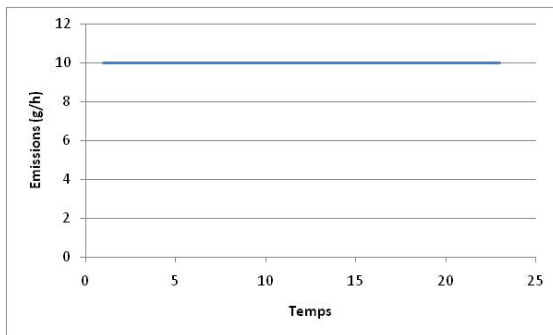
Sources diffuses

- Stockage des matières premières et des produits finis (Toits flottants et fixes)
- Fuites sur les équipements du procédé (vannes, pompes, canalisation...)
- Zones de chargement et déchargement des camions, trains ou navires
- Stations de traitements des eaux
- Emissions par les ouvrants des bâtiments (lanterneaux, portes, fenêtre...)

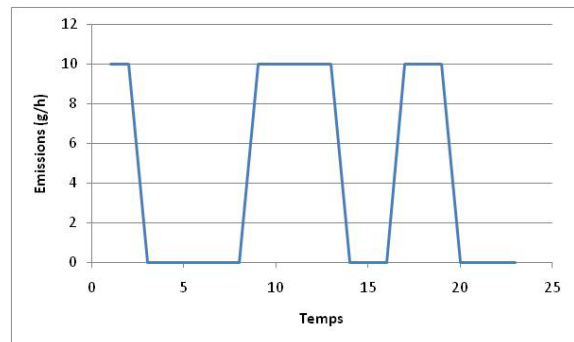
Tableau 8 : Exemples de sources diffuses

Les émissions d'un site industriel sont souvent corrélées avec les variations cycliques ou périodiques des émissions du procédé dont elles sont issues. Ces variations sont également dues à des paramètres environnementaux par exemple un parc de stockage de produit organique sera générateur de plus d'émission lors des différentes phases de transfert mais également lorsque la température extérieure augmentera (été/hiver, jour/nuit). Autre exemple, les émissions diffuses dues à l'aération naturelle des bâtiments sont plus importantes lorsque la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur est la plus importante (hiver) ou lorsque les vents sont importants (augmentation du tirage naturel).

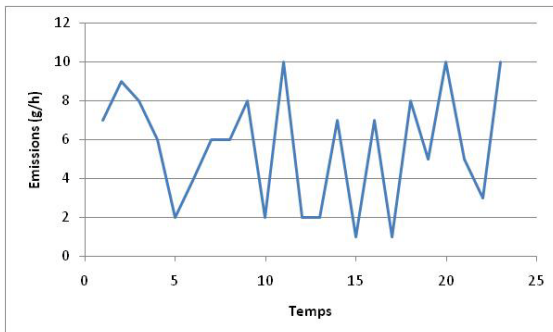
On distingue quatre types de variations temporelles de l'intensité des émissions d'un site : stationnaire et continue, stationnaire et discontinue, instable et continue, instable et discontinue (Figure 6). Dans les trois dernières configurations, il peut également exister une périodicité des émissions.



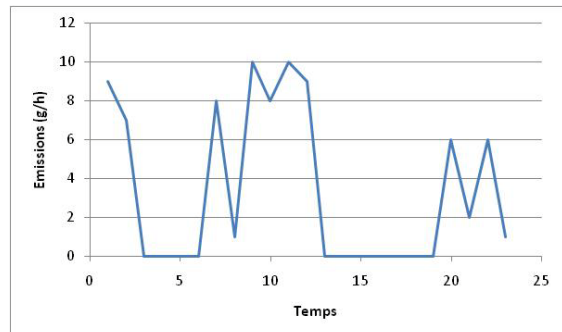
Régime stationnaire et continu



Régime stationnaire et discontinu



Régime instable et continu



Régime instable et discontinu

Figure 6 : Régimes des émissions d'une source fixe

Pour un site donné, on cherchera à décrire qualitativement ces variations en se plaçant à l'échelle d'une année afin d'identifier les périodes où les émissions sont les plus fortes (pics d'activités, influence des conditions extérieure sur les émissions (ex. : température) et les plus faibles (arrêts techniques, fermetures annuelles, maintenance...). Dans ce cadre, il ne sera pas utile de décrire les variations ponctuelles des émissions (ex. : émissions de tous les procédés non continus par coulée ou par fournée dont les cycles peuvent varier de quelques minutes à quelques heures) mais d'identifier les périodes de l'année où les extrêmes se produisent.

9.2 ENVIRONNEMENT LOCAL

La localisation des points d'impact des émissions ainsi que les variations temporelles des concentrations résultantes dans l'air ambiant sont influencées par la conjonction de la météorologie (paramètres météorologiques) et de la topographie (effets météorologiques) du site.

