

Arsenic et Métaux Lourds à Saint-Etienne



SYNTHESE DES MESURES DE 2007 A 2015

www.air-rhonealpes.fr



Diffusion : Septembre 2016

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@air-rhonealpes.fr





CONDITIONS DE DIFFUSION

Air Rhône-Alpes est une association de type « *loi 1901* » agréée par le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (*décret 98-361 du 6 mai 1998*) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de *l'article L.220-1 du Code de l'environnement*. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de *l'article L.220-2 du Code de l'Environnement*.

Air Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.air-rhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : **© Air Rhône-Alpes (2016) Arsenic et Métaux Lourds à Saint-Etienne** ».

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Air Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Air-Rhône-Alpes :

- depuis le formulaire de contact sur le site www.air-rhonealpes.fr
- par mail : contact@air-rhonealpes.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière des membres suivants :

⇒ DREAL Rhône-Alpes

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Air Rhône-Alpes.

Sommaire



1. Le contexte et la problématique de l'Arsenic	5
1.1. Quel est l'impact sur la santé ?	5
1.2. Quelles sont les principales origines ?	5
1.2.1. L'arsenic est présent dans le milieu naturel	5
1.2.2. ...et aussi émis par les activités industrielles	5
1.3. Quelle est la réglementation en France concernant l'arsenic dans l'atmosphère ?	6
1.4. Comment se situent les concentrations atmosphériques sur Saint-Etienne par rapport à cette réglementation ?	6
2. La problématique territoriale stéphanoise	8
2.1. Les émissions industrielles d'arsenic en forte baisse dans la Loire depuis 2005	8
2.2. Des dépassements réglementaires de la valeur cible en air ambiant : une évolution atypique	8
2.3. Etude spécifique de la hausse des concentrations d'arsenic : évolution entre 2012 et 2014	9
2.3.1. Surveillance complémentaire en 2014	9
2.3.2. Les autres métaux lourds réglementés dans la Loire	10
2.4. Renforcement de la surveillance en 2015	10
2.5. Hypothèse du transfert Sol-Air : partenariat avec le BRGM	11
3. La surveillance mise en place en 2015	12
3.1. Descriptif de l'étude et méthodologie	12
3.2. Les résultats de 2015 dans le sol et l'air confirment-ils l'hypothèse de transfert d'un milieu à l'autre ?	13
3.2.1. Une baisse significative des concentrations en air ambiant en 2015	13
3.2.2. Résultats des mesures des sols (BRGM)	14
3.2.3. Résultats des prélèvements de terre	16
3.2.4. Résultats des calculs de masses supplémentaires	16
4. Discussion	17
4.1. Explication de la hausse des concentrations en air ambiant en 2014	17
4.2. Conséquence d'un point de vue réglementaire	17
5. Conclusion	19



Résumé



Depuis 2008, les concentrations d'Arsenic dans l'air ambiant au niveau de la station fixe de qualité de l'air de « Saint-Etienne Sud » présente une variabilité annuelle forte (de 1 ng.m⁻³ en 2008 à 7,6 ng.m⁻³ en 2014).

L'Arsenic fait partie de la famille des Métaux Lourds. 4 Métaux Lourds, dont l'Arsenic, sont réglementés en air ambiant. La valeur réglementaire concernant l'Arsenic est **une valeur cible fixée à 6 ng.m⁻³** en moyenne annuelle.

Compte-tenu du risque avéré de dépassement réglementaire sur la zone de Saint-Etienne sud en 2015, des mesures supplémentaires ont été mises en œuvre sur 5 sites complémentaires à la station de Saint Etienne Sud. L'objectif était d'évaluer les limites de la zone soumise à des concentrations importantes ou atypiques. Néanmoins, **les niveaux enregistrés lors des différentes campagnes de mesures menées sur les sites complémentaires en 2015 sont restés faibles**. Les concentrations relevées sur le site de Saint-Etienne Sud ont également été faibles, bien en deçà des concentrations élevées de 2014 et du seuil réglementaire de 6 ng.m⁻³.

Plusieurs hypothèses, dont le transfert de particules de sol riche en Arsenic vers l'air, ont été avancées pour expliquer les niveaux élevés, observés en 2014. Un partenariat avec le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) a donc été initié : en complément des mesures dans l'air ambiant, des mesures qualitatives des sols ont été réalisées.

Au vu de l'ensemble des analyses (air et sol) et des résultats, **le transfert entre le sol et l'air semble l'hypothèse la plus probable pour expliquer la hausse des concentrations** dans l'air ambiant au court de l'année 2014. Le terrain de jeu de boules, situé place Preher dans l'environnement immédiat de la station fixe de mesures, présente des facteurs significatifs, susceptibles d'expliquer les concentrations élevées en Arsenic, observées dans l'air ambiant de 2012 à 2014 : en particulier, la mise en œuvre d'une terre de remblai légèrement rosée, chargée en Arsenic posée au-dessus d'une terre noirâtre.

Même si l'impact lié au réenvol et au transfert sol/air est limité au terrain ciblé, la terre rosée chargée en Arsenic a potentiellement pu être utilisée dans d'autres zones stéphanoises. En l'absence de données plus précises concernant l'origine et la mise en œuvre de cette terre, donc à défaut de considérer les résultats de la station de St-Etienne Sud comme « un point noir isolé », les **données 2014 et le dépassement réglementaire résultant restent valides au niveau de l'agglomération stéphanoise**.

D'un point de vue réglementaire, le risque non écarté de dépassement de la valeur cible implique la **poursuite d'une mesure en continue d'Arsenic dans l'air ambiant** au niveau de la station fixe de « St-Etienne Sud ».

Concernant un risque potentiel pour la santé des populations, si les fortes concentrations d'Arsenic dans l'air ambiant sont liées à l'utilisation de terres comprenant d'importantes quantités de ce métal, le repérage de l'origine et la localisation de ces terres ainsi que la gestion de leur utilisation seraient nécessaires.



1. Le contexte et la problématique de l'Arsenic

L'Arsenic est un élément naturel qui se comporte comme un métal. Sa présence dans l'environnement est à la fois naturelle et anthropique.

L'homme est principalement exposé à l'Arsenic par le biais des aliments et de l'eau de boisson, particulièrement dans certaines régions où l'eau souterraine entre en contact avec des minéraux contenant de l'Arsenic.

Diverses méthodes de laboratoire permettent de mesurer la présence d'Arsenic : certaines permettent de distinguer différentes formes d'Arsenic et d'autres de mesurer avec précision de très petites quantités.

1.1. Quel est l'impact sur la santé ?

L'Arsenic existe sous plusieurs formes : organique, inorganique composée, molécule. La toxicité de l'Arsenic est variable et se trouve liée à son degré d'oxydation : As (III) est plus toxique qu'As (V). L'Arsenic inorganique est généralement considéré comme étant le plus toxique.

L'Arsenic est facilement absorbé (voies orales et respiratoires), transporté dans le sang puis distribué rapidement dans tous les organes. Il a la capacité de traverser la barrière placentaire.

