



2013

Evaluation préliminaire des métaux lourds en Guyane

AJ/KPP/ORA Guyane

06/09/2013

Table des matières :

I.	Objectif de l'étude préliminaire	4
II.	Généralité.....	4
1)	Définition des métaux lourds	4
a.	Arsenic (INERIS, 2010)	4
b.	Nickel (INERIS, 2006)	4
c.	Cadmium (INERIS, 2011).....	5
d.	Plomb (INERIS, 2003).....	5
e.	Mercuré (INERIS, 2010)	6
2)	Contexte réglementaire	7
a.	La directive 2004/107/CE	7
b.	Les normes réglementaires pour la surveillance des métaux.....	8
III.	Evaluation préliminaire des métaux lourds avec un DA80	8
1)	Méthodologie mise en place	8
a.	Prélèvement	8
b.	Filtre utilisé.....	8
c.	Validation du DA80 pour le prélèvement des métaux lourds.....	9
d.	Filtres blancs.....	9
e.	Transport de l'appareil.....	9
f.	Placement de l'appareil.....	9
g.	Conditionnement et stockage des filtres	9
h.	Laboratoire d'analyse.....	9
i.	Expressions des résultats	9
2)	Choix des sites	10
3)	Calendrier prévisionnel des campagnes de mesures du DA80 pour l'année 2014.....	11
4)	Coûts prévisionnels de l'analyse des filtres.....	11
IV.	Evaluation préliminaire des métaux lourds avec Partisol 2025	12
1)	Méthodologie mise en place	12
a.	Prélèvement	12
b.	Filtre utilisé.....	12
c.	Filtres blancs.....	12
d.	Conditionnement et stockage des filtres	13
e.	Transport de l'appareil.....	13
f.	Placement de l'appareil.....	13



Membre de la Fédération ATMO



Association Agréée pour la Surveillance de la
Qualité de l'Air

Pointe Buzaré
BP 1059
97345 Cayenne Cedex
Tél : 05 94 28 22 70
Fax : 05 94 30 32 58
Courriel : ora.973guyane@orange.fr
Site internet : www.ora-guyane.org

g. Laboratoire d'analyse	13
h. Programmation de l'appareil	13
i. Expressions des résultats	13
2) Choix des sites	13
3) Calendrier prévisionnel des campagnes de mesures.....	15
4) Coûts prévisionnels de l'analyse des filtres.....	15
Bibliographie	16
Annexe 1 : carte de la Guyane	17
Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne	18
Annexe 3 : données sur les principales villes de Guyane.....	18

I. Objectif de l'étude préliminaire

Une surveillance de la pollution liée aux métaux lourds, et notamment de l'arsenic, du nickel du cadmium et du mercure est obligatoire dans tous les pays membres de l'union Européenne, dont fait partie la Guyane Française. La première étape pour cette mise en place, est l'évaluation préliminaire des concentrations de ces polluants sur les sites définies comme pertinents. Les résultats obtenus, valideront ou non la nécessité de mettre en place des sites fixes, permanent, de surveillance de ces polluants. Cette évaluation s'appuie sur les deux rapports suivants : (ADEME, 2009) (Alleman, 2011)

II. Généralité

1) Définition des métaux lourds

a. Arsenic (INERIS, 2010)

Les sources de l'arsenic

L'arsenic est présent sous forme de minerais dans les roches qui renferment 99% de l'arsenic présent dans la croûte terrestre. L'érosion des roches peut entraîner une redistribution de l'arsenic dans l'atmosphère.

Cependant, ses principales sources naturelles dans l'air sont l'activité volcanique et les feux de forêts. L'arsenic due à l'activité anthropique se retrouve dans les fumées émanant des industries de production d'AS₂O₃ et de la combustion de produits fossiles (charbons, pétroles, huiles).

L'évolution de l'arsenic dans l'atmosphère

L'arsenic est principalement présent dans l'air dans les particules sous la forme d'arsenic trioxyde et d'arsine. L'arsenic trivalent et les arsines méthylées peuvent subir une oxydation. De par sa nature l'arsenic est persistant dans l'environnement.

L'impact de l'arsenic sur la santé humaine

L'arsenic est facilement absorbé par voies orale, et est transporté dans le sang, ce qui lui permet d'atteindre tous les organes, dont notamment le foie et les reins.