Les effets météorologiques locaux sont des éléments à prendre en compte lors de la construction d'une stratégie de mesure. L'historique météorologique du site (au moins 5 ans) est nécessaire afin de permettre de dresser des roses des vents et des pluies²⁶ ainsi que de stabilité. Si plusieurs modes apparaissent sur la rose des vents, l'identification des saisons ou périodes de l'année qui y sont rattachées devront être décrites (ex : vent de Nord-Est de décembre à février, vent d'ouest le reste de l'année).

On devra être particulièrement vigilant sur l'influence d'effets locaux dont l'occurrence ponctuelle au moment des mesures peut venir fausser une stratégie de surveillance définie d'après l'analyse de tendance annuelle. Il est, par exemple, possible qu'un vent de mer (printemps-été) change l'exposition des points de prélèvement sur 24 heures alors que leur disposition était judicieuse à l'échelle de l'année (rose des vents annuelle).

Les paramètres météorologiques qui influencent le plus la dispersion des émissions atmosphériques sont la stabilité de l'atmosphère, la vitesse et la force du vent. D'autres paramètres comme la température, les précipitations, l'humidité et la pression atmosphérique influent plus directement sur la quantité de polluant dans l'air (cf. annexe 1).

Les principaux effets liés à la topographie du site (plaines, montagne, vallée, proximité de la mer ...) sont rappelés en annexe (cf. annexe 1).

La prise en compte de ces paramètres n'est pas réservée au modélisateur et la connaissance des effets météorologiques locaux est un préalable à toute construction d'une stratégie de mesure. Son étude, combinée aux informations sur la source d'émission (cf. § 9.1) donnera des éléments d'information sur le choix de la période où réaliser les mesures (cf. § 10) et l'implantation des points de prélèvement (cf. § 11).

9.3 DEFINITION DES SITUATIONS D'INTERETS

L'étude qualitative des caractéristiques des sources et de l'environnement local va permettre de détecter les périodes de l'année, où compte tenu de la combinaison de ces caractéristiques, différents niveaux de concentrations peuvent être attendus autour du site (Tableau 9). Chacun de ces cas définiront des situations dite d' « intérêts ».

Il est important de noter que des émissions faibles peuvent parfois produire des impacts forts. Par exemple, en hiver les émissions de BTEX peuvent être faibles pour des raisons de baisse d'activité ou d'une faible volatilisation mais les conditions de dispersion autour du site peuvent être pénalisantes (ex. : couche d'inversion, faible vent...).

²⁶ Il peut apparaître qu'une direction de vent peu fréquente soit cependant souvent associée avec des précipitations. Compte tenu de l'effet de lessivage des pluies probablement faible sur le benzène cet effet est de moindre importance pour ce polluant.

Emission du site	Condition de dispersion	Impact du site
Forte	Pénalisante	Fort
Forte	Minorante	Moyen
Faible	Pénalisante	Moyen
Faible	Minorante	Faible

Tableau 9 : Différents niveaux d'impact des émissions atmosphériques d'un site

Les périodes des campagnes de mesures devront être choisies afin d'intégrer les différentes situations d'intérêts identifiées. Pour chaque situation d'intérêt on déterminera la rose des vents associée afin de proposer une implantation adaptée des points de prélèvements.

Ces situations d'intérêts sont donc la base de construction du plan d'échantillonnage temporel (cf. § 8) et du plan d'échantillonnage géographique qui lui correspond (cf. §11).

10. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE TEMPOREL

Les techniques de mesure ponctuelle des concentrations des BTEX dans l'air ambiant permettent de réaliser des prises d'échantillons sur des périodes de 24h ou 7 et 14 jours. Pour une campagne ponctuelle cela représente entre ~0.3, 2 et 4% de l'année.

Ces taux sont très faibles eu égard aux variations des émissions et des conditions de dispersions à l'échelle d'une année.

L'utilisation d'un analyseur en continu tout au long de l'année permettrait d'atteindre 100% de représentativité temporelle de l'année considérée. Il est rare de pouvoir monopoliser ce type d'instrument pendant une si longue période.

L'approche consistant à isoler des « situations d'intérêts » qui sont globalement plus proches en termes de niveaux de concentrations des BTEX attendues, permet d'augmenter la représentativité de campagnes ponctuelles de courtes durées.

On devra au minimum caractériser les périodes d'impacts extrêmes du site (fort et faible) lorsque celui-ci est en activité (cf. Tableau 9).

Sur chacune de ces périodes, on cherchera à caractériser les concentrations des BTEX dans l'air ambiant (moyennes et intervalles de confiance).

Même si le travail qualitatif préalable au choix des situations d'intérêts a permis de distinguer des périodes pendant lesquelles les niveaux d'intensité de l'impact du site sont supposés homogènes, les variations des concentrations autour de la moyenne pourront être importantes.

Concernant les variations temporelles des concentrations des BTEX au voisinage de sources industrielles, il existe peu de données²⁷.