D'après différentes études du CIRC¹, l'Arsenic est un cancérigène certain pour l'Homme (effets cancérigènes). **Son impact sur la santé dépend de la fréquence et de la durée d'exposition ainsi que de la concentration absorbée.**

Voie d'exposition	Cible
Inhalation	Poumon
Voie orale	Peau, vessie, poumon Foie, rein, estomac, prostate, colon

FIGURE 1 : TOXICITE CHRONIQUE – EFFETS CANCERIGENES

1.2. Quelles sont les principales origines ?

1.1.1. L'Arsenic est présent dans le milieu naturel ...

Dans le milieu naturel, l'Arsenic est assez abondamment présent dans la croûte terrestre, et présent en petites quantités dans la roche, le sol, l'eau et l'air. On le retrouve dans de nombreux minéraux différents. L'Arsenic peut être transporté d'un milieu à un autre de l'environnement où il peut changer de forme. L'Arsenic présent dans les roches érodées peut par exemple être emporté par le vent ou l'eau. De nombreux composés de l'Arsenic peuvent se lier au sol et ainsi être déplacés sur de courtes distances quand l'eau filtre à travers le sol. Environ un tiers de l'Arsenic dans l'atmosphère provient de sources naturelles, comme les volcans, ou le réenvol à partir du sol ; le reste résulte d'activités humaines.

1.1.2. ...et aussi émis par les activités industrielles

Des procédés industriels tels que l'exploitation minière, la fonte de minerais, la métallurgie, la fabrication du verre, et les centrales électriques au charbon contribuent également à la présence d'Arsenic dans l'environnement (air, eau et sol). La contamination de l'environnement peut également être imputable à des pesticides agricoles et à des substances chimiques utilisées dans le traitement du bois. Quand

¹ CIRC : Centre International de Recherche contre le Cancer

L'Arsenic est émis dans l'atmosphère par des procédés industriels, il se fixe sur des particules qui sont ensuite dispersées par le vent. Elles peuvent également retomber directement au sol.

1.3. Quelle est la réglementation en France concernant l'Arsenic dans l'atmosphère ?

En matière de qualité de l'air, trois niveaux de réglementations imbriqués peuvent être distingués : européen, national et local. L'ensemble de ces réglementations a pour principales finalités :

- l'évaluation de l'exposition de la population et de la végétation à la pollution atmosphérique ;
- l'évaluation des actions entreprises par les différentes autorités dans le but de limiter cette pollution ;
- l'information sur la qualité de l'air.

L'Arsenic fait partie de la famille des Métaux Lourds. 4 Métaux Lourds, dont l'Arsenic, sont réglementés en air ambiant. Concernant l'Arsenic, la valeur réglementaire est une valeur cible fixée à 6 ng.m^{-3} en moyenne annuelle.

« Valeur cible » signifie une concentration dans l'air ambiant fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé des personnes et l'environnement dans son ensemble qu'il convient d'atteindre, si possible, dans un délai donné.

1.4. Comment se situent les concentrations atmosphériques sur Saint-Etienne par rapport à cette réglementation ?

Sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes, le réseau fixe de surveillance de l'Arsenic en air ambiant comporte 10 stations de mesures. Les mesures d'Arsenic sont effectuées à un pas de temps hebdomadaire (voir ANNEXE 1).

Sur l'agglomération de Saint-Etienne, la surveillance est effectuée sur la station urbaine « Saint-Etienne Sud ». Elle est située Place Preher, au niveau de la rue de la Veu (voir ANNEXE 2), et se trouve être représentative des concentrations de pollution en milieu urbain sur le sud de l'agglomération stéphanoise.

En 2013, les niveaux mesurés sur Saint-Etienne Sud ($5,1 \text{ ng.m}^{-3}$) se sont fortement rapprochés de la valeur réglementaire (6 ng.m^{-3}) sans toutefois la dépasser.

En 2014, la valeur réglementaire de l'Arsenic a été dépassée sur Saint-Etienne Sud. En effet, la moyenne annuelle enregistrée sur l'ensemble de l'année a atteint $7,6 \text{ ng.m}^{-3}$.

Le tableau suivant illustre la situation des sites fixes de l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes par rapport aux valeurs réglementaires concernant les Métaux Lourds réglementés en air ambiant (dont l'Arsenic fait partie).

Valeurs réglementaires	6	5	20	500
Site	Arsenic (ng.m-3)	Cadmium (ng.m-3)	Nickel (ng.m-3)	Plomb (ng.m-3)
Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0.5	0.2	1.9	7.1
Réf. Urbaine - Agglo de Grenoble	0.5	0.1	1.6	5.7
Réf. Urbaine - Agglo de St-Etienne	7.6	0.1	2.7	5.8
Réf. Trafic - Valence Trafic	0.5	0.1	1.7	6.4
Prox indus. - Lyon	0.6	0.2	2.0	8.0
Réf. Urbaine - Albertville	0.9	0.3	14.8	13.4
Réf indus. - UGINE	0.8	0.4	19.6	15.1
Réf. Fond rural - Drôme rurale Sud	0.1	0.0	0.4	1.4
Réf. Trafic - Clermont-Fd/Esplanade Gare	0.4	0.1	0.9	3.7
Prox indus. - Les Ancizes	0.3	0.1	13.3	1.4

FIGURE 2 : METAUX LOURDS REGLEMENTES EN AIR AMBIANT – MOYENNES ANNUELLES 2014 EN REGARD DE LA REGLEMENTATION

La problématique de dépassement de la valeur réglementaire de l’Arsenic concerne exclusivement l’agglomération de Saint-Etienne : la moyenne annuelle relevée sur le site de St-Etienne Sud est a minima 7 fois plus importante que sur les autres sites de la région.

Contrairement à l’Arsenic, les autres Métaux Lourds réglementés (Cadmium, Nickel, et Plomb) ne présentent aucun dépassement de leur valeur cible respective sur Saint-Etienne en 2014.

2. La problématique territoriale stéphanoise

2.1. Les émissions industrielles d'Arsenic en forte baisse dans la Loire depuis 2005

Par rapport aux autres secteurs d'activité (transports, résidentiel, agriculture), le secteur industriel est le premier émetteur d'Arsenic dans la Loire. Pour autant, les émissions totales d'Arsenic dans l'air ont fortement diminué entre 2005 et 2013 passant d'environ 543 kg à moins de 110 kg du fait de l'amélioration des processus industriels et de la réduction de leurs activités. L'industrie du verre est le premier émetteur d'Arsenic dans la Loire suivi de l'industrie de la métallurgie.

