



---

# AIR INTÉRIEUR

## RAPPORT DE MESURES ET D'ANALYSES

---

[www.limair.asso.fr](http://www.limair.asso.fr)

### Site

**"La Piscine"**

**Centre aquatique  
(galeries techniques)**

**Localisation**

Ville de Brive-la-Gaillarde

**Date**

Le 14/06/2016

**Paramètres étudiés**

Chloramines et 4 principaux  
trihalométhanes  
(dont chloroforme)



Diffusion : Juil. 2016

E14-2016



# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>4</b>	<b>Glossaire</b>
<b>5</b>	<b>Contexte et objectif</b>
<b>6</b>	<b>Polluants surveillés</b>
6	1. Origine et formation
7	2. Effets sur la santé
<b>8</b>	<b>Réglementation</b>
<b>9</b>	<b>Organisation de l'étude</b>
9	1. Stratégie et planning d'échantillonnage
11	2. Méthodes de prélèvement et d'analyse
<b>12</b>	<b>Résultats de l'étude</b>
12	1. Chloramines
14	2. THM
<b>15</b>	<b>Conclusion</b>
<b>16</b>	<b>Bibliographie</b>
<b>17</b>	<b>Index des illustrations</b>
<b>18</b>	<b>Index des tableaux</b>
<b>19</b>	<b>Annexes</b>

# GLOSSAIRE

## Unités de mesure et termes analytiques

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	microgramme (1 millionième de gramme, $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$ ) par mètre cube (d'air)
pH	potentiel Hydrogène
lq	limite de quantification
L/min	litre par minute, unité de débit de prélèvement

## Polluant

$\text{NCl}_3$	Trichlorure d'azote ou trichloramine
THM	Famille des Trihalométhanes

## Abréviations

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
OQAI	Observatoire National de la Qualité de l'Air Intérieur
VME	Valeur moyenne d'exposition sur le long terme, pondérée sur 8 heures par jour et 38 ou 40 heures par semaine, pour 40 années de travail
VLE	Valeur limite d'exposition, à ne pas dépasser plus de 15 minutes en situation de travail

## CONTEXTE ET OBJECTIF

---

La qualité de l'air intérieur, notamment celle des lieux clos ouverts au public (où nous passons en moyenne 85% de notre temps), est aujourd'hui une préoccupation reconnue majeure des instances nationales.

C'est pour cela que depuis quelques années déjà, de nombreuses études, menées par les AASQA ou d'autres organismes comme l'OQAI ou l'ANSES, se portent sur ce thème en s'intéressant à des environnements spécifiques (lieux scolaires, infrastructures de transports, lieux de loisirs, ...).

Dans ce cadre, les piscines couvertes représentent un environnement spécifique où le confinement joue un rôle important notamment avec la présence dans l'air de produits chlorés volatils nocifs pour la santé.

En conséquence de cela et en réponse à la sollicitation de la ville de Brive-la-Gaillarde, LIMAIR a mis en place une mesure exploratoire pour différents composés dans l'air du centre aquatique de la commune.

L'enceinte des bassins a fait l'objet d'une première étude (rapport LIMAIR E8–2016 diffusé en mai 2016). Le présent document fait état de mesures complémentaires réalisées dans les galeries techniques situées sous les bassins.

Ces évaluations concernent les teneurs en chloramines (ou trichlorure d'azote) et quatre principaux THM dont le chloroforme.

# POLLUANTS SURVEILLÉS

## 1. Origine et formation

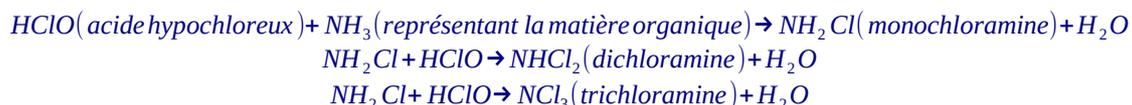
Les eaux de piscines, même filtrées et recyclées, contiennent encore des germes pouvant nuire à la santé des baigneurs.

Elles nécessitent donc un traitement chimique, d'une part pour les désinfecter de ces germes, d'autre part pour les rendre désinfectantes et ainsi éliminer au maximum les pollutions introduites par les baigneurs.

Le chlore et ses dérivés (eau de Javel, ...) sont les produits les plus employés pour cela car ils cumulent efficacité et facilité d'utilisation.

Cependant la réaction de ces composés chlorés (sous forme d'acide hypochloreux ou d'ion hypochlorite selon le pH) avec les substances organiques azotées (sueur, salive, urine, ...) introduites dans l'eau par les baigneurs conduisent à la formation de molécules appelées chloramines complexes.

Celles-ci, en présence d'un excès de chlore réagissent à leur tour et se décomposent en produits divers tels que des haloformes (trihalométhane et chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ) en particulier), des aldéhydes, de l'azote et des chloramines minérales simples (principalement la trichloramine ou trichlorure d'azote  $\text{NCl}_3$ ).



*Illustration 1: Equations de formation de la trichloramine*

Certains de ces produits, présents alors dans l'eau mais aussi transférés dans l'air à la surface des bassins, sont jugés nocifs pour la santé humaine.

## 2. Effets sur la santé

### Trichloramine ou trichlorure d'azote $\text{NCl}_3$

Le trichlorure d'azote, véritable responsable de l'odeur caractéristique des piscines, est reconnu comme étant une molécule irritante pour les voies respiratoires supérieures, les yeux et la peau.

### Principaux THM

Les autres molécules recherchées lors de cette étude sont les principaux composés de la famille des trihalométhanes :

- le chloroforme  $\text{CHCl}_3$  ;
- le bromoforme  $\text{CHBr}_3$  ;
- bromodichlorométhane  $\text{CHBrCl}_2$  ;
- chlorodibromométhane  $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ .

Les études qui ont évalué l'impact d'une exposition chronique aux THM ont rapporté un risque plus élevé d'irritations oculaire ou pulmonaire, des effets néfastes sur la reproduction et un risque plus élevé de développer des cancers.

Le chloroforme, plus particulièrement, est classé comme cancérogène possible (catégorie 3) par l'Union Européenne. Le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) l'a classé dans le groupe 2B (« l'agent est peut-être cancérogène pour l'homme »).

# ▶ RÉGLEMENTATION

Actuellement en France, à l'exception du chloroforme pour lequel une valeur limite a été établie dans le cadre précis d'une exposition professionnelle, il n'existe pas de valeurs réglementaires pour l'évaluation de l'exposition (non professionnelle) aux trichlorure d'azote et THM dans l'air.

Cependant, des valeurs de références sont préconisées par certaines organisations et agences de santé.

## Trichlorure d'azote

L'INRS, après différents travaux, propose deux valeurs de confort pour ce paramètre :

- Valeur limite à court terme (équivalent à une Valeur Limite d'Exposition VLE) de **1 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  ;
- Valeur limite à long terme (équivalent à une Valeur Moyenne d'Exposition VME) de **500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Aussi, l'ANSES, dans un avis du 9 juin 2010 relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés aux piscines, recommande un suivi de la trichloramine dans l'air avec une valeur limite de **300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

## Principaux THM dont chloroforme

L'INRS (dans son aide mémoire technique « Valeur limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France » mis à jour en juillet 2012) répertorie les valeurs suivantes :

Composés	VME ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	VLE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Trichlorométhane (Chloroforme)	10 000	250 000 (valeur réglementaire <u>contraignante</u> dans le cas d'une exposition professionnelle)
Tribromométhane (Bromoforme)	5 000	-

Tableau 1: Valeurs d'exposition au chloroforme et bromoforme répertoriées par l'INRS

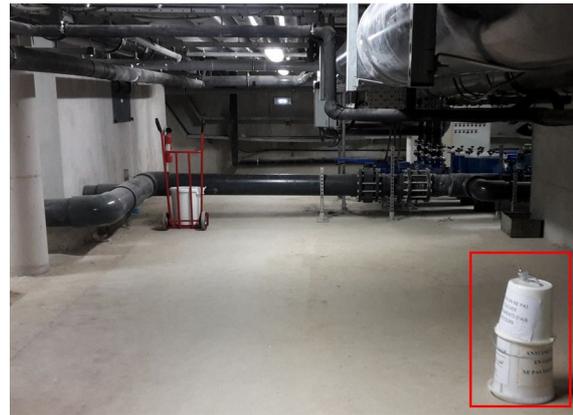
Pour le chloroforme, l'ANSES (dans un avis du 31 décembre 2008<sup>1</sup>) propose une VTR cancérigène de **63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Cette valeur est également retenue par l'INERIS pour une exposition chronique au chloroforme par inhalation.

1 Avis relatif à l'élaboration de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) cancérigènes par voie inhalée pour le tétrachlorure de carbone, le chloroforme et le 1-2-dichloroéthane





Site 1 – Local de stockage



Site 2 – Zone filtration



Site 3 – Circuit bassin ludique

Illustration 3: Photos des différents points de prélèvement

## Planning de mesure

Sites	Composés prélevés	Date	Heure de début	Heure de fin	Durée de prélèvement
1- Local stockage	Chloramines	14/06/2016	10h15	13h15	3h
	THM			12h45	2h30
2 – Zone filtration	Chloramines		10h20	13h20	3h
	THM			12h50	2h30
3 – Circuit bassin ludique	Chloramines		13h40	16h40	3h
	THM			16h10	2h30

Tableau 2: Détail des données relatives aux prélèvements

## 2. Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les procédés de prélèvement utilisés dans cette étude sont ceux habituellement mis en œuvre dans ce contexte de mesure. Pour les chloramines, cette méthode est décrite dans la fiche MetroPol M-104 de l'INRS.

Le détail du dispositif de prélèvement est reporté dans le tableau suivant :

Composés prélevés	Chloramines	THM
Matériel de prélèvement (voir illustrations ci-dessous)	Pompe de prélèvement capable d'assurer un débit réglé de 0,05 à 1 L/min ( $\pm 5\%$ )	
	Cassette porte-filtres (37 mm de diamètre) contenant un filtre-membrane (porosité $< 1\ \mu\text{m}$ ) contre les projections et deux filtres en fibres de quartz imprégnés de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) et de trioxyde de diarsenic ( $\text{As}_2\text{O}_3$ )	Tube de prélèvement en verre contenant deux plages de 100 et 50 mg de charbon actif.
	Tuyau souple de connexion pompe-échantillonneur	
Volume minimum à prélever	180 L	30 L
Débit de prélèvement	1 L/min	0,2 L/min
Durée minimum de prélèvement	3h	2h30
Méthode d'analyse des supports	Reprise à l'eau sous ultrason suivie d'une analyse par chromatographie ionique	Désorption chimique suivie d'un dosage par chromatographie gazeuse et détection par ionisation de flamme ou spectrométrie de masse (GC/FID ou GC/MS)
Limite de quantification analytique	5 $\mu\text{g}$ / échantillon	2 $\mu\text{g}$ / échantillon
Laboratoire chargé des analyses	TERA Environnement, laboratoire de Crolles	

Tableau 3: Détail des matériels de prélèvement

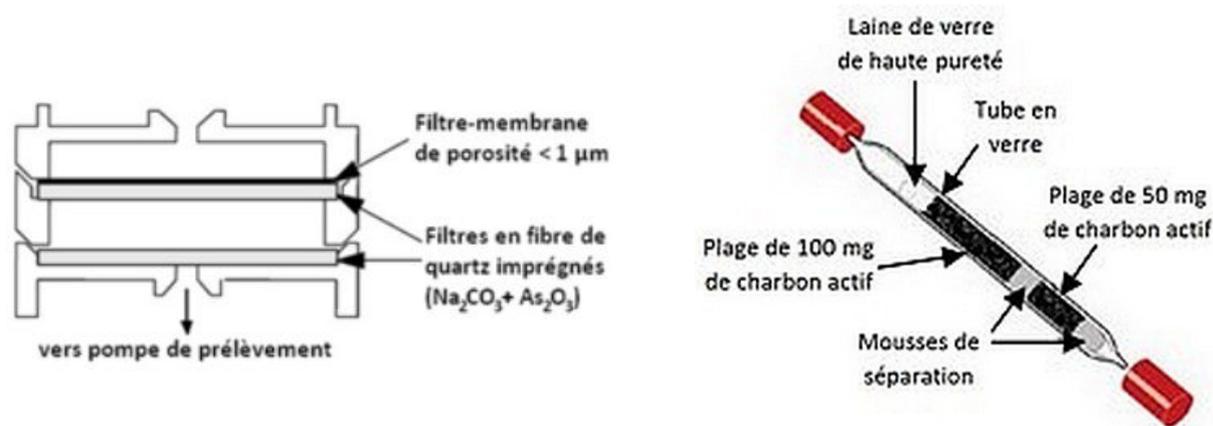


Illustration 4: Schémas des supports d'échantillonnage : chloramines (à gauche) et THM (à droite)

# RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Dans la suite du rapport, les résultats d'analyse pourront révéler des teneurs inférieures à la limite de quantification analytique. Cela signifie que les composés recherchés ont pu être détectés sans toutefois pouvoir être quantifiés à un niveau de précision suffisant.

Dans ces cas, les concentrations ne sont pas nulles mais comprises entre 0 et la limite de quantification. Pour illustrer cet état et à titre d'indication, ces teneurs seront représentées dans les tableaux et illustrations comme étant égales à la moitié de la valeur limite de quantification (LQ / 2).

## 1. Chloramines

Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Galeries techniques du centre aquatique « La Piscine » – Brive –la–Gaillarde		
	Matin (10h15–13h15)		Après-midi (13h40 – 16h40)
	Site 1 – Local stockage	Site 2 – Zone filtration	Site 3 – Circuit bassin ludique
<b>Trichloramines (NCL<sub>3</sub>)</b>	< 27,2 13,6	< 27,9 14,0	< 27,9 14,0
Limite de quantification analytique	27,2	27,9	27,9
Valeur limite (ANSES)	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Seuil de confort à long terme (INRS)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Seuil de confort à court terme (INRS)	1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

<XX : valeurs inférieures à la limite de quantification calculée avec le volume réel de prélèvement

XX : teneur indicative correspondant à la limite de quantification divisée par 2

Tableau 4: Résultats d'analyses et valeurs de référence pour la trichloramine

Les chloramines n'ont pu être quantifiées sur aucun des trois sites de prélèvements malgré une limite de quantification plus basse que celle pratiquée lors des premières mesures en avril 2016 dans l'air des bassins (rapport Limair E8–2016).

Les teneurs dans l'air des galeries techniques semblent donc faibles et très inférieures aux seuils de confort à court et long terme définis par l'INRS ainsi qu'à la valeur limite de 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fixé par l'ANSES.

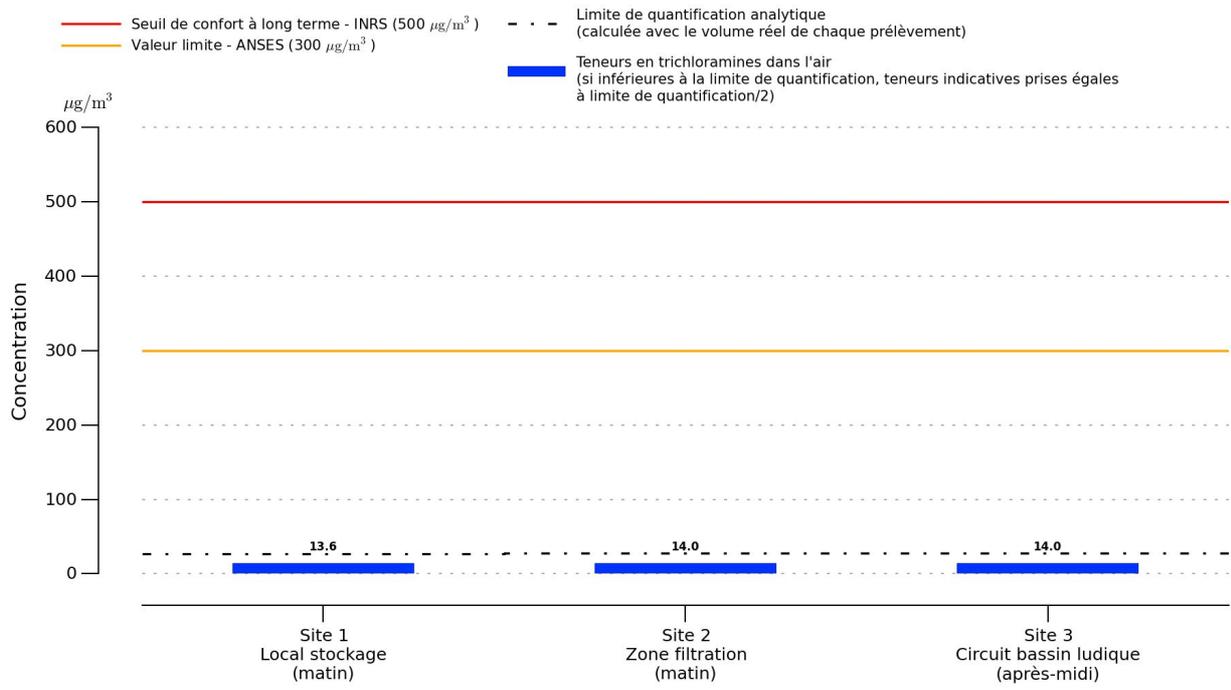


Illustration 5: Teneurs en chloramines dans l'air

## 2. THM

Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Galeries techniques du entre aquatique « La Piscine » – Brive -la-Gaillarde		
	Matin (10h15–13h15)		Après-midi (13h40 – 16h40)
	Site 1 – Local stockage	Site 2 – Zone filtration	Site 3 – Circuit bassin ludique
<b>Chloroforme</b> <b><math>\text{CHCl}_3</math></b>	< 57,1 28,6	< 60,5 30,3	< 54,7 27,3
VTR Cancérogène	63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
VME	10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
<b>Bromoforme</b> <b><math>\text{CHBr}_3</math></b>	< 57,1 28,6	< 60,5 30,3	< 54,7 27,3
VME	5 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
<b>Dibromochlorométhane</b> <b><math>\text{CHBr}_2\text{Cl}</math></b>	< 57,1 28,6	< 60,5 30,3	< 54,7 27,3
<b>Bromodichlorométhane</b> <b><math>\text{CHBrCl}_2</math></b>	< 57,1 28,6	< 60,5 30,3	< 54,7 27,3
Limite de quantification analytique	57,1	60,5	54,7

<XX : valeurs inférieures à la limite de quantification calculée avec le volume réel de prélèvement

XX : teneur indicative correspondant à la limite de quantification divisée par 2

Tableau 5: Résultats d'analyses et valeurs de référence pour les 4 THM

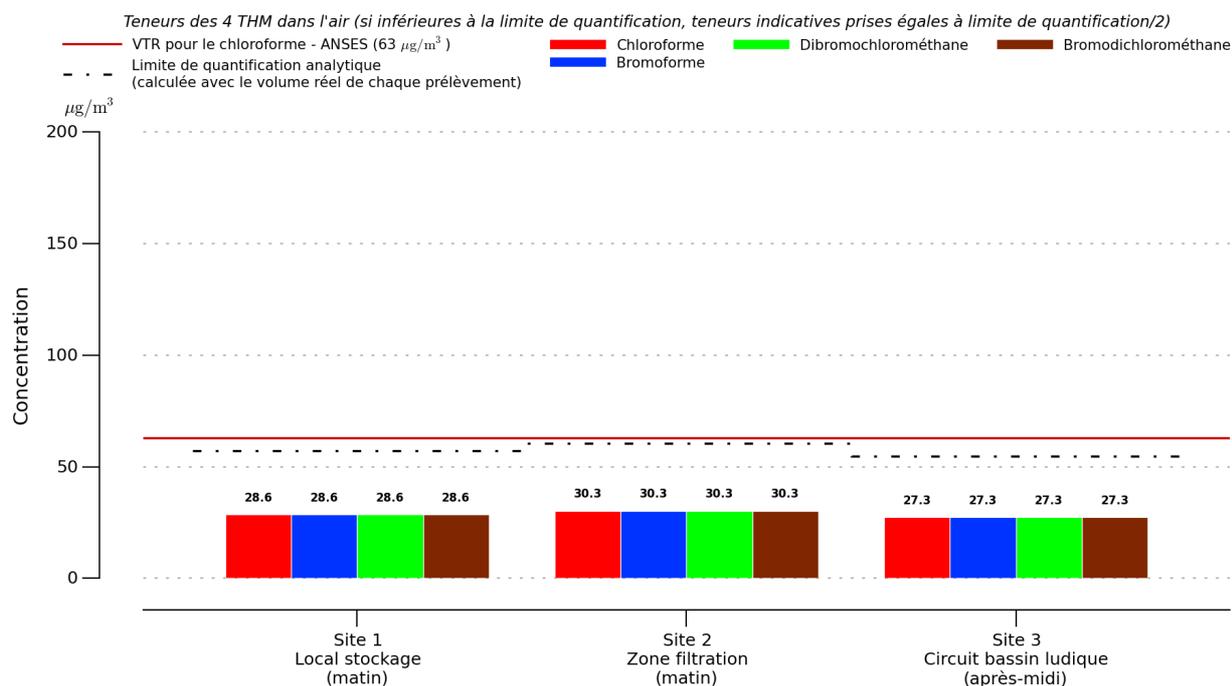


Illustration 6: Teneurs en THM dans l'air

Parmi les quatre principaux trihalométhanes recherchés, aucun n'a pu être quantifié lors de ces analyses.



## CONCLUSION

---

Ces nouvelles mesures exploratoires réalisées au centre aquatique « La piscine » de la ville de Brive-la-Gaillarde avaient pour but d'évaluer la présence de chloramines et des principaux THM dans l'air des galeries techniques du site (sous les bassins).

Ces molécules irritantes, issues de la réaction entre les produits chlorés de désinfection de l'eau et la matière organique apportée par les baigneurs, sont majoritairement présentes et problématiques dans l'air des bassins (en particulier couverts).

Les galeries techniques étant le lieu de circulation, de filtration et de traitement des eaux de baignade, la question de la présence des mêmes molécules dans l'air est posée. Les mesures dans cet environnement constituent un complément d'information aux mesures réalisées dans l'air des bassins en avril 2016 (rapport Limair E8–2016).

Pour les chloramines ainsi que pour les quatre trihalométhanes recherchés, l'analyse des prélèvements n'a pas permis la quantification de leur présence.

Les seuils sanitaires et de confort établis pour ces composés par les autorités compétentes ne sont ni approchés ni dépassés.

Ainsi, au regard de ces prélèvements ponctuels, les éventuels risques de gêne et d'irritation des voies respiratoires dus à la présence de ces composés sont vraisemblablement peu importants pour le personnel technique du site.

Néanmoins, il convient de garder à l'esprit que ces résultats ne sont représentatifs que de la situation au moment des prélèvements.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Article Pollution atmosphérique [En ligne], N°228 : « Teneurs en trichloramine et trihalométhanes dans l'air ou l'eau des piscines publiques parisiennes et impact de différents procédés de traitement de l'eau des bassins » – Chloé Le Cossec, Anne-Marie Laurent, Alain Person, Isabelle Rouvié-Laurie et Claude Beaubestre (mis à jour le : 15/04/2016, URL : <http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=5492>.);
- Fiche de données toxicologiques INERIS : « Chloroforme » v2.2 Septembre 2011 ;
- Fiche INRS MetroPol M104 : « Trichlorure d'azote » – novembre 2015 ;
- Avis de l'ANSES relatif à l'élaboration de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) cancérogènes par voie inhalée pour le tétrachlorure de carbone, le chloroforme et le 1,2-dichloroéthane ;
- Avis de l'ANSES relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés aux piscines. Partie 1 : Piscines réglementées – édition de juin 2010 avec addendum de mars 2012 ;
- Aide mémoire technique : « Valeur limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France », INRS mis à jour en juillet 2012

# INDEX DES ILLUSTRATIONS

---

- 6 Illustration 1: Equations de formation de la trichloramine
- 9 Illustration 2: Plan des galeries techniques, emplacements des zones d'études et points de mesure
- 10 Illustration 3: Photos des différents points de prélèvement
- 11 Illustration 4: Schémas des supports d'échantillonnage : chloramines (à gauche) et THM (à droite)
- 13 Illustration 5: Teneurs en chloramines dans l'air
- 14 Illustration 6: Teneurs en THM dans l'air