Plus on sera sous l'influence d'une source, plus il sera difficile de prévoir le profil des concentrations. En l'absence de connaissances sur les lois de distributions des concentrations et lorsque le niveau de pollution est susceptible de varier fréquemment et de manière imprévisible, il est conseillé de multiplier les prélèvements et d'étendre la période de mesurage au maximum, pour obtenir une représentation la plus proche possible de la situation réelle.

²⁷ Au contraire, pour des stations de fond, le profil des concentrations mesurées (émetteurs divers ou absence de sources majeurs, uniformément répartis) est souvent constant ou cyclique (calé sur les cycles d'activité humaine : chauffage, trafic routier corrélés à des cycles saisonnier et/ou journalier). Pour ce cas de figure, se reporter aux travaux récents du LCSQA.

Pour chacune des situations d'intérêts que l'on aura choisi d'étudier, deux stratégies peuvent être appliquées. Elles dépendent des méthodes de mesure que l'on aura choisi (continu ou intégratif - cf § 7) :

1/ La première stratégie consiste à réaliser une mesure en continu des concentrations des BTEX. Cette mesure permettra d'étudier l'évolution temporelle des concentrations. La mesure en continu permettra de calculer l'écart-type à adjoindre à la moyenne. Compte tenu du coût et des contraintes logistiques de ce type de matériel (analyseur en continu – cf. §7.2), cette mesure ne pourra être réalisée qu'en un nombre limité de points (cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, pour le choix de ces points)

2/ La seconde stratégie consiste à travailler avec un échantillonnage intégratif. Cependant, si les mesures sont trop brèves et peu fréquentes, les résultats risquent d'être très peu représentatifs de la concentration moyenne. Les méthodes intégratives disponibles pour mesurer les concentrations des BTEX dans l'air ambiant (cf. § 7.1) permettent de réaliser des mesures sur un pas de temps de 24h à 14 jours.

Quelle est dans ce cas la taille minimale de l'échantillon pour approcher avec une incertitude donnée la concentration moyenne de la situation d'intérêt ?

Pour chaque situation d'intérêt nous recommandons de prendre au moins trois échantillons. Ces prélèvements permettront de calculer une concentration moyenne à laquelle il faudra attacher un écart-type. Pour un nombre de prélèvement inférieur à 10, le calcul de l'écart-type est biaisé. Il est alors préférable d'estimer l'écart-type en utilisant l'étendue des valeurs relevées (différence entre la valeur maximale et minimale) (Tableau 10).

Coefficient d_n dépendant du nombre de mesure n : $\sigma = \text{étendue} \times d_n$								
d_n	0.885	0.591	0.486	0.430	0.395	0.370	0.351	0.337
n	2	3	4	5	6	7	8	9

Tableau 10 : Estimation de l'écart-type pour $n < 10$

Quelle que soit la stratégie adoptée, il faudra que la durée cumulée des différentes périodes d'échantillonnage permette d'atteindre au moins 25% du temps total de la situation d'intérêt étudiée. Les périodes d'échantillonnage seront préférentiellement répartis à intervalle régulier afin de couvrir l'ensemble de la durée de la situation d'intérêt.

Par exemple, si la situation d'intérêt correspond à l'hiver et que l'on travaille avec des tubes passifs sur 7 jours, on choisira de faire 3 campagnes. La première au début de l'hiver, la seconde entre les mois de février et mars, la dernière à la fin de l'hiver.

11. LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS

Le choix de l'implantation des points de prélèvement autour du site définira la zone d'étude. Le positionnement des points doit permettre :

- d'**identifier les zones d'impact de l'installation** et qu'il soit possible à travers l'exploitation des résultats de mesure de valider les hypothèses faites sur la localisation et les distances d'impact des émissions atmosphériques du site. Cette **maîtrise** est fondamentale pour pouvoir :
 1. Attribuer au site étudié un signal environnemental mesuré dans cette zone. Mais également permettre d'en écarter l'éventuelle attribution lorsque celui-ci est mesuré en dehors de cette zone,
 2. Localiser des zones sensibles dans ou à proximité de ces zones d'impact du site, afin d'y mesurer l'exposition des populations (voisinage, sites sensibles : hôpitaux...).

- de **pondérer l'impact** du site en ces zones vis-à-vis de différentes valeurs de références locales (plusieurs points de gammes). Cette gamme sera propre à l'environnement local du site et sera construite à partir d'un échantillonnage permettant de disposer de points :
 1. **Témoins de bruits de fond** de différentes natures : **bas** (rural sans source) et **haut** (bruit de fond urbains, activités humaines...). Ces deux zones correspondent à des témoins locaux hors du domaine d'influence de l'installation étudiée (au vent et/ou à une distance suffisamment grande du site pour pouvoir négliger son impact),
 2. **Exposés aux retombées atmosphériques de la source** en recherchant à qualifier la zone de retombées maximum (le choix de points de prélèvement trop éloignés des points d'impact maximaux de l'installation peut amener à ne pas pouvoir observer le signal environnemental de l'installation),
 3. Sous l'influence d'une **source exogène**, le cas échéant, il pourra être intéressant de discriminer l'impact de cette source pouvant émettre les mêmes traceurs dans une zone d'impact commune par la mise en place de points de prélèvement supplémentaires.