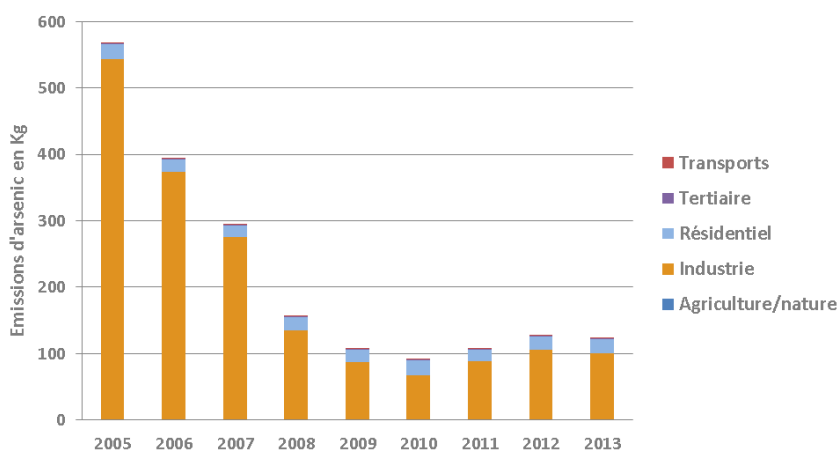


FIGURE 3 : EVOLUTION DES EMISSIONS D'ARSENIC DANS LA LOIRE ENTRE 2005 ET 2013

2.2. Des dépassements réglementaires de la valeur cible en air ambiant : une évolution atypique

En 2007, la station de Saint-Etienne Sud avait déjà connu un dépassement de la valeur réglementaire concernant l'Arsenic en air ambiant avec une moyenne annuelle de 10,6 ng.m⁻³. Le graphique suivant illustre l'évolution des concentrations moyennes annuelles en Arsenic sur le site de Saint-Etienne Sud entre 2007 et 2014.

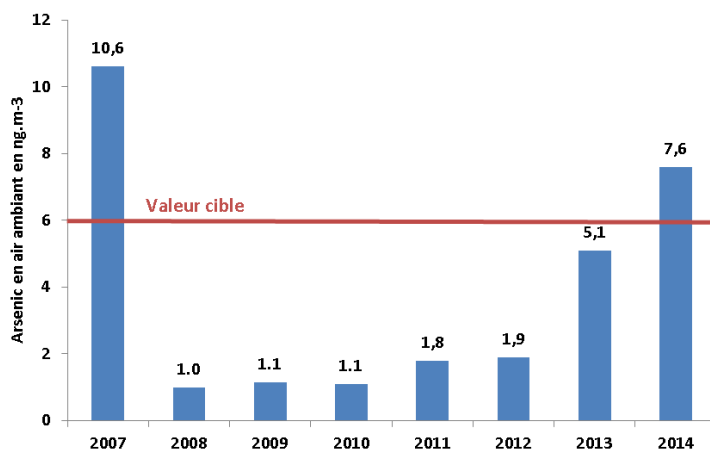


FIGURE 4 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR LA STATION DE SAINT-ETIENNE SUD ENTRE 2007 ET 2014

Ces niveaux importants mesurés en 2007 sur le site de Saint-Etienne Sud ne concernaient que l'Arsenic. La charge totale en Métaux Lourds (somme des 14 Métaux Lourds) mesurée à Saint-Etienne Sud (60 à 90 ng.m⁻³) était proche de celle mesurée sur d'autres sites de même typologie dans la région.

En 2008, les niveaux moyens en Arsenic ont chuté sans qu'une explication ait pu être apportée. A partir de 2010, la tendance des niveaux moyens en Arsenic a de nouveau été observée à la hausse. Cette augmentation s'est accélérée à la fin de l'année 2012.

2.3. Etude spécifique de la hausse des concentrations d'arsenic : évolution entre 2012 et 2014

A la fin de l'année 2012, les concentrations d'Arsenic ont connu une augmentation significative des niveaux mesurés.

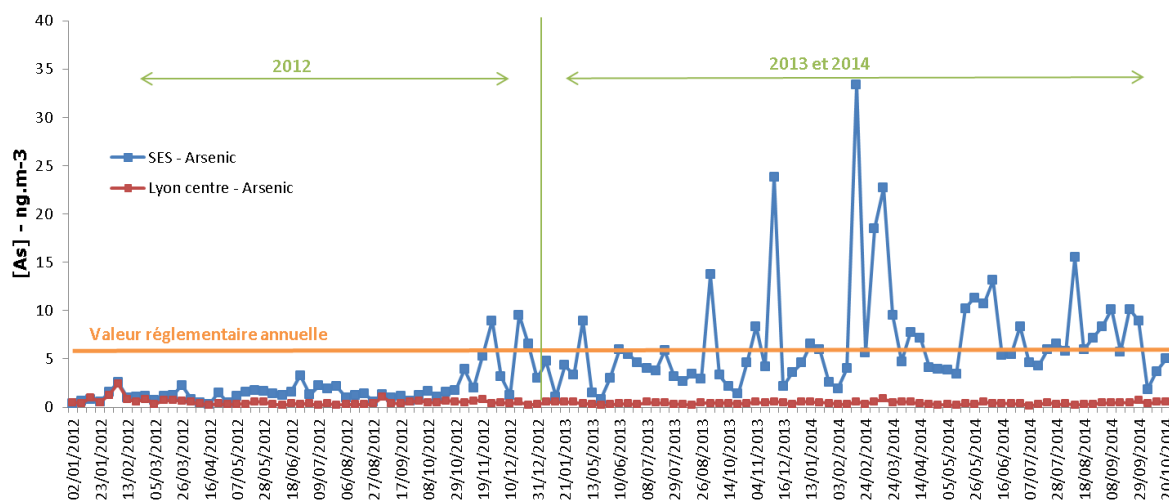


FIGURE 5 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR LES STATIONS DE REFERENCE URBAINE DE LYON ET DE SAINT-ETIENNE

Cette augmentation n'a concerné que le site de Saint-Etienne Sud, les niveaux étant restés faibles sur l'ensemble des autres sites de la région, et en particulier sur la référence urbaine de Lyon Centre (en rouge sur le graphique ci-dessus). Après la hausse (entre 2012 et début 2014) et un pic en février 2014, les concentrations en Arsenic sur Saint-Etienne Sud se sont stabilisées dans la gamme de concentrations de la valeur cible (6 ng.m⁻³).

2.3.1. Surveillance complémentaire en 2014

Afin de confirmer la hausse des concentrations, un préleveur supplémentaire, appelé « doublon », a été implanté en parallèle sur la station fixe de fin avril à mi-juin 2014.

Les concentrations des 2 préleveurs ont été bien corrélées et ont suivi la même évolution. Le site de référence de Lyon est resté significativement en dessous des 2 séries de concentrations mesurées sur le site de Saint-Etienne Sud.

Cette mesure complémentaire du préleveur «doublon» a permis de confirmer la hausse atypique des concentrations d'Arsenic en air ambiant à proximité de la station de mesure de Saint-Etienne Sud, et de s'affranchir d'une éventuelle dérive ou d'un problème technique.

2.3.2. Les autres métaux lourds réglementés dans la Loire

Les autres Métaux Lourds réglementés (cadmium, nickel et plomb), n'ont jamais connu de dépassement de valeur réglementaire, et les niveaux observés à Saint-Etienne Sud ont toujours été proches de ceux mesurés sur les autres sites de la région Auvergne-Rhône-Alpes et en particulier du site urbain de Lyon centre.

