

GUIDE

Surveillance dans l'air autour des installations classées

retombées des émissions atmosphériques

***Impact des activités humaines
sur les milieux et la santé***



environnement - santé

Première édition - novembre 2016

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Préambule

Le présent rapport, sur la **surveillance dans l'air des retombées des émissions atmosphériques autour d'une ICPE** a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

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

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

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

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

Rédacteurs

Marc DURIF, Unité Caractérisation des milieux (MILI),

Avec la participation de

François GAUTIER, Jessica QUERON, Guillaume HAREL, Heidi CARRILHO, Etienne TERRENOIRE

Vérification, approbation

Eva LEOZ, Nicolas ALSAC
Philippe HUBERT, Direction des Risques Chroniques, INERIS.

Note

Il est prévu de mettre à jour ce document régulièrement pour refléter les évolutions de la réglementation, des connaissances et des outils. Vous pouvez faire part de vos remarques et suggestions à marc.durif@ineris.fr. Le tableau ci contre résume l'historique des versions.

Version	Date de parution	Modifications
1.0	novembre 2016	

Ce document comporte 143 pages, hors couverture et quatrième de couverture.

8	Introduction
10	Cadres réglementaires
11	demande d'autorisation d'exploiter/étude d'impact
11	textes ministériels
14	dispositif national de surveillance
18	Objectifs et stratégie de surveillance
19	nature des retombées atmosphériques surveillées
21	objectifs de surveillance
21	stratégie de surveillance
24	stratégie de mesure
26	Spécificités du site d'étude
27	caractéristiques des émissions atmosphériques
31	caractéristiques de la zone d'étude
36	Choix des substances à surveiller
37	substances à retenir
38	paramètres à mesurer
42	Choix des méthodes de mesure
43	méthodes de mesure retenues
55	critères de choix de mesure
58	Mesures météorologiques
60	Choix des points de mesure
61	macro implantation
70	micro implantation
72	Choix des périodes de mesure
73	suite à dysfonctionnement
73	fonctionnement normal
78	Méthode d'optimisation des campagnes de mesures
79	analyse sélective des supports de prélèvements
81	campagne ambulatoire
81	construction de rose de pollution d'échantillonnage
82	couplage de méthode in situ avec d'autres méthodes de mesures des dépôts atmosphériques
84	État initial

86 Contrôles qualité

- 87 limite de quantification
- 87 incertitudes de mesure
- 87 blanc de terrain
- 88 réplicats
- 88 traçabilité documentaire

90 Interprétation des résultats de mesure

- 91 vérifications préalables
- 91 exploitation des données
- 95 prise en compte de l'historique

98 Points importants à retenir

- 99 stratégie de surveillance
- 101 stratégie de mesure
- 107 état initial
- 107 contrôles qualité
- 108 interprétation des campagnes de mesure
- 109 Historique

112 Annexes

- 113 annexe 1 : Glossaire et définitions
- 118 annexe 2 : Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques
- 122 annexe 3 : Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels
- 128 annexe 4 : Objectifs de qualité des données minimums à respecter pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air – Détail par substance
- 130 annexe 5 : Influences de la météorologie locale - Effets liés à une topographie particulière du site
- 134 annexe 6 : Exemples de roses des vents et pluies saisonnières
- 138 annexe 7 : Exemple de traitement de sorties de modélisation et de données météorologiques pour identification des points de prélèvement et des périodes de mesures
- 142 annexe 8 : Liste des guides AFNOR pour l'estimation incertitudes pour la métrologie de l'air ambiant

Table des figures

n°	Figures	P.
Figure 1	Contextes réglementaires où des campagnes de mesures « air » peuvent être rendues nécessaires autour d'une ICPE	13
Figure 2	Définition des retombées atmosphériques retenue dans ce guide	19
Figure 3	Principaux mécanismes de transfert des polluants atmosphériques et voies d'expositions associées (illustration)	20
Figure 4	Schéma de principe de la stratégie de surveillance à deux niveaux proposée dans ce guide	23
Figure 5	Adéquation objectif/moyen des campagnes de 1er et 2nd niveau	24
Figure 6	Définition d'une stratégie de mesure environnementale autour d'une installation	25
Figure 7	Profils comparés des retombées d'une substance mesurée dans l'air au niveau du sol le long de l'axe des vents dominants pour une source diffuse (gauche) ou canalisées (droite) de même composition	28
Figure 8	Exemples de cartographie de concentrations en benzène dans l'air réalisée avec une technique LIDAR	29
Figure 9	Différents régimes des émissions d'une source fixe	30
Figure 10	Différents types de rose des vents	32
Figure 11	Exemple de comparaison de roses de vents et des pluies annuelles pour un même site	33
Figure 12	Principales voies de transferts des polluants atmosphériques de type COV vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)	38
Figure 13	Principales voies de transferts des polluants atmosphériques type PCDD/F vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)	39
Figure 14	Principales voies de transferts des polluants atmosphériques type ETM vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)	39
Figure 15	Principales voies de transferts des polluants atmosphériques du mercure vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)	40
Figure 16	Paramètres mesurables dans l'air ambiant pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par inhalation	43
Figure 17	Exemples d'analyseurs fixes ou embarqués dans un moyen mobile	44
Figure 18	Préleveurs sur filtres de particules en suspension permettant la détermination des concentrations massiques en PM10 et ETM associés	45
Figure 19	Systèmes de prélèvement actifs autonomes sur 24 H	46
Figure 20	Systèmes de prélèvement actifs permettant des prélèvements séquentiels	46
Figure 21	Tubes passifs mis en place dans des abris de protection, en situation et zoom	47
Figure 22	Mesures des flux de dépôts atmosphériques par jauges de sédimentation	48
Figure 23	Paramètres mesurables dans l'air ambiant pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion	48

Table des figures

n°	Figures	P.
Figure 24	Station de culture contrôlée de ray-grass (<i>lolium multiflorum</i>)	50
Figure 25	Paramètres mesurables dans le ray-grass pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion	51
Figure 26	Lichen et mousse prélevés dans les milieux	52
Figure 27	Paramètres mesurables dans des matrices végétales spécifiques pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion	53
Figure 28	Principe général de choix d'une méthode de mesure des concentrations dans l'air	55
Figure 29	Critères de prise en compte des lichens/mousses dans un plan de surveillance	56
Figure 30	Critères de choix des méthodes de mesures des dépôts atmosphériques.	56
Figure 31	Station météorologique mise en place pendant une campagne de mesures – Mât de mesure de 10 m	57
Figure 32	Localisation du point de mesure « impacté » dans le cas d'une source diffuse de faible hauteur – Existence d'une direction de dispersion privilégiée	61
Figure 33	Localisation des points de mesure « impactés » dans le cas d'une source diffuse de faible hauteur – Absence de direction de dispersion privilégiée	61
Figure 34	Nombre d'équipement pouvant être mobilisé concomitamment à un coût acceptable (hors situation à fort enjeu)	62
Figure 35	Exemple de localisation des points de mesures dans le cas de la surveillance d'une installation en fonctionnement normal à partir de la cartographie obtenue par modélisation et représentant la hiérarchisation des zone de retombées en moyenne annuelle	63
Figure 36	Renforcement spatial du plan d'échantillonnage	65
Figure 37	Alternative de localisation du point de mesure « impacté » lorsque le point de retombées atmosphériques est identifié	68
Figure 38	Localisation du point de mesure « impacté » dans le cas d'une convergence de la zone de retombées maximum et de localisation de cibles	68
Figure 39	Mesure au point de retombées maximum afin de transposer à l'ensemble des cibles environnantes les niveaux mesurés	68
Figure 40	Mesure sur une des cibles au voisinage du point de retombées maximum	69
Figure 41	Exemple de stratégie de mesure « multi-cônes »	79
Figure 42	Exemple de stratégie de mesure « multi-cônes » lors du renforcement spatial du plan d'échantillonnage	80
Figure 43	Rose de pollution (haut) construite à partir du croisement du suivi en temps réel des concentrations de mercure gazeux dans l'air ambiant et des directions de vents (bas) – Vent ≥ 1.4 m/s – La source d'émission se trouve au nord du point de mesure	81
Figure 44	Périodes possibles de recouvrement dans le cadre d'une surveillance des dépôts atmosphériques couplant la mise en place de jauges/collecteurs ou de ray-grass avec des prélèvements in situ de mousse/lichen	82
Figure 45	Logigramme de constat d'une dégradation de l'environnement dans le cadre de la surveillance de l'air ambiant autour d'une ICPE	92

Tables des figures

n°	Figures	P.
Figure 46	Exemple de répartition des concentrations de mercure gazeux mesurées dans l'air ambiant en deux points autour d'un site industriel (moyenne, percentile 90-10, min-max, valeurs atypiques)	94
Figure 47	Exemple de distribution des dépôts atmosphériques de plomb ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jour}$) mesurés en différents points autour d'une installation à l'aide de jauges/collecteurs après plus de dix campagnes successives (Ti : points témoins, Mi : points impactés)	96
Figure 48	Définition des retombées atmosphériques retenue dans ce guide	99
Figure 49	Stratégie de surveillance à deux niveaux proposée dans le cadre de campagne ponctuelle de surveillance dans l'air des retombées atmosphériques autour d'une ICPE	100
Figure 50	Adéquation objectif/moyen entre les campagnes de 1er et 2nd niveau	100
Figure 51	Principe général de choix d'une méthode de mesure des concentrations dans l'air	102
Figure 52	Choix des méthodes de mesures des dépôts atmosphériques dans différentes typologie d'environnement de site	102
Figure 53	Choix de la stratégie de mesure en fonction du nombre de cibles et des techniques de mesure utilisées	103
Figure 54	Choix de la couverture temporelle en fonction de la méthode de mesure	106
Figure 55	Logigramme de constat d'une dégradation de l'environnement dans le cadre de la surveillance de l'air ambiant autour d'une ICPE	108
Figure 56	Difficultés d'interprétation du signal observé en fonction du choix de la matrice environnementale et des objectifs	119
Figure 57	Représentativités temporelles de différentes matrices environnementales	120

Table des tableaux

n°	Tableaux	P.
Tableau 1	Objectifs de qualité des données pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air	15
Tableau 2	Méthodes de mesures retenues dans ce guide	20
Tableau 3	Valeurs de comparaisons possibles des valeurs mesurées au point « impacté » retenu si détection d'une dégradation de l'environnement	24
Tableau 4	Exemples de sources diffuses dans différents secteurs d'activités (liste non exhaustive)	28
Tableau 5	Distance minimale au-delà de laquelle un point de prélèvement n'est pas sous l'influence directe de certaines sources diffuses linéique ou surfacique	34
Tableau 6	Distance minimale au-delà de laquelle un point de prélèvement n'est pas sous l'influence directe de certaines sources diffuses linéique ou surfacique – Biosurveillance de la qualité de l'air	34
Tableau 7	Paramètre à mesurer en fonction des polluants (le choix devra être adapté aux enjeux locaux d'exposition)	40
Tableau 8	Résolutions temporelles et logistiques associées aux différentes techniques de mesure	54
Tableau 9	Historique des données météorologiques à étudier en fonction du contexte de la surveillance	62
Tableau 10	Résolutions temporelles des données d'entrée et de sortie utilisées dans le modèle en fonction du contexte de la surveillance.	63
Tableau 11	Techniques de mesure disponibles pour investiguer la hiérarchisation des retombées autour d'une installation	66
Tableau 12	Critères de choix du/des point(s) de mesures « impacté »	67
Tableau 13	Critères d'implantation liés à l'environnement immédiat du point de mesure	70
Tableau 14	Critères de choix des zones de prélèvements de substrats de biosurveillance	70
Tableau 15	Choix du niveau de couverture temporelle en fonction des méthodes de mesure	74
Tableau 16	Critères supplémentaires à intégrer dans le choix des périodes de mesures en fonction la méthode de mesure des dépôts atmosphériques utilisée	76
Tableau 17	Estimation de l'intervalle de confiance à 95% à la moyenne pour $n \leq 10$	93
Tableau 18	Test de comparaison d'une moyenne μ à une valeur donnée μ_0 pour $n \leq 10$	93
Tableau 19	Paramètre à mesurer en fonction des polluants (le choix devra être adapté aux enjeux locaux d'exposition)	101
Tableau 20	Critères de choix du/des point(s) de mesures « impacté »	104
Tableau 21	Critères de choix supplémentaires à intégrer dans le choix des périodes de mesures en fonction la méthode de mesure des dépôts atmosphériques utilisée	105
Tableau 22	Valeurs de comparaisons possibles des valeurs mesurées au point « impacté » retenu si détection d'une dégradation de l'environnement	109

Introduction

⁽¹⁾ Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées - Août 2013 - Ineris-DRC-12-125929-13162B.

⁽²⁾ 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 - Octobre 2010 - Réf. INERIS- DRC-10-112289-10754A

⁽³⁾ Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux - INERIS/BRGM - Réf. INERIS-DRC-13-136338-06193C

La **surveillance dans l'air des retombées des émissions atmosphériques** autour d'une ICPE soumise à autorisation peut être mise en place volontairement par l'exploitant pour répondre, par exemple, à des demandes des populations ou bien être imposée par différents cadres réglementaires (Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter, Arrêté Préfectoral, Arrêtés Ministériels...).

Ce guide propose de donner les repères méthodologiques nécessaires à la mise en oeuvre de cette **surveillance** :

- ❑ soit ponctuellement, pour permettre d'établir **l'état actuel du milieu atmosphérique** dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter une ICPE ou d'une modification substantielle de ses conditions d'exploitation,
- ❑ soit lorsque celle-ci s'inscrit dans un **programme de surveillance** environnementale autour d'une ICPE, exigé par la réglementation nationale ou prescrit par arrêté préfectoral.

La surveillance dans l'air ne peut se substituer à la surveillance d'autres matrices notamment pour caractériser une pollution historique de milieux accumulateur. Ses atouts et limites sont présentés en **Annexe 2**.

Ce guide est destiné à des **acteurs de terrain** : industriels, laboratoires, bureaux d'études, DREAL qui sont confrontés dans le cadre de leurs activités quotidiennes à la mise en place ou à l'évaluation de la qualité de campagnes de mesures. Il est un complément sur le volet « air » au guide sur l'Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires (*Ineris, 2013*)⁽¹⁾.

Il remplace le guide spécifique sur la surveillance des BTEX⁽²⁾ dans l'air et précise certaines parties du guide spécifique pour la surveillance environnementale des installations d'incinérations⁽³⁾ (contrôles qualité, les stratégies d'échantillonnage temporelle et spatiale et l'interprétation des résultats de mesures pour les mesures dans l'air y compris à l'aide d'outil de biosurveillance de la qualité de l'air).

Les stratégies de mesures présentées dans ces guides **ne répondent pas** aux critères imposés :

- ❑ par une surveillance **en continu** des retombées atmosphériques autour d'un site,
- ❑ par la **reconstruction des expositions** moyennes des populations par inhalation sur le long terme dans les milieux d'exposition,
- ❑ par la surveillance de l'impact d'**activités particulières** sur un site (opérations de démantèlement, chantiers de construction ou dépollutions...).

Elles ne sont pas non plus adaptées à la surveillance des niveaux de concentrations de substances gazeuses pouvant conduire à des effets aigus lors d'exposition sur le court terme, ni à la surveillance des nuisances olfactives ou des impacts sur les écosystèmes, ni à la quantification des flux d'émissions diffuses. Elles permettront néanmoins de quantifier l'impact de ce type d'émission.

L'approche proposée dans ce guide repose sur une phase approfondie d'**études préalables** (documentaire et de terrain) **du site et de son environnement**, qui doit permettre de construire une **stratégie de mesure proportionnée** aux enjeux.

Si ce guide propose des repères méthodologiques, leur bonne mise en oeuvre repose sur un important savoir-faire des opérateurs de terrain et une bonne connaissance des normes de mesure auquel ce guide ne peut pas se substituer.

Introduction

⁽⁴⁾ Principales caractéristiques physico-chimique, valeurs de gestion et niveaux mesurés dans l'air ambiant, méthodes de mesures de certaines substances (COV chlorés, COV aromatiques, Dioxyde de soufre, Eléments traces métalliques, HAP, PCDD/F) – Réf. INERIS-DRC- 16 - 158882 - 10272A – Novembre 2016

Par ailleurs, les services de l'État (DREAL, Préfecture) restent les prescripteurs de la surveillance autour des ICPE au moyen d'arrêtés préfectoraux qui « fixent les moyens d'analyses et de mesures nécessaires au contrôle de l'installation et à la surveillance de ses effets sur l'environnement » (**article R. 512-28** du Code de l'environnement).

Enfin une méthodologie de surveillance est un **outil « vivant »** qui doit évoluer dans le temps afin de s'adapter à l'évolution des enjeux autour du site. Elle peut donc être renforcée ou allégée. On veillera cependant à toujours permettre de raccorder les résultats de mesure à l'historique des données précédemment acquis.

Le **dernier chapitre de ce guide** regroupe les points importants à retenir pour mettre en place cette surveillance dans l'air. Un document séparé (réf. **INERIS-DRC-16-158882-10272A⁽⁴⁾**) accompagne ce guide et regroupe les principales caractéristiques physico-chimique, valeurs de gestion, méthodes de mesures dans l'air de certaines substances (COV chlorés, COV aromatiques, dioxyde de soufre, éléments traces métalliques, HAP, PCDD/F).

Il est prévu de mettre à jour et compléter ces documents régulièrement pour refléter les évolutions de la réglementation, des connaissances et des outils.

Cadre réglementaire

11 Demande d'autorisation d'exploiter et étude d'impact

11 Textes ministériels

14 Dispositif national de surveillance

Cadre réglementaire

DDAE/étude d'impact

En complément de démarches volontaires de l'exploitant pour répondre, par exemple, à des demandes des populations, la caractérisation de la pollution de l'air autour d'une installation peut être rendue nécessaire dans différents cadres réglementaires concernant les ICPE soumises à autorisation.

Demande d'autorisation d'exploiter et étude d'impact

Au moment de l'étude d'impact (**art. L122-1**) d'une installation en projet, lors de l'analyse de l'état initial de la zone et des milieux susceptibles d'être affectés par cette installation (**art. R122-5**), on réalise des mesures qui doivent permettre d'évaluer la **sensibilité** initiale du compartiment atmosphérique et de fournir des **repères** qui serviront à évaluer l'impact de l'installation après sa mise en service.

Par la suite, l'arrêté d'autorisation d'exploiter peut imposer un **programme de surveillance** dans l'air au voisinage de l'installation existante compte tenu de la sensibilité des milieux et/ou du risque de leurs dégradations (**art. R512-28**). Elle sera proportionnée aux enjeux et devra permettre d'alerter en cas de dérive liée aux émissions atmosphériques de l'installation qui pourrait à terme dégrader les milieux. Cette surveillance pourra être renforcée ou allégée au cours de la vie de l'installation (**art. R512-31**) en fonction de l'évolution des émissions atmosphériques de l'installation ou de la sensibilité de son environnement.

Initialement les paramètres à surveiller et les enjeux particuliers sont mis en évidence lors de l'étude d'impact. Concernant le volet sanitaire des études d'impact, l'analyse des effets sur la santé est réalisée conformément à la **circulaire du 9 août 2013** relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation. Elle repose sur une **démarche intégrée** associant « Interprétation de l'État des Milieux » (IEM) initiale et actuelle par la mesure dans différents milieux environnementaux dont l'air, complétée par une « Évaluation prospective des risques sanitaires » (ERS). Cette démarche peut être reconduite tout au long de la vie d'une ICPE, notamment lors de la mise à jour de l'étude d'impact :

- ❑ à l'occasion du **réexamen** des conditions d'autorisation, imposé par la Directive sur les émissions industrielles (IED) ;
- ❑ en réponse à la **constatation** du non-respect des prescriptions, d'un impact avéré dans l'environnement ou d'une préoccupation justifiée des populations (**article L512-20**) ;
- ❑ suite à une **modification substantielle** de l'installation (**art. R 512-33** et **circulaire du 14/05/2012** du MEDDTL) de « nature à entraîner des dangers ou des inconvénients significatifs ».

Textes ministériels

Certaines installations classées sont soumises à des règles techniques fixées par arrêtés ministériels pris en application de l'**article L 512-5** visant à prévenir et réduire les pollutions de toutes natures liées à l'installation (protection des intérêts mentionnés à l'**article L 511-1**).

L'**arrêté du 2 février 1998**, relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, impose (**art. 63**) une **surveillance** de la qualité de l'air ou des retombées (pour les poussières) autour du site.

Cadre réglementaire

DDAE/étude d'impact

⁽⁵⁾ Cf. Annexe III de l'arrêté du 02/02/98

⁽⁶⁾ Notamment :

- les installations d'incinération et de stockage de déchets dangereux et non dangereux,
- les installations de traitement de cadavres, des déchets ou des sous produits d'origine animale,
- l'industrie papetière,
- l'industrie du verre et de la fibre minérale,
- les installations de combustion,
- les installations de préparation et de conditionnement de vin,
- les activités de traitement de surface,
- les exploitations de carrières.

Sa mise en oeuvre est conditionnée au **dépassement** de seuils de flux massique horaire (kg/h) des rejets atmosphériques (canalisés et diffus) de l'installation pour certains polluants : NOx, SOx, COVT, 45 COV⁽⁵⁾ spécifiques, poussières, composés inorganiques gazeux du chlore, HCl, fluor et composés fluorés, 15 éléments traces métalliques.

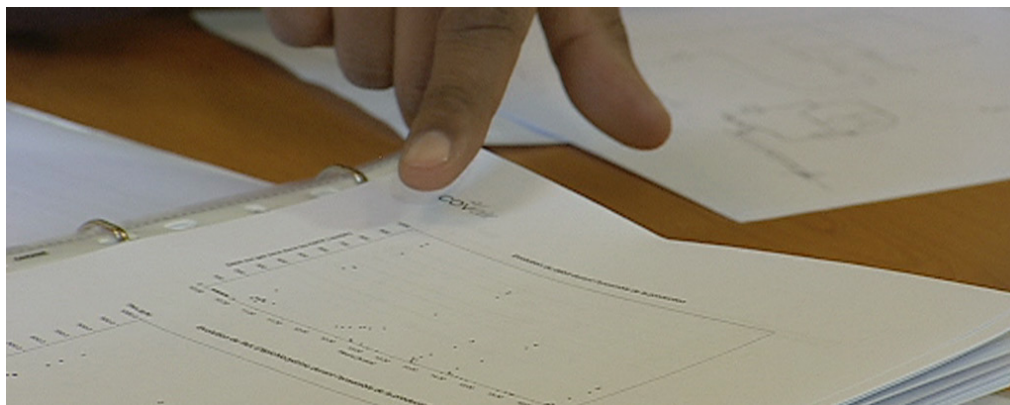
Cet arrêté s'applique à toutes les installations classées soumises à autorisation à l'exclusion d'activités listées dans son article premier⁽⁶⁾.

Pour la majeure partie des activités exclues du champ d'application de l'arrêté du 2 février 1998, des arrêtés sectoriels imposent des exigences similaires à cet article, par exemple :

- **Arrêté du 12 mars 2003** relatif à l'industrie du verre et de la fibre minérale (**art. 76**),
- **Arrêté du 3 avril 2000** relatif à l'industrie papetière (**art. 16.1**),
- **Arrêté du 26 août 2013** relatif aux installations de combustion d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW soumises à autorisation au titre de la rubrique 2910 et de la rubrique 2931 (**art. 38**).

Les exigences en matière de surveillance de l'air autour du site sont similaires à l'**article 63 de l'arrêté du 02/02/98** (différents seuils limites sur les flux massiques horaires (kg/h) de rejets atmosphériques imposant une surveillance environnementale) (**Annexe 2**). Des méthodes de prélèvement, mesure et analyse sont précisées dans ces textes (**Annexe 3**), mais pas la stratégie de mesures associée qui sera proposée par l'exploitant à la validation de l'Inspection. Ces méthodes ainsi que celles données dans l'**Annexe 3** de l'**arrêté ministériel du 07/07/2009** relatif aux modalités et aux normes de référence pour l'analyse de l'air et des eaux dans les ICPE correspondent aux méthodes à utiliser dans le cadre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air ambiant conformément aux exigences des **directives 2008/50/CE** et **2004/107/CE - Voir chapitre dispositif national de surveillance**. Dans le cadre de la stratégie de surveillance décrite dans ce guide, la contrainte logistique annoncée à la mise en oeuvre de ces normes peut être disproportionnée au regard des objectifs visés.

Seuls les arrêtés ministériels du 20 septembre 2002 sur les **installations d'incinération** de déchets dangereux et non dangereux imposent, de façon systématique et obligatoire, quelque soit le niveau des émissions, une surveillance des effets de l'installation sur son environnement. Cette surveillance doit obligatoirement comprendre les éléments traces métalliques (ETM) et les dioxines/furanes (PCDD/F) et ne concerne que l'impact dans les milieux dû au transfert des émissions atmosphériques du site dans l'environnement.



Cadre réglementaire et historique

Textes ministériels

Nota

PNEC (Predicted No Effect Concentration) : plus forte concentration de la substance sans risque pour l'environnement. Elle définit la toxicité de la substance vis à vis de l'environnement.

PEC (Predicted Environmental Concentration) : concentration prévisible de la substance dans l'environnement. Elle définit l'exposition des milieux naturels à cette substance.

Hormis des exigences minimales de fréquence annuelle, de familles de substances concernées, de caractérisation au point d'impact maximal et l'introduction de la notion d'état initial (point zéro), ce texte ne détaille pas les modalités de mise en application de la surveillance prescrite. Le choix de la stratégie de surveillance est laissé libre, notamment en ce qui concerne :

- ❑ l'**objectif** de cette surveillance environnementale,
- ❑ la nature des **milieux** et/ou matrices à surveiller,
- ❑ le choix des **périodes** de mesures et/ou prélèvements,
- ❑ le nombre de **points** de mesures et/ou prélèvements,
- ❑ la **liste** des ETM ou PCDD/F à analyser,
- ❑ les **protocoles** de prélèvements, de préparation des échantillons et d'analyses associées, les **unités** de restitution des résultats, les **limites** de quantifications,
- ❑ l'**interprétation** des résultats.

Il existe un guide spécifique pour la surveillance environnementale de l'impact des émissions atmosphérique de ces installations, qui donne des repères méthodologiques nécessaires à la mise en oeuvre de cette surveillance⁽³⁾. Certaines parties concernant l'air sont précisées par ce guide (contrôles qualité, stratégies d'échantillonnage temporelle et spatiale et l'interprétation des résultats de mesures pour les mesures dans l'air y compris à l'aide d'outil de biosurveillance de la qualité de l'air).

On peut citer également la **circulaire du 7 mars 2000**, qui concerne les installations de production de chlore par électrolyse à cathode de mercure. Elle précise que pour des rapports PEC/PNEC > 1, les concentrations de mercure devront être évaluées ou mesurées dans les trois compartiments de l'environnement (eaux superficielles, sols et atmosphère).

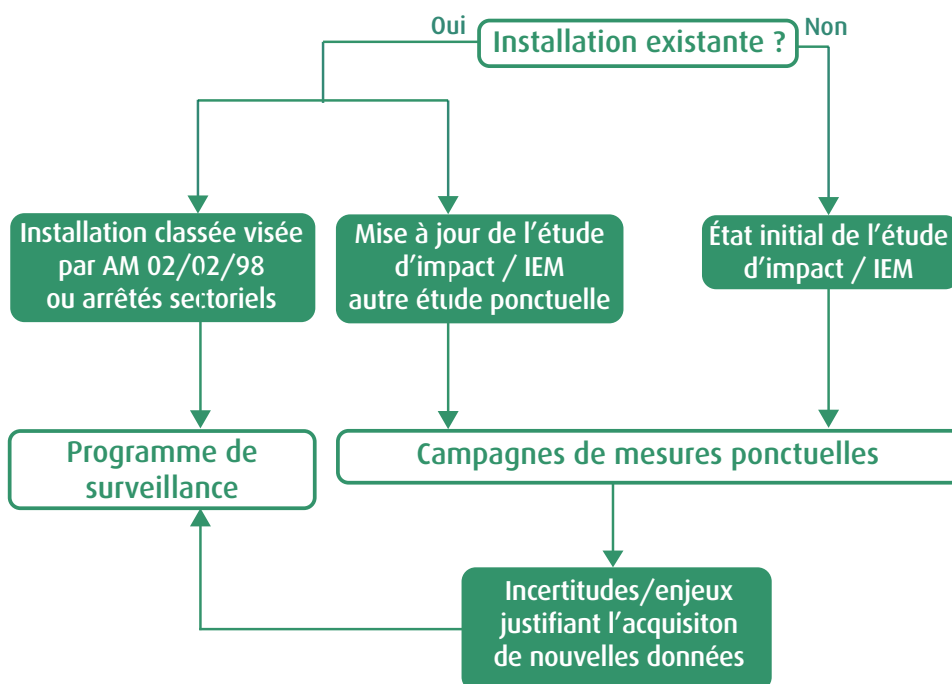


Figure 1 : Contextes réglementaires où des campagnes de mesures « air » peuvent être rendues nécessaires autour d'une ICPE

Cadre réglementaire et historique

Dispositif national de surveillance

(7) D'après « Bilan de la qualité de l'air en France en 2011 ». Direction Générale de l'Énergie et du Climat. Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie ».

(8) SO₂, NO/NO₂, O₃, PM₁₀ et PM_{2,5}, CO, benzène, plomb, arsenic, cadmium, nickel, mercure, hydrocarbures aromatiques polycycliques (benzo[a]pyrène principalement).

(9) Valeurs limites et/ou cibles, objectifs de qualité de l'air, seuils de recommandations et d'information, seuils d'alerte, niveau critique.

(10) Le parc analytique des AASQA comprenait en 2011 environ 1900 analyseurs déclarés en sites fixes, répartis sur près de 670 stations de mesure. Il comporte également des préleveurs pour le suivi de polluants tels que les métaux, les HAP, les COV (dont le benzène), ou d'autres polluants dont la mesure peut nécessiter une phase de prélèvement suivie d'analyses en différé en laboratoire.

(11) Guide technique et méthodologique de l'analyse de l'As, Cd, Ni et Pb dans l'air ambiant et dans les dépôts atmosphériques – L. Alleman, B. Malet - Mines de Douai - Novembre 2011

Mesure du benzène – Guide technique de recommandations concernant la mesure du benzène dans l'air ambiant – N. Locoge, H. Plaisance, L. Chiappini – Mines de Douai, Ineris – Décembre 2009

Guide méthodologique pour la surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans l'air ambiant et dans les dépôts atmosphériques – A. Albinet – Ineris - 2011

Dispositif national de surveillance⁽⁷⁾

En France, en application de la **Loi sur l'Air** et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE) du 30 décembre 1996, la mise en oeuvre de la surveillance de la qualité de l'air et l'information du public sont confiées par l'État à des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (26 AASQA réparties dans les régions et DOM/TOM).

Cette surveillance porte en priorité sur les **polluants réglementés**⁽⁸⁾ (**décret n°2010-1250** du 21 octobre 2010 qui transpose la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 et concerne également la directive 2004/107/CE).

En fonction des polluants, la réglementation fixe des concentrations moyennes⁽⁹⁾ annuelles, journalières ou horaires à ne pas dépasser un certain nombre de jours ou heures par an. Les valeurs ont été choisies afin de **protéger** les populations d'effets sanitaires et d'éviter des effets nocifs directs sur la végétation (cas des NO_x, SO₂ et O₃). Pour certaines substances (Pb, Cd, Ni, Hg, HAP), les dépôts atmosphériques doivent également être surveillés, mais il n'existe pas de seuils réglementaires.

Le respect de ces valeurs doit être vérifié par des mesures. Elles sont réalisées à l'aide de stations fixes de surveillance dotées d'un ou plusieurs instruments de prélèvement automatiques⁽¹⁰⁾. Les équipements et les sites de mesure des AASQA reposent sur des préconisations techniques communes, en vue de répondre de manière harmonisée aux obligations nationales ou européennes. Dans le cadre des travaux du LCSQA, plusieurs **guides méthodologiques** ont été rédigés pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air pour le benzène, les HAP et quatre ETM (As, Cd, Ni, Pb)⁽¹¹⁾.

Outre les différentes méthodes de mesure de références ou indicatives, ces guides présentent la stratégie de mesure (points et implantations des sites de mesure, seuils d'évaluation, critères de performances, normes mises en oeuvre, implantation...) afin de respecter les exigences des directives et des normes européennes.

Les stations de mesures sont réparties sur le territoire suivant des critères précis d'implantation afin d'assurer une surveillance dans différentes typologies de site :

- ❑ stations de **fond (péri) urbain** : stations de suivi du niveau d'exposition de la majorité de la population aux phénomènes de pollution dits de « fond » dans les centres urbains et à leur périphérie ;
- ❑ stations de **proximité trafic** : stations de mesure des concentrations dans des zones représentatives des niveaux les plus élevés auxquels la population située à proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée ;
- ❑ stations de **fond rural** : stations de surveillance de l'exposition de la végétation, des écosystèmes naturels et de la population à la pollution atmosphérique de « fond », notamment photochimique, dans les zones rurales ;
- ❑ stations de **proximité industrielle** : stations de mesure des concentrations dans des zones représentatives des niveaux les plus élevés auxquels la population riveraine de sources fixes est susceptible d'être exposée, par des phénomènes de panache ou d'accumulation.

Cadre réglementaire et historique

Dispositif national de surveillance

(12) Excepté pour l’ozone et les NOx, pour lesquels une période d’au moins 10% du temps doit être assurée en été.

(13) Directive 2008/50/CE du 21/05/2008 concernant la qualité de l’air ambiant et un air pur pour l’Europe (SO2, NOx, CO, Benzène, PM10,PM2.5, Plomb, Ozone).

Directive 2004/107/CE du 15/12/2004 concernant l’arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l’air ambiant.

(14) Directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

Ces stations doivent assurer dans ces zones une surveillance avec des mesures **fixes ou indicatives** qui se distinguent par des exigences différentes. Ces exigences sont fixées par les textes réglementaires, en termes de niveaux d’incertitudes et de durées d’échantillonnages minimales annuelles en fonction des polluants, des typologies de sites et de la proximité des valeurs mesurées avec les valeurs seuil/limites/cibles réglementaires (**Tableau 1** - voir détail par substances en **Annexe 4**).

Pour les polluants concernés par la directive 2008/501/CE, les échantillonnages doivent être répartis uniformément tout au long de l’année⁽¹²⁾ et réalisés soit en grappe (ex : 8 semaines réparties uniformément sur l’année), soit de façon discrète (ex : un ou deux jours choisi aléatoirement par semaine). Pour les HAP, et les métaux (directive 2004/107/CE), les mesures fixes et indicatives doivent également être réparties sur l’année de manière à éviter de fausser les résultats.

	Incertitude	Durée d’échantillonnage annuelle	Conditions de mise en oeuvre
Mesures fixes	De 15 à 70%	De 33 à 90%	Quand dépassement des valeurs seuils et des valeurs limites et/ou cibles des directives.
Mesures indicatives	De 25 à 70%	De 14 à 33%	Lors d’une première évaluation. Non dépassement des valeurs seuils fixées dans les directives lors des évaluations suivantes.

Tableau 1 : Objectifs de qualité des données pour la surveillance réglementaire de la qualité de l’air

Pour les stations de **proximité industrielles**, il est précisé dans l’**annexe 4** des directives de 2004/107/CE et 2008/50/CE⁽¹³⁾ que « Lorsqu’il s’agit d’évaluer les contributions des sources industrielles, au moins un point de prélèvement est installé sous le vent par rapport à la source dans la zone résidentielle la plus proche. Si la concentration de fond n’est pas connue, un point de prélèvement supplémentaire est installé dans la direction principale du vent ».

Dans les cas de dépassement des valeurs cibles attribuables principalement à des installations relevant de la directive 96/61/CE⁽¹⁴⁾, « les points de prélèvement devraient être placés de sorte que la mise en oeuvre des MTD puisse être contrôlée ».

Ce réseau peut donc fournir des données de qualité utiles à la surveillance environnementale des ICPE prescrites réglementairement. Il est ainsi précisé dans **l’arrêté du 02/02/1998** et dans les arrêtés sectoriels (sauf incinérations) que « Les exploitants qui participent à un réseau de mesure de la qualité de l’air qui comporte des mesures du polluant concerné peuvent être dispensés de cette obligation, si le réseau existant permet de surveiller correctement les effets de leurs rejets ».

Ainsi, avant tout engagement de moyens de mesures supplémentaires, on doit vérifier auprès des AASQA qu’il n’existe pas des **données locales** permettant de caractériser soit les niveaux de concentrations dans l’air ou des dépôts atmosphériques au niveau de l’environnement local témoin (bruits de fond urbain, rural, industriel) ou du point d’impact que l’on souhaite investiguer (voir chapitre

«*macro-implantation*») pour la période choisie (voir chapitre «*choix des périodes de mesure*»), soit des données météorologiques locales.

Ces données pourront venir alimenter l'historique nécessaire à la construction de la stratégie de mesures, ou l'interprétation de nouvelles mesures.

Le réseau national de surveillance ne concerne cependant pas toutes les substances citées par les arrêtés sectoriels ou susceptibles de générer des effets sanitaires. Néanmoins, ponctuellement certaines AASQA peuvent être amenées à travailler sur ces polluants non réglementés dans le cadre d'étude spécifiques ou d'observatoires régionaux.



Objectifs et stratégie de surveillance

19 Nature des retombées atmosphériques surveillées

21 Objectifs de surveillance

21 Stratégie de surveillance

24 Stratégie de mesure

Objectifs et stratégie de surveillance associée

Nature des retombées atmosphériques surveillées

Note

Après leur émission, les polluants atmosphériques peuvent se retrouver dans l'air ambiant sous des formes physiques très différentes de celles existantes à l'émission. Pour un même polluant, la répartition entre les phases particulaires et gazeuses pourra évoluer rapidement en fonction de la réactivité de la substance, des variations de températures, d'humidité et de composition de l'air entre l'émission et l'air ambiant.

Plus on s'éloignera de la source d'émission et plus ces différences pourront être importantes.

(15) Ingestion de végétaux, voir de sols (cas particuliers des enfants) impactés, et/ou par la consommation de produits (lait, viandes bovines, œufs, poissons, crustacés...) impactés localement et présents dans la chaîne alimentaire.

Nature des retombées atmosphériques surveillées

Les **retombées atmosphériques** issues des émissions d'une ICPE sont constituées de gaz ou de particules qui restent en suspension dans l'air ambiant (concentrations dans l'air) et/ou se déposent sur des compartiments environnementaux intégrateurs (dépôts atmosphériques) en **contact direct** avec l'atmosphère (sols, végétaux, eaux superficielles) (**Figure 2**).



Figure 2 : Définition des retombées atmosphériques retenue dans ce guide

C'est donc sous deux formes physiques, gaz et/ou particulaire, que les polluants atmosphériques vont atteindre les premiers compartiments environnementaux après leur émission. Les processus associés à ces transferts sont divers et complexes. On peut retenir en première approche que :

- ❑ les **gaz** et les **particules « fines »** (PM_{10} i.e. $d_{ae} < 10 \mu m$) diffusent et restent **en suspension** dans l'air ambiant ; ils pourront conduire à une exposition des populations par inhalation (voie d'exposition directe). Dans le cas des polluants présents sous forme particulaire, cette exposition est fonction de la taille des particules qui conditionnera leur pénétration plus ou moins profonde dans les voies respiratoires ($PM_{10}/PM_{2.5}$).
- ❑ à l'interface air/végétaux les **gaz** peuvent s'adsorber sur les plantes par **dépôts gazeux secs**,
- ❑ les **particules « fines »** (PM_{10} i.e. $d_{ae} < 10 \mu m$) ou les gaz peuvent être déposés par **dépôts humides** (pluie, brouillard) (sols, végétaux, eaux de surfaces),
- ❑ les particules de plus grande taille **sédimentent** et contribuent plus aux **dépôts particulaires secs** (sols, végétaux, eaux de surfaces).

Ces trois derniers types de contributions peuvent conduire à une exposition des populations par ingestion (voie d'exposition indirecte) par une consommation de matrices environnementales accumulatrices des dépôts atmosphériques ⁽¹⁵⁾.

Objectifs et stratégie de surveillance associée

Nature des retombées atmosphériques surveillées

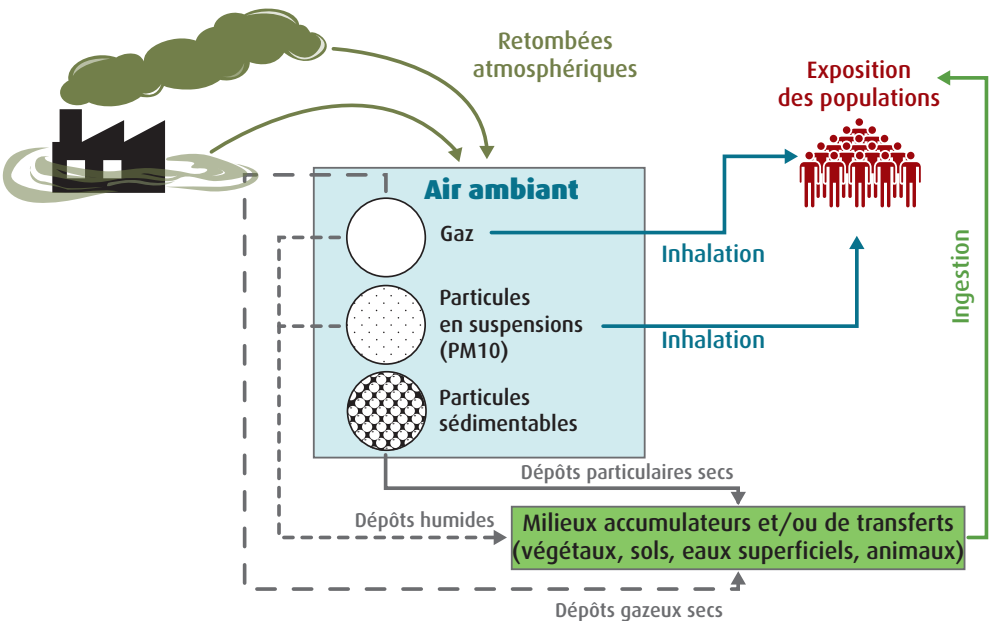


Figure 3 : Principaux mécanismes de transfert des polluants atmosphériques et voies d'expositions associées (illustration)

Les méthodes retenues dans ce guide pour mesurer ces retombées atmosphériques reposent, soit sur la mise en place de matériel dans l'environnement du site, soit sur des prélèvements de matrices utilisées en biosurveillance⁽¹⁶⁾ de la qualité de l'air et qui sont déjà présentes dans les milieux environnants (**Tableau 2**).