La construction de cette gamme permettra d'évaluer la contribution du site par rapport à des sources exogènes et/ou au bruit de fond. Elle sera propre à chacune des situations d'intérêts (cf. § 9.3).

L'étude des spécificités du site va permettre d'optimiser le plan d'échantillonnage en rationalisant le nombre de points de mesures.

Les conditions météorologiques environnantes, la morphologie de la source et la topographie du site vont être déterminantes pour la dispersion des émissions d'une source donnée et donc pour la localisation des zones de retombées autour du site.

Au cours de l'étude de terrain préalable, l'ensemble des caractéristiques du site d'étude déjà relevé (cf. § 8) sera complété par :

- La localisation des zones abritant des populations et des sites sensibles. (premières habitations, crèches, écoles, hôpitaux, équipements sportifs...).. Dans le cas des BTEX, seule la voie d'exposition par inhalation des populations sera à considérer.
- L'inventaire des sources de BTEX locales exogènes (cf. § 6.1.2, 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2). En effet, dans bon nombre de cas, la pollution de l'air d'une zone géographique n'est pas imputable à un seul site. Il peut exister à proximité du site étudié des sources qui émettent des polluants de même nature. Ces sources peuvent être naturelles (biogénique, érosion éolienne, feux de forêts...) ou anthropiques (combustions, transports, sites industriels, traitements phytosanitaires), dans une zone bien délimitée (usine, grand axe routier, jardin...) ou au contraire très étendue (ville, zone d'activité industriel, champ). Ces sources exogènes (extérieures à la source) constituent le bruit de fond (urbain, rural, routier, industriel...).

Dans le cadre de ce travail préalable, l'ensemble des données devra être reporté sur une carte jointe au rapport. Compte tenu de ces éléments, l'implantation des points de prélèvement sera réalisée ainsi :

- Pour chaque rose des vents caractéristiques des différentes situations d'intérêts, un point (P_{Max}) sera positionné sur la zone de retombées maximum des émissions canalisées du site (cf. § 11.1). Dans le cas de la présence d'une source d'émission diffuse, dont le point d'émission se trouve à une hauteur inférieure à 20 mètres, un point supplémentaire P_{Diffus} sera positionné en limite de propriété du site et sous le vent de ces sources dans l'axe des vents dominants. En effet ces sources étant souvent caractérisées par des faibles vitesses et hauteurs d'émission, les concentrations maximales sont souvent mesurées en bordure de site puis décroissent exponentiellement avec la distance (cf. Figure 5).
- Sans recommandations particulières issues de l'évaluation des risques sanitaires, seules les premières habitations et les zones abritant des populations sensibles (crèches, écoles, hôpitaux...) situées sous le vent du site seront intégrées dans le plan d'échantillonnage. Il sera inutile de les échantillonner si ces zones correspondent déjà aux point de mesures P_{Max} et P_{Diffus} précédents.
- Un point de prélèvement sera positionné sur chacune des zones témoins de **bruits de fond** suivantes : un point représentatif d'un bruit de fond **bas** (par exemple bruit de fond sans source particulière) et un point représentatif d'un bruit de fond **haut** (par exemple bruit de fond urbains).. Ces deux zones correspondent à des témoins locaux hors du domaine d'influence de l'installation étudiée (au vent et/ou à une distance suffisamment grande du site pour pouvoir négliger son impact). Dans certains cas des stations de mesures du réseau des AASQA sont déjà installées dans ces zones. Dans ce cas les données issues de ces mesures pourront être utilisées sans avoir à réaliser de nouveaux prélèvements.
- Dans le cas de la présence d'une source exogène particulière impactant la zone d'influence du site étudié, un point de prélèvement supplémentaire pourra être mis en place sur sa zone d'impact suspectée (voir le cas de l'axe routier en annexe 1). Ce point pourra permettre par exemple et si nécessaire d'évaluer la contribution d'une source exogène particulière dans les concentrations mesurées autour de la source étudiée.

Les critères de choix d'emplacement des points autour du site devront être faits en veillant à ce que les têtes de prélèvement soient correctement positionnés au regard des règles de l'art (cf. §11.2).

Dans le cas de prélèvements sur des tubes passifs ou actifs simples l'ensemble de ces points devra être échantillonné en même temps.

Dans le cas de l'utilisation d'un analyseur en continu ou de système permettant d'asservir des prélèvements sur tube actif aux conditions météorologiques, ces points pourront être échantillonnés successivement.

Dans tous les cas, une station de mesure fixe devra être maintenue en permanence pendant toute la durée de la campagne de mesure. L'analyse des conditions météorologiques à posteriori permettra de vérifier les hypothèses faites.