Année	Site	Valeur réglementaire en ng.m ⁻³			
		6 Arsenic (ng.m ⁻³)	5 Cadmium (ng.m ⁻³)	20 Nickel (ng.m ⁻³)	500 Plomb (ng.m ⁻³)
2007	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,6	0,5	3,0	9,60
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	10,6	0,3	2,0	12,10
2008	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,6	0,2	2,6	7,80
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,0	0,2	1,8	8,60
2009	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,4	0,2	2,3	6,5
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,1	0,1	1,4	5,9
2010	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,4	0,1	2,7	6,4
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,1	0,2	2,0	6,3
2011	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,5	0,1	4,1	6,6
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,8	0,2	2,9	6,8
2012	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,5	0,15	5,09	8,65
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,9	0,15	4,83	6,56
2013	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,5	0,2	1,52	7,67
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	5,1	0,17	1,86	7,33
2014	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,46	0,15	1,89	7,18
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	7,6	0,14	2,68	5,82
2015	Réf. Urbaine - Agglo de Lyon	0,48	0,18	1,86	6,56
	Réf. Urbaine - Agglo de St Etienne	1,29	0,11	1,59	4,9

FIGURE 6 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES POUR LES METAUX LOURDS REGLEMENTES EN AIR AMBIANT

2.4. Renforcement de la surveillance en 2015

Fort de ces constats, Air Rhône-Alpes a proposé fin 2014 une étude d'investigation supplémentaire en 2015.

Avec l'appui financier de la DREAL, le réseau de mesures de Métaux Lourds a donc été renforcé en 2015 avec la mise en place d'un dispositif de mesures temporaires, plus important.

L'objectif était de déterminer si les niveaux observés à Saint-Etienne Sud s'inscrivaient dans une problématique locale (type « points noirs ») ou dans une problématique plus globale concernant tout le sud de l'agglomération stéphanoise. Plus précisément, l'objectif était de :

- 1- Cibler l'étendue des zones concernées ;
- 2- Rechercher les sources potentielles de ces pollutions.

Les mesures de terrain proposées ont donc été mises en œuvre sur plusieurs sites pour essayer d'évaluer les limites de la zone soumise à ces concentrations atypiques. Plus précisément, 4 campagnes d'investigation (sur 3 mois chacune) avec à chaque fois 2 préleveurs, ont permis de sonder 2 sites en parallèle en plus des mesures effectuées sur le réseau réglementaire.

Plusieurs hypothèses ont été avancées dans le passé pour expliquer les niveaux observés, en particulier en lien avec le transfert de particules de sol riche en Arsenic vers l'air :

- Contamination par des terres chargées en Arsenic et qui auraient été utilisées pour recouvrir un terrain de pétanque à côté de la station de mesures ;
- Impact des transferts d'Arsenic du sol vers l'air, présents naturellement en grande quantité dans le sol géologique stéphanois ;
- Présence de terrains, ayant acquis une signature en Arsenic, du fait d'activités industrielles passées utilisant/généralisant de l'Arsenic. Selon cette hypothèse, l'augmentation relativement brutale des niveaux en air ambiant plaide en faveur d'une mise à nu de sol présentant de l'Arsenic, favorable à un envollement de poussières.

2.5. Hypothèse du transfert Sol-Air : partenariat avec le BRGM

Pour répondre au mieux à cette problématique de transfert de particules entre le sol et l'air, un partenariat avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a été initié en parallèle de la mise en place des mesures dans l'air.

Le BRGM est l'établissement public de référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Un de ses objectifs est de comprendre les phénomènes géologiques et les risques associés, et en particulier d'appuyer les politiques publiques via des actions d'expertise, de surveillance et d'études spécifiques.

Dans le cadre d'un appui aux administrations, le BRGM est donc intervenu dans la recherche des terrains susceptibles de présenter des concentrations élevées en Arsenic :

- ⇒ D'une part, dans le cadre d'une recherche documentaire en particulier relative aux anciens sites industriels ;
- ⇒ Et d'autre part, lors d'une campagne de terrain menée le 1^{er} avril 2015 avec l'aide d'un appareil de terrain (mesure à fluorescence X) permettant une mesure qualitative des sols.

Les sols des anciens sites industriels préalablement identifiés, ainsi que ceux à proximité directe de la station de mesure de qualité de l'air ont ainsi pu être sondés de manière qualitative et comparative.

3. La surveillance mise en place en 2015

Compte tenu du dépassement réglementaire dans l'air en 2014, et des hypothèses de transfert qu'il existe entre les différents milieux, la surveillance et l'investigation en 2015 ont donc porté à la fois sur les mesures dans l'air ambiant mais aussi sur des mesures de sol.

3.1. Descriptif de l'étude et méthodologie

Dans le cadre de cette étude, Air Rhône-Alpes, en parallèle du site fixe de Saint-Etienne Sud, a mis en place 2 autres préleveurs : ils ont permis de sonder 2 sites en parallèle pendant 2 campagnes de 3 à 4 mois (voir annexe 2) :

- 1^{ère} campagne de mesure du 16 janvier 2015 au 30 avril 2015 sur 2 sites (**jardin de la Jomayère** et **Saint-Etienne Rond-Point**)
- 2^{ème} campagne de mesure du 1^{er} avril 2015 au 10 septembre 2015 sur 2 autres sites (**Ecole Claudius Buard** et **Amicale Laïque Michelet**)

La 1^{ère} campagne s'orientait sur un axe de surveillance Est/Ouest dans l'alignement de la carrière de la Ricamarie à une distance de 500 mètres environ du point de mesure où des concentrations atypiques ont été mesurées (station de mesure fixe de Saint-Etienne Sud).

Au vu des résultats de la 1^{ère} campagne, la 2^{ème} campagne s'est orientée suivant un axe Nord/Sud à quelques dizaines de mètres du point atypique.



FIGURE 7 : MESURES D'ARSENIC DANS LE SOL

En complément des mesures dans l'air ambiant, des mesures qualitatives des sols ont été réalisées le 1^{er} avril 2015 par le BRGM, Air Rhône-Alpes, et les services de la ville de Saint-Etienne, à l'aide d'un appareil de fluorescence X portable (FPXRF), afin d'obtenir une réponse immédiate, sur le terrain, des teneurs qualitatives en Arsenic. Cet appareil permet en particulier de sonder facilement et rapidement différentes zones, et d'obtenir des résultats indicatifs sur les concentrations d'Arсенic dans le sol.

Un grand nombre d'anciens sites industriels ont été identifiés à proximité du préleveur (dans un rayon de 400 mètres). Parmi ces sites, ont été retenus ceux qui présentent une forte probabilité d'avoir utilisé/génééré de l'Arсенic, à savoir les anciennes tanneries et teintureriers, ainsi que les activités de forges/fonderies.

Enfin, des prélèvements de terre (échantillons récupérés sur le terrain à proximité de la station de qualité de l'air, place Preher) ont été analysés en laboratoire et des analyses massiques sur les prélèvements réalisés pendant le mois de juillet 2015 ont été effectuées afin de les corrélés aux analyses dans l'air.

3.2. Les résultats de 2015 dans le sol et l'air confirment-ils l'hypothèse de transfert d'un milieu à l'autre ?

3.2.1. Une baisse significative des concentrations en air ambiant en 2015

Dès le début 2015, les niveaux mesurés sur les sites complémentaires mais aussi sur la station fixe ont significativement chuté, bien en deçà de la valeur cible réglementaire qui avait été dépassée en 2014. Les gammes de concentrations en 2015 ont été comparables à celles mesurées entre 2009 et 2011.