		Méthodes de mesure		
		Unité de mesures	Systèmes mis en place spécifiquement dans l'environnement	Utilisation des milieux environnants
Mesure physico-chimiques	Concentrations dans l'air	µg/m³	Analyseurs, préleveurs actifs et/ou passifs	-
	Dépôts atmosphériques	µg/m²/j	Jauges, collecteurs	-
Biosurveillance de la qualité de l'air	Dépôts atmosphériques	µg/g	Culture standardisée de ray-grass	Prélèvement in situ de lichen/mousse

Tableau 2 : Méthodes de mesures retenues dans ce guide

(16) A ne pas confondre ici avec le dosage d'une substance ou de ses produits de dégradation/transformation dans une matrice biologique d'organismes vivants : sang, urine, tissus corporels, sève...

Objectifs et stratégie

Objectifs de surveillance

Concernant la voie d'exposition par **inhalation**, la mesure des concentrations des polluants en suspension dans l'**air** permet d'assurer une surveillance dans un compartiment qui contribue directement et au moment des mesures à l'exposition par inhalation. Cette mesure permet d'isoler au mieux la contribution des émissions atmosphériques de l'installation.

Concernant la voie d'exposition par **ingestion**, les résultats de mesures des dépôts atmosphériques ou leurs méthodes dérivées (ray-grass, lichen/mousse), ne permettent pas d'évaluer directement l'exposition par ingestion. En revanche, ils permettront une bonne qualification de la contribution actuelle de la source dans une matrice environnementale sentinelle à l'accumulation récente des dépôts atmosphériques dans les milieux environnementaux et/ou d'exposition. Ces mesures peuvent ainsi permettre d'identifier en amont une tendance qui, à terme, pourrait **contaminer les sols, végétaux, eaux superficielles, sédiments, animaux et populations...**

Objectifs de surveillance

La définition des objectifs d'un programme de mesure est un **préalable** à tout déploiement de matériel sur le terrain.

L'objectif de surveillance retenu ici est de disposer de résultats de mesures dans l'air qui vont permettre, à travers des campagnes de mesures ponctuelles et hors situations accidentelles, de déterminer si les retombées locales des émissions atmosphériques actuelles du site dégradent ou risquent de dégrader l'environnement aux regards de valeurs repères locales. Le cas échéant, on devra évaluer si cette dégradation peut provoquer des effets sanitaires suite à des expositions directes ou indirectes sur le long terme à ces retombées.

Cette surveillance doit permettre d'identifier la part attribuable des émissions atmosphérique de l'installation dans l'observation d'un éventuel marquage environnemental⁽¹⁷⁾, de le mettre en perspective et si besoin de fournir des données d'entrées permettant d'évaluer l'exposition des populations.

Si une pollution historique liée à des dépôts atmosphériques anciens de substances persistantes ou bioaccumulables est suspectée, celle-ci ne pourra être évaluée que par des prélèvements dans d'autres milieux récepteurs (sols notamment). Ce cas est hors champ du présent guide.

Stratégie de surveillance

La stratégie de surveillance proposée pour répondre à ces objectifs s'inscrit dans une démarche à **deux niveaux**. Elle peut être engagée lors d'étude ponctuelle (étude d'impact, IEM...) ou dans le cadre d'un programme de surveillance ainsi que dans différentes configurations de fonctionnement de l'installation (normal ou suite à un dysfonctionnement récent et maintenant maîtrisé de celle-ci, hors situations accidentelles).

Tout d'abord, des campagnes de mesures ponctuelles sont conduites, soit au niveau du point de retombées maximum, soit au niveau des cibles qui sont le plus exposés aux retombées de l'installation (**campagne de 1^{er} niveau**). Les mesures y sont réalisées à minima lorsque cette contribution y est la plus forte. Ces caractéristiques sont évaluées sur des moyennes adaptées au contexte de la surveillance (3-5 dernières années pour le suivi d'un fonctionnement normal de l'installation, pendant la période de la dérive suite à son dysfonctionnement).

⁽¹⁷⁾ La détermination de la contribution de l'installation par rapport au bruit de fond n'est pas une fin en soi, elle sera parfois même impossible lorsque la contribution du site est négligeable par rapport à l'environnement local témoin. Il faudra néanmoins vérifier que tout a été mis en œuvre dans la construction de la stratégie de mesure pour pouvoir détecter cette émergence au minimum là où des cibles sont les plus exposées à cette contribution.

Objectifs et stratégie

Stratégie de surveillance

Les résultats de ces mesures sont en premier lieu comparés à des **valeurs repères** propres à l'environnement local. Ces valeurs sont obtenues à différents moments de la vie de l'installation (état initial) et endroits autour du site (environnement local témoin non marqué par l'installation : bruits de fond urbain et rural). Une évolution défavorable de l'environnement est constatée quand l'écart entre la valeur obtenue au point « impacté » retenu et celle qui y a été mesurée lors de l'état initial (pour des mêmes conditions) est significatif. Si, lors de cette campagne, l'écart entre le point « impacté » retenu et l'environnement local témoin est également significatif, une dégradation du milieu atmosphérique pourra être attribuée à l'installation.

Si dans ces conditions de mesures, la contribution du site ne se démarque pas par rapport aux valeurs repères disponibles, les mesures peuvent être interrompues à conditions que les émissions soient maîtrisées et constantes. Cette logique donne toute son importance à la bonne caractérisation de l'état initial et de l'environnement local témoin. Ces premières mesures auront permis de conclure à un faible risque de dégradation de l'environnement par les retombées atmosphériques locales actuelles du site et ceci en limitant le nombre de points et de campagnes de mesure et leur durée.

Dans le cas contraire, si la substance mesurée dispose de **valeurs de gestion** et qu'elles sont dépassées au point « impacté » retenu, il peut être engagé des mesures de gestions constituées d'un plan de maîtrise des émissions atmosphériques du site, et/ou d'investigations complémentaires dans les milieux d'exposition (**campagne de 2nd niveau**) pour :

- ❑ améliorer la connaissance de l'exposition par inhalation par de nouvelles campagnes de mesures. Elles devront permettre de **mieux caractériser les niveaux moyens de concentrations** (allongement des périodes d'échantillonnage, rapprochement des milieux d'exposition) et d'ainsi consolider les premières interprétations.
- ❑ caractériser les **niveaux de contaminations** moyens des **milieux intégrateurs** matrices environnementales accumulatrices (sols, végétaux consommés, eaux superficiels...) impactées par les dépôts atmosphériques mesurés (charge récemment acquise) et pouvant indirectement exposer les populations par ingestion⁽¹⁸⁾.

Les valeurs de gestion dans l'air étant fixées généralement en moyenne annuelle, la transposition sur le long terme de résultats de mesures obtenus ponctuellement devra toujours être réalisée avec prudence. Ainsi, le dépassement de valeurs de gestion devra être utilisé comme un indicateur pour décider de la nature et des délais des mesures de gestion à engager (campagnes de 2nd niveau et/ou maîtrise des émissions atmosphériques).

Si la substance **ne dispose pas de valeurs de gestion** :

- ❑ pour les **concentrations dans l'air**, on pourra les comparer à une VTR choisie conformément aux recommandations de la Direction Générale de la Santé⁽¹⁷⁾ ou utiliser les grilles de calculs IEM⁽¹⁹⁾ annexées au Guide sur l'Interprétation de l'état des Milieux (**MEDD, 2007**). Ce choix sera fonction de la représentativité de la concertation mesurée par rapport au **milieu d'exposition** et de la possibilité de lui associer un scénario d'exposition pertinent. On veillera dans tous les cas à bien respecter leurs conditions de mise en œuvre et précautions d'interprétation. Celles-ci sont décrites dans le Guide sur l'Interprétation de l'état des Milieux (**MEDD, 2007**) et dans celui sur l'Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires⁽²⁰⁾. Là aussi, la transposition sur le long terme de valeurs

⁽¹⁸⁾ Pour les plantes potagères, ces investigations seront conduites selon les préconisations du Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux (Ademe, Ineris - 2014)

⁽¹⁹⁾ Ces grilles permettent de déterminer des intervalles de gestion relatifs à la compatibilité des milieux avec les usages.

⁽²⁰⁾ Note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

Objectifs et stratégie

Stratégie de surveillance

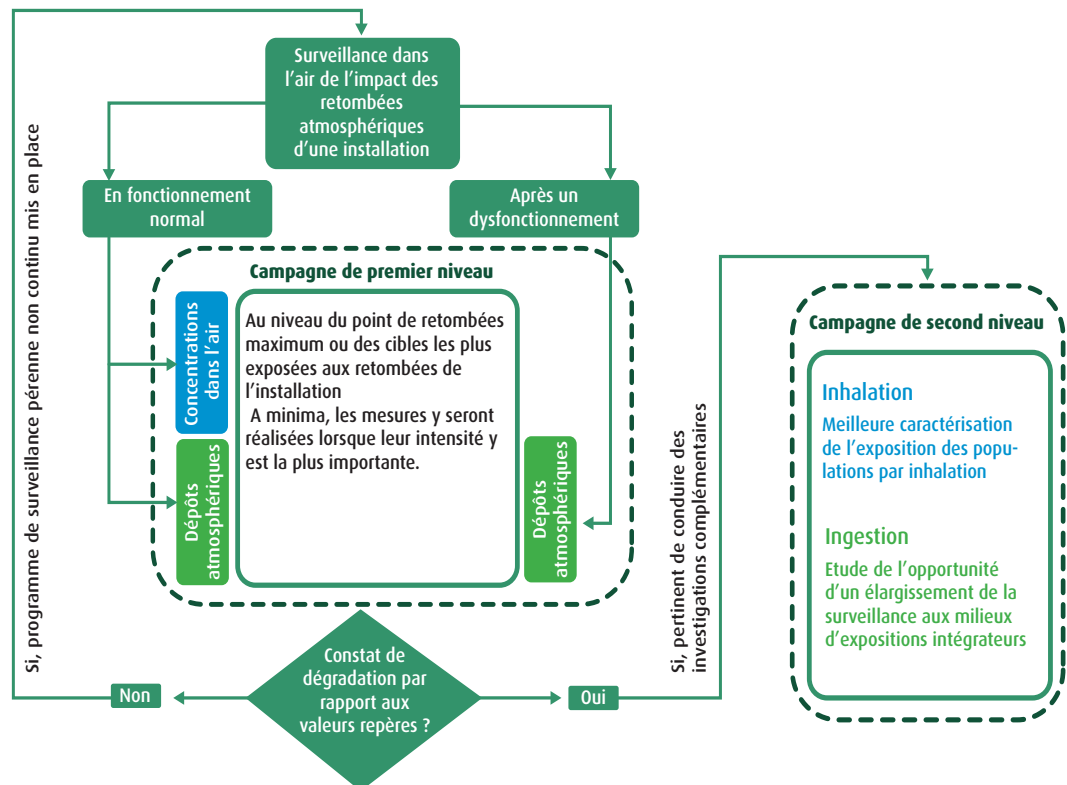
obtenues ponctuellement devra être réalisée avec prudence. Le dépassement d'une VTR ou un intervalle de gestion des risques défavorable devra également être utilisé comme un indicateur et non immédiatement considéré comme la traduction d'une situation sanitaire préoccupante.

- pour le cas des **dépôts atmosphériques**, on utilisera comme valeurs de comparaisons celles issues de publications répertoriant des niveaux de dépôts dans différents types de milieux atmosphériques (urbain, rural, sous influence de certaines d'activités industriels ou anthropiques [4]).

Bien qu'il existe des valeurs réglementaires (très élevées) allemandes et suisses pour les flux de dépôts atmosphériques de certaines substances, on comparera en premier lieu les résultats des campagnes de « 1^{er} niveau » avec ceux issus de typologies publiées. Ces mises en perspective de la contribution du site seront utilisées pour apprécier la pertinence d'élargir la surveillance aux matrices environnementales accumulatrices de la chaîne alimentaire humaine/animale locale (campagne de 2nd niveau).

En fonction des résultats des premières campagnes, des **incertitudes**, des **enjeux locaux** ou du **contexte réglementaire**, les campagnes de « 1^{er} niveau » peuvent être reconduites régulièrement. Ceci permet de mieux apprécier la variabilité des impacts et d'alerter sur une éventuelle dérive des émissions du site en régime d'exploitation normal.

La **fréquence** de ce programme de surveillance est alors adaptée aux enjeux et à leur évolution. Elle est **renforcée ou allégée** en fonction de l'évolution des résultats de mesures, au bout de par exemple trois années, lorsque les incertitudes ou les enjeux locaux sont importants.



Bleu : voie inhalation

Vert : voie ingestion

Figure 4 : Schéma de principe de la stratégie de surveillance à deux niveaux proposée dans ce guide

Objectifs et stratégie

Stratégie de mesure

	Concentrations dans l'air	Dépôts atmosphériques
Valeurs de gestion ⁽⁷⁴⁾	Choix 1	Choix 1 (ray-grass)*
VTR ou étude de l'intervalle de gestion suite à l'utilisation des grilles de calculs IEM ⁽⁷⁵⁾	Choix 2	non pertinent
Valeurs publiées caractéristiques de différents types de milieux ⁽⁷⁶⁾	En complément	Choix 2
Valeurs réglementaires de flux de dépôts atmosphériques allemandes ou suisses	non pertinent	En complément

* : Dans le cas de l'utilisation du ray-grass, la teneur en eau de l'échantillon devra être déterminée afin de pouvoir transposer les résultats aux valeurs disponibles dans la réglementation.
np : non pertinent

Tableau 3 : Valeurs de comparaisons possibles des valeurs mesurées au point « impacté » retenu si détection d'une dégradation de l'environnement.

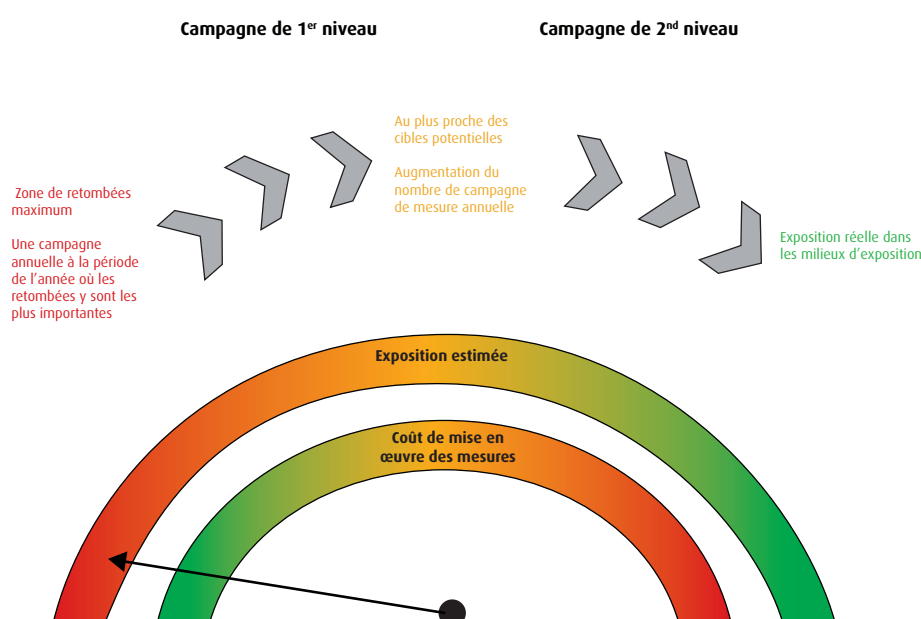


Figure 5 : Adéquation objectif/moyen des campagnes de 1er et 2nd niveau

Dans le cas de mesure à réaliser suite à un **dysfonctionnement récent** et maintenant maîtrisé de l'installation, seules les méthodes de biosurveillance de la qualité de l'air par prélèvement in situ de lichen/mousse pourront être engagées pour évaluer les dépôts atmosphériques passés liées à cet événement.

L'approche proposée est illustrée dans les **Figure 4** et **Tableau 3**. Elle est basée sur un engagement de moyens qui augmentent avec le niveau de connaissance que l'on souhaite avoir de l'exposition réelle des populations (**Figure 5**).

Stratégie de mesure

L'adaptation de la stratégie de surveillance aux spécificités du site (installation classée et son environnement), définit la stratégie de mesure (**Figure 7**), c'est à dire l'ensemble des paramètres d'échantillonnage comme : la forme **physico-chimique** pertinente du traceur à suivre (Quoi mesurer ?), la **méthode de mesure** associée en lien avec des limites de quantification (Comment mesurer ?), la **période des prélèvements** (Quand mesurer ?), la **localisation** des points de prélèvement (Où mesurer ?) et les stratégies d'échantillonnage associées.



Figure 6 : Définition d'une stratégie de mesure environnementale autour d'une installation

On cherchera toujours à disposer d'une stratégie de mesure **adaptée et proportionnée** aux **enjeux du site**.

Spécificités du site d'étude

27 Caractéristiques des émissions atmosphériques

27 nature des émissions atmosphériques

30 variations des émissions

31 caractéristiques de la zone d'étude

31 caractéristiques des émissions atmosphériques

31 météorologie locale

31 Roses des vents

32 Roses des pluies

34 occupation des sols

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques des émissions atmosphériques

Les spécificités du site sont définies par l'ensemble des caractéristiques des émissions atmosphériques de l'installation et de la zone d'étude (météorologie, topographie, occupation des sols, bâtis). La nature et la variation des **émissions** atmosphériques de l'installation, combinées à celles des **conditions de dispersion** vont moduler l'intensité et la localisation de leur impact local. L'**occupation des sols** autour de l'installation pourra également orienter le choix des méthodes de mesures et la localisation des points de mesures.

Leur **identification** et leur **description** sont un préalable à la construction de la stratégie de mesure. Elles doivent être réalisées à partir de la visite physique de l'installation et de son environnement, qui permettront de récupérer l'ensemble des informations et documentations nécessaires à la construction de la stratégie de mesures.

Ce travail préparatoire permettra d'**adapter localement** la stratégie de surveillance et de construire une stratégie de mesure adaptée aux spécificités du site.

Caractéristiques des émissions atmosphériques

Nature des émissions

Chacune des sources à l'origine des émissions atmosphériques du site doit être localisée sur un plan, sur lequel leurs caractéristiques sont annotées : **type** d'émission (canalisée ou diffuse), **nature** gazeuse et/ou particulaire, granulométrie des polluants émis, **hauteur**, **température** et **vitesse** des émissions atmosphériques. Ces informations permettent d'appréhender les distances d'impact. L'impossibilité de décrire ces paramètres devra être clairement indiquée dans le rapport de mesure (« source non caractérisée » ou liste des paramètres manquants).

Les sources d'émissions diffuses sont nombreuses (**Tableau 3**), il ne s'agit pas de les répertorier une à une, mais de localiser les zones d'émission en précisant si, prises dans leur ensemble⁽²¹⁾, elles peuvent être considérées comme des sources volumiques, surfaciques, linéiques ou ponctuelles.

⁽²¹⁾Unité géographique à ajuster en fonction de la distance à laquelle se trouve les cibles.



Spécificités du site d'étude

Caractéristiques des émissions atmosphériques

Activités	Sources diffuses
Fabriques de chlore	Émissions par les ouvrants des salles abritant les cellules d'électrolyse (lanterneaux...).
Métallurgie/Fonderie	Émissions par les ouvrants des salles abritant les procédés chauds (lanterneaux, fenêtre de toit,...). Stockage à l'air libre (matières premières, déchets)
Centre d'enfouissement technique	Émissions par les anfractuosités du sol (échanges sol/air)
Aciéries	Émissions par les ouvrants des bâtiments (lanterneaux, portes, fenêtre...)
Pétrochimie	Citernes de stockages d'hydrocarbures Ensemble des fuites aux équipements Bassin de traitements des eaux Zone de chargements/déchargements
Carrières	Roulage des engins Explosion/Taille/Concassage
Traitement de déchets	Andains de compost ou de mâchefers
Zones portuaires	Zone de chargements/déchargements Stockage matières à l'air libre

Tableau 4 : Exemples de sources diffuses dans différents secteurs d'activités (liste non exhaustive)

Ces émissions sont souvent caractérisées par des hauteurs, des températures ou des vitesses d'émissions faibles, cela induit une dispersion moindre et des distances d'impact réduites. Les concentrations et dépôts atmosphériques associés peuvent donc être plus importants en proximité immédiate du site.

Comparé aux émissions canalisées, le profil des retombées, mesuré au sol le long de l'axe des vents dominants sera différent pour ces deux types de source en fonction de l'éloignement du site (**Figure 8**).

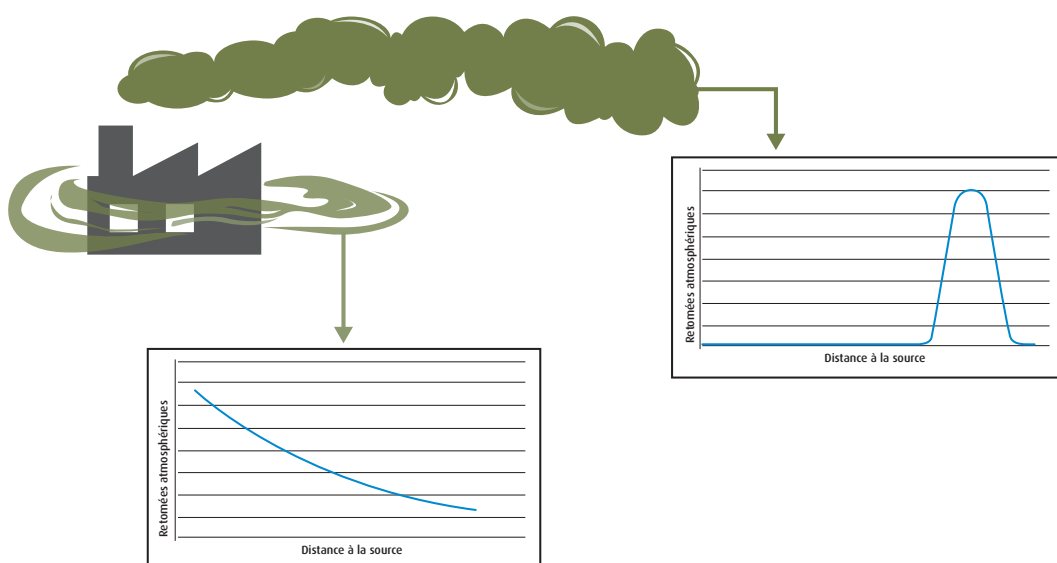


Figure 7 : Profils comparés des retombées d'une substance mesurée dans l'air au niveau du sol le long de l'axe des vents dominants pour une source diffuse (gauche) ou canalisée (droite) de même composition

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques des émissions atmosphériques

Des profils de retombées de type «source canalisée» peuvent également être associés à certaines sources diffuses de moyenne à grande hauteur et/ou avec des vitesses, température d'injection des polluants au point d'émission élevées.

Les méthodes de quantification des flux émis par les sources diffuses pouvant être difficiles à mettre en oeuvre et approximatives, une **vigilance** particulière devra être accordée aux installations concernées par **l'arrêté du 02/02/1998**, ou les arrêtés sectoriels, afin de s'assurer que la **part du diffus** n'est **pas minorée** dans sa contribution à l'atteinte des seuils d'émission à partir desquels une surveillance dans l'air ambiant est obligatoire.

Quelle que soit l'installation, une **incertitude importante** sur les flux d'**émissions diffuses** pourra légitimement conduire à préconiser une **surveillance** dans l'air dont les résultats permettront une levée de doute quant à leur éventuel impact. En effet, leur modélisation sera très incertaine faute de terme source fiable.

Remarque

Dans des situations complexes et/ou d'émetteurs importants (GIC, raffineries, cokerie, etc.) pour lesquels une incertitude forte existe sur la localisation des sources, l'utilisation de méthodes à long trajet optique pourra permettre d'obtenir une cartographie en 2D/3D des niveaux de concentration de certains polluants gazeux (SO_2 , benzène notamment). Ces études préalables permettront d'orienter et/ou valider les hypothèses faites dans la modélisation de la dispersion des émissions ou le choix des emplacements des points de mesure.

Ces méthodes sont basées sur des instruments qui analysent l'adsorption ou l'absorption d'un rayon lumineux émis sur un parcours donné. L'incertitude de ces mesures est bien maîtrisée, mais elles sont lourdes à mettre en oeuvre tant au niveau logistique que dans l'expertise associée à l'exploitation des résultats.

Elles permettent de réaliser des mesures de concentrations moyennées sur des surfaces avec une résolution temporelle de quelques secondes à plusieurs minutes (**Figures 9 et 10**).

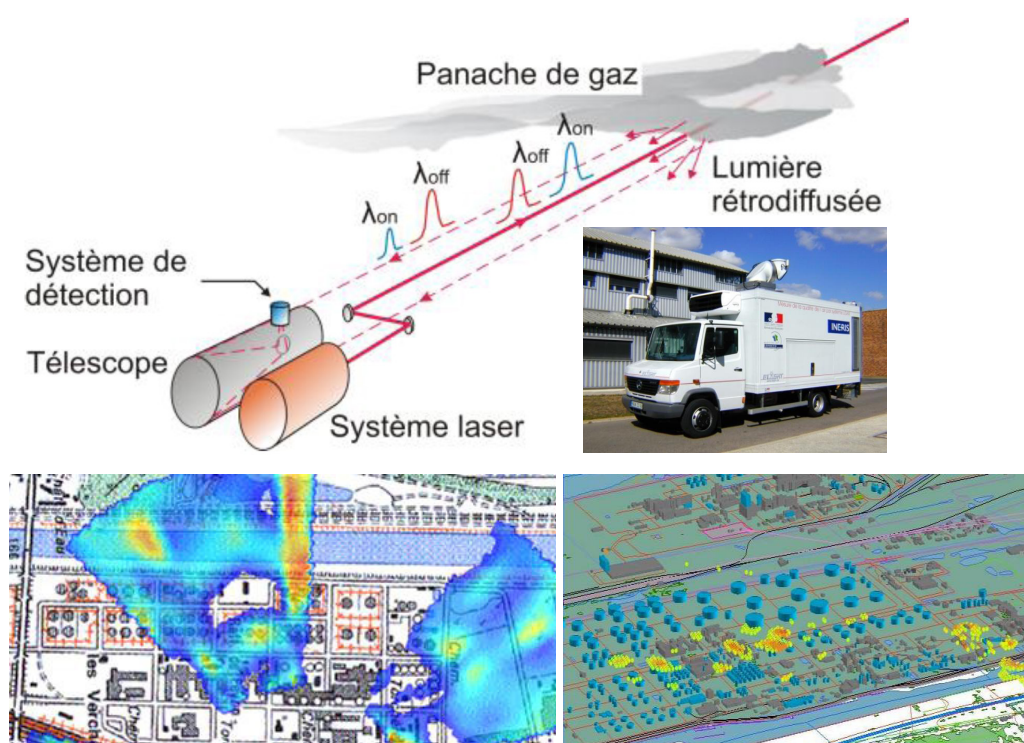


Figure 8 : Exemples de cartographie de concentrations en benzène dans l'air réalisée avec une technique LIDAR

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques des émissions atmosphériques

La sensibilité de ces méthodes s'améliore avec la distance de mesure. Avec une intégration du signal de mesure sur une distance de une à plusieurs centaines de mètres, ces méthodes peuvent être très sensibles (limites de détections de l'ordre de 5 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et précises (incertitudes sur les concentrations de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Variation des émissions

Les variations de l'activité du site peut influencer sur l'intensité des émissions atmosphériques. On doit décrire ces variations en se plaçant à une échelle long terme, de l'année civile afin d'identifier les périodes où les émissions sont les plus fortes (production accrue, nombre d'installations en fonctionnement plus important, etc..).

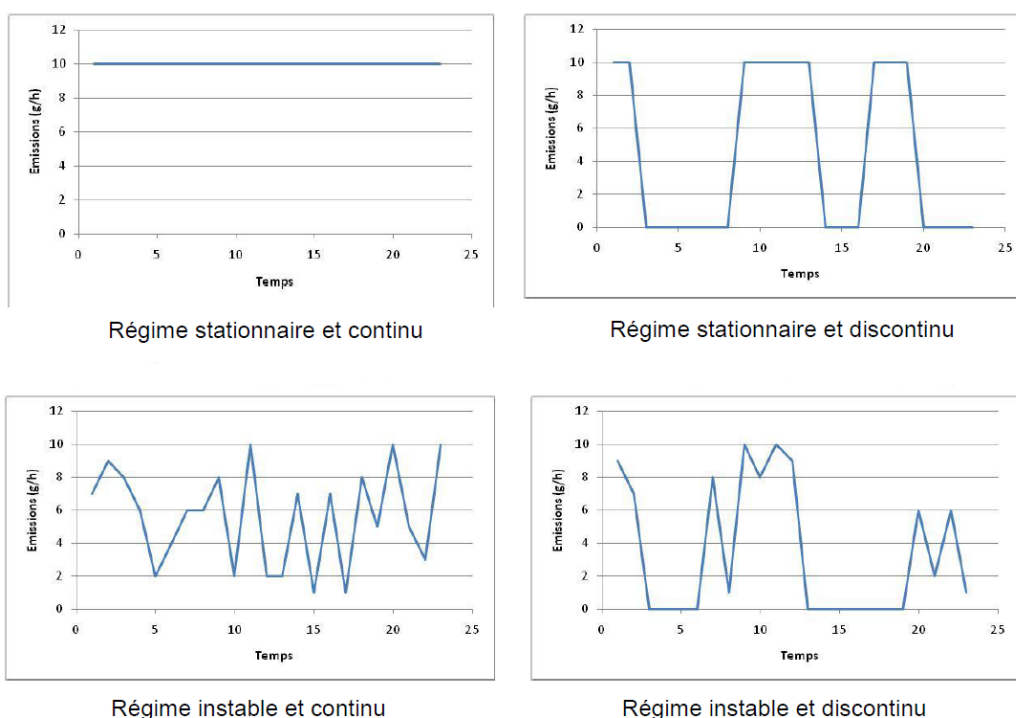


Figure 9 : Différents régimes des émissions d'une source fixe

À ce titre, une synthèse des mesures réalisées à l'émission des cheminées (autocontrôle et contrôles réglementaires) peut être conduite afin d'identifier des **périodes de variation** des substances traceurs d'émission ou de risques, qui peuvent être un indicateur de la variation des émissions.

Ces variations peuvent également être dues à **l'influence de paramètres environnementaux** agissant sur l'intensité de la source. Par 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).

Pour certains sites chlore-alkali, les flux diffus augmentent d'**au moins 50% l'été** par rapport à l'hiver (mesures réalisées par techniques LIDAR⁽²⁰⁾). Ce type de phénomène peut également exister dans tout bâtiment ayant une ventilation naturelle (ex : lanterneaux). Autres exemples, les émissions diffuses gazeuses de centre d'enfouissement technique ou particulières des parcs à mâchefers gérés à ciel ouvert, qui peuvent augmenter par temps sec et/ou vent fort.

⁽²⁰⁾Grönlund, 2005 - Elemental mercury emissions from chlor-alkali plants measured by lidar techniques. Atmospheric environment 39 (2005)- 7474-7480.

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques de la zone d'étude

(22) Il est à noter qu'une direction de vent peu fréquente peut être associée systématiquement à des précipitations.

Caractéristiques de la zone d'étude

Météorologie locale

La localisation des points d'impact des émissions, ainsi que les variations temporelles des concentrations dans l'air et/ou des dépôts atmosphériques qui en résultent, sont influencées par l'interaction entre les émissions atmosphériques, la météorologie et la topographie du site.

En fonction de la forme physico-chimique des polluants, les processus de contamination de l'environnement seront reliés à différents phénomènes météorologiques (vitesse de vents, précipitations, stabilité atmosphérique...) (voir **Annexe 5 – Partie 1**).

Cette contamination se fait dans les directions de dispersions auxquelles sont associées les plus importantes fréquences de ces phénomènes météorologiques.

Il faut être particulièrement vigilant sur l'influence d'effets locaux dont l'occurrence saisonnière, peut venir fausser une stratégie de mesures définie d'après l'analyse de tendance annuelle (voir **Annexe 5 – Partie 2**).

La prise en compte de ces effets et leur description n'est pas réservée au seul modélisateur, et leur étude est nécessaire à la construction de la stratégie de mesure. Elle repose sur l'exploitation des données météorologiques historiques, représentatives de la situation locale sur au moins trois années, et sur une phase de reconnaissance sur le terrain.

L'exploitation des données météorologiques (construction et analyse des roses des vents, des pluies et de stabilité annuelles et saisonnières) permet d'identifier :

- ❑ les directions de dispersions les plus fréquentes,
- ❑ les directions de vents les plus fréquentes associées aux précipitations⁽²²⁾,
- ❑ les stabilités atmosphériques associées à l'ensemble des différentes directions de vents.

Roses des vents

L'étude de la rose des vents annuelle permet d'étudier la répartition des fréquences de vents calmes (vitesse <1,5 m/s), faibles (vitesses comprises entre 1,5 et 4,5 m/s) et forts (vitesses > 4,5 m/s) en fonction des différentes directions.

Par convention, les roses des vents sont établies en représentant les directions d'où proviennent les vents.

Seuls les vents supérieurs à 1,5 m/s sont représentés, car ce seuil correspond à la vitesse de vent minimale pour que la dispersion des polluants ait pour moteur principal le transport et non la diffusion. Le pourcentage de vent calme doit néanmoins indiqué.

Les distributions annuelles obtenues peuvent être unimodale, bimodale ou sans direction privilégiée (**Figure 10**).

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques de la zone d'étude

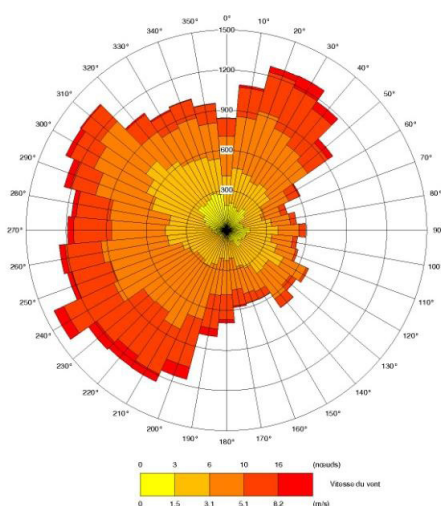
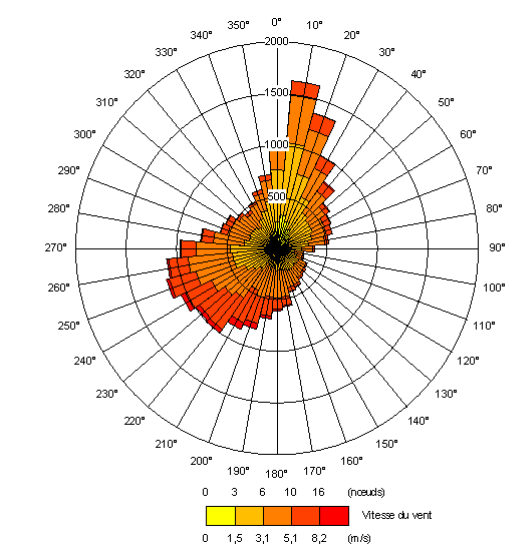
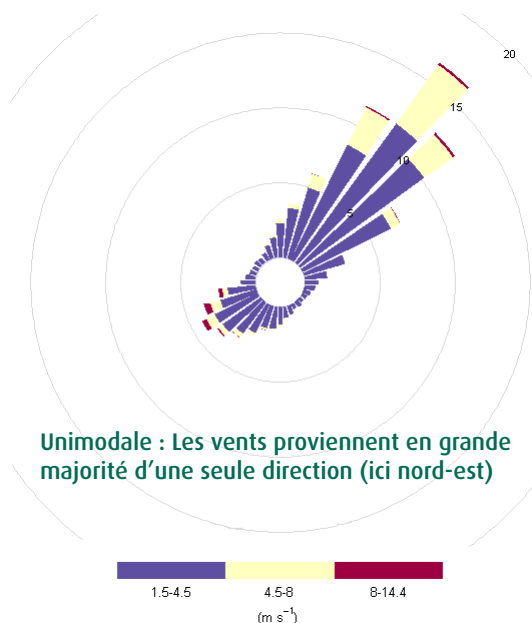


Figure 10 : Différents types de rose des vents

Les roses des vents saisonnières mettent en évidence les périodes pour lesquelles il peut exister des modifications importantes de la distribution de la direction ou de la vitesse des vents par rapport à la rose des vents annuelle ([Annexe 6](#)).

Roses des pluies

Dans le cas où le polluant est sensible aux dépôts humides, l'analyse des roses des vents est complétée par une analyse des roses des pluies. En effet, il peut apparaître qu'une direction de vent peu fréquente soit associée des précipitations significatives. ([Figure 11](#))

Ces roses représentent le cumul horaire des précipitations (mm) en fonction des directions du vent. Seuls les vents >1,5 m/s, associés à un cumul horaire de précipitations non nul, seront pris en considération. Le pourcentage de jour sans pluie doit être identique.

Ces roses peuvent également être étudiées sur les différentes saisons ([Annexe 6](#))

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques de la zone d'étude

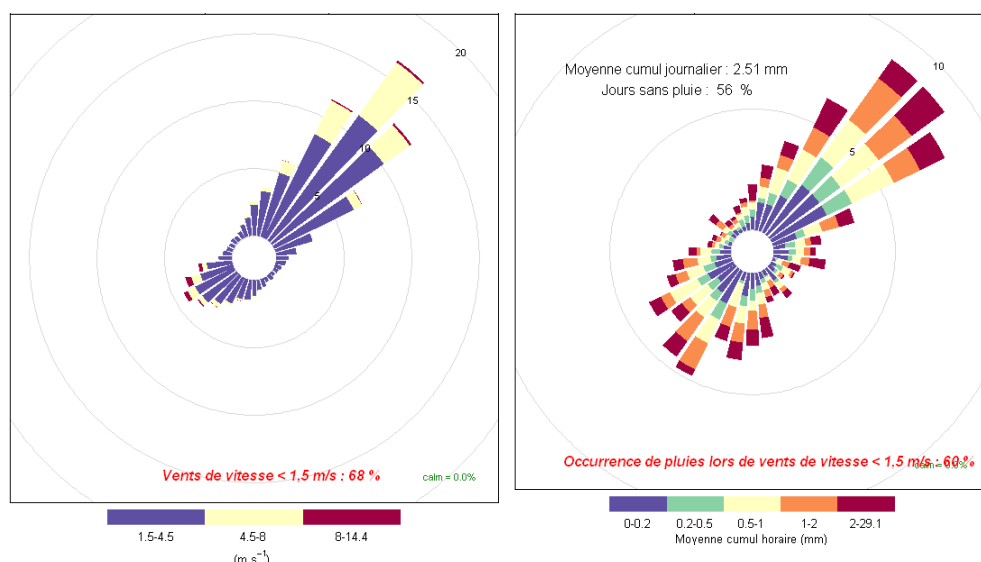


Figure 11 : Exemple de comparaison de roses de vents et des pluies annuelles pour un même site

Occupation des sols

La pollution de l'air d'une zone d'étude n'est souvent pas imputable à une seule source. Il peut exister, à proximité du site étudié, des sources qui émettent des substances de même nature. Ces **sources** peuvent être **naturelles** (biogénique, érosion éolienne, feux de forêts...) ou **anthropiques** (combustions, transports, sites industriels, traitements phytosanitaires).

Elles peuvent se situer dans une zone bien délimitée (usine, grand axe routier, jardin...) ou au contraire très étendue (ville, zone d'activité industrielle, champ). Ces sources **exogènes** (extérieures à l'ICPE) constituent le **bruit de fond** (urbain, rural, routier, industriel...).

On peut se reporter aux fiches technico-économiques du Portail Substances Chimiques de l'INERIS (www.ineris.fr/substances/fr/) ou aux données du CITEPA pour avoir une première idée des émetteurs connus de ces substances au niveau national.

Cependant, à l'échelle locale, la **hiérarchie** obtenue au niveau national pour les émetteurs peut-être **complètement remise en cause**. Un inventaire de terrain précis des émetteurs présents autour de l'installation permet de :

- ❑ Repérer la **typologie des différentes zones** autour de l'installation (urbain, périurbain, rural) afin de pouvoir identifier la nature des différents environnements locaux témoin présents autour du site.