11.1 LOCALISATION DE LA ZONE DE RETOMBEE MAXIMALE DES EMISSIONS CANALISEES ET/OU DIFFUSE (POINT D'EMISSION >20M)

Différents cas de figures peuvent être rencontrés :

1. Cas d'une source d'émission atmosphérique de BTEX **canalisée** dont les caractéristiques au point d'émission sont connues (hauteur, température, vitesse) avec une **topographie environnante sans effet perturbant majeur sur l'émission** (terrain plat...).

- a. Si une étude de modélisation est disponible et fiable, on positionnera le point de prélèvement P_{Max} au point de retombées maximum prévu par la modélisation.
- b. S'il n'existe pas d'étude de dispersion, pour cette situation simple, on pourra en première approche avec beaucoup de réserve et de précaution utiliser la règle empirique qui estime la distance de P_{Max} à la cheminée approximativement à 10 fois sa hauteur (pour $H > 20m$) sous le vent dominant. Compte tenu de l'incertitude de cette méthode, cette démarche implique lors des trois premières campagnes de mesures de multiplier les points de prélèvements dans l'axe des vents (Figure 7) :
 - à 3/4, 5/4 de la distance entre P_{Max} , et la cheminée,
 - mais également latéralement aux extrémités de l'arc de cercle de rayon égale à la distance entre P_{Max} , et la cheminée et d'angle 60° .

Compte tenu du nombre de point d'échantillonnage à réaliser, on privilégiera l'utilisation de capteurs passifs (cf. § 7.1.2) lors de ces campagnes de mesures.

Ces points pourront être échantillonnés au même moment que les campagnes de surveillance. Les résultats des mesures devront valider a posteriori les hypothèses faites en termes de dispersion des émissions, notamment en observant une hiérarchisation des concentrations conforme à celle envisagée par le plan d'échantillonnage. L'exploitation des résultats devra permettre d'identifier la localisation du point maximum. A l'issue de ces trois campagnes, le point indiquant la concentration maximum sera conservé et les autres abandonnés.

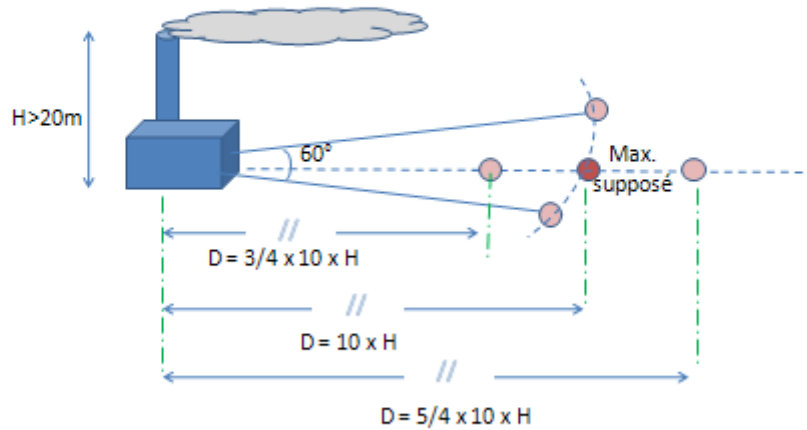


Figure 7 : Plan d'échantillonnage 1

Dans un environnement sensible et lorsqu'ils sont adaptés, on privilégiera toujours l'utilisation d'outils de modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions d'un site afin de localiser la zone des retombées. Ce travail de modélisation devra être fait en discriminant les zones de retombées en fonction des différents enseignements tirés de l'étude des données météorologiques (rose des vents, rose des pluies ou des stabilités – cf. § 9.2). Il permettra de cartographier les zones de retombées suivant les différentes configurations météorologiques du site. Cette approche permettra, de plus, de diminuer le nombre de points d'échantillonnage autour du point max (1 point au lieu de 5).

L'étude d'impact (DDAE) peut déjà contenir des éléments concernant la modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions du site. Dans ce cas, ces travaux pourront servir à localiser les points de prélèvements mais devront être remis à jour s'il existe des données météorologiques plus représentatives de la situation locale. Ces données sont normalement disponibles sur tous les sites industriels car l'arrêté du 2 février 1998 (Surveillance de l'air - Chap. 9 - Section 1) impose que « dans tous les cas, la vitesse et la direction du vent sont mesurées et enregistrées en continu sur l'installation classée autorisée ou dans son environnement proche ».

2. Cas soit d'une source de BTEX **canalisée** dont les caractéristiques au point d'émission sont connues mais placée dans une **topographie pouvant rendre incertains les résultats issus d'une modélisation** (topographie accidentée...), soit d'une **source diffuse** non caractérisée dont le **point d'émission a une hauteur supérieure à 20 mètres**.

Dans ces situations où la modélisation est difficile à mettre en œuvre, on réalisera des mesures suivant un maillage resserré.