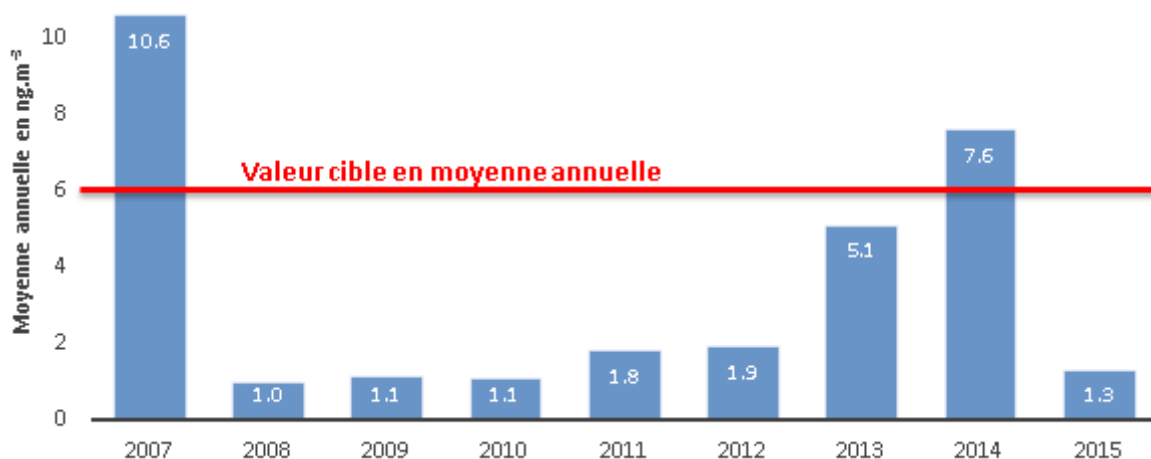
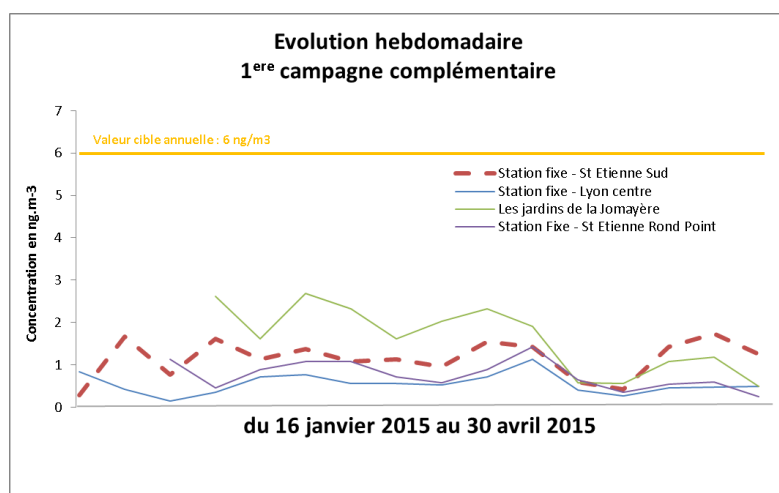


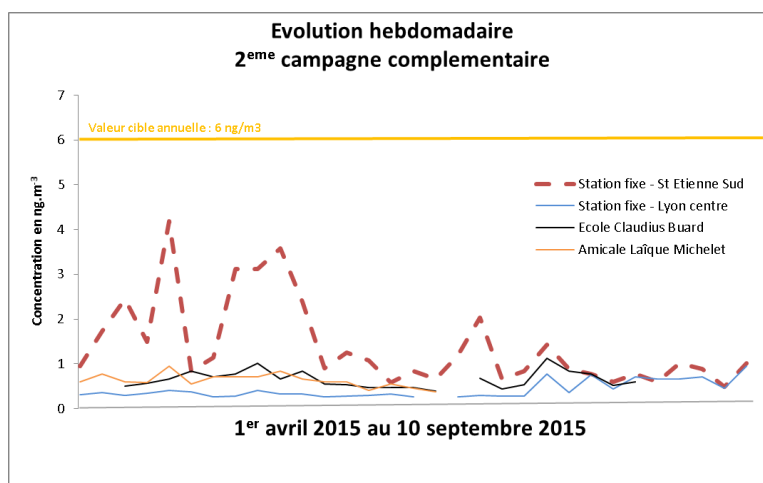
FIGURE 8 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR LA STATION DE SAINT-ETIENNE SUD ENTRE 2007 ET 2015

Les concentrations enregistrées sur les sites complémentaires investigués en 2015 («Jardins de la Jomayère », «St-Etienne Rond-Point», «Claudius Buard» et «Amicale Laïque Michelet») ont également été très faibles et ont suivi le même profil que les niveaux mesurés à Saint-Etienne Sud.



Les concentrations relevées sur le site « Les jardins de la Jomayère » sont légèrement plus élevées, mais elles restent tout de même très nettement inférieures à la valeur cible annuelle.

Pendant les deux campagnes de mesures, les concentrations sur l'ensemble des sites investigués restent en dessous de la valeur cible de 6 ng.m⁻³.



Néanmoins, les niveaux sur le site fixe de Saint-Etienne Sud augmentent de manière ponctuelle autour de 4 ng.m⁻³ en moyenne journalière lors de la 2^{ème} campagne. Cette hausse n'a pas été enregistrée de manière aussi marquée sur les autres sites, sur la même période, malgré la très faible distance qui les séparait du site de « Saint-Etienne Sud ».

FIGURE 8 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR SAINT-ETIENNE SUD ET LES AUTRES SITES DE L'ETUDE EN 2015 (1^{ERE} CAMPAGNE : GRAPHE PAGE PRECEDENTE, 2^{EME} CAMPAGNE : GRAPHE CI DESSUS)

Au vu des concentrations particulièrement faibles mesurées dans l'atmosphère en 2015, et contrairement à ce qui avait été évoqué au départ, il n'est pas paru judicieux que le BRGM analyse, via la microscopie électronique, les filtres ayant servi à la mesure dans l'air ambiant. En effet, pour déduire une signature à partir d'un échantillon, la quantité de particules d'Arsenic doit être suffisamment élevée. Or, les concentrations mesurées en air ambiant sur les différents sites étaient trop faibles pour une analyse fiable. Des sondages qualitatifs par fluorescence X directement dans le sol étaient plus adaptés à la situation.

3.2.2. Résultats des mesures des sols (BRGM)

La campagne de mesures dans le sol a eu lieu le 1^{er} avril 2015 : en raison des faibles résultats de la première campagne de mesure dans l'air ambiant, les investigations ont été menées essentiellement dans un rayon de 400 mètres autour de la station de Saint-Etienne Sud.

D'autres terrains, potentiellement remaniés, ont malgré tout été sondés en dehors de ce cercle avec comme objectif la possible installation d'un autre préleveur si les concentrations en Arsenic du sol s'avéraient élevées : les faibles teneurs finalement mesurées hors de ce rayon ont conduit à écarter une possible origine de l'Arsenic relative aux terrains où une activité industrielle était susceptible de générer ce genre de pollution. Ces terrains ont d'ailleurs fait l'objet d'un réaménagement déjà ancien et très important (construction de nouveaux immeubles, redistribution des volumes de terres...). Les mesures se sont donc recentrées aux abords directs de la station de qualité de l'air.

Les mesures éloignées de la station ne présentant que peu d'intérêt, seules les mesures effectuées à proximité de la station sont présentées. Les cartes des concentrations d'Arsenic mesurées dans le sol sont présentées sur la cartographie suivante :

En effet, les concentrations relevées sur les zones plus noires présentent les valeurs les plus élevées en plomb, zinc et cuivre, les concentrations en Arsenic étant relativement faibles (Arsenic > 110 mg/kg).

Quant aux concentrations relevées sur les parties roses, elles sont particulièrement riches en Arsenic, plus de 8 fois supérieures aux concentrations de la terre noire (mesure d'Arseenic présentant les valeurs les plus élevées : Arsenic > 920 mg/kg).



FIGURE 10 : VARIATION DE LA COULEUR DE LA TERRE (GRIS NOIR AU ROSE BRIQUE)

3.2.3. Résultats des prélèvements de terre

Afin de confirmer les mesures indicatives faites par l'appareil portatif à fluorescence X sur le terrain, des prélèvements ont été analysés en laboratoire. En effet, sur le terrain, l'humidité peut légèrement altérer les concentrations mesurées. Deux échantillons de terre (matériau rose) ont donc été prélevés du terrain de jeux de boules qui présente à la fois les concentrations les plus élevées en Arsenic et la plus grande proximité avec le préleveur de Saint-Etienne Sud.

Après séchage à température ambiante, les analyses en laboratoire de la terre prélevée sur le terrain donnent des résultats dans la même gamme de concentration que ceux obtenus par la mesure à fluorescence X.

Ces résultats valident donc la cartographie des mesures effectuées dans les sols faite par le BRGM.

3.2.4. Résultats des calculs de masses supplémentaires

Des analyses massiques complémentaires effectuées sur les filtres de la station fixe de Saint-Etienne Sud ont eu lieu pendant le mois de juillet. L'objectif de ces analyses était de vérifier que la quantité massique d'Arseenic présente dans l'air correspond bien à la quantité massique d'Arseenic présente dans le sol.

Ces analyses ont confirmé que la quantité d'Arseenic présente dans l'air (72 à 138 mg/kg) est cohérente avec les teneurs mesurées sur la terre en contact avec l'air à proximité direct du préleveur (terre actuelle proche du préleveur : 110 mg/kg mesurés le 1^{er} avril).

Une simulation a permis d'estimer la quantité d'Arseenic présent dans l'air pendant un prélèvement de 2014 (lorsque les concentrations dans l'air étaient particulièrement élevées). La quantité d'Arseenic pour ce prélèvement est estimée de manière indicative à 1600 mg/kg. L'ordre de grandeur correspond donc à la teneur en Arseenic de la terre rose brique, qui devait probablement être située à proximité immédiate de la station à cette période. La terre rosée a probablement été déplacée vers le nord au cours du temps (activité anthropique et météorologique), impliquant une baisse des concentrations mesurées sur la station de mesure de qualité de l'air. Le lessivage du sol par les précipitations a probablement aussi eu tendance à faire baisser les teneurs dans le sol et donc dans l'air.

4. Discussion

4.1. Explication de la hausse des concentrations en air ambiant en 2014

Au vu de l'ensemble des analyses et résultats, le transfert entre le sol et l'air semble l'hypothèse la plus probable pour expliquer la hausse des concentrations en air ambiant au cours de l'année 2014.

Le terrain de jeu de boules place Preher présente, en effet, des facteurs significatifs, susceptibles d'expliquer les concentrations élevées en Arsenic, observées, en air ambiant, sur la station de Saint-Etienne Sud de 2012 à 2014.

D'une part, le sol de ce terrain est constitué d'un mélange de deux matériaux principaux :

- une terre noire dont la présence est en relation avec les plus ou moins fortes concentrations en plomb, cuivre et zinc.
- un gorrhe de couleur rose brique qui présente des concentrations élevées en Arsenic. Les concentrations mesurées dans ces matériaux sont dans la gamme des concentrations susceptibles d'expliquer les concentrations mesurées en air ambiant.

D'autre part, le sol est nu donc plus favorable à l'envolement des poussières, de plus, soumis à remobilisation, arrachement des parties superficielles, en raison des activités qui s'y déroulent (piétinements, impacts de boules, circulation des voitures). Pour finir, ce terrain est à proximité directe de la station de Saint-Etienne Sud.

Les résultats en air ambiant au cours de l'année 2015 montrent une baisse importante des concentrations en Arsenic depuis le mois de janvier, jusqu'à atteindre des niveaux très bas, comparables à ceux mesurés de 2009 à 2011. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette baisse :

- D'une part, de récents remaniements anthropiques de terre ont pu avoir lieu sur la place.
- D'autre part, les conditions naturelles météorologiques ou épuisement de la terre ont pu influencer sur le transfert entre le sol et l'air.

De plus, comme supposé dans le paragraphe des analyses massiques la terre rosée, le gorrhe, a probablement été déplacée au cours du temps, s'éloignant du point de mesure dans l'air ambiant.

4.2. Conséquence d'un point de vue réglementaire

D'un point de vue réglementaire, se pose la question de la représentativité géographique des mesures. En effet, dans le cas d'une hausse très locale de concentration de l'Arsenic dans l'air, les mesures peuvent être invalidées d'un point de vue réglementaire car non représentatives de la totalité de la zone de surveillance visée par la station fixe de mesure.

Dans notre cas précis, les données ne peuvent pas être invalidées :

- ⇒ d'une part, les mesures complémentaires de 2015 sont faibles et ne permettent pas de conclure de manière précise quant à la zone d'impact en cas de concentrations élevées,
- ⇒ d'autre part, l'origine du gorrhe rosé et l'utilisation qui en a été faite n'ont, à ce jour, pas encore pu être identifiées par les services de la ville de Saint-Etienne. Même si l'impact lié au réenvol et au transfert sol/air est limité au terrain ciblé, le gorrhe rosé chargé en Arsenic a potentiellement pu être utilisé dans d'autres zones stéphanoises.

A défaut d'avoir une connaissance globale et suffisante de la problématique des niveaux d'Arsenic sur l'agglomération qui définirait avec certitude le site de St-Etienne Sud comme un « point noir », les données 2014 restent donc valides d'un point de vue réglementaire.

5. Conclusion

Depuis 2008, les concentrations d'Arsenic dans l'air ambiant au niveau de la station de mesure de la qualité de l'air de « Saint-Etienne Sud » présentent une forte variabilité annuelle : de 1 ng.m⁻³ en 2008 à 7,6 ng.m⁻³ en 2014.

