

JUIN 2014



Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Références : Rapport ARIA/2014.040

Documents associés : Rapport ARIA/2014.041

Type de document : Rapport d'études

Avancement du document : Version 3

Accessibilité : Restreint

ARIA Technologies SA

8-10 rue de la Ferme – 92100 Boulogne Billancourt

Tél. : +33 (0)1 46 08 68 60 – Fax : +33 (0)1 41 41 93 17 – E-mail : info@aria.fr – <http://www.aria.fr>

S.A au capital de 779 947 € - SIRET 379 180 474 00049 – Code APE 6201Z – RCS Nanterre B 379 180 474

"Un seul métier,
L'environnement Atmosphérique"

ARIA Technologies		Titre : Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)					
N° rapport ARIA		14.040					
N° Action ARIA		14.047					
Nombre de pages	80	Nombre de figures	45	Nombre de tableaux	13	Nombre d'annexes	3
Auteur(s)		ARIA Technologies, Catherine SABASTIA					
Sous-traitant(s)		-					
Intérêt documentaire		Accessibilité	Confidentielle		Libre		
Oui		Non		ARIA Technologies		Restreinte	
Etat du document		Rédacteur Nom/ Visa/ Date		Relecteur Nom/ Visa/ Date			
Version V1		Catherine SABASTIA Le 11/04/2014		Anne-Sophie SAFFRE Le 14/04/2014			
Version V2		Catherine SABASTIA Le 13/05/2014					
Version V3		Catherine SABASTIA Le 3/06/2014					
DIFFUSION		Date	3/06/14	Nombre total d'exemplaires édités		2	
DESTINATAIRES		Nombre	DESTINATAIRES				Nombre
ARIA Technologies Archives		1	Doniambo Energie				1

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	5
2.	CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE.....	7
2.1	DOMAINE D'ETUDE	7
2.2	TOPOGRAPHIE	8
2.3	METEOROLOGIE	10
2.3.1	<i>Données météorologiques</i>	<i>11</i>
2.3.2	<i>Analyse météorologique.....</i>	<i>12</i>
3.	INVENTAIRE DES EMISSIONS.....	17
4.	POINTS RECEPTEURS.....	20
5.	DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR ET DES DEPOTS AU SOL.....	21
5.1	PRESENTATION DU LOGICIEL DE DISPERSION	21
5.2	PARAMETRAGES DU MODELE DE DISPERSION	22
5.2.1	<i>Prise en compte de la topographie.....</i>	<i>22</i>
5.2.2	<i>La formule des écarts-types (modèle de dispersion)</i>	<i>22</i>
5.2.3	<i>Vents calmes.....</i>	<i>22</i>
5.2.4	<i>Surhauteur du panache</i>	<i>23</i>
5.2.5	<i>Reconstitution des profils verticaux</i>	<i>23</i>
5.2.6	<i>Calcul des dépôts au sol.....</i>	<i>23</i>
5.2.7	<i>Prise en compte des sources d'émissions.....</i>	<i>24</i>
5.3	GRANDEURS CALCULEES ET PRESENTATION DES RESULTATS	25
5.4	REGLEMENTATION	27
5.5	RESULTATS DES SIMULATIONS	30
5.5.1	<i>Concentrations en moyenne annuelle</i>	<i>30</i>
5.5.2	<i>Dépôts au sol</i>	<i>36</i>
5.5.3	<i>Centile 100 pour le monoxyde de carbone (CO).....</i>	<i>40</i>
5.5.4	<i>Centile 100 pour l'évaluation des risques sanitaires</i>	<i>40</i>
6.	CONCLUSION	43
	ANNEXE 1 : DESCRIPTION DU LOGICIEL DE DISPERSION ARIA IMPACT	46
	ANNEXE 2 : CARTES DE CONCENTRATIONS EN MOYENNE ANNUELLE.....	52
	ANNEXE 3 : CARTES DES DEPOTS TOTAUX.....	70

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent sur la période 01/01/2011 au 31/12/2013	13
Tableau 2 : statistiques relatives à la pluviométrie.....	15
Tableau 3 : caractéristiques des cheminées.....	18
Tableau 4 : concentrations à l'émission.....	18
Tableau 5 : paramètres de calcul pour chacune des espèces étudiées.....	24
Tableau 6 : liste des grandeurs calculées dans l'étude	26
Tableau 7 : valeurs réglementaires françaises de la qualité de l'air (durée d'exposition annuelle)	31
Tableau 8 : concentrations en moyenne annuelle.....	32
Tableau 9 : maxima des dépôts totaux observés sur une zone habitée en dehors du site	36
Tableau 10 : dépôts au sol en moyenne annuelle	38
Tableau 11 : centile 100 pour le CO au point géographique le plus pénalisant.....	40
Tableau 12 : Centile 100 calculé pour l'ERS.....	41

FIGURES

Figure 1 : carte du domaine d'étude (carré de 10 km × 10 km) (source : Google Earth)	7
Figure 2 : description de la verse à scories.....	8
Figure 3 : représentation du domaine d'étude (carré de 10 km par 10 km)	9
Figure 4 : situation normale de diffusion	10
Figure 5 : phénomène d'inversion thermique.....	11
Figure 6 : rose des vents générale – toutes classes de vitesse – station Nouméa.....	12
Figure 7 : rose des vents générale par classes de vitesses – station Nouméa	12
Figure 8 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique.....	14
Figure 9 : roses des vents par classe de stabilité	14
Figure 10 : variation de la pluviométrie sur l'année (période du 01/01/2011 au 31/12/2013)	15
Figure 11 : rose des vents calculée à partir des échéances de pluie.....	15
Figure 12 : variation de la température sur l'année (période du 01/01/2011 au 31/12/2013).....	16
Figure 13 : localisation des sources (fond de carte : Google Earth).....	19
Figure 14 : méthodologie mise en œuvre	21
Figure 15 : profil vertical de vent.....	23
Figure 16 : localisation de la zone habitée la plus exposée	34
Figure 17 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	35
Figure 18 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les poussières PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	39
Figure 19 : carte de concentration en centile 100 pour le dioxyde de soufre (année 2011).....	42
Figure 20 : carte de concentration en moyenne annuelle en cadmium (ng/m^3).....	53
Figure 21 : carte de concentration en moyenne annuelle en monoxyde de carbone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	54
Figure 22 : carte de concentration en moyenne annuelle en composés organiques volatils ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	55
Figure 23 : carte de concentration en moyenne annuelle en HAP (ng/m^3).....	56
Figure 24 : carte de concentration en moyenne annuelle en acide chlorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	57
Figure 25 : carte de concentration en moyenne annuelle en acide fluorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58
Figure 26 : carte de concentration en moyenne annuelle en mercure (ng/m^3)	59
Figure 27 : carte de concentration en moyenne annuelle en arsenic+sélénium+tellure (ng/m^3)	60
Figure 28 : carte de concentration en moyenne annuelle en antimoine+chrome+cobalt+cuivre+étain+manganèse+nickel+vanadium+zinc (ng/m^3)	61
Figure 29 : carte de concentration en moyenne annuelle en ammoniac ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	62
Figure 30 : carte de concentration en moyenne annuelle en oxydes d'azote ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63
Figure 31 : carte de concentration en moyenne annuelle en plomb (ng/m^3)	64
Figure 32 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxines/furanes (fg/m^3)	65
Figure 33 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	66
Figure 34 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	67
Figure 35 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	68
Figure 36 : carte de concentration en moyenne annuelle en thallium (ng/m^3)	69

Figure 37 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le cadmium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$).....	71
Figure 38 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les HAPs ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$).....	72
Figure 39 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le mercure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$).....	73
Figure 40 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour la somme arsenic+sélénium+tellure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)	74
Figure 41 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour la somme antimoine+chrome+cobalt+cuivre+étain+manganèse+nickel+vanadium+zinc ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)	75
Figure 42 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le plomb ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)	76
Figure 43 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les dioxines/furanes ($\text{fg}/\text{m}^2/\text{s}$).....	77
Figure 44 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).....	78
Figure 45 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).....	79
Figure 46 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le thallium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)	80

1. INTRODUCTION

Doniambo Energie a chargé ARIA Technologies SA de réaliser une étude de dispersion des polluants atmosphériques pour la future centrale thermique au charbon de l'usine de Doniambo situé à Nouméa (Nouvelle-Calédonie). Cette future centrale au charbon (appelée « Centrale C ») sera composée de deux tranches de 90 MW net chacune.

L'objectif de cette étude est d'évaluer quantitativement, en fonction des données du site (caractéristiques des émissions, conditions climatiques locales, topographie), les concentrations dans l'air de certaines espèces émises au niveau de la centrale C, lors de son fonctionnement en marche normale, et d'obtenir les éléments nécessaires à la réalisation de l'évaluation des risques sanitaires de cette nouvelle installation. Cette étude prendra en compte la verse à scories à sa hauteur finale.

Conformément à la délibération de la Province Sud de Nouvelle Calédonie relative aux installations de combustion d'une puissance thermique supérieure à 50 MW, les espèces étudiées sont :

- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- les oxydes d'azote (NO_x) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- les COV¹ ;
- les poussières (PM10 et PM2,5) ;
- les métaux lourds, dont :
 - le cadmium (Cd) ;
 - le mercure (Hg) ;
 - le plomb (Pb) ;
 - le thallium (Tl) ;
 - la somme arsenic, sélénium et tellure (As+Se+Te) ;
 - la somme antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, vanadium et zinc (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn) ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- l'acide chlorhydrique (HCl) ;
- l'acide fluorhydrique (HF) ;
- les dioxines et furanes (PCDD/F) ;
- l'ammoniac (NH₃).

Compte tenu des hypothèses adoptées (absence de relief accidenté autour du site, zone d'intérêt à une distance supérieure à 200 m et inférieure à 10 km), la mise en œuvre d'un modèle gaussien est appropriée dans un premier niveau d'approche. Par conséquent, le calcul des concentrations en polluant est effectué grâce à un outil de modélisation numérique de la dispersion atmosphérique, spécialement conçu pour ce type de problème. ARIA Impact, le logiciel utilisé, a été développé par ARIA Technologies SA. C'est un code gaussien bien adapté aux études de l'impact à long terme d'une ou de plusieurs installations industrielles. Il est conforme au modèle utilisé pour les Dossiers d'Utilité Publique des installations EDF (classiques et nucléaires) en France et à l'étranger. Il est en accord, par ailleurs, avec la recommandation de l'US-EPA² (Environmental Protection Agency).

¹ Composés organiques volatils à l'exception du méthane

² Guideline on air quality models – Appendix W40CFR Part 51

Le présent rapport a été établi sur la base des informations transmises à ARIA Technologies, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives de la réglementation en vigueur au moment de la réalisation du dossier.

La responsabilité d'ARIA Technologies ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été fournies sont incomplètes ou erronées.

2. CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

2.1 DOMAINE D'ETUDE

La future centrale thermique au charbon de la société SLN est située au sein de l'usine de Doniambo à Nouméa, au sud de la Nouvelle-Calédonie. Le domaine d'étude est présenté sur la Figure 1 (carré bleu). Il s'agit d'un carré de 10 km de côté, centré sur le site.

La taille du domaine d'étude a été choisie en fonction des paramètres des rejets (caractéristiques des cheminées), de la rose des vents générale et des zones d'intérêt. De plus, comme ARIA Impact utilise les mêmes données météorologiques sur tout le domaine d'étude, un domaine plus grand ne convient pas. A l'inverse, avec un domaine d'étude plus restreint, la dispersion ne pourrait être observée correctement. Ce choix d'un domaine de 10 km de côté, apparaît donc comme le plus pertinent. Notons également que ce domaine d'étude couvre l'ensemble des concentrations ambiantes et des dépôts jusqu'à au moins 10 % des valeurs maximales.

Le domaine d'étude est ensuite découpé en mailles. Le pas des mailles retenu pour la simulation de la dispersion est de 100 m. En effet, un maillage plus large ne permet pas une bonne prise en compte du relief, tandis qu'un maillage plus fin augmenterait trop les temps de calcul et entrerait dans les limites de validité des modèles gaussiens.

Figure 1 : carte du domaine d'étude (carré de 10 km × 10 km) (source : Google Earth)



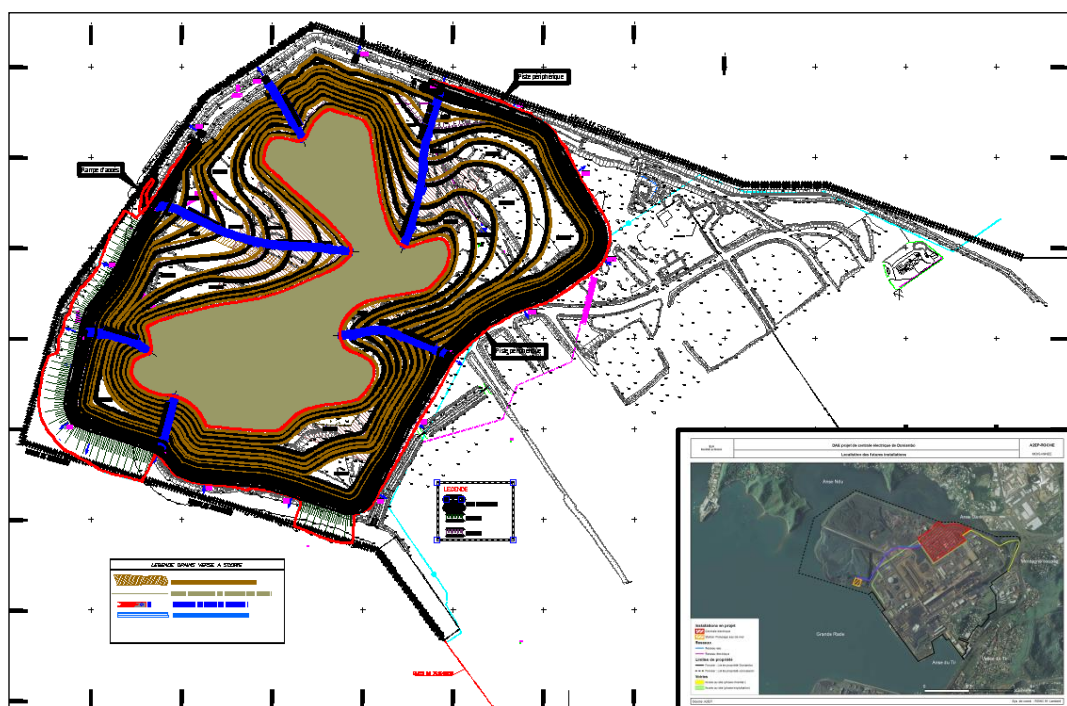
2.2 TOPOGRAPHIE

La topographie sur le domaine d'étude a été intégrée sous forme d'une matrice numérique de terrain (M.N.T.).

La hauteur de la verse à scories est amenée à évoluer durant l'exploitation de la centrale électrique. Pour prendre en compte les conditions les plus défavorables à l'étude de dispersion, nous avons considéré une verse dans son état final, qui doit atteindre en certains points une hauteur de l'ordre de 50 mètres. La verse à scories a été intégrée au relief en modifiant le fichier M.N.T. à partir d'un fichier dxf caractérisant les différentes hauteurs de la verse (cf. Figure 2). Ce fichier nous a été transmis par le Client.

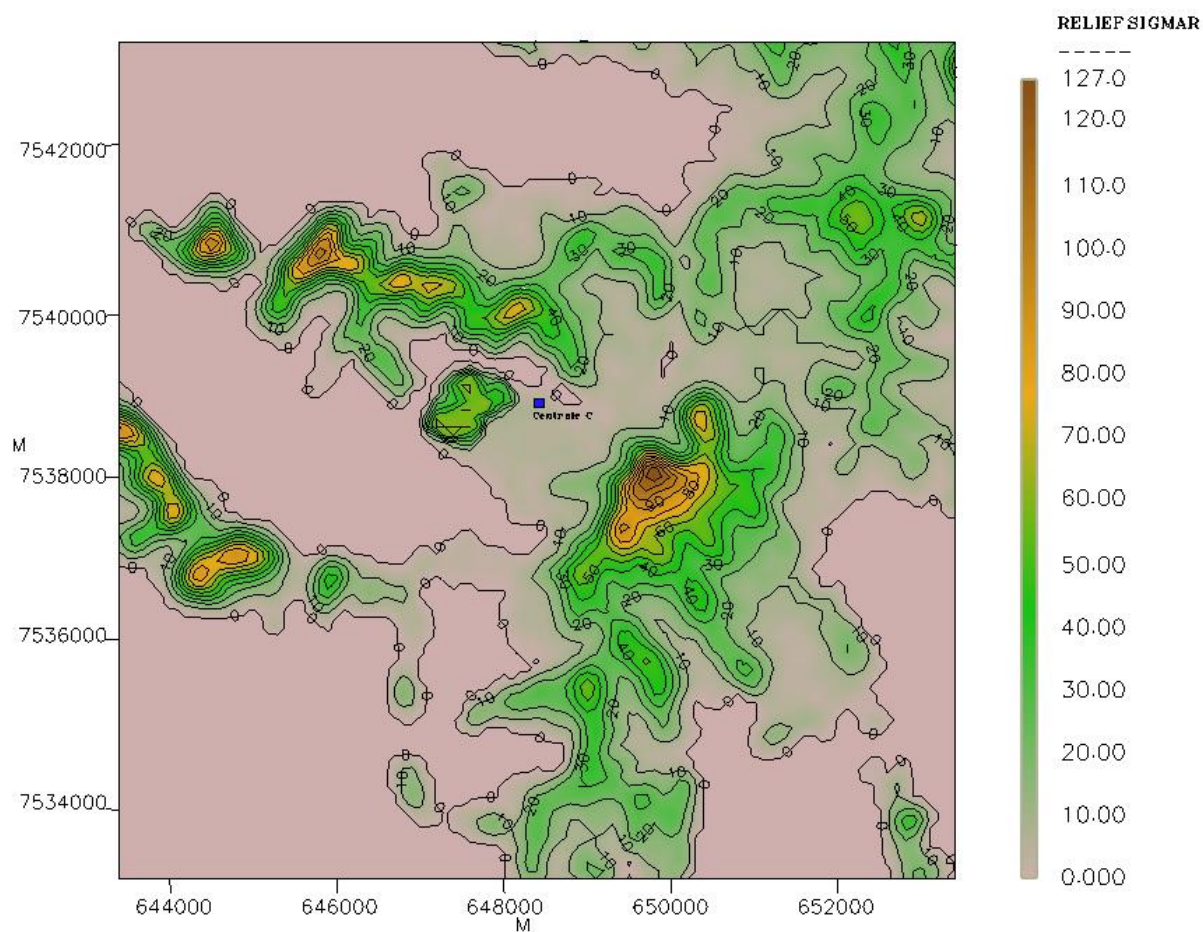
L'empreinte de la Centrale C est décrite par la surface hachurée rouge figurant sur l'image en bas à droite de la Figure 2.

Figure 2 : description de la verse à scories



La Figure 3 représente une vue 2D de la topographie du site (l'écart entre deux isolignes est de 10 m). L'échelle est en mètres. La verse à scories est bien visible à l'ouest de l'emplacement de la future Centrale C. Les zones de relief les plus marquées sont situées au sud-est du site (Montravel / Vallée du Tir).

Figure 3 : représentation du domaine d'étude (carré de 10 km par 10 km)



2.3 METEOROLOGIE

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont :

La direction du vent :

La direction du vent influence directement l'écoulement du panache. Elle est exprimée en degré, et indique la direction d'où vient le vent. Ainsi, un vent de 180° est un vent venant du sud.

La vitesse du vent :

La vitesse du vent influence également l'écoulement du panache. Elle intervient aussi dans le calcul de la surélévation du panache liée aux effets thermiques et dynamiques des fumées. Ainsi, plus le vent est fort, plus le panache sera rabattu vers le sol (surélévation faible).

La température extérieure :

Ce paramètre intervient notamment dans le calcul de la surélévation du panache en sortie de cheminée : plus la différence de température entre le rejet et l'air ambiant est importante, plus la surhauteur est élevée, plus l'impact au niveau du sol diminue.

La température intervient également dans le calcul de l'écoulement du vent, en particulier pour le contournement de la topographie plus importante par atmosphère stable (cas d'inversion thermique).

Les précipitations :

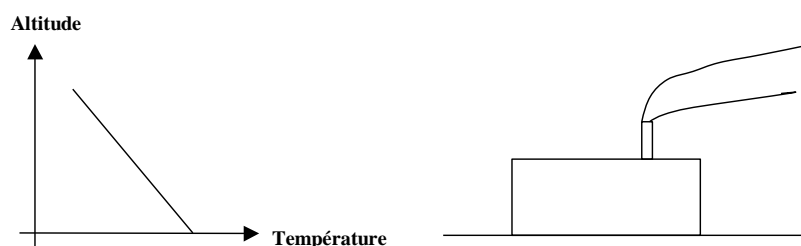
La pluviométrie intervient dans le calcul des dépôts humides liés au lessivage du panache par la pluie. En effet, les polluants peuvent se solubiliser dans les nuages. Les pluies ou les chutes de neige déposent les gaz dissous et les particules sur le sol et la végétation.

La stabilité atmosphérique :

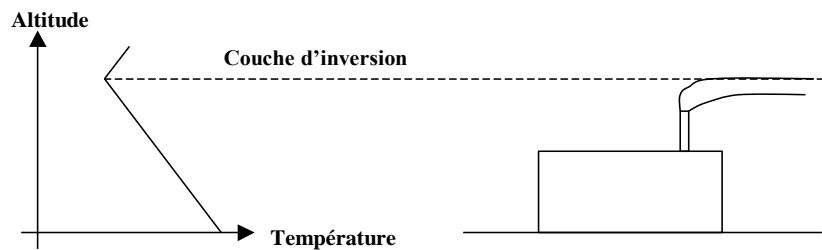
La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. La structure thermique verticale de la troposphère peut varier suivant les jours et les heures :

- en situation normale de diffusion, la température diminue avec l'altitude. La structure thermique de l'atmosphère ne freine pas la diffusion des polluants (Figure 4).

Figure 4 : situation normale de diffusion



- Parfois, à partir d'une certaine hauteur, la température peut augmenter avec l'altitude. Il y a alors **inversion thermique** : une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air plus chaud qui agit comme un couvercle thermique (Figure 5).

Figure 5 : phénomène d'inversion thermique

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques :

- suffisamment longues et complètes,
- représentatives de la climatologie du site.

2.3.1 Données météorologiques

Plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte pour le choix de la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude :

1. **sa position géographique** : la station retenue doit être la plus proche possible du site et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude.
2. **la cadence d'acquisition des données météorologiques** : Météo-France possède des stations où les relevés sont faits toutes les heures et d'autres tous les jours. Pour notre étude, nous avons besoin de données météorologiques suffisamment fines au niveau horaire ou tri-horaire pour avoir une bonne représentativité de la météorologie locale et pour prendre en compte les phénomènes météorologiques diurnes. Il est habituel d'utiliser des bases de données météorologiques comportant des données concernant le vent, la température et la nébulosité toutes les trois heures voire toutes les heures pendant plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées.

3. la pertinence des données météorologiques.

La Direction Générale de la Santé par l'intermédiaire de l'OPERSEI³ recommande d'utiliser un minimum de trois années de données météorologiques tri-horaires pour la modélisation afin de mettre en évidence le comportement climatique d'une région. C'est pourquoi les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (1 mesure toutes les heures) pour la température et la nébulosité et horaires pour la vitesse et la direction du vent ainsi que la pluviométrie.

Les données recueillies auprès de Météo-France à la station Nouméa correspondent aux mesures de vent (vitesse et direction), de température, de pluviométrie et aux observations de nébulosité. Le fichier de données a été fourni par la Doniambo Energie. Ce fichier comporte trois années de mesures : du 01/01/2011 au 31/12/2013.

³ Observatoire des Pratiques de l'Evaluation des Risques Sanitaires dans les Etudes d'Impact, Direction Générale de la Santé. http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm

2.3.2 Analyse météorologique

2.3.2.1 Définitions

Vent calme : les vents calmes sont des vents de vitesse nulle ou inférieure à 0,9 m/s, sans direction associée. Ils ne sont donc pas représentés sur la rose des vents.

Vent faible : les vents faibles sont des vents de vitesse inférieure à 2 m/s.

Classification des vents en fonction de leur vitesse :

Vitesse du vent	Rose des vents
$V < 0,9 \text{ m/s}$	$< 0,9 \text{ m/s}$
$0,9 \text{ m/s} \leq V < 1,5 \text{ m/s}$	1 m/s
$1,5 \text{ m/s} \leq V < 2,5 \text{ m/s}$	2 m/s
$2,5 \text{ m/s} \leq V < 6,5 \text{ m/s}$	3-6 m/s
$6,5 \text{ m/s} \leq V < 12,5 \text{ m/s}$	7-12 m/s
$V \geq 12,5 \text{ m/s}$	$\geq 13 \text{ m/s}$

2.3.2.2 Roses des vents

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classées par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences cumulées d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

La Figure 6 présente la rose des vents générale avec toutes les classes de vitesse confondues pour la station Météo-France Nouméa sur la période du 01/01/2011 au 31/12/2013, tandis que la Figure 7 présente la rose des vents générale par classe de vitesse.