Il sera mis en place dans l'axe des vents étudié passant par la source. Il permettra de multiplier les points de prélèvements (Figure 8) :

- à $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{4}$ et $\frac{5}{4}$ de la distance entre P_{Max} , et la cheminée,
- mais également latéralement aux extrémités des quatre arcs de cercle de rayon égale à la distance entre P_{Max} , et la cheminée et d'angle 60° .

La distance de P_{Max} au site sera estimée par la règle empirique décrite précédemment (cf.1 ci-dessus). Elle sera appliquée pour les points d'émissions supérieures à 20m.

Compte tenu du nombre de point d'échantillonnage à réaliser, on privilégiera l'utilisation de capteurs passifs (cf. § 7.1.2) lors de ces campagnes de mesures.

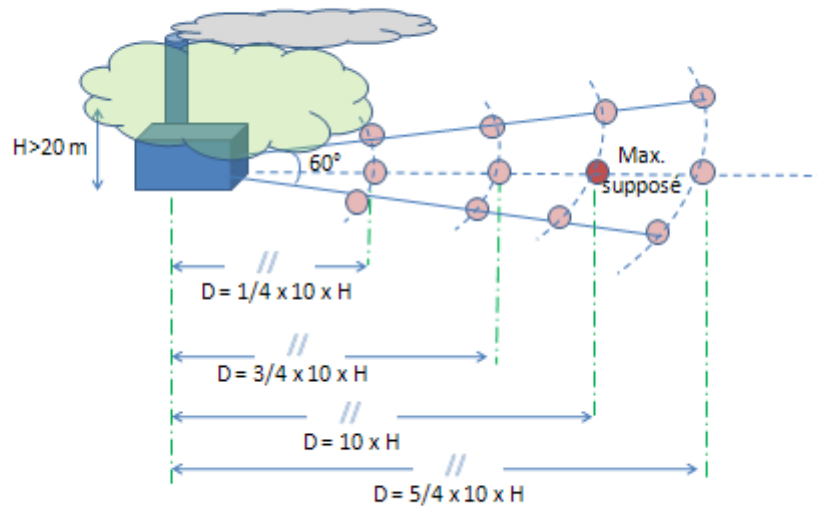


Figure 8 : Plan d'échantillonnage 2

Ces points pourront être échantillonnés au même moment que les campagnes de surveillance. Les résultats des mesures devront valider a posteriori les hypothèses faites en termes de dispersion des émissions, notamment en observant une hiérarchisation des concentrations conforme à celle envisagée par le plan d'échantillonnage. L'exploitation des résultats devra permettre d'identifier la localisation du point maximum. A l'issue de ces trois campagnes, le point indiquant la concentration maximum sera conservé et les autres abandonnés.

11.2 CRITERES D'IMPLANTATION DE LA TETE DE PRELEVEMENT

Quelques principes généraux sont appliqués lors de l'implantation de la sonde d'échantillonnage :

Hauteur d'échantillonnage situé à plus de 2 mètres du sol (Pio 1986),
Tout obstacle devra être situé à plus de deux fois la différence entre la hauteur de l'obstacle et la hauteur de la sonde d'échantillonnage (Heindorf 2002). Pour les particules (5 µm) cette distance est portée à cinq fois (à garder pour mémoire).
Une ouverture de 270° devra permettre une circulation d'air sans obstacle et inclure les deux directions de vent les plus importantes en fréquence (Heindorf 2002).
Le point d'échantillonnage devra être situé à plus de 20 mètres de la ligne d'égouttage des arbres (Heindorf 2002).

Tableau 11 : Critères d'implantation du système de prélèvement ponctuel

Les mêmes critères devront être appliqués à l'ensemble des points afin de permettre une comparaison non biaisées des résultats obtenus sur les différents points.

Il est important également de ne pas placer le point de prélèvement dans un endroit abrité. Ceci pourrait entraîner soit une atténuation des concentrations du fait de phénomènes d'absorption sur des surfaces environnantes (vergers, forêts, hauts murs...), soit un accroissement des concentrations, localement, par manque de circulation (Moore 1986) (zone de recirculation sous le vent d'un bâtiment...).

12. CONTROLES QUALITE

Quelle que soit la méthode de surveillance choisie, il est important, de réaliser les contrôles qualité nécessaires à une exploitation objective des résultats.

Un « blanc de site » devra être mis en œuvre pour évaluer le niveau de contamination des supports utilisés ainsi que celle générée par les phases de préparation, de conditionnement et de traitement. Un blanc de site doit être réalisé lors de chaque campagne de mesure.

Pour les supports de prélèvement passif ou actif, cela consiste en une préparation avant chaque campagne de supports d'adsorbant qui ont suivi les mêmes opérations de préparation et d'extraction que les supports exposés mais qui sont restés fermés pendant la durée de chaque campagne.

Pour l'analyseur en continu de BTEX cela consiste en l'injection d'un gaz neutre et de la mesure de l'écart au zéro de la mesure.

L'écart-type de répétabilité, s_r , devra être déterminé pour chaque opérateur mettant en œuvre l'une ou l'autre de ces méthodes. Il concernera les volets prélèvement/mise en œuvre et analytiques. Un changement de laboratoire ou de méthode justifiera une nouvelle détermination de cet écart-type de répétabilité.

Il sera déterminé par chaque laboratoire mettant en œuvre cette méthode et dans un environnement non marqué par le polluant mesuré. Dans l'idéal, il pourra être réalisé sur une zone choisie dans la zone d'étude. Un minimum de six échantillons distincts devra être traité en parallèle.

Les résultats de ces tests devront être annexés au rapport d'analyse et les résultats analysés au regard de ces valeurs. Une différence entre deux points ne pourra être jugée comme significative que si la différence entre les deux valeurs est supérieure à cet intervalle.

De même les résultats des blancs de site devront être donnés et en aucun cas soustraits aux résultats de mesure.

Pour les prélèvements intégratifs, il est également recommandé de mettre en place des duplicats sur les points d'échantillonnage sur lesquelles il existe une sensibilité particulière (point max, populations sensibles). En cas de besoin (premiers résultats suspects) ces supports pourront être analysés a posteriori.

ANNEXE 1

**INFLUENCE DE LA METEOROLOGIE LOCALE
EFFETS LIES A UNE TOPOGRAPHIE PARTICULIERE DU SITE
DISTANCE D'IMPACT AUTOUR D'UNE AXE ROUTIER**

INFLUENCE DE LA METEOROLOGIE LOCALE

a. Vitesse du vent

Dans la plupart des conditions météorologiques, la concentration d'un polluant sous le vent d'une source d'émission est inversement proportionnelle à la vitesse du vent. Une faible vitesse de vent sera souvent associée à une faible dispersion et donc à un cas pénalisant en termes de dispersion.

La volatilisation des polluants contenus dans des sources liquides est directement proportionnelle à la vitesse du vent.

b. Direction du vent

La direction du vent détermine le parcours suivant lequel un polluant va être dispersé dans l'atmosphère. Des changements fréquents de la direction du vent augmentent la dispersion (la dilution) des polluants. Des faibles vents soufflant dans une direction constante (canalisation par une vallée) représentent des situations pénalisantes en termes de dispersion. La nuit en présence de vent très faible, le panache de dispersion peut suivre la morphologie du terrain. Une large rivière peut canaliser localement la direction du vent.

c. Stabilité atmosphérique

La stabilité atmosphérique traduit la capacité qui est donnée à une masse d'air à se disperser verticalement et horizontalement. Des conditions atmosphériques stables (exemple : la nuit) limite la dispersion (la dilution), au contraire des conditions instables (exemple : journée ensoleillée) vont favoriser la dispersion des polluants.

d. Température

Les fortes températures vont augmenter la volatilisation des composés organiques ainsi que le niveau d'émission initial des polluants gazeux. En effet une masse d'air s'élève tant qu'elle est plus chaude que la masse d'air environnante.

La température d'émission du polluant est un facteur déterminant de sa dispersion. Si un polluant gazeux a une température plus importante que l'air ambiant, il continuera son ascension au-delà de son point d'émission, puis en se refroidissant il redescendra à son niveau d'émission voir plus bas. Dans le cas contraire le polluant « tombera » au sol et se dispersera en restant proche du sol et le cas échéant restera piégé dans des dépressions (vallée, canyon...).

En situation normale, la température décroît avec l'altitude. Cependant il peut arriver que ce gradient s'inverse jusqu'à une certaine altitude. En dessous de cette couche d'inversion les conditions atmosphériques sont stables. La hauteur de cette couche varie de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Si les polluants sont émis à l'intérieur de cette couche et qu'il n'y a pas de vent, les polluants vont rester prisonniers et leur concentration va augmenter dans des proportions importantes. Dans le cas contraire cette couche va isoler la basse troposphère des émissions.

Les inversions de températures peuvent entraîner des phénomènes qui perturbent la dispersion des polluants atmosphérique. Il est important de prendre en compte ces effets météorologiques car les courants locaux se rencontrent dans plus de 50% des cas durant une année normale.

e. Précipitations

L'efficacité du phénomène de lessivage par les précipitations va dépendre de l'intensité et de la durée des précipitations.

f. Humidité

Une humidité importante pourra influencer sur le choix de la technique de mesure et peut limiter le volume d'air échantillonner et ainsi augmenter la limite de détection.

g. Pression atmosphérique

Hormis l'augmentation des transferts sol-air des gaz contenus dans les sols, l'influence de pression atmosphérique est faible.

h. Couche de mélange

La couche de mélange est la portion de l'atmosphère près de la surface où les polluants se dispersent rapidement. L'épaisseur de cette couche dépend de la température et de la stabilité de l'atmosphère dans les bas niveaux. De faibles valeurs d'épaisseur de la couche de mélange signifient que les polluants seront dilués dans un volume d'air moindre.