On pourra ainsi sélectionner des points de mesures qui permettent de mettre en perspective la contribution du site au regard de bruits de fond locaux de différentes intensités,

- ❑ Situer des **sources locales** d'émissions atmosphériques **exogènes** à l'installation, qui pourraient venir interférer avec la surveillance mise en place et ainsi éviter de placer le point « impacté » sous l'influence directe de l'une de celles-ci.

Lorsque l'on ne souhaite pas être sous l'influence directe de certaines de ces sources, des distances minimales du point de prélèvement doivent être respectées (ADEME, 2002, **Tableau 4**), (NFX-43-901,903,904, **Tableau 5**).

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques de la zone d'étude

Type de source	Substances	TMJA*	Distances minimales (m) **
Voies de circulation	SO ₂ , COV, NOx, ETM	TMJA <1000	
		1000<TMJA<3000	10
		3000<TMJA<6000	20
		6000<TMJA<15000	30
		15000<TMJA<40000	40
		40000<TMJA<70000	100
		TMJA>70000	200
Stations service, garages de réparations automobiles, parking important	SO ₂ , COV, NOx, ETM		200
Gares routières, stations de taxi ou de bus	SO ₂ , COV, NOx, ETM		100
Route non bituminée	Particules, ETM		200
* : TMJA = Trafic moyen journalier annuel dans les deux sens (véhicule/jour) ** : Distance du point prélèvement au bord de la première voie de circulation, voie de bus ou de stationnement.			

Tableau 5 : Distance minimale au-delà de laquelle un point de prélèvement n'est pas sous l'influence directe de certaines sources diffuses linéique ou surfacique

Type de source	Substances	Distances minimales (m)
Grandes voies de circulation	ETM, PCDD/F, PCB-DL, HAP	300
Routes secondaires		100
Habitations isolées		100

Tableau 6 : Distance minimale au-delà de laquelle un point de prélèvement n'est pas sous l'influence directe de certaines sources diffuses linéique ou surfacique – Biosurveillance de la qualité de l'air

Cet inventaire doit être complété par une identification des **milieux de transfert** entre les sources atmosphériques et les populations afin d'orienter la nature des mesures à réaliser leur localisation.

L'ensemble de ces informations sera reporté sur une carte à l'échelle 1/25 000.

Spécificités du site d'étude

Caractéristiques de la zone d'étude

Choix des substances à surveiller

37 Substances à retenir

38 Paramètres à mesurer

Choix des substances

Substances à retenir

(23) Composés visés par l'article 63 de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 modifié et ceux listés en annexe III du même arrêté.

(24) Le flux des émissions diffuses est difficilement mesurable et souvent avec une incertitude très importante. Celle-ci venant se cumuler avec celle des modèles de dispersions utilisés pour déterminer les concentrations dans l'air et/ou les dépôts atmosphériques résultants il est préférable d'évaluer l'impact de ces émissions par des mesures dans l'environnement.

Substances à retenir

Le choix des substances à mesurer est fonction du cadre réglementaire ou du type d'études pour lesquels les campagnes de mesures ponctuelles sont mises en œuvre. Ces substances correspondent aux substances émises par l'installation :

- ❑ citées dans les arrêtés du **02/02/1998**⁽²³⁾ ou **sectoriels** et dont le flux annuel des émissions canalisées et diffuses dépasse le niveau au-delà duquel une surveillance de l'environnement doit être mise en place.

- ❑ **traceurs de risques** susceptibles de générer a priori des effets sanitaires chez les personnes qui y sont exposées (inhalation et/ou ingestion de matrices environnementales accumulant les retombées atmosphériques de l'installation) et dont les données disponibles sont insuffisantes ou incertaines pour évaluer l'impact à l'aide de modélisation (cas des émissions diffuses⁽²⁴⁾).

Cette liste est établie selon la méthodologie décrite dans le guide de l'INERIS sur l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires ; les limites de quantification à atteindre seront fixées au regard des VTR et/ou des valeurs de bruit de fond local des substances concernées.

- ❑ dont la démarche intégrée IEM/ERS aurait fait ressortir un **questionnement particulier** sur les voies d'expositions par inhalation et/ou ingestion d'une matrice environnementale particulière.

Dans ce dernier cas, la mesure des dépôts atmosphériques peut venir en complément de prélèvements dans les milieux intégrateurs notamment pour caractériser les niveaux actuels des dépôts (par rapport à l'environnement local témoin) et leur évolution en se « dédouanant » de l'historique inhérent aux matrices environnementales accumulatrices.

La liste, peut être complétée par des substances :

- ❑ pour lesquelles il existe un **questionnement local** important (ex. : plaintes).

- ❑ **traceurs d'émission** qui sont des substances spécifiques à l'activité de l'installation mais qui représentent des enjeux sanitaires plus faibles au regard de la classification établie par l'évaluateur des risques pour le site étudié (**voir méthodologie ERS**).

La mesure de ces substances peut faciliter l'identification de la contribution de l'installation aux niveaux des traceurs de risques mesurés dans l'environnement (Ex. : vanadium / plomb).

- ❑ **peu ou pas émises par l'installation**, mais dont un usage important par une autre activité humaine ou dont les caractéristiques locales, pourraient marquer significativement l'air à des périodes de l'année.

Leur prise en compte est particulièrement importante lors de l'état initial ou de sa remise à jour pour montrer que l'installation n'est pas une source de ces substances.

Dans le cadre de mesures réalisées suite à un dysfonctionnement, les substances pouvant être mesurées seront limitées à celles pour lesquelles les lichen/mousse restent des outils pertinents pour la surveillance des retombées atmosphériques de l'ICPE.

Choix des substances

Paramètres à mesurer

Paramètres à mesurer

En fonction des substances retenues, des processus de contamination des milieux, et des voies d'expositions potentielles associées, on peut limiter la surveillance des retombées atmosphériques à certains paramètres.

Pour la plupart des **COV**, la voie d'exposition aux retombées atmosphériques est l'**inhalation**. Dans ce cas, seule les concentrations dans l'air des phases gazeuses de ces substances sont mesurées (**Figure 12, tableau 6**).

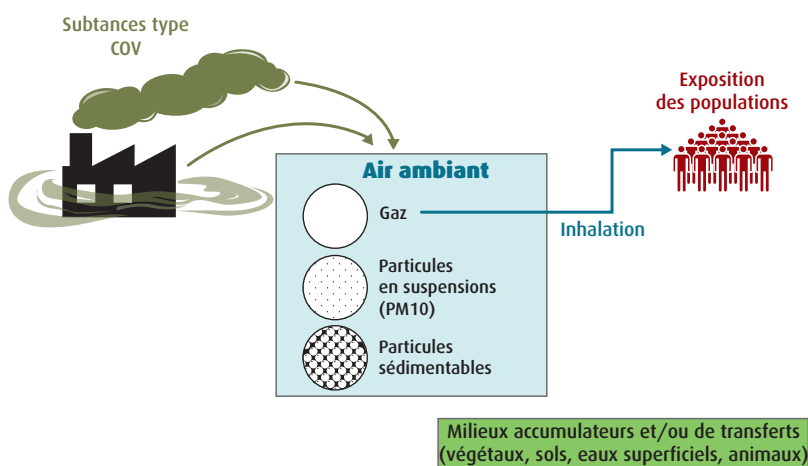


Figure 12 : Principales voies de transferts des polluants atmosphériques de type COV vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)

Pour les **PCDD/F**, il est admis que l'exposition moyenne générale des populations se fait à plus de 95% par voie alimentaire, en particulier par **ingestion** de graisses animales, et à seulement 5% par **inhalation** (INSERM, 2000).

Cette proportion doit être considérée comme reflétant une situation générale au niveau national. Elle peut être réévaluée dans des cas particuliers où les émissions d'une installation impacteraient fortement des zones d'habitations et où la consommation de produits locaux impactés serait inexistante.

Ainsi, la surveillance des concentrations de PCDD/F en suspension dans l'air ambiant peut uniquement se justifier dans des conditions très particulières qui devront être argumentées.

Compte tenu de ce mode de contamination des milieux accumulateurs seuls les **dépôts atmosphériques** de PCDD/F sont suivis (**Figure 13, tableau 6**).

Évaluation des émissions de l'installation

Paramètres à mesurer

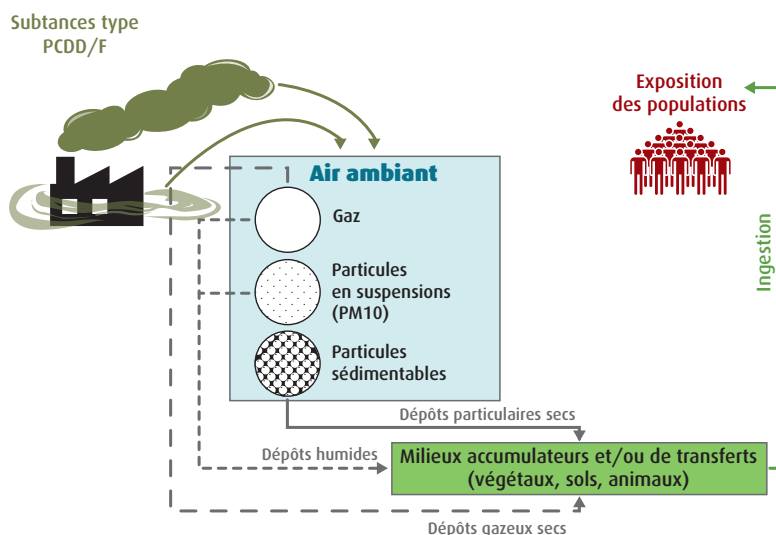


Figure 13 : Principales voies de transferts des polluants atmosphériques type PCDD/F vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)

Pour les ETM hors mercure, compte tenu des voies d'expositions potentielles à ces substances, la concentration particulaire associée au PM₁₀ dans l'air ainsi que les dépôts atmosphériques particuliers doivent être quantifiés (*Figure 14, tableau 6*).

Pour le mercure, le suivi des dépôts atmosphériques est complété par celui de la concentration de la fraction gazeuse (Hg⁰) dans l'air (*Figure 15*).

Pour les HAP, pour les substances avec moins de trois cycles on se retrouve dans une configuration de surveillance type COV (mesure des concentrations des phases gazeuses), pour les autres on se retrouve dans une configuration de surveillance type ETM (mesure des concentrations particulaires associée au PM₁₀ dans l'air ainsi que des dépôts atmosphériques particuliers).

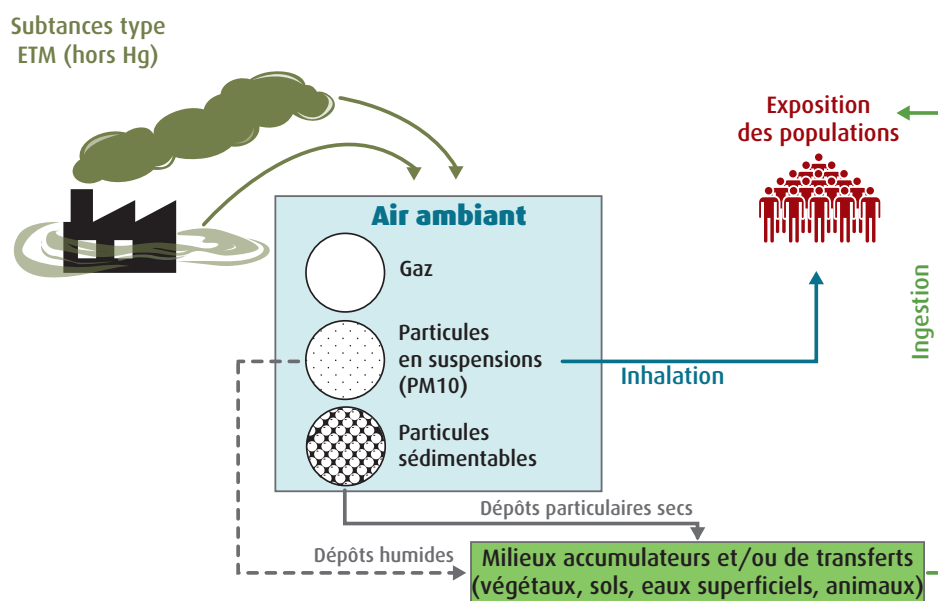


Figure 14 : Principales voies de transferts des polluants atmosphériques type ETM vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)

Substances type
Hg

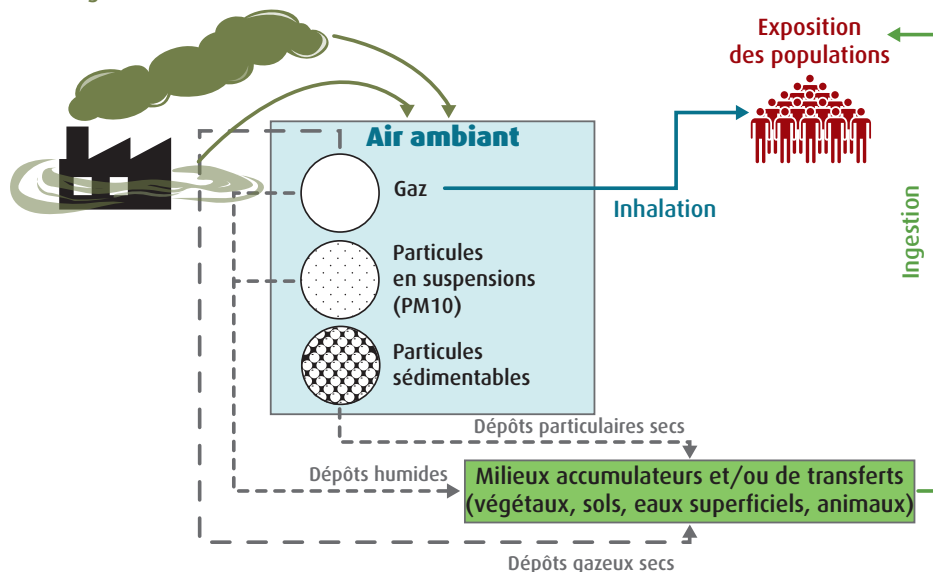


Figure 15 : Principales voies de transferts des polluants atmosphériques du mercure vers l'exposition des populations locales (hors situations accidentelles)

En fonction des substances retenues il est pertinent de ne mesurer que certains paramètres (**Tableau 6**). L'absence d'une voie d'exposition dans l'environnement local peut permettre de réduire le nombre de paramètres à mesurer.

paramètres/ substances	Concentrations dans l'air		Dépôts atmosphériques	
	Mesure des concentrations de gaz et/ou particules en sus- pension dans l'air ambiant		Mesure des flux de dépôts atmosphériques sec (particulaire) et humides (gazeux et particulaire)	Mesure de concentrations résultant de la la bioaccumulation des dépôts atmosphériques par le végétal utilisé (Biosurveillance de la qualité de l'air)
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	$\mu\text{g}/\text{g}$
	Gaz	Particulaire (fraction PM10)		
COV	X			
HCl gazeux	X			
F et composés fluorés	X	X	X ⁽⁷⁰⁾	
SO ₂ , NOX	X			
PM ₁₀		X		
ETM (hors Hg)		X	X	X
Hg	X		X	X
PCDD/F (17 congénères toxiques)			X	X
PCB-DL			X ⁽⁷¹⁾	X
HAP	X (si moins de 3 cycles)	X	X	X ⁽⁷²⁾

Tableau 7 : Paramètre à mesurer en fonction des polluants (le choix devra être adapté aux enjeux locaux d'exposition)

(70) Méthode des papiers à la chaux - De Cormis, L. - Rapport d'activité annuels. Station d'études de la Pollution atmosphériques d'Avignon-Montfavet (INRA)

(71) PCB 81, 77, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189

(72) Fluoranthène, benzo(a) fluoranthène, benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(a) pyrène, dibenzo(a) anthracène, benzo(ghi) pérylène, indeno(123-cd) pyrène



Choix des méthodes de mesure

43 Méthodes de mesure retenues

43 mesure de concentration

43 méthodes automatiques

45 méthodes manuelles (actives et passives)

47 mesure des dépôts atmosphériques

47 mesure des flux de dépôts

49 biosurveillance de la qualité de l'air

49 culture contrôlée de ray grass

51 prélèvement in situ de mousses et de lichens

55 Critères de choix des méthodes de mesure

58 Mesures météorologiques

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Méthodes de mesure retenues

Mesure des concentrations

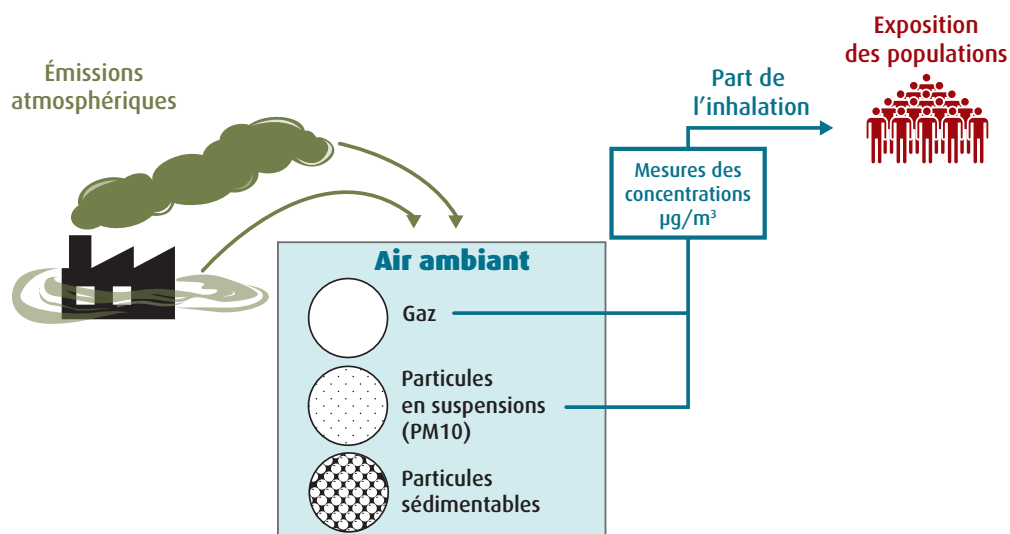


Figure 16 : Paramètres mesurables dans l'air ambiant pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par inhalation

La mesure des concentrations des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) offre le plus d'alternatives techniques. Dans le cas des particules, le système de prélèvement est équipé en amont d'une tête de prélèvement permettant d'échantillonner les particules présentes dans l'air ambiant ayant un diamètre aérodynamique inférieur à $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) ou $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$). (Figure 16).

On distingue d'une part **les mesures « en temps réel »** (réalisées avec des **méthodes « automatiques »**) avec lesquelles il est possible de suivre l'évolution des concentrations dans l'air ambiant avec une résolution temporelle de quelques secondes à plusieurs minutes et d'autre part, **les mesures « intégrées »** (réalisées avec des **méthodes « manuelles »**), avec lesquelles la concentration mesurée correspondra à la moyenne des concentrations dans l'air sur la durée du prélèvement qui peut être comprise entre quelques heures à plusieurs jours (<14 jours).

Méthodes automatiques

Les mesures sont réalisées à l'aide d'analyseurs associant prélèvement d'air et **analyse en quasi-simultanée** des concentrations massiques ou volumiques des polluants gazeux et des concentrations massiques des particules non spécifiques (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$). Ces méthodes ne sont disponibles que pour quelques polluants, notamment : SO_2 , NO_x , NH_3 , BTEX, Hg gaz (spectroscopie), et pour les PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$.

Pour les PM, la technique utilisée repose sur la technologie **TEOM** (Tapered Element Oscillating Microbalance). L'air aspiré est filtré sur un filtre absolu mis en oscillation. La masse déposée sur le filtre engendre une diminution de la fréquence d'oscillation de la microbalance.

Cette variation de fréquence est enregistrée en continu et convertie en variation de masse. Cette technique peut minimiser la part de matière particulaire semi-volatile si le module « FDMS » n'est pas installé en amont. Ce système TEOM-FDMS a été démontré comme équivalent à la méthode de référence par gravimétrie pour la mesure des PM en air ambiant (NF EN 12341)⁽²⁵⁾.

⁽²⁵⁾ Cette équivalence est régulièrement vérifiée par le LCSQA dans le cadre de ses missions pour le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air (<http://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/suivi-optimisation-utilisation-teom-fdms-bilan-campagnes-2011-2012-suivi-equival>).

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

(26) AQ / CQ (Quality Assurance / Quality Control) : combinaison de l'assurance qualité et du contrôle qualité.

Les résultats des mesures associés à ces techniques sont ceux pour lesquels l'incertitude est la plus faible mais les analyseurs sont souvent lourds à mettre œuvre (climatisation, abris, fluides, QA/QC⁽²⁶⁾...) et nécessiteront toujours une alimentation électrique de forte puissance.

Cependant, une fois installés, ces équipements peuvent fournir de **longues séries temporelles** pour un coût limité par rapport aux techniques nécessitant des analyses en laboratoire. Hors situations à enjeux très importants, on ne peut les déployer simultanément que sur un nombre très limité de points de mesures.

Baie d'analyseurs de gaz



Analyseurs TEOM pour mesure PM_{10} et $PM_{2,5}$



Moyens mobiles : camion laboratoire, remorque

Figure 17 : Exemples d'analyseurs fixes ou embarqués dans un moyen mobile

L'utilisation de méthodes « automatiques » est réservée :

- ❑ soit à des polluants pour lesquels les méthodes manuelles sont délicates à mettre en œuvre (Ex. Hg gazeux) ou sont associées à des incertitudes trop importantes au regard des enjeux de la campagne,
- ❑ soit à des situations où on s'intéresse à des variations sur le court terme des concentrations dans l'air du fait d'enjeux liés à des expositions subchroniques (ex. respect des valeurs moyennes horaires ou journalières en NO_2 et SO_2),
- ❑ soit pour mieux comprendre l'origine des niveaux mesurés (identification de sources).

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Méthodes manuelles

Ces méthodes sont basées sur une **phase préalable de collecte** de la substance recherchée dans l'air sur un piège, puis d'une **analyse en différé en laboratoire**. Ce piège peut être un support adsorbant solide, un filtre ou un contenant. L'analyse du piège ne donnera qu'un résultat de mesure par point et période de piégeage.

Méthodes actives

Pour ces méthodes, la collecte des polluants gazeux ou particulaires nécessite le **pompage** d'un volume d'air. La durée de prélèvement sur chaque piège est fonction des limites de quantification souhaitées (ex. VTR) et de la capacité de rétention du piège (saturation, colmatage, perçage).

Dans le cas des particules le volume d'air prélevé passe au travers d'un **filtre** dont la porosité permet de retenir les substances particulaires. Dans le cas de composés semi-volatiles (ex. HAP) un support adsorbant (mousses) est utilisé en aval de celui-ci afin d'en collecter la phase gazeuse présente dans l'air. Le volume d'air prélevé est mesuré au moyen d'un compteur volumétrique dans lequel la température est relevée en continu, afin de corriger le volume mesuré sur la durée du prélèvement.

Après la phase de prélèvement, le filtre est analysé en laboratoire afin de déterminer la masse de polluant particulaire retenu, soit par pesée (détermination des concentrations massiques des PM_{10} et $PM_{2,5}$ – Unité : $\mu g/m^3$), soit par analyse chimique (détermination des concentrations massiques de polluants particuliers spécifiques, ex. : plomb – Unité : ng ou $\mu g/m^3$).

Le pompage nécessitera systématiquement une alimentation électrique de forte puissance (**Figure 18**).



Figure 18 : Préleveur sur filtres de particules en suspension permettant la détermination des concentrations massiques en PM_{10} et ETM associés

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Dans le cas des **gaz**, le piégeage est assuré :

- soit par un **soutien adsorbant** (ex. : charbon actif) branché sur une pompe autonome (**Figure 19** - gauche) ou non en énergie. Dans ce cas, le volume d'air prélevé sera déterminé à partir de la durée du prélèvement et de mesures du débit volumique au début et à la fin du prélèvement, en amont de la chaîne de prélèvement. La masse de substance absorbée sera quantifiée en différé au laboratoire (Unité : ng ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- soit par un **contenant inerte** (par exemple canister) mis sous vide préalablement à sa mise en œuvre sur le terrain. Il permet ainsi un prélèvement par aspiration naturelle de l'air ambiant pendant la période d'exposition (**Figure 19** - droite). Après le prélèvement, les concentrations des substances recherchées seront directement quantifiées au laboratoire dans l'air capté dans le canister (Unité : ng ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pompe de prélèvement permettant le piégeage de gaz et fonctionnant sur batterie



Préleveur d'air dans une sphère en inox de 6 litres équipée de son contrôleur de débit, manomètre et canne de prélèvement - Canister



Figure 19 : Systèmes de prélèvement actifs autonomes sur 24 H

Pour les particules et gaz, en fonction des conditions de prélèvement et des polluants, la durée de collecte sur chaque support est comprise entre 24 h et 7 jours. Au-delà de cette période, une intervention humaine est nécessaire pour prolonger les mesures (changement des supports de piégeage et/ou des batteries). Il est néanmoins possible pour certains polluants gazeux ou particulaires de réaliser des **prélèvements séquentiels** (réserves de 5 à 15 pièges changés automatiquement suivant un planning préétabli) ou **asservis** (piégeage activé pour certaines conditions météorologiques). Ces techniques nécessitent une alimentation de forte puissance (**Figure 20**).



Figure 20 : Systèmes de prélèvement actifs permettant des prélèvements séquentiels

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Compte tenu de la logistique/coût associés, hors situations à enjeux très importants, ces techniques ne peuvent être engagées que sur un nombre limité de points.

Méthodes passives

Il est possible de collecter certains polluants gazeux **sans pompage** sur un support adsorbant grâce à une diffusion contrôlée de l'air ambiant au travers d'une membrane spécifique. Le débit de diffusion est propre à chaque substance/support, il dépend de la plage de concentrations mesurées et de la durée d'échantillonnage.

Il doit être corrigé en fonction de la température moyenne extérieure relevée pendant la période d'exposition notamment quand elle s'écarte de 25°C. Ce débit de diffusion pouvant être influencé par d'autres paramètres extérieurs, les supports sont installés dans des abris protégeant les tubes du vent et de la pluie.

C'est un système qui ne nécessite pas d'alimentation électrique, léger et peu coûteux à mettre en œuvre (**Figure 21**), il permet d'échantillonner concomitamment de nombreux points de mesures sur des durées importantes (prélèvement généralement réalisé sur 7 à 14 jours).

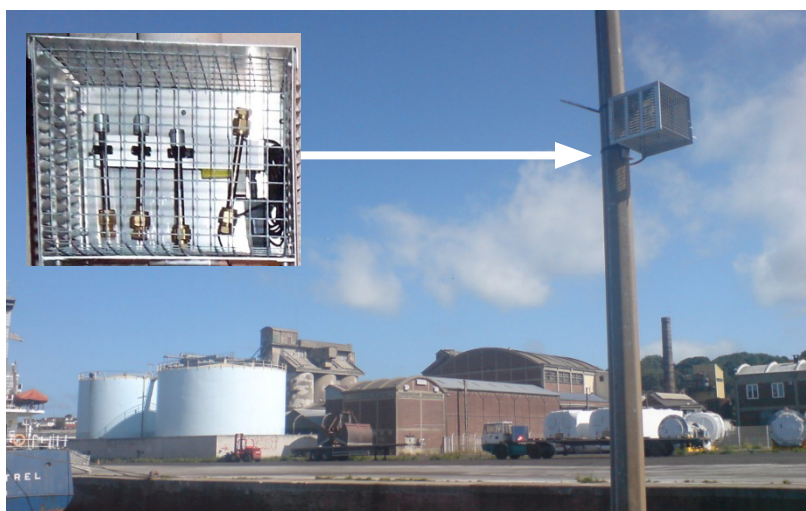


Figure 21 : Tubes passifs mis en place dans des abris de protection, en situation et zoom

La quantité de substances gazeuses adsorbée dans le tube est analysée a posteriori en laboratoire et les concentrations calculées à partir du débit de diffusion adéquat (Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'incertitude de mesures associée à ces méthodes n'a été qualifiée que pour un nombre limité de substances (benzène, formaldéhyde⁽²⁷⁾). Elle est, pour un même polluant, généralement plus importante qu'avec une méthode active.

On considère les résultats de ces mesures comme indicatifs. Cette plus grande incertitude doit être prise en compte dans l'interprétation des résultats. Si nécessaire, ces résultats doivent être reconfirmés par des mesures avec des méthodes actives ou automatiques.

Mesure des dépôts atmosphériques

Mesures des flux de dépôts atmosphériques

La méthode est basée sur une phase de collecte par **simple gravité** de l'ensemble des dépôts atmosphériques secs (particules) et humides (gaz et particules) dans des jauges ou de collecteurs surmontés d'un entonnoir. Leur surface d'ouverture est orientée horizontalement vers le haut (**Figure 22**). Ces réceptacles sont en verre (POP) ou HDPE⁽²⁸⁾ (ETM) en fonction des substances recherchées.

⁽²⁷⁾Rapports LCSQA sur la mesure du benzène et du formaldéhyde - www.lcsqa.org. Le formaldéhyde présente surtout un enjeu pour l'air intérieur.

⁽²⁸⁾HDPE : High-density polyethylene

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues



Figure 22 : Mesures des flux de dépôts atmosphériques par jauges de sédimentation

Hormis pour les dépôts gazeux secs, les méthodes mises en œuvre permettent de bien quantifier **l'ensemble des dépôts secs** (particulaires) et **humides** (gazeux et/ou particuliers) (**Figure 23**). En air calme, il a été calculé que les jauges de sédimentation seraient satisfaisantes pour recueillir les particules d'un diamètre supérieur à 5 μm (Hendrickson, 1962).

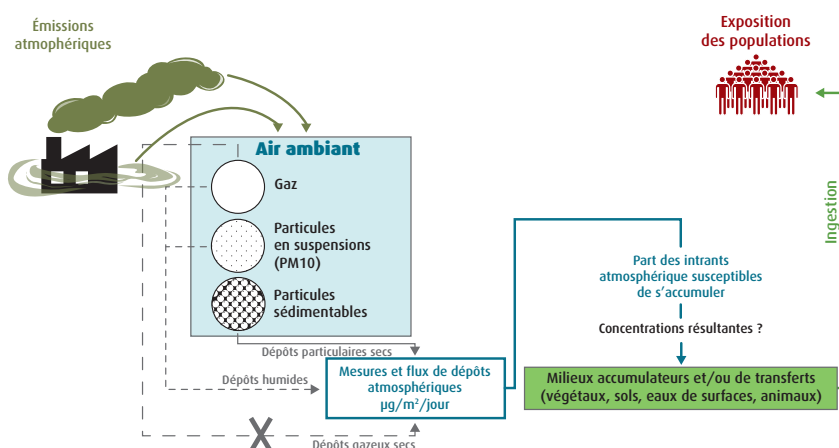


Figure 23 : Paramètres mesurables dans l'air ambiant pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion

La phase de prélèvement est réalisée sur une période d'**environ un mois** et ne nécessite pas d'alimentation électrique. Les jauges/collecteurs permettent d'échantillonner simultanément un grand nombre de points de mesures en parallèle sur des durées importantes.

Après exposition, l'ensemble du contenu des jauges/collecteur-entonnoir est extrait en différé pour analyse en laboratoire. Il est important de ne pas se limiter à un dosage de concentration dans la phase liquide, mais de mettre en œuvre un protocole d'extraction qui permet de récolter l'ensemble des masses de substances, qui peuvent se trouver déposées sur les parois internes immergées ou non de la jauge/collecteur-entonnoir.

Ce protocole doit également permettre d'extraire les substances présentes dans la phase liquides, notamment dans la matière en suspension. Les brindilles, feuilles, insectes sont écartés de l'analyse, mais pas les autres matières en suspension.

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Note

Les méthodes de biosurveillance de la qualité de l'air par technique « accumulatrice » sont décrites dans des normes française NFX43-901 pour le ray-grass, NFX43-902 pour les bryophytes (mousses) et NFX 43-904 pour les lichens (sur tronc d'arbres).

Attention à ne pas confondre cette dernière norme avec la NFX 43-903, qui concerne aussi l'utilisation des lichens non pas comme un support d'accumulation des polluants, mais comme un indice de la qualité de l'air général et non spécifique.

La masse de substances extraite dans l'ensemble du système de collecte est analysée et divisée par la surface d'échantillonnage et le nombre de jour d'échantillonnage (unité : μg ou $\text{pg}/\text{m}^2/\text{jour}$).

C'est une mesure « intégrée » qui permet d'évaluer les niveaux des intrants atmosphériques moyens sur un mois en amont de l'ensemble des matrices environnementales intégratrices sur lesquelles ils sont susceptibles de se déposer (végétaux, sols et eaux de surfaces). Les résultats ne permettent pas de connaître directement la concentration résultante dans ces matrices environnementales. Ils représentent un niveau de dépôts atmosphériques disponible pour une éventuelle accumulation.

Biosurveillance de la qualité de l'air

Pour les substances dont les **dépôts atmosphériques** sont susceptibles de contaminer les matrices environnementales accumulatrices, il est possible de mesurer les concentrations résultantes de l'accumulation de ces dépôts dans des **végétaux spécifiques** (ex : μg de polluant/g de végétal) permettant d'isoler la seule contamination par voie aérienne. Les espèces utilisées pour cette biosurveillance de la qualité de l'air par accumulation sont :

- ❑ **cultivées** suivant un protocole permettant d'isoler la contribution de la pollution atmosphérique sur une durée d'exposition maîtrisée,
- ❑ directement **prélevées dans l'environnement**, on sélectionnera alors des espèces qui ont la capacité à être isolées des autres voies de transfert (racinaires notamment). Elles sont très spécifiques (lichens, mousses) et ne rentrent pas dans la chaîne alimentaire humaine ou des animaux d'élevages. Les durées d'exposition ne sont pas maîtrisées.

Dans les deux cas, les échantillons prélevés seront analysés en différé en laboratoire.

Les résultats de ces mesures sont représentatifs de la hiérarchisation des niveaux de dépôts atmosphériques sur l'ensemble des matrices environnementales accumulatrices.

Culture contrôlée de ray-grass

Le ray-grass est préalablement cultivé dans des conditions contrôlées sous serre (hors zone d'étude) avant d'être exposé sur le site d'étude. Arrivé à maturité (après ~6 semaines), il est coupé à ras et emmené sur le site d'étude pour être exposé (4 pots sont installés par station de mesure).

L'exposition du végétal se fait sur des tables d'à peu près 1,50 m de hauteur durant des périodes d'environ 1 mois pendant lesquelles le ray-grass se remet à pousser. Une alimentation en eau est assurée par des fibres de verre reliant le substrat à un bac d'eau situé sous la surface de la table (pas d'alimentation électrique nécessaire) (**Figure 24**).

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues



Figure 24 : Station de culture contrôlée de ray-grass (*Lolium multiflorum*)

À la fin de la période d'exposition, le ray-grass est récolté lors d'une nouvelle coupe à ras, puis conditionné pour analyse en laboratoire des concentrations massiques des substances présentes sur et dans le végétal (il n'est pas lavé avant analyse).

La teneur en eau de l'échantillon doit également être déterminée afin de pouvoir transposer les résultats à des valeurs disponibles dans la réglementation. Le calcul de la prise de biomasse pendant la période de prélèvement est également nécessaire lorsque l'on souhaite comparer des séries temporelles (Voir chapitre « **Exploitation des données d'une campagne de mesure** »).

Les concentrations obtenues avec cette technique représentent la partie bioaccumulée dans le ray-grass des contaminants présents dans l'air. Cependant, la part accumulée via le transfert racinaire des ETM présents dans le substrat de culture peut également contribuer à ces concentrations. Le protocole normatif prévoit, pour limiter ce dernier, d'ajouter du carbonate de calcium dans le substrat de culture.

Cette culture contrôlée du ray-grass vise à imiter à l'aide d'une matrice végétale équivalente la **contamination** atmosphérique des cultures **fourragères** environnantes pouvant rentrer dans l'alimentation du bétail local⁽²⁹⁾ : dépôts atmosphériques ⇒ fourrages ⇒ matières grasses animales (**Figure 25**).

Le ray-grass peut être assimilé à des fourrages verts⁽⁶⁸⁾. Cependant la réponse reste propre à l'espèce considérée et ne peut être transférée à d'autres espèces ou compartiments accumulateurs. Considérée et compte tenu de la nature de ce témoignage, il n'a de sens d'être utilisé que dans un contexte où l'occupation des sols le rend pertinent (zone d'élevage).

⁽²⁹⁾Cependant, elle ne représente pas toutes les voies de contamination du bétail lorsqu'il se trouve en plein champ, dans la mesure où une part de cette contamination peut être apportée par l'ingestion de sol lors de la pâture

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

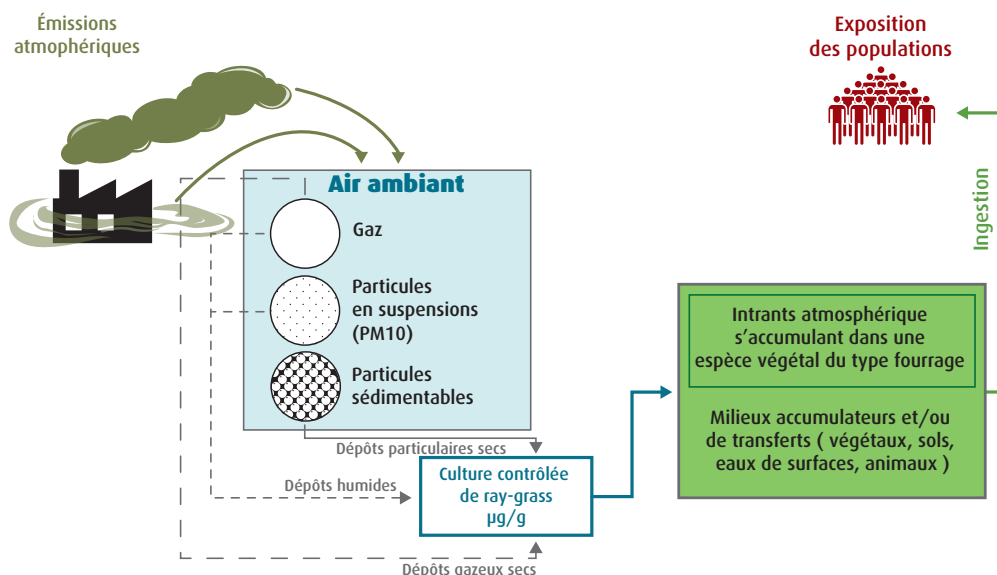


Figure 25 : Paramètres mesurables dans le ray-grass pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion

Compte tenue de la logistique associée à la mise en place des stations de culture du ray-grass (pré culture sous serre, station de mesure plus lourde...), il est raisonnable d'équiper simultanément qu'un nombre de point limité (<4-5).

Prélèvement *in situ* de lichen/mousse

Les lichens et les mousses ont une structure végétative marquée par une absence de racines, des parois cellulaires directement en contact avec l'atmosphère, une faible biomasse et un ratio surface/volume très élevé.

Ces particularités physiologiques et anatomiques leur confèrent une sensibilité importante à l'accumulation des polluants atmosphériques (pièges mécaniques ou électrochimiques⁽³⁰⁾, importantes surfaces d'échanges, isolés du sol). Ces caractéristiques sont assez exceptionnelles dans le monde végétal et rendent **très spécifique** la réponse de ces espèces à un niveau de retombées atmosphériques.

Les **lichens** sont utilisés depuis la fin des années 60 pour le suivi des retombées atmosphériques de divers éléments (soufre, azote, fluor, métaux, radionucléides), mais également des composés organiques (PCDs, HAPs, pesticides organiques HCHs et HCBs) (Augusto, 2004).

La rétention des polluants inorganiques particuliers est très spécifique aux lichens. Elle se fait soit par dépôts de surface, soit par piégeage des particules entre les filaments fongiques intrathallins. Les lichens ont une forte capacité d'interception et de stockage des particules, en particulier les plus petites. Plus de 50% des composés chimiques présents dans les lichens sont sous formes particulières piégées dans les hyphes (filaments) du lichen. Les mécanismes d'absorption des composés organiques sont encore mal connus (cinétique, saturation...), mais il semble exister une capacité de ces organismes à les concentrer⁽³¹⁾. L'adsorption gazeuse reste non démontrée.

La première étude publiée et documentée utilisant le lichen comme méthode de suivi des retombées atmosphériques de PCDD/F a été réalisée à l'échelle régionale au Portugal en 2000 (S. Augusto, 2004). Les lichens ne sont **pas un indicateur fiable** de la **pollution des sols** et les facteurs de proportionnalités entre les concentrations mesurées dans l'air et ces substrats ne sont pas constants⁽³²⁾. Ceci

(30) Les parois des cellules des mousses sont chargées et se comportent comme des résines échangeuses d'ions.

(31) Garrec, J.P. and Van Haluwyn, C., Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. 2002, Paris: Editions Tec&Doc.

(32) S. Augusto et al. Atmospheric dioxin and furan deposition in relation to land-use and other pollutants : a survey with lichens. Journal of atmospheric Chemistry 49 : 53-65, 2004

S. Augusto et al. The contribution of environmental biomonitoring with lichens to assess human exposure to dioxins. Int. J. Hyg. Environ. Health 210 (2007) 433-438

S. Augusto et al. Interpreting the dioxin and furan profiles in the lichen Ramalina canariensis Steiner for monitoring air pollution. Science of the Total Environment 377 (2007) 114-123

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

(33) Pollution atmosphérique par les métaux en France – Dix ans de biosurveillance des retombées – C. Rausch de Traubenberg, L. Galsomiers, Y. Martinet. ADEME – Muséum National d'Histoire Naturelle - Edp sciences 2013

(34) Photo illustrative : Étude de l'impact des rejets atmosphériques de l'usine d'incinération d'ordures ménagères - Échillais (17), campagne 2011 – C. Bellanger - Référence : ATMO Poitou-Charente_IND_EXT_11_080

(35) S. Leblond, Muséum National d'Histoires Naturelles

(36) Par exemple, différentes espèces de lichens soumises à un même niveau de contamination peuvent donner des concentrations massiques en PCDD/F différentes de 100% et des profils de congénères différents (S. Augusto, 2007).