Compte-tenu du risque avéré de dépassement réglementaire en Arsenic dans la zone de Saint-Etienne en 2015, des mesures supplémentaires ont été mises en œuvre sur plusieurs sites pour essayer d'évaluer les limites de la zone soumise à des concentrations importantes ou atypiques. Les niveaux enregistrés sur le 1^{er} semestre 2015 sont restés globalement faibles. Les concentrations relevées sur le site de Saint-Etienne Sud étaient également faibles, bien en deçà des concentrations élevées de 2014 et du seuil réglementaire de 6 ng.m⁻³.

Pour étudier plus précisément la hausse des concentrations au cours de l'année 2014, un partenariat a été initié avec le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM). Ce partenariat a permis de conclure que le sol du terrain de la place Préher, située à proximité immédiate de la station de mesure, présente un ensemble de facteurs significatifs pouvant expliquer cette hausse des concentrations d'Arsenic dans l'air ambiant :

- la présence d'un gorrhe dans lequel les concentrations d'Arsenic mesurées sont susceptibles d'expliquer les niveaux relevés en air ambiant
- le fait que le sol soit nu, non stabilisé, avec une utilisation du terrain par les piétons et voitures qui favorise le réenvol et le transfert des particules du sol vers l'air

Une demande d'information a été formulée à la ville de Saint-Etienne pour s'assurer que d'autres zones n'ont pas été impactées : à ce jour, l'origine et l'utilisation de la terre localisée sur la place Preher n'ont pas pu être identifiées.

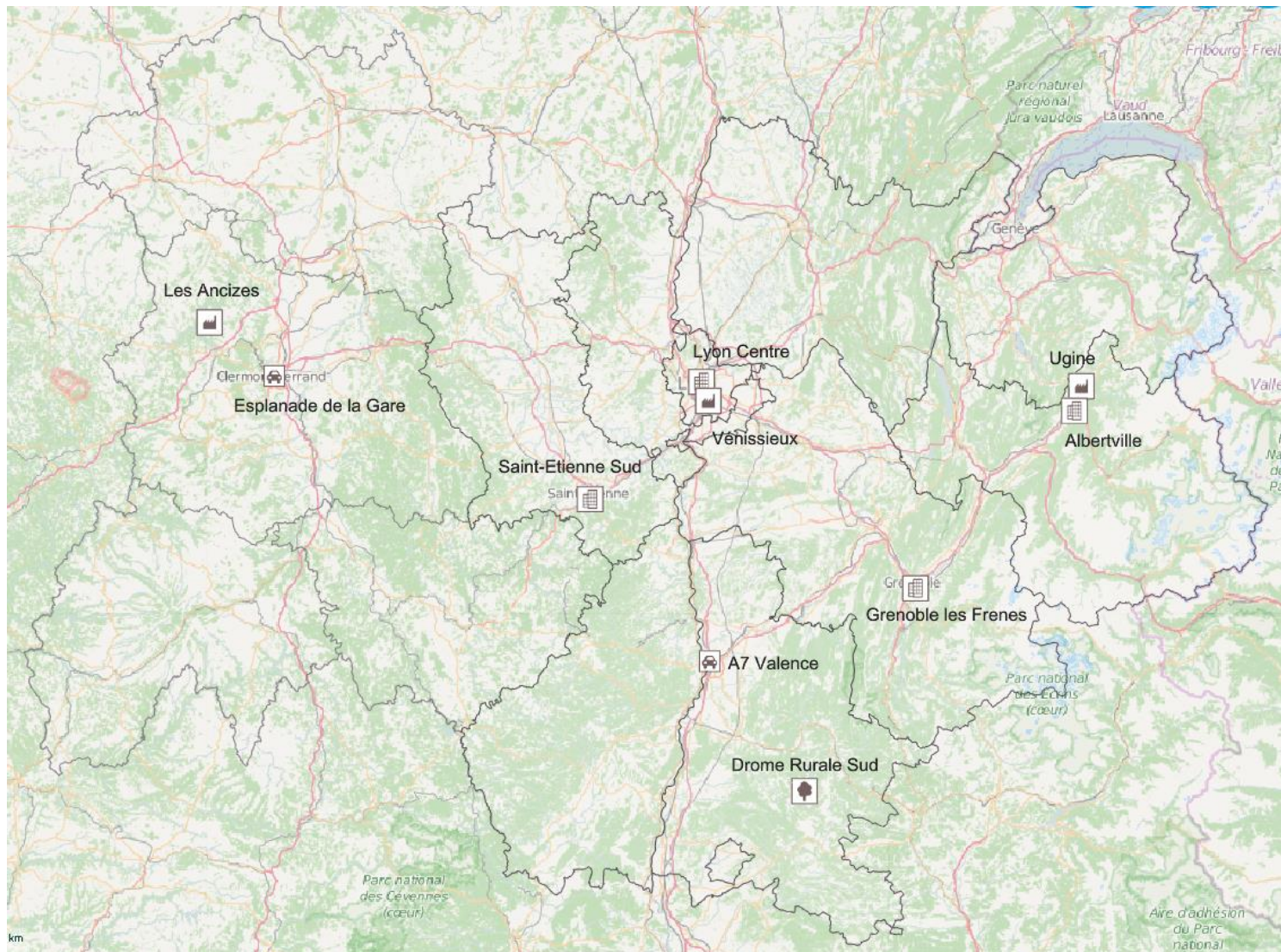
Par conséquent, concernant des concentrations potentiellement importantes d'Arsenic à Saint-Etienne, tant qu'il ne nous est pas possible de :

- ⇒ définir avec certitude que le site de mesure fixe de « St-Etienne Sud » est un « point noir » localisé (problématique présente en un lieu unique avec une source définie),
- ⇒ de démontrer que les forts niveaux d'Arsenic ne se reproduiront plus à l'avenir,

la surveillance de ce métal sera maintenue et les éventuels dépassements réglementaires concernant sa valeur cible continueront d'être déclarés au niveau de l'agglomération.

Si les fortes concentrations d'Arsenic dans l'air ambiant sont potentiellement liées à l'utilisation de terres contenant ce métal en quantité importante, il devient nécessaire de pouvoir identifier ces terres, connaître leur origine (localisation géographique et éventuellement propriétaire de l'exploitation) afin d'être vigilant quant à leurs emplois, possiblement néfaste à la santé des personnes.