Figure 6 : rose des vents générale – toutes classes de vitesse – station Nouméa

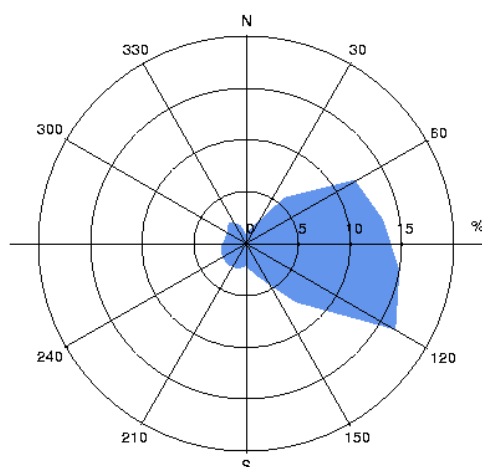


Figure 7 : rose des vents générale par classes de vitesses – station Nouméa

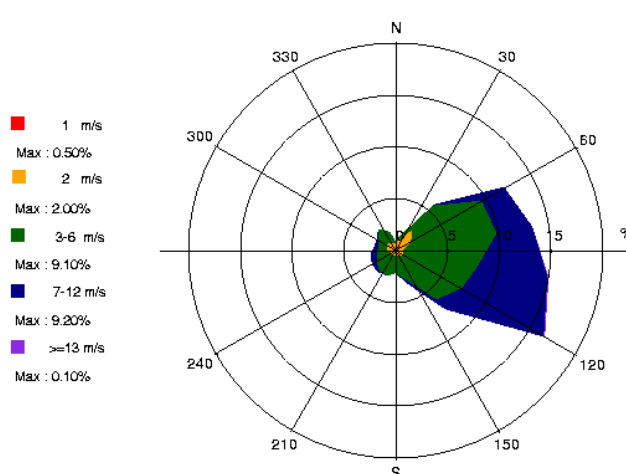


Tableau 1 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent sur la période 01/01/2011 au 31/12/2013

Classe de vitesse (m/s)	calmes	1	2	3-6	7-12	>=13
Borne de l'intervalle	[0 ; 0,9[[0,9 ; 1,5[[1,5 ; 2,5[[2,5 ; 6,5[[6,5 ; 12,5[[12,5 ; ∞[
Fréquence (%)	2,4	3,9	11,3	56,0	26,1	0,3

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2011 au 31/12/2013), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- les vents les plus fréquents sont les vents de vitesse comprise entre 3 m/s et 6 m/s soit respectivement 10,8 km/h et 21,6 km/h ;
- les roses des vents montrent une direction privilégiée : vents venant du secteur est (57,2 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 60° et 120°).
- sur l'ensemble des directions, les vents ont une vitesse moyenne de 4,9 m/s (17,6 km/h) ;
- les vents faibles (de vitesse inférieure ou égale à 2 m/s) sont moins fréquents. Ils représentent 17,6 % des observations dont 2,4 % de vents calmes (vents inférieurs à 1 m/s) qui sont les plus pénalisants pour la dispersion des polluants. Les vents faibles viennent majoritairement du secteur nord-est ;
- les vents forts (de vitesse supérieure à 7 m/s) sont assez fréquents puisqu'ils représentent 26,4 % des observations. Ils viennent majoritairement du secteur est.

2.3.2.3 Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

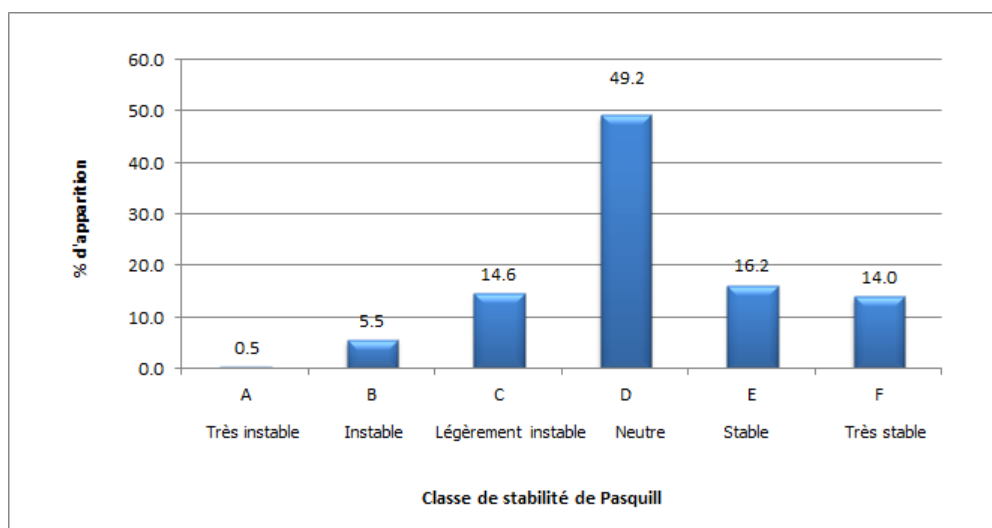
Elle est déterminée à partir du vent et de la nébulosité, paramètres mesurés ou observés, à la station Nouméa. Six catégories de stabilité de l'atmosphère sont distinguées :

- Classe A : Très instable
- Classe B : Instable
- Classe C : Légèrement instable
- Classe D : Neutre
- Classe E : Stable
- Classe F : Très stable

Lorsqu'il y a des données de nébulosité invalides, la stabilité de l'atmosphère est déterminée à partir de la méthode « vent-jour-nuit ». La stabilité de l'atmosphère est alors répartie entre les classes de Pasquill C, D et E.

Plus l'atmosphère sera stable (catégories E et F), plus les conditions de dispersion seront défavorables. Ces situations freinent le déplacement des masses d'air et se retrouvent principalement par vents faibles et la nuit.

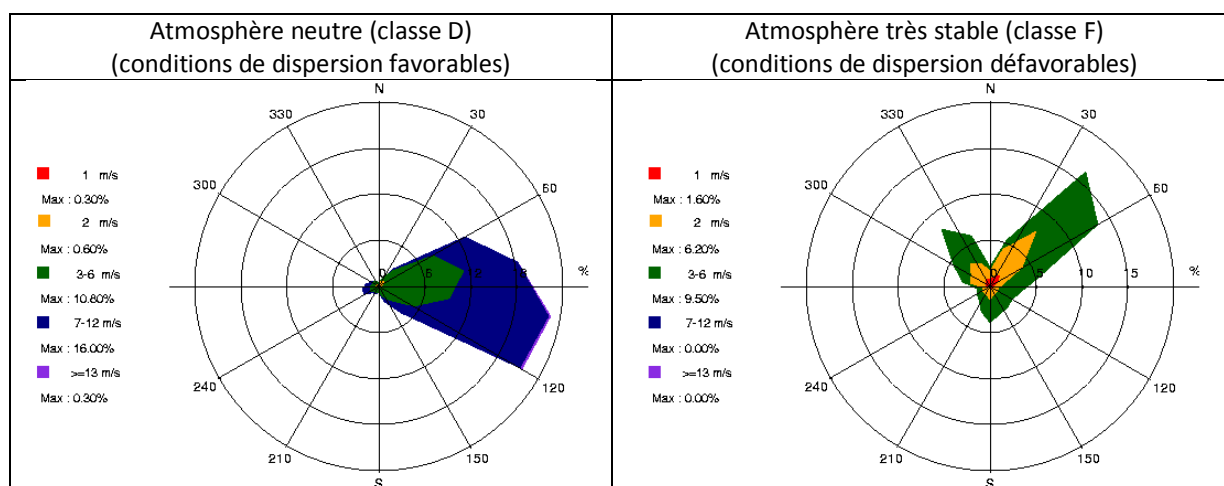
La Figure 8 présente la répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique.

Figure 8 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique

Les conditions de dispersion sont relativement favorables puisque 69,8 % des observations présentent une atmosphère instable ou neutre. Néanmoins 30,2 % des observations présentent une atmosphère stable (classes E et F) défavorable à la dispersion des polluants.

Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 3,6 m/s en situation stable (donc pénalisants pour la dispersion des émissions), tandis qu'en atmosphère neutre, la vitesse moyenne est de 6,2 m/s.

Les situations d'atmosphère neutre sont représentées par les vents du secteur est. Pour les situations d'atmosphère très stable, deux secteurs de vents se détachent, les vents de secteur nord-est et, dans une moindre mesure, les vents de secteur nord-ouest.

Figure 9 : roses des vents par classe de stabilité

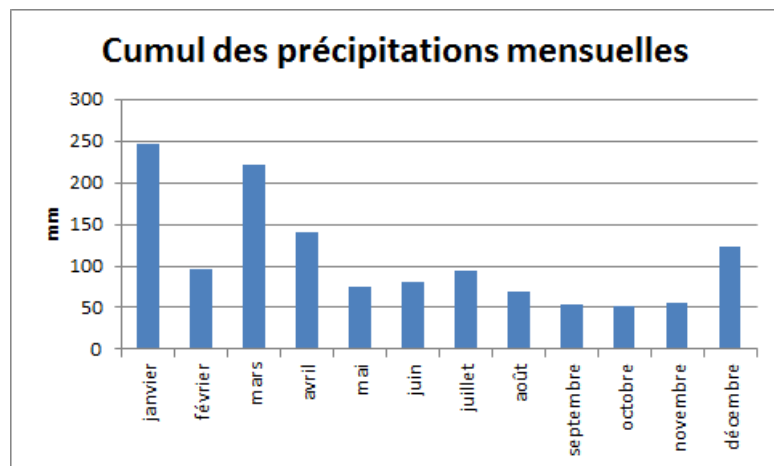
2.3.2.4 Pluviométrie

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenu compte des données de pluviométrie recueillies sur la station Météo-France Nouméa. Ce paramètre est essentiel pour le calcul des dépôts au niveau du sol pour les espèces particulières.

Tableau 2 : statistiques relatives à la pluviométrie

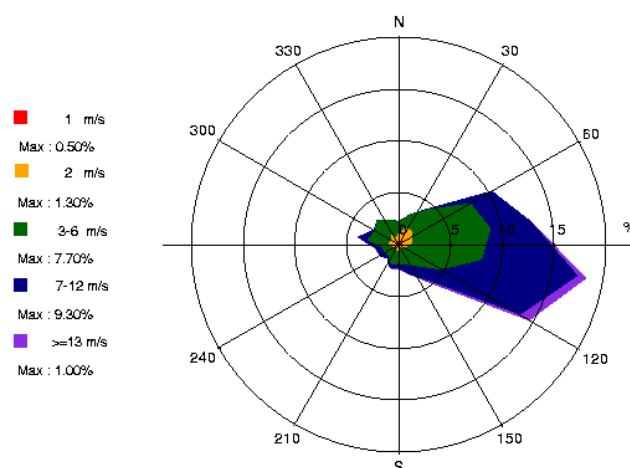
	CUMUL ANNUEL DES PRECIPITATIONS (mm)
2011	1663
2012	1130
2013	1126
Moyenne	1306

Figure 10 : variation de la pluviométrie sur l'année (période du 01/01/2011 au 31/12/2013)



Il pleut 9,3 % du temps (9,3 % des observations correspondent à des échéances pour lesquelles la pluviométrie n'est pas nulle). La pluviométrie moyenne sur les 3 ans étudiés est de 1306 mm de pluie annuelle. Notons par ailleurs que les vents dominants proviennent d'est pendant les échéances pluvieuses (cf. Figure 11).

Figure 11 : rose des vents calculée à partir des échéances de pluie



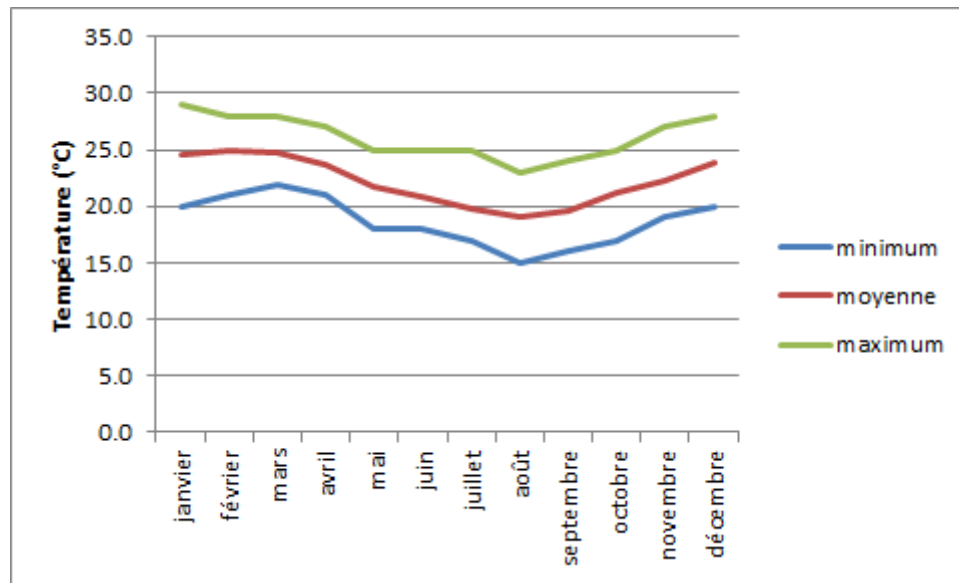
2.3.2.5 Températures

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 22,2°C pour les trois années d'observations.

Ce paramètre intervient notamment dans le calcul des surhauteurs des panaches en sortie de cheminée : plus la différence de température entre le rejet et l'air ambiant est importante, plus la surhauteur est élevée, plus l'impact au niveau du sol diminue.

La Figure 12 présente les variations de la température minimale, moyenne et maximale sur l'année.

*Figure 12 : variation de la température sur l'année
(période du 01/01/2011 au 31/12/2013)*



3. INVENTAIRE DES EMISSIONS

Les composés ou familles de composés émis par la future centrale thermique au charbon et retenus pour la modélisation de la dispersion des rejets atmosphérique sont dictés par les espèces réglementées au niveau des rejets dans l'air figurant dans la délibération de la Province Sud de Nouvelle Calédonie relative aux installations de combustion d'une puissance thermique supérieure à 50 MW.

Les espèces prises en compte pour cette étude sont :

- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- les oxydes d'azote (NO_x) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- les COV⁴ ;
- les poussières (PM₁₀ et PM_{2,5}) ;
- les métaux lourds, dont :
 - le cadmium (Cd) ;
 - le mercure (Hg) ;
 - le plomb (Pb) ;
 - le thallium (Tl) ;
 - la somme arsenic, sélénium et tellure (As+Se+Te) ;
 - la somme antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, vanadium et zinc (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn) ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- l'acide chlorhydrique (HCl) ;
- l'acide fluorhydrique (HF) ;
- les dioxines et furanes (PCDD/F) ;
- l'ammoniac (NH₃).

Seuls les rejets canalisés (cheminées) de la centrale C (tranche 1 et tranche 2) de l'usine de Doniambo de la SLN à Nouméa sont pris en compte dans cette étude.

Les informations relatives aux sources et au flux d'émissions ont été transmises par Doniambo Energie et sont récapitulées dans le Tableau 3.

⁴ Composés organiques volatils à l'exception du méthane

Tableau 3 : caractéristiques des cheminées

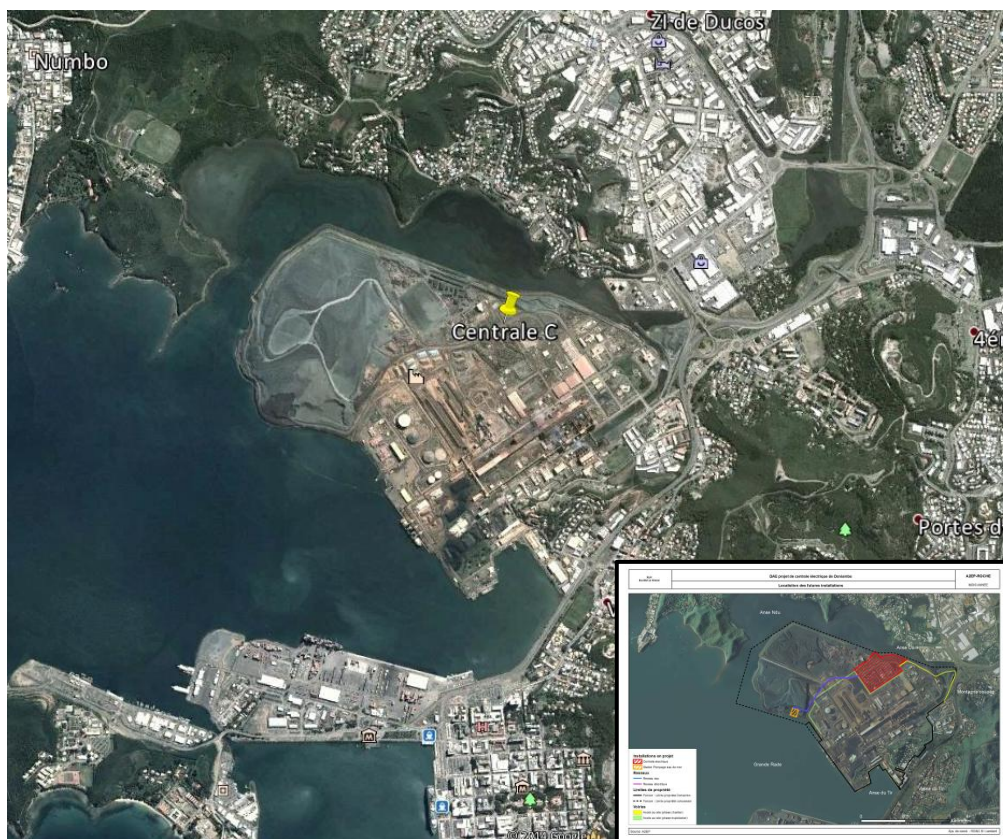
Source canalisée	Unités	Centrale C Tranche 1	Centrale C Tranche 2
Localisation du point de rejets en UTM 58	X en m	648427,63	648427,63
	Y en m	7538880,64	7538880,64
Hauteur par rapport au sol	m	63,00	63,00
Diamètre cheminée au niveau de l'éjection	m	3,24	3,24
Température des rejets	°C	67	67
Vitesse d'éjection (au débouché)	m/s	15	15
Débit sec des gaz	Nm ³ /h	292 000	292 000
Débit réel	m ³ /h	455 000	455 000
Période de fonctionnement	-	toute l'année sauf semaines 9, 10 et 11	toute l'année sauf semaines 18, 19 et 20

Tableau 4 : concentrations à l'émission

	Unités	délibération de la Province Sud de Nouvelle Calédonie (installations de combustion d'une puissance thermique > 50 MW)	
		Centrale C Tranche 1	Centrale C Tranche 2
SO ₂	mg/Nm ³	150	150
NO _x	mg/Nm ³	150	150
CO	mg/Nm ³	50	50
COV	mg/Nm ³	50	50
PM10	mg/Nm ³	10	10
PM2,5	mg/Nm ³	10	10
Cd	mg/Nm ³	0,05	0,05
Hg	mg/Nm ³	0,05	0,05
Pb	mg/Nm ³	1	1
Tl	mg/Nm ³	0,05	0,05
As+Se+Te	mg/Nm ³	1	1
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	mg/Nm ³	5	5
HAP	mg/Nm ³	0,01	0,01
HCl	mg/Nm ³	10	10
HF	mg/Nm ³	5	5
PCDD	ng-ITEQ/m ³	0,1	0,1
NH ₃	mg/Nm ³	5	5

La Figure 13 montre l'emplacement prévisionnel des sources de rejet. L'empreinte de la Centrale C est décrite par la surface hachurée rouge figurant sur l'image en bas à droite de la Figure 13.

Figure 13 : localisation des sources (fond de carte : Google Earth)



4. POINTS RECEPTEURS

Les points particuliers pris en compte correspondent aux stations de mesures de la qualité de l'air du réseau Scal-Air :

- Logicoop ;
- Montravel ;
- Ecole Griscelli ;
- Ecole Les Lys (Anse Vata) ;
- Faubourg Blanchot ;
- Ecole Desbrosse.

La Figure 20 localise ces points récepteurs, elle est issue du rapport « la qualité de l'air à Nouméa, bilan 2011.

Figure 20 : localisation des points récepteurs (source : Scal-Air)



5. DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR ET DES DEPOTS AU SOL

5.1 PRESENTATION DU LOGICIEL DE DISPERSION

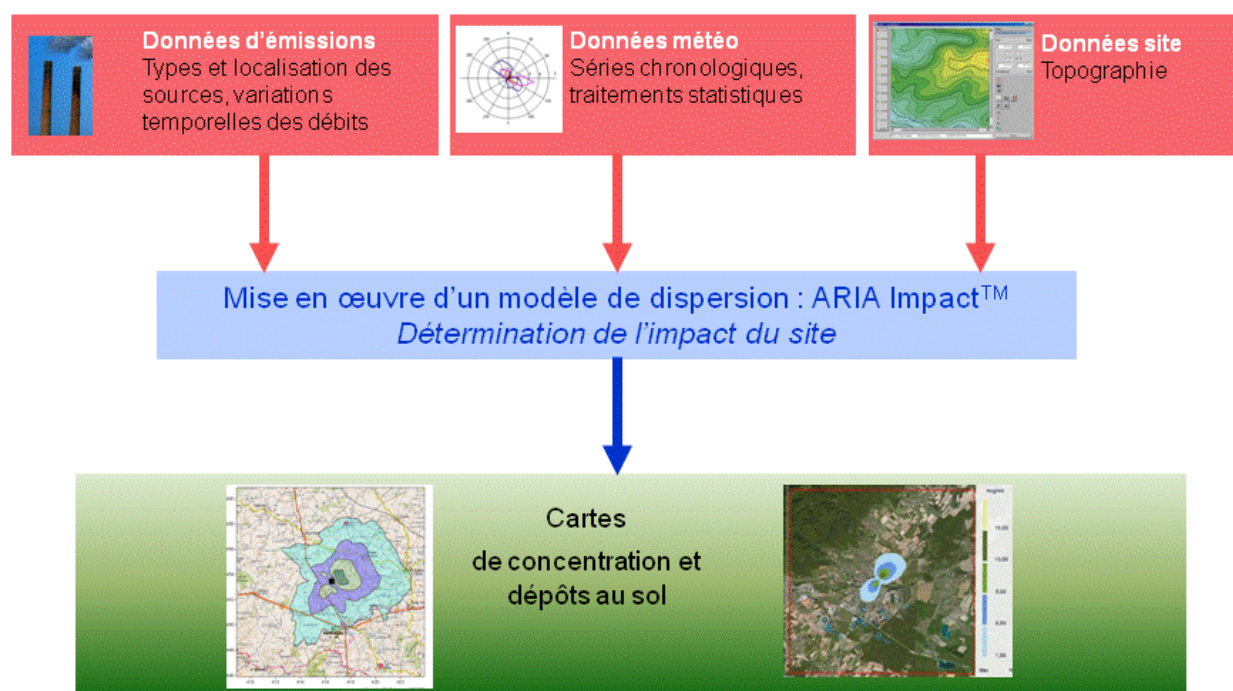
Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel **ARIA Impact**, version 1.8. ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE).

Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations de polluants secondaires tels que l'ozone. Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Une description détaillée du modèle est présentée en Annexe 1.

La Figure 14 présente la méthodologie mise en œuvre pour déterminer les concentrations et les dépôts au sol.

Figure 14 : méthodologie mise en œuvre



5.2 PARAMETRAGES DU MODELE DE DISPERSION

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- une rugosité correspondant à une zone urbaine ;
- un modèle de dispersion basé sur les écarts-types de Briggs ;
- une prise en compte des vents calmes ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées préconisée par Concawe ;
- le rabattement du panache lié au bâti de la cheminée : effet « downwash » ;
- des profils verticaux de vent et de température calculés à partir des mesures de vent à 10 mètres et de la stabilité atmosphérique ;
- un calcul des dépôts au sol liés à la chute gravitaire des particules (dépôts secs) et au lessivage du panache par la pluie (dépôts humides) ;
- une maille de calcul de 100 mètres ;
- les émissions présentées dans la partie 3.

5.2.1 Prise en compte de la topographie

La topographie a été prise en compte dans les calculs de manière simplifiée. En effet, sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact permet de prendre en compte l'influence du relief de façon simplifiée. En supposant que l'axe du panache se trouve à une hauteur h par rapport au sol, la prise en compte du relief est basée sur des modélisations qui suivent les principes suivants :

- si l'axe du panache passe au dessus d'un relief de hauteur $ht < h$:
 - en atmosphère neutre ou instable : la hauteur de l'axe du panache est $h + ht/2$
 - en atmosphère stable : la hauteur de l'axe du panache ne varie pas
- si l'axe du panache passe au-dessous d'un relief de hauteur $ht > h$:
 - en atmosphère neutre ou instable : la hauteur de l'axe du panache est $ht + h/2$
 - en atmosphère stable : la hauteur de l'axe du panache est fixée à une valeur limite égale à dix mètres.

Il faut noter que cette formulation est pénalisante en cas de vent stable.

5.2.2 La formule des écarts-types (modèle de dispersion)

La dispersion du polluant autour de sa trajectoire nécessite la connaissance des écarts-types. Les écarts-types sont les paramètres qui pilotent la diffusion du panache.

Pour les sites urbanisés où le mélange vertical est très fort la formule de Briggs est retenue.

5.2.3 Vents calmes

La prise en compte des vents calmes dans les calculs de dispersion implique l'utilisation d'un modèle plus performant (modèle 3D à bouffées gaussiennes). Les vents calmes (2,4 % des observations) ont bien été pris en compte dans les calculs.

5.2.4 Surhauteur du panache

Le point de départ des trajectoires est le sommet de la cheminée. Lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surhauteur du panache. En effet, les fumées vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. ARIA Impact permet de prendre en compte la surhauteur d'origine thermique et d'origine dynamique (la simulation des rabattements du panache par vent fort est simulée).

Pour le calcul de la surhauteur, ARIA Impact contient les formules données par Briggs, Anfossi, Holland... Pour cette étude, notre choix s'est porté sur la formule de Concawe.

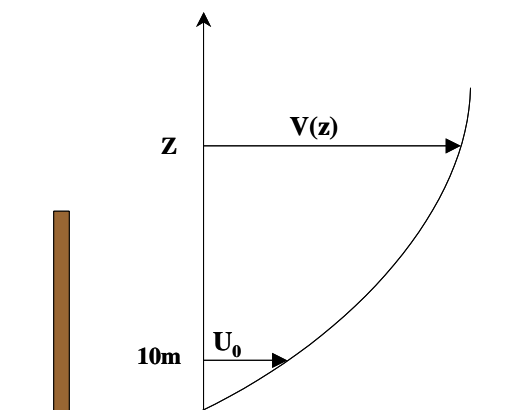
5.2.5 Reconstitution des profils verticaux

La surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies par la rose des vents. Cependant, ces données correspondent à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol.

Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de la cheminée : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures au sol et de la turbulence atmosphérique, afin de connaître la vitesse du vent au niveau du débouché de la cheminée.

Figure 15 : profil vertical de vent



5.2.6 Calcul des dépôts au sol

Concernant les calculs de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts secs et humides sur le sol conduisant à un appauvrissement du panache.

Dans le cas des dépôts secs, les particules et les gaz se déposent sur les surfaces, par absorption chimique, et par d'autres processus biologiques, chimiques et physiques. Il est nécessaire de connaître les vitesses de dépôt des différents polluants étudiés.

Les dépôts humides correspondent aux dépôts de polluant au sol entraînés par la pluie. Les calculs de dispersion qui intègrent le lessivage par la pluie prennent en compte ce qu'on appelle un coefficient

de lessivage exprimé en s^{-1} , correspondant à la proportion du polluant qui est entraîné par la pluie pendant 1 seconde.

Le Tableau 5 résume les caractéristiques des espèces étudiées pour le calcul des dépôts.