(37) Une étude spécifique de comparaison inter-espèces est recommandée si différentes espèces de mousses sont employées pour une même étude.

Toutefois il est déconseillé de convertir les données d'une espèce en une autre, afin de ne pas augmenter l'incertitude sur les résultats (NFX43-902).

est probablement dû à la distorsion entraînée par les différences d'accumulation/déplétion des retombées atmosphériques dans ces deux matrices et de biais entraînés par des marquages historiques dans les sols.

Les **mousses** ont été sélectionnées depuis 30 ans pour assurer le suivi des dépôts atmosphériques métalliques dans l'environnement en Europe. Leur capacité de forte concentration est liée à divers facteurs : plantes non vasculaires et dépourvues de racines, tissu foliaire comportant une seule couche de cellules et absence de cuticule qui offrent une surface d'échange importante et directe avec l'atmosphère, paroi cellulaire très riche en composés anioniques (chargés négativement) qui augmentent la capacité d'adsorption des cations métalliques.

L'accumulation est rapide et peut durer plusieurs mois. Ces capacités d'accumulation s'appliquent également aux composés organiques. Il n'existe pas de valeurs de référence pour juger si une teneur dans les mousses est toxique ou non (ADEME, MNHN, 2013⁽³³⁾).

Les prélèvements de lichens/mousse sont réalisés sur des arbres ou des surfaces horizontales directement dans l'environnement du site (**Figure 26**).



Figure 26 : Lichen et mousse prélevés dans les milieux

Lors de l'échantillonnage, les populations prélevées doivent être en majorité mono spécifiques et sur des supports équivalents afin d'éviter des variations de concentrations entre échantillons qui seraient dues à des différences intrinsèques aux espèces⁽³⁶⁾ ou au support ⁽³⁷⁾.

Afin de réduire la variabilité intra-espèce, des prélèvements composites de 3 à 6 points sur une surface <1000 m² (lichen) à au moins 10 points (mousse) sont réalisés pour chaque zone de collecte. Cette surface d'échantillonnage composite doit être documentée dans le rapport.

Après prélèvements et préparation des échantillons, dont une phase de reconfirmation des espèces sélectionnées, les concentrations de substances présentes dans leurs tissus sont dosées afin de déterminer la part des contaminants atmosphériques qui s'y est accumulée (bioaccumulation).

Cette réponse quantitative est propre à l'espèce considérée et les concentrations massiques obtenues ne peuvent être transférées à une autre espèce végétale, notamment celle rentrant dans la chaîne alimentaire humaine ou animale, ni à aucun autre compartiment environnemental (**Figure 27**).

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

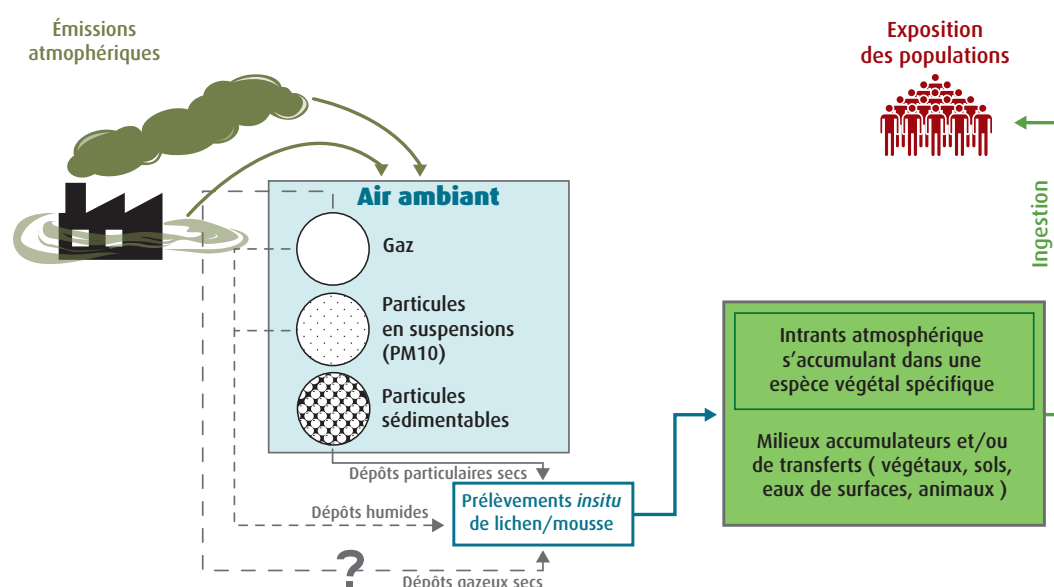


Figure 27 : Paramètres mesurables dans des matrices végétales spécifiques pour évaluer le niveau des intrants atmosphériques pouvant contribuer à l'exposition des populations par ingestion

Les prélèvements in situ de lichen/mousse restent la seule alternative lorsqu'on cherche à caractériser un impact des émissions atmosphériques d'une installation non surveillée en continu, notamment lors de **phase de dysfonctionnement**. La **datation** de la contamination mesurée reste **délicate** car les vitesses d'accumulation/déplétion des polluants atmosphériques dans la matrice sont mal maîtrisées.

Les résultats obtenus témoignent d'un historique, mais peu d'informations sont disponibles permettant de le borner. Il est probable cependant que la réponse de cette méthode de surveillance soit très lente (plusieurs mois à cinq ans - S. Augusto, 2007).

Ces méthodes permettent de mettre en évidence des variations spatio-temporelles des dépôts atmosphériques. Les valeurs considérées comme élevées ne préjugent en rien d'un niveau de toxicité pour la mousse, ni pour l'écosystème, ni pour l'homme (ADEME, MNHN, 2013 ⁽³⁸⁾). Il en est de même pour les lichens. Pour ces derniers des niveaux «sanitaires» ou de correspondances avec des valeurs de gestion d'autres milieux ont pu être proposés par certain bureau d'étude. Ils n'ont fait l'objet d'aucune validation par des pairs et ne sont à utiliser en aucun cas.

Une synthèse des différentes résolutions spatio-temporelles et des contraintes logistiques associées aux différentes techniques de mesure retenues dans ce guide est proposée dans le **Tableau 8**.

⁽³⁸⁾Pollution atmosphérique par les métaux en France – Dix ans de biosurveillance des retombées – C. Rausch de Trautenberg, L. Galsomiès, Y. Martinet. ADEME – Muséum National d'Histoire Naturelle - Edp sciences 2013

Choix des méthodes de mesure

Méthodes de mesure retenues

Légende du tableau 6

- Logistique**
 contraignante : ■
 moyenne : ■
 faible : ■
- Incertitudes**
 moyenne : +
 faible : ++

ND = non disponible

				Type de méthodes pouvant être mises en œuvre		
				Matériel mis en place spécifiquement		Utilisation des milieux environnants
				Mesure en un point		Échantillonnage composite (surface de prélèvement <1000m²)
Unité	Paramètre mesuré		Mesure en temps réel	Mesure intégrée	Mesure intégrée	
µg/m³	Polluant en suspension dans l'air	Phase gazeuse	Analyseurs 1 s à 15 mn ++	Préleveur actif 24 h à 7 j / piège ++ Préleveur passif 7 à 14 j / piège +	ND	
		Phase particulaire	Poussières spécifiques	ND	Préleveur actif 24 h à 7 j / piège ++	ND
			PM10 et PM 2.5	Analyseurs 1 s à 15 mn ++	Préleveur actif 24 h / piège ++	ND
µg/m²/j	Dépôts atmosphériques	Dépôt sec (part.) Dépôts humides (part., gaz)	ND	Jauges/Collecteurs 1 mois +	ND	
		Dépôt sec gaz	ND	ND	ND	
µg/g	Biosurveillance de la qualité de l'air	Part du dépôt atmosphérique bioaccumulée par le végétal utilisé	ND	Ray-grass 1 mois +	Lichen/Mousse Historique sur plusieurs mois +	

Tableau 8 : Résolutions spatio temporelles et contraintes logistiques associées aux différentes techniques de mesures.

Choix des méthodes de mesure

Critères de choix des méthodes de mesure

(39) Méthode des papiers à la chaux - De Cormis, L. - Rapport d'activité annuels. Station d'études de la Pollution atmosphériques d'Avignon-Montfavet (INRA)

(40) PCB 81, 77, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189

(41) Fluoranthène, benzo(a)fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, benz(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a)anthracène, benzo(ghi)peryène, indeno(123-cd)pyrène

(42) Ou l'absence de supports de même type saxicole/corticole pour les lichens/mousses à proximité des emplacements de mesure.

Critères de choix des méthodes de mesure

En général et dans le cas de la surveillance d'un site en **fonctionnement normal**, concernant la mesure des **concentrations dans l'air ambiant**, l'utilisation de méthodes manuelles passives est à privilégier. Si elles ne sont pas disponibles pour la substance recherchée (elles n'existent que pour certains gaz) ou si le niveau d'incertitude ne permet pas une exploitation pertinente des résultats, les méthodes «manuelles actives» ou «automatiques» seront utilisées. L'usage des méthodes «automatiques» doit être réservé aux substances pour lesquelles il est nécessaire d'atteindre des résolutions temporelles fines (valeurs réglementaires horaires ou journalières, identification de source), d'obtenir de nombreux résultats sur de longues périodes ou d'avoir une incertitude réduite sur les résultats de mesures (**Figure 28**).

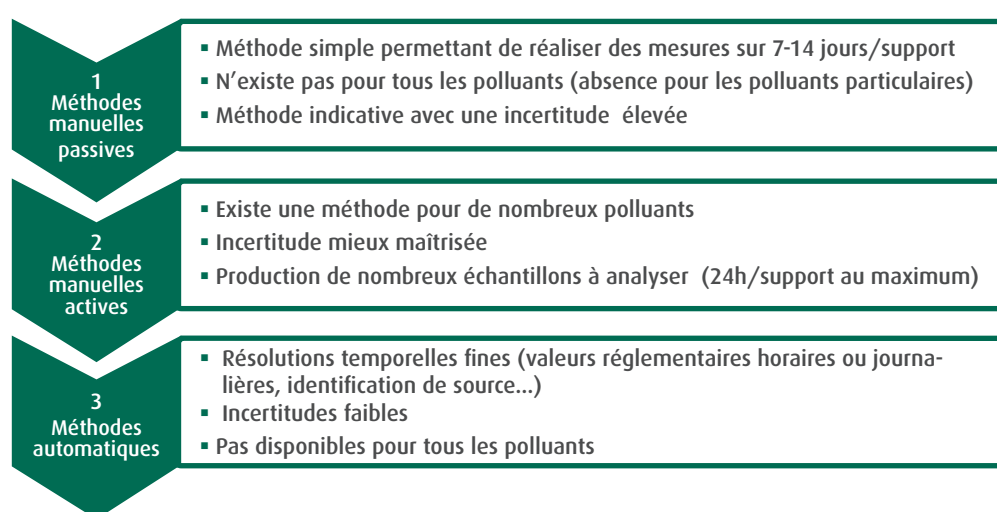


Figure 28 : Principe général de choix d'une méthode de mesure des concentrations dans l'air

Concernant la mesure des **dépôts atmosphériques**, l'utilisation de jauges/collecteurs et/ou de prélèvements de lichen/mousse in situ constitue la base de la surveillance.

La culture contrôlée de ray-grass peut se substituer à l'utilisation de jauges/collecteurs dans les milieux ruraux ou périurbains ayant des zones de pâtures ou de culture fourragères pour l'alimentation du bétail (local, exportation).

Ceci permettra d'évaluer une contribution locale potentielle actuelle sur la voie d'exposition ingestion liée à la chaîne : dépôts atmosphériques->fourrages->matières grasses animales. Il ne sera pas cohérent de l'utiliser en milieu urbain, car l'interprétation des contaminations relevées au regard de la consommation locale de fourrage aura peu de sens.

Pour certains polluants, le dépôt gazeux sec peut représenter une voie de transfert vers les végétaux (ex. Hg⁰, certains congénères des PCCD/F avec nombre de chlore < 4-5, HAP avec moins de trois cycles, PCB-DL). Dans ce cas le suivi des dépôts atmosphériques à l'aide de culture contrôlée de ray-grass permettra de mieux prendre en compte cette contribution.

Dans le cas de l'utilisation de mousse ou de lichen, la non disponibilité de l'espèce à prélever⁽⁴²⁾ dans les lieux souhaités (au point impacté retenu ou dans l'environnement local témoin), ou la raréfaction de l'espèce choisie du fait d'une ponction inadaptée, compte tenu des réserves locales et/ou à leur capacité de renou-

Choix des méthodes de mesure

Critères de choix des méthodes de mesure

vement, peuvent représenter un problème dans le cadre d’une surveillance périodique. Dans le cas où ces matrices sont présentes aux points d’intérêts de la surveillance, mais avec une faible densité, cette matrice pourra être réservée au cas où des mesures sont rendues nécessaires suite à un dysfonctionnement pour éviter une diminution progressive des populations de lichens au fil des années au niveau des emplacements stratégiques (*Figure 29*).

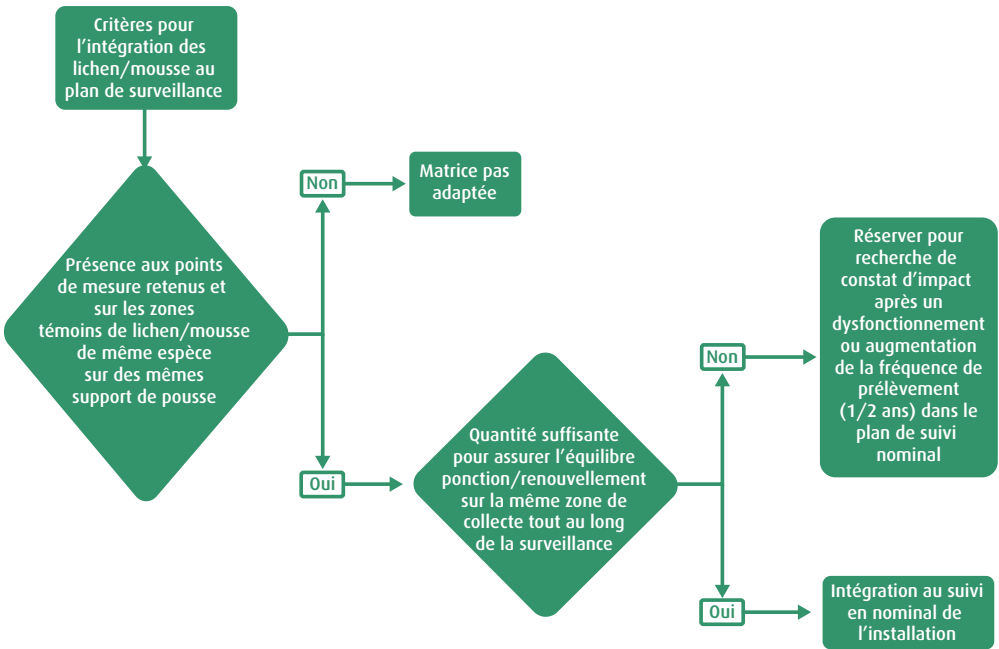


Figure 29 : Critères de prise en compte des lichens/mousses dans un plan de surveillance

Le choix des méthodes de mesures des dépôts atmosphériques dans différentes typologie d’environnement de site est illustré dans la *Figure 30*.

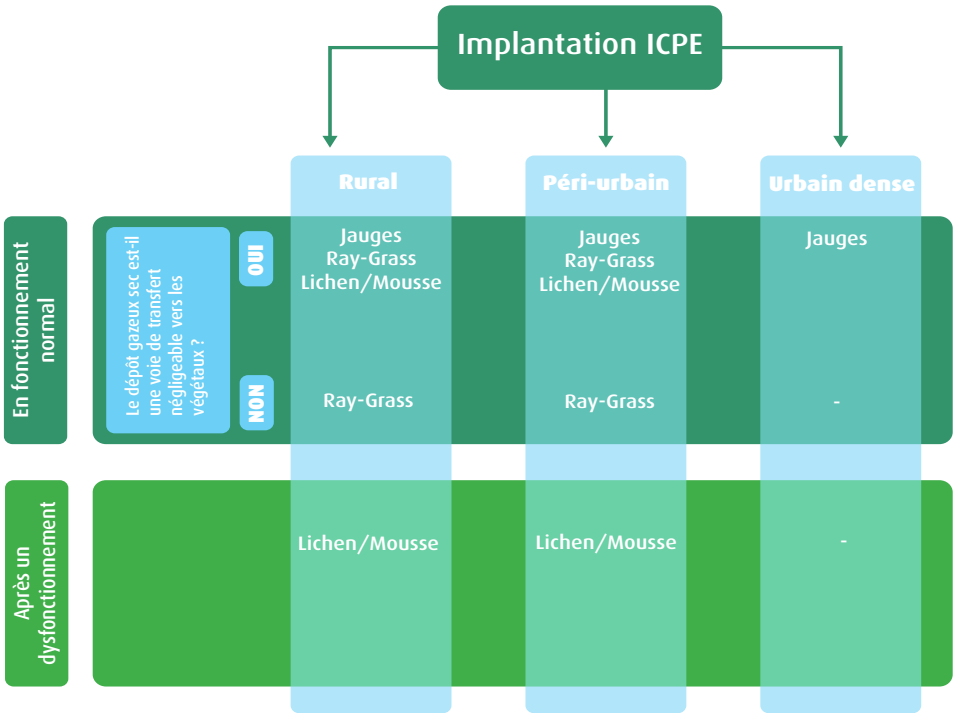


Figure 30 : Critères de choix des méthodes de mesures des dépôts atmosphériques.

Suite à un **dysfonctionnement**, seuls des prélèvements **in situ** de lichen/mousse pourront être engagés.

Choix des méthodes de mesure

Critères de choix des méthodes de mesure

Mesures météorologiques

La mesure des paramètres météorologiques doit être systématique pendant toute campagne de mesure. Ces mesures permettent de connaître quelles ont été les **conditions de dispersion** sur la zone de mesure pendant la phase de prélèvement. Elles permettent de valider a posteriori les hypothèses faites avant la campagne, notamment sur la direction, la force des vents et la pluviométrie.

Les données météorologiques provenant d'une station météorologique de Météo France pourront être utilisées si elles sont **représentatives des conditions locales** influant la dispersion des émissions atmosphériques du site. Si ce n'est pas le cas, une station de mesure devra être installée sur la zone d'étude afin d'enregistrer en continu avec une **résolution au moins horaire** : la direction et la force du vent, la température, la pression atmosphérique, l'humidité et la pluviométrie.

La vitesse et la direction des vents devront être mesurées à une hauteur de 10 m du sol. Cette hauteur correspond à celle utilisée dans les modèles de calcul de la dispersion des émissions atmosphériques pour la force et la direction du vent et au standard de Météo France.



Figure 31 : Station météorologique mise en place pendant une campagne de mesures – Mât de mesure de 10 m

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 bâtementaires pouvant créer des phénomènes micro-météorologique.

Pour les installations visées par l'AM du 02/02/1998, 03/04/ 2000 (industrie papetière), 20/06/2002 (chaudière > 20MWth), il est imposé que la vitesse et la direction du vent soient mesurées et enregistrées **en continu** sur l'installation ou dans son environnement proche.

Ces données locales sont particulièrement utiles suite à un dysfonctionnement. En effet pendant cette période il peut exister des conditions particulières de dispersion par rapport à celles habituellement observées en moyennes annuelles ou saisonnières.



Choix des points de mesure

61 Macro implantation

61 choix du point impacté

61 Profil des retombées attendu type « émission diffuse »

62 Profil des retombées attendu type « émission canalisée »

62 Nombre limité de cible potentiel autour de l'installation

63 Présence de nombreuses cibles autour de l'installation

69 cas des points témoins

70 Micro-implantation des points de mesure

Choix des points de mesure

Macro-implantation

Macro-implantation

Deux types de points de mesures sont sélectionnés, ceux sous l'influence de l'installation : points « impactés », et ceux en dehors de celle-ci : points « témoins ».

Choix du point « impacté »

La localisation des points de mesures « impactés » est fonction du profil des retombées attendu au niveau du sol autour de l'installation (voir chapitre « *Caractéristiques des émissions atmosphériques* »), des conditions de dispersions rencontrées et de la répartition des cibles potentielles autour de celle-ci.

Profil des retombées attendu type « émission diffuse »

Dans des situations dominées par des **conditions dispersives** ($v > 1,5 \text{ m/s}$), compte tenu de l'évolution probable des niveaux de retombées au fur et à mesure de l'éloignement sous le vent de ce type de source (**Figure 7**), la zone d'investigation est choisie au niveau des premières cibles ou de la limite de propriété situées sous les vents du site (**Figure 32**)

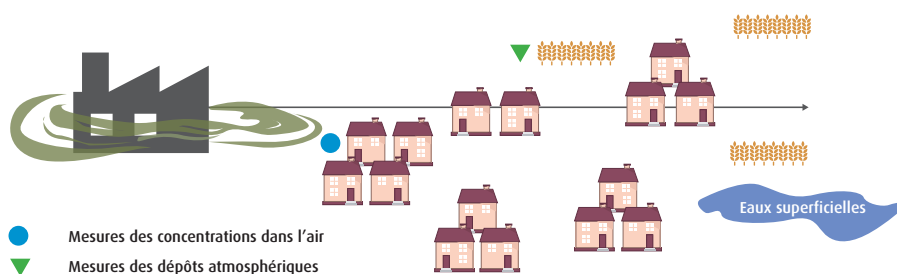


Figure 32 : Localisation du point de mesure « impacté » dans le cas d'une source diffuse de faible hauteur – Existence d'une direction de dispersion privilégiée

L'axe d'échantillonnage est classé en fonction des roses des vents et pluies

Dans les situations dominées par des **vents faibles** ($< 1,5 \text{ m/s}$), la dispersion des polluants a pour moteur principal la **diffusion** et non le transport, il est probable qu'il n'existe pas de direction de dispersion privilégiée

Ceci se traduit par la formation d'une bulle omnidirectionnelle autour de l'installation (faibles vitesses d'émission et de dispersion).

Dans ce cas, des zones de prélèvement sont choisies afin d'échantillonner au minimum les cibles les plus impactées. Le point d'échantillonnage est positionné au niveau de la limite de propriété ou de la cible la plus proche de la source (**Figure 33**).

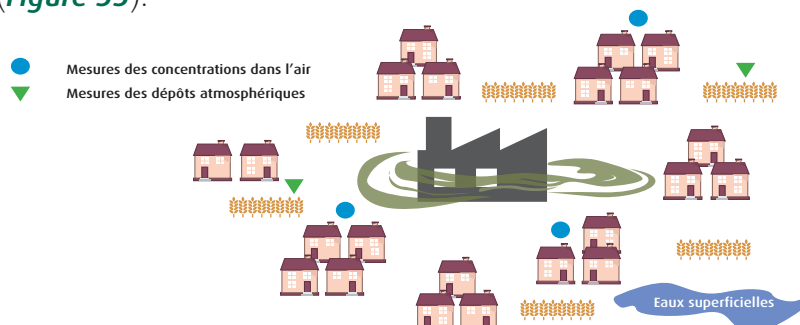


Figure 33 : Localisation des points de mesure « impactés » dans le cas d'une source diffuse de faible hauteur – Absence de direction de dispersion privilégiée

En fonction du contexte, l'historique des données météorologiques à utiliser sera différent (**Tableau 9**).

Choix des points de mesure

Macro-implantation

Contexte de la surveillance	Installation en fonctionnement normal	Suite à un dysfonctionnement de l'installation
Historique des données météorologiques analysé	Au moins les trois dernières années représentatives de la situation locale	Données mesurées pendant la période du dysfonctionnement observé

Tableau 9 : Historique des données météorologiques à étudier en fonction du contexte de la surveillance

Profil de retombées attendu type « émission canalisée »

Avec ce type de profil, les cibles qui sont le plus proches de l'installation ne seront pas forcément les plus impactées par les retombées des émissions de l'installation.

En effet, le panache pourra passer au-dessus de celles-ci et en impacter d'autres plus éloignées (**Figure 7**). On distingue alors deux plans d'échantillonnage en fonction du nombre potentiel de cible autour de l'installation

Nombre limité de cibles potentielles autour de l'installation

Lorsque le nombre de cible est limité dans la zone d'étude et que la technique de mesure retenue le permet, l'ensemble des cibles réparties autour de l'installation sont échantillonnées.

Compte tenu de l'existence de multiples matrices environnementales accumulatrices des dépôts atmosphériques (sols, cultures, eaux de surfaces, sédiments...) autour d'une installation, ce cas sera très rarement rencontré dans le cas d'une substance pouvant représenter localement un risque par ingestion.

Le nombre de cibles qu'il est possible d'échantillonner en même temps pour un coût acceptable est en fonction des techniques de mesures disponibles (**Figure 34**). Ces coûts sont liés au prix des **matériels**, à la **logistique** associée à leur mise en œuvre et pour les méthodes concernées, au **nombre d'échantillons à analyser** en laboratoire.

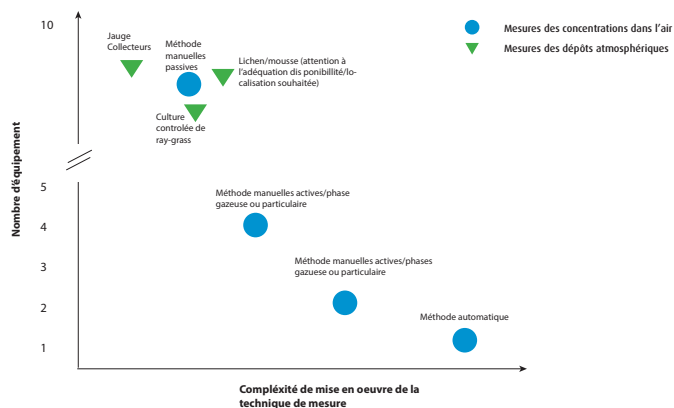


Figure 34 : Nombre d'équipement pouvant être mobilisé concomitamment à un coût acceptable (hors situation à fort enjeu)

Lorsque l'étude des roses des vents, des pluies montre qu'il existera des directions de dispersion privilégiées ($v \geq 1.5$ m/s) l'échantillonnage peut être limité aux cibles présentes sous les vents de l'installation.

Présence de nombreuses cibles autour de l'installation

Lorsque le nombre de cibles potentielles est trop important, il est nécessaire de localiser la zone de retombées maximum. Ceci permet de réduire le nombre de point de mesure en échantillonnant dans une zone proche des cibles les plus exposés. Cette identification préalable de la zone de retombées maximum peut également être utilisée dans le cas précédent lorsque l'on souhaite limiter le nombre de point de mesure « impacté ».

Choix des points de mesure

Macro-implantation

⁽⁴³⁾ Une règle empirique pour une émission canalisée placée dans un environnement non complexe, indique que la distance du point d'impact maximum sur l'axe des vents dominants se situe à 20 fois la hauteur du point d'émission pour des conditions de stabilité atmosphérique neutre ou instable (Air pollution – A. Stern – Academic Press – 1974). Cette règle nous paraît trop incertaine et mériterait une mise à jour au regard de l'évolution des modèles de calcul actuels.

Cette localisation sera réalisée soit par l'analyse des résultats de la **modélisation de la dispersion des émissions** atmosphériques, soit, **par un renforcement du plan d'échantillonnage** dans la direction de dispersion⁽⁴³⁾, lorsque l'usage de modèle n'est pas adapté

Utilisation des modèles de dispersion

Les outils de modélisation permettent de calculer les concentrations et dépôts atmosphériques autour d'un site résultant de la dispersion atmosphérique de ses émissions. Ils utilisent en données d'entrées de leurs calculs les paramètres d'émissions et leurs éventuelles variations, la direction et la force des vents, la pluviométrie et la stabilité de l'atmosphère locale mais également la topographie, le bâti et l'occupation des sols.

Ici, les concentrations ou flux de dépôts atmosphériques calculées par ces modèles ne seront pas utilisées à des fins de comparaison aux résultats de mesures mais pour déterminer qualitativement la répartition spatiales des retombées autour du site et identifier le point de retombées maximum (**Figure 35**).

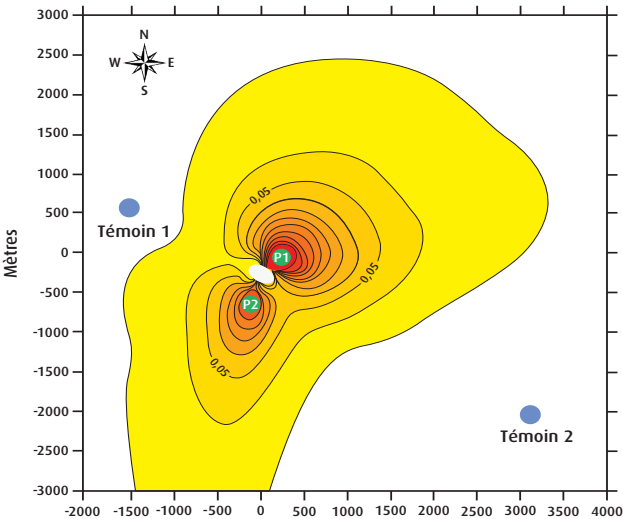


Figure 35 : Exemple de localisation des points de mesures dans le cas de la surveillance d'une installation en fonctionnement normal à partir de la cartographie obtenue par modélisation et représentant la hiérarchisation des zone de retombées en moyenne annuelle

En fonction du contexte, l'historique des données météorologiques à utiliser en données d'entrée et la base de temps sur laquelle les moyennes des concentrations et/dépôts sont calculés, sont différents (**Tableau 10**).

Contexte de surveillance	Historique des données météorologiques utilisé	Base de temps sur laquelle les sorties de modèle sont moyennées pour localiser les zones de retombées maximum
Installation en fonctionnement normal	3 – 5 ans	Annuelle
Suite à un dysfonctionnement de l'installation	Pendant la période de dysfonctionnement	Sur la période de dysfonctionnement

Tableau 10 : Résolutions temporelles des données d'entrée et de sortie utilisées dans le modèle en fonction du contexte de la surveillance.

Choix des points de mesure

Macro-implantation

Dans le cas de la surveillance d'une installation en fonctionnement normal, les études de dispersions antérieures adaptées au cas étudié peuvent être utilisées, par exemple celles disponibles dans le volet santé du DDAE.

Dans le cas de la modélisation des **émissions diffuses**, les mesures antérieures et les méthodologies employées pour caractériser le terme source doivent être clairement documentées. (caractéristiques d'émission, notamment son flux horaire en g/h).

En l'absence de terme source si la topographie est simple et si un examen visuel de terrain ou quelques mesures de paramètres clefs permettent d'appréhender sa typologie (source surfacique, volumique) et ses caractéristique d'émission (température, vitesse d'émission), on peut utiliser des modèles de dispersion à des fins de **hiérarchisation spatiale des retombées** (interprétation qualitative des sorties).

On attribue alors à la source volumique ou surfacique un **terme source unitaire** et des paramètres d'émissions proches de ce qui peut être observé. Si l'intensité de son émission peut varier du fait de facteurs externes ou internes (voir chapitre

« **Variation des émissions** ») on peut lui adjoindre des facteurs d'intensité arbitraires. Ces hypothèses doivent être explicitées dans le rapport de mesure.

Quelles que soient les circonstances de l'utilisation de ces modèles de dispersion, il faudra toujours apporter un regard critique aux sorties de modélisation, notamment en les confrontant aux effets locaux attendus et observés sur le terrain (**Annexe 5**), et cela particulièrement dans les situations où les outils de modélisation sont moins performants.

❑ Renforcement spatial du plan d'échantillonnage

Les outils de modélisation de premier niveau peuvent montrer leur limite dans certaines configurations comme :

- la présence de sources diffuses de moyenne à grande hauteur dont le terme source ne peut pas être raisonnablement appréhendée qualitativement,
- des installations localisées dans un environnement complexe (topographie accidentée, bâtiments hauts, proximité mer ou de fleuve...),
- des situations météorologiques marquées par une proportion importante de vent calme ($<1,5$ m/s) associée à des stratifications stables de l'atmosphère.

Dans ces deux derniers cas, la hiérarchisation des zones de retombées autour de l'installation à partir d'outil de calcul peut nécessiter l'utilisation de modèles évolués (modèles Lagrangien ou Eulérien). Cependant le ratio coût/bénéfice pour ce qui est de la maîtrise des incertitudes peut être défavorable. On pourra lui préférer une augmentation du nombre de points de mesure avec des techniques à faible coût afin de hiérarchiser les zones de retombées autour de l'installation.

Dans les situations dominées par des **conditions dispersives ($v > 1,5$ m/s)**, on privilégiera un renforcement spatial du plan d'échantillonnage sous le vent de la source.

Le choix de l'axe d'échantillonnage sera réalisé suivant les mêmes modalités que celles décrites au chapitre « **Profil des retombées attendues type émissions diffuses** » **p61**. Sur l'axe retenu, des points d'échantillonnage seront positionnés à 50, 100, 300, 500 et 1000 m⁽⁴⁴⁾ (**Figure 36**).

⁽⁴⁴⁾ Pollution et protection de l'atmosphère. Barnea-Ursu – Eyrolles - 1974

Choix des points de mesure

Macro-implantation

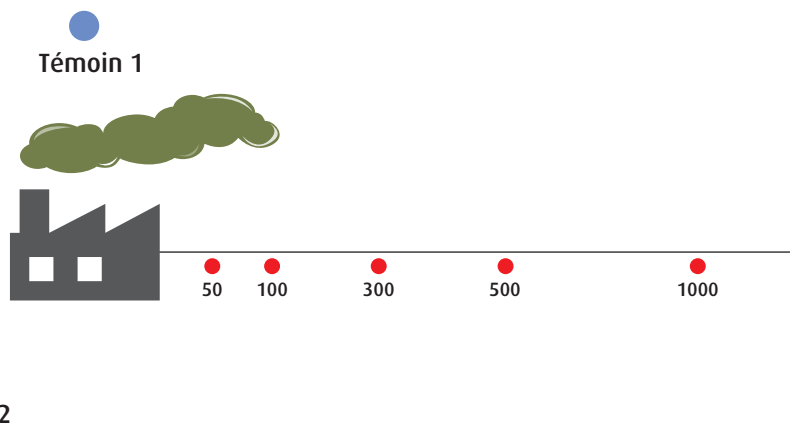


Figure 36 : Renforcement spatial du plan d'échantillonnage

Dans le cas de la présence d'une source diffuse de moyenne à grande hauteur, ce maillage est complété par un point positionné en limite de propriété du site. Les points de ce maillage ne seront retenus comme point de mesure que s'ils sont en dehors de l'emprise du site.

Dans les situations dominées par des **vents faibles (<1,5 m/s)**, la dispersion des polluants a pour moteur principal la **diffusion** et non le transport, il est probable qu'il n'existe pas de direction de dispersion privilégiée. Dans ce cas, le plan d'échantillonnage sera multidirectionnel sur des axes espacés de 30°. Il peut être resserrée, si la topographie le justifie (vallée étroite, on vérifie dans ce cas l'absence de cibles pouvant être impactées par des courant ascendant/descendant lors des alternances jour/nuit).

Les nœuds de ce maillage ne sont retenus comme point de mesure que s'ils sont en dehors de l'emprise du site.

Dans les cas où une analyse des données météorologiques annuelles est utilisée pour choisir les points « impacté », les variations saisonnières des conditions de dispersion devront être prises en compte (ex. alternance des directions de vents, installation de conditions faiblement dispersive...). Le cas échéant différents points « impactés » associés à ces configurations sont identifiés.

Ces campagnes « d'investigation » doivent mettre en œuvre des méthodes de mesures **légères à durée d'intégration longue** générant un faible nombre d'échantillons par point de prélèvement. Compte tenue de l'objectif, les méthodes choisies peuvent n'apporter qu'une information qualitative.

Les méthodes à privilégier sont les **tubes passifs** pour la mesure des concentrations dans l'air de substances gazeuses, les **jauges/collecteurs**, l'utilisation de **moss-bag**⁽⁴⁵⁾ ou les **prélèvements in situ** de lichen/mousse pour la mesure des dépôts atmosphériques (**Tableau 11**).

Dans le cas de polluants particuliers (ETM, POP) en suspension dans l'air ambiant, il existe peu de technique disponible pour ces campagnes « d'investigation ». Dans ce cas, les techniques de biosurveillance citées précédemment peuvent représenter une alternative intéressante du fait de leur probable capacité à capter un plus large spectre granulométrique que les jauges/collecteurs de retombées.

Si pour le paramètre recherché ces techniques de mesures ne sont pas disponibles ou pertinentes, ces campagnes « d'investigation » peuvent être conduites sur un traceur de l'activité permettant leur utilisation et pouvant donner la même hiérarchisation spatiale (voir chapitre « **Exploitation des données** » **p96** sur l'interprétation de ces résultats).

⁽⁴⁵⁾Utilisation d'une technique de biosurveillance pour évaluer les retombées de métaux lourds - Cas d'un site de seconde fusion du plomb - INERIS, 2004 - Réf. INERIS-DRC-04-55891-AIRE-n°0565-MDu/LVa

Choix des points de mesure

Macro-implantation

Note

La mise en œuvre simple des techniques de biosurveillance de la qualité de l'air par technique accumulatrice permet de prélever/d'équiper un grand nombre de points lors d'une même campagne.

Cependant, dans le cas de prélèvements in situ (lichen/mousse), la faible disponibilité et la difficulté à trouver des substrats homogènes dans la zone d'étude peuvent limiter les possibilités de sélection de points de mesures. Cette difficulté peut-être accentuée lors du renforcement spatial du plan d'échantillonnage compte tenu du nombre important de points de mesure.

La mise en place de stations de cultures contrôlées de Ray-Grass étant plus lourde à mettre en œuvre (pré culture sous serre, station de mesure plus lourde...), on lui préférera l'utilisation de jauges/collecteurs, moss-bag ou de prélèvements in situ de lichen/mousse dans le cas du renforcement spatial du plan d'échantillonnage (voir chapitre « *Exploitation des données* » p96 sur l'interprétation de ces résultats)

Paramètres		Polluants (exemples)	Technique de mesure disponible renforcement spatial du plan d'échantillonnage
Concentration	Gaz	COV, SO ₂ , H ₂ S	Méthodes passives
	Particules	ETM (hors Hg°) POP dont les concentrations dans l'air ambiant se partagent entre les phases particulaire et gazeuse	Biosurveillance (lichen/mousse, moss-bag)
Dépôts	Particules	ETM (hors Hg°) POP dont les concentrations dans l'air ambiant se partagent entre les phases particulaire et gazeuse	Biosurveillance (lichen/mousse, moss-bag) jauges/collecteurs de retombées si la phase particulaire est très marquée

Tableau 11 : Techniques de mesure disponibles pour investiguer la hiérarchisation des retombées autour d'une installation

L'exploitation de ces campagnes doit permettre d'identifier le point de retombées maximum. Pour les campagnes suivantes, le dispositif sera allégé, et seul le point de mesure « impacté » retenu sera instrumenté. Si lors de l'exploitation des mesures, la hiérarchisation des retombées n'est pas cohérente avec les profils attendus (*Figure 7*), le maillage doit être retravaillé (augmentation du nombre de point de mesure).

suite à un dysfonctionnement, les plans d'échantillonnage renforcés sont réalisés dans le cas de **prélèvements in situ de lichen/mousse** il serviront à identifier les zones de prélèvements pour des mesures de second niveau (voir chapitre « *Exploitation des données d'une campagne de mesure* » p91).

En fonction du contexte, l'historique des données météorologiques à utiliser sera différent (*Tableau 9*).

Une synthèse des différents cas décrits précédemment est proposée dans le tableau suivant (*Tableau 12*).

Macro-implantation

- * Ces études de hiérarchisation seront conduites sur une substance traceur de risque et/ou de l'activité à l'aide de méthodes manuelles passives pour la mesure des concentrations dans l'air des substances gazeuses et l'utilisation de jauge/collecteurs, de moss-bag ou des prélèvements in situ de lichen/mousse pour la mesure des dépôts atmosphériques.