Annexe 1 : sites de mesures fixes d'Arsenic en air ambiant sur le territoire rhônalpin



Localisation des sites de mesure

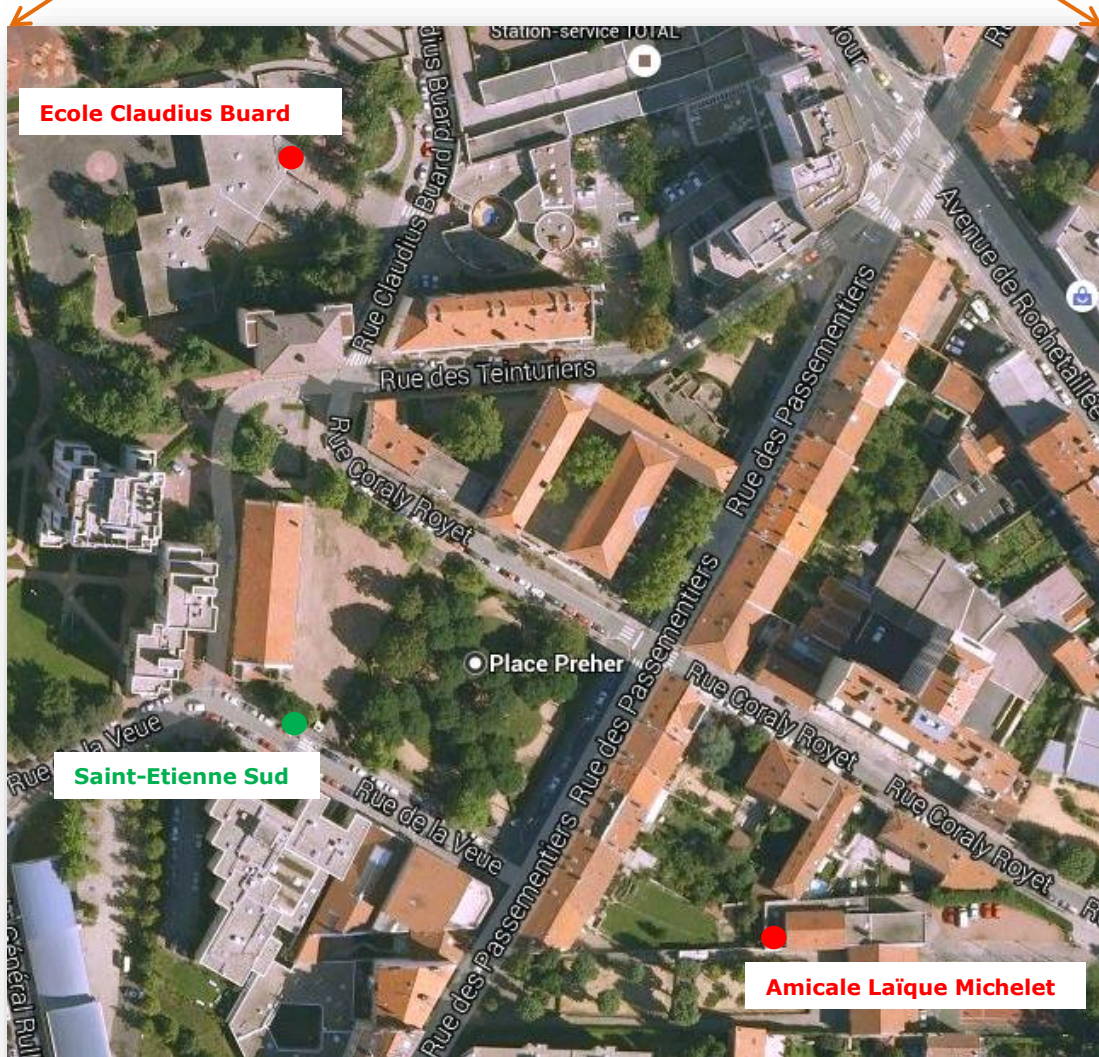
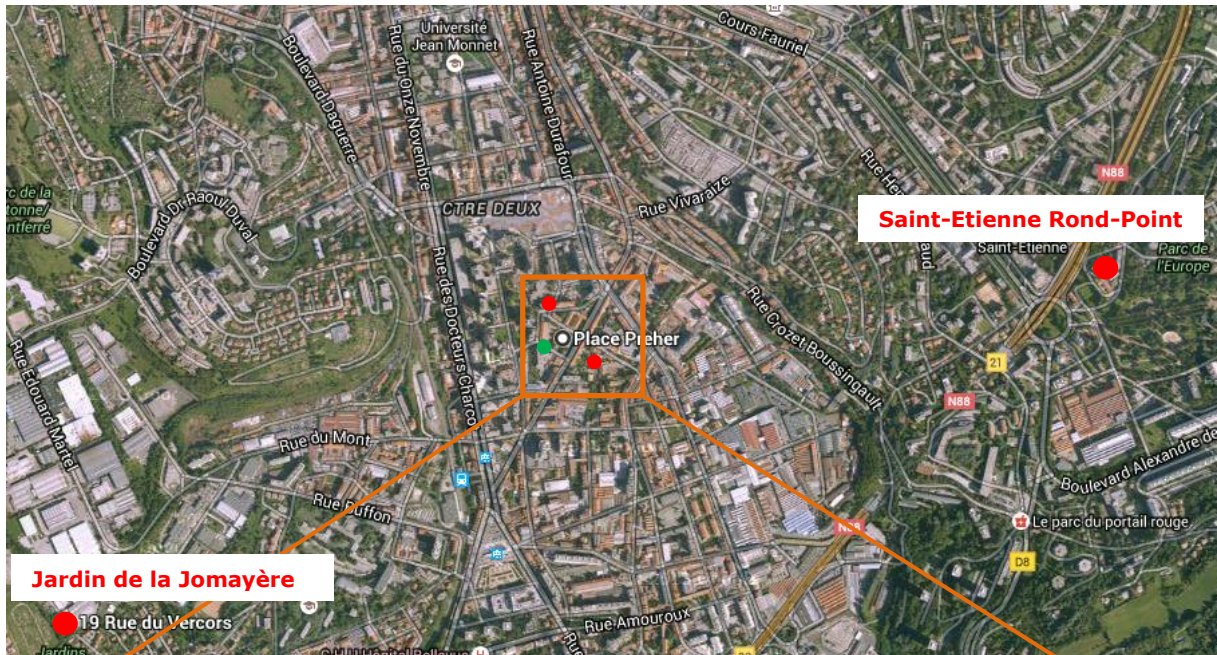


Table des illustrations

FIGURE 1 : TOXICITE CHRONIQUE – EFFETS CANCERIGENES	5
FIGURE 2 : METAUX LOURDS REGLEMENTES EN AIR AMBIANT – MOYENNES ANNUELLES 2014 EN REGARD DE LA REGLEMENTATION	7
FIGURE 3 : EVOLUTION DES EMISSIONS D'ARSENIC DANS LA LOIRE ENTRE 2005 ET 2013	8
FIGURE 4 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR LA STATION DE SAINT-ETIENNE SUD ENTRE 2007 ET 2014.....	8
FIGURE 5 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR LES STATIONS DE REFERENCE URBAINE DE LYON ET DE SAINT-ETIENNE.....	9
FIGURE 6 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES POUR LES METAUX LOURDS REGLEMENTES EN AIR AMBIANT	10
FIGURE 7 : MESURES D'ARSENIC DANS LE SOL	12
FIGURE 9 : CONCENTRATIONS EN ARSENIC SUR SAINT-ETIENNE SUD ET LES AUTRES SITES DE L'ETUDE EN 2015 (1ERE CAMPAGNE : GRAPHE PAGE PRECEDENTE, 2EME CAMPAGNE : GRAPHE CIDESSUS)	14
FIGURE 10 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS D'ARSENIC DANS LE SOL	15
FIGURE 12 : VARIATION DE LA COULEUR DE LA TERRE (GRIS NOIR AU ROSE BRIQUE)	16