Une exposition chronique à l'arsenic peut provoquer des effets sur la peau (hyperkératose et hyperpigmentation, maladie de Bowen), le système respiratoire (toux, rhinorrhées, laryngites), cardiovasculaire (arythmies, péricardites, maladie de Raynaud, « Blackfoot disease »-gangrène), neurologique (neuropathies périphériques), gastro-intestinal, sanguin (anémie, leucopénie) et a un possible impact sur le développement de certains diabètes. L'arsenic fait partie des composés classés en catégorie 1 par le CIRC¹, il est donc cancérigène pour l'homme (CIRC, 2013).

b. Nickel (INERIS, 2006)

Les sources du nickel

Le nickel représente 0.8 à 0.9% de la croûte terrestre. Nous pouvons le retrouver dans les minerais suivant : la chalcopyrite, la pentlandite, la garniérite et secondairement la niccolite et la millerite.

¹ Centre International de Recherche sur le Cancer

Les principales sources anthropiques sont la combustion de charbon ou de fioul, l'incinération des déchets, l'épandage des boues d'épuration, l'extraction et la production de nickel, la fabrication de l'acier, le nickelage et les fonderies de plomb.

L'évolution du nickel dans l'atmosphère

Le nickel est présent sous forme particulaire, sauf le nickel tétracarbonyle qui est sous forme de vapeur. La gamme moyenne du diamètre des particules anthropiques contenant du Nickel serait de 5.4 μm . Ses dernières ont une demi vie de l'ordre d'une semaine à un mois, et peuvent être transporté via le compartiment atmosphérique sur de très longues distances.

L'impact du nickel sur la santé humaine

Une exposition chronique au nickel pourra entraîner des pathologies respiratoires sur les personnes exposées. Le Nickel fait partie des composés classés en catégorie 1 par le CIRC, il est donc cancérigène pour l'homme (CIRC, 2013).

c. Cadmium (INERIS, 2011)

Les sources du cadmium

Les principales sources naturelles du cadmium sont les éruptions volcanique, et par l'érosion aérien du sol qui en contient.

Les sources anthropiques les plus importantes sont le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagères et la métallurgie de l'acier.

L'évolution du cadmium dans l'atmosphère

Le cadmium et ses composés sont très peu volatils. Il est présent dans l'atmosphère sous forme particulaire, sa principale forme étant l'oxyde de cadmium.

L'impact du cadmium sur la santé humaine

Une partie du cadmium se dépose le long du tractus respiratoire en fonction de la taille des particules. Sinon, il est transporté dans le sang, puis se concentre principalement dans le foie et les reins. L'exposition chronique entraîne l'apparition d'une néphropathie pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. Le cadmium fait partie des composés classés en catégorie 1 par le CIRC², il est donc cancérigène pour l'homme (CIRC, 2013).

d. Plomb (INERIS, 2003)

Les sources du plomb

Le plomb est présent dans la croûte terrestre ainsi que dans tous les compartiments de la biosphère. Ses principales sources naturelles sont les éruptions volcaniques alors que ses sources anthropiques sont les industries de première et deuxième fusion du plomb ainsi que les rejets des véhicules à moteurs même si, l'arrêt de l'utilisation de l'essence plombé a entraîné une forte chute de ces dernières.

² Centre International de Recherche sur le Cancer

L'évolution du plomb dans l'atmosphère

Les composés inorganiques du plomb ne sont pas volatils. Dans l'atmosphère, le plomb est principalement en configuration particulaire sous forme de carbonates, d'oxycarbonates d'oxydes et de sulfates.

L'impact du plomb sur la santé humaine

Les vapeurs et gaz, après migration jusqu'aux alvéoles pulmonaires passent dans le sang. Les plus grosses particules sont éliminées par le tapis muco-ciliaire alors que les plus fines diffusent à travers la muqueuse des voies aériennes profondes et passent dans le sang. Environ 20 à 30% du plomb inhalé est absorbés dans le corps humain.

Le plomb peut entraîner de la fatigue, des maux de tête, des crampes abdominales et des dommages cérébraux. Le plomb fait partie des composés classés en catégorie 2B par le CIRC³, il est donc peut-être cancérigène pour l'homme (CIRC, 2013).

e. Mercure (INERIS, 2010)

Les sources du mercure

Les principales sources naturelles du mercure sont le dégazage de l'écorce terrestre du à son importante volatilité, mais aussi à l'activité volcanique.