Tableau 12 : Critères de choix du/des point(s) de mesures « impacté » »

Typologie	Source diffuse de faible hauteur (<10 m)		Sources canalisées, ou diffuses de moyenne à grande hauteur (≥ 10 m) La technique de mesure permet-elle d'échantillonner toutes les cibles à un coût acceptable ?				
	oui		Non, identification préalable nécessaire du point de retombées maximum ⇒ utilisation de modélisation atmosphérique possible ?				
			oui		non ⇒ campagne de mesures d'investigation spécifiques *		
«Moteur» principal de la dispersion des polluants	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 1	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 2	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 3	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 4	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 5	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 6	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 7
Localisation du/des point(s) de mesure «impacté»	Un point de mesure en limite de propriété, ou au niveau des premières cibles sous les vents du site. La direction de dispersion sera identifiée à partir de l'étude de la rose des vents, de la rose des pluies et de la rose des stabilités annuelles locales (dernières années ou période de dysfonctionnement.	Au minimum échantillonnage du point de mesure le plus impacté (échantillonnage au niveau de la limite de propriété ou ces cibles les plus proches de la source).	Point de mesures au niveau des cibles existantes sous les vents du site. Les directions de dispersion seront identifiées à partir de l'étude des roses des vents, des pluies et de la stabilité annuelles locales (dernières années ou sur période du dysfonctionnement).	Point de mesures au niveau des cibles existantes autour du site.	Identification du point où les concentrations/dépôts modélisés sont les plus importants en moyenne (dernières années ou sur période de dysfonctionnement)	Renforcement spatial du plan d'échantillonnage (5 points à 50, 100, 300, 500 et 1000m) sous le vent du site. Le choix de l'axe d'échantillonnage sera réalisé comme au cas 1 Un point supplémentaire en limite du site si présence d'une source diffuse.	Plan d'échantillonnage identique au Cas 6 mais multidirectionnel sur des axes espacés de 30°. Il pourra être resserré, si la topographie le justifie (vallée étroite, on vérifie dans ce cas l'absence de cibles qui pourraient être impactées par des courants ascendant /descendant lors des alternances jour /nuit).
					Mesure au niveau du point de retombées maximum ou des cibles qui lui sont le plus proche.	S'il est nécessaire de conduire d'autres campagnes de mesures par la suite (mesure sur un traceur de risques, méthode de mesure quantitative, campagne de 2 nd niveau), les mesures seront conduites au niveau du point de retombé maximum identifiées (ou des cibles qui lui sont le plus proches).	S'il est nécessaire de conduire d'autres campagnes de mesures par la suite : indem Cas 6

Choix des points de mesure

Macro-implantation

- **Alternative de mesure** entre le point de retombées maximum et les cibles les plus exposées.

L'identification préalable du point de retombées maximum par modélisation ou par exploitation de campagnes d'investigation donne le choix entre mesurer l'impact du site à l'endroit où (**Figure 37**) :

- les retombées sont les plus importantes en intensité, ou
- des cibles y sont les plus exposées.

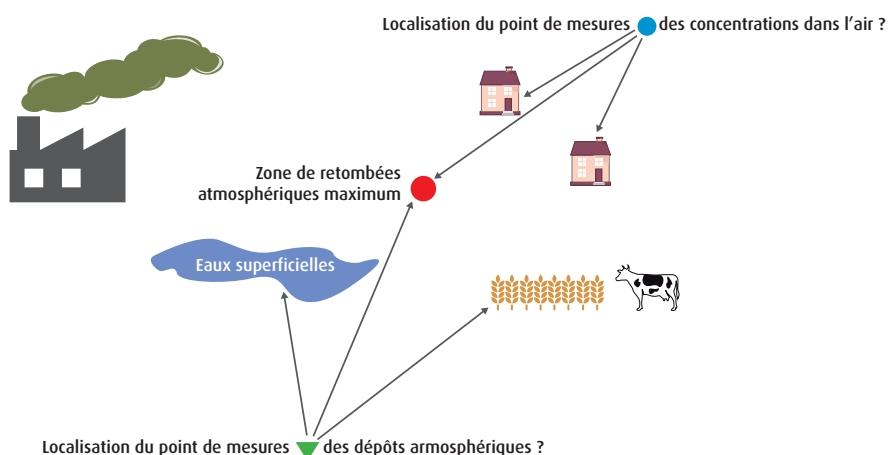


Figure 37 : Alternative de localisation du point de mesure « impacté » lorsque le point de retombées atmosphériques est identifié

Ce choix est fonction des situations rencontrées :

Cas 1 : Si le point de retombées maximum est **proche d'un** type de cible étudié, les prélèvements sont réalisés au plus près de celle-ci (**Figure 38**).

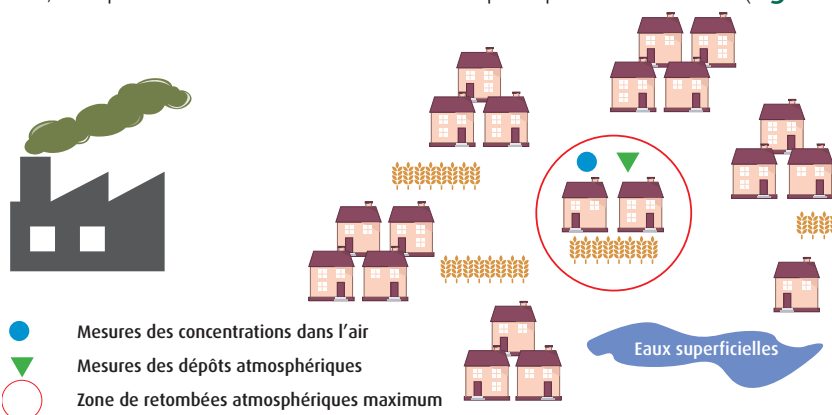


Figure 38 : Localisation du point de mesure « impacté » dans le cas d'une convergence de la zone de retombées maximum et de localisation de cibles

Cas 2 : Si le point de retombées maximum est **distant** de la localisation du type de cible étudié, il pourra être décidé :

- **Option 1** : de conduire les mesures au point de retombées maximum afin de permettre un positionnement rapide du niveau des retombées potentielles sur de nombreuses cibles en leur transposant ces valeurs maximum (**Figure 39**).

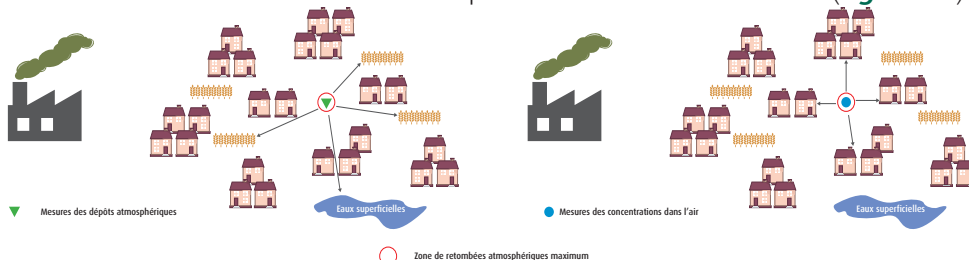


Figure 39 : Mesure au point de retombées maximum afin de transposer à l'ensemble des cibles environnantes les niveaux mesurés

Choix des points de mesure

Macro-implantation

- *Option 2* : de placer le point de prélèvements au niveau d'un type de cible située à proximité du point de retombées maximum (le plus proche et/ou le plus sensible) (**Figure 40**).

L'option d'une mesure au point de retombées maximum peut par ailleurs permettre d'améliorer la détection de la contribution de l'installation par rapport au bruit de fond, faciliter le suivi des phases du procédé dans l'interprétation des variations du paramètre mesuré (étude de source), notamment lorsque des méthodes automatiques sont mises en œuvre.

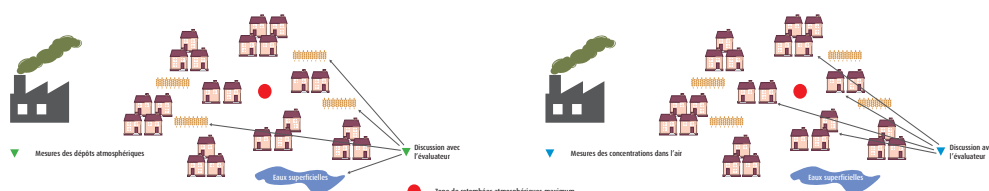


Figure 40 : Mesure sur une des cibles au voisinage du point de retombées maximum

Le choix qui est fait entre ces différentes alternatives doit être décrit dans le rapport de mesure et pris en compte dans l'interprétation des mesures.

Cas des points témoins

L'environnement local témoin correspond à des zones locales 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). Il peut être de différentes natures : rural, urbain, industriel.

Les points témoins sont choisis afin de pondérer l'impact maximum du site vis-à-vis de différentes valeurs repères locales propres à la période de prélèvement. La typologie de cet environnement local témoin est choisie en fonction de la nature de la source exogène à laquelle on souhaite évaluer la contribution de l'ICPE.

A minima, il est choisi un point de mesure dans l'environnement local témoin où les niveaux attendus pour le paramètre mesuré sont localement les plus bas. Il est à noter que pour certaines substances (Hg^0 par exemple), les sources d'émissions atmosphériques sont très limitées (pas de sources anthropiques diffuses) et les concentrations ubiquitaires dans l'air sont très faibles et déjà documentées. Pour ces substances, il y aura peu de doutes sur l'origine du signal mesuré lorsqu'elles seront mesurées à proximité d'une source industrielle. Dans ce cas de figure, la documentation du bruit de fond pourra ne pas être réalisée.

La localisation des points témoins se base sur les travaux ayant servi à positionner les points « impactés » et l'étude de l'environnement local réalisée préalablement à la construction de la stratégie de mesures (voir chapitre « **Occupation des sols** » p34).

Choix des points de mesure

Micro-implantation du point de mesure

(46) Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air – ADEME - 2002

(47) NF X 43-014 Détermination des retombées atmosphériques totales.

NF EN 15841- Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic, de cadmium de nickel et de plomb.

NF EN 15853 Méthode normalisée pour la détermination des dépôts de mercure.

(48) Si ce n'est pas le cas une vérification devra être faite afin de démontrer que les différentes espèces d'arbre n'influent pas sur les résultats (NFX 43-904).

Micro-implantation du point de mesure

Quelques principes généraux liés à l'environnement immédiat du point de prélèvement doivent être appliqués lors du choix final de l'implantation de ce point sur le terrain. Dans leur ensemble, ces règles visent à éviter de placer le point de prélèvement dans un endroit abrité, modifiant l'aérodynamique localement (**Tableau 13**). Ceci peut 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 (zone de recirculation sous le vent d'un bâtiment...).

La hauteur de prélèvement sera située entre 1,5 et 3 mètres du sol (ADEME, 2002)⁽⁴⁶⁾
On évitera les lieux d'implantation : - présentant des ruptures de pentes, - à moins de 10m de cours d'eau type fleuve ou rivière large (ADEME, 2002)
Le point d'échantillonnage devra être situé à plus de 20 mètres de la ligne d'égouttage des arbres (Heindorf, 2002).
Tout bâtiment devra être situé à une distance du point de prélèvement supérieur à deux fois la différence entre la hauteur du bâtiment et la hauteur d'échantillonnage. Pour les particules cette distance est portée à cinq fois. (Heindorf, 2002).
Une ouverture de 270° devra permettre une circulation d'air sans obstacle majeur (bâtiment) et inclure la direction du vent dominant dans le dégagement pendant la campagne de mesure (Heindorf 2002)

Tableau 13 : Critères d'implantation liés à l'environnement immédiat du point de mesure

Pour la mesure des flux de dépôts atmosphériques, il existe des critères dans les normes concernées⁽⁴⁷⁾.

Pour les méthodes de biosurveillance de la qualité de l'air des critères supplémentaires doivent être respectés (**Tableau 14**). Les mêmes dispositions doivent être appliqués à l'ensemble des emplacements afin de permettre une comparaison non biaisée des résultats.

Substrat	Références	Préconisations
Lichen	NFX-43-904	Concernant les zones de collectes des lichens, les prélèvements devront être préférentiellement réalisés sur les mêmes espèces d'arbres ⁽⁴⁸⁾ (inclinaison <20°). Le prélèvement doit être effectué entre 1,5 à 2 m au-dessus du sol, en dehors des zones d'écoulement préférentiel des eaux de pluies, des blessures et des départs des branches.
Mousse	NF-X-902	Un échantillon sera constitué au minimum de 10 sous-échantillons de la même espèce pour réduire la variabilité spatiale et être représentatif du site de collecte. Ces échantillons sont collectés sur l'ensemble de la surface de collecte et ne sont pas localisés sur une zone restreinte de celui-ci (échantillonnage composite). Pour une même étude, les différents sites de prélèvements doivent avoir des caractéristiques homogènes (surface de collecte, couvert) Échantillonnage hors couverts (milieux forestiers : milieu ouvert à privilégier, hors canopée / milieux urbains : sous pentes de toiture à exclure) et avoir un support identique pour tous les sites de prélèvements (humus, rocher, souche, béton). Zone de prélèvement doit être plane. Les toitures, talus, murs sont à proscrire. Les bases de toutes surfaces verticales ou inclinées (fossé, base de tronc ou de murs) sont déconseillées.
Ray-Grass	NF X 43-901	Éloigné d'au moins 5 m d'un mur inférieur à 2 ou d'un arbre. Ne doit pas être installé au pied d'un bâtiment élevé

Tableau 14 : Critères de choix des zones de prélèvements de substrats de biosurveillance

Choix des points de mesure

Micro-implantation du point de mesure

⁽⁴⁹⁾Ce type de contamination des végétaux peut être considéré comme important pour les végétaux dont la taille est inférieure à 0,5 m et devient négligeable au-dessus de cette hauteur. Source : Smith K. E.C., Jones Kevin C., Particles and vegetation : implications for the transfer of particle-bound organic contaminants to vegetation, 2000, The Science of the Total Environment, Vol. 246, pp. 207-236.

⁽⁵⁰⁾On qualifie ici de primaire, une contamination directement issue du transfert atmosphérique d'un polluant (première interface entre l'atmosphère et un compartiment environnemental).

La disponibilité de lichen/mousse ou des contraintes logistiques associées à des matériels de mesures (problème d'alimentation électrique, d'accessibilité, de risque de vandalisme, respect des critères d'implantation) peut amener à choisir des points de mesure différents de ceux définis précédemment (voir chapitre « **Macro-implantation** » p61). On veillera à bien documenter ces écarts géographiques sur une carte et à ce qu'ils ne soient pas trop importants (<100 m de la zone d'installation prévue).

Remarque

Les hauteurs de prélèvements de 1-2m permettent d'évaluer la part des contaminations provenant directement des émissions atmosphériques au niveau des voies respiratoires et des matrices environnementales accumulatrices.

Ainsi, la contamination des compartiments environnementaux (air, eaux de surfaces, végétaux, sols...) par des réenvois de substances particulières ou des phénomènes de volatilisation de la fraction gazeuse de substances déjà intégrée dans des matrices environnementales accumulatrices (sols, végétaux) ne sera pas appréhendée par ces mesures⁽⁴⁹⁾. De même les protocoles mis en œuvre dans le cadre des techniques de biosurveillance de la qualité de l'air permettent d'éviter la prise en compte d'une éventuelle contamination par transfert racinaire.

Cette stratégie de mesure s'inscrit donc bien dans une surveillance des transferts primaires⁽⁵⁰⁾ des retombées atmosphériques de l'installation. Dans un environnement peu contaminé (hors sols pollués), ces deux phénomènes sont de faible importance comparés aux contaminations directes liées aux émissions atmosphériques. En outre, ils témoignent d'un historique qu'il est difficile de maîtriser et dont on cherche à s'isoler dans le cadre de cette surveillance.

Choix des périodes de mesures et durée des campagnes

73 Suite à dysfonctionnement

73 En fonctionnement normal

73 Choix du niveau de couverture temporelle

75 Méthodes de resserrement de la période de mesure

75 utilisation des modèles de dispersion

75 utilisation des données météorologiques locales

75 critères liés à la méthode de mesure utilisée

Choix des périodes de mesure et durée des campagnes

Suite à dysfonctionnement

Suite à un dysfonctionnement

Les prélèvements in situ de lichen/mousse sont réalisés dans un **laps de temps court** (quelques jours) après l'événement ou la détection d'une dérive susceptible de générer un impact dans l'environnement (mesures à l'émission, conditions d'exploitations et/ou opérations de maintenances particulières). Les prélèvements doivent être réalisés en un ou deux jours consécutifs sur l'ensemble des points de mesure.

En fonctionnement normal

Choix du niveau de couverture temporelle

En l'absence de connaissances sur les lois de distributions des concentrations des polluants atmosphériques au voisinage d'une ICPE, la durée cumulée minimale d'échantillonnage de l'année sera prise par défaut égale à celle fixée pour les mesures indicatives dans le cadre de la surveillance réglementée de la qualité de l'air concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant (**Annexe IV de la directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004**). Ces pourcentages minimum seront affinés dans une mise à jour de ce guide.

En effet, plus on est sous l'influence proche d'une source atmosphérique, plus il sera difficile de prévoir le profil des concentrations (pas d'effet tampon lissant de l'atmosphère). Au contraire, pour des stations de fond pour lesquelles ce niveau de couverture temporel minimale a été défini, 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 plus d'information, se reporter aux travaux récents du LCSQA. GT Plans d'échantillonnage et reconstitution de données (ADEME, LCSQA, AASQA), 2009. Guide d'élaboration de plans d'échantillonnage temporel et de reconstitution de données. www.lcsqa.org.

Dans le cadre de campagnes de premier niveau, impliquant la mise en place de matériel de mesure dans l'environnement, **deux approches** sont proposées :

Pour les techniques de mesure de **mise en œuvre simple**. 2 à 4 campagnes de mesure de 15 jours à un mois sont réparties dans l'année afin d'en couvrir au minimum 14%.

La répartition de ces campagnes dans l'année est choisie en fonction de variations des conditions de dispersions observées sur la zone d'étude, qui peuvent influencer le niveau d'intensité des retombées. L'une des campagnes doit intégrer la période de leur plus forte intensité au point impacté retenu.

Pour les **techniques de mesures complexes** générant un nombre d'échantillons à analyser trop élevé, ou dont les coûts d'immobilisation/logistique sont trop importants pour couvrir cette durée d'échantillonnage minimale, il est proposé de réduire la durée des campagnes à 10 jours. La période des mesures est choisie dans le mois de l'année pendant lequel les retombées atmosphériques sont les plus intenses au point impacté retenue (**Tableau 15**).

Choix des périodes de mesure et durée des campagnes

Fonctionnement normal

Concentrations dans l'air					Dépôts
Méthodes automatiques	Méthodes actives		Méthodes passives		Jauge/collecteur ou ray-grass
Mesure en continu	Durée maximale indicative de prélèvement / type de piège*				
	24 h	7 j	7 j	15 j	30 j
1 campagne de mesure annuelle lors du mois de plus forte intensité des retombées atmosphériques	1 campagne de mesure annuelle lors du mois de plus forte intensité des retombées atmosphériques	2 à 4 campagnes réparties dans l'année et intégrant les différentes conditions de dispersions observées sur la zone d'étude qui peuvent influencer le niveau d'intensité des retombées OU 1 campagne de mesure annuelle lors du mois de plus forte intensité des retombées atmosphériques			
* : fonction des méthodes disponibles et des substances					

Période de référence	Durée d'échantillonnage minimale (jours)	Concentrations dans l'air					Dépôts atmosphériques
		Méthodes automatiques	Méthodes actives		Méthodes passives		Jauge/collecteur ou ray-grass
			Durée maximale indicative de prélèvement / type de piège*				
		Mesure en continu	24 h	7 j	7 j	15 j	30 j
			Nombre et durée minimum des campagnes / Nombre d'échantillons prélevé par point de mesure				
Année	14% -> (52)	Coût d'immobilisation important	Nombre d'échantillons générés à analyser en laboratoire important	4 campagnes de 2x7j / 8 éch.	4 campagnes de 2x7j / 8 éch.	4 campagnes de 15j / 4 éch.	2 campagnes de 30j / 2 éch.
Mois	33% -> (10)	1 campagne de 10 j / np	1 campagne de 10 j / 10 éch.	1 campagne de 15 j / 2 éch.	1 campagne de 15 j / 2 éch.	1 campagne de 15 j / 1 éch.	1 campagne de 30 j / 1 éch.

* : fonction des méthodes disponibles et des substances - np : non pertinent

Tableau 15 : Choix du niveau de couverture temporelle en fonction des méthodes de mesure

Ce resserrement de la période de mesure nécessite un travail préalable d'étude de l'évolution temporelle des retombées atmosphériques.

Plus le nombre de points à instrumenter est important et plus les techniques de mesures à mettre en œuvre sont complexes, plus il est nécessaire de conduire cette étude. Elle sera également conduite lors d'un renforcement spatial du plan d'échantillonnage (hors cas prélèvement in situ de lichen/mousse).

Il peut également être conduit dans le cas où l'on dispose d'une méthode de mesure simple mais que l'on souhaite, en adéquation avec les enjeux locaux ou réglementaires⁽⁵¹⁾, se limiter à la réalisation d'une seule campagne de mesure par an. La réalisation de plusieurs campagnes par an permet cependant d'évaluer les variations de contributions des sources exogènes (ex. : chauffage domestique) par rapport à la contribution du site.

Lors de la réalisation de prélèvement in situ de lichen/mousse, il n'y aura pas de période d'échantillonnage privilégiée (matrices environnementale accumulant/relargant tout au long de l'année). Cependant s'il existe une augmentation saisonnière des dépôts du fait de l'activité, il faut réaliser les prélèvements peu de temps après cet accroissement.

⁽⁵¹⁾ Les arrêtés ministériels du 20 septembre 2002 sur les installations d'incinération de déchets dangereux et non dangereux fixent une fréquence de surveillance à au minimum une fois par an.

Choix des périodes de mesure et durée des campagnes

Fonctionnement normal

Méthodes de resserrement de la période de mesure

Deux types de données sont disponibles pour évaluer l'évolution temporelle des retombées atmosphériques au point « impacté » sélectionné : les données de concentrations/dépôts modélisées et lorsque l'usage de modèle n'est pas adapté, les données météorologiques locales.

Utilisation des modèles de dispersion

Pour le cas où un modèle de dispersion aura été utilisé pour localiser le point de retombées maximum (**Tableau 12 – Cas 5**), on réalise une analyse des variations des moyennes mensuelles des concentrations/dépôts atmosphériques (horaires ou trihoraires) qui sont modélisées en ce point afin d'identifier le mois de l'année où elles sont les plus élevées (voir exemple en **Annexe 6-1**).

Utilisation des données météorologiques locales

Pour les autres cas, les données météorologiques locales sont utilisées.

Lorsque le point de mesure est associé à une **direction de dispersion privilégiée** ($v \geq 1.5$ m/s), on recherche le mois de l'année où, en moyenne, il est le plus souvent sous le vent de la source d'émission (**voir exemple en Annexe 7-3**). On peut ajouter d'autres critères comme la pluviométrie à cette analyse.

Pour les situations dominées par des **vents faibles** ($< 1,5$ m/s) pour lesquelles il n'existe pas de direction de dispersion privilégiée, l'étude des données météorologiques permet de déterminer le mois de l'année où le **brassage vertical** des couches basses de la troposphère est le **plus ralenti**.

Critères liés à la méthode de mesure utilisée

En fonction des méthodes de mesures choisies pour mesurer les **dépôts atmosphériques**, des critères supplémentaires doivent être pris en compte pour fixer les périodes d'échantillonnage (**Tableau 16**).

- ❑ Les **jauges/collecteurs** peuvent être mis en œuvre toute l'année, néanmoins les périodes de gel intense peuvent parfois occasionner le bris des jauges/collecteurs en verre. L'ajout de gros sel peut permettre de pallier ce problème. Par ailleurs, une vigilance particulière doit être apportée lors des épisodes de fortes précipitations (pluie ou neige) pour éviter le débordement de la jauge/collecteur.

La casse ou un débordement entraîne une invalidation du prélèvement.

- ❑ Le **Ray-Grass**, ne peut être mis en œuvre que hors des périodes hivernales (mars à mi-novembre)⁽⁵²⁾. Cette période correspond également à celle où les fourrages sont cultivés localement.

- ❑ La concentration des substances dans les lichen/mousse est sensible au lessivage dû à la pluie.

À émission constante, un plan d'échantillonnage réalisé sur des périodes sèches et humides autour d'une source donnera des résultats qualitativement comparables mais quantitativement différents. Dans le cadre d'un suivi continu, on devra donc être vigilant sur la reconduction de ces campagnes **dans des conditions comparables**.

On évitera les périodes de pluies ou de neige pour les lichens et on privilégiera un échantillonnage automnal (septembre-octobre) ou printanier (avril-juin) pour les mousses.

⁽⁵²⁾ Variables selon les saisons et le secteur géographique.

Choix des périodes de mesure et durée des campagnes

Fonctionnement normal

Dans le cas d'installations avec des émissions qui font l'objet de variations saisonnières marquées, compte tenu de l'incertitude sur les vitesses de déplétion d'un marquage historique de ces matrices, il est préférable de les prélever peu de temps après une période d'accroissement des émissions pouvant entraîner une augmentation des dépôts atmosphériques.

Contexte de surveillance	Méthode de mesure	Critères de choix
Fonctionnement normal	Jauges/collecteurs	Attention aux périodes de gel qui peut faire éclater les jauges/collecteurs en verre ainsi que de forts orages qui peuvent faire déborder les jauges/collecteurs
	Ray-grass	Mise en œuvre de mars à mi-novembre
	Lichen	Éviter les périodes de pluie ou neige Échantillonnage de l'ensemble des points sur 1 à 2 jours en septembre-octobre
	Mousse	Échantillonnage de l'ensemble des points sur 1 à 2 jours en avril-juin

Tableau 16 : Critères supplémentaires à intégrer dans le choix des périodes de mesures en fonction la méthode de mesure des dépôts atmosphériques utilisée



Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

- 79 Analyse sélective des supports de prélèvements (fonctionnement normal)*
- 81 Campagne ambulatoire (fonctionnement normal)*
- 81 Construction de rose de pollution d'échantillonnage (dysfonctionnement)*
- 82 Couplage de méthode insitu avec d'autres méthodes de mesures des dépôts atmosphériques*

Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

Analyse sélective des supports de prélèvements

L'identification des points et des périodes de mesures doit être conduite distinctement pour les **concentrations** et les **dépôts**, issus des **émissions canalisées** et **diffuses** du site. Ce travail doit prendre en compte les périodes d'arrêts techniques/maintenance ou d'accroissement des émissions de l'installation au cours de l'année. Les convergences des zones d'échantillonnage et des périodes de mesure seront néanmoins recherchées afin d'optimiser les campagnes de mesures.

Si à l'échelle de l'année, il existe plusieurs zones d'impact autour du site (ex. : rose des vents bimodales, rose des pluies différentes de celles des vents, saison marquée par des vents faibles <1.5 m/s...), on peut n'en caractériser qu'une seule si on peut démontrer que celle-ci correspond à la zone d'impact maximum pour le type de source, substance et paramètre considéré. Dans le cas contraire, chaque zone d'impact doit faire l'objet de mesure.

Quelque soit le cas de figure, ces caractérisations sont conduites à partir d'une ou plusieurs campagnes réparties dans l'année selon le niveau de couverture temporelle retenu (voir chapitre « **Fonctionnement normal** »).

Différentes stratégies d'optimisation existent pour augmenter les chances de **réussites** des campagnes de mesures, limiter le **nombre d'échantillons** à analyser ou le **nombre d'équipement** à mettre en œuvre.

Analyse sélective des supports de prélèvements

Lorsqu'il existe plusieurs directions de dispersion potentielles, il y a toujours un risque que la direction saisonnière prévue ne soit pas celle observée pendant les mesures.

Aussi, pour limiter le risque qu'aucun des points de mesures ne soit sous les vents du site, et si la technique de mesure le permet (tubes passifs, jauges/collecteur), il est préférable d'instrumenter en même temps les différents points de mesures « impactés » situés sur les différents axes de dispersion. Cet échantillonnage concomitant permettra après la campagne de choisir entre n'analyser que les supports de piégeage qui ont été le plus sous les vents de l'installation pendant la phase de prélèvement, ou la totalité si l'on souhaite avoir une information sur l'étendue des valeurs qui peut exister sur les différents points de mesure.

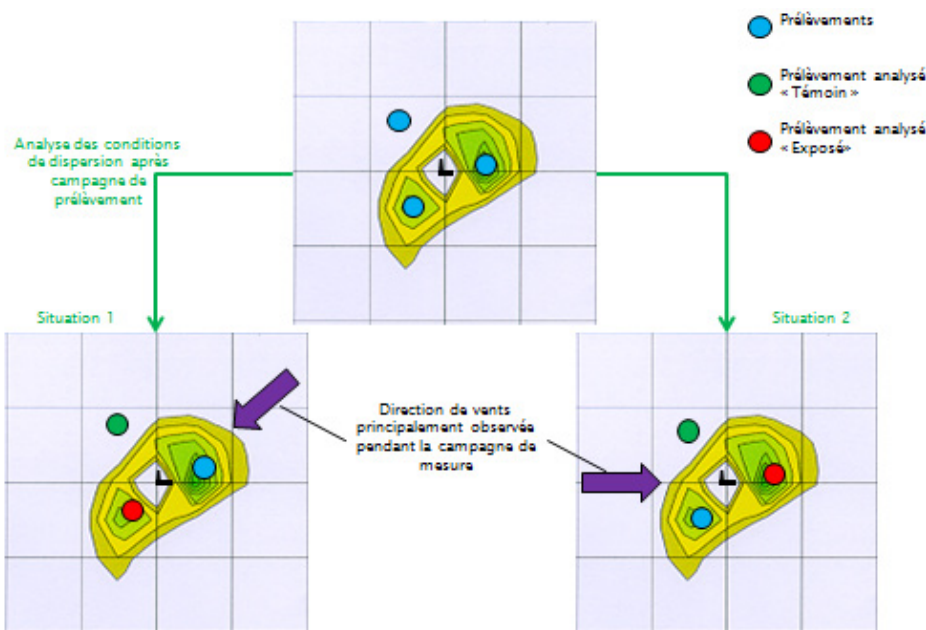


Figure 41 : Exemple de stratégie de mesure « multi-cônes »

Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

Analyse sélective des supports de prélèvements

Cette approche peut également être utilisée lors du **renforcement spatial** du plan d'échantillonnage avec les techniques légères et à durée d'intégration longue qui sont alors utilisées (tubes passifs, jauges/collecteur, moss-bag).

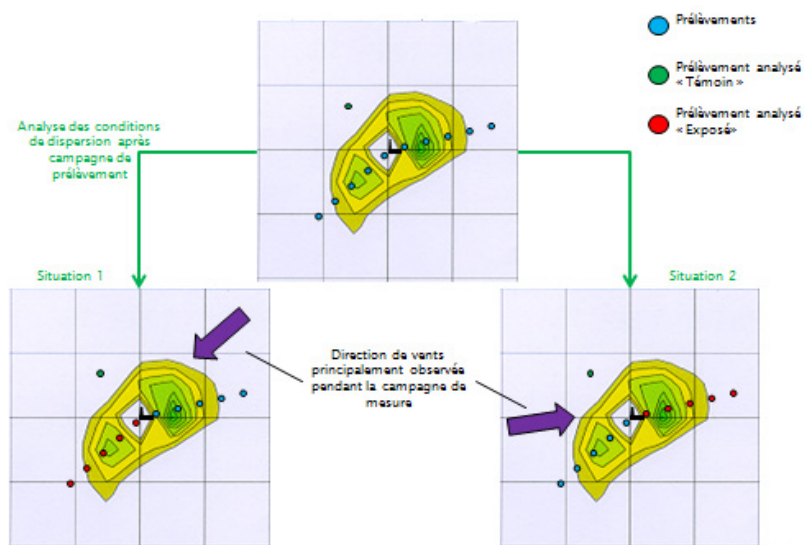


Figure 42 : Exemple de stratégie de mesure « multi-cônes » lors du renforcement spatial du plan d'échantillonnage

La mesure des concentrations dans l'air ambiant de certaines substances (ETM, PM_{10} , $PM_{2,5}$ et certains gaz) nécessite l'utilisation d'instruments qu'il est difficile de déployer en trop grand nombre sur le terrain. Il existe pour ces substances des instruments qui réalisent des prélèvements actifs séquentiels automatiquement (ex : changement du support de piégeage toutes les 24h)⁽⁵³⁾ pendant de longue durée sans intervention humaine (1 à 2 semaines).

Différentes stratégie de choix des filtres permettent de limiter le nombre d'analyses ou de points de mesure. En effet, on peut, après la phase de prélèvement et l'étude des conditions météorologiques mesurées, sélectionner pour un point de mesure les échantillons :

- ❑ dont la combinaison permet de reconstruire le **scénario moyen de dispersion** investigué. La durée cumulée d'échantillonnage doit néanmoins correspondre à la durée minimale d'échantillonnage fixée (voir « **choix des périodes de mesures** »).
- ❑ qui correspondent aux périodes où le préleveur est **principalement sous le vent de la source**.
- ❑ qui permettent de caractériser la **contribution relative** de la source par rapport au bruit de fond lorsque le point de mesure est alternativement sous l'influence de celle-ci ou non (bruits de fond, sources exogènes). Si suffisamment de données sont disponibles⁽⁵⁴⁾, il ne sera pas nécessaire d'équiper un point dans l'environnement local témoin⁽⁵⁵⁾.

Dans tous les cas, le nombre, la date et les conditions de dispersion journalières associées aux calcul de la concentration moyenne doivent être indiqués.

Ce choix doit être décrit et est à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats (voir « **Interprétation des résultats** »).

⁽⁵³⁾ Il devra être vérifié que les performances analytiques permettent de prélever une quantité suffisante de la substance au regard des valeurs représentatives concernées.

⁽⁵⁴⁾ On calculera ces moyennes « témoin » ou « impacté » sur un nombre minimum de 5 échantillons.

⁽⁵⁵⁾ A condition que pour les périodes où le capteur est au vent, il ne soit pas influencé par une source qui marquerait l'environnement local témoin.

Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

Campagne ambulatoire

Campagne ambulatoire

Pour les méthodes manuelles actives et les méthodes automatiques, on peut afin d'engager moins de matériel sur le terrain, échantillonner successivement les différents points de mesures en y déplaçant un même matériel (camion laboratoire ou autres moyens mobiles).

Il est alors nécessaire que sur la période d'étude, les émissions atmosphériques soient homogènes et que les conditions de dispersion correspondent à la situation que l'on souhaite caractériser sur chacun des points de mesures.

La durée de chacune des campagnes de mesures successives devra permettre de couvrir la durée minimale d'échantillonnage de la période investiguée (voir chapitre « **Choix des périodes de mesures et durée des campagnes** ») sur chacun des points de mesures.

Construction de la rose de pollution

Ce type d'approche nécessite que la dispersion des polluants ait pour moteur principal le transport ($v > 1,5$ m/s) et est réservée aux méthodes automatiques.

L'acquisition en temps réel des niveaux de concentrations sur un pas de temps courts (5 à 15 mn) permet de construire des roses de pollutions par leurs couplage avec les directions et forces de vents mesurées en continu pendant la campagne.

Cette représentation permet de distinguer en un même point de mesure les contributions relatives du site et du bruit de fond sur la durée de la campagne de mesure (**Figure 43**).

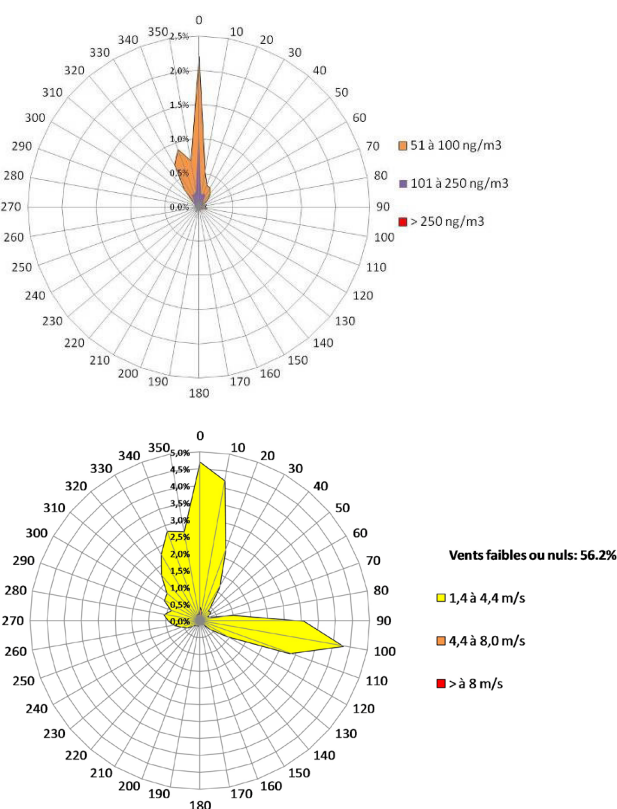


Figure 43 : Rose de pollution (haut) construite à partir du croisement du suivi en temps réel des concentrations de mercure gazeux dans l'air ambiant et des directions de vents (bas) – Vent $\geq 1,4$ m/s – La source d'émission se trouve au nord du point de mesure

Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

Construction de la rose de pollution

La concentration moyenne au point de mesure peut être calculée soit à partir de l'ensemble des mesures obtenues, soit en ne retenant que celles associées aux périodes où le capteur est sous le vent.

Il est ainsi possible de n'équiper que la zone d'impact maximum en ayant néanmoins une information sur le bruit de fond local. .

La durée cumulée d'échantillonnage devra aussi correspondre à la durée minimale d'échantillonnage fixée (voir chapitre « **Stratégies d'échantillonnage** »).

Couplage de méthode in situ avec d'autres méthodes de mesures des dépôts atmosphériques

Dans le cas d'un programme de surveillance régulier des dépôts atmosphériques, on peut choisir de coupler l'utilisation de jauges/collecteurs ou ray-grass avec des prélèvements de mousse/lichen in situ.

On recommande dans ce cas une fréquence d'échantillonnage plus faible pour les lichens (1 fois tous les 3 ans, par exemple). Ceci permet d'utiliser le potentiel d'accumulation des matrices environnementales in situ pour détecter une éventuelle dérive apparue **en dehors** des périodes d'échantillonnage avec les jauges-collecteur/ray-grass et d'assurer **l'équilibre** ponction/renouvellement sur la même zone de collecte lichen/mousse.

On cherche également à avoir un recouvrement des périodes de l'année où les prélèvements sont réalisés (**Figure 44**). On peut par exemple caler les périodes de prélèvement in situ en fin de période d'exposition des jauges/collecteurs ou ray-grass. Ainsi, en cas de constat d'impact après exploitation des résultats des mesures réalisées à l'aide de jauges/collecteurs ou ray-grass, on dispose d'un indicateur environnemental supplémentaire avant d'engager des mesures dans les autres milieux accumulateurs (campagne de 2nd niveau).

	Annee 1												Annee 2												Annee 3												Annee 4											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O		
Jauges/Collecteurs																																																
Ray-Grass																																																
Lichen																																																
Mousse																																																

Figure 44 : Périodes possibles de recouvrement dans le cadre d'une surveillance des dépôts atmosphériques couplant la mise en place de jauges/collecteurs ou de ray-grass avec des prélèvements in situ de mousse/lichen

Cette approche, tout en fiabilisant la surveillance pour les périodes non instrumentées, permet de réduire le coût des campagnes, de préserver le gisement de mousse/lichen in situ pour les cas de surveillance du site suite à un dysfonctionnement et de donner un élément décisionnel supplémentaire avant d'élargir la surveillance dans le cas du suivi des dépôts atmosphériques (campagne de 2nd niveau).

État initial

Importance de l'état initial

L'état initial constitue une des **valeurs repères** importante pour l'interprétation des futures campagnes de mesure dans l'environnement. Il est la seule valeur de comparaison permettant d'évaluer objectivement l'évolution de l'impact des émissions atmosphériques après la mise en route de l'installation, au regard de l'évolution de son environnement.

Pour les substances d'intérêt, l'ensemble des paramètres ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, $\mu\text{g}/\text{g}$) susceptibles d'être utilisés pendant le suivi de l'installation doit être caractérisé lors de l'état initial. Ces caractérisations sont conduites à minima sur les zones les plus impactées par les futures retombées atmosphériques des émissions canalisées et diffuses ainsi que dans l'environnement local témoin.

Concernant les prélèvements in situ de **lichen/mousse**, on cherche à disposer de résultats de mesure sur des zones associées à des situations météorologiques peu fréquentes mais qui peuvent survenir ponctuellement (dysfonctionnement).

Hormis pour le cas de prélèvements in situ de lichen/mousse (préservation des matrices sur les zones de fort impact et témoin), il est fortement recommandé de réaliser plusieurs campagnes de mesures en ces points et pour chacune des périodes de l'année (où les mesures sont susceptibles d'être engagées). La durée des campagnes est équivalente à celle décrite précédemment (choix des périodes de mesures et durée des campagnes).

Pour les raisons évoquées au chapitre « **Prise en compte des incertitudes et de la dispersion des mesures** », dans la mesure des moyens techniques disponibles, les états initiaux sont réalisés avec des méthodes automatiques. Quand celles-ci feront défaut, on leur substituera des méthodes manuelles, mais en augmentant le nombre successif d'échantillons de 24 h (cinq au minimum). Ce nombre peut être augmenté en fonction des enjeux liés à la substance ou à la variabilité à attendre sur les résultats, compte tenu de l'environnement du site ou de son évolution.

Dans le cas où l'état initial n'a peu ou pas été documenté avant le démarrage de l'installation, l'utilisation des méthodes manuelles ou automatiques (concentrations dans l'air), des jauges/collecteurs ou ray-grass (dépôts atmosphériques) offre la possibilité de réaliser des « **mises à jour** » de l'état initial après que le site ait démarré. Ces campagnes sont conduites, **par exemple tous les 3 ans**, lors de phases d'arrêt programmé des émissions de l'installation (maintenance, arrêt technique, fermeture annuelle...).

Cette remise à jour de l'état initial permet également de prendre en compte une variation du bruit de fond local pour laquelle la caractérisation de l'environnement local témoin apporte une vision parcellaire. Elle permet notamment d'éviter de conserver un état initial « repère » trop haut si le bruit de fond baisse ou si les performances analytiques se sont améliorées au cours du temps.