Tableau 5 : paramètres de calcul pour chacune des espèces étudiées

	Phase du polluant	Diamètre de particule (μm)	Vitesse de dépôt (m/s)	Masse volumique (kg/m^3)	Coefficient de lessivage (s^{-1})
SO ₂	Gazeux	-	6.10^{-3}	1	1.10^{-5}
NO _x	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}
CO	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}
COV	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}
PM10	Particulaire	10	$1.3.10^{-2}$	3000	4.10^{-4}
PM2,5	Particulaire	2,5	6.10^{-3}	3000	8.10^{-5}
Cadmium	Particulaire	2	$4.5.10^{-3}$	8700	7.10^{-5}
Mercuré	Particulaire	2	5.10^{-4}	13600	$3.5.10^{-5}$
Plomb	Particulaire	2	3.10^{-3}	11340	$3.3.10^{-5}$
Thallium	Particulaire	2	$4.1.10^{-3}$	11710	5.10^{-5}
As+Se+Te	Particulaire	2	$4.1.10^{-3}$	5000	5.10^{-5}
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	Particulaire	2	$4.1.10^{-3}$	5000	5.10^{-5}
HAP	Particulaire	1,3	5.10^{-4}	1	1.10^{-5}
HCl	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}
HF	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}
Dioxines et Furanes	Particulaire	1,3	5.10^{-4}	1	1.10^{-5}
NH ₃	Gazeux	-	-	1	1.10^{-5}

Ces données bibliographiques sont issues des sources suivantes :

- Underwood, AEA Technology, Harwell, 2001 : Review of Deposition Velocity and washout coefficient.
- « Empirical atmospheric deposition parameters – a survey », T.A. McMahon, P. J. Denison, Atmospheric Environment Vol 13 (1979), 571-585.
- WGE RIVM report n° 259101011/2002 : Preliminary modelling and mapping of critical loads for cadmium and lead in Europe JP Hettelingh, J. Smit, M. Posch (eds.), S. Dutchak, I Ilyin.
- “Atmospheric particle size distributions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their implications for wet and dry deposition”, Heike Kaupp, Mickael S. McLachlan, Atmospheric Environment Vol 33 (1999), 85-95

5.2.7 Prise en compte des sources d'émissions

Chaque tranche de la centrale C a été caractérisée par sa hauteur, sa température d'éjection, sa vitesse d'éjection, ses coordonnées ainsi que les flux en polluants (cf. Tableau 3 et Tableau 4). Au total, deux sources canalisées ont été prises en compte et modélisées de manière indépendante.

5.3 GRANDEURS CALCULEES ET PRESENTATION DES RESULTATS

Les grandeurs calculées dans cette étude sont les suivantes :

- concentration moyenne annuelle ;
- dépôts totaux au sol (secs et humides) pour les polluants particuliers ;
- centile 100 pour le CO ;
- centile 100 pour le SO₂, les NO_x, les PM₁₀ et les PM_{2,5} (grandeurs utilisées lors de l'ERS).

Les résultats de l'étude sont donnés sous forme de **cartes** et de **tableaux**. Ces résultats ne concernent que la contribution des rejets étudiés (toutes sources confondues).

L'unité retenue pour exprimer les concentrations de polluant dans l'air et les dépôts au sol sur les cartes présentées dans ce rapport est :

- pour les concentrations : le µg/m³, le ng/m³ pour les métaux et les HAP ou le fg/m³ ⁽⁵⁾ pour les dioxines/furanes,
- pour les dépôts au sol : le µg/m²/s ou le ng/m²/s pour les métaux et les HAP.

Remarque :

Le centile « k » représente la valeur de la concentration qui est dépassée 100 – k % du temps. Il est calculé suivant l'algorithme suivant :

si l'on dispose d'une série de N concentrations mesurées ou calculées en un point précis de l'espace (série de valeurs : X₁, ..., X_N), toutes les valeurs seront portées dans une liste par ordre croissant pour chaque point de l'espace tel que :

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_i \leq X_{i+1} \leq \dots \leq X_N$$

le centile « k » de cette série est la valeur de l'élément de rang a pour lequel a est calculé au moyen de la formule suivante :

$$a = k \times N$$

Par exemple, k = 0,999 pour le centile 99,9, N étant le nombre d'échantillons de la série de valeur.

la valeur de (k × N) est arrondie au nombre entier le plus proche.

Pour le monoxyde de carbone, les concentrations ont été calculées dans le but de comparer les résultats de la modélisation à la réglementation qualité de l'air française, i.e. la concentration maximale sur 8 heures. Le centile calculé est par conséquent le centile 100 sur une base de calcul de 8 heures.

Pour le calcul des moyennes annuelles, la réglementation française ne fixe aucune base de calcul.

⁵ 1 µg (microgramme) = 10⁻⁶ g ; 1 ng (nanogramme) = 10⁻⁹ g ; 1 fg (femtogramme) = 10⁻¹⁵ g.

Tableau 6 : liste des grandeurs calculées dans l'étude

	Concentration annuelle	Dépôts totaux	Centile	Base de calcul
SO ₂	✓		100	journalière
NO _x	✓		100	horaire
CO	✓		100	8 heures
COV	✓			journalière
PM10	✓	✓	100	journalière
PM2,5	✓	✓	100	journalière
Cd	✓	✓		journalière
Hg	✓	✓		journalière
Pb	✓	✓		journalière
Tl	✓	✓		journalière
As+Se+Te	✓	✓		journalière
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	✓	✓		journalière
HAP	✓	✓		journalière
HCl	✓			journalière
HF	✓			journalière
PCDD/F	✓	✓		journalière
NH ₃	✓			journalière

5.4 REGLEMENTATION

En Nouvelle-Calédonie, il n'existe pas de réglementation locale sur la qualité de l'air ambiant. Dans l'attente d'une réglementation locale, depuis 2007, le dispositif de surveillance Scal-Air a choisi volontairement de se baser sur les réglementations européenne et métropolitaine, bien qu'elles ne soient pas directement applicables en Nouvelle-Calédonie. Ce sont ces critères de qualité de l'air qui seront pris comme référence dans le présent rapport.

Au niveau de la réglementation française, les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3). Ils résultent principalement :

- du décret, n°2002-213, du **15 février 2002** relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites ;
- du décret, n°2003-1085, du **12 novembre 2003** portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites ;
- du décret, n°2007-1479, du **12 octobre 2007** relatif à la qualité de l'air et modifiant le code de l'environnement (partie réglementaire). Ce décret rend notamment obligatoire la mesure des métaux lourds et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), conformément à la Directive "métaux lourds/HAP "(2004/107/CE), et transpose les objectif de la qualité de la directive "ozone" (2002/3/CE) ;
- de la circulaire du **12 octobre 2007** relatif à l'information du public sur les particules en suspension dans l'air ambiant ;
- du décret, n°2008-1152, du **7 novembre 2008** relatif à la qualité de l'air. Ce décret mentionne les valeurs cibles relatives à l'ozone, aux métaux (As, Cd, Ni), et au benzo(a)pyrène ;
- du décret n°2010-1250 du **21 octobre 2010** qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008. Les critères nationaux de qualité de l'air résultent principalement.

Les principales valeurs mentionnées dans ces textes sont synthétisées dans les tableaux ci-dessous.

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte
NO₂	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ En moyenne horaire : 200 µg/m ³ <i>valeur à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (Centile 99,8)</i>	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³	En moyenne horaire : 200 µg/m ³	En moyenne horaire : 400 µg/m ³ dépassé sur 3 heures consécutives 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.
	En moyenne annuelle (pour les écosystèmes) : 20 µg/m ³ En moyenne hivernale (pour les écosystèmes) : 20 µg/m ³			
SO₂	En moyenne journalière : 125 µg/m ³ <i>valeur à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (Centile 99,2)</i> En moyenne horaire : 350 µg/m ³ <i>valeur à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (Centile 99,7)</i>	En moyenne annuelle : 50 µg/m ³	En moyenne horaire : 300 µg/m ³	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m ³
PM10	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ En moyenne journalière : 50 µg/m ³ <i>valeur à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (Centile 90,4)</i>	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³	En moyenne sur 24 heures : 80 µg/m ³	En moyenne sur 24 heures : 125 µg/m ³
PM2,5	En moyenne annuelle : <u>Phase 1</u> : 26 µg/m ³ en 2014 décroissant linéairement chaque année pour atteindre 25 µg/m ³ en 2015 <u>Phase 2</u> : 20 µg/m ³ en 2020*	En moyenne annuelle : 10 µg/m ³		
Plomb	En moyenne annuelle : 0,5 µg/m ³	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³		

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte
Benzène	En moyenne annuelle : 5 µg/m ³	En moyenne annuelle : 2 µg/m ³		
CO	En moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m ³			

* Il s'agit d'une valeur limite indicative qui sera révisée par la commission européenne en 2013 à la lumière des informations complémentaires sur l'impact sanitaire et environnemental, la faisabilité technique et l'expérience acquise en matière de valeur cible dans les États membres.

	Valeurs cibles*
Arsenic	6 ng/m ³
Cadmium	5 ng/m ³
Nickel	20 ng/m ³
Benzo(a)pyrène (utilisé comme traceur du risque cancérogène lié aux Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)	1 ng/m ³

* moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10

5.5 RESULTATS DES SIMULATIONS

5.5.1 Concentrations en moyenne annuelle

Le Tableau 8 présente les valeurs calculées en moyenne annuelle :

- au point géographique le plus exposé du domaine d'étude (ce point est situé sur le site) ;
- au niveau de la zone habitée la plus exposée en dehors du site, déterminé à partir des cartographies (**quartier Ducos, cf. Figure 16 ci-dessous**) ;
- **et au niveau des points cibles** (réseau Scal-Air) présentés au paragraphe 4.

Les résultats de concentrations fourniront les éléments nécessaires pour évaluer les risques sanitaires par inhalation et par ingestion.

Le Tableau 7 présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement (titre II Livre II) relatif aux objectifs de qualité de l'air et aux valeurs limites.

Quelques définitions :

- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur cible** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné ;
- **Valeur limite** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Tableau 7 : valeurs réglementaires françaises de la qualité de l'air (durée d'exposition annuelle)

Substance	Unité	Réglementation française Qualité de l'Air Code de l'environnement, Livre II, Titre II : Air et Atmosphère	
		Objectif de qualité ou valeur cible ^{\$}	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
Dioxyde de soufre	µg/m ³	50 ou 20*	50
Dioxyde d'azote	µg/m ³	40	40
Monoxyde de carbone	µg/m ³	-	-
Acide chlorhydrique	µg/m ³	-	-
Acide fluorhydrique	µg/m ³	-	-
Ammoniac	µg/m ³	-	-
Poussières	µg/m ³	PM10 : 30 PM2,5 : 10	PM10 : 40 PM2,5 : 26 pour l'année 2014, décroissant linéairement chaque année pour atteindre 25 en 2015
Dioxines et Furanes	fg/m ³	-	-
COV :			
Benzène	µg/m ³	2	5
Métaux :			
Cadmium	ng/m ³	5 ^{\$}	-
Mercur	ng/m ³	-	-
Plomb	ng/m ³	250	500
Thallium	ng/m ³	-	-
Arsenic	ng/m ³	6 ^{\$}	-
Nickel	ng/m ³	20 ^{\$}	-
Manganèse	ng/m ³	-	-
HAP :			
Benzo(a)pyrène	ng/m ³	1 ^{\$}	-

* pour les écosystèmes

\$ moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10

Tableau 8 : concentrations en moyenne annuelle

Composés ou Famille de composés	Unités	Concentration max. sur le domaine d'étude	Concentration sur la zone habitée la plus exposée en dehors du site	Concentrations au niveau des points cibles						Valeurs seuil
				LOGICOOP	ECOLE DESBROSSES	MONTRAVEL	ECOLE GRISCELLI	FAUBOURG BLANCHOT	ECOLE LES LYS	
SO ₂	µg/m ³	4,0	0,6	0,2	0,09	0,1	0,2	0,04	0,01	50
NO _x	µg/m ³	4,0	0,6	0,2	0,09	0,1	0,2	0,05	0,01	40 (NO ₂)
CO	µg/m ³	1,3	0,2	0,05	0,0	0,04	0,05	0,02	0,004	-
COV	µg/m ³	1,3	0,2	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02	0,004	2 (benzène)
PM ₁₀	µg/m ³	0,3	0,04	0,0	0,006	0,007	0,01	0,003	0,0008	20
PM _{2,5}	µg/m ³	0,3	0,04	0,0	0,006	0,007	0,01	0,003	0,0008	10
Cd	ng/m ³	1,3	0,2	0,05	0,03	0,04	0,05	0,01	0,004	5
Hg	ng/m ³	1,3	0,2	0,05	0,03	0,04	0,05	0,02	0,004	-
Pb	ng/m ³	26,5	3,8	1,1	0,6	0,7	1,1	0,3	0,09	250
Tl	ng/m ³	1,3	0,2	0,05	0,03	0,04	0,05	0,01	0,004	-
As+Se+Te	ng/m ³	26,4	3,8	1,1	0,6	0,7	1,1	0,3	0,08	-
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	ng/m ³	132	19,2	5,3	3,0	3,6	5,3	1,5	0,4	-
HAP	ng/m ³	0,3	0,04	0,0	0,006	0,007	0,01	0,003	0,0009	1 (B(a)P)
HCl	µg/m ³	0,3	0,04	0,0	0,006	0,007	0,01	0,003	0,0009	-
HF	µg/m ³	0,1	0,02	0,005	0,003	0,004	0,005	0,002	0,0004	-
NH ₃	µg/m ³	0,1	0,02	0,005	0,003	0,004	0,005	0,002	0,0004	-
PCDD	fg/m ³	2,6	0,4	0,1	0,06	0,07	0,1	0,03	0,009	-

Les concentrations en moyenne annuelle calculées par modélisation **sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises en tout point du domaine d'étude** et en particulier en dehors des limites du site et au niveau des points cibles correspondant au capteur de mesure du réseau Scal-Air. Elles représentent au maximum au point géographique le plus exposé :

- 19,8 % de l'objectif de qualité pour le SO₂ pour les écosystèmes ;
- 9,9 % de l'objectif de qualité en assimilant les oxydes d'azote au NO₂ ;
- 66,1 % de l'objectif de qualité en assimilant les COV au benzène ;
- 1,3 % et 2,7 % de l'objectif de qualité respectivement pour les poussières PM10 et PM2,5 ;
- 26,4 % de la valeur cible pour le cadmium ;
- 10,6 % de l'objectif de qualité pour le plomb ;
- 26,4 % de la valeur cible HAP en assimilant les HAP au benzo(a)pyrène.

Au niveau du point le plus exposé (quartier Logicoop localisée au nord du site, cf. Figure 16 et Figure 17), en dehors du site et situé sur une zone habitée, les concentrations calculées représentent au maximum 3,8 % de la valeur réglementaire pour le cadmium, 2,9 % de la valeur réglementaire en SO₂, 1,4 % de la valeur réglementaire du NO₂ pour les NOx et moins de 1 % des valeurs réglementaires en PM10, PM2,5, mercure et plomb.

Parmi les points cibles retenus, les capteurs du réseau Scal-Air Logicoop et Griscelli sont les plus exposés. Les concentrations calculées en ce point sont trois fois plus faibles qu'au point le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site (point max hors site).

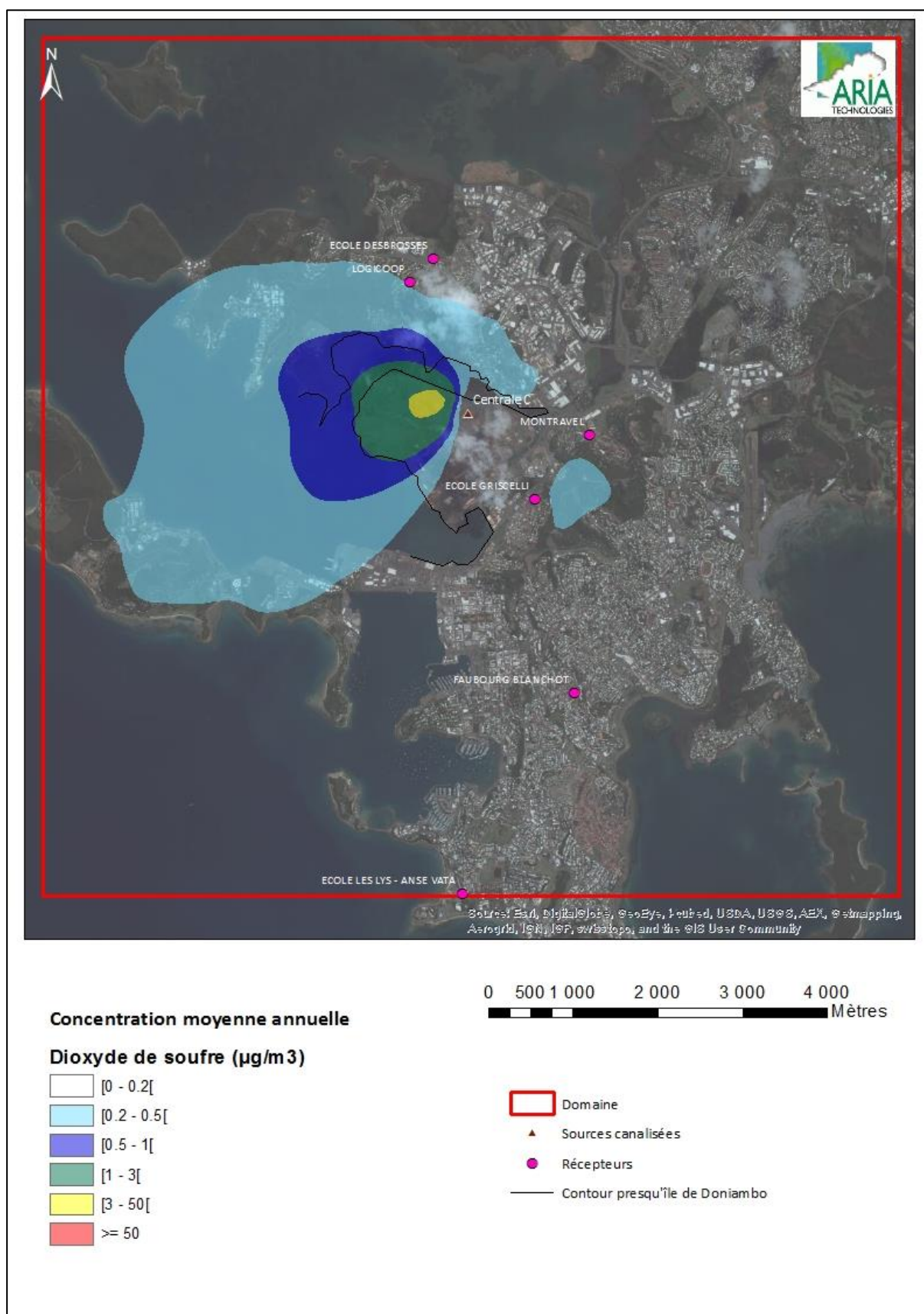
Figure 16 : localisation de la zone habitée la plus exposée



La Figure 17 présente les courbes d'iso-concentrations pour le dioxyde de soufre (SO_2) sur fond de carte Google Earth. Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs (par exemple, les zones en "bleu clair" sur la Figure 17 correspondent à des concentrations en SO_2 comprises entre $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Afin de ne pas alourdir le rapport, les cartes de concentrations pour les autres polluants sont présentées en Annexe 2.

La trace au sol des concentrations en moyenne annuelle reflète bien les caractéristiques de la rose des vents générale. Les concentrations les plus importantes sont observées sur le site de Doniambo, à l'ouest du futur emplacement de la centrale C, au niveau de la verse à scories.

Figure 17 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



5.5.2 Dépôts au sol

Les résultats de dépôts au sol vont permettre de fournir les éléments nécessaires pour évaluer les risques par ingestion.

Le Tableau 9 présente les dépôts totaux (secs + humides) observés au point géographique le plus pénalisant en dehors du site pour chacun des polluants particuliers. Le Tableau 10 présente les dépôts calculés au niveau des points récepteurs.

Tableau 9 : maxima des dépôts totaux observés sur une zone habitée en dehors du site

	Dépôts sur la zone habitée la plus exposée en dehors du site		
	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$	$\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$	$\text{kg}/\text{ha}/\text{an}$
PM10	1.0E-03	0,09	3.2E-01
PM2,5	3.9E-04	3.4E-02	1.2E-01
Cd	1.6E-06	1.4E-04	5.0E-04
Hg	4.7E-07	4.1E-05	1.5E-04
Pb	1.9E-05	1.6E-03	5.9E-03
Tl	1.3E-06	1.1E-04	4.1E-04
As+Se+Te	2.6E-05	2.3E-03	8.3E-03
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	1.3E-04	1.1E-02	4.1E-02
HAP	4.2E-08	3.6E-06	1.3E-05
PCDD/F	4.2E-13	3.6E-11	1.3E-10

Il n'existe pas de valeurs limites fixées par une réglementation européenne ou française concernant les dépôts de particules sédimentables.

Néanmoins quelques pays ont fixé des recommandations pour les poussières sédimentables pour l'environnement :

- la Suisse : $200 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour} = 730 \text{ kg}/\text{ha}/\text{an}$
- l'Allemagne (TA LUFT) : limite dans l'air ambiant pour éviter une pollution importante = $350 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$

La valeur obtenue au point géographique le plus pénalisant, en dehors du site, égale à environ $0,09 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ est inférieure à ces valeurs limites admissibles.

On peut également mentionner la valeur seuil proposée pour différencier une zone dite faiblement polluée d'une zone fortement polluée par la norme française NF X 43007 concernant les mesures de "retombées" par la méthode des plaquettes de "dépôts". Une zone dite faiblement polluée est une zone sur laquelle il se dépose moins de $1000 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ soit $3650 \text{ kg}/\text{ha}/\text{an}$. Cette valeur est élevée comparée aux valeurs obtenues par les simulations.

Pour les dioxines et furanes, des valeurs typiques peuvent servir de référence telles que celles proposées par l'INERIS⁶ (NOMINE, 1999) :

- zone rurale : 5 à $20 \text{ pg I-TEQ}/\text{m}^2/\text{jour}$
- zone urbaine : 10 à $85 \text{ pg I-TEQ}/\text{m}^2/\text{jour}$
- proche d'une source : jusqu'à $1000 \text{ pg I-TEQ}/\text{m}^2/\text{jour}$

⁶ "Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM", INERIS – Direction des Risques Chroniques, 2001, p.7

Ainsi la valeur des dépôts calculés pour les dioxines au point le plus pénalisant, à savoir $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ pg/m}^2/\text{s}$, soit $0,96 \text{ pg/m}^2/\text{jour}$, est plus faible que la valeur basse de la zone rurale.

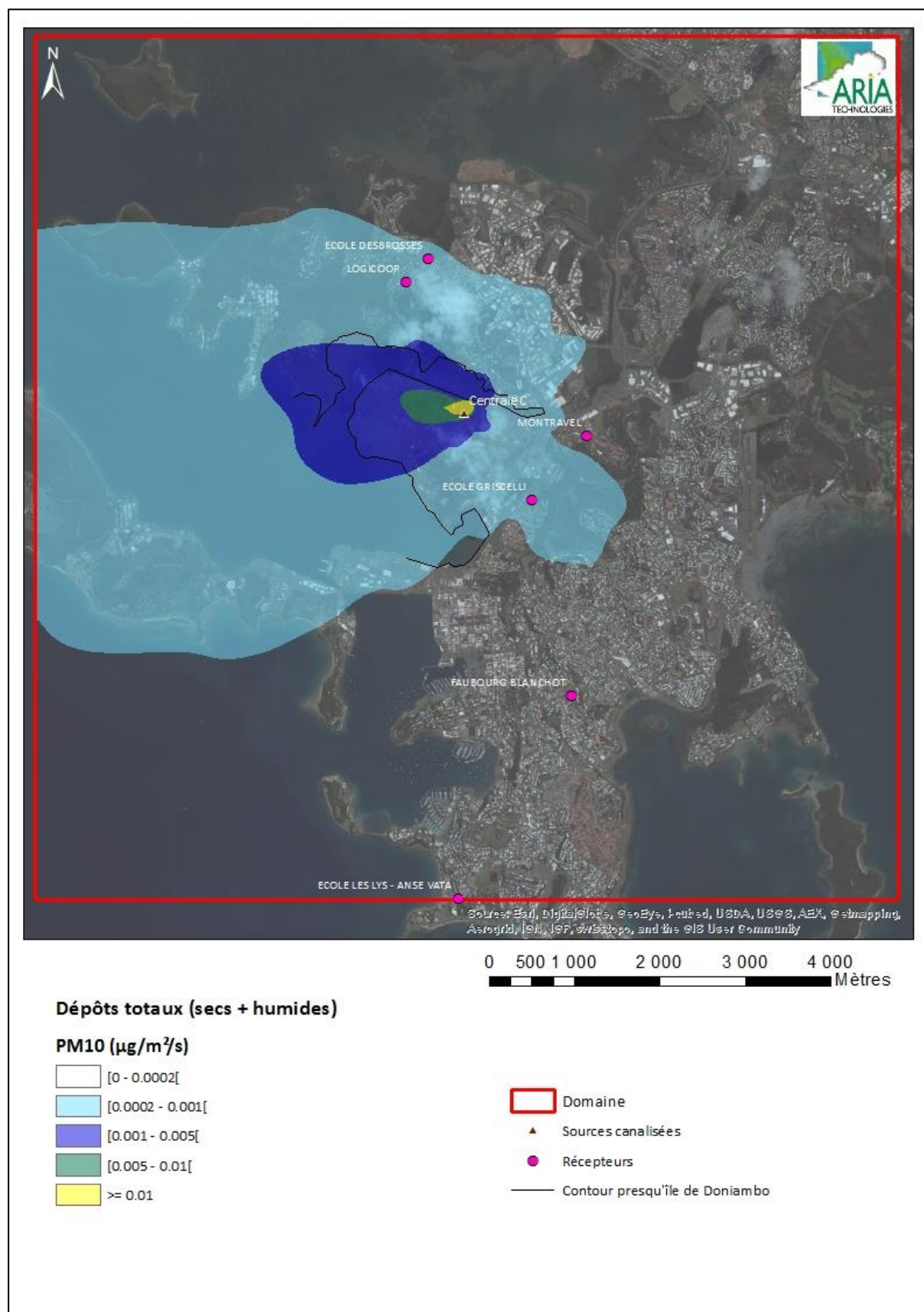
La Figure 18 présente les dépôts totaux (secs et humides) en moyenne annuelle pour les poussières PM10. Les zones de retombées maximales sont observées sur le site, au niveau de l'emplacement de la future centrale C.

Les cartes de dépôts totaux pour les autres espèces particulières sont présentées en Annexe 3.

Tableau 10 : dépôts au sol en moyenne annuelle

		Dépôts max. sur le domaine d'étude	Dépôts au point habité le plus exposé en dehors du site	Dépôts au niveau des points cibles					
				LOGICOOP	ECOLE DESBROSSES	MONTRAVEL	ECOLE GRISCELLI	FAUBOURG BLANCHOT	ECOLE LES LYS
PM10	µg/m²/s	4.3E-02	1.0E-03	3.1E-04	2.2E-04	1.5E-04	3.5E-04	5.9E-05	2.1E-05
PM2,5	µg/m²/s	8.8E-03	3.9E-04	1.2E-04	8.5E-05	6.0E-05	1.2E-04	2.5E-05	1.1E-05
Cd	ng/m²/s	3.9E-02	1.6E-03	5.1E-04	3.5E-04	2.4E-04	4.8E-04	1.0E-04	4.6E-05
Hg	ng/m²/s	1.9E-02	4.7E-04	1.7E-04	1.3E-04	5.6E-05	1.5E-04	2.6E-05	1.8E-05
Pb	ng/m²/s	3.6E-01	1.9E-02	6.0E-03	4.0E-03	2.9E-03	5.5E-03	1.2E-03	5.5E-04
Tl	ng/m²/s	2.8E-02	1.3E-03	4.2E-04	2.9E-04	2.0E-04	3.9E-04	8.7E-05	3.8E-05
As+Se+Te	ng/m²/s	5.5E-01	2.6E-02	8.4E-03	5.7E-03	4.0E-03	7.9E-03	1.7E-03	7.6E-04
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+ Ni+V+Zn	ng/m²/s	2.8	1.3E-01	4.2E-02	2.9E-02	2.0E-02	3.9E-02	8.6E-03	3.8E-03
HAP	fg/m²/s	1.1E-03	4.2E-05	1.4E-05	1.0E-05	5.9E-06	1.3E-05	2.6E-06	1.4E-06

Figure 18 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les poussières PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)



5.5.3 Centile 100 pour le monoxyde de carbone (CO)

En ce qui concerne le monoxyde de carbone (CO), la réglementation française propose des valeurs limites pour le centile 100, concentration maximale sur 8 heures.

Le Tableau 11 présente les concentrations en centile 100 rencontrées au point géographique le plus pénalisant pour chacune des années. En gras, figure le maximum obtenu sur l'ensemble des trois années de calcul. Ce tableau indique également les valeurs réglementaires françaises du décret du 22 mars 2007 en matière d'objectifs de qualité et de valeurs limites.

Tableau 11 : centile 100 pour le CO au point géographique le plus pénalisant

	Concentration calculée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Décret du 22 mars 2007 Objectif de qualité en France
Année 2011	18,5	10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures)
Année 2012	15,1	
Année 2013	15	

Les valeurs maximales des centiles 100 calculées sur l'ensemble du domaine d'étude sont très inférieures aux valeurs réglementaires françaises. Ainsi, la concentration maximale en monoxyde de carbone calculée représente moins de 1 % de l'objectif de qualité en France pour l'année la plus pénalisante.

5.5.4 Centile 100 pour l'évaluation des risques sanitaires

Les concentrations maximales sur 24 heures pour le dioxyde de soufre (SO_2) et les poussières (PM10, PM2,5) ainsi que la concentration maximale sur 1 heure pour les oxydes d'azote (NO_x) ont été calculées dans le but de comparer l'impact du site aux recommandations de l'OMS dans la partie ERS (cf. rapport ARIA 2014.041) conformément à la circulaire du 9 août 2013 et au guide méthodologique INERIS d'août 2013.

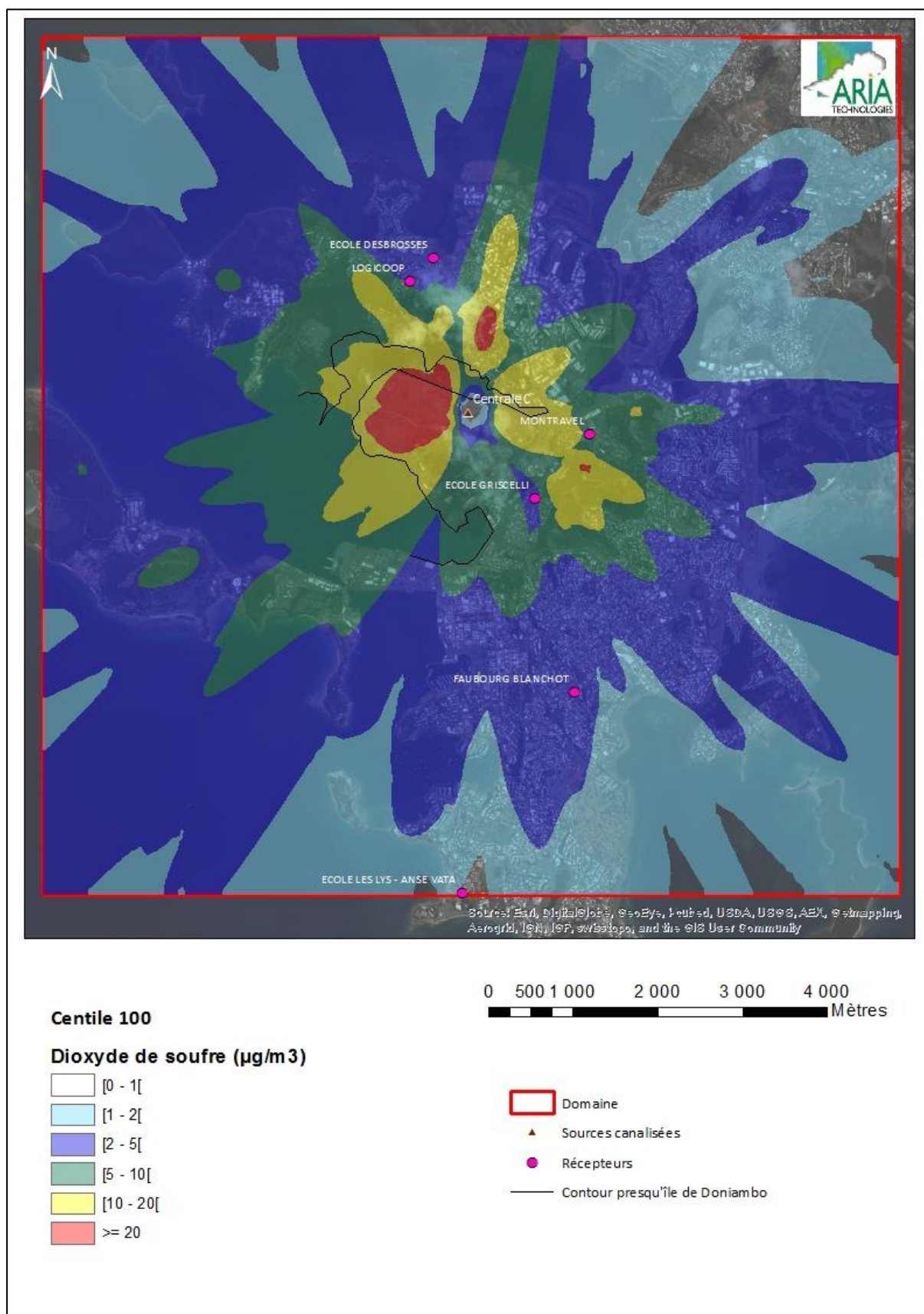
Le Tableau 12 présente les résultats obtenus au point le plus impacté du domaine d'étude ainsi qu'au niveau des points particuliers (station du réseau de surveillance de la qualité de l'air Scal-Air, zone habitée la plus impactée). L'exploitation de ces résultats sera réalisée dans le rapport relatif à l'évaluation des risques sanitaires du site de Doniambo.

A noter que la zone habitée la plus exposée se situe en limite des quartiers Logicoop et Ducos (rue Gabriel Simonin). La Figure 19 présente la carte des concentrations maximales sur 24 heures pour le SO_2 et pour l'année 2011.

Tableau 12 : Centile 100 calculé pour l'ERS

		Centile 100 max. sur le domaine d'étude	Centile 100 au point habité le plus exposé en dehors du site	Centile 100 au niveau des points cibles					
				LOGICOOP	ECOLE DESBROSSES	MONTRAVEL	ECOLE GRISCELLI	FAUBOURG BLANCHOT	ECOLE LES LY
NOx	µg/m ³	201	110	77,7	37,5	77,0	105	49,9	22,9
PM10	µg/m ³	3,7	2,2	0,7	0,7	0,6	0,5	0,2	0,1
PM2,5	µg/m ³	3,7	2,2	0,7	0,7	0,6	0,4	0,1	0,1
SO ₂	µg/m ³	55,3	32	10,5	9,8	8,6	6,7	2,7	1,2

Figure 19 : carte de concentration en centile 100 pour le dioxyde de soufre (année 2011)



6. CONCLUSION

Doniambo Energie a chargé ARIA Technologies SA de réaliser une étude de dispersion des polluants atmosphériques pour la future centrale thermique au charbon de l'usine de Doniambo situé à Nouméa (Nouvelle-Calédonie). Cette future centrale au charbon (appelée « Centrale C ») sera composée de deux tranches de 90 MW net chacune.

L'objectif de cette étude est d'évaluer quantitativement, en fonction des données du site (caractéristiques des émissions, conditions climatiques locales, topographie), les concentrations dans l'air de certaines espèces émises au niveau de la centrale C, lors de son fonctionnement en marche normale, et d'obtenir les éléments nécessaires à la réalisation de l'évaluation des risques sanitaires de cette nouvelle installation. Cette étude tiendra compte de la présence de la verse à scories à sa hauteur finale. Cette prise en compte a été réalisée grâce à la modification du fichier topographique à partir d'un fichier dxf, transmis par le Client, caractérisant les différentes hauteurs de la verse.

Seuls les rejets canalisés (cheminées) de la centrale C (tranche 1 et tranche 2) de l'usine de Doniambo à Nouméa sont pris en compte dans cette étude.

Les composés ou familles de composés émis par la future centrale thermique au charbon et retenus pour la modélisation de la dispersion des rejets atmosphérique sont dictés par les espèces réglementées au niveau des rejets dans l'air, figurant dans la délibération de la Province Sud de Nouvelle Calédonie relative aux installations de combustion d'une puissance thermique supérieure à 50 MW.

Les espèces étudiées sont donc :

- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- les oxydes d'azote (NO_x) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- les COV⁷ ;
- les poussières (PM₁₀ et PM_{2,5}) ;
- les métaux lourds, dont :
 - le cadmium (Cd) ;
 - le mercure (Hg) ;
 - le plomb (Pb) ;
 - le thallium (Tl) ;
 - la somme arsenic, sélénium et tellure (As+Se+Te) ;
 - la somme antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, vanadium et zinc (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn) ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- l'acide chlorhydrique (HCl) ;
- l'acide fluorhydrique (HF) ;
- les dioxines et furanes (PCDD/F) ;
- l'ammoniac (NH₃).

⁷ Composés organiques volatils à l'exception du méthane

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- une rugosité correspondant à une zone urbaine ;
- un modèle de dispersion basé sur les écarts-types de Briggs ;
- une prise en compte des vents calmes ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées préconisée par Concawe ;
- le rabattement du panache lié au bâti de la cheminée : effet « downwash » ;
- des profils verticaux de vent et de température calculés à partir des mesures de vent à 10 mètres et de la stabilité atmosphérique ;
- un calcul des dépôts au sol liés à la chute gravitaire des particules (dépôts secs) et au lessivage du panache par la pluie (dépôts humides) ;
- une maille de calcul de 100 mètres ;
- les émissions des deux cheminées de la future centrale C.

Les concentrations en moyenne annuelle calculées par modélisation **sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises⁸ en tout point du domaine d'étude** et par conséquent au niveau des zones habitées.

Les **concentrations maximales pour le CO** (centile 100) calculées sur l'ensemble du domaine d'étude sont très inférieures aux valeurs réglementaires françaises.

Les résultats de l'étude de dispersion et l'analyse des incertitudes permettent de conclure que le site respecte la réglementation française sur la qualité de l'air dans la configuration retenue aussi bien au point le plus impacté hors site qu'au niveau des zones habitées.

⁸Code de l'environnement Livre II : Milieux Physiques, Titre II : Air et Atmosphère

ANNEXES

Annexe 1 : Description du logiciel de dispersion ARIA Impact

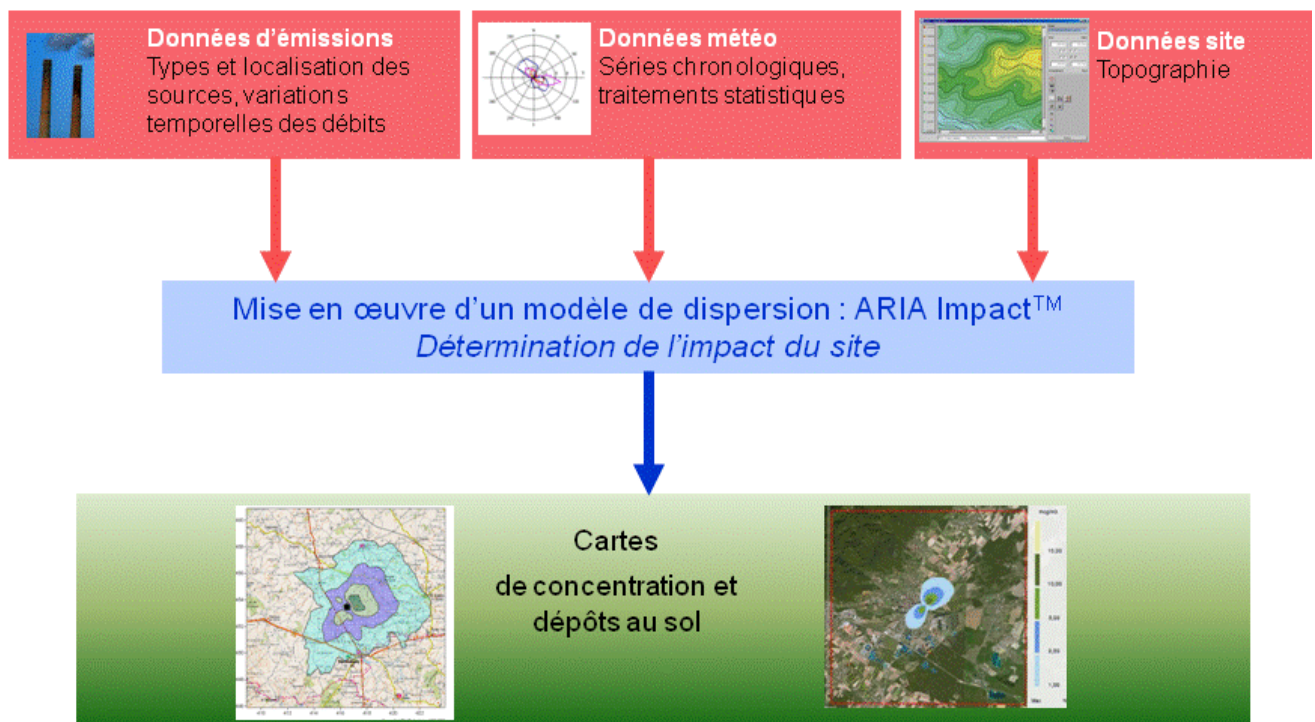
Présentation générale

ARIA Impact™ est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.⁹. ARIA Impact **répond également aux prescriptions de l'INERIS** pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE). C'est un logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique qui permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française sur la qualité de l'air et européenne, et de fournir les éléments indispensables à :

- l'évaluation des risques sanitaires d'une installation industrielle (moyenne annuelle, centiles, dépôts),
- l'évaluation de l'impact olfactif (concentration d'odeurs, fréquences de dépassement de seuil),
- l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air d'un aménagement routier (moyenne annuelle, centiles).

ARIA Impact™ permet d'étudier **l'impact à long terme** d'une installation en reconstruisant l'impact statistique des émissions à partir d'une chronique météorologique réelle de plusieurs années. Cette approche donne, sur de longues périodes, des résultats cohérents avec les observations des réseaux de la surveillance de la qualité de l'air pour des distances supérieures à 100 mètres.

Le schéma ci-dessous présente la démarche qui est mise en œuvre dans les études d'impact :



⁹ Agence de l'environnement américain (Environment Protection Agency).

Fonctionnalités techniques

Logiciel multi-espèces et multi-sources

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion de :

- de **polluants gazeux** (NO_x, SO₂...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM10, métaux lourds, dioxines...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation :

- Des **sources ponctuelles** industrielles (incinérateur, centrale thermique...),
- Des **sources diffuses** ou volumiques (atelier de peinture, carrières...),
- Des **sources linéiques** (trafic automobile).

Choix de la météorologie adaptée à la complexité de l'étude

Plusieurs types de modélisation sont possibles avec le logiciel ARIA Impact™ :

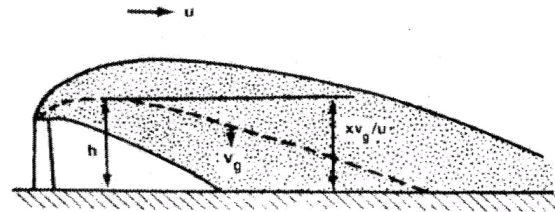
- **Modélisation pour une situation particulière** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données). Ce mode de calcul peut être utilisé par exemple pour étudier un cas de dysfonctionnement associé à une situation météorologique défavorable, une phase de démarrage, ou encore pour comparer des scénarios d'émissions entre eux.
- **Modélisation statistique depuis une rose des vents** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents général. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil. Ce mode de calcul est bien adapté pour les polluants gazeux et si la marche de production et d'émissions est constante sur l'année.
- **Modélisation statistique à partir d'une base météorologique complète** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99.5 etc...) ou des fréquences de dépassement de seuil. Les statistiques sont donc réalisées à partir de la modélisation de chaque séquence météorologique horaire sur plusieurs années (8760 situations météo sur une année) ce qui permet de bien tenir compte des variations diurnes et saisonnières des concentrations.

Variation temporelle des émissions

ARIA Impact™ permet de prendre en compte les variations temporelles des émissions. Les émissions peuvent varier en fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année. Il est également possible d'intégrer des périodes de fonctionnement particulières (arrêt technique, panne de fonctionnement du système de traitement des gaz...).

Dépôts au sol

ARIA Impact™ peut prendre en compte la chute de particules par effet gravitaire. Dans ce cas, la vitesse de chute est automatiquement calculée en fonction de la granulométrie et de la densité des particules, faisant varier l'axe d'inclinaison du panache. De plus, la vitesse de dépôt sec définie dans les caractéristiques des espèces permet de calculer les **dépôts secs**.



ARIA Impact™ permet également de prendre en compte le lessivage du panache par la pluie. Cette fonction permet de calculer les **dépôts humides** en plus des dépôts secs.

Dispersion par vents calmes

La prise en compte des vents calmes dans les calculs de dispersion implique l'utilisation d'un modèle plus performant (modèle 3D à bouffées gaussiennes). ARIA Impact™ intègre en standard un algorithme spécifique permettant de calculer l'impact des sources dans le cas de vents calmes, contrairement aux modèles gaussiens classiques.

Un vent est considéré calme lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1 m/s.

Reconstitution de profils verticaux météorologiques

Dans le cas de cheminée, la surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies dans la base de données météorologique. Cependant, ces données correspondent la plupart du temps à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol. Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de celle-ci : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

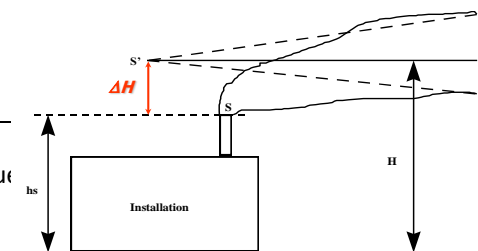
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact™ peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des sols, afin de connaître la vitesse du vent au niveau du débouché de la cheminée.

Prise en compte de la couche de mélange

ARIA Impact™ peut calculer la hauteur de couche de mélange à partir des données météorologiques horaires disponibles. Cette hauteur de mélange est alors prise en compte dans le calcul de dispersion par réflexion des panaches sur la couche de mélange.

Surélévation de panache issu de cheminée

Dans le cas de cheminée, lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surélévation du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. Tout se passe comme si l'émission des rejets se faisait à une hauteur réelle d'émission (hauteur de la cheminée) augmentée de la surhauteur due aux conditions d'éjection. ARIA Impact™ prend en compte les effets de la surélévation des fumées de cheminée. Plusieurs



formulations permettant de calculer la surélévation des fumées sont codées dans ARIA Impact afin d'adapter la formule la plus adéquate au cas d'étude (Formule de Holland, Formule de Briggs, Formule de Concawe...).

Conversion des NOx en NO et NO₂

Dans le cas de la modélisation des émissions liées au trafic automobile, ARIA Impact™ contient un algorithme simple permettant de calculer les concentrations en NO et NO₂ à partir des concentrations en NOx, à l'aide de la formule de conversion de Middleton.

Prise en compte simplifiée de la topographie

ARIA Impact™ permet de prendre en compte de manière simplifiée les topographies peu marquées. Un algorithme simple permettant de prendre en compte le relief, sans faire appel à des calculs de vents tridimensionnels, peut être activé dans le module de calcul. Cet algorithme permet de rapprocher du relief l'axe du panache pour des atmosphères stables.

Envois de poussières

ARIA Impact™ contient un module spécifique pour le calcul des envolées de poussières fines, dans le cas d'un **stockage de poussières exposé au vent**.

Cette option permet d'estimer la quantité de poussières émises par une source surfacique en fonction de la rafale de vent, puis de modéliser la dispersion de ces poussières. Il peut s'agir par exemple d'un tas de charbon dont, par vent fort, les poussières fines vont s'envoler. Le calcul de la quantité émise de poussières passe par l'estimation du potentiel d'érosion du stockage, puis des facteurs d'émission fonction de la rafale de vent.

Résultats

Grandeurs calculées

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

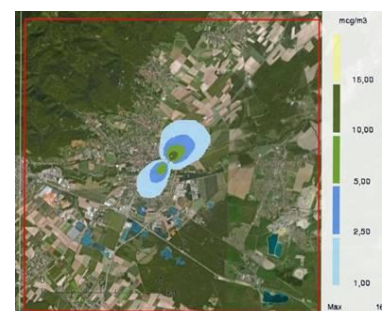
- **moyennes mensuelles et/ou annuelles** de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol,
- **fréquences de dépassement de seuils** en moyennes journalières ou horaires (normes françaises et européennes),
- **centiles 98, 99.8, 100** ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures...).

Les résultats de concentrations peuvent être exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ng/m^3 , pg/m^3 ou fg/m^3 pour les polluants classiques, en uo/m^3 pour les odeurs et en Bq/m^3 pour les polluants radioactifs.

Cartographies

Les résultats obtenus avec ARIA Impact™ peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que Mapinfo, ArcView ou SURFER.

Un export des résultats vers **Google Earth** permet également de visualiser les résultats sur une photo aérienne directement avec le logiciel Google Earth.



Validation du logiciel ARIA Impact™

L'association RECORD (Recherche coopérative sur les déchets et l'environnement) a demandé à l'Ecole Centrale de Lyon une étude sur les logiciels de modélisation utilisés dans le cadre des études d'impact air pour des industriels. Dans le cadre de cette étude, des comparaisons du modèle ARIA Impact™ ont été réalisées sur les cas-tests de l'outil européen d'évaluation « Model Validation kit ». Cet outil est utilisé pour évaluer les modèles de dispersion atmosphérique. Il s'agit d'une série de cas-tests intégrant des jeux de mesures de terrain qui sont largement référencés dans la validation des modèles. L'évaluation des modèles sur des cas-tests consiste à comparer les résultats d'un modèle à des mesures de terrain représentatives de situations simples. La synthèse du rapport rédigé par l'Ecole Centrale de Lyon est téléchargeable sur le site Internet de l'association RECORD¹⁰.

Les résultats de cette étude ont montré que la moyenne des concentrations modélisées sur toutes les expériences est proche de la moyenne des concentrations mesurées. D'autre part, le coefficient de corrélation de 0,6 et le pourcentage de résultats dans un facteur 2 par rapport aux mesures de l'ordre de 60% sont satisfaisants. Cette étude montre également qu'ARIA Impact™ a des résultats statistiques équivalents à ceux des autres logiciels de dispersion, dont les logiciels de référence de l'US-EPA AERMOD et ISCST3.

Le logiciel ARIA Impact™ a également fait l'objet de nombreuses comparaisons mesures/calculs dans le cadre d'études spécifiques. Certaines d'entre elles sont reprises dans le dossier de validation du logiciel ARIA Impact™, disponible sur simple demande.

Limite du modèle

ARIA Impact™ **n'est pas applicable** dans les conditions suivantes :

- **lorsque la topographie est trop importante** (zones montagneuses, reliefs pouvant modifier la trajectoire des panaches) : ARIA Impact™ considère la trajectoire du panache rectiligne. Le module spécifique à la topographie ne permet pas au panache de contourner la montagne (il passe au-dessus), ce qui n'est pas le cas en particulier en cas d'atmosphère stable ;
- **lorsque la station météorologique n'est pas représentative de la climatologie du site** : la météorologie est considérée constante sur l'ensemble du domaine d'étude. Il n'y a pas de reconstitution 3D météorologique.

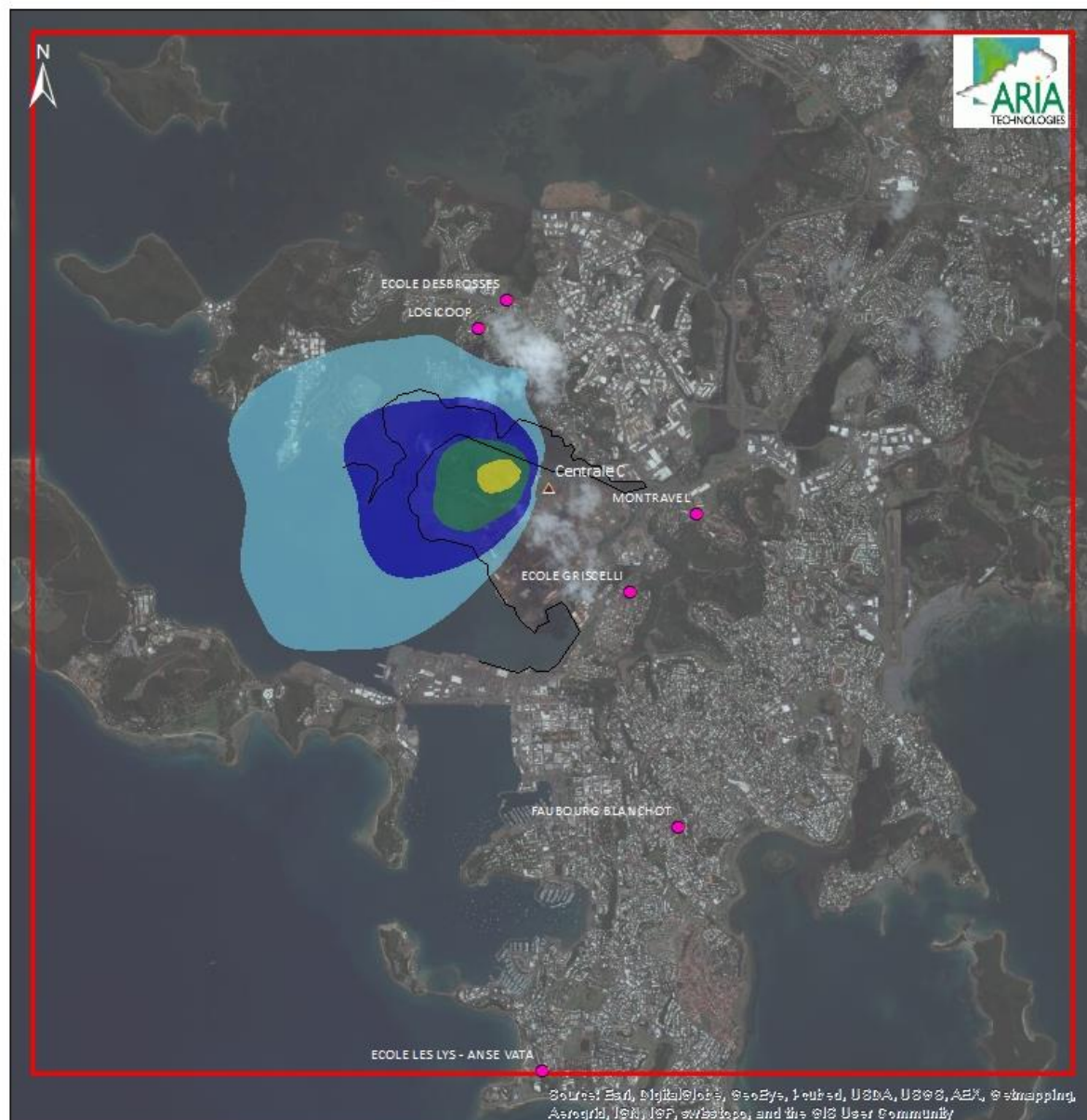
Les résultats du logiciel ARIA Impact™ ne sont pas interprétables à moins de 100 mètres des sources d'émissions.

¹⁰ Rapport : « Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel – Vers un guide de l'utilisateur - Phase 1 : Etat de l'art, Phase 2 : Evaluation des modèles », R. PERKINS, 2005
<http://www.record-net.org/record/resultetudes.php>

Annexe 2 :

Cartes de concentrations en moyenne annuelle

Figure 20 : carte de concentration en moyenne annuelle en cadmium (ng/m³)



Concentration moyenne annuelle

Cadmium (ng/m³)

[0 - 0.1[
[0.1 - 0.2[
[0.2 - 0.5[
[0.5 - 1[
[1. - 5[
>= 5

0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 21 : carte de concentration en moyenne annuelle en monoxyde de carbone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
Mètres

Concentration moyenne annuelle

Monoxyde de carbone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

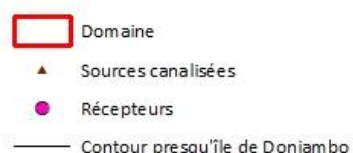
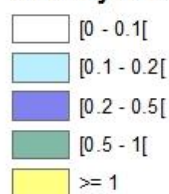
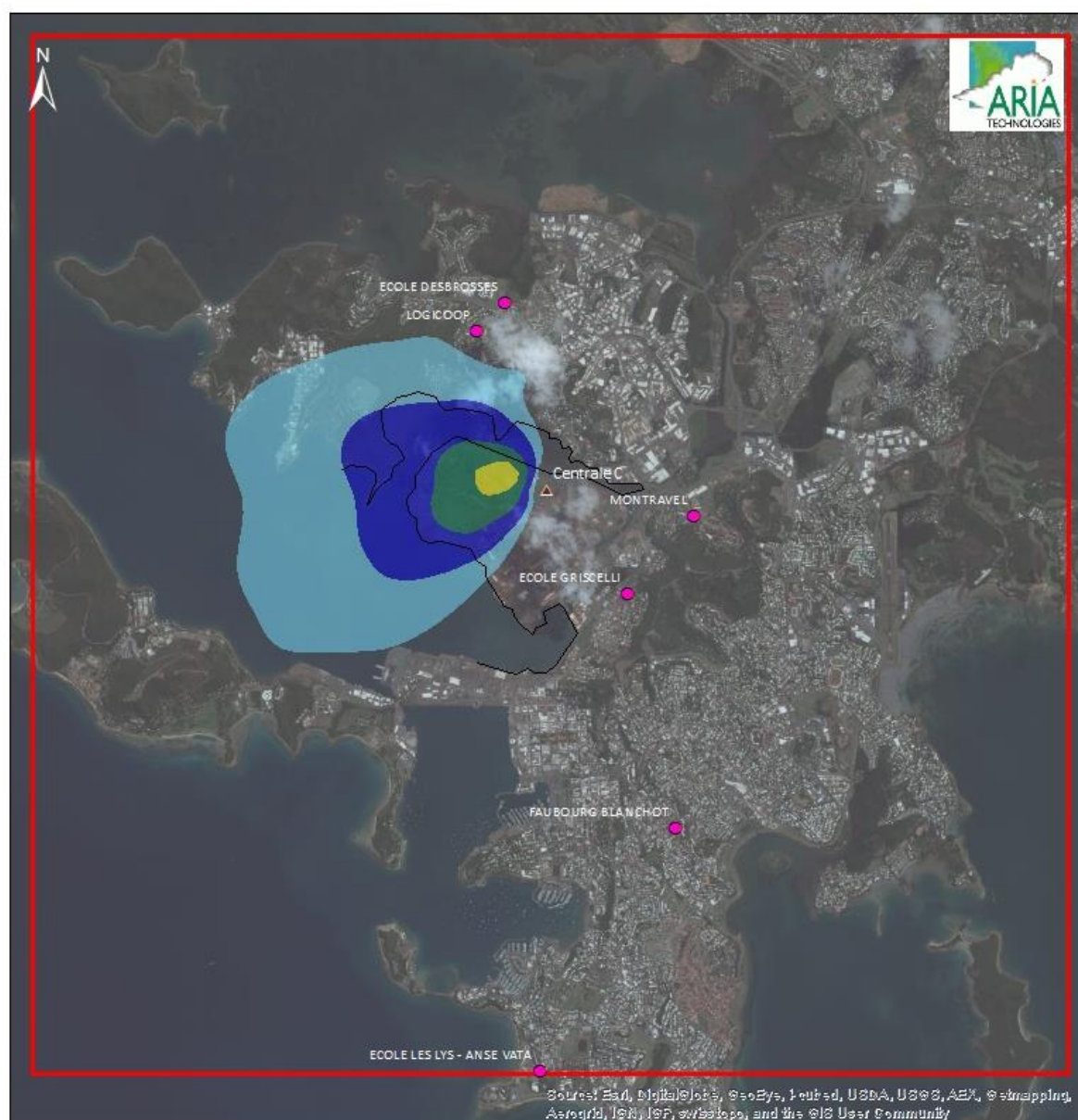


Figure 22 : carte de concentration en moyenne annuelle en composés organiques volatils ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
Mètres

Concentration moyenne annuelle

Composés Organiques Volatils ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

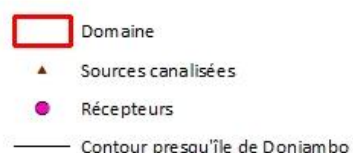
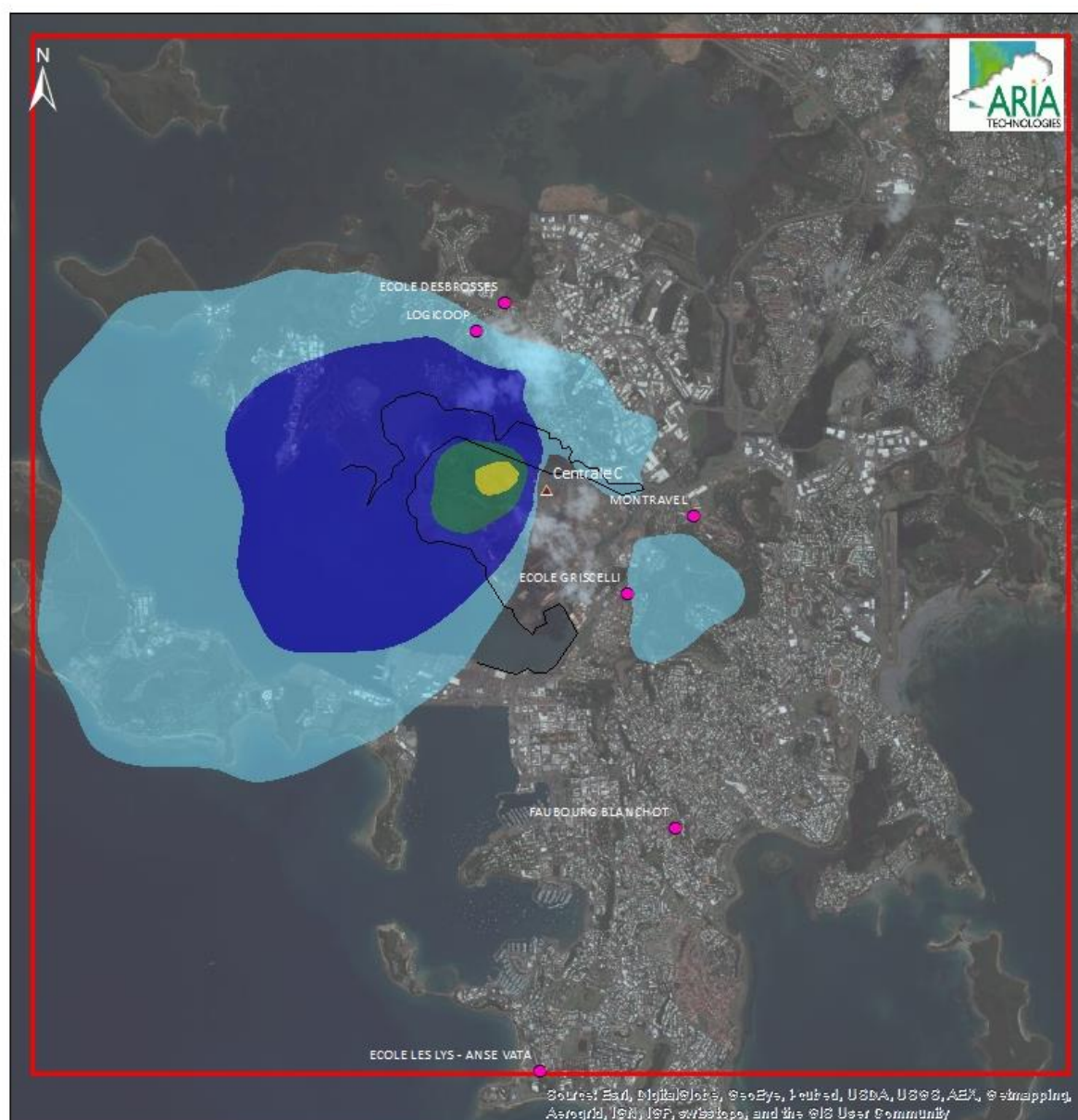


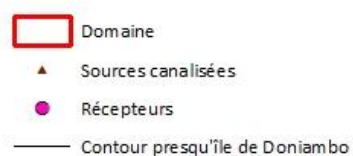
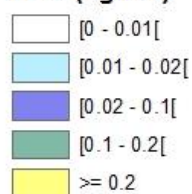
Figure 23 : carte de concentration en moyenne annuelle en HAP (ng/m³)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
Mètres

Concentration moyenne annuelle

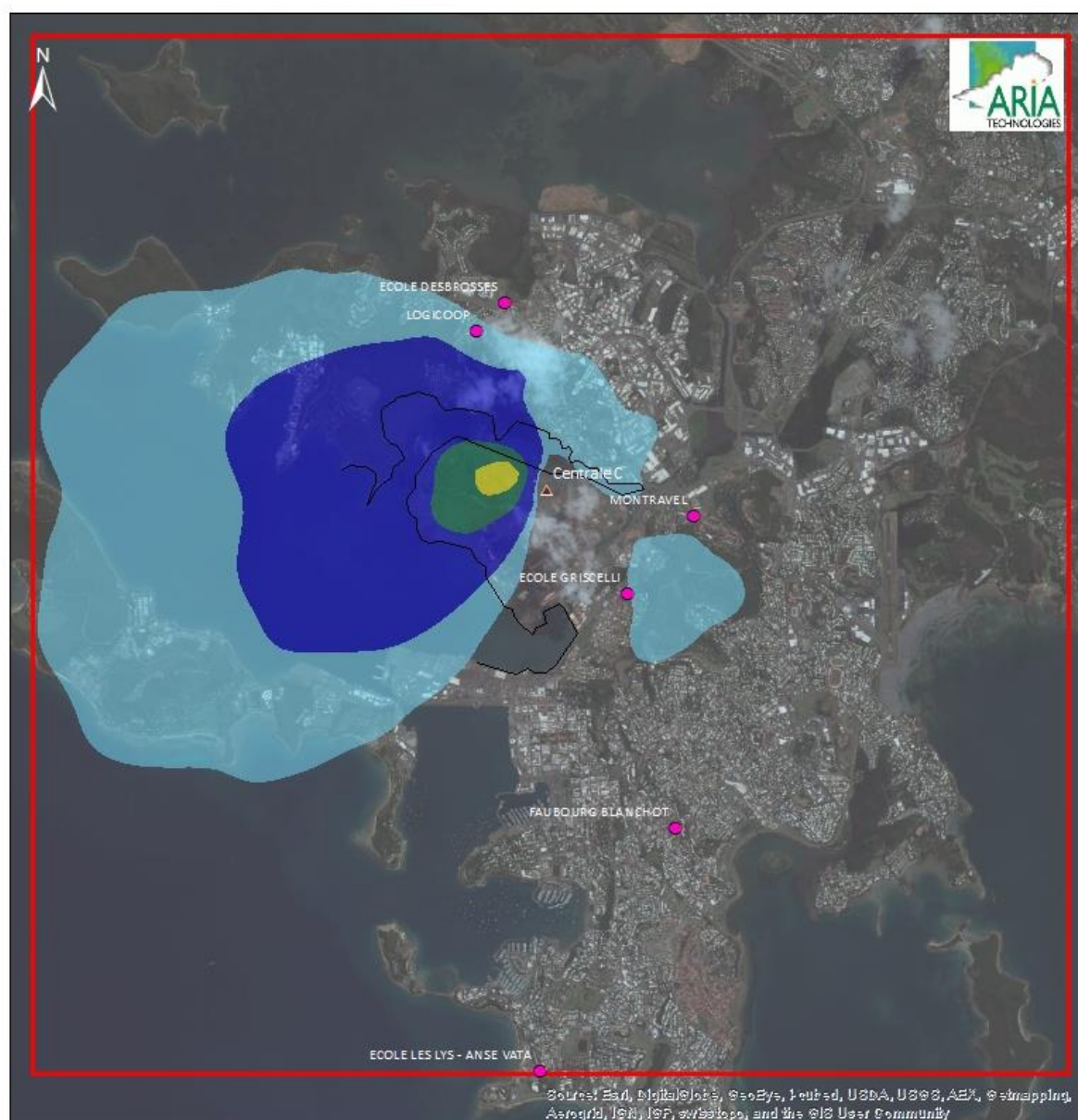
HAP (ng/m³)



Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Figure 24 : carte de concentration en moyenne annuelle en acide chlorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

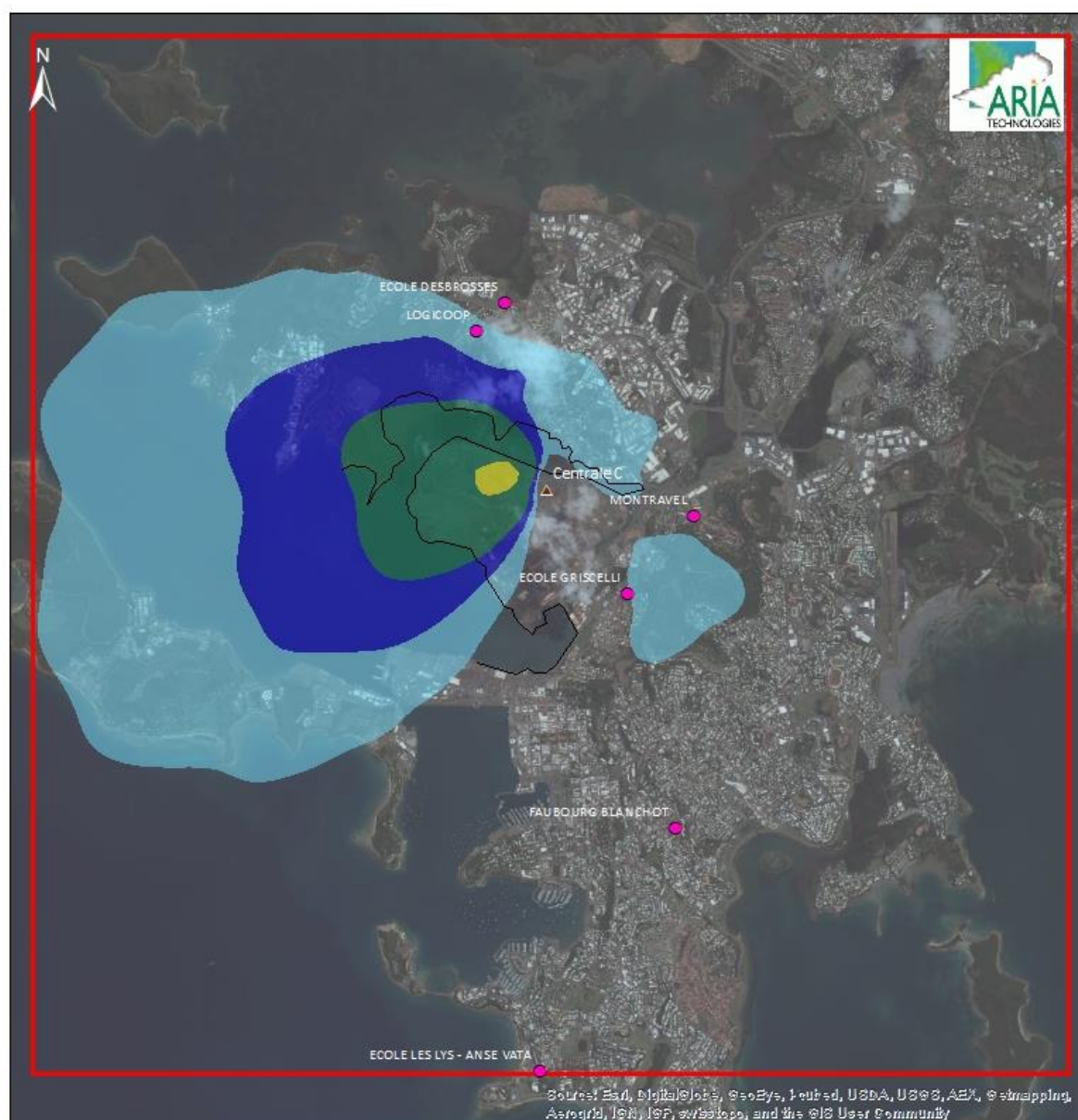
Concentration moyenne annuelle

Acide chlorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

[0 - 0.01[
[0.01 - 0.02[
[0.02 - 0.1[
[0.1 - 0.2[
≥ 0.2

Domaine
Sources canalisées
Récepteurs
Contour presqu'île de Doniambo

Figure 25 : carte de concentration en moyenne annuelle en acide fluorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

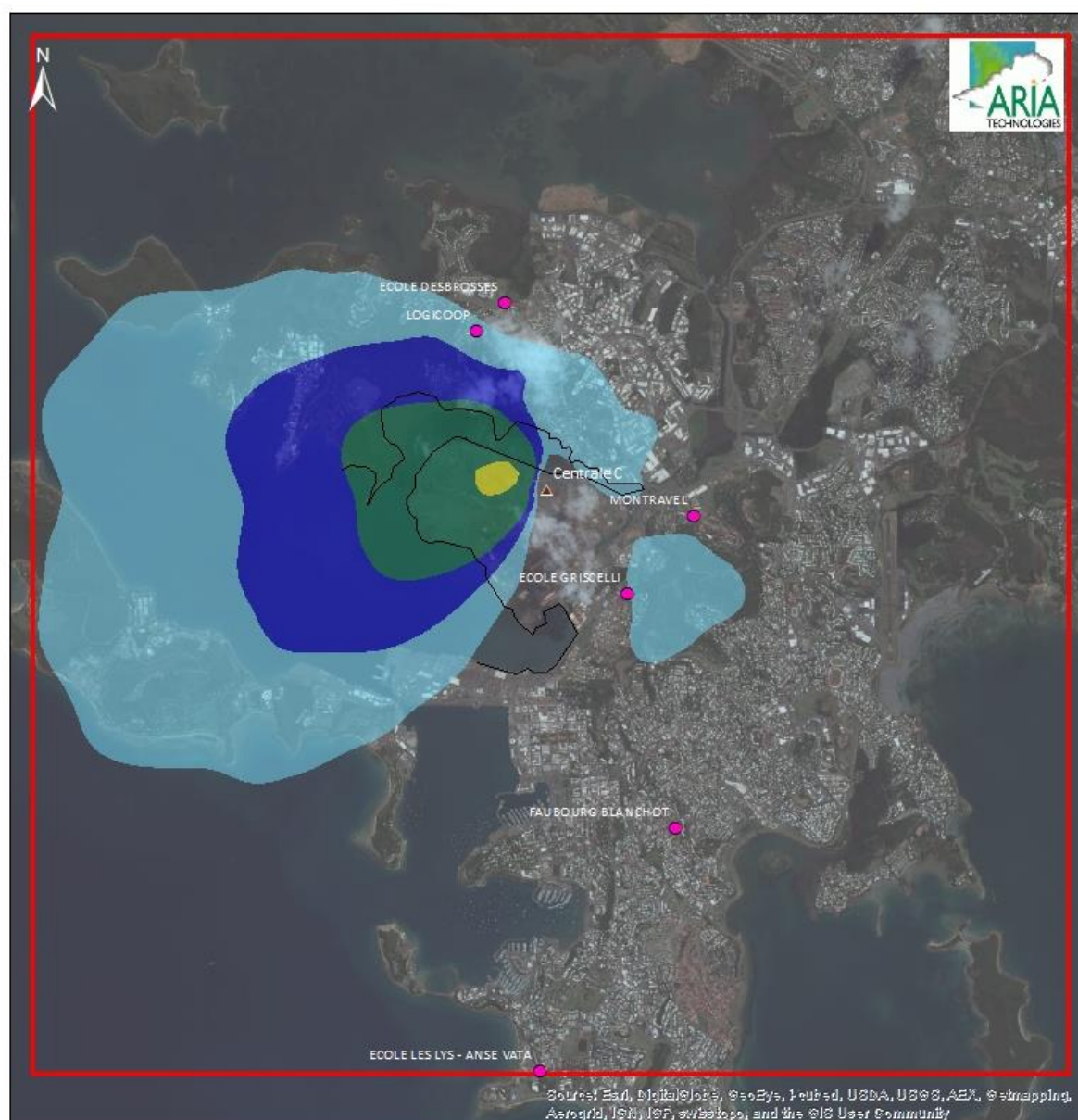
Concentration moyenne annuelle

Acide fluorhydrique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

[0 - 0.005[
[0.005 - 0.01[
[0.01 - 0.02[
[0.02 - 0.1[
≥ 0.1

Domaine
Sources canalisées
Récepteurs
Contour presqu'île de Doniambo

Figure 26 : carte de concentration en moyenne annuelle en mercure (ng/m^3)



Concentration moyenne annuelle

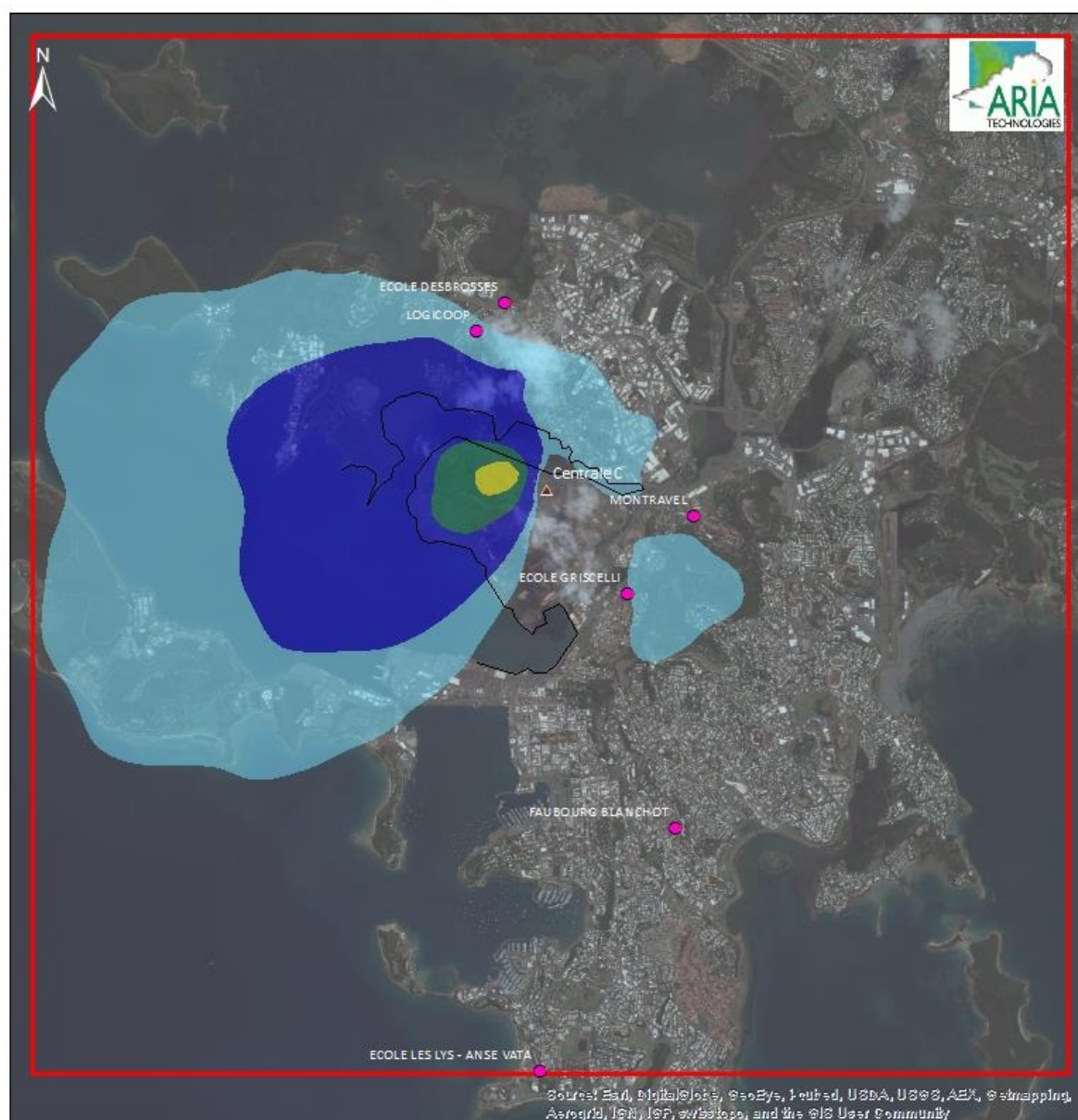
Mercure (ng/m^3)

[0 - 0.05[
[0.05 - 0.1[
[0.1 - 0.2[
[0.2 - 1[
[1 - 1 000[
$\geq 1 000$

0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 27 : carte de concentration en moyenne annuelle en arsenic+sélénium+tellure (ng/m³)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
Mètres

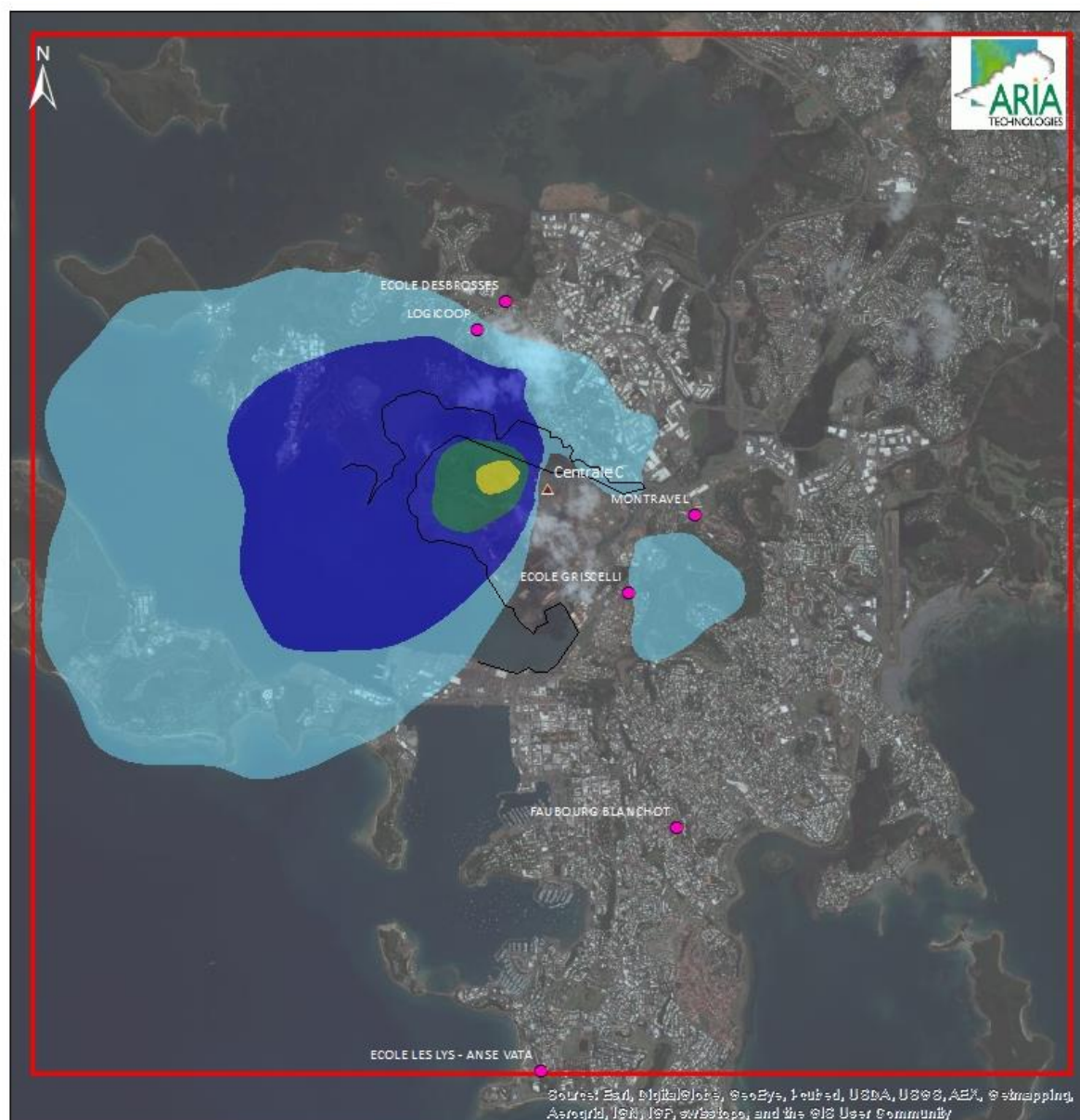
Concentration moyenne annuelle

Arsenic+Selenium+Tellure (ng/m³)

[0 - 1[
[1 - 2[
[2 - 10[
[10 - 20[
>= 20

Domaine
Sources canalisées
Récepteurs
Contour presqu'île de Doniambo

Figure 28 : carte de concentration en moyenne annuelle en antimoine+chrome+cobalt+cuivre+étain+manganèse+nickel+vanadium+zinc (ng/m³)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

Concentration moyenne annuelle

Antimoine+Chrome+Cobalt+Cuivre+Etain+Manganèse+Nickel+Vanadium+Zinc (ng/m³)

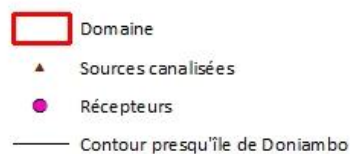
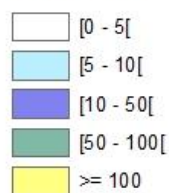
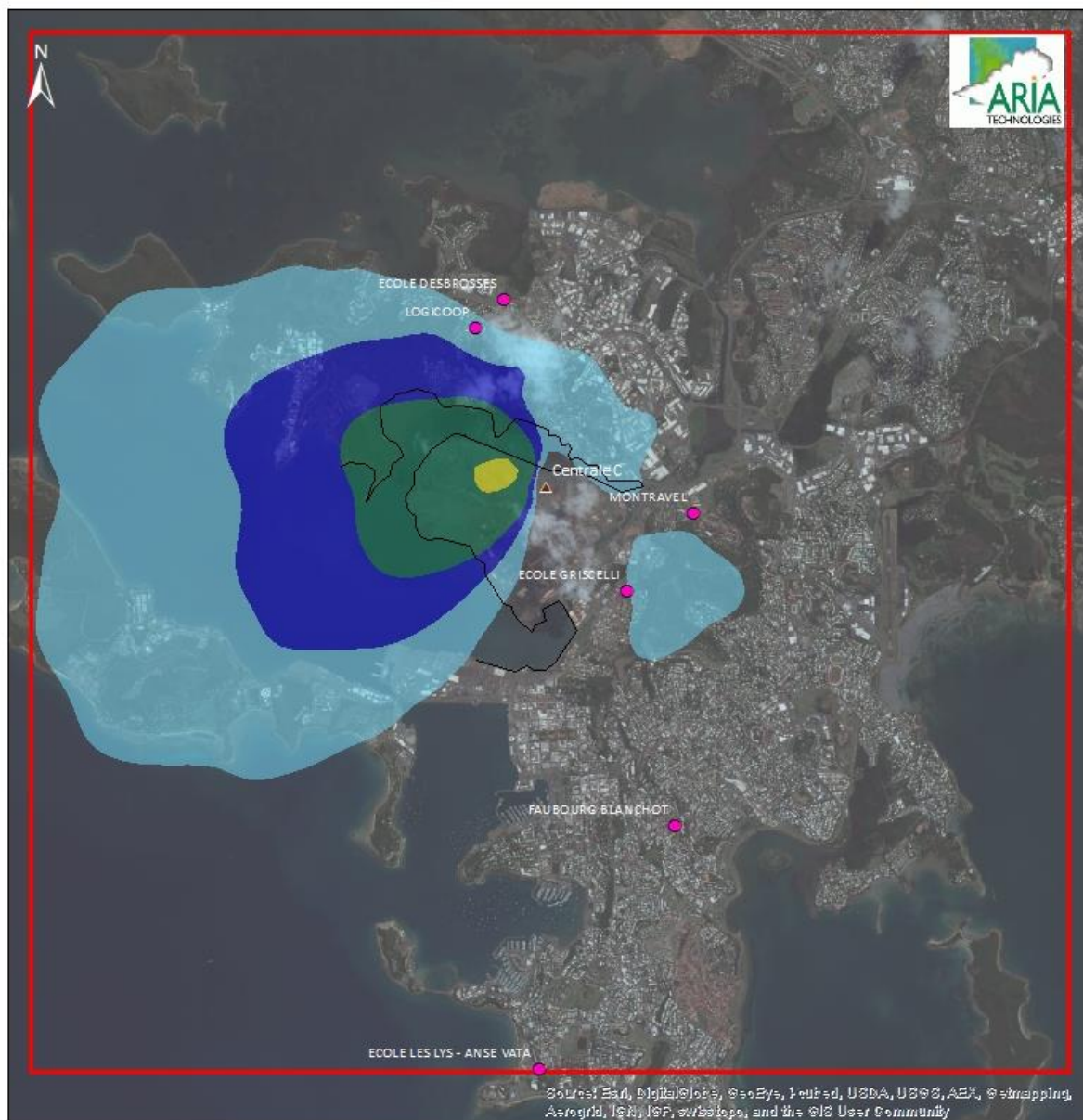


Figure 29 : carte de concentration en moyenne annuelle en ammoniac ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

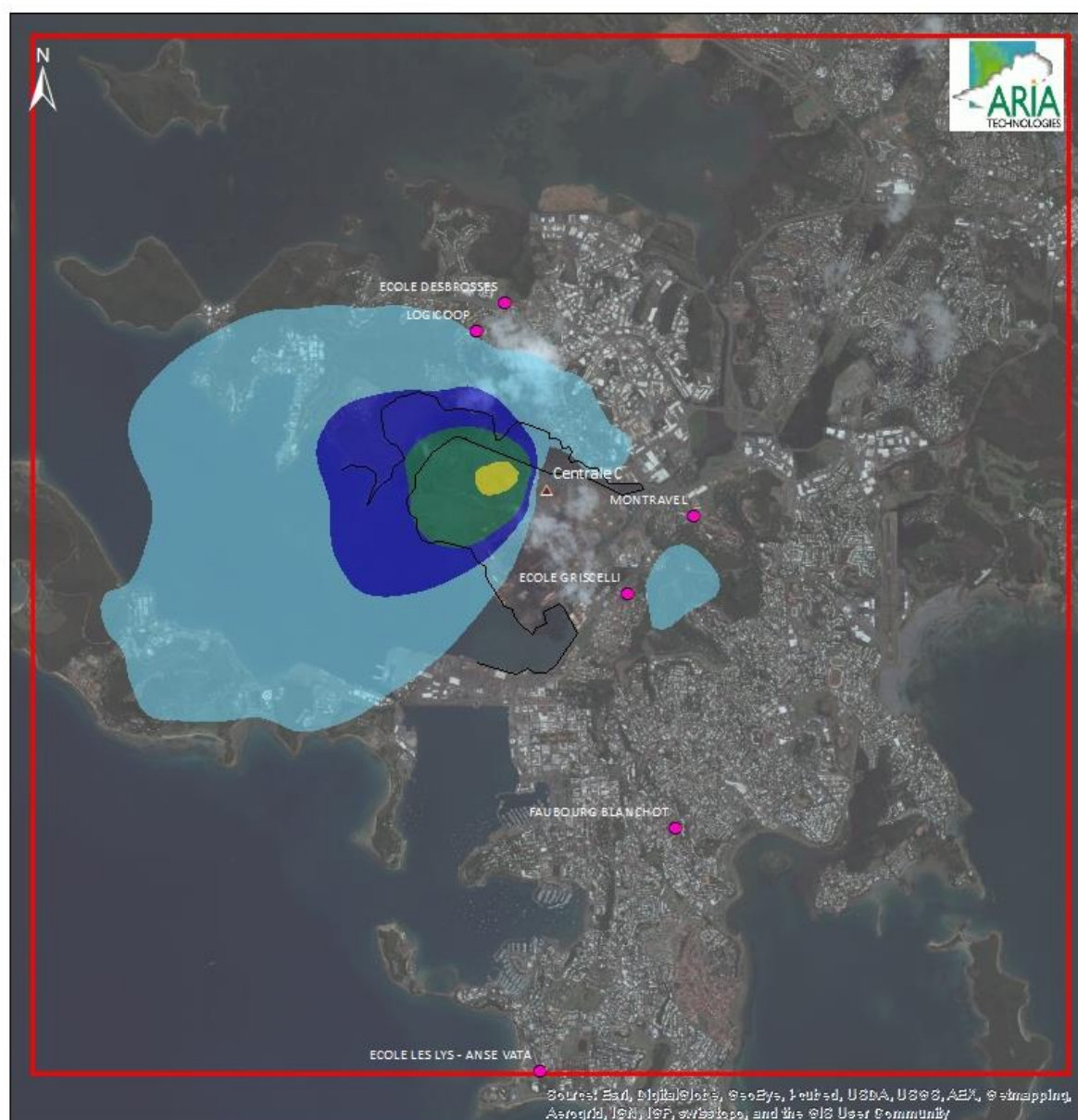
Concentration moyenne annuelle

Ammoniac ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

[0 - 0.005[
[0.005 - 0.01[
[0.01 - 0.02[
[0.02 - 0.1[
≥ 0.1

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 30 : carte de concentration en moyenne annuelle en oxydes d'azote ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentration moyenne annuelle

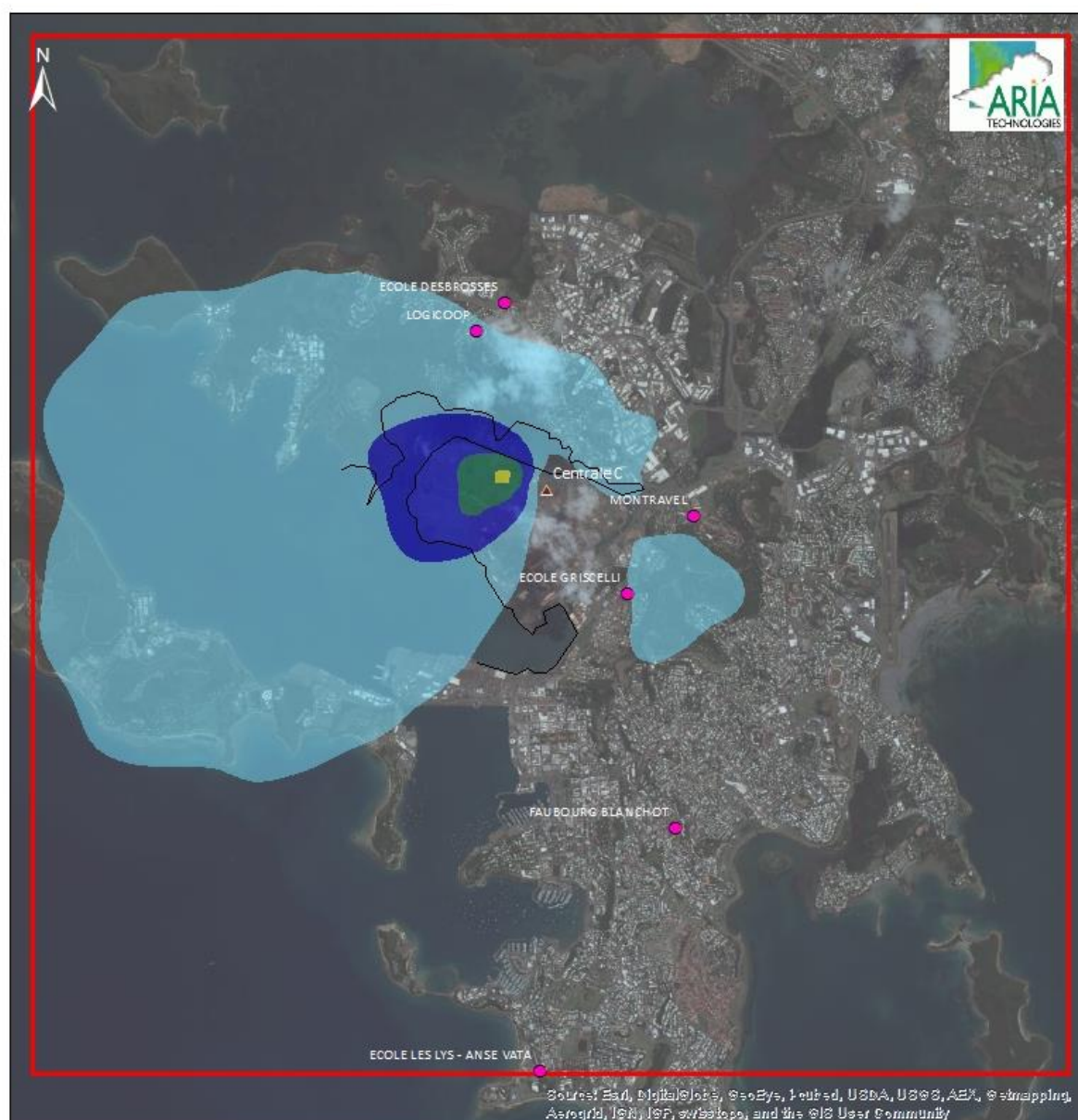
Oxydes d'azote ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	[0 - 0.2[
	[0.2 - 0.5[
	[0.5 - 1[
	[1 - 3[
	[3 - 40[
	≥ 40

0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 31 : carte de concentration en moyenne annuelle en plomb (ng/m³)



Concentration moyenne annuelle

Plomb (ng/m³)

[0 - 1[
[1 - 5[
[5 - 15[
[15 - 25[
[25 - 250[
>= 250

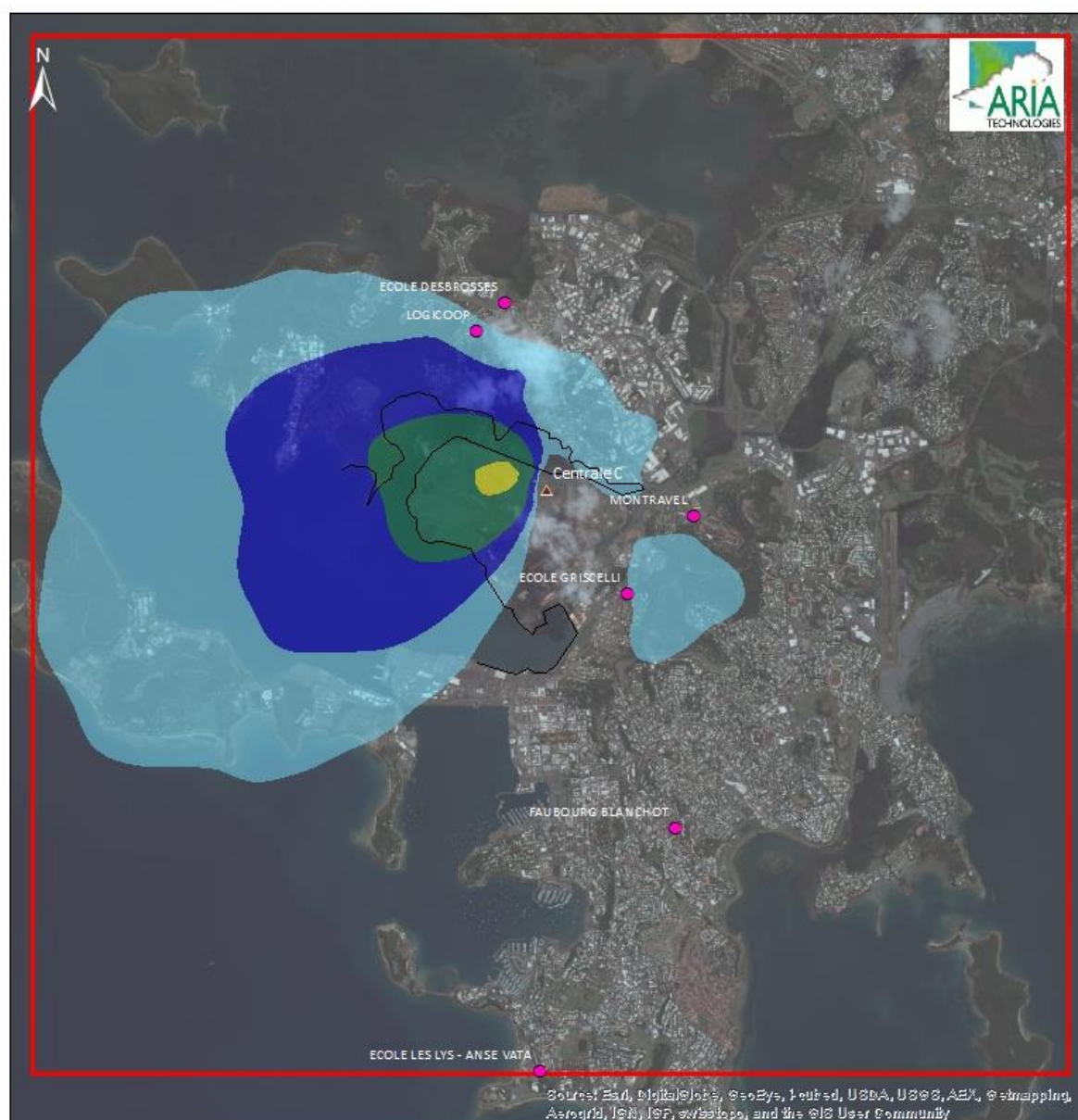
0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Figure 32 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxines/furanes (fg/m³)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000
Mètres

Concentration moyenne annuelle

Dioxines et Furanes (fg/m³)

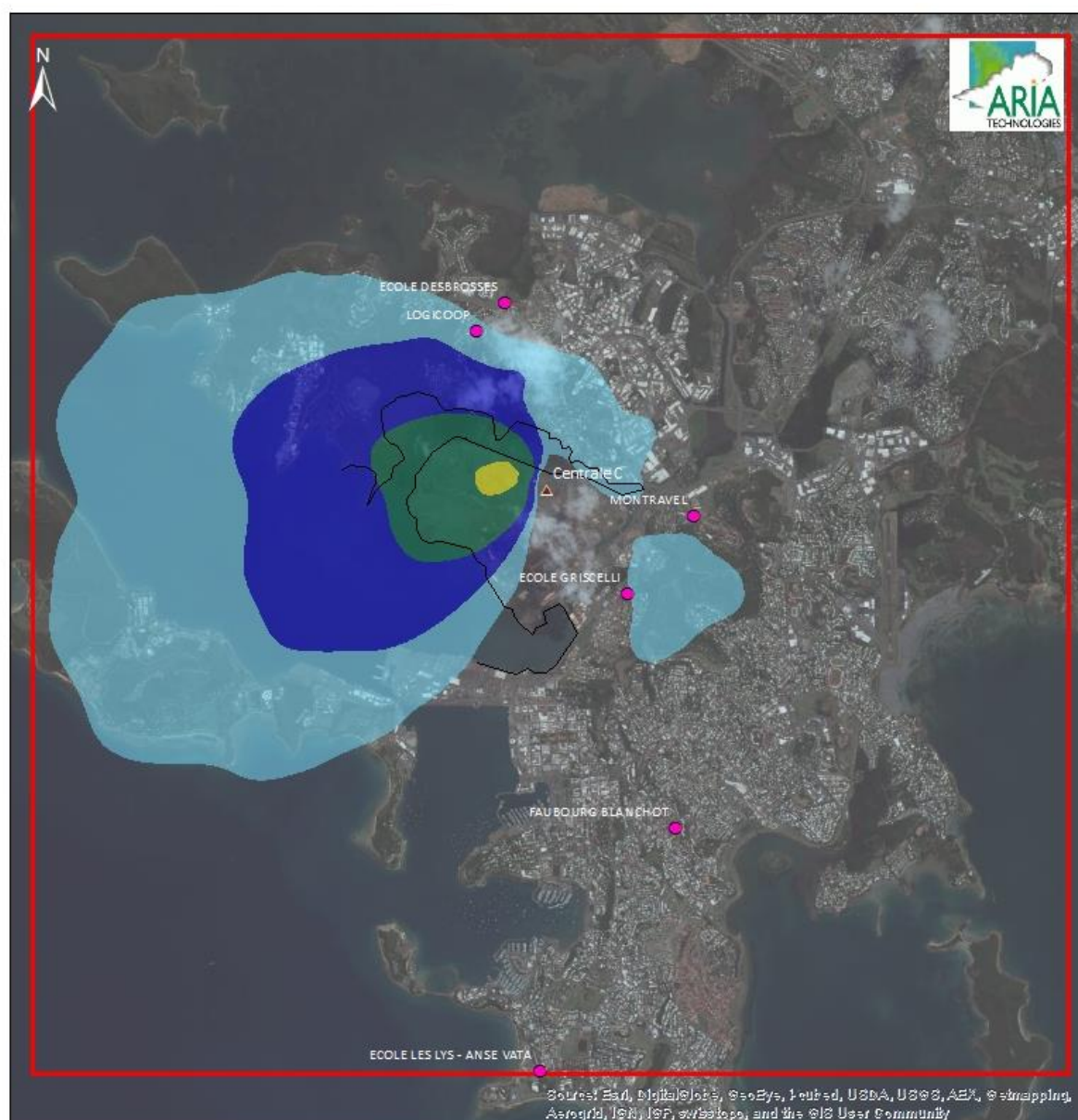
[0 - 0.1[
[0.1 - 0.2[
[0.2 - 0.5[
[0.5 - 2[
>= 2

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Figure 33 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentration moyenne annuelle

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

[0 - 0.01[
[0.0 - 0.02[
[0.02 - 0.05[
[0.05 - 0.2[
[0.2 - 20[
≥ 20

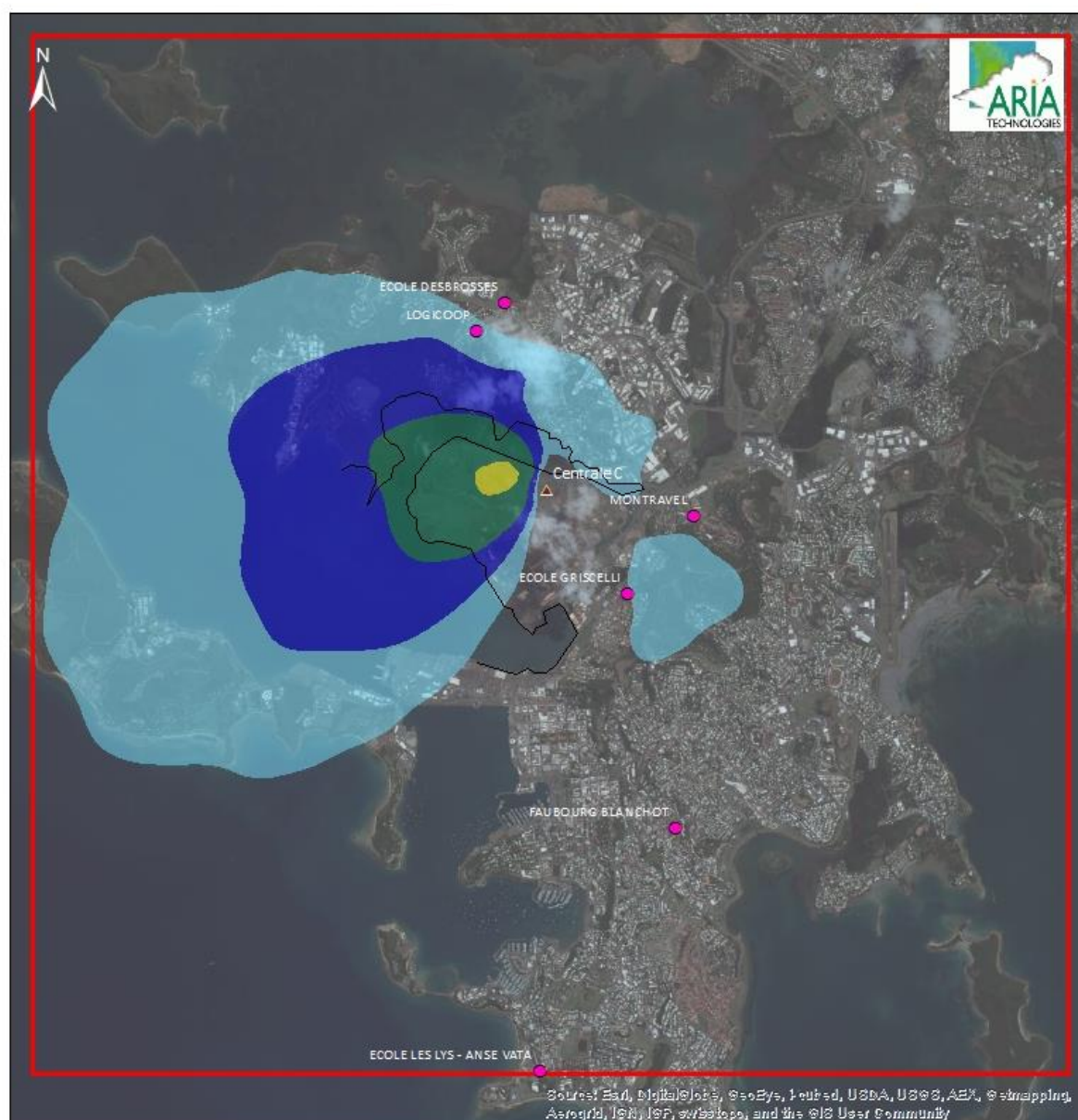
0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Figure 34 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM_{2,5} (µg/m³)



Concentration moyenne annuelle

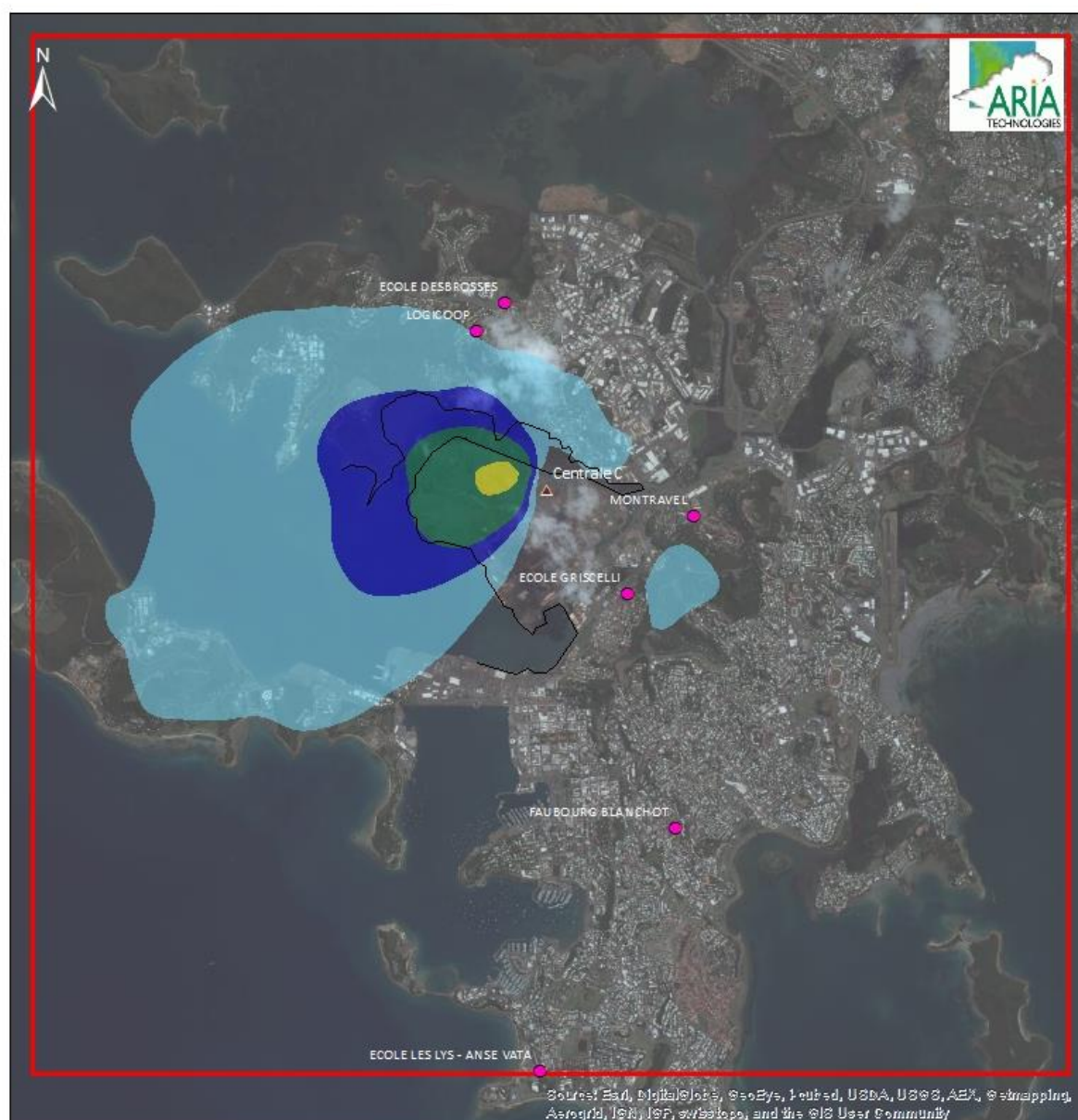
PM_{2,5} (µg/m³)

[0 - 0.01[
[0.01 - 0.02[
[0.02 - 0.05[
[0.05 - 0.2[
[0.2 - 10[
>= 10

0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 35 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentration moyenne annuelle

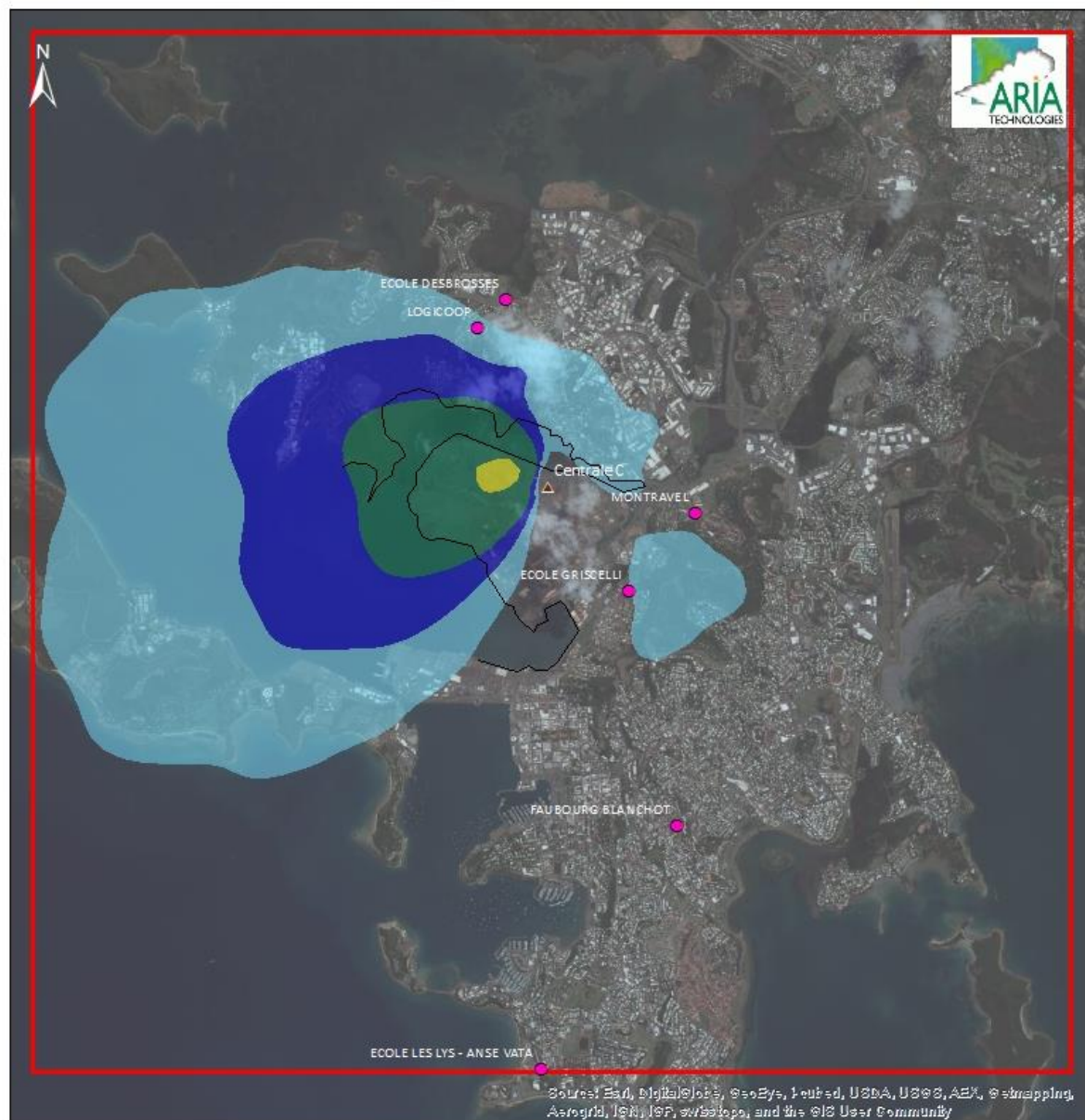
Dioxyde de soufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	[0 - 0.2[
	[0.2 - 0.5[
	[0.5 - 1[
	[1 - 3[
	[3 - 50[
	≥ 50

0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

- Domaine
- Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

Figure 36 : carte de concentration en moyenne annuelle en thallium (ng/m³)



0 500 1 000 2 000 3 000 4 000 Mètres

Concentration moyenne annuelle

Thallium (ng/m³)

[0 - 0.05[
[0.05 - 0.1[
[0.1 - 0.2[
[0.2 - 1[
>= 1

- Domaine
- ▲ Sources canalisées
- Récepteurs
- Contour presqu'île de Doniambo

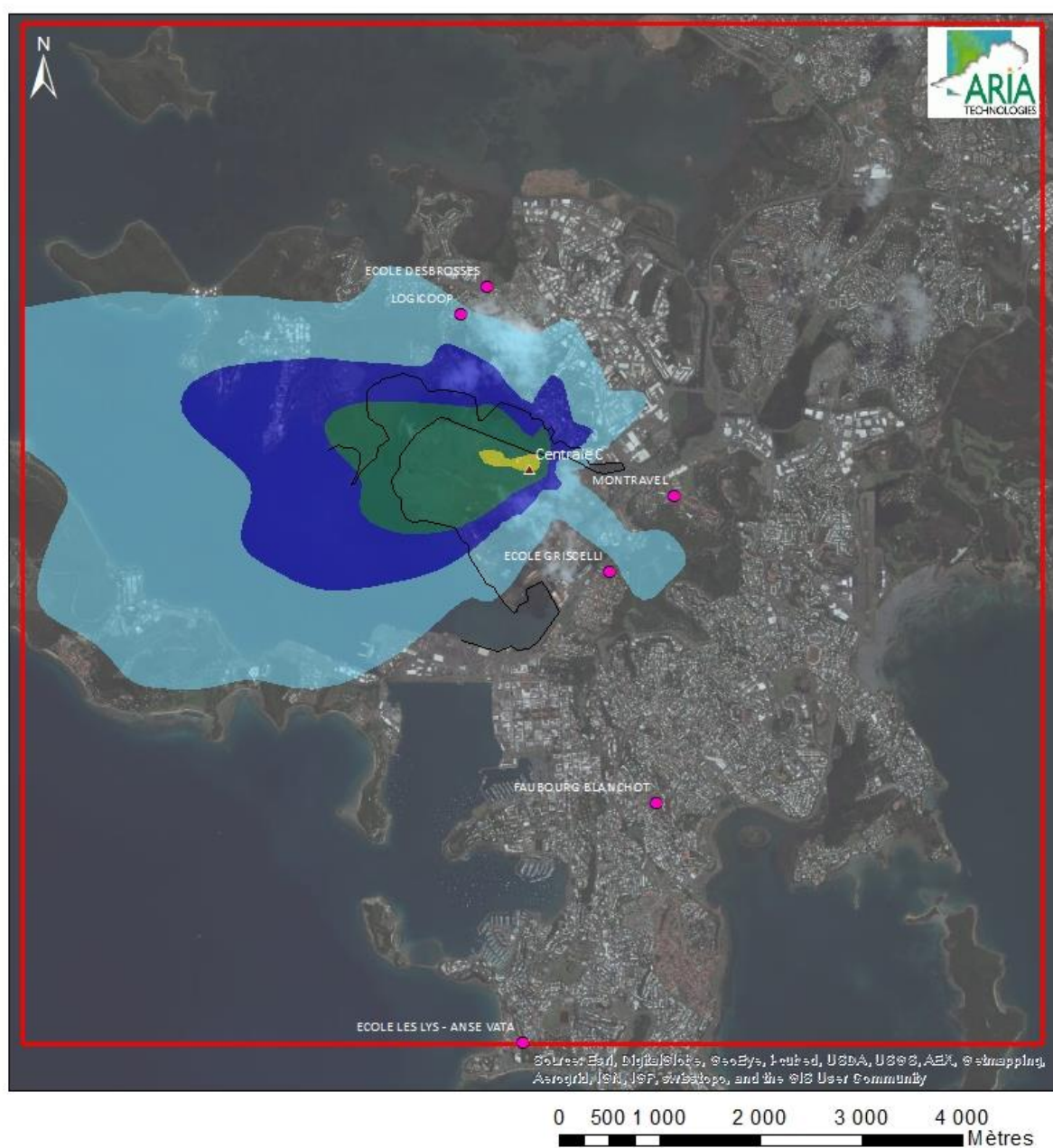
Doniambo Energie

Etude de dispersion atmosphérique en vue d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) - Future centrale thermique au charbon de Doniambo (Nouvelle-Calédonie)

Annexe 3 :

Cartes des dépôts totaux

Figure 37 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le cadmium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)



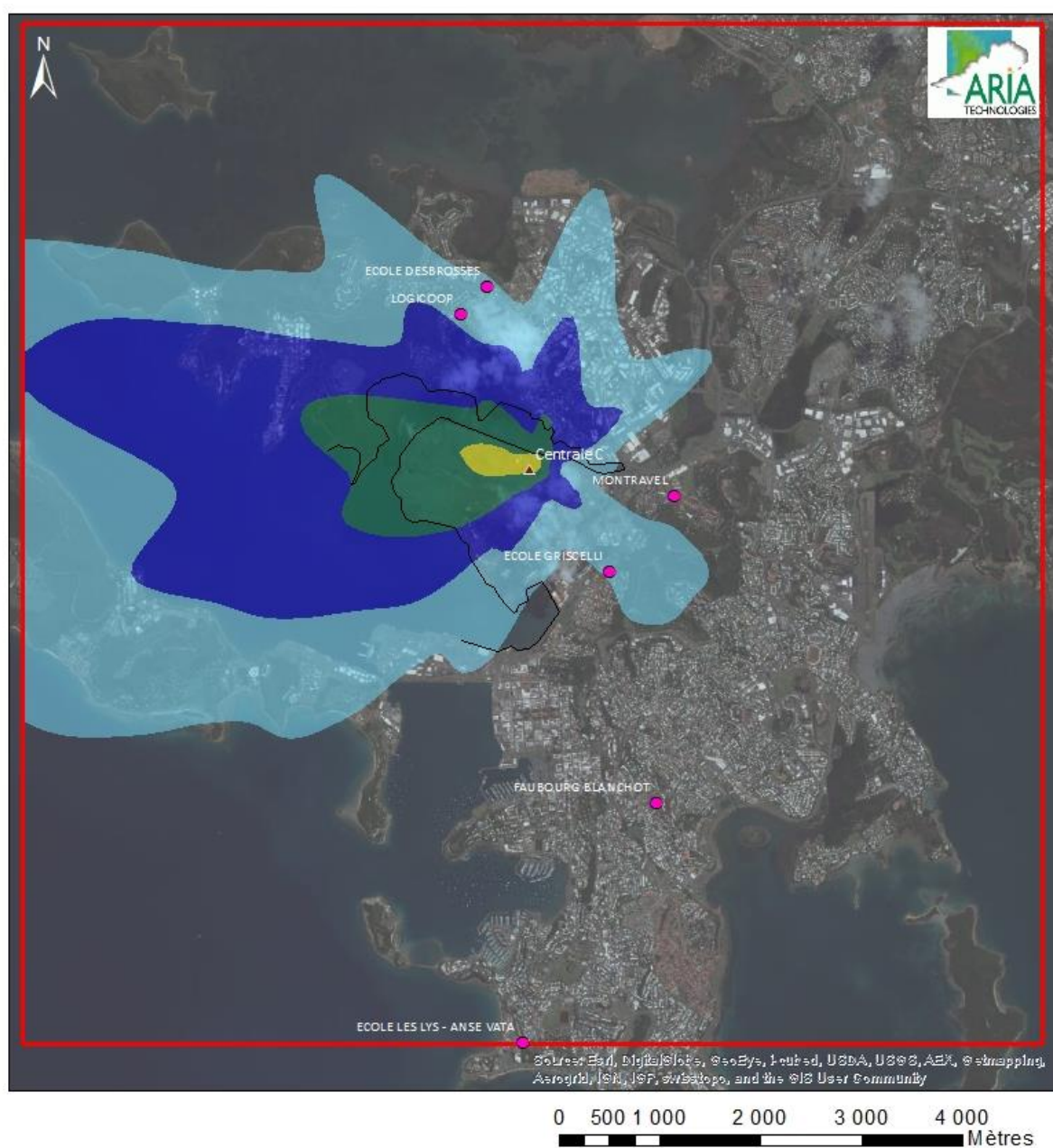
Dépôts totaux (secs + humides)

Cadmium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)

[0 - 0.0005[
[0.0005 - 0.001[
[0.001 - 0.002[
[0.002 - 0.01[
≥ 0.01

Domaine
Sources canalisées
Récepteurs
Contour presqu'île de Doniambo

Figure 38 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les HAPs (ng/m²/s)



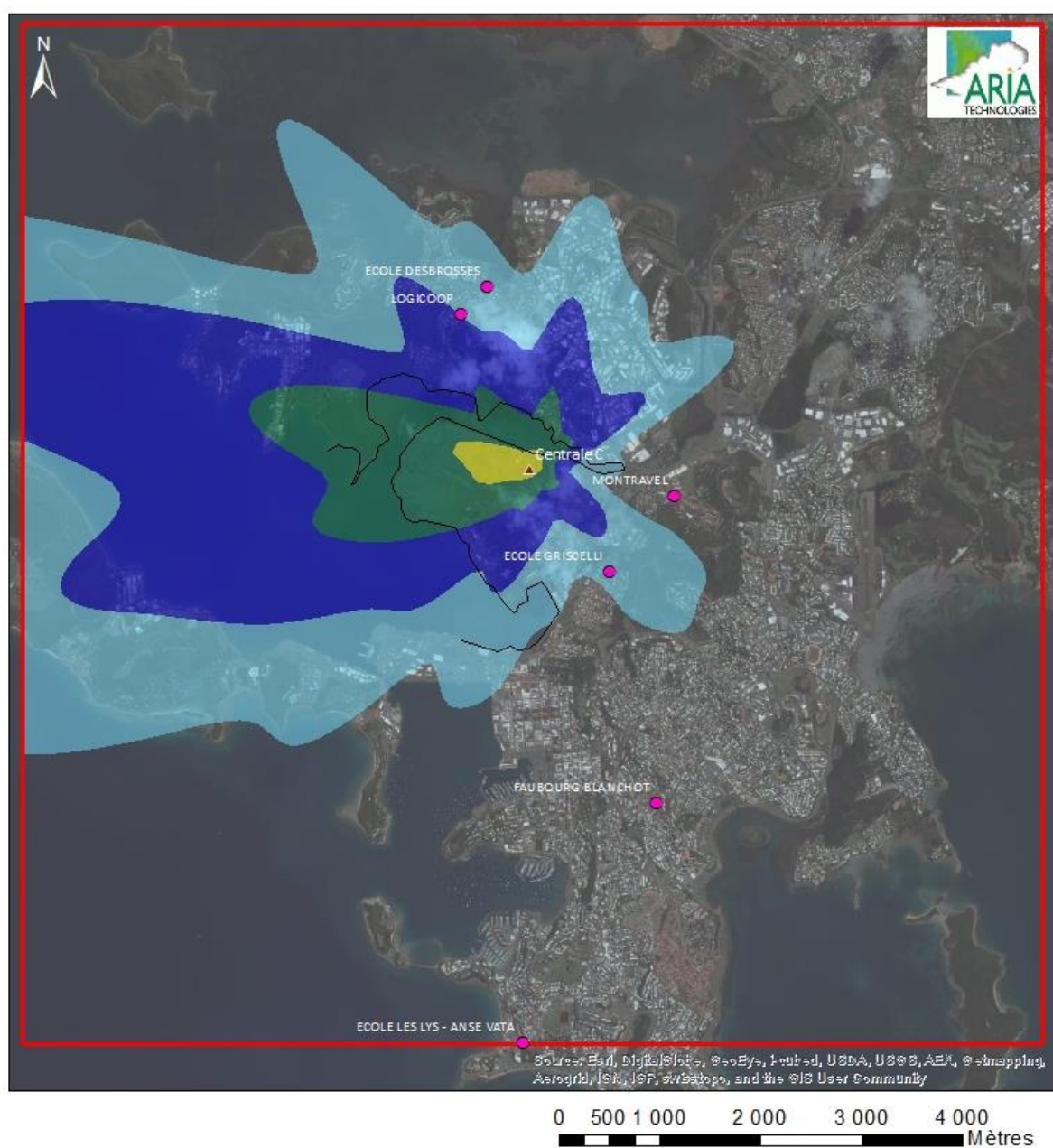
Dépôts totaux (secs + humides)

HAP (ng/m²/s)

[0 - 0.00001[
[0.00001 - 0.00002[
[0.00002 - 0.00005[
[0.00005 - 0.0002[
>= 0.0002

	Domaine
▲	Sources canalisées
●	Récepteurs
—	Contour presqu'île de Doniambo

Figure 39 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le mercure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)



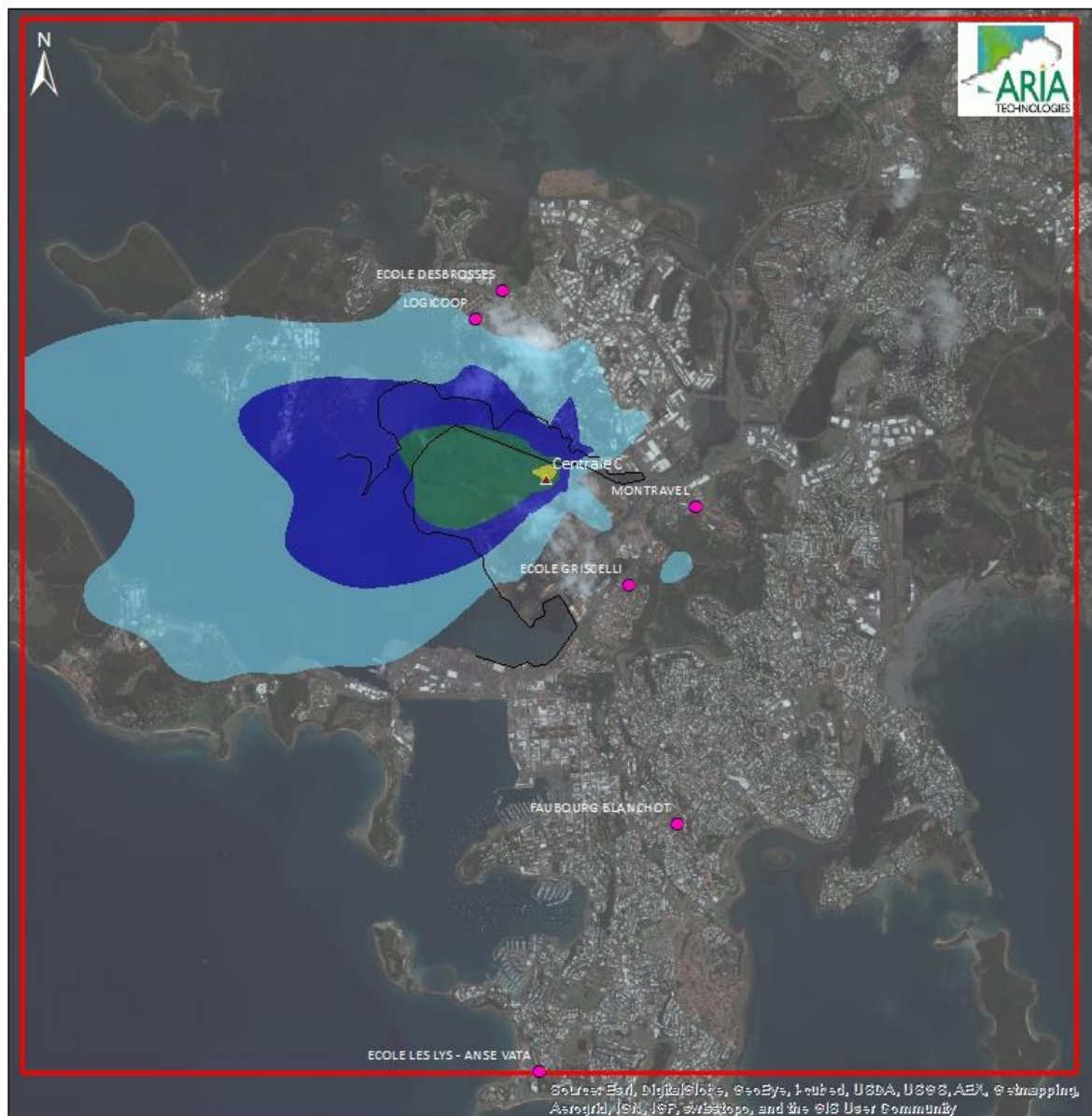
Dépôts totaux (secs + humides)

Mercure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)

[0 - 0.0001[
[0.0001 - 0.0002[
[0.0002 - 0.0005[
[0.0005 - 0.002[
≥ 0.002

	Domaine
▲	Sources canalisées
●	Récepteurs
—	Contour presqu'île de Doniambo

Figure 40 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour la somme arsenic+sélénium+tellure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)



Dépôts totaux (secs + humides)

Arsenic + Sélénium + Tellure ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)

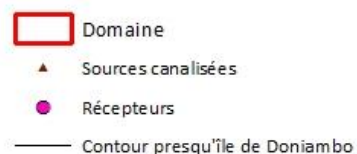
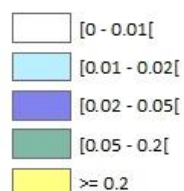
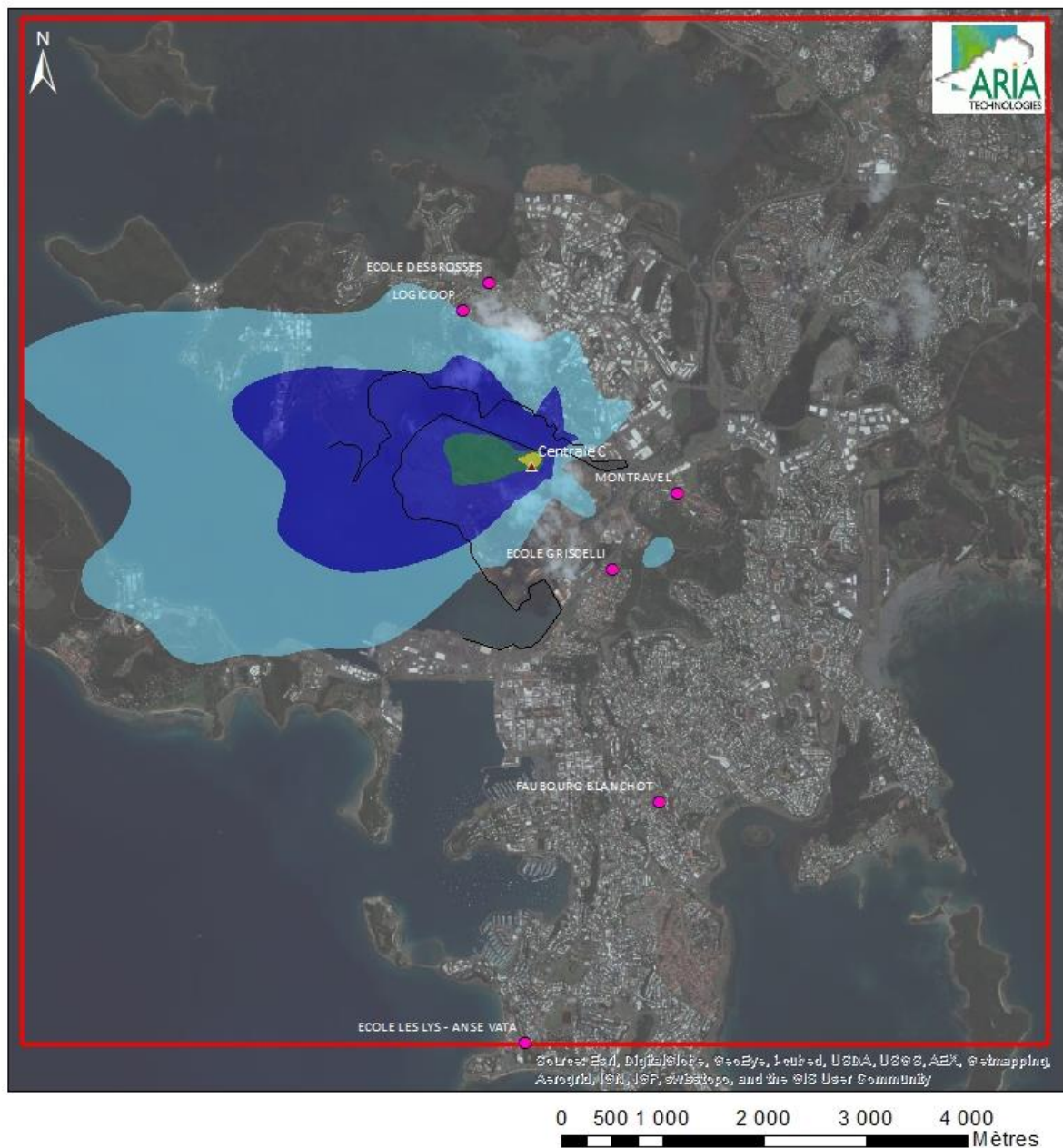


Figure 41 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour la somme antimoine+chrome+cobalt+cuivre+étain+manganèse+nickel+vanadium+zinc (ng/m²/s)



Dépôts totaux (secs + humides)

Antimoine + Chrome + Cobalt+Cuivre+Etain+Manganèse+Nickel+Vanadium+Zinc (ng/m²/s)

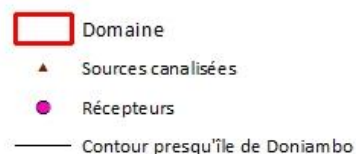
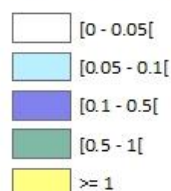
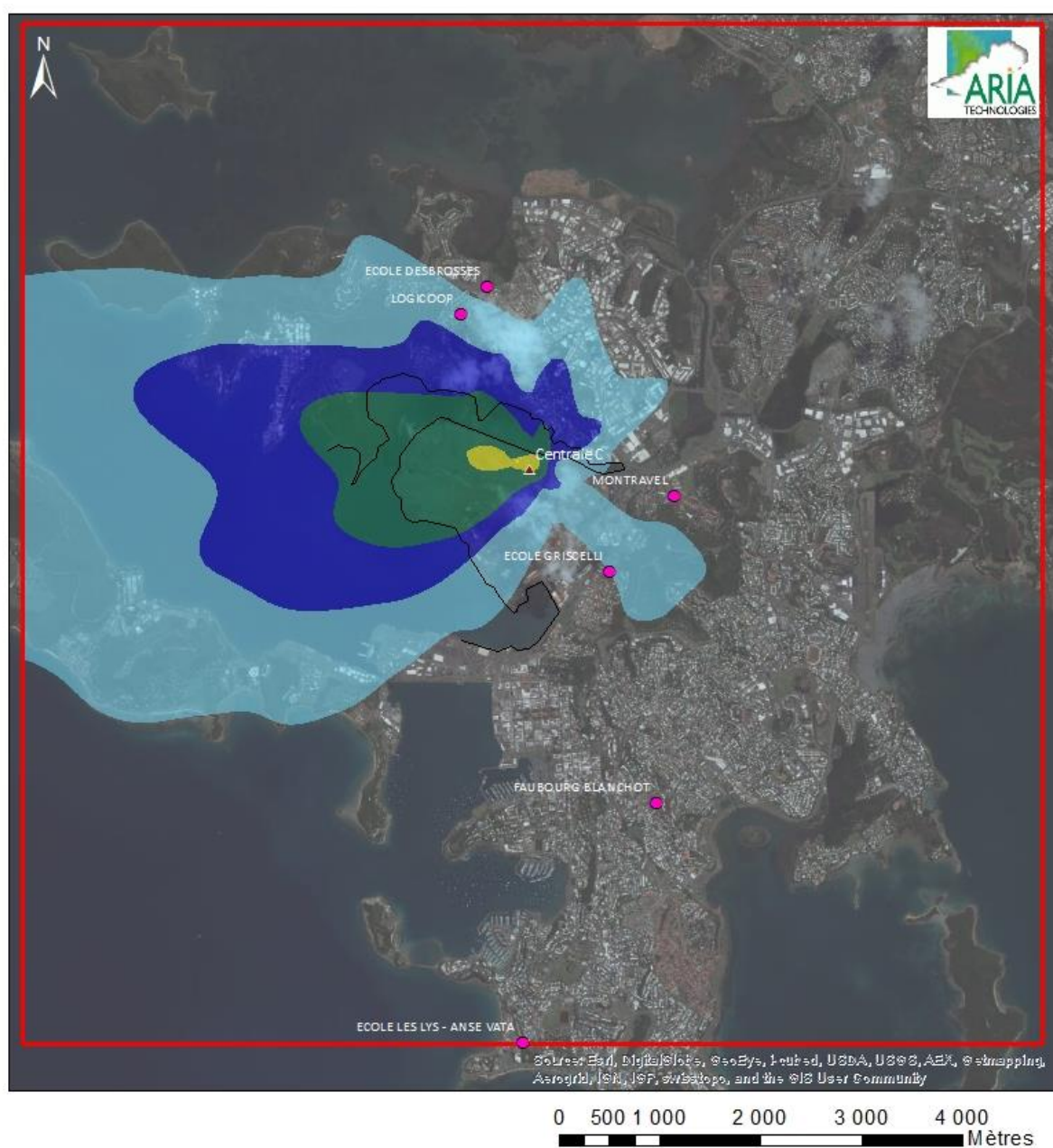


Figure 42 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le plomb ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)



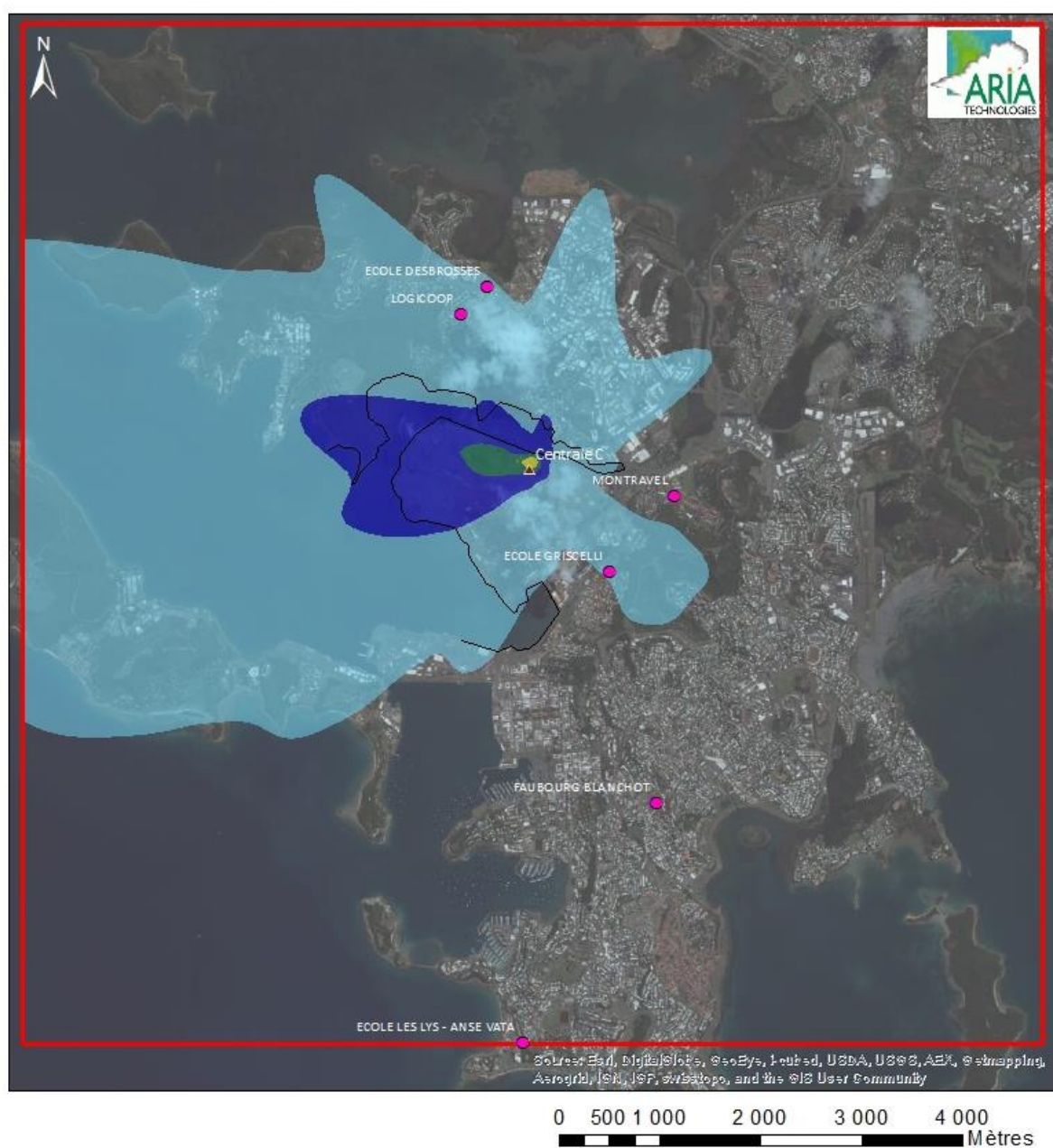
Dépôts totaux (secs + humides)

Plomb ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)

[0 - 0.005[
[0.005 - 0.01[
[0.01 - 0.02[
[0.02 - 0.1[
≥ 0.1

	Domaine
▲	Sources canalisées
●	Récepteurs
—	Contour presqu'île de Doniambo

Figure 43 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les dioxines/furanes (fg/m²/s)



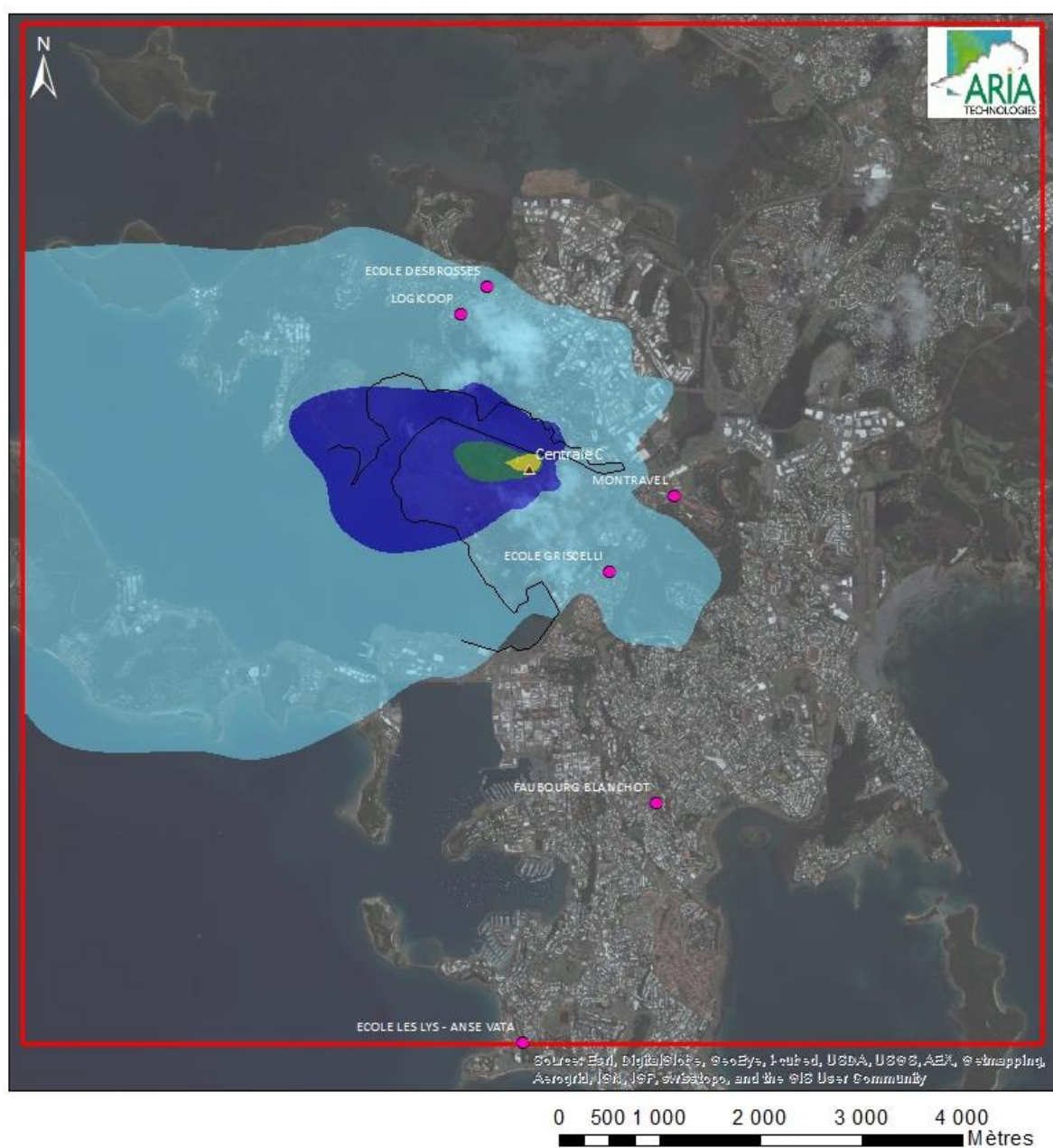
Dépôts totaux (secs + humides)

Dioxines et Furanes (fg/m²/s)

[0 - 0.0001[
[0.0001 - 0.0005[
[0.0005 - 0.002[
[0.002 - 0.005[
>= 0.005

[Red Outline]	Domaine
[Pink Dot]	Sources canalisées
[Pink Dot]	Récepteurs
[Black Line]	Contour presqu'île de Doniambo

Figure 44 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)



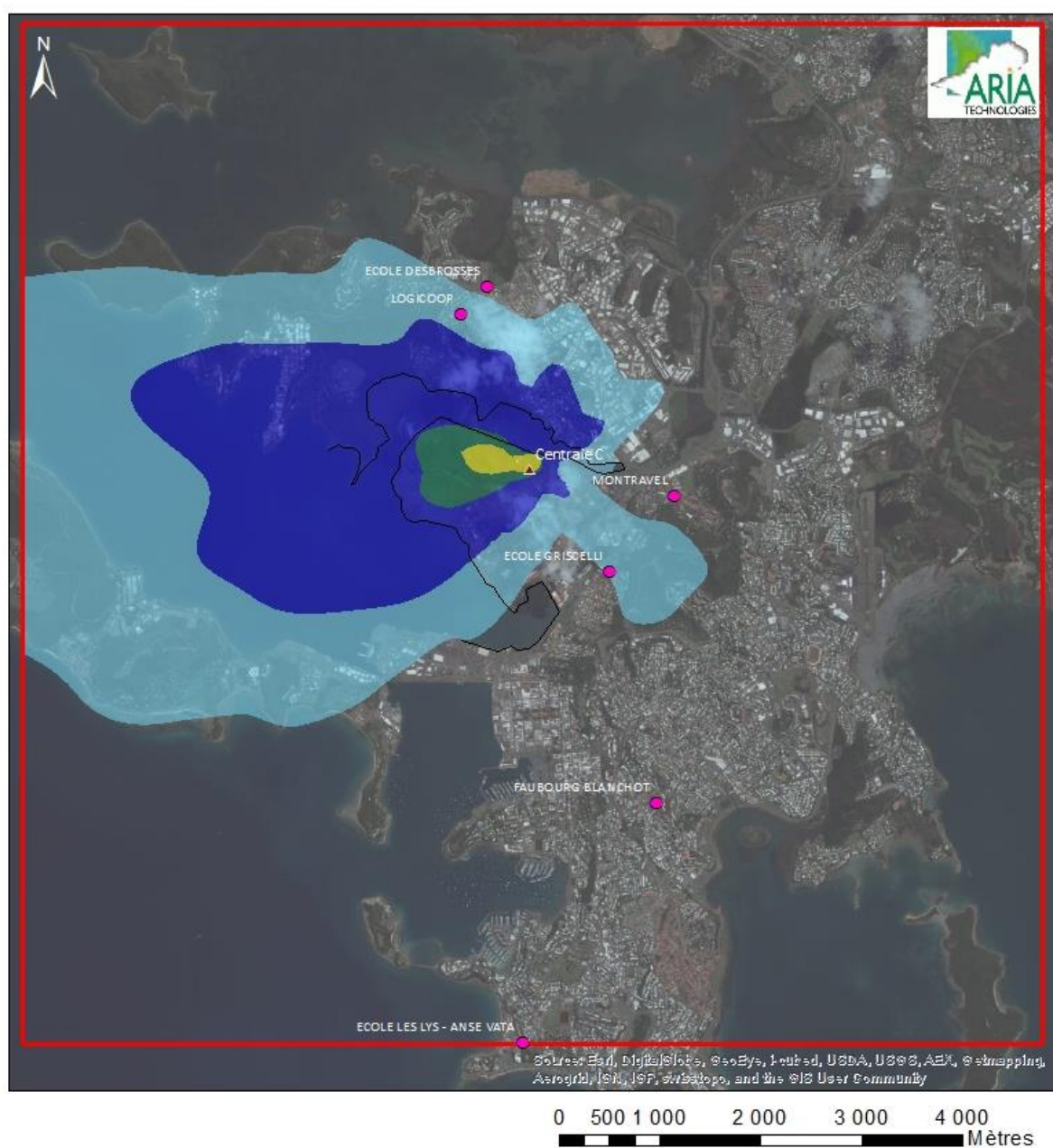
Dépôts totaux (secs + humides)

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

[0 - 0.0002[
[0.0002 - 0.001[
[0.001 - 0.005[
[0.005 - 0.01[
≥ 0.01

	Domaine
▲	Sources canalisées
●	Récepteurs
	Contour presqu'île de Doniambo

Figure 45 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour les PM_{2,5} (µg/m²/s)



Dépôts totaux (secs + humides)

PM_{2,5} (µg/m²/s)

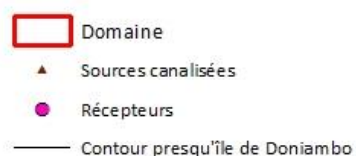
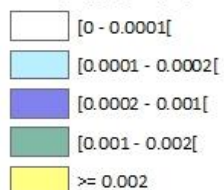
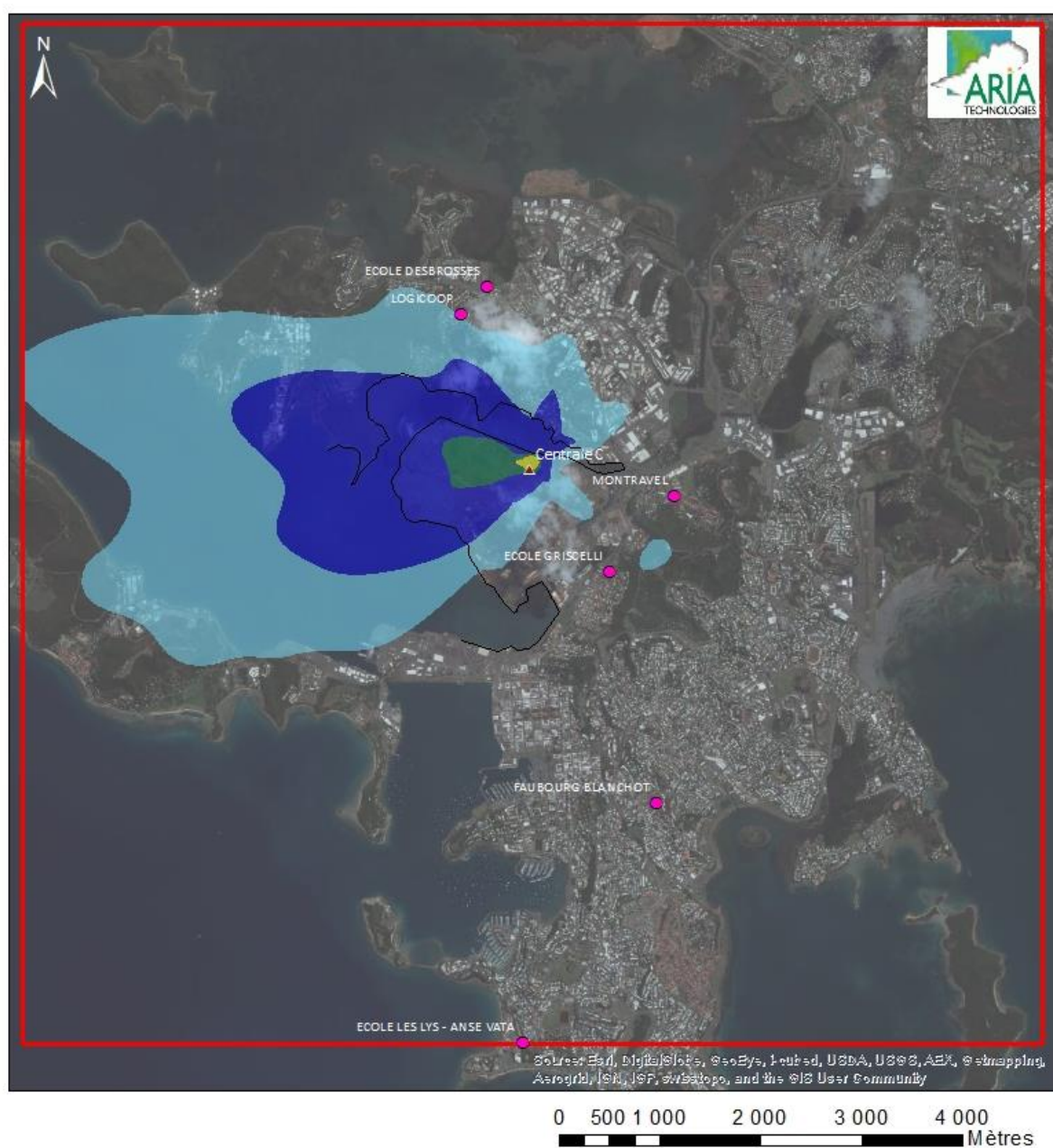


Figure 46 : carte de dépôts totaux (secs + humides) pour le thallium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)



Dépôts totaux (secs + humides)

Thallium ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$)

[0 - 0.0005[
[0.0005 - 0.001[
[0.001 - 0.005[
[0.005 - 0.01[
≥ 0.01

	Domaine
▲	Sources canalisées
●	Récepteurs
—	Contour presqu'île de Doniambo