Les plus importants rejets anthropogéniques provoqués par l'exploitation des minerais (mines de plomb et de zinc), à la combustion des produits fossiles, aux rejets industriels (industrie du chlore et de la soude..), à l'incinération des déchets et à l'orpaillage.

L'évolution du mercure dans l'atmosphère

Le mercure élémentaire et ses composés organiques sont volatils, alors que ses composés inorganiques le sont très peu. Dans l'atmosphère, le mercure qui est principalement sous forme élémentaire a une durée de vie de 2 mois à 3 ans. Le diméthylmercure qui est aussi volatil, a un temps de résidence dans l'atmosphère qui va de quelques jours à quelques semaines, temps au bout duquel il est dégradé en mercure élémentaire.

L'impact du mercure sur la santé humaine

Le mercure s'accumule facilement dans les organismes. Le mercure organique, est absorbé plus facilement par voie orale que le mercure élémentaire et le mercure inorganique. Quelle que soit la forme de mercure considérée, il est distribué dans tout l'organisme, mais se retrouve préférentiellement au niveau des reins, du foie et du cerveau.

L'impact du mercure élémentaire et du mercure inorganique sur le système nerveux entrainera, lors d'exposition chronique, des troubles de la psychomotricité, des troubles cognitifs et des modifications de la personnalité. Leur impact sur les reins pourra provoquer une protéinurie. De plus, il peut être observé des troubles cardiovasculaires, respiratoires, hépatiques et immunologiques.

Le mercure organique atteint essentiellement le cerveau, avec des paresthésies, un malaise général et des troubles sensoriels. De plus, il peut aussi provoquer des atteintes rénales. Le méthylmercure entraîne la maladie de Minamata, avec l'apparition de problèmes neurologiques sévères.

³ Centre International de Recherche sur le Cancer

2) Contexte réglementaire

a. La directive 2004/107/CE

L'Arsenic, le Nickel et le Cadmium :

La directive 2004/107/CE rend la surveillance des HAP et des métaux obligatoire dans les états membres de l'UE depuis le 15 février 2007. Les SEI et SES pour le l'Arsenic, le Nickel et le Cadmium sont indiqués en annexe II de cette dernière :

Polluant	Période de calcul de la moyenne	SEI	SES
Arsenic	Année civile	2.4ng/m ³ (40% de la valeur cible)	3.6ng/m ³ (60% de la valeur cible)
Nickel	Année civile	10ng/m ³ (40% de la valeur cible)	14ng/m ³ (60% de la valeur cible)
Cadmium	Année civile	2ng/m ³ (40% de la valeur cible)	3ng/m ³ (60% de la valeur cible)

En fonction du respect ou non de ces valeurs, le nombre de points minimums de surveillance des métaux lourds est indiqué dans l'article 4, et dans les annexes III et IV :

Population de la zone (en millier d'habitants)	Lorsque les concentrations maximales dépassent le SES	Lorsque les concentrations maximales se situe entre les SES et SEI
0-749 ⁴	1	1

Des critères particuliers sont annotés dans la directive :

- Lorsque le SES est dépassé, il est obligatoire de mettre en place au moins une station mesurant la population urbaine de fond
- L'utilisation de bio-indicateurs peut être envisagée là où les modèles régionaux de l'incidence sur les écosystèmes doivent être évalués.
- Indépendamment des niveaux de concentration, dans chaque état membre un point de prélèvement de fond est implanté tous les 100 00 km² pour assurer une mesure indicative dans l'air ambiant et dans le dépôt total de l'arsenic, du nickel et du cadmium. Pour rappel, la superficie de la Guyane Française est de 83 846 km², ce qui correspond à 12% du territoire national.

Le mercure :

Une mesure indicative du mercure gazeux et du dépôt total en mercure doit être réalisée. La mesure du mercure bivalent particulaire et gazeux est recommandée.