Cette mise à jour est importante pour des polluants pour lesquels des sources exogènes peuvent influencer significativement sur les valeurs de bruit de fond (ex. SO_2 , benzène...). En revanche, pour certaines substances comme par exemple le mercure, le bruit de fond dans l'air est très faible en l'absence d'une source industrielle (ou d'un site ou sols pollués au droit du point de mesure). En l'absence de l'arrivée d'un nouvel émetteur, un recalage de ce bruit de fond est donc moins nécessaire pour ce type de substance.

Contrôles qualité

87 Limite de quantification

87 Incertitudes de mesure

87 Blancs de terrain

88 Réplicats

88 Traçabilité documentaire

Contrôles qualité

Limite de quantification

La mise en œuvre d'une campagne de mesure doit intégrer un certain nombre de critères de performances pour garantir la **qualité de la donnée** et sa **bonne interprétation**. Les critères de performances qu'il est nécessaires d'atteindre sont déterminés par les laboratoires/bureaux d'études lors de la construction de stratégie de mesures, et sont vérifiés après la réalisation des mesures.

Limite de quantification

La limite de quantification (LQ) correspond à la plus faible concentration d'une substance à analyser dans une matrice qui puisse être quantifiée avec une précision et une exactitude acceptables.

Les méthodes de préparation et d'analyse de l'échantillon doivent permettre d'atteindre des limites de quantification au moins trois fois inférieures aux valeurs repères disponibles les plus faibles pour le couple substance/matrice mesuré.

Dans le cas où le paramètre mesuré fait l'objet d'une **valeur limite réglementaire**, les limites de détection (LD) acceptables seront généralement fixées à 10% de la valeur cible ($LQ=3 \times LD$). Pour le cas particulier du B[a]P, une valeur de LQ à 4% de la valeur-cible sera retenue.

Incertitudes de mesure

L'incertitude est un paramètre associé au résultat d'un mesurage qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à la chaîne de mesure.

Cette incertitude, qui intègre le prélèvement et l'analyse, doit être déterminée par les laboratoires, soit à partir d'un calcul de **propagation des incertitudes** (Méthode GUM⁽⁵⁶⁾), soit par la détermination d'**intervalle de confiance** associé à la méthode basée sur des tests de répétabilité⁽⁵⁷⁾ (au minimum) ou de reproductibilité⁽⁵⁸⁾.

Blanc de terrain

La réalisation de blanc de terrain permet de valider que les **conditions opératoires** (phases de préparations, de conditionnements, de transport et d'analyses) et les **supports de prélèvements** ne sont **pas à l'origine de biais** sur les résultats de mesures. Elle doit être systématique pour chaque campagne de mesure et chaque couple de support/substance mesuré. Elle ne concerne que les méthodes manuelles de mesures des concentrations dans l'air et la mesure des retombées atmosphériques par l'utilisation de jauges/collecteurs ou de culture contrôlée de ray-grass.

Sa réalisation consiste en une préparation, avant chaque campagne, d'un support de prélèvement qui va suivre les mêmes opérations de préparation et d'extraction que les supports exposés, mais restera non exposé pendant la durée de chaque campagne. Il sera ensuite analysé suivant la même procédure que les autres échantillons y compris la durée de stockage et dans les mêmes conditions de conservation.

Les résultats des blancs de terrain doivent être indiqués dans le rapport de mesure. Les blancs de terrain servent uniquement à valider l'**absence de contamination** due à la chaîne de mesure. Leurs valeurs ne peuvent être en aucun cas soustraites aux résultats de mesures.

⁽⁵⁶⁾ Pour la mesure de certains paramètres dans l'air ambiant on pourra se reporter aux documents AFNOR listés en **annexe 6**.

⁽⁵⁷⁾ Mise en œuvre de la méthode par un laboratoire plusieurs fois sur un court intervalle de temps (expérience de répétabilité).

⁽⁵⁸⁾ Mise en œuvre de la méthode par des laboratoires, équipements et opérateurs différents (essais interlaboratoire).

Contrôles qualité

Blanc de terrain

⁽⁵⁹⁾Rapports LCSQA sur la mesure du benzène et du formaldéhyde - www.lcsqa.org. Le formaldéhyde présente surtout un enjeu pour l'air intérieur.

Généralement, si la valeur du blanc de terrain est supérieure à la limite de quantification et au tiers de la valeur de l'échantillon, les résultats associés à ce blanc de terrain seront rejetés. Dans ce cas, il faut identifier, puis éliminer rapidement la source de contamination. Pour la mesure des concentrations de benzène, il faut se reporter au guide technique ⁽⁵⁹⁾ cité précédemment, pour la mesure des flux dépôts atmosphériques cette limite est fixée à 10%.

Concernant les cultures contrôlées de ray-grass, le blanc de terrain est réalisé par l'analyse de la coupe effectuée après la période de croissance en condition contrôlée sous serre, juste avant l'exposition sur le terrain. Ces contrôles permettent d'évaluer la part du signal mesuré par les végétaux disposés sur le site de mesures qui est attribuable aux conditions opératoires (notamment la contribution du substrat).

La valeur obtenue pourra être comparée à l'historique des contrôles qualités réalisés (carte de contrôles), cette mise en perspective permet de déterminer si la variation de composition du substrat peut avoir eu une incidence sur les résultats (notamment sur les métaux). Cette carte de contrôle est annexée au rapport de mesures.

Réplicats

Pour les techniques à durée d'intégration longue et à faible coût de mise en œuvre (**jauges/collecteur, tubes passifs**) il peut être mis en place des réplicats sur les points d'échantillonnage qui ont une sensibilité particulière (ex : point de retombées maximum...).

Il consiste en la mise en place en parallèle de plusieurs systèmes de mesure équivalents sur un même point de mesure. Le réplicat peut être analysé pour déterminer un coefficient de variation ou servir de contre mesure par une analyse a posteriori dans le cas de premiers résultats suspects.

Dans le cas de l'utilisation de ray-grass, la réalisation de réplicats est inutile, car en cas de premiers résultats suspects un nouvel échantillon de ray-grass peut-être analysé.

Les limites de quantification, les incertitudes de mesures et les valeurs obtenues pour les blancs de terrain, doivent être fournis avec le rapport. L'ensemble des bulletins d'analyses des prélèvements exploités sont également annexés au rapport ainsi que le nom des sous-traitances et des actions déléguées.

Traçabilité documentaire

L'ensemble des **points de mesures** doivent être localisés sur une **carte** à l'échelle ou une photographie aérienne du site et les coordonnées GPS données dans le rapport⁽⁶⁰⁾. Dans le cas d'échantillonnage composite (lichen/mousse), la surface de collecte et les points de collecte sont précisés, ainsi que le type de support et l'espèce collectée.

Sur ces cartes, la **typologie des différentes zones** autour de l'installation (urbain, périurbain, rural), la localisation des sources locales d'émission atmosphériques exogènes à l'installation, les zones d'élevage ou de culture fourragère pouvant rendre cohérent l'usage de ray-grass sont également reportées.

⁽⁶⁰⁾Les systèmes de coordonnées utilisés doivent être précisés. Les coordonnées géographiques (longitude/latitude) sont généralement exprimées en degré. Pour ce cas, le système WGS84 est souvent utilisé dans les GPS.

Les coordonnées cartésiennes sont elles généralement exprimées en mètre suivant différents référentiels : Lambert 2 étendu, Lambert 93 ou UTM zone 31 ou 32 Nord.

Le code EPSG associé au système de coordonnées utilisé devra être fournis.

Contrôles qualité

Traçabilité documentaire

L'environnement des points de mesure est décrit et documenté à l'aide de **photographies** prises depuis le point de mesure. Pour chaque point, une vue en plan large est réalisée suivant l'axe passant par le point de mesure et la source d'émission, ainsi que suivant les trois autres axes perpendiculaires deux à deux. Le système de prélèvement est positionné au premier plan lorsque cela ne nuit pas à la bonne perception de l'environnement des points de mesures. Au besoin une photo spécifique du système de prélèvement est réalisé.

Les **dates** précises des débuts et fin de prélèvements sont données. Dans le cas de prélèvements discontinus sur la période d'échantillonnage leurs chronologies doivent être indiquées. Lorsque plusieurs méthodes de mesures sont mise en oeuvre en parallèle, les différentes périodes sont illustrées sur un même diagramme de Gantt.

Les conditions météorologiques prévues lors de la construction de la stratégie de mesure et qui ont été observées pendant la campagne de mesure doivent être décrites pour chaque période de prélèvements (rose des vents, pluies, stabilité si nécessaire, pluviométrie journalière, évolution des températures et pression atmosphérique, proportion de vents calmes ...). La localisation et les caractéristiques de la station météorologique utilisée doit accompagner cette description.

Le **niveau d'activité** du site industriel, et tous les paramètres décrivant le niveau des émissions atmosphériques du site et/ou des facteurs externes pouvant influencer les sources diffuses pendant la campagne de mesure, doivent également être précisés.

Dans le cas des PCDD/F, PCB ou HAP, les résultats doivent être détaillés pour les **différents congénères**. Le référentiel TEQ et les coefficients utilisés sont données. Les valeurs de gestions existantes pour des matrices environnementales étant exprimées en OMS-TEQ, on doit utiliser les derniers coefficients OMS disponibles pour exprimer les résultats en indiquant aussi la date du référentiel et les coefficients utilisés.

Interprétation des résultats de mesure

91 Vérifications préalables

91 Exploitation des données d'une campagne *92 prise en compte des incertitudes et de la dispersion* *94 limites des comparaisons aux valeurs de gestion* *et articulation entre les campagne de 1^{er} et de 2nd niveau*

95 Prise en compte de l'historique

Interprétation des résultats de mesure

Vérifications préalables

Vérifications préalables

La vérification des hypothèses faites pour construire la stratégie de prélèvement est un préalable à toute analyse des supports de prélèvement et interprétation des résultats. Elles doivent être validées après la campagne de mesures, notamment par l'**étude des données météorologiques** enregistrées localement et du niveau de fonctionnement du pendant la campagne de mesure.

Il faut s'assurer que les roses des vents et/ou des pluies mesurées pendant les périodes effectives de prélèvements sont comparables à celles qui avaient été établies pour la période de l'année qui devait être étudiée.

Les pourcentages de temps où les points de prélèvement **impacté** et **témoin** choisis sont sous le vent de l'installation (axe du vent $\pm 30^\circ$, $v > 1,5$ m/s) pendant la durée effective des mesures sont mises en perspective avec les pourcentages attendus pour la période de l'année que l'on cherche à caractériser (base de comparaison pluriannuelle). Cette comparaison des **taux d'expertises** est utilisée comme **indicateur de la représentativité** de la campagne de mesure. Elle sera également conduite pour les périodes de précipitation lorsque des dépôts atmosphériques seront mesurés.

Si des **divergences fortes** apparaissent il peut être décidé de ne pas engager les analyses des prélèvements réalisés et de réengager une campagne de mesures en retravaillant éventuellement la stratégie de mesure/d'échantillonnage, ou de requalifier certains points de mesure.

Dans le cas de prélèvement de lichen/mousse in situ, il faut vérifier que les zones de prélèvement ont bien été choisies **après étude** des conditions de dispersion sur la période d'investigation souhaitée (année(s) passée(s) ou période du dysfonctionnement).

Les critères de performances doivent également être vérifiés lors de cette étape. (voir chapitre **Contrôles qualité**)

Exploitation des données d'une campagne de mesure

Les niveaux mesurés au point d'impact retenu sont appréciés par rapport aux **valeurs repères** disponibles et actualisées (environnement local témoin, état initial) (**Figure 45**).

Interprétation des résultats de mesure

Exploitation des données d'une campagne de mesure

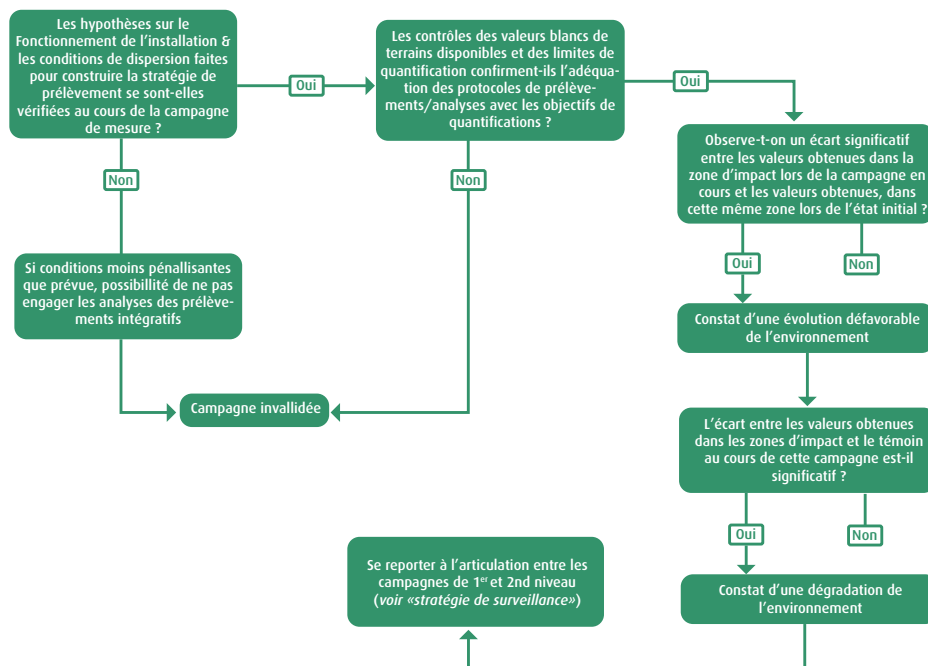


Figure 45 : Logigramme de constat d'une dégradation de l'environnement dans le cadre de la surveillance de l'air ambiant autour d'une ICPE

Prise en compte des incertitudes et de la dispersion des mesures

Les différences observées entre les valeurs mesurées au point impacté retenu et l'environnement local témoin sont évaluées au regard de l'incertitude de la méthode de mesure utilisée et de la variabilité de la matrice.

On évalue tout d'abord si l'écart observé est supérieur à l'incertitude⁽⁶¹⁾ de la méthode de mesure intégrant le prélèvement et l'analyse. La différence entre deux valeurs mesurées pourra être considérée comme significative lorsqu'elle sera supérieure à l'incertitude élargie de la chaîne de mesure ($U=2xu$).

Ensuite, si on dispose de plusieurs valeurs de mesures en un point on peut compléter cette évaluation par une prise en compte de l'intervalle de confiance associée à la moyenne déduite des résultats⁽⁶²⁾, ou mieux par la réalisation d'un test statistique adapté.

Concernant la mesure des **dépôts atmosphériques**, compte tenu du faible nombre de résultats de mesure par point de prélèvement disponibles à l'issue de chaque campagne (1 à 2 valeurs), seule la connaissance de l'incertitude de la chaîne de mesure permet d'apprécier si cette différence est significative.

Les techniques de mesure des **concentrations dans l'air** permettent de disposer, à chaque campagne, d'un nombre plus ou moins important de résultats de mesure en fonction des méthodes utilisées.

Pour les **méthodes manuelles** on a accès à un nombre limité de résultats de mesures lors de chaque campagne de prélèvement (**1 à 10 valeurs** par point de prélèvement).

Pour ce faible nombre de mesure, le calcul de l'intervalle de confiance de la moyenne est biaisé, il est alors préférable de l'estimer en utilisant l'étendue des valeurs mesurées (différence entre la valeur maximale et minimale)⁽⁶³⁾ (**Tableau 17**).

⁽⁶¹⁾ Paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à la chaîne de mesure.

⁽⁶²⁾ La différence entre deux valeurs mesurées pourra être considérée comme significativement différente si les intervalles de confiance associés sont totalement disjoints (pas de données communes entre les intervalles de confiance associés aux résultats).

⁽⁶³⁾ Pratique des tests statistiques – Interprétation des mesures.
C. Lang-Michaut - Dunod

Interprétation des résultats de mesure

Exploitation des données d'une campagne de mesure

(63) Pratique des tests statistiques –
Interprétation des mesures.
C. Lang-Michaut - Dunod

$IC_{95\%} = \bar{X} \pm k_1 * W$									
Nombre de mesures	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_1 (\alpha=0.05)$	6,343	1,230	0,710	0,500	0,395	0,330	0,283	0,250	0,226

$IC_{95\%}$ = Intervalle de confiance à 95%
 $\bar{X}$ = valeur moyenne des valeurs mesurées
 W = étendue (valeur max. – valeur min.)
 Condition d'utilisation : Population supposée normale, valeur vraie de l'écart-type inconnue

Tableau 17 : Estimation de l'intervalle de confiance à 95% à la moyenne pour $n \leq 10$

Pour comparer deux séries mesurées aux points « impacté » et « témoin » on peut également conduire un test statistique adapté aux faible nombre de mesures (Comparaison de deux moyennes – Test de l'étendue⁽⁶³⁾).

Dans le cas où on souhaite déterminer si la moyenne mesurée est supérieure à une valeur donnée (μ_0) on utilise un test de comparaison unilatéral basé sur l'étendue des valeurs mesurées (**Tableau 18**).

$\text{si } \bar{X} > \mu_0 + k_2 * W$	on peut affirmer avec au plus 5% chances de se tromper que la valeur vraie de la moyenne (μ) est supérieure à la valeur moyenne de la caractéristique donnée (μ_0)								
Nombre de mesures	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$k_2 (\alpha=0.05)$	3,152	0,882	0,526	0,324	0,310	0,260	0,227	0,202	0,183

μ_0 = valeur moyenne de la caractéristique à la laquelle on souhaite comparer la moyenne des valeurs mesurées
 $\bar{X}$ = valeur moyenne des valeurs mesurées
 W = étendue des valeurs mesurées (valeur max. – valeur min.)
 Condition d'utilisation : Population supposée normale, valeur vraie de l'écart-type inconnue

Tableau 18 : Test de comparaison d'une moyenne μ à une valeur donnée μ_0 pour $n \leq 10$

Les **méthodes «automatiques»**, de nombreuses données de mesures sont disponibles en un point de mesure (> 200 valeurs après quelques jours de mesures). Cette répétition importante des mesures permet de diminuer la composante aléatoire de l'incertitude de la mesure et d'améliorer la connaissance de son intervalle de confiance.

Des tests statistiques adaptés aux grande séries doivent être également utilisés pour tester la représentativité de la différence entre deux moyennes (test de Student ou t-test⁽⁶⁴⁾) ou d'une moyenne à une valeur donnée.

Lors de l'utilisation d'un test statistique, le critère d'acceptabilité choisi doit être compatible avec l'incertitude de la méthode de mesure utilisée.

Lorsque le nombre de valeurs disponible le permet (≥ 10), une représentation type «boîte de Tukey» (ou boîte à moustache, ou boxplot⁽⁶⁵⁾), peut être utilisée afin de visualiser l'étendue et les valeurs caractéristiques de la distribution des résultats et ainsi comparer des résultats obtenus en différents points (**Figure 46**).

(64) Bien que ce test soit relativement robuste, la distribution gaussienne de la variable devra être vérifiée préalablement.

(65) La tendance centrale devra être caractérisée par la moyenne et la médiane. L'étendue devra être caractérisée par les quartiles ou percentiles et les valeurs minimum et maximum. Les méthodes de détermination des valeurs atypiques et extrêmes devront être décrites.

Interprétation des résultats de mesure

Exploitation des données d'une campagne de mesure

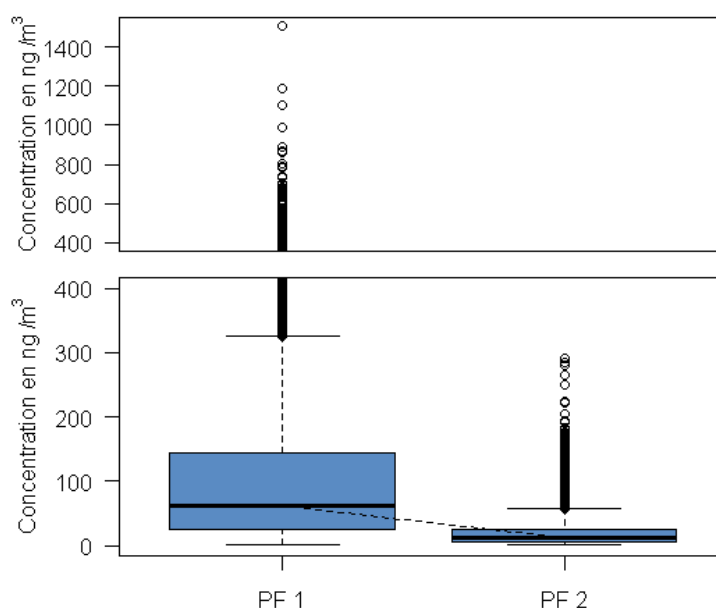


Figure 46 : Exemple de répartition des concentrations de mercure gazeux mesurées dans l'air ambiant en deux points autour d'un site industriel (moyenne, percentile 90-10, min-max, valeurs atypiques)

Néanmoins, il faut être vigilant dans leur interprétation car des représentations en boxplot peuvent visuellement se ressembler mais révéler des moyennes statistiquement différentes (t-test).

Remarque

Pour une dispersion des données importante, moins on aura d'observations et plus il sera **difficile de conclure** sur la représentativité d'une différence obtenue entre le point « impacté » et l'environnement local témoin, ou leurs valeurs respectives obtenues lors de l'état initial.

Pour éviter de se retrouver dans une situation où on ne peut conclure, on cherchera, dans les cas de la surveillance des concentrations dans l'air et lorsque cela est adapté aux enjeux, à **augmenter le nombre de valeurs mesurées** lors d'une reconduction des campagnes de mesures de 1^{er} niveau ou l'engagement de campagne de 2nd niveau, en :

- ☐ utilisant des méthodes « **automatiques** » pour la mesure des niveaux de concentrations, et/ou
- ☐ en **augmentant les durées effectives d'échantillonnage** afin d'augmenter le nombre de mesures (méthodes automatiques), d'échantillons (méthodes manuelles).

Limites des comparaisons aux valeurs de gestion et articulation entre les campagnes de 1^{er} et 2nd niveau, compte tenu des méthodes de mesures utilisées

Les valeurs de gestion dans l'air sont fixées généralement en moyenne annuelle et la transposition sur le long terme des résultats de mesures obtenus ponctuellement doit toujours être réalisée avec prudence.

Ainsi, le dépassement de valeurs de gestion doit être utilisé comme un **indicateur** pour décider de la nature et délais des mesures de gestion à engager (campagnes de second niveau et/ou maîtrise des émissions atmosphériques).

Interprétation des résultats de mesure

Limites des comparaisons aux valeurs de gestion

⁽⁶⁶⁾Pour certaines méthodes manuelles et certains polluants (COV, ETM, PM10) il est possible de disposer de système permettant de réaliser des prélèvements asservis afin de ne piéger l'air ambiant que lorsque le système de mesures est sous le vent de la source.

⁽⁶⁷⁾Dans le cas de l'utilisation de culture standardisée de ray-grass, la teneur en eau de l'échantillon devra être déterminée afin de pouvoir transposer les résultats à des valeurs disponibles dans la réglementation.

⁽⁶⁸⁾Arsenic, cadmium, mercure, plomb, PCDD/F et PCCD/F+PCB-DL

⁽⁶⁹⁾Pollution atmosphérique par les métaux en France – Dix ans de biosurveillance des retombées – C. Rausch de Trautenberg, L. Galsomière, Y. Martinet. ADEME – Muséum National d'Histoire Naturelle - Edp sciences 2013

Lorsque les campagnes de premier niveau se limitent à la réalisation d'une seule campagne annuelle, les résultats qui lui sont associés sont représentatifs d'une période pour laquelle il y a une augmentation du pourcentage du temps où le point de mesure est sous le vent de la source par rapport à la proportion observée annuellement.

Dans le cas de la **mesure des concentrations** dans l'air et lorsqu'à des fins d'optimisation on utilise des instruments permettant de réaliser des mesures intégrées séquentielles (ou asservis⁽⁶⁶⁾), le choix des supports utilisés dans le calcul de la moyenne sur la période de mesure, peut **accentuer** encore plus cette tendance. (voir chapitre **Méthode d'optimisation des campagnes de mesure**)

Il en sera de même pour les concentrations associées au secteur sous le vent de l'installation d'une rose de pollution construite à partir des données d'analyseurs automatiques.

Les stratégies qui consistent à choisir les périodes où le capteur est 100% du temps sous le vent de l'installation se placent dans une logique extrême de l'approche à deux niveaux décrite dans ce guide. Si elles permettent d'évaluer une **concentration maximum** de contribution de l'installation, elles ne correspondent pas à l'exposition réelle.

Dans le cas de la surveillance des **dépôts atmosphériques**, l'utilisation de **culture contrôlée ray-grass** permet de disposer, pour certains éléments⁽⁶⁷⁾, d'une valeur réglementaire à ne pas dépasser dans les fourrages ⁽⁶⁸⁾. Ceci constitue un élément d'appréciation supplémentaire de l'élargissement de la surveillance aux matrices environnementales accumulatrices (campagne de 2nd niveau).

Il en est de même avec des méthodes **in situ (lichen/mousse)**, les valeurs considérées comme élevées ne préjugent en rien d'un niveau de toxicité pour la mousse, ni pour l'écosystème, ni pour l'homme (**ADEME, MNHN, 2013** ⁽⁶⁹⁾) idem pour les lichens. Pour ces derniers, des niveaux «sanitaires» ou de correspondances avec des valeurs de gestion d'autres milieux ont pu être proposés, ils ne sont à utiliser en aucun cas.

Prise en compte de l'historique

Dans le cas de l'existence de données de surveillances antérieures, la mise en perspective d'un résultat de mesure obtenu en un point doit être faite par rapport à l'historique des valeurs obtenues en ce point et aux autres points de la zone d'étude. La comparaison à ces données doit être systématiques pour identifier des dérives significatives qui peuvent faire craindre à terme, une dégradation des milieux (décrochage par rapport aux données historiques, changement de catégorie lors de la comparaison à des valeurs publiées caractéristiques de différents types d'environnements).

Quand le nombre de données sera suffisant (≥ 10), la représentation en boxplot est l'outil à privilégier (**Figure 47**).

Il permet de visualiser rapidement si une nouvelle valeur mesurée est en dehors de la distribution de celles qui sont habituellement mesurées en un point donné. Néanmoins, il faut être vigilant dans leur interprétation car des représentations en boxplot peuvent visuellement se ressembler mais révéler des moyennes statistiquement différentes (**t-test**).

Interprétation des résultats de mesure

Prise en compte de l'historique

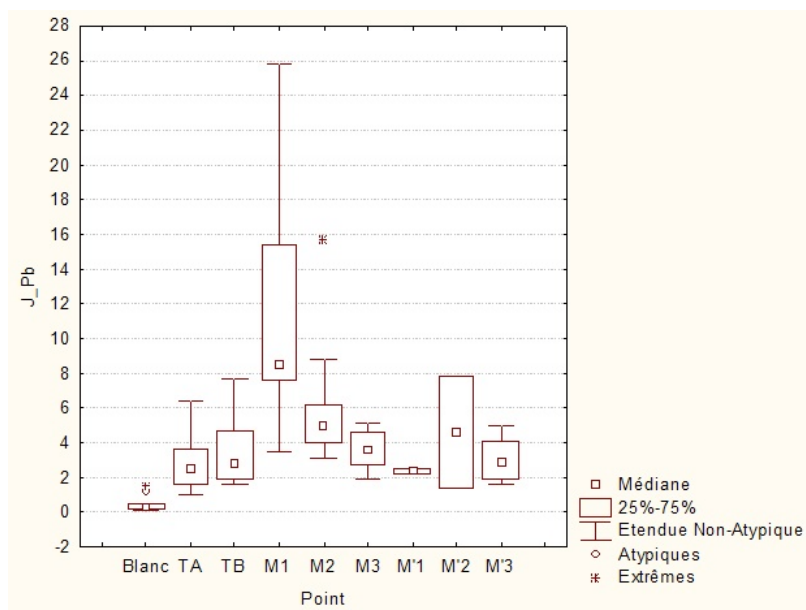


Figure 47 : Exemple de distribution des dépôts atmosphériques de plomb ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{jour}$) mesurés en différents points autour d'une installation à l'aide de jauges/collecteurs après plus de dix campagnes successives (Ti : points témoins, Mi : points impactés)

La capitalisation de données historiques permet d'utiliser des tests statistiques (voir chapitre « **Prise en compte des incertitudes et de la dispersion des mesures** ») et d'ainsi **consolider l'analyse** faite lors des précédentes campagnes sur la différence entre deux valeurs. Lors de ces études historiques il faut veiller à bien distinguer des populations de données qui sont potentiellement hétérogènes (ex. : avant/après mise en place de traitements des émissions).

Dans le cas de l'utilisation de cultures standardisé de **ray-grass**, pour un même niveau de retombées atmosphériques, la concentration résultante dans le ray-grass est fonction de la **variation de biomasse** sur la période d'exposition. Ainsi, une augmentation importante de la biomasse du ray-grass peut masquer une augmentation inhabituelle des retombées atmosphériques (dilution). A contrario, des dépôts atmosphériques normaux peuvent conduire à des concentrations importantes dans le ray-grass si celui-ci a peu poussé (concentration).

Cet effet de la biomasse joue également pour les fourrages en culture dans l'environnement du site. Si on exploite uniquement les résultats par rapport à une valeur de gestion (par exemple concentrations des PCDD/F dans les fourrages), cela est sans conséquence car les fourrages cultivés localement subiront ces mêmes variations de **dilution** ou **concentration**.

En revanche, si on souhaite comparer des séries temporelles de données issues de culture contrôlée ray-grass afin de suivre l'évolution des intrants atmosphériques, l'influence de la biomasse doit être prise en compte. Dans ce cas, les séries temporelles doivent être corrigées par une valeur de biomasse de référence choisie dans l'ensemble de la série de mesures (la plus forte ou la plus faible). Cette valeur doit être indiquée dans le rapport.

Ces résultats corrigés ne peuvent être comparés à des valeurs de gestion.

En ce qui concerne l'utilisation de **jauges/collecteurs** l'étude de séries temporelles doit prendre en compte les précipitations sur la période des prélèvements. Pour le prélèvement in situ de **lichen/mousse**, il faut tenir compte des précipitations sur la période précédant les prélèvements, mais également des espèces utilisées, et de la nature des substrats de collecte.



Points importants à retenir

99 Stratégie de surveillance

101 Stratégie de mesures

101 Paramètres à mesurer et choix des méthodes de mesures

101 Mesure des concentrations dans l'air ambiant

102 Mesure des dépôts atmosphériques

103 Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

103 Choix des points de mesures

105 Choix des périodes de mesures et durées des campagnes

107 Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

107 État initial

117 Contrôles qualité

108 Interprétation des campagnes de mesure

108 vérifications préalables

108 exploitation des données d'une campagne de mesure

109 Historique

Points importants à retenir

Stratégie de surveillance

Note

Dans la version électronique de ce document, un clic sur les titres de paragraphe vous renvoie aux chapitres correspondants du présent guide, où l'information est détaillée.

Note

Si une **pollution historique** liée à dépôts atmosphériques anciens de substances persistantes ou bioaccumulables est **suspectée**, celle-ci ne pourra être évaluée que par des prélèvements dans d'autres milieux récepteurs (sol notamment). Ce cas est hors champ de ce guide.

Stratégie de surveillance

Les retombées atmosphériques issues des émissions d'une ICPE sont constituées de gaz ou de particules qui restent **en suspension dans l'air ambiant** (concentrations dans l'air) et/ou **se déposent** sur des compartiments environnementaux intégrateurs (sols, végétaux, eaux superficielles) en contact direct avec l'atmosphère (dépôts atmosphériques). Ces retombées, en fonction des substances et de l'usage des milieux, pourront conduire à une exposition **directe** des populations (voie inhalation) ou **indirecte** par une consommation de matrices environnementales accumulatrices (voie ingestion).



Figure 48 : Définition des retombées atmosphériques retenue dans ce guide

L'objectif de surveillance est ici de disposer de résultats de mesures qui vont permettre, à travers des campagnes de mesures ponctuelles et hors situations accidentelles, de déterminer si les retombées locales des émissions atmosphériques **actuelles** du site **risquent de dégrader l'environnement**. Le cas échéant, on devra évaluer si cette dégradation peut provoquer des effets sanitaires suite à des expositions directes ou indirectes sur le long terme à ces retombées.

Pour répondre à cet objectif, il est proposé une approche à **deux niveaux** qui peut être engagée lors d'étude ponctuelles (étude d'impact, IEM...) ou dans le cadre d'un programme de surveillance réglementaire ainsi que dans différentes configurations de fonctionnement de l'installation (normal ou suite à un dysfonctionnement récent et maintenant maîtrisé de celle-ci, hors situations accidentelles).

Tout d'abord, des campagnes de mesures ponctuelles (**campagne de 1^{er} niveau**) sont conduites au niveau soit du point de retombées maximum, soit des cibles qui sont le plus exposées aux retombées de l'installation. Les mesures y sont réalisées à minima lorsque cette contribution y est la plus forte. Ces caractéristiques sont évaluées sur des moyennes adaptées au contexte de la surveillance (3-5 dernières années pour le suivi d'un fonctionnement normal de l'installation, pendant la période de la dérive suite à son dysfonctionnement).

Si dans les conditions choisies, la contribution du site ne se démarque pas par rapport aux valeurs repères locales disponibles (état initial, environnement local témoin), les mesures peuvent être interrompues à conditions d'émissions maîtrisées et constantes. Dans le cas contraire, si la substance mesurée dispose de valeurs de gestion ou à défaut d'autres valeurs de comparaison et qu'elles sont dépassées au point « impacté » retenu, il peut être engagé des mesures de gestions constituées d'un plan de maîtrise des émissions atmosphériques du site, et/ou d'investigations complémentaires dans les milieux d'exposition (**campagne de 2nd niveau**).

Points importants à retenir

Stratégie de surveillance

En fonction des résultats des premières campagnes, des incertitudes, des enjeux locaux ou du contexte réglementaire, les campagnes de « 1^{er} niveau » peuvent être reconduites régulièrement (par exemple, pendant trois années d'observations). Ceci afin de mieux apprécier la variabilité des impacts des émissions du site en régime d'exploitation normal.

La fréquence de ce programme de surveillance est alors adaptée aux enjeux et à leur évolution (tout en respectant les dispositions réglementaires minimum). Elle est **renforcée** ou **allégée** en fonction de l'évolution des résultats de mesures (**Figure 49**).

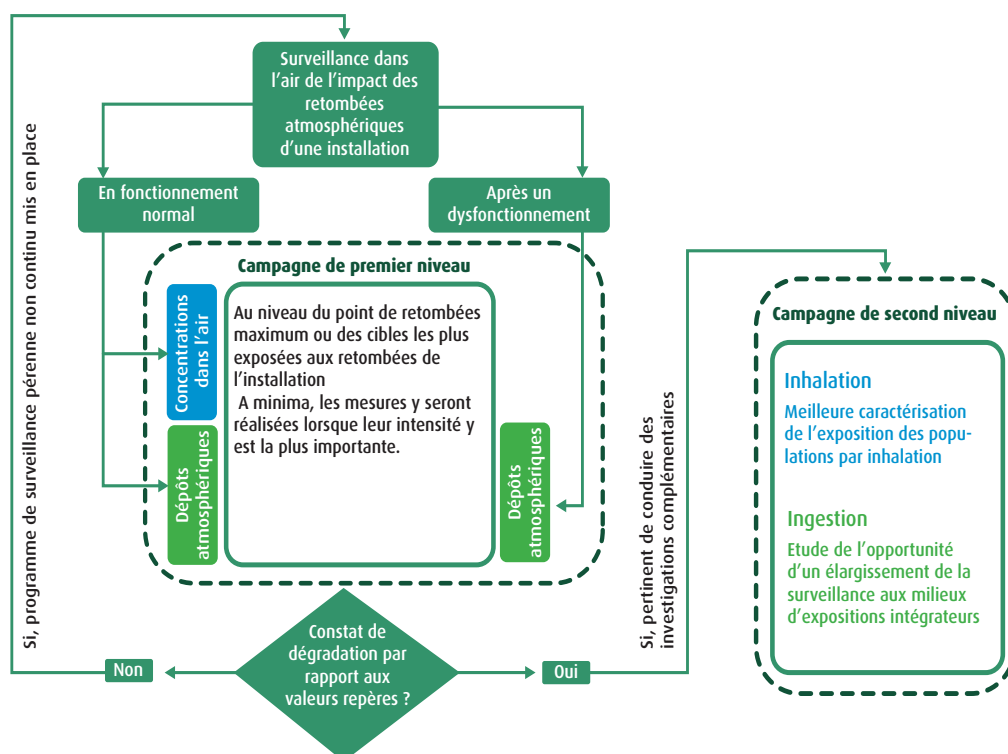


Figure 49 : Schéma de principe de la stratégie de surveillance à deux niveaux proposée dans ce guide

Cette approche est basée sur un engagement de moyen croissant avec le niveau de connaissance que l'on souhaite avoir de l'exposition réelle des populations (**Figure 50**)

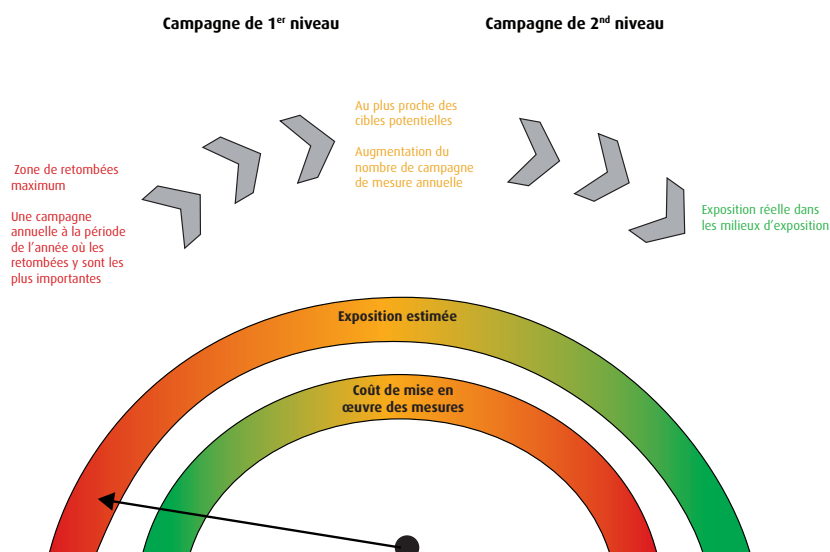


Figure 50 : Adéquation objectif/moyen entre les campagnes de 1^{er} et 2nd niveau

Points importants à retenir

Stratégie de mesure

Note

La stratégie de mesure doit toujours être **adaptée** et **proportionnée aux enjeux** du site.

Stratégie de mesure

L'adaptation de la stratégie de surveillance à l'installation classée et à son environnement) définit la stratégie de mesure, soit l'ensemble des paramètres d'échantillonnage : forme **physico-chimique** pertinente du traceur, **méthode de mesure** et limites de quantification, **période des prélèvements**, **localisation** des points de prélèvement et stratégies d'échantillonnage associées.



Paramètres à mesurer et choix des méthodes de mesures

En fonction des substances retenues il est pertinent de ne mesurer que certains paramètres (**Tableau 19**). L'absence d'une voie d'exposition dans l'environnement local peut permettre de réduire le nombre de paramètres à mesurer.

	Concentrations dans l'air		Dépôts atmosphériques	
paramètres/ substances	Mesure des concentrations de gaz et/ou particules en suspension dans l'air ambiant		Mesure des flux de dépôts atmosphériques sec (particulaire) et humides (gazeux et particulaire)	Mesure de concentrations résultant de la bioaccumulation des dépôts atmosphériques par le végétal utilisé (Biosurveillance de la qualité de l'air)
	µg/m³		µg/m²/j	µg/g
	Gaz	Particulaire (fraction PM10)		
COV	X			
HCl gazeux	X			
F et composés fluorés	X	X	X ⁽⁷⁰⁾	
SO ₂ , NOX	X			
PM ₁₀		X		
ETM (hors Hg)		X	X	X
Hg	X		X	X
PCDD/F (17 congénères toxiques)			X	X
PCB-DL			X ⁽⁷¹⁾	X
HAP	X (si moins de 3 cycles)	X	X	X ⁽⁷²⁾

Tableau 19 : Paramètre à mesurer en fonction des polluants (le choix devra être adapté aux enjeux locaux d'exposition)

Mesure des concentrations dans l'air ambiant

L'utilisation de méthodes « **manuelles passives** » est à privilégier pour la mesure des concentrations en polluants gazeux. Si elles ne sont pas disponibles pour la substance recherchée (elles n'existent que pour certains gaz) ou si le niveau d'incertitude ne permet pas une exploitation pertinente des résultats, les méthodes « **manuelles actives** » ou « **automatiques** » leurs sont substituées.

Quand elles existent, l'usage des **méthodes « automatiques »** est réservé aux cas où il est nécessaire d'atteindre des résolutions temporelles fines (valeurs réglementaires horaires ou journalières, amélioration de l'identification de la contribution d'une source), ou d'obtenir de nombreux résultats sur de longues périodes pour mieux apprécier la dispersion des résultats et avoir une incertitude réduite.