# INDEX DES TABLEAUX

---

8	Tableau 1: Valeurs d'exposition au chloroforme et bromoforme répertoriées par l'INRS
10	Tableau 2: Détail des données relatives aux prélèvements
11	Tableau 3: Détail des matériels de prélèvement
12	Tableau 4: Résultats d'analyses et valeurs de référence pour la trichloramine
14	Tableau 5: Résultats d'analyses et valeurs de référence pour les 4 THM



# ANNEXES

---

**21 Agrément LIMAIR**

**22 Methodes de référence**

# ▶ AGRÉMENT LIMAIR

JORF du 31 octobre 2015

Texte n°11 sur 95

## **Arrêté du 26 octobre 2015 portant prorogation d'agrément d'associations de surveillance de la qualité de l'air agréées au titre de l'article R. 221-13 du code de l'environnement**

NOR : DEVR1525902A

Le ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,  
Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 221-3 et R. 221-13 ;  
Vu l'arrêté du 4 octobre 2012 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 23 octobre 2012 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 11 janvier 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 7 juillet 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 3 août 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 6 janvier 2014 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 14 janvier 2014 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;

Arrête :

Art. 1er. – Sont prorogés jusqu'au 31 décembre 2016 les agréments des associations de surveillance de la qualité de l'air des régions suivantes :

Alsace ;  
Aquitaine ;  
Nord – Pas-de-Calais ;  
Auvergne ;  
Midi-Pyrénées ;  
Languedoc-Roussillon ;  
Limousin ;  
Poitou-Charentes ;  
Champagne-Ardenne.

Art. 2. – Le directeur général de l'énergie et du climat est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait le 26 octobre 2015.  
Pour le ministre et par délégation :  
Le directeur général  
de l'énergie et du climat,  
L. MICHEL

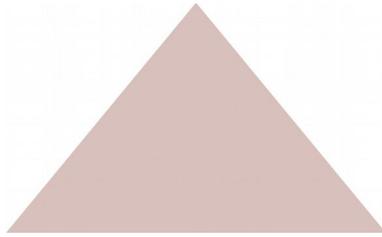
# METHODES DE RÉFÉRENCE

Pour l'évaluation des concentrations de polluants réglementés, Limair met en place des méthodes de mesure en accord avec les méthodes de référence imposées par les directives européennes en vigueur.

Composés	Méthode de mesure et/ou d'analyse	Norme associée
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Mesurage par fluorescence UV	NF EN 14212 : 2012
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) et oxydes d'azote (NO, NO <sub>x</sub> )	Mesurage par chimiluminescence	NF EN 14211 : 2012
Ozone (O <sub>3</sub> )	Mesurage par photométrie UV	NF EN 14625 : 2012
Monoxyde de carbone CO	Mesurage par spectroscopie à rayonnement infrarouge non dispersif	NF EN 14626 : 2012
Particules en suspension (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> )	Mesurage par systèmes automatisés (microbalance à variation de fréquence ou jauges radiométriques) <i>équivalent à la méthode de référence gravimétrique</i>	XP CEN / TS 16450 : 2012 (méthode gravimétrique : NF EN 12341:2014)
Benzène	Prélèvement par diffusion passive ou par pompage actif Désorption thermique puis analyse par chromatographie en phase gazeuse	NF EN 14662-1 et 4 : 2005
Métaux lourds (Nickel, Arsenic, Cadmium et Plomb)	Prélèvement de la fraction PM <sub>10</sub> de la matière particulaire en suspension. Analyse par digestion acide (HNO <sub>3</sub> et H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) en micro-onde fermé suivi d'un dosage par couplage plasma à induction et spectrométrie de masse (ICP-MS)	NF EN 14902 : 2005
Benzo(a)pyrène	Prélèvement de la fraction PM <sub>10</sub> de la matière particulaire en suspension. Dosage par chromatographie liquide à haute performance et détection par système à barrette d'iode ou fluorescence (HPLC-DAD-FLD)	NF EN 15549 : 2008







La Surveillance de l'Air en Limousin

35, rue Soyouz  
Parc ESTER Technopole  
87068 LIMOGES CEDEX  
Tél. : 05.55.33.19.69  
Fax : 05.55.33.37.11

---

**Rédaction**

Fanette Moutrille - Chargée  
d'étude

**Vérification - Approbation**

Rémi Feuillade - Directeur

---

[www.limair.asso.fr](http://www.limair.asso.fr)