⁴ Cas de la Guyane pour la ZR et la ZUR

Conséquence des résultats :

- Si la concentration annuelle mesurée est inférieure au SEI, il n'y aura plus d'étude sur ce site
- Si la concentration annuelle mesurée est supérieure au SEI mais inférieure au SES, une nouvelle campagne de mesures sera conduite durant 14 % de l'année sur le site. Ce report ne pourra être effectué plus de 3 ans.
- Si la concentration mesurée au bout d'une année est supérieure au SES, une nouvelle campagne sur le site sera effectuée, mais durant 50% de l'année.

b. Les normes réglementaires pour la surveillance des métaux

- Analyse des métaux réglementés dans les PM10 : EN 14902 : 2005
- Analyse des métaux réglementés dans les dépôts humides ou totaux : EN 15841 : 2009
- Prélèvement des particules sur filtre : EN 12341

III. Evaluation préliminaire des métaux lourds avec un DA80

Le LCSQA recommande l'utilisation d'un préleveur bas débit pour la détermination des concentrations en métaux lourds dans l'atmosphère. Cependant, en attendant le prêt ou l'achat de celui-ci, nous allons utiliser un préleveur haut débit pour l'étude préliminaire sur un site de l'île de Cayenne.

1) Méthodologie mise en place

a. Prélèvement

Un préleveur haut débit avec une tête PM10 sera utilisé pour le prélèvement de l'Arsenic, du nickel, du cadmium et du plomb. La durée des prélèvements sera de 24h, pour 8 campagnes annuelles de 7 jours.

- Pour le site sélectionné, les prélèvements se répartiront sur 14% de l'année avec une saisie minimale de 90% des données.
- L'échantillonnage est réparti sur les jours ouvrables et sur l'année.
- La stratégie d'échantillonnage par grappe ne sera pas utilisée.
- Un blanc terrain et un blanc de laboratoire seront réalisés à chaque série de prélèvement⁵. Ils serviront à valider les résultats.

La moyenne annuelle des concentrations sera la moyenne arithmétique des données.

b. Filtre utilisé

Des filtres en fibre de quartz de diamètre 150 mm seront utilisés. Ce type de filtre n'occasionne que peu de perte de charge et présente des teneurs en éléments métalliques assez faibles. A chaque nouveau lot de filtres vierges, sa qualité sera contrôlée en faisant analyser 7.

⁵ NF EN 15549

c. Validation du DA80 pour le prélèvement des métaux lourds

Les filtres utilisés font un diamètre de 150mm. Il faudra prouver l'homogénéité de dépôt sur ces derniers. Cette démonstration se fera en découpant des sous échantillons représentant au minimum 30% de la surface d'un filtre. L'écart type de la concentration moyenne en Pb dans les sous-échantillons doit être inférieur à 5%. Cette opération ne sera réalisée que pour la première campagne.

d. Filtres blancs

Les blancs laboratoires

Deux blancs sont effectués, mais un seul sera analysé, le second ne servant que si une forte contamination est relevée sur le premier.

- Si la moyenne des blancs de laboratoire est inférieure à la LQm⁶ obtenue par le laboratoire, on ne soustrait pas cette valeur aux mesures de métaux correspondant.
- Si la moyenne des blancs de laboratoire est supérieure à la LQm obtenue par le laboratoire, on soustrait cette valeur aux mesures de métaux correspondant.

Les blancs terrains

Deux blancs terrains seront fournis avec les filtres des campagnes au laboratoire d'analyse mais un seul sera analysé, le second ne servant que pour déterminer la représentativité d'une contamination.

- Le dépassement sera significatif si la valeur du blanc est très supérieur à la moyenne des filtres de laboratoire (>LQm et représente plus de 33% de la valeur des échantillons, avant soustraction du blanc de laboratoire). Dans ce cas, les données sont invalidées et la source de contamination devra être déterminée.

e. Transport de l'appareil

Le DA80 sera transporté, dans la mesure du possible, en position verticale.

f. Placement de l'appareil

Le DA80 sera placé en extérieur. Une attention particulière sera apportée pour éviter les sites sensibles aux intempéries et au vandalisme.

g. Conditionnement et stockage des filtres

Une fois conditionné, les filtres sont stockés dans des boîtes de pétri préalablement nettoyées. Les informations concernant le prélèvement sont annotées sur la boîte. Le tout est placé dans un sachet plastique hermétique. La manipulation des filtres se fera dans des locaux propres, avec une pince en plastique non crantée.

h. Laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyse sera Micropolluant, en raison de son expérience dans ce domaine et de ses nombreuses collaborations avec d'autres AASQA⁷.

i. Expressions des résultats

Les concentrations sont exprimées en ng/m³. Le calcul de la concentration est fait après soustraction de la moyenne des blancs des filtres de laboratoire. Si les valeurs calculées sont négatives, il faut lui

⁶ Limite de quantification

⁷ Association Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

attribuer la valeur de la LQ, tout en mettant un commentaire. Les concentrations sont à produire en fonction des concentrations réelles de P et T du prélèvement. L'incertitude est calculée sur la base des documents du LCSQA.

2) Choix des sites

L'évaluation préliminaire se fera dans la Zone Urbaine Régionale et dans la zone Régionale. Sont pris en compte pour le choix des sites :

- La présence d'un analyseur PM10 dans la zone
- La densité de la population (voir Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne et Annexe 3 : données sur les principales villes de Guyane)
- La proximité de sources en métaux lourds

Le site de surveillance sera à Matoury, dans l'enceinte de l'école Guimanmin, de par sa position sous les vents dominants de la zone industrielle de Dégrad-Des-Cannes, où une centrale thermique utilisant des énergies fossiles fonctionne continuellement (voir Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne).

IV. Evaluation préliminaire des métaux lourds avec Partisol 2025

Dans le cas où le prêt ou l'achat d'un partisol est validé, nous mettrons en place la procédure suivante pour l'évaluation préliminaire des métaux lourds en Guyane.

1) Méthodologie mise en place

a. Prélèvement

Un préleveur bas débit avec une tête PM10 sera utilisé pour le prélèvement de l'Arsenic, du nickel, du cadmium et du plomb. La durée des prélèvements sera de 168h, pour 8 campagnes annuelles de 7 jours.

- Pour le site sélectionné, les prélèvements se répartiront sur 14% de l'année avec une saisie minimal de 90% des données.
- L'échantillonnage est réparti sur les jours ouvrables et sur l'année.
- La stratégie d'échantillonnage par grappe ne sera pas utilisée.
- Un blanc terrain et un blanc de laboratoire seront réalisés à chaque série de prélèvement⁸. Ils serviront à valider les résultats.

La moyenne annuelle des concentrations sera la moyenne arithmétique des données.

b. Filtre utilisé

Filtre en fibre de quartz de diamètre 47 mm. Ce type de filtre n'occasionne que peu de perte de charge et présentent des teneurs en éléments métalliques assez faible. Une demande de filtres sera effectuée auprès de l'EMD⁹. Cette dernière se charge du contrôle de l'homogénéité et des niveaux de blanc de ces filtres.

c. Filtres blancs

Les blancs laboratoires

Deux blancs sont effectués, mais un seul sera analysé, le second ne servant qu'en cas de forte contamination relevée sur le premier.

- Si la moyenne des blancs de laboratoire est inférieure à la LQm¹⁰ obtenue par le laboratoire, on ne soustrait pas cette valeur aux mesures de métaux correspondant.
- Si la moyenne des blancs de laboratoire est supérieure à la LQm obtenue par le laboratoire, on soustrait cette valeur aux mesures de métaux correspondant.
- L'EMD fournis les filtres en quartz avec les limites de détection méthodologique, qui peuvent servir de référence par rapport aux valeurs fournis par le laboratoire prestataire¹¹.

Les blancs terrains

Deux blancs terrains seront fournis avec les filtres des campagnes au laboratoire d'analyse mais un seul sera analysé, le second ne servant que pour déterminer la représentativité d'une contamination.

⁸ NF EN 15549

⁹ Ecole des Mines de Douai

¹⁰ Limite de quantification

¹¹ Micropolluant

- Le dépassement sera significatif si la valeur du blanc est très supérieur à la moyenne des filtres de laboratoire ($>LQ_m$ et représente plus de 33% de la valeur des échantillons, avant soustraction du blanc de laboratoire). Dans ce cas les données sont invalidées, et la source de contamination devra être déterminée.

d. Conditionnement et stockage des filtres

Une fois conditionnés, les filtres sont stockés dans des boîtes de pétri préalablement nettoyées. Les informations concernant le prélèvement sont annotées sur la boîte. Le tout est placé dans un sachet plastique hermétique. Les manipulations se feront dans des locaux propres, avec une pince en plastique non crantée¹². Les portes filtres doivent être propre visuellement. Un nettoyage à l'air comprimé sera effectué si besoin.

e. Transport de l'appareil

Le partisol sera transporté, dans la mesure du possible, en position verticale.

f. Placement de l'appareil

Le partisol sera placé en extérieur. Une attention particulière sera apportée pour éviter les sites sensibles aux intempéries et au vandalisme.

g. Laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyse sera Micropolluant, en raison de son expérience dans ce domaine et de ses nombreuses collaborations avec d'autres AASQA¹³.

h. Programmation de l'appareil

Voir annexe 1 du rapport du LCSQA sur la méthodologie de l'analyse des métaux (Alleman, 2011). Le débit de prélèvement est fixé à $1m^3/h$, quelle que soit les conditions de température et de pression.

i. Expressions des résultats

Les concentrations sont exprimées en ng/m^3 . Le calcul de la concentration est fait après soustraction de la moyenne des blancs des filtres de laboratoire. Si les valeurs calculées sont négatives, il faut lui attribuer la valeur de la LQ, tout en mettant un commentaire. Les concentrations sont à produire en fonction des concentrations réelles de P et T du prélèvement. L'incertitude est calculée sur la base des documents du LCSQA.

2) Choix des sites

L'évaluation préliminaire se fera dans la Zone Urbaine Régionale et dans la zone Régionale. Sont pris en compte pour le choix des sites :

- La présence d'un analyseur PM10 dans la zone
- La densité de la population (voir Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne et Annexe 3 : données sur les principales villes de Guyane)
- La proximité de sources en métaux lourds

Pour la ville de Cayenne, l'emplacement de « Cayenne Baduel » a été choisi tout d'abord en raison de l'existence d'une station fixe où les PM10 et les PM2.5 sont surveillés, mais aussi car la zone est densément peuplée et traversée par l'un des principaux axes routiers de la ville. Le site de « Matoury

¹² Pince brucelles en PMP Référence VWR : 232-1913

¹³ Association Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air



Membre de la Fédération ATMO



Association Agréée pour la Surveillance de la
Qualité de l'Air

Pointe Buzaré
BP 1059
97345 Cayenne Cedex
Tél : 05 94 28 22 70
Fax : 05 94 30 32 58
Courriel : ora.973guyane@orange.fr
Site internet : www.ora-guyane.org

Guimanmin » est situé sous les vents des villes de Cayenne, Rémire MontJoly, mais surtout de la zone industrielle de Dégrad-Des-Cannes d'où sa sélection (voir Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne).

Dans la zone régionale, la surveillance se fera dans la ville de Kourou. La ville est la seconde de l'ouest Guyanais en termes de population, et regroupe de nombreuses entreprises travaillant pour l'industrie spatiale. Il aurait été pertinent d'un point de vue scientifique d'effectuer une surveillance dans la ville de Saint-Laurent du Maroni, notamment en raison de l'utilisation d'essence provenant du Suriname. Mais en raison de son éloignement, l'ORA n'a pas encore les moyens humains et financiers pour la mettre en place (voir Annexe 1 : carte de la Guyane).

Bibliographie

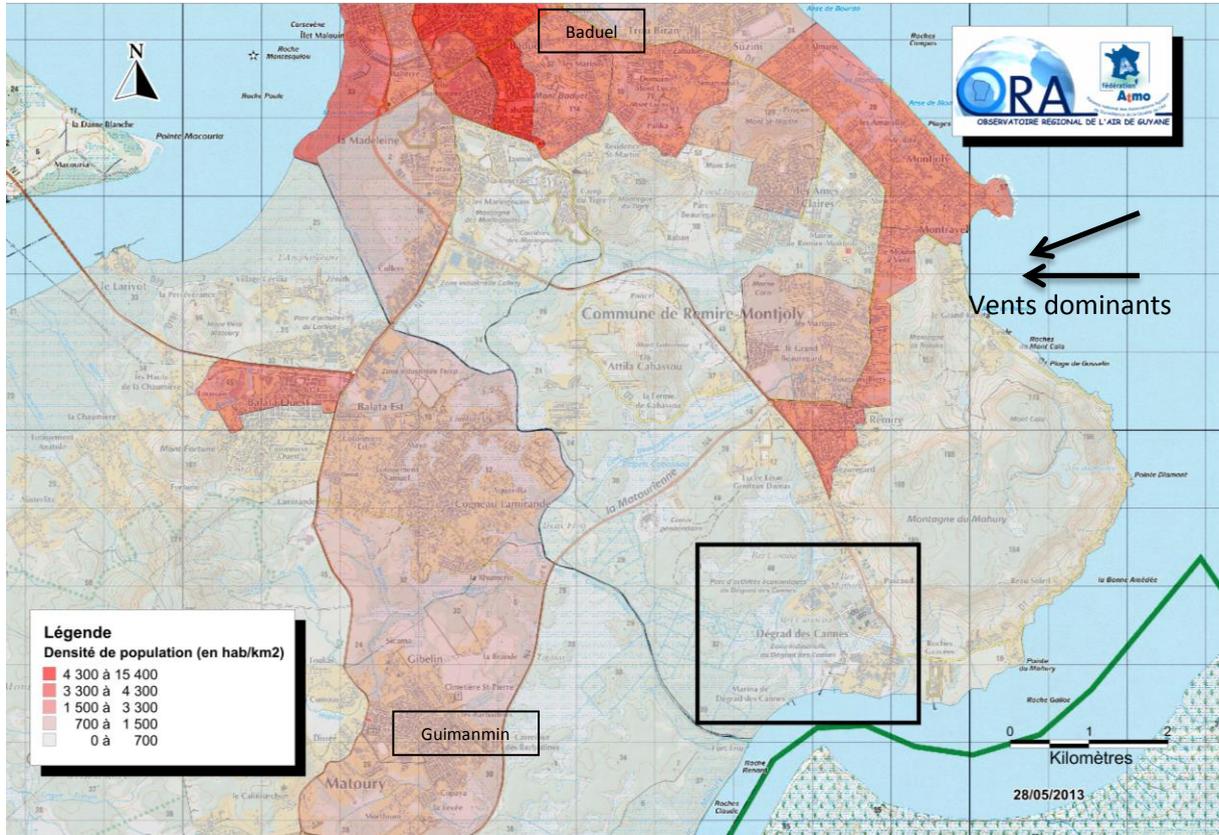
- ADEME. (2009). *Guide de lecture des directives européennes 2008/50/CE et 2004/107/CE*. ADEME.
- Alleman, L. (2011). *Guide technique et méthodologique de l'analyse de l'AS, Cd, Ni et Pb dans l'air Ambiant et dans les Dépôts Atmosphériques*. LCSQA.
- CIRC. (2013, 04 10). *Agents classés par les monographies du CIRC, volumes 1-107*. Consulté le 09 10, 2013, sur International Agency for Reseach on Cancer: <http://monographs.iarc.fr/FR/Classification/>
- Conseil Régional de la Guyane. (2006). *Révision du schéma d'aménagement régional de la Guyane*. Cayenne: Conseil Régional de la Guyane.
- INERIS. (2003). *Plomb et ses dérivés*. INERIS.
- INERIS. (2006). *Nickel et ses dérivés*. INERIS.
- INERIS. (2010). *Arsenic et ses dérivés inorganiques*. INERIS.
- INERIS. (2010). *Mercuré et ses dérivés*. INERIS.
- INERIS. (2011). *Cadmium et ses dérivés*. INERIS.
- INSEE. (2009). *Bases de données*. Consulté le 09 11, 2013, sur INSEE: <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/esl/comparateur.asp?codgeo=com-97304>

Annexe 1 : carte de la Guyane



Source : (Conseil Régional de la Guyane, 2006)

Annexe 2 : carte de l'île de Cayenne



Source : (ORA Guyane, 2013)

Annexe 3 : données sur les principales villes de Guyane

	Population communale	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
Cayenne	57 047	23.6	2 417.2
Matoury	26 383	137.2	192.3
Rémire-Montjoly	18 873	46.1	409.3
Saint-Laurent-du-Maroni	37 524	4830	7.8
Kourou	25 514	2 160	11.8

Source : (INSEE, 2009)