(70) Méthode des papiers à la chaux - De Cormis, L. - Rapport d'activité annuels. Station d'études de la Pollution atmosphériques d'Avignon-Montfavet (INRA)

(71) PCB 81, 77, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189

(72) Fluoranthène, benzo(a)fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a)anthracène, benzo(ghi)peryène, indeno(123-cd)pyrène

Points importants à retenir

Stratégie de mesure

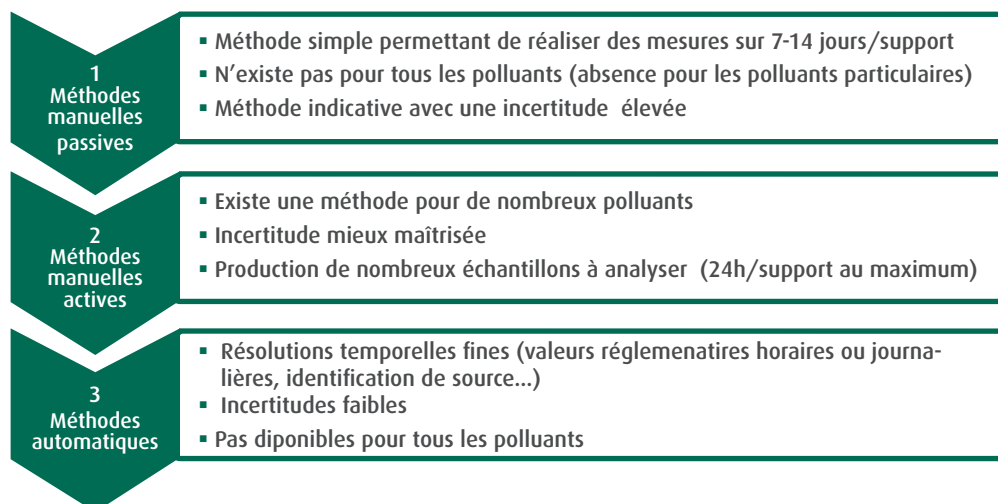


Figure 51 : Principe général de choix d'une méthode de mesure des concentrations dans l'air

Mesure des dépôts atmosphériques

L'utilisation de jauges/collecteurs et/ou de prélèvements in situ de lichen/mousse constitue la base de la surveillance des dépôts atmosphériques. Les prélèvements de lichen/mousse sont mis en oeuvre préférentiellement en milieu rural ou péri-urbain, et si le substrat est pérenne au point « impacté ». Par ailleurs, on peut substituer à l'utilisation de jauges/collecteurs des stations de culture contrôlée de ray-grass si des cultures fourragères ou pâtures existent dans zone d'étude. Suite à un dysfonctionnement, seuls des prélèvements in situ de lichen/mousse pourront être engagés, d'où la nécessité de préserver cette matrice sur le long terme.

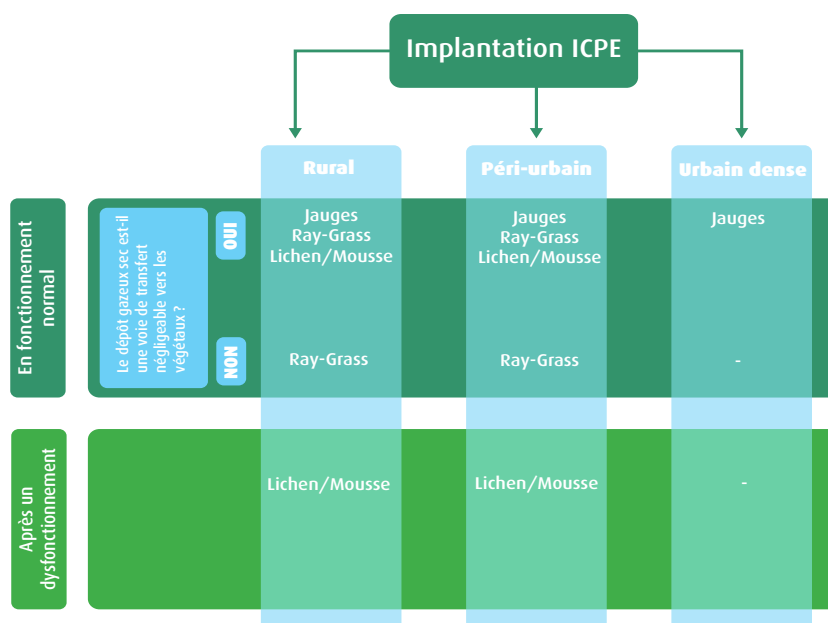


Figure 52 : Choix des méthodes de mesures des dépôts atmosphériques dans différentes typologie d'environnement de site

Des **données météorologiques** représentatives des conditions de dispersions à laquelle sont soumises les émissions atmosphériques (mesure au minimum horaires et à 10 m de haut de la direction et vitesse du vent, et au sol de la pluviométrie, température et pression atmosphérique) doivent systématiquement être enregistrées pendant les campagnes de mesures.

Points importants à retenir

Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

Lorsque le nombre de points à instrumenter est important et que les techniques de mesures à mettre en œuvre sont complexes (production importante d'échantillon à analyser pour couvrir les périodes d'échantillonnage minimum, logistique associée lourde), on cherche, tout en restant en adéquation avec les enjeux locaux, à **réduire le nombre de points** d'échantillonnage et/ou la **période d'échantillonnage**. Les cibles les plus impactées et la période où cet impact est le plus intense sont alors a minima **documentées**. Leur identification nécessite des **études préalables**.

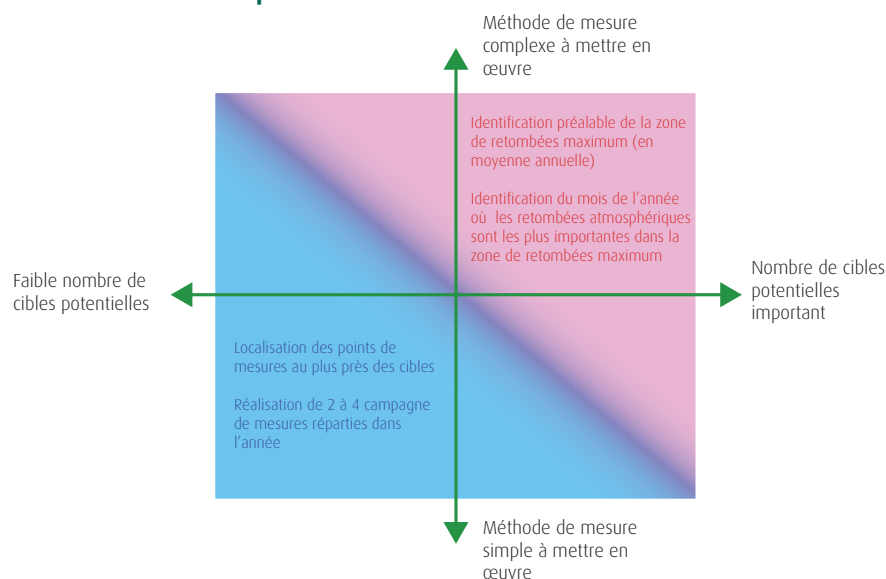


Figure 53 : Choix de la stratégie de mesure en fonction du nombre de cibles et des techniques de mesure utilisées

Choix des points de mesures

Deux types des points de mesures sont retenus : ceux sous l'influence de l'installation, points « **impactés** », et ceux en dehors de celle-ci, points « **témoins** ». Leur caractérisation doit être réalisée à chaque campagne de mesure. A minima, il est choisi un point témoin où les niveaux attendus pour le paramètre mesuré sont localement les plus bas.

La localisation des points de mesure « impactés » dépend de la nature de la source d'émission et du type de profil des retombées résultant au sol autour de celle-ci, de la répartition des cibles potentielles autour de l'installation et de la technique de mesure utilisée ainsi que des conditions de dispersion rencontrées (**Tableau 20**).

Dans le cas de la mesure des dépôts atmosphériques des critères de choix supplémentaires doivent également être pris en compte dans la sélection des périodes de prélèvement (**Tableau 21**).

L'implantation finale des points de mesure doit permettre une **libre circulation** de l'air autour de l'entrée du système de prélèvement. Il faut également s'éloigner de toute zone d'accroissement ou d'atténuation artificielle des concentrations/dépôts que l'on souhaite caractériser. La hauteur de prélèvement est fixée entre 1,5 et 3 m du sol (sauf pour la mousse : hauteur du sol). Pour les prélèvements in situ, les espèces prélevées sur les différents points doivent être identiques et récoltées sur des supports comparables.

Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

c) Ces études de hiérarchisation seront conduites sur une substance traceur de risque et/ou de l'activité à l'aide de méthodes manuelles passives pour la mesure des concentrations dans l'air des substances gazeuse et l'utilisation de jauge/collecteurs, de moss-bag ou des prélèvements in situ de lichen/mousse pour la mesure des dépôts atmosphériques.

Tableau 20 : Critères de choix du/des point(s) de mesures « impacté(s) » »

Typologie	Source diffuse de faible hauteur (<10 m)		Sources canalisées, ou diffuses de moyenne à grande hauteur (≥ 10 m) La technique de mesure permet-elle d'échantillonner toutes les cibles à un coût acceptable ?		Non, identification préalable nécessaire du point de retombées maximum ⇒ utilisation de modélisation atmosphérique possible ?		
	oui		oui		non ⇒ campagne de mesures d'investigation spécifiques *		
«Moteur» principal de la dispersion des polluants	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 1	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 2	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 3	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 4	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 5	Transport (V ≥ 1,5 m/s) Cas 6	Diffusion (V < 1,5 m/s) Cas 7
	Un point de mesure en limite de propriété, ou au niveau des premières cibles sous les vents du site. La direction de dispersion sera identifiée à partir de l'étude de la rose des vents, de la rose des pluies et de la rose des stabilités annuelles locales (dernières années ou période de dysfonctionnement).	Au minimum échantillonnage du point de mesure le plus impacté (échantillonnage au niveau de la limite de propriété ou ces cibles les plus proches de la source).	Point de mesures au niveau des cibles existantes sous les vents du site. Les directions de dispersion seront identifiées à partir de l'étude des roses des vents, des pluies et de la stabilité annuelles locales (dernières années ou sur période du dysfonctionnement).	Point de mesures au niveau des cibles existantes autour du site.	Identification du point où les concentrations/dépôts modélisés sont les plus importants en moyenne (dernières années ou sur période de dysfonctionnement) Mesure au niveau du point de retombées maximum ou des cibles qui lui sont le plus proche.	Renforcement spatial du plan d'échantillonnage (5 points à 50, 100, 300, 500 et 1000m) sous le vent du site. Le choix de l'axe d'échantillonnage sera réalisé comme au cas 1 Un point supplémentaire en limite du site si présence d'une source diffuse.	S'il est nécessaire de conduire d'autres campagnes de mesures par la suite (mesure sur un traceur de risques, méthode de mesure quantitative, campagne de 2 nd niveau), les mesures seront conduites au niveau du point de retombé maximum identifiées (ou des cibles qui lui sont le plus proches)
Localisation du/des point(s) de mesure «impacté»	Plan d'échantillonnage identique au Cas 6 mais multidirectionnel sur des axes espacés de 30°. Il pourra être resserré, si la topographie le justifie (vallée étroite, on vérifie dans ce cas l'absence de cibles qui pourraient être impactées par des courants ascendant/descendant lors des alternances jour/nuit). S'il est nécessaire de conduire d'autres campagnes de mesures par la suite : indem Cas 6						

Points importants à retenir

Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

Contexte de surveillance	Méthode de mesure	Critères supplémentaires liés à la méthode de mesure
Fonctionnement normal	Jauges/collecteurs	Attention aux périodes de gel qui peut faire éclater les jauges/collecteurs en verre ainsi que de forts orages qui peuvent faire déborder les jauges/collecteurs
	Ray-grass	Mise en œuvre de mars à mi-novembre
	Lichen	Éviter les périodes de pluie ou neige Échantillonnage de l'ensemble des points sur 1 à 2 jours en septembre-octobre
	Mousse	Échantillonnage de l'ensemble des points sur 1 à 2 jours en avril-juin

Tableau 21 : Critères de choix supplémentaires à intégrer dans le choix des périodes de mesures en fonction la méthode de mesure des dépôts atmosphériques utilisée

Choix des périodes de mesures et durées des campagnes

Suite à dysfonctionnement, les prélèvements in situ de lichen/mousse, sont à réaliser dans un laps de temps court (quelques jours) après l'événement ou la détection d'une dérive pouvant générer un impact dans l'environnement (mesures à l'émission, conditions d'exploitations et/ou opérations de maintenances particulières, constat d'impact détecté lors de campagne de surveillance ponctuelle). Ils sont réalisés en un ou deux jours consécutifs sur l'ensemble des points de mesure.

Dans le cas du suivi d'un site en **fonctionnement normal** et de campagnes de premier niveau impliquant la mise en place de matériel de mesure, deux approches sont proposées en fonction des méthodes de mesures retenues.

Pour des techniques de mesure de mise en œuvre **simple**, la durée cumulée de l'ensemble des prélèvements réalisés en un point est au minimum de 14% de l'année. Cette couverture temporelle est assurée en réalisant 2 à 4 campagnes de mesure de 15 jours/un mois dans l'année.

La répartition de ces campagnes dans l'année est argumentée en fonction des variations des conditions de dispersions observées sur la zone d'étude qui peuvent influencer le niveau d'intensité des retombées. L'une d'elle doit intégrer la période de plus forte intensité de ces retombées au point impacté retenu.

Pour les techniques de mesures complexes générant un nombre d'échantillons à analyser trop élevé ou dont les coûts d'immobilisation/logistique sont trop importants pour couvrir cette durée d'échantillonnage minimale, il est proposé de réduire la durée des campagnes à 10 jours. La période de mesures est classée dans le mois de l'année pendant lequel les retombées atmosphériques sont les plus intenses au point impacté retenu.

Points importants à retenir

Choix des points de mesures, des périodes de mesures et durées des campagnes

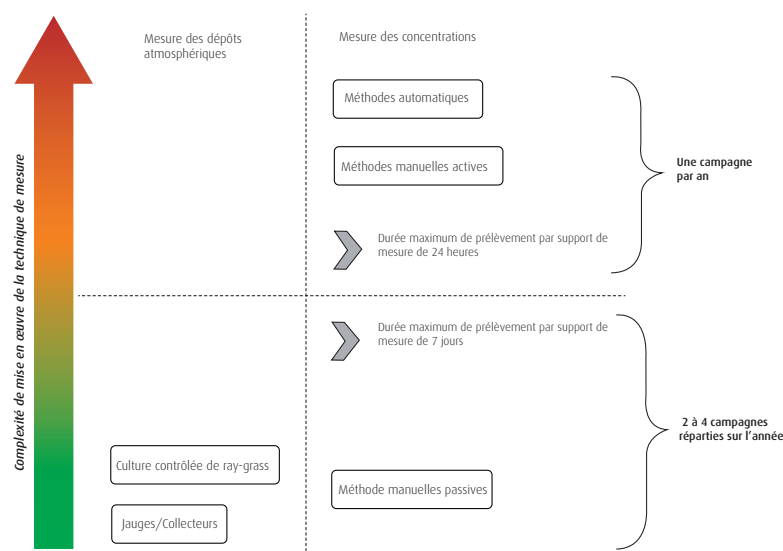


Figure 54 : Choix de la couverture temporelle en fonction de la méthode de mesure

Ce resserrement de la période de mesure nécessite un travail préalable d'étude de l'évolution temporelle attendue des retombées atmosphériques à l'aide soit de l'étude des **sorties de modélisation** de la dispersion des émissions atmosphériques ou des **données météorologiques** locales.

Ce resserrement de la période de mesure peut également être envisagé dans le cas où l'on dispose d'une méthode de mesure simple mais que l'on souhaite, en adéquation avec les enjeux locaux ou réglementaires⁽⁷³⁾, se limiter à la réalisation d'une seule campagne de mesure par an. Cependant lorsque cela est possible, la réalisation de plusieurs campagnes par an permet d'évaluer les variations de contributions des sources exogènes (ex. : chauffage domestique) par rapport à la contribution du site.

Il sera également conduit lors d'un **renforcement spatial** du plan d'échantillonnage.

Lors de la réalisation de prélèvement insitu de lichen/mousse, il n'y aura pas de période d'échantillonnage privilégiée (matrices environnementale accumulant/relargant tout au long de l'année). Cependant s'il existe une augmentation saisonnière des dépôts du fait de l'activité, il faut réaliser les prélèvements peu de temps après cet accroissement.

Quelque soit l'approche (mise en place de matériel ou prélèvement insitu), les spécificités de certaines méthodes de mesures des dépôts atmosphériques doivent également être prises en compte dans le choix des périodes de mesure (voir chapitre « **Critères liés à la méthode de mesure utilisée** »).

Remarque : **Les données météorologiques** qui sont utilisées pour déterminer la localisation des points ou des périodes de mesure (modélisation ou étude des occurrences des phénomènes météorologiques) doivent être représentatives de la **situation locale**. Leur historique est adapté au contexte de la surveillance (3-5 dernières années pour le suivi d'un fonctionnement normal de l'installation, pendant la période de la dérive suite à son dysfonctionnement).

⁽⁷³⁾ Les arrêtés ministériels du 20 septembre 2002 sur les installations d'incinération de déchets dangereux et non dangereux fixent une fréquence de surveillance à au minimum une fois par an.

Points importants à retenir

État initial

Méthodes d'optimisation des campagnes de mesures

L'identification des points et des périodes de mesures doit être conduite distinctement pour les concentrations et les dépôts, les émissions canalisées et diffuses du site. Ces études doivent prendre en compte les périodes d'arrêts techniques/maintenance ou d'accroissement des émissions de l'installation au cours de l'année. Néanmoins, les convergences des zones d'échantillonnage et des périodes de mesure sont recherchées afin d'optimiser les campagnes de mesures.

Si à l'échelle de l'année, il existe plusieurs zones d'impact autour du site (ex. : rose des vents bimodales, rose des pluies différentes de celles des vents, saison marquée par des vents faibles <1.5 m/s...), on peut n'en caractériser qu'une seule si on peut démontrer que celle-ci correspond à l'impact maximum pour le type de source, substance et paramètre considéré.

Par ailleurs, différentes méthodes existent pour augmenter les chances de réussites des campagnes de mesures : limiter le nombre d'échantillons à analyser ou le nombre d'équipement à mettre en œuvre, analyse sélective des supports de prélèvements, campagne ambulatoire, construction de rose de pollution, couplage de méthode insitu avec d'autres méthodes de mesures des dépôts atmosphériques.

État initial

Pour les substances d'intérêt, tous les paramètres ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$, $\mu\text{g}/\text{g}$ – cf. **Tableau 18**) susceptibles d'être utilisés pendant le suivi de l'installation doivent être caractérisés lors de l'état initial. Ces caractérisations sont conduites sur les zones les plus impactées par les futures retombées atmosphériques des émissions canalisées et diffuses ainsi que dans l'environnement local témoin. Concernant les prélèvements in situ de lichen/mousse on cherchera en complément à disposer de résultats de mesure sur des zones auxquelles sont associées des situations météorologiques peu fréquentes mais qui peuvent survenir ponctuellement (dysfonctionnement).

Hormis pour le cas de prélèvements in situ de lichen/mousse, il est fortement recommandé de réaliser plusieurs campagnes de mesures en ces points correspondant aux périodes de l'année où ces mesures sont susceptibles d'être engagées. Dans le cas où l'état initial a été peu ou pas documenté avant le démarrage de l'installation, l'utilisation des méthodes manuelles ou automatiques (concentrations dans l'air), des jauges/collecteurs ou ray-grass (dépôts atmosphériques) offre la possibilité de réaliser des « **mises à jour** » de l'état initial après que le site ait démarré. Ces campagnes sont conduites, par exemple tous les 3 ans, lors de phase d'arrêt programmé des émissions de l'installation (maintenance, arrêt technique, fermeture annuelle...).

Contrôles qualité

Les laboratoires/bureaux d'études doivent préciser dans les rapports pour chaque paramètre mesuré, leur **limite de quantification** ainsi que leurs **incertitudes** de mesures en intégrant la phase de prélèvement et d'analyse.

La réalisation de **blanc de terrain** doit être systématique pour chaque campagne de mesure et pour chaque couple de support/substance lors de l'utilisation de jauges/collecteurs (dépôts atmosphériques), méthodes manuelles (concentrations dans l'air). Les résultats associés doivent être indiqués dans le rapport et leurs valeurs en aucun cas soustraites à celles des mesures. Leur exploitation sert uniquement à valider l'absence de contamination due à la chaîne de mesure.

Points importants à retenir

Contrôles qualité

Interprétation des campagnes de mesures

Vérification préalable

La vérification des hypothèses faites pour construire la stratégie de mesures est un préalable à toute analyse des supports de prélèvement et interprétation (fonctionnement du site, météo locale). Le niveau de fonctionnement de l'installation et/ou des facteurs externes pouvant influencer les sources diffuses doivent être documentés. Les critères de performances des méthodes seront également contrôlés (QA/QC).

Exploitation des données d'une campagne de mesure

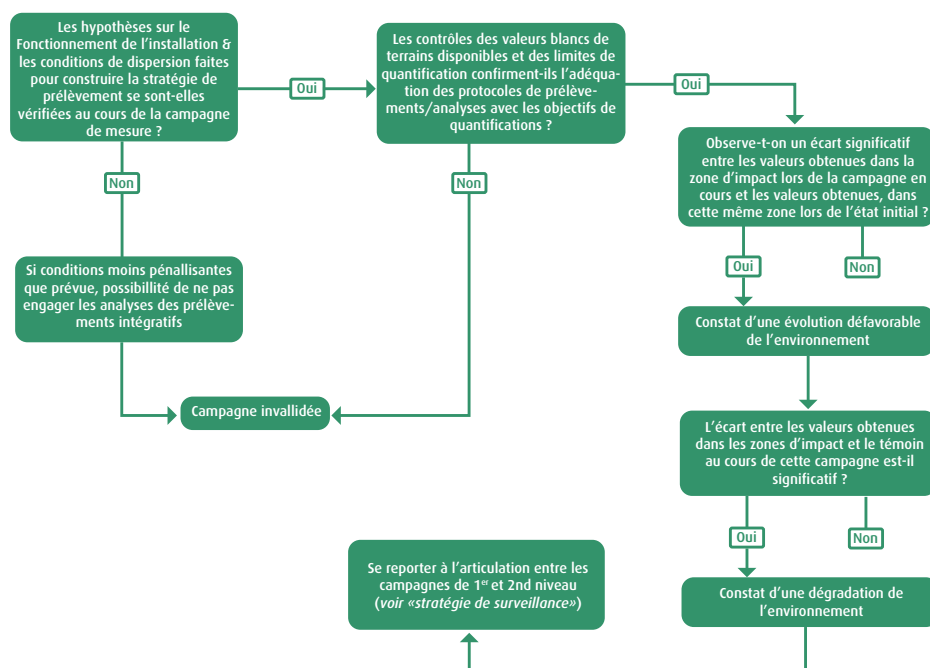


Figure 55 : Logigramme de constat d'une dégradation de l'environnement dans le cadre de la surveillance de l'air ambiant autour d'une ICPE !! toutes les suivantes à décaler !!

Les différences observées entre les valeurs mesurées sur le point « impacté » et l'environnement local témoin doivent être évaluées au regard de l'incertitude de la méthode de mesure utilisée et de la dispersion des résultats obtenue en chacun des points (étude du recouvrement des intervalles de confiance associés aux mesures, tests statistiques).

Si les résultats de mesures au point « impacté » retenu montrent une dégradation de l'environnement par rapport aux valeurs repères, ils seront comparés aux valeurs suivantes (**Tableau 22**) :

Points importants à retenir

Historique

(74) Pour les valeurs réglementaires on se reportera à la Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 01/12/13 (INERIS-DRC-14-142522-01489A – Août 2014) remise à jour tous les deux ans.

(75) Ces grilles permettent de déterminer des intervalles de gestion relatifs à la compatibilité des milieux avec les usages. Guide sur l'Interprétation des Milieux (MEDD, 2007)

(76) Pour les concentrations dans l'air et les flux de dépôts atmosphériques on pourra se reporter au document d'accompagnement du présent guide (INERIS-DRC-14-136338-09714A - Décembre 2014).

	Concentrations dans l'air	Dépôts atmosphériques
Valeurs de gestion ⁽⁷⁴⁾	Choix 1	Choix 1 (ray-grass)*
VTR ou étude de l'Intervalle de gestion suite à l'utilisation des grilles de calculs IEM ⁽⁷⁵⁾	Choix 2	non pertinent
Valeurs publiées caractéristiques de différents types de milieux ⁽⁷⁶⁾	En complément	Choix 2
Valeurs réglementaires de flux de dépôts atmosphériques allemandes ou suisses	non pertinent	En complément
* : Dans le cas de l'utilisation du ray-grass, la teneur en eau de l'échantillon devra être déterminée afin de pouvoir transposer les résultats aux valeurs disponibles dans la réglementation. np : non pertinent		

Tableau 22 : Valeurs de comparaisons possibles des valeurs mesurées au point « impacté » retenu si détection d'une dégradation de l'environnement.

Les **valeurs de gestion** étant fixées généralement en moyenne annuelle, la transposition sur le long terme de résultats de mesures obtenus ponctuellement doit toujours être réalisée avec prudence. Ainsi, en fonction des conditions dans lesquelles est mesuré l'impact de l'installation, le dépassement de valeurs de gestion doit être utilisé comme un indicateur pour décider de la nature et délais des mesures de gestion à engager (campagnes de second niveau et/ou maîtrise des émissions atmosphériques).

Dans le cas des méthodes in situ (lichen/mousse), les valeurs considérées comme élevées ne préjugent en rien d'un niveau de toxicité pour la mousse, ni pour l'écosystème, ni pour l'homme (ADEME, MNHN, 2013); idem pour les lichens. Pour ces derniers, des niveaux « sanitaires » ou de correspondances avec des valeurs de gestion d'autres milieux ont pu être proposés ; ils ne sont à utiliser en aucun cas.

Historique

Dans le cas de l'existence de données de surveillances antérieures, la mise en perspective d'un résultat de mesure obtenu en un point doit être faite par rapport à l'historique des valeurs obtenues en ce point et aux autres points de la zone d'étude (par exemple à l'aide de boxplot).

Cette comparaison permet d'identifier des dérives significatives qui peuvent faire craindre à terme une dégradation des milieux. Lors de ces études on veillera à bien distinguer des populations de données qui sont potentiellement hétérogènes (ex. : avant/après mise en place de traitements des émissions).

Si on souhaite comparer des séries temporelles de données issues de **culture contrôlée de ray-grass** afin de suivre l'évolution des intrants atmosphériques, l'influence de la biomasse doit être prise en compte pour tenir compte des effets de dilution/concentration qu'elle induit.

En ce qui concerne l'utilisation de **jauges/collecteurs** cette comparaison doit prendre en compte les précipitations sur la période des prélèvements. Pour le prélèvement **insitu de lichen/mousse** il faut tenir compte également des précipitations sur la période précédant les prélèvements, des espèces utilisées et de la nature des substrats de collecte.

Annexes

114 Annexe 1 : Glossaire et définitions

120 Annexe 2 : Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

124 Annexe 3 : Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

130 Annexe 4 : Objectifs de qualité des données minimums à respecter pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air – Détail par substance

132 Annexe 5 : Influences de la météorologie locale - Effets liés à une topographie particulière du site

136 Annexe 6 : Exemples de roses des vents et pluies saisonnières

140 Annexe 7 : Exemple de traitement de sorties de modélisation et de données météorologiques pour identification des points de prélèvement et des périodes de mesures

144 Annexe 8 : Liste des guides AFNOR pour l'estimation incertitudes pour la métrologie de l'air ambiant

Annexe 1

Glossaire et définitions

115 Définition

119 Références du glossaire

Annexe 1

Glossaire et définitions

Définitions

Installation Classée : Toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une installation classée.

Les activités relevant de la législation des installations classées sont énumérées dans une nomenclature qui les soumet à un régime d'autorisation ou de déclaration en fonction de l'importance des risques ou des inconvénients qui peuvent être engendrés.

❑ **DDAE** : Certaines installations dont les activités présentent des risques pour l'environnement peuvent être soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation est accordée après instruction par les services administratifs sur la base d'un **D**ossier de **D**emande d'**A**utorisation d'**E**xploiter (**DDAE**) qui contient :

- Une analyse réglementaire,
- Une description des procédés et installations et leurs plans d'implantation,
- Une étude d'impact comprenant :
 - Analyse de l'état initial du site et de son environnement,
 - Analyse des effets directs ou indirects sur l'environnement (rejets dans l'eau, l'air, bruits, déchets, énergie, volet santé),
 - Mesures de maîtrise des impacts,
 - Justification des choix,
 - Mesures de remise en état après exploitation,
- Une étude de dangers,
- Une notice hygiène et sécurité.

❑ **MTD** : Meilleure technique disponible, stade de développement le plus récent des activités, des procédés et de leur mode d'exploitation, pouvant être employées sur un site à une échelle industrielle, dans des conditions économiquement viables, et permettant d'obtenir un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. [6] Les installations classées soumises à la directive **IED** doivent avoir recours aux **MTD** comme l'impose la réglementation.

❑ **AASQA** : **A**ssociation **A**gréée de **S**urveillance de la **Q**ualité de l'**A**ir, qui assure sur un territoire donné (~échelle de la région) :

- la mise en œuvre de la surveillance et de l'information auprès du public sur la qualité de l'air extérieur pour les polluants réglementées par les directives 2008/50/CE et 2004/107/CE;
- la diffusion des résultats et des prévisions auprès du public ;
- la transmission immédiate aux préfets des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils d'alerte et de recommandations.

Ce dispositif de surveillance est constitué de 26 AASQA qui couvrent tout le territoire français.

LCSQA : Le **L**aboratoire **C**entral de **S**urveillance de la **Q**ualité de l'**A**ir assure la coordination technique du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air et est composé de Mines Douai (**MD**), de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (**INERIS**) et du **L**aboratoire **N**ational de **M**étrologie et d'**E**ssais (**LNE**). Il contribue à l'amélioration de la qualité des mesures et assure la liaison entre la recherche et l'application sur le terrain.

❑ **BTEX** : **B**enzène, **T**oluène, **E**thylbenzène et **X**ylènes

Annexe 1

Glossaire et définitions

- ❑ **COV** : **C**omposé **O**rganique **V**olatil qui, à l'exclusion du méthane, possède une pression de vapeur de 0,01 kPascal ou une température de 293,15° Kelvin ou ayant une volatilité correspondante dans des conditions d'utilisation particulières.
- ❑ **ETM** : **É**léments **T**races **M**étalliques
- ❑ **HAP** : **H**ydrocarbures **A**romatiques **P**olycycliques
- ❑ **PCDD/F** : polychlorodibenzodioxines et dibenzofuranes
- ❑ **PCB** : polychlorobiphényles
- ❑ **PM₁₀** : particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéraulique) inférieur à 10 micromètres (10-6 m).
- ❑ **PM_{2,5}** : particules en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 micromètres, appelées aussi « particules fines ».
- ❑ **POP** : **P**olluants **O**rganiques **P**ersistants (PCDD/F, HAP, PCB)
- ❑ **TEQ** : Équivalent Toxique, somme des concentrations de différents toxiques de la même famille, pondéré par le facteur d'équivalence toxique (FET) affecté à chacun. Elle est exprimée par rapport à la substance de référence. Par exemple : équivalent TCDD pour les dioxines ou équivalent B[a]P pour les HAP. [3]
- ❑ **Concentration** : quantité d'une substance/agent dissoute ou contenue dans une unité de quantité dans une matrice. Unités possibles : µg/m³ (air), mg/kg (sol, végétaux), mg/L (eau, liquide). [5]
- ❑ **Flux de dépôts atmosphériques** : Quantité de dépôts atmosphériques secs et/ou humides atteignant le sol par unité de temps et de surface horizontale. Unité possible µg/m²/jour.
- ❑ **Retombées atmosphériques** : substances gazeuses ou particulaires issues des émissions atmosphériques d'une installation qui restent en suspension dans l'air ambiant (concentrations dans l'air) et/ou se déposent/adsorbent (dépôts atmosphériques gazeux, secs, humides) sur des compartiments environnementaux intégrateurs en contact direct avec l'atmosphère (sols, végétaux, eaux superficiels).
- ❑ **Continu** : prélèvement, mesure ou surveillance réalisés dans l'air ambiant sans interruption pendant une période donnée.
- ❑ **Mesure en temps réel** : mesure avec une résolution temporelle permettant de suivre avec résolution temporelle fine (quelques secondes à quelques minutes) les variations des concentrations d'une substance dans l'air. Ces mesures sont réalisées avec des méthodes dites « automatiques » car l'obtention du résultat ne nécessite pas une phase d'analyse d'un support de prélèvement en différé au laboratoire (méthode « manuelle »).
- ❑ **Mesure intégrée** : mesures dont le résultat correspondra à une valeur moyenne/cumulée du paramètre mesurée sur une durée maîtrisée de prélèvement. Elles sont basées sur une phase préalable de collecte de la substance recherchée dans l'air sur un piège puis d'une analyse en différé en laboratoire de celui-ci. Ce piège peut-être un support solide (charbon actif, filtre), un contenant (canister) ou une culture contrôlée d'un végétal (raygrass).
- ❑ **Mesures indicatives** : mesure de concentrations dans l'air réalisée avec une mé-

Annexe 1

Glossaire et définitions

thode respectant des critères de performances métrologiques plus faibles et/ou réalisées sur une couverture temporelle plus faible que les méthodes de références. Leur mise en œuvre est simple et permet de multiplier les points de mesures. Les résultats sont surtout utilisés pour caractériser des ordres de grandeurs ou comme outil qualitatif de hiérarchisation spatial des retombées atmosphériques.

❑ **Mesures de références** : mesure de concentrations dans l'air réalisée avec une méthode respectant des critères élevés de performances métrologiques et/ou avec une couverture temporelle élevée. Leur condition de mise en œuvre est décrite dans des normes, guides techniques et texte réglementaires encadrant la surveillance de la qualité de l'air ambiant au sens des directives 2008/50/CE et 2004/107/CE. Elles sont souvent contraignantes et le respect de certaines spécifications peut être parfois disproportionné au regard des objectifs/enjeux de surveillances décrits dans ce guide.

❑ **Bioaccumulation** : processus d'accumulation d'une substance dans un organisme vivant, via la chaîne alimentaire ou un écosystème. Processus d'échange entre un être vivant et son milieu, entraînant des concentrations plus élevées à l'intérieur de cet organisme que dans son environnement ou sa nourriture. [7]

❑ **Bioconcentration** : processus d'accumulation d'une substance dans un organisme vivant, par captation directe à partir du milieu environnant. Exemple : une substance présente dans l'eau peut être bioconcentrée par les poissons par les branchies et l'épiderme. [1]

❑ **Cible** : organisme, système ou (sous-)groupe impacté par un polluant. [4]

❑ **ERS** : Évaluation des Risques Sanitaires, processus en quatre étapes qui comprend l'identification du potentiel dangereux des substances, l'évaluation de la relation dose-effet, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation des risques. [3]

Il vise à calculer ou estimer le risque pour un organisme, un système ou une (sous)population, incluant l'identification des incertitudes liées, consécutif à l'exposition à un agent particulier, prenant en compte à la fois les caractéristiques de l'agent en question et de la cible spécifique. [5]

❑ **IEM** : Interprétation de l'État des Milieux. Démarche de gestion à mettre en œuvre pour apprécier l'acceptabilité des impacts d'un site ou d'une installation sur leur environnement. D'une manière plus générale, cette démarche de gestion permet de vérifier la compatibilité entre l'état des sites et des milieux et leurs usages, lorsque ces usages sont déjà fixés, c'est à dire les usages constatés. [6]

❑ **Exposition aiguë** : exposition de quelques secondes à quelques jours. [3]

❑ **Exposition chronique** : exposition de quelques années à vie entière. [3]

❑ **Exposition subchronique** : exposition de quelques jours à quelques années. [3]

❑ **Voie d'exposition** : voie de passage d'une substance de la source vers une cible. Une voie d'exposition inclut une source, un point d'exposition et une voie d'administration. Si le point d'exposition diffère de la source, il existe également un mécanisme de propagation et un compartiment intermédiaire où le polluant est transporté. [1]

❑ **VTR** : Valeur Toxicologique de Référence. Appellation générique regroupant

Annexe 1

Glossaire et définitions

les valeurs permettant d'établir une relation entre une dose et un effet (effet à seuil de dose) ou une dose et une probabilité de survenue d'un effet (effet sans seuil de dose). Les VTR sont spécifiques d'un effet (généralement l'effet critique), d'une durée d'exposition (aiguë, subchronique ou chronique) et d'une voie d'exposition (orale ou respiratoire). Elle s'exprime comme une dose journalière ou une concentration tolérable (DJT ou CT) pour décrire les effets à seuil ; ou comme l'inverse d'une dose ou concentration (ERU) pour les effets sans seuil. [5]

- ❑ **Bruit de fond** : concentration/flux de dépôts représentatifs ambiants en un élément, en un composé, ou en une substance dans un milieu donné. Elle tient compte des concentrations naturelles (fond géochimique naturel) et de celles provenant éventuellement de sources d'origine anthropique autres que celles du site étudié (exemple : pollution diffuse par engrais, métaux lourds, ...). [7]

Concentration d'un agent dans un compartiment environnemental qui n'est pas attribuée à la (aux) source(s) étudiée(s) dans l'évaluation des l'exposition. [6]

- ❑ **Compartiments environnementaux** : milieux de l'environnement définis par leurs caractéristiques physiques. On distingue généralement les compartiments suivants : les eaux (superficielles, souterraines, marines), les sédiments, le sol, l'atmosphère, les organismes vivants. [4]

- ❑ **Environnement local témoin** : environnement considéré comme n'étant pas affecté par les activités du site étudié, mais situé dans la même zone géographique et dont les caractéristiques (géologiques, hydrogéologique, climatiques,...) sont similaires à l'environnement impacté par le site. A défaut d'état initial (mesures non réalisées avant la mise en fonctionnement), l'état d'un environnement témoin peut servir de référence. [7]

État d'un environnement comparable mais non impacté par le phénomène étudié. [2]

- ❑ **Matrice environnementale** : support dans lequel se retrouve une substance dans l'environnement. [4]

- ❑ **Matrice (environnementale) accumulatrice** : matrice environnementale présente en permanence en un point ou une zone, non renouvelé naturellement sur le court terme. Une substance aéroportée s'y accumule compte tenu d'affinité chimique/électrochimique particulière du fait du piège mécanique qu'elle va constituer ou de processus de bioaccumulation/bioconcentration. Le dosage de la concentration d'une substance donnée dans la matrice renseignera sur une contamination historique. Exemple : sols de surfaces, végétaux, eaux d'un lac, sédiments, poissons...

- ❑ **Milieux d'exposition** : les milieux d'exposition désignent précisément les milieux au contact desquels se trouve la cible étudiée. Dans le cas des populations humaines, il peut s'agir par exemple, de l'air à l'intérieur des habitations, de l'eau du robinet, de la couche de sol superficiel, mais aussi des aliments. [1]

- ❑ **Milieux environnementaux** : par opposition aux milieux d'exposition, les milieux environnementaux désignent l'air, les eaux souterraines, les eaux superficielles, les sols, les sédiments. [1]

- ❑ **Surveillance (environnementale) des milieux** : processus d'observation répétitive, répondant à des besoins définis, portant sur un ou plusieurs éléments environnementaux suivant un dispositif prédéfini dans l'espace (points

Annexe 1

Glossaire et définitions

de prélèvement) et dans le temps (planning) et à l'aide de méthodes comparables de détection environnementale et de collecte des données. [7]

- ❑ **Transfert** : migration de substances dissoutes ou non dans un ou plusieurs milieux (ex. : à travers ou à la surface d'un sol, causée par l'eau, l'air et les activités humaines, ou bien par les organismes du sol). [1]
- ❑ **Valeurs repères** : elles sont constituées par les niveaux de concentrations propres à l'environnement local du site mesurés à différents endroits autour de l'installation (environnement local témoin, points impactés par les émissions atmosphériques) et moments de la vie de celle-ci (état initial).
- ❑ **Valeurs de gestion** : elles sont constituées par les niveaux de concentrations limites qui peuvent exister pour différentes substances/matrices. On utilisera en priorité des valeurs réglementaires nationales et européennes, puis des valeurs guides qui peuvent exister au niveau d'organismes nationaux (Haut Conseil de la Santé Publique - HCSP, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - ANSES) ou internationaux tel que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). On se reportera au rapport « Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 01/12/2013 » (**INERIS-DRC-14-142522-01489A – Août 2014**) mis à jour tous les deux ans.
- ❑ **Zone d'étude** : dans le cadre de ce guide, la zone d'étude est définie comme le périmètre autour de l'installation correspondant à un rayon égal à trois fois la distance entre le point d'émission et le point le point d'impact maximum qui en est le plus éloigné. Si nécessaire, ce périmètre peut être ajusté sur la base de résultats de précampagnes de mesures d'investigation qualitatives sur un traceur de l'activité.