Souvent, la nuit la hauteur de cette couche est plus faible (100 à 200 mètres) que la journée (500 à 2000 mètres) entraînant une concentration plus importante des polluants dans l'atmosphère.

EFFETS LIES A UNE TOPOGRAPHIE PARTICULIERE DU SITE

La topographie du terrain peut entraîner des phénomènes qui perturbent la dispersion des polluants atmosphérique. Il est important de prendre en compte ces effets car dans une topographie particulière les courants locaux se rencontrent dans plus de 50% des cas durant une année normale. La simple étude de la rose des vents annuelle, même mesurée localement, peut ne pas faire apparaître ces modes de dispersion qui ne pourront être pris en compte lors du choix d'implantation des points de prélèvements (cf. §11).

a. Effet de vallée

La nuit, l'air situé à proximité des flancs de vallée descend. Cet écoulement perpendiculaire à l'axe de la vallée peut entraîner une concentration des polluants en fond de vallée. Conjugué avec une stabilité importante de l'atmosphère et une couche d'inversion, ce phénomène peut entraîner des polluants sur des très longues distances sans dilution. **Le jour**, par temps ensoleillé, le phénomène inverse se produit et des écoulements ascendants apparaissent le long des flancs de vallées. Ces phénomènes locaux ne se sont significatifs que lorsque les vents d'altitude sont faibles. Une des conséquences de ce phénomène peut également de ramener dans la vallée la nuit la pollution évacuée dans la journée.

Les vallées étant naturellement protégées du vent, des inversions de températures se produisent régulièrement. Elles ont souvent de faible hauteur. Dans le cas de vent faible et non dirigé perpendiculairement à l'axe de la vallée il est possible que les vents d'altitudes soient canalisés par la vallée. Dans ce cas les vents de haut et de fond de vallée ont des orientations différentes.

b. Effet des côtes

A proximité de la mer ou d'un lac de surface importante des brises peuvent se former. En été, par ciel dégagé et vents faibles un vent de mer s'installe. La nuit le phénomène s'inverse et un vent de terre apparaît. Cette inversion provoque à un changement d'orientation du vent de 180° et peut donc inverser l'affectation d'un point de prélèvement (inversion au vent/sous le vent). Ces phénomènes sont importants lorsqu'il existe une forte différence thermique entre l'eau et le sol (printemps et début de l'été). Ces brises peuvent pénétrer entre 8 à 16 km à l'intérieur des terres, elles ont cependant un rayon d'action moyen inférieur à 1-2 km. Ces brises étant cycliques les polluants peuvent s'accumuler sous le vent de la brise, mais ne jamais atteindre des niveaux d'accumulation comparables à ceux obtenus avec d'autres situations de dispersion pénalisante.

c. Collines

En présence de conditions atmosphériques stables, les masses d'air vont lentement contourner les flancs d'une colline. Le versant faisant face à la direction de dispersion sera le plus exposé. Cette exposition sera accentuée dans le cas où ce versant est dans l'axe de dispersion d'un panache d'une cheminée ou si elle se trouve sous l'intersection avec une couche d'inversion. Dans des conditions instables les masses d'air vont tenter de passer au-dessus de la colline et les polluants peuvent s'accumuler dans la zone de turbulence existant sur le versant sous le vent de la colline.

La zone d'influence d'un relief atteint 1/3 de sa hauteur pour un relief isolé et de 4 à 5 fois la hauteur moyenne pour une chaîne de montagne.

d. Effets des bâtiments

Les bâtiments de grandes dimensions peuvent provoquer un rabattement du panache au sol dans la zone de turbulence qui se crée sous le vent du bâtiment. En amont de cette zone se forme une cavité dans laquelle l'air est en circulation fermé. La longueur de cette cavité dépend des dimensions du bâtiment, pour un bâtiment cubique elle est égale à environ 2.5 fois la hauteur du bâtiment, pour un maximum de 10 fois la hauteur dans le cas de bâtiment de grande largeur et de faible hauteur. Ces effets ne sont significatifs que lorsque le bâtiment est situé à une distance inférieure à 5 fois la hauteur de la cheminée et que la hauteur de la cheminée est inférieure à 2.5 fois la hauteur de la cheminée.

DISTANCE D'IMPACT AUTOUR D'UNE AXE ROUTIER

L'influence d'un axe routier aura un impact significatif sur une distance d'échantillonnage fonction du niveau de trafic. Au bord d'une route les polluants sont faiblement dispersés et les concentrations atteignent rapidement un niveau proche du bruit de fond.

>30 000 véhicules jour	> 30 m
10 000 à 30 000 véhicules jour	> 20 m
< 10 000 véhicules jour	> 10 m

Tableau 12 : Distance au-delà de laquelle l'influence d'un axe routier sur la qualité de l'air est moins perceptible