Références du glossaire

- [1] Bonnard R. Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle. DRC-08—94882-16675B, 2010, disponible sur www.ineris.fr
- [2] Daniau, Dor, Denys, Floch-Barneaud et Dab. Problèmes posés par la définition de l'état de référence des sols en santé environnementale. Responsabilité & environnement n° 54 Avril 2009
- [3] INERIS (2003) Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE, disponible sur www.ineris.fr
- [4] INERIS (2011) - Hiérarchisation des substances - Définition d'une stratégie de hiérarchisation et mise en application sur un nombre limité de substances : premier rapport d'étape. Réf. : **INERIS DRC-11-115712-00485A**
- [5] InVS/AFSSET (2007) Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires
- [6] IPCS (OMS/OCDE) Risk Assessment terminology (Parts 1 & 2) www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj1.pdf
- [7] Glossaire du portail Sites et Sols Pollués (Ministère du développement durable) www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr

Annexe 2

Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques

Annexe 2

Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques

Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques

Par rapport aux autres matrices environnementales qui peuvent être utilisées pour la surveillance de l'impact des retombées atmosphériques d'une ICPE (sols, végétaux, eaux, matrices animales), l'air a certaines spécificités :

- ❑ Les substances s'y déplacent vite (avec les masses d'air) et peuvent réagir rapidement à partir de leurs émissions à l'atmosphère entraînant des transformations physiques (gaz<->particules) ou chimiques (photochimie, oxydation...) qui peuvent être importantes. Cette sensibilité est caractérisée par la demi-vie des substances et devra être bien documentée afin de préciser quelles formes chimiques et surtout physique des substances seront recherchées.
- ❑ Les masses d'air peuvent venir de loin et les substances gazeuses ou particulaires transportées également (ex. : sable du Sahara), ce qui rend nécessaire la caractérisation de l'environnement local témoin lors des campagnes de mesure.
- ❑ C'est le premier compartiment de transfert des émissions atmosphériques d'une installation et il offre des alternatives intéressantes au regard de l'antagonisme qui peut exister entre « identification de la source/évaluation de l'exposition humaine » lors du choix d'une matrice de surveillance environnementale des milieux (**figure 55**) :

Plus on s'approche des milieux d'exposition (ingestion de légumes, fruits, matrices animales consommés localement par les populations⁽⁷⁷⁾ : bol alimentaire, ou inhalation d'air intérieur des habitations/bureaux), plus on peut évaluer précisément leur niveau d'exposition réel. Mais plus on s'éloigne de la source d'émission atmosphérique, plus on prend le risque d'une possible ambiguïté quant à l'attribution de l'origine d'une éventuelle contamination de ces matrices. Ceci provient du nombre croissant d'interactions entre les compartiments environnementaux dans la chaîne de transfert et du possible impact direct ou indirect de sources exogènes ou historiques dans ceux-ci.

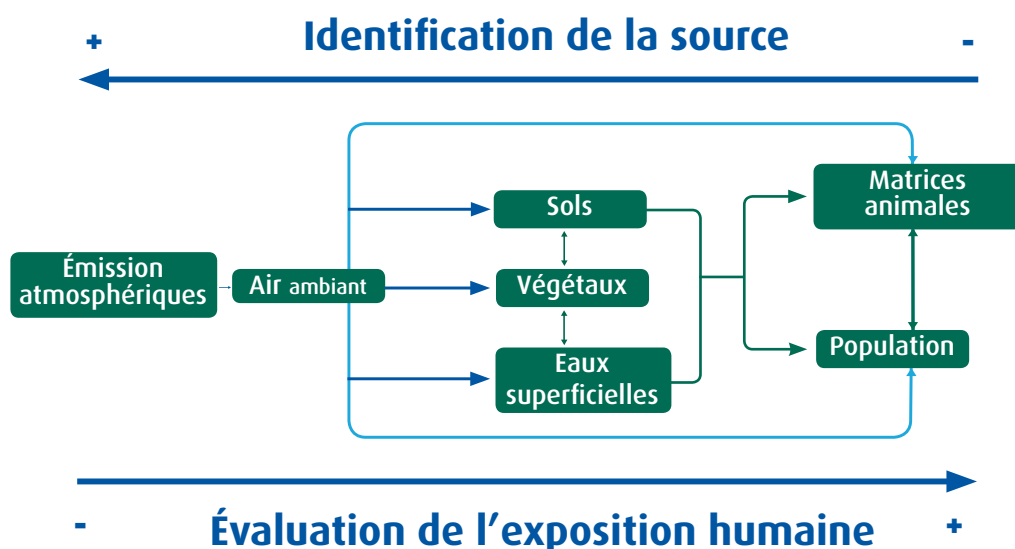


Figure 56 : Difficultés d'interprétation du signal observé en fonction du choix de la matrice environnementale et des objectifs

⁽⁷⁷⁾ Dans le cas particulier de scénario d'exposition avec des jeunes enfants ingérant directement des sols de surfaces, cette matrice pourra être retenue.

Annexe 2

Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques

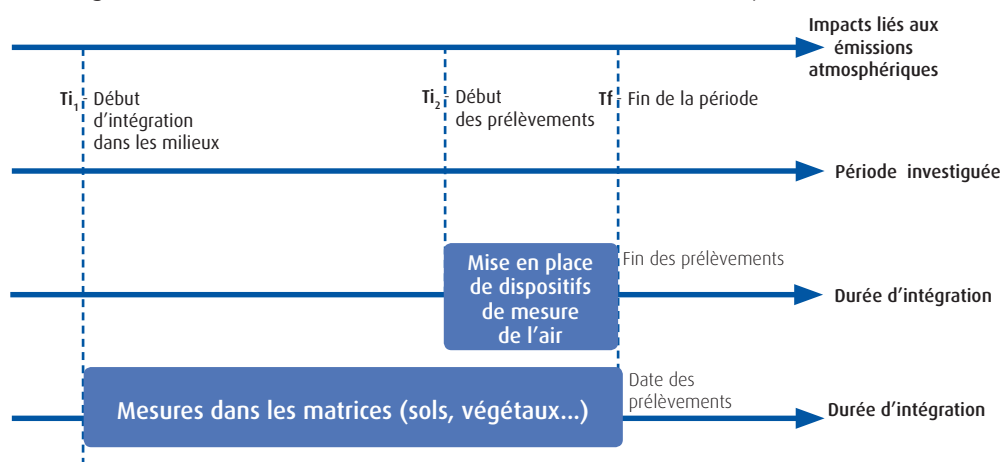
(78) Dans certains cas, le dégazage et/ou les réenvois de particules de sols pollués par le passé peut constituer une part des entrants.

(79) Modulo les cultures aériennes ou les feuillages caduques qui, au regard de la seule contribution des retombées atmosphériques, offre un nouveau support d'intégration à chaque nouvelle récolte ou saison.

□ Les masses d'air ambiant étant **continuellement renouvelées** en un point, on ne peut pas y mesurer la trace d'une éventuelle pollution historique locale antérieure à la période de prélèvement⁽⁷⁸⁾. La mise en place de dispositif de mesure dans l'environnement permet de maîtriser la durée d'échantillonnage, de réaliser des photographies de la situation actuelle avec une résolution temporelle contrôlée de quelques minutes à un mois et de garantir l'absence de marquage des pièges exposés.

Cependant, ces méthodes nécessitant la mise en place de matériel spécifique, les périodes d'échantillonnage sont relativement courtes (1 à 30 jours) et la transposition des résultats sur le long terme doit être prudente afin de ne pas donner un poids trop important à des conditions de dispersion/fonctionnement ponctuelles.

Ces caractéristiques en termes de représentativité temporelle sont également des points de différences majeurs avec les compartiments environnementaux dits « accumulateurs » qui sont eux exposés : en permanence dans l'environnement⁽⁷⁹⁾, de manière non contrôlée et avec une rémanence variable du signal environnemental en fonction des matrices et des polluants.



Ti_1 : Souvent inconnu. Fonction des cinétiques d'accumulation et de déplétion d'une substance dans une matrice donnée. Peut être bornée par des valeurs antérieures obtenues dans les mêmes matrices au même point.

Figure 57 : Représentativités temporelles de différentes matrices environnementales

La détection sur le court terme d'un marquage de ces matrices environnementales accumulatrices par des retombées atmosphériques de faible intensité est difficile. Hors situation accidentelle, les résultats de mesure sont plutôt représentatifs d'une exposition sur le long-terme aux dépôts atmosphériques. Il y a peu de risques de « surinterpréter » des phénomènes de fréquence et d'intensité faibles, car ils sont difficilement mis en évidence et lissés.

Les matrices in situ sont le seul recours si l'on souhaite documenter un impact lié à des émissions atmosphériques passées quand aucune surveillance de la qualité de l'air n'est mise en place dans l'environnement (ex. : stations fixes AASQA, surveillance en continu propre au site).

Dans ce contexte, les méthodes de biosurveillance⁽⁸⁰⁾ de la qualité de l'air par prélèvement in situ de lichen/mousse, pour dosage de certaines substances aéroportées qui s'y sont accumulées (ETM, PCCD/F, PCB, HAP), offrent une bonne alternative pour apprécier qualitativement les retombées

(80) A ne pas confondre ici avec le dosage d'une substance ou de ces produits de dégradation/transformation dans une matrice biologique d'organismes vivants : sang, urine, tissus corporels, sève...

Annexe 2

Atouts et limites de la surveillance dans l'air des retombées atmosphériques

⁽⁸¹⁾Caractérisation des émissions de polluants engendrées par l'incendie de 5 produits types», K. Tack / S. Pagnon. INERIS-DRC-09-93632-01522A

Guide sur la stratégie de prélèvements et d'analyses à réaliser suite à un accident technologique – cas de l'incendie. K.Tack. INERIS-DRC-11-117284-11464A

⁽⁸²⁾Guide de surveillance de l'impact sur l'environnement des émissions atmosphériques des installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et de déchets d'activités de soins à risques infectieux. INERIS/BRGM – réf. INERIS-DRC-13-136338-06193C

atmosphériques lors d'événements passé. Leur sensibilité ne limite pas leur utilisation aux seuls cas d'émissions intenses, mais ces matrices peuvent également être utilisée suite à des **dysfonctionnements** (hors surveillance environnementale en situation post-accidentelle, hors champ de ce guide, voir⁽⁸¹⁾). Aucun raccordement à des seuils d'effets sanitaires ne peut être envisagé avec ces techniques

L'utilisation de matrices environnementales accumulatrices (sols, végétaux cultivés localement...) dans un plan de surveillance de l'impact des retombées atmosphériques est présentée dans un autre guide pour le cas de la surveillance imposée aux UIOM par l'Article 30 de l'arrêté du 20 septembre 2002⁽⁸²⁾.

Annexe 3

Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

Annexe 3

Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

Activité IC	Rubrique de classement IC	Texte réglementaire	Article	Seuils déclenchant la surveillance						
				Oxydes de soufre	Oxydes d'azote	Composés organiques	Poussières	Composés inorganiques gazeux du chlore	Chlorure d'hydrogène gazeux	Fluor et composés fluorés
Toutes	Toutes les rubriques de la nomenclature à l'exception des rubriques citées en bas de page	AM du 02/02/98 (modifié par AM du 15/02/00)	Article 63 (article 9)	200 Kg/h	200 Kg/h	150 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	25 Kg/h
Industrie du verre et de la fibre minérale	2525 ; 2530 ; 2531	AM du 12/03/03	Article 76	200 Kg/h	200 Kg/h	150 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h		25 Kg/h
Industrie papetière	2430 ; 2440	AM du 03/04/00	Article 16.1	200 Kg/h	200 Kg/h	150 Kg/h (20 Kg/h dans le cas visés à l'annexe III)	50 Kg/h	50 Kg/h		
Installation de combustion - chaudière	2910 ; 2931	AM du 26/08/13	Article 38	200 Kg/h	200 Kg/h	150 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	25 Kg/h
Installation incinération et de co incinération de déchets dangereux	167 ; 322	AM du 20/09/02	Article 31	Pas de seuil pour la mise en place d'un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur son environnement. Ce programme concerne au moins les dioxines et les métaux						
Installation incinération et de co incinération de déchets non dangereux et des déchets de soins à risque infectieux	167 ; 322	AM du 20/09/02	Article 30	Pas de seuil pour la mise en place d'un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur son environnement. Ce programme concerne au moins les dioxines et les métaux						
Installation de traitement de cadavres, des déchets ou des sous produits d'origine animale	2730	AM du 12/02/03	Article 49	200 Kg/h	200 Kg/h	150 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	50 Kg/h	25 Kg/h

Annexe 3

Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

Activité IC	Seuils déclenchant la surveillance suite						
	Cadmium, Mercure et leurs composés	Cadmium, Mercure, Thallium et leurs composés	Arsenic, Sélénium, Tellure et leurs composés	Arsenic, Cobalt, Nickel, Sélénium et leurs composés	Plomb et ses composés	Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Étain, Manganèse, Nickel, Vanadium, Zinc et leurs composés	Antimoine, Chrome total, Cuivre, Étain, Manganèse, Vanadium et leurs composés
Toutes	10 g/h (exprimés en Cd + Hg)		50 g/h (exprimés en As + Se + Te)		100 g/h (exprimés en Pb)	500 g/h (exprimés en Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni +V + Zn) (dans le cas d'installations de combustion consommant du fuel lourd cette valeur est portée à 2000 g/h)	
Industrie du verre et de la fibre minérale		10 g/h (exprimés en Cd + Hg + Tl)		50 g/h (exprimés en As + Co + Ni + Se)	100 g/h (exprimés en Pb)		100 g/h (exprimés en Sb + Cr + Cu + Sn + Mn + V)
Industrie papetière							
Installation de combustion - chaufferie	10 g/h (exprimés en Cd + Hg)		50 g/h (exprimés en As + Se + Te)		100 g/h (exprimés en Pb)	500 g/h (exprimés en Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni +V + Zn) (dans le cas d'installations de combustion consommant du fuel lourd cette valeur est portée à 2000 g/h)	
Installation incinération et de co-incinération de déchets dangereux	Pas de seuil pour la mise en place d'un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur son environnement. Ce programme concerne au moins les dioxines et les métaux						
Installation incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et des déchets de soins à risque infectieux	Pas de seuil pour la mise en place d'un programme de surveillance de l'impact de l'installation sur son environnement. Ce programme concerne au moins les dioxines et les métaux						
Installation de traitement de cadavres, des déchets ou des sous produits d'origine animale					100 g/h (exprimés en Pb)	500 g/h (exprimés en Sb + Cr + Co + Cu + Sn + Mn + Ni +V + Zn) (dans le cas d'installations de combustion consommant du fuel lourd cette valeur est portée à 2000 q/h)	

Annexe 3

Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

Activité IC	Rubrique de classement IC	Texte réglementaire	Article	Fréquence définie	Qualité de l'air ambiant : méthode de prélèvement, mesure et analyse			
					CO	SO2	NOx	Hydrocarbures totaux
					NF X 43 012	NF X 43 019 et NF X 43 013	NF X 43 018 et NF X 43 009	NF X 43 025
Toutes	Toutes les rubriques de la nomenclature à l'exception des rubriques citées en bas de page	AM du 02/02/98 (modifié par AM du 15/02/00)	Article 63 (article 9)	aucune	X	X	X	X
Industrie du verre et de la fibre minérale	2525 ; 2530 ; 2531	AM du 12/03/03	Article 76	aucune	X	X	X	X
Industrie papetière	2430 ; 2440	AM du 03/04/00	Article 16.1	aucune	X	X	X	X
Installation de combustion - chaudière	2910 ; 2931	AM du 26/08/13	Article 38	dans les six mois suivant la mise en service de l'installation				
Installation incinération et de co incinération de déchets dangereux	167 ; 322	AM du 20/09/02	Article 31	- avant la mise en service de l'installation (point zéro) - dans un délai compris entre 3 et 6 mois après la mise en service de l'installation - après la période initiale, selon une fréquence au moins annuelle.				
Installation incinération et de co incinération de déchets non dangereux et des déchets de soins à risque infectieux	167 ; 322	AM du 20/09/02	Article 30	- avant la mise en service de l'installation (point zéro) - dans un délai compris entre 3 et 6 mois après la mise en service de l'installation - après la période initiale, selon une fréquence au moins annuelle.				
Installation de traitement de cadavres, des déchets ou des sous produits d'origine animale	2730	AM du 12/02/03	Article 49	aucune				
					Pour la mise en oeuvre du programme de surveillance, les méthodes utilisées sont les méthodes de référence normalisées. L'arrêté d'autorisation peut prévoir d'autres méthodes lorsque les résultats obtenus sont équivalents à ceux fournis par les méthodes de référence. De même, il peut prévoir le remplacement de certaines mesures de surveillance par suivi d'un paramètre représentatif du polluant ou par toute autre méthode équivalente. Lorsque des méthodes autres que celles de référence sont utilisées, des mesures de contrôle et d'étalonnage sont réalisées périodiquement, à une fréquence fixée en accord avec l'inspection des installations classées, par un organisme extérieur compétent.			

Annexe 3

Exigences en matière de surveillance de l'air autour des ICPE de l'arrêté du 02/02/98 et des arrêtés sectoriels

Activité IC	Qualité de l'air ambiant : méthode de prélèvement, mesure et analyse suite						Émissions diffuses comprises dans les seuils	Mesure et enregistrement météo
	Odeurs	O3	Poussières	Pb	ETM	PCDD/F		
	NF X 43 012	NF X 43 019 et NF X 43 013	NF X 43 018 et NF X 43 009	NF X 43 025			X	
Toutes	X	X	X	X			X	
Industrie du verre et de la fibre minérale	X	X	X	X			X	
Industrie papetière	X	X	X	X			X	
Installation de combustion - chaudière							X	
Installation incinération et de co incinération de déchets dangereux					X	X		
Installation incinération et de co incinération de déchets non dangereux et des déchets de soins à risque infectieux					X	X		
Installation de traitement de cadavres, des déchets ou des sous produits d'origine animale							X	

Pour la mise en oeuvre du programme de surveillance, les méthodes utilisées sont les méthodes de référence normalisées. L'arrêté d'autorisation peut prévoir d'autres méthodes lorsque les résultats obtenus sont équivalents à ceux fournis par les méthodes de référence. De même, il peut prévoir le remplacement de certaines mesures de surveillance par suivi d'un paramètre représentatif du polluant ou par toute autre méthode équivalente. Lorsque des méthodes autres que celles de référence sont utilisées, des mesures de contrôle et d'étalonnage sont réalisées périodiquement, à une fréquence fixée en accord avec l'inspection des installations classées, par un organisme extérieur compétent.

Annexe 4

Objectifs de qualité des données minimums à respecter pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air – Détail par substance

Annexe 4

Objectifs de qualité des données minimums à respecter pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air

Détail par substance

⁽⁸³⁾ Si des mesures aléatoires sont utilisées pour évaluer les exigences liées à la valeur limite applicable aux PM₁₀, se reporter à la directive

⁽⁸⁴⁾ Réparti sur l'année pour être représentatif des diverses conditions de climat et de trafic.

⁽⁸⁵⁾ Une mesure journalière aléatoire par semaine, répartie uniformément sur l'année, ou huit semaines réparties uniformément sur l'année.

⁽⁸⁶⁾ Une mesure aléatoire par semaine, répartie uniformément sur l'année, ou huit semaines réparties uniformément sur l'année.

⁽⁸⁷⁾ Réparties sur l'année pour être représentatives des diverses conditions climatiques et activités anthropiques.

⁽⁸⁸⁾ Les mesures indicatives sont des mesures effectuées avec une régularité réduite mais qui correspondent aux autres objectifs en matière de qualité des données.»

	Anhydride sulfureux, dioxyde d'azote et oxydes d'azote, et monoxyde de carbone	Benzène	Particules (PM10/PM2.5) et plomb	Ozone, NO et NO ₂ correspondants
Mesures fixes ⁽⁸³⁾				
Incertitude	15 %	25 %	50%	15 %
Saisie minimale de données	90 %	90 %	90 %	90 % en été 75 % en hiver
Période minimale				
- Pollution de fond urbaine et circulation	-	35 % ⁽⁸⁴⁾	-	-
- sites industriels	-	90 %	-	-
Mesures Indicatives				
Incertitude	25 %	30 %	50 %	30 %
Saisie minimale de données	90 %	90 %	90 %	90 %
Période minimale	14 % ⁽⁸⁶⁾	14 % ⁽⁸⁵⁾	14 % ⁽⁸⁶⁾	14 % ⁽⁸⁸⁾

	Benzo[a]pyrene	Arsenic, cadmium et nickel	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques autres que le benzo[a]pyrene, mercure gazeux total	Dépôt total
Incertitude				
- Mesures fixes et indicatives	50%	40%	50%	70%
- Modélisation	60%	60%	60%	60%
Saisie minimale de données	90%	90%	90%	90%
Période minimale de prise en compte				
- Mesures fixes ⁽⁸⁷⁾	33%	50%		
- Mesures Indicatives ⁽⁸⁷⁾ ⁽⁸⁸⁾	14%	14%	14%	33%

Annexe 5

Influences de la météorologie locale - Effets liés à une topographie particulière du site

*133 Influence de la météorologie locale
137 Effets liés à une topographie particulière du site*

Annexe 5

Influences de la météorologie locale

Effets liés à une topographie particulière du site

Influence de la météorologie locale

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 est 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.

Direction du vent

La direction du vent détermine la direction suivant laquelle 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 d'un vent très faible, le panache de dispersion peut suivre la morphologie du terrain. Une large rivière peut canaliser localement la direction du vent.

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 pour 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.

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 classique, 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 (faible brassage vertical).

Précipitations

L'efficacité du phénomène de lessivage par les précipitations va dépendre de l'intensité et de la durée des précipitations et des propriétés physico-chimiques des polluants.

Pression atmosphérique

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

Stabilité atmosphérique

Dans l'air, si le transport horizontal des polluants est en grande partie régi par le champ de vent, leur **transport vertical** dans les différentes couches de la

Annexe 5

Influences de la météorologie locale

Effets liés à une topographie particulière du site

troposphère est, quant à lui, fortement lié à la **stabilité atmosphérique**. Celle-ci joue donc un rôle important dans la dispersion des polluants gazeux et particulaires dans les couches basses de la troposphère (couche limite atmosphérique).

Une atmosphère dite « **instable** » permettra l'élévation thermique des polluants gazeux et particulaires des couches basses de la troposphère vers les couches plus hautes. Elle va former la dispersion des polluants.

Au contraire, dans le cas d'une atmosphère dite « **stable** », le brassage vertical des couches basses de la troposphère est ralenti et les polluants atmosphériques tendent alors à s'accumuler dans les couches troposphériques basses à proximité du sol. Elle limite la dispersion des polluants.

D'un point de vue météorologique et en simplifiant, dans le cas d'une atmosphère stable, on retrouve des nuages en couche ou un ciel dégagé et une situation anticyclonique.

L'instabilité atmosphérique est, quant à elle, caractérisée par des nuages à développement verticaux (gros cumulus, cumulonimbus), un temps à grains, des averses et des rafales de vents.

Effets liés à une topographie particulière du site

La topographie du terrain peut entraîner des phénomènes qui perturbent la dispersion des polluants atmosphériques.

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 être 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.

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

Annexe 5

Influences de la météorologie locale

Effets liés à une topographie particulière du site

brise, mais ne jamais atteindre des niveaux d'accumulation comparables à ceux obtenus avec d'autres situations de dispersion pénalisante.

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.

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 fermée. 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 du bâtiment.

Annexe 6

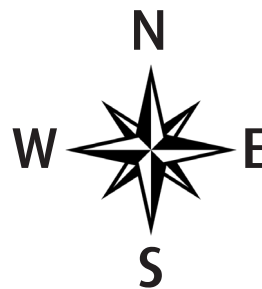
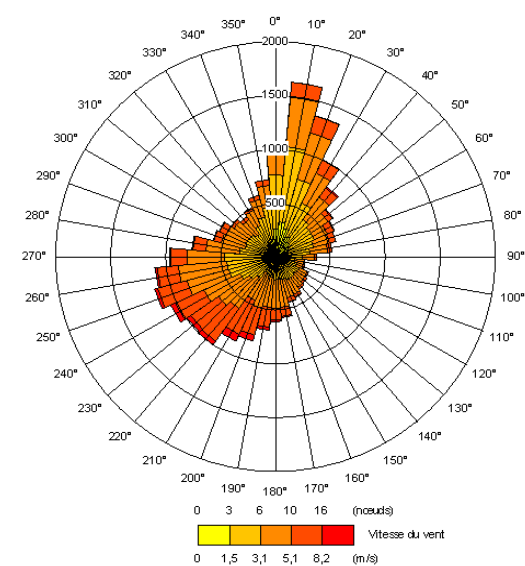
Exemples de roses des vents et pluies saisonnières

Annexe 6

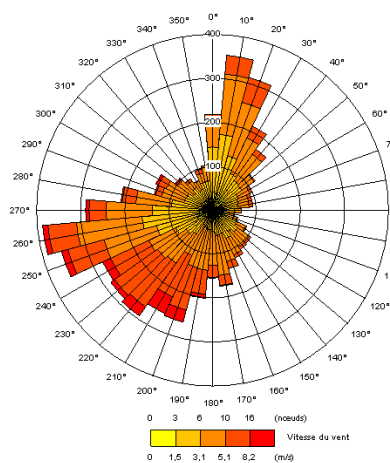
Exemple de roses des vents et pluies saisonnières

Exemples de roses des vents et pluies saisonnières

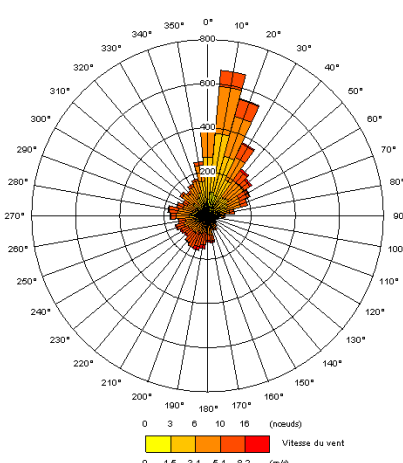
Rose des vents annuelles



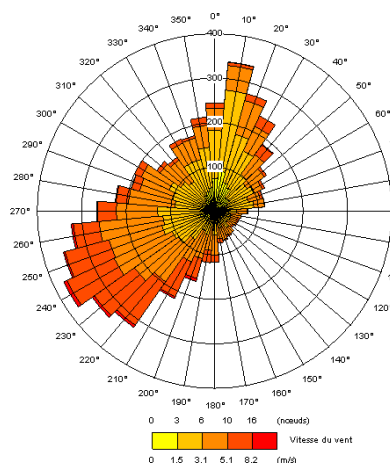
Rose des vents saisonnières associées



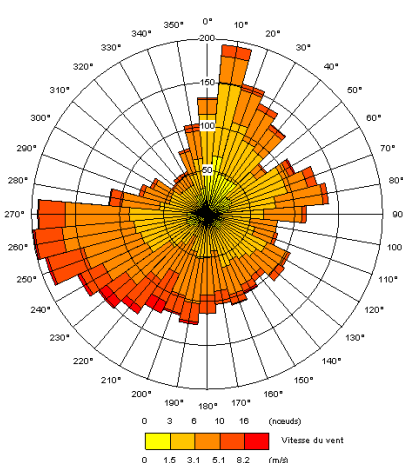
Hiver



Printemps



Été

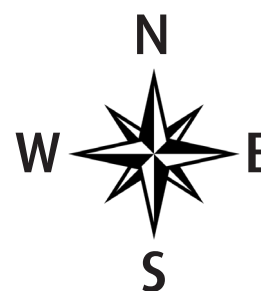
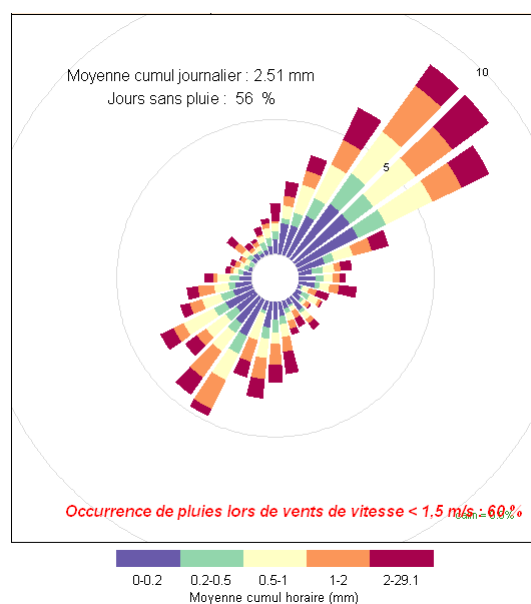


Automne

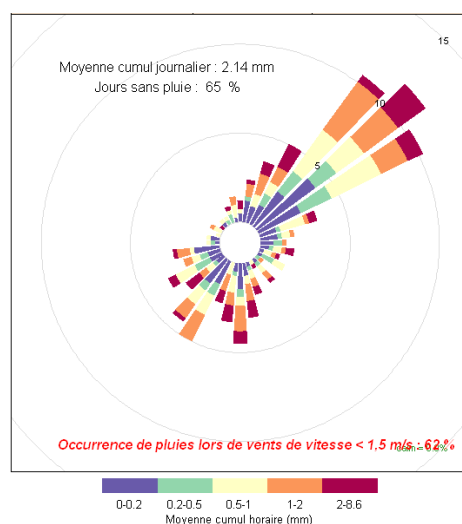
Annexe 6

Exemple de roses des vents et pluies saisonnières

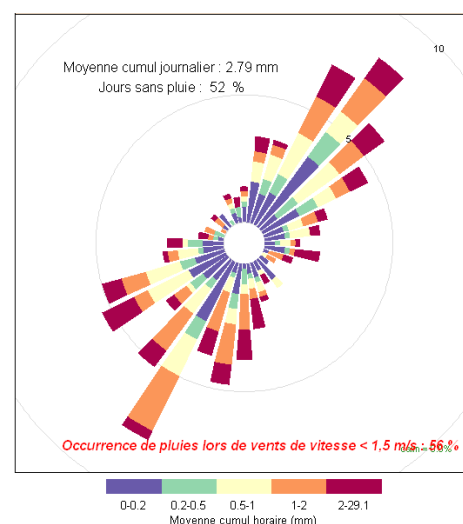
Rose des pluies annuelles



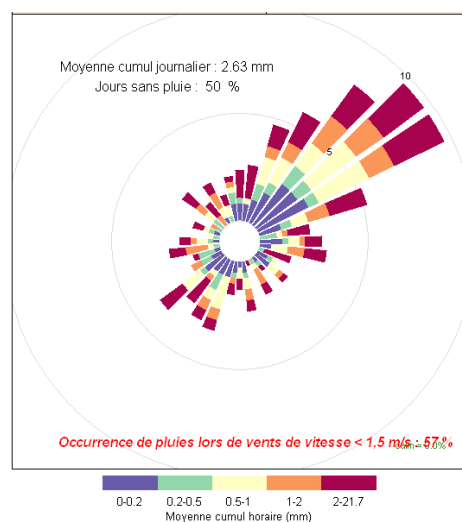
Rose des vents saisonnières associées



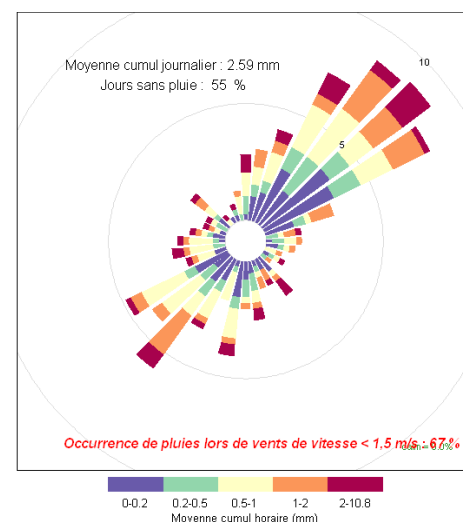
Hiver



Printemps



Été



Automne

Annexe 7

Exemple d'identification des points de prélèvement et des périodes de mesures

138 Exemple d'identification des points de prélèvement et des périodes de mesures

138 Utilisation des sorties de modélisation

138 Identification des zones d'échantillonnage

138 Identification des périodes d'échantillonnage

139 Utilisation des données météorologiques

139 Identification des direction d'échantillonnage

139 Identification des périodes d'échantillonnage

Annexe 7

Exemple d'identification des points de prélèvement et des périodes de mesure

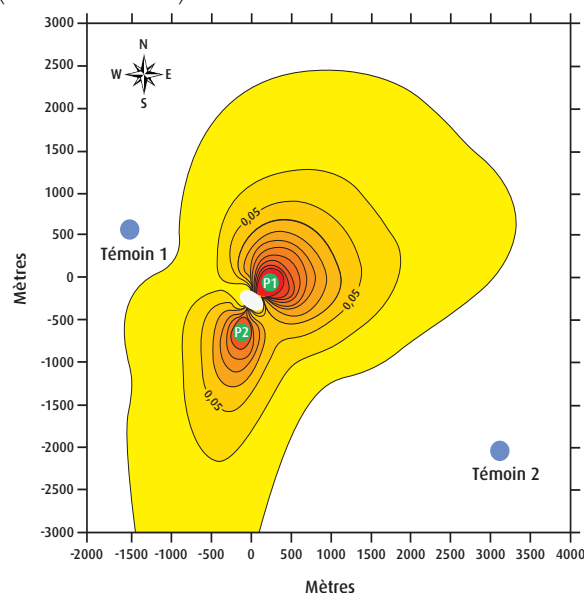
Utilisation des sorties de modélisation

Exemple d'identification des points de prélèvement et des périodes de mesures

Utilisation des sorties de modélisation

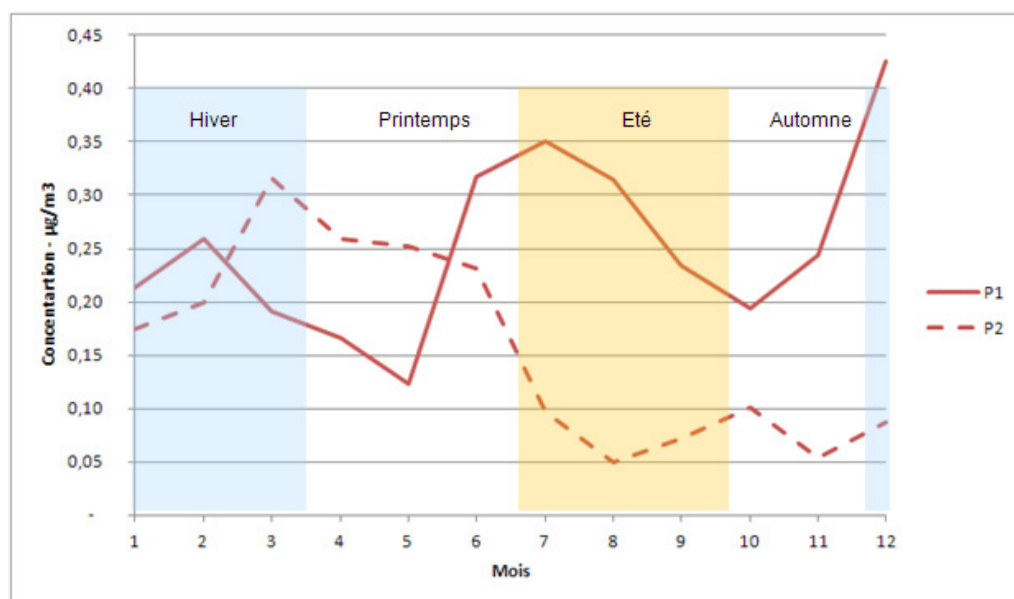
Identification des zones d'échantillonnage

La hiérarchisation des zones de retombées atmosphériques (concentrations) de l'émission canalisée d'une installation en fonctionnement normal obtenue par modélisation (en moyenne annuelle sur trois années) permet d'identifier deux zones de retombées maximum (P1 et P2). Elle permet d'identifier également les zones a priori non impactées par le site (Témoins 1 et 2).



Identification des périodes d'échantillonnage

L'étude des moyennes mensuelles des concentrations modélisées sur les trois années montre que les concentrations sont en moyenne les plus importantes au point P1 de juin à août, puis au mois de décembre et au point P2 de mars à juin. Ces périodes seront à privilégier pour l'échantillonnage.



Cet exemple montre que la pratique qui consiste à réaliser une campagne de mesure l'été et l'hiver peut s'avérer imprécise et parfois fautive.

Annexe 7

Exemple d'identification des points de prélèvement et des périodes de mesure

Utilisation des données météorologiques

Note

Le pourcentage de vent d'origine de secteur 10° (+/- 10°) est de 12% sur l'année, 25% au printemps, et 27% sur le mois d'avril (v<1,5 m/s exclus).

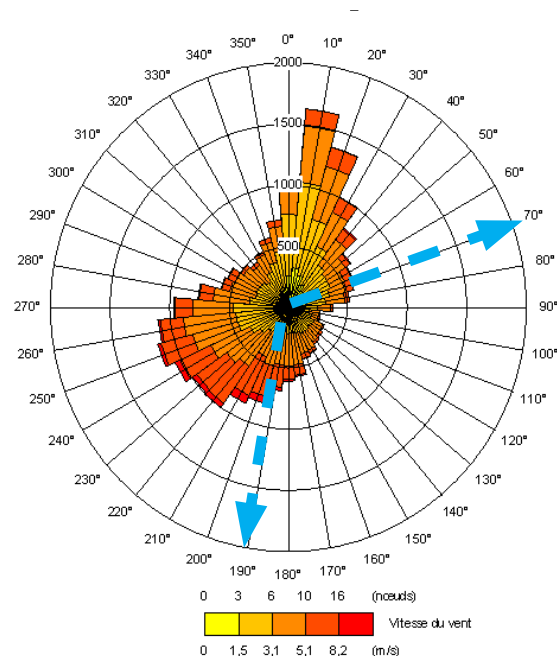
Note

Dans cet exemple on notera une différence de 10 à 20° entre les axes de dispersions majoritaire modélisés et ceux estimés à partir de l'étude de la rose des vents et une différence de parfois +/- 1 mois dans les extremums. L'étude des données métrologiques comme outils de détermination des axes et périodes d'échantillonnage doit donc être réservée aux cas particuliers décrits.

Utilisation des données météorologiques

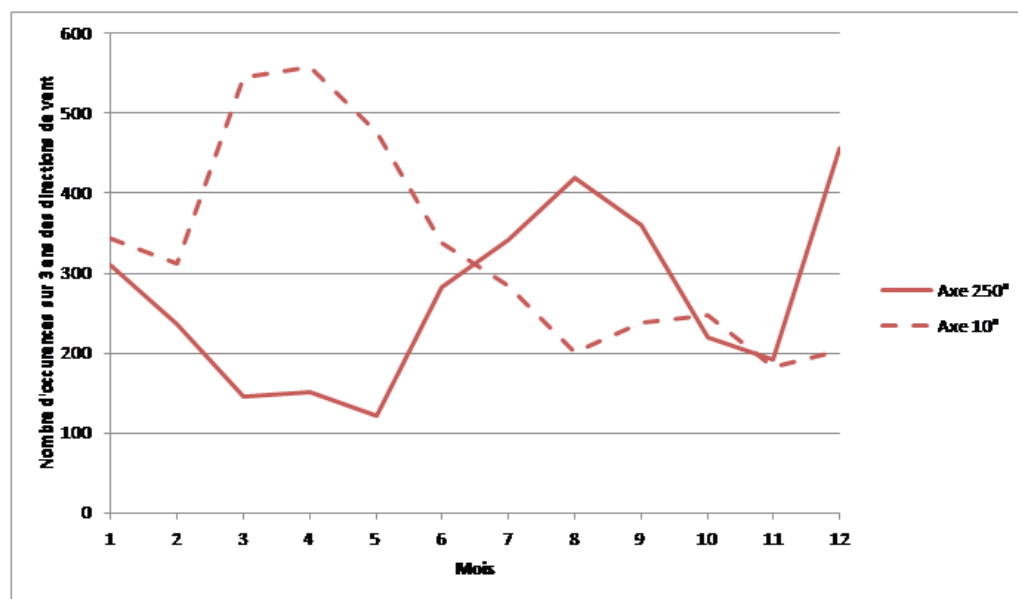
Identification des directions d'échantillonnage

L'analyse de rose des vents annuels permet d'identifier les axes 190° et 70° comme axe d'échantillonnage (axe sous le vent du site – flèches pointillées bleues). Ils correspondront respectivement aux directions des vents dominants (provenant des directions 10° et 250°).



Identification des périodes d'échantillonnage

L'analyse des données horaires météorologiques sur trois années montre que les vents proviennent le plus fréquemment (à +/- 10° près) de l'axe 10° au printemps et de l'axe 250° en été, puis en décembre sur les directions des vents recherchées (10° et 250°). Ces périodes seront à privilégier pour l'échantillonnage.



Annexe 8

Liste des guides AFNOR pour l'estimation incertitudes pour la métrologie de l'air ambiant

Annexe 8

Liste des guides AFNOR pour l'estima- tion incertitudes pour la métrologie de l'air ambiant

FD X43-070-1 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 1 : généralités (2007)

FD X43-070-2 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 2 : estimation des incertitudes sur les mesurages automatiques de SO₂, NO, NO_x, NO₂, O₃ et CO réalisés sur site (2007)

FD X43-070-3 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 3 : estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène réalisés sur site par tube à diffusion suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse (2008)

FD X43-070-4 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 4 : estimation des incertitudes sur les mesurages de dioxyde d'azote réalisés sur site par tube à diffusion suivis d'une analyse spectrophotométrique en laboratoire (2008)

FD X43-070-5 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 5 : estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène réalisés sur site par pompage suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse (2008)

FD X43-070-6 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 6 : estimation des incertitudes sur les concentrations massiques de particules mesurées en automatique (2011)

FD X43-070-7 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 7 : estimation des incertitudes sur les mesurages de B[a]P réalisés sur site dans la fraction PM₁₀ (2011)

FD X43-070-8 - Qualité de l'air - *Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant* - Partie 8 : estimation des incertitudes sur les mesurages de plomb, cadmium, arsenic et nickel réalisés sur site dans la fraction PM₁₀ (2011)

Ce document comporte 143 pages, hors couverture et quatrième de couverture.





*maîtriser le risque
pour un développement durable* |

Rédaction : Marc DURIF, INERIS - Direction des risques chroniques
Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE - www.ineris.fr

Mise en forme pédagogique, conception graphique et mise en page :
Olivier PERON - Charlotte BRUNET, INERIS, Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE