

DREAL PAYS DE LA LOIRE

Territoire de la CARENE (44)

Etude de zone sur le territoire de la CARENE – Phase 2

Rapport

Réf : 1038549-02 / CACILB213402

RBO / CV / STR

26/07/2023



DREAL PAYS DE LA LOIRE

Territoire de la CARENE (44)

Etude de zone sur le territoire de la CARENE – Phase 2

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	10/07/2023	01	R. BOISSAT 	C. VIENNE 	S TRAVERSE 
Rapport corrigé	26/07/2023	02	R. BOISSAT 	R. BOISSAT 	R. BOISSAT 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : 1038549-02 / CACILB213402
Affaire/GMP	A57977
Domaine technique :	IC06

GINGER BURGEAP Agence Loire-Bretagne •
 ZAC des hauts de Couëron 3
 24 quater rue Jan Palach
 44220 COUËRON
 Tél. 33 (0) 2 40 38 67 06 • burgeap.nantes@groupeginger.com

SOMMAIRE

Préambule	6
1. Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants	10
1.1 Paramètres d'entrée de la modélisation	10
1.2 Résultats de la modélisation.....	11
1.2.1 Calage du modèle	11
1.2.2 Résultats des principales substances	12
2. Catégorisation des substances	14
2.1 Méthodologie générale	14
2.2 Détermination des valeurs de référence – sélection des substances principales – critères 1 et 2	14
2.3 Choix des substances d'intérêt sociétal – critère 3.....	16
2.4 Substances pré-sélectionnées mais écartées de la surveillance	16
2.5 Précisions sur les valeurs de dépôts modélisés	16
2.6 Synthèse des substances d'intérêt proposées pour la stratégie de mesures	17
3. Proposition d'une stratégie de mesures.....	19
3.1 Généralités	19
3.2 Programme de base	19
3.2.1 Proposition de substances à mesurer	19
3.2.2 Milieux pertinents	19
3.2.3 Fréquence et durée des prélèvements.....	21
3.2.4 Méthodes de prélèvement et d'analyse.....	21
3.2.5 Localisation et nombre de points de prélèvements	24
3.2.6 Synthèse	32
3.3 Points particuliers concernant les propositions de mesures dans le cadre du programme de surveillance environnementale.....	34
3.3.1 Cas des mesures de dépôts.....	34
3.3.2 Cas spécifique de la silice cristalline dans le programme de surveillance environnemental.....	37
3.3.3 Cas des mesures au niveau du bois Joalland	38
3.4 Mesures complémentaires – programmes optionnels	38
3.4.1 Programme optionnel n°1 – Autres substances	38
3.4.2 Programme optionnel n°2 – Autres milieux	39
4. Incertitudes	40
4.1 Incertitudes liées à la représentativité des émissions atmosphériques	40
4.2 Incertitudes liées à la modélisation de la dispersion atmosphérique	41
4.2.1 Incertitudes intrinsèques au modèle.....	41
4.2.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée	42

TABLEAUX

Tableau 1 : Rappel des objectifs des différentes phases d'une étude zone et avancement	8
Tableau 2. Substances d'intérêt proposées selon leurs priorités	9
Tableau 3 : Synthèse des paramètres utilisés dans ADM5 pour la modélisation	10
Tableau 4 : Comparaison modèle mesure pour le SO ₂ – Résultats du calage	12
Tableau 5 : Concentration et dépôt maximal modélisé sur l'ensemble du domaine d'étude	13
Tableau 6 : Concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude	14
Tableau 7 : Comparaison des valeurs de dépôts avec les valeurs de référence disponibles	16
Tableau 8 : Synthèse des substances d'intérêt sélectionnées pour l'établissement du programme de mesures	17
Tableau 9 : Détail sur la synthèse des substances d'intérêt sélectionnées pour l'établissement du programme de mesures.....	18
Tableau 10 : Synthèse du schéma conceptuel adapté pour les substances d'intérêt retenues	20
Tableau 11 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Air ambiant	22
Tableau 12 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Sols.....	23
Tableau 13 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Végétaux.....	23
Tableau 14. Mesures complémentaires air ambiant – Programme de base.....	32
Tableau 15 : Extraction des émissions fournies par Air Pays de la Loire pour les mailles 124 et 139 pour le benzène	38
Tableau 16. Rappel de la synthèse du schéma conceptuel pour les composés présents dans le milieu aqueux.....	39
Tableau 17. Complexité de la zone d'étude et de son environnement	41
Tableau 18. Incertitudes sur les données d'entrée du modèle.....	42

FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude retenue	6
Figure 2 : Méthodologie globale de l'étude de zone.....	7
Figure 3 : Concentration moyenne annuelle modélisées en SO ₂	12
Figure 4 : Proposition d'échantillonnage – COV	25
Figure 5 : Proposition d'échantillonnage – NO ₂ /SO ₂	26
Figure 6 : Proposition d'échantillonnage – ETM superposée aux concentrations en nickel modélisées)	27
Figure 7 : Proposition d'échantillonnage – ETM superposée aux concentrations en chrome VI modélisées)	28
Figure 8 : Proposition d'échantillonnage – Benzo(a)Pyrène	29
Figure 9 : Proposition d'échantillonnage – PM.....	30
Figure 10 : Proposition d'échantillonnage – PM.....	31
Figure 11 : Synthèse de la proposition d'échantillonnage – Programme de base.....	33
Figure 12 : proposition d'échantillonnage ETM – Dépôt moyen annuel en nickel	35
Figure 13 : proposition d'échantillonnage HAP – Dépôt moyen annuel en benzo(a)pyrène	36
Figure 14 : Méthodes de mesure de la silice cristalline dans l'air	37

ANNEXES

Annexe 1. Répartition des émissions par priorité et par type d'émetteur

Annexe 2. Rapport de modélisation – NUMTECH

Annexe 3. Synthèse des critères de sélection des substances

Annexe 4. Réponses aux commentaires des membres du COS suite à la réunion du 09 Juin 2023

Préambule

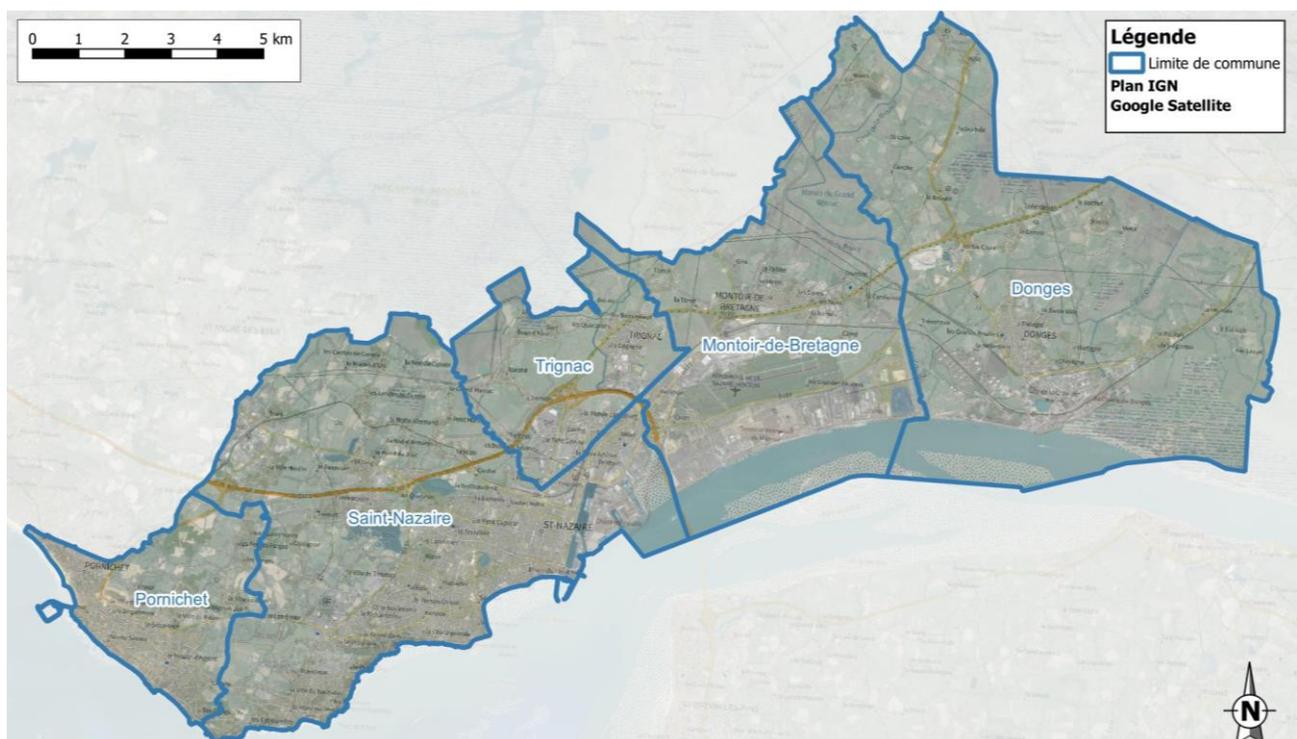
L'étude de zone de la CARENE (Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire) a été engagée en 2021 suite au constat d'indicateurs sanitaires dégradés sur ce territoire (espérance de vie augmentant mais moins vite qu'à l'échelle nationale, sur-incidences de certains cancers) et aux interrogations des acteurs locaux autour des expositions environnementales spécifiquement sur ce secteur.

Les objectifs et le cadre de cette étude ont été définis à partir du programme de travail présenté et concerté lors des réunions du Comité d'Orientation Stratégique (COS) le 28 avril et le 9 juillet 2021.

S'agissant du périmètre géographique, il a été défini une zone d'étude cohérente où se concentrent les populations et les activités économiques. C'est ainsi que quatre communes ont été, dans un premier temps, retenues pour l'étude de zone, à savoir celles de Donges, Montoir-de-Bretagne, Saint-Nazaire et Trignac. Elles concentrent une grande majorité des ICPE du territoire de la CARENE et 75 % de sa population.

A ces quatre communes, a été ajoutée la ville de Pornichet au périmètre de la zone d'étude. Cette intégration fait suite au constat d'une sur-incidence de cancers chez la femme et à l'importance du bassin de population en proximité de la zone de Brais.

Figure 1 : Zone d'étude retenue

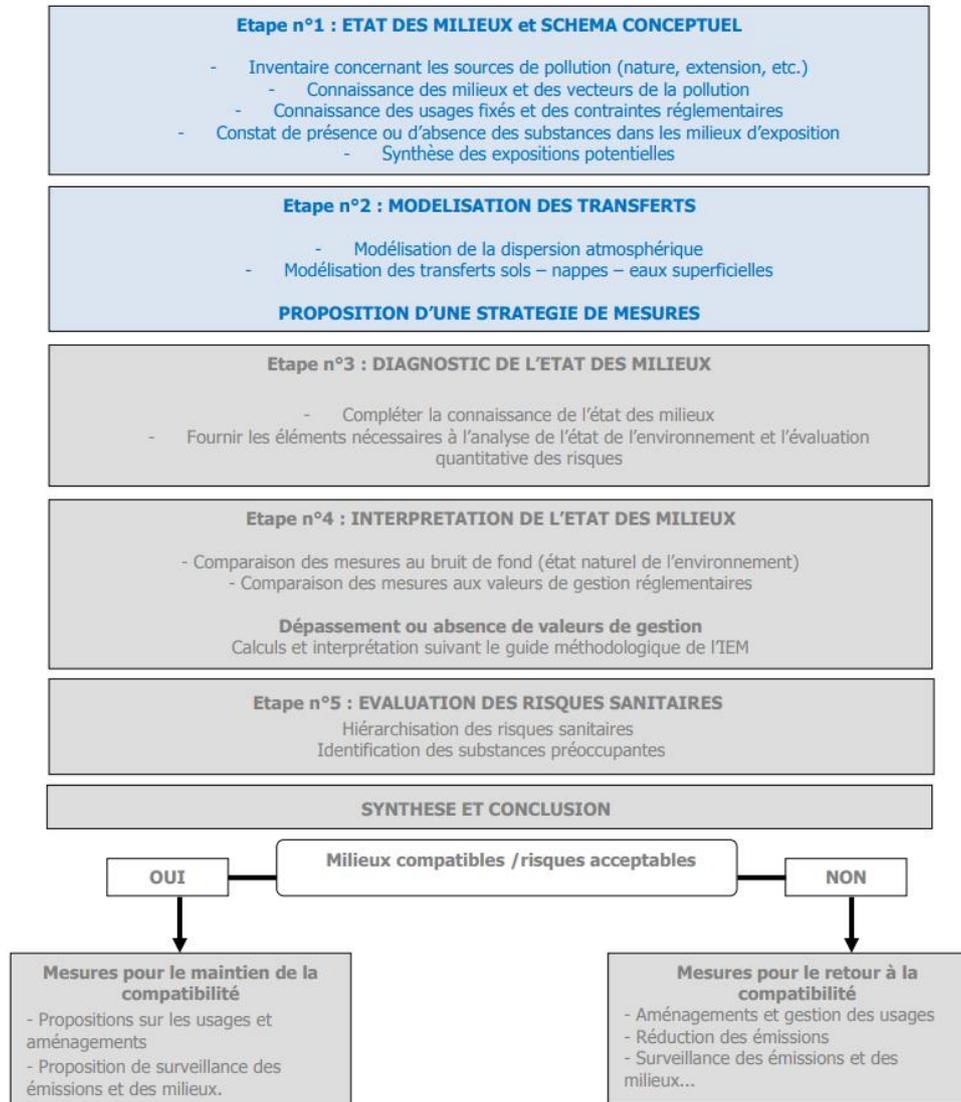


L'étude de zone est destinée à :

- Etablir un état des lieux des émissions des activités locales et de leur influence sur la qualité de l'environnement ;
- Caractériser l'état des milieux potentiellement influencés et leur compatibilité avec les usages ;
- Evaluer les risques sanitaires liés à l'exposition des populations aux polluants présents dans les milieux dégradés, le cas échéant ;
- Identifier et hiérarchiser des actions adaptées pour prévenir les risques sanitaires et réduire les expositions si besoin ;
- Créer une concertation entre les parties prenantes et assurer la transparence et une communication des résultats de l'étude.

L'étude de zone est divisée en 5 phases, décrites dans le « guide pour la conduite d'une étude de zone » (INERIS¹, 2011). Le présent rapport constitue l'étape 2.

Figure 2 : Méthodologie globale de l'étude de zone



Il ne s'agit pas de décrire l'état de santé des populations ni d'établir un lien entre l'environnement et l'état de santé. L'objet est bien d'appréhender les pollutions au regard des effets sanitaires potentiels dans le but d'identifier les actions de gestion pertinentes à mettre en œuvre.

L'étude constitue ainsi in fine un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires du risque, pour l'aménagement concerté et maîtrisé du territoire et un outil d'information à l'attention du public.

Nous rappelons cependant ici que l'objectif de cette phase de l'étude de zone n'est pas de calculer un risque sanitaire, cette étape étant postérieure, comme indiqué dans le résumé du guide pour la conduite d'une étude de zone de l'INERIS dans son résumé exécutif rappelé ci-dessous :

¹ DRC - 11 - 115717-01555B, Guide pour la conduite d'une étude de zone, INERIS (2011)

Tableau 1 : Rappel des objectifs des différentes phases d'une étude zone et avancement

Phase	Avancement dans le cadre de l'étude zone de la CARENE
<p>Phase 1 : état des lieux, schéma conceptuel des expositions</p> <p>Le schéma conceptuel décrit les sources de polluants, les transferts liés aux milieux environnementaux et à leurs usages. Il recense les populations exposées du fait de leurs modes de vie, de leur vulnérabilité et localisations. Il est construit à partir de l'inventaire des informations disponibles sur chacun de ces éléments.</p>	Réalisé
<p>Phase 2 : modélisation de la dispersion atmosphérique et des transferts</p> <p>La modélisation vient en complément des mesures dans l'environnement, incontournables dans le contexte des études de zone, mais ne les remplace pas. Elle apporte les premiers éléments pour la hiérarchisation des sources, polluants et milieux pertinents en vue d'évaluer l'exposition des populations.</p> <p>Elle aide à affiner le contour de la zone d'étude et à choisir l'emplacement des points de prélèvements pour les campagnes de mesures à prévoir ultérieurement.</p>	Objet de ce rapport
<p>Phase 3 : diagnostic de l'état des milieux</p> <p>Les mesures dans l'environnement sont le seul moyen d'évaluer, au moment de l'étude, l'état réel des milieux. Ceci pour caractériser ensuite l'exposition cumulée des populations liée à l'ensemble des sources locales et au bruit de fond. Cette nécessité a été démontrée par le retour d'expérience de l'INERIS sur les premières études de zone. Lorsque des campagnes de mesures sont nécessaires, celles-ci doivent être conçues :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ sur la base du schéma conceptuel d'exposition, des résultats de la modélisation et des autres informations disponibles, ☐ dans l'optique d'en exploiter les résultats pour l'analyse de l'état de l'environnement et l'évaluation quantitative des risques. 	A venir
<p>Phase 4 : analyse de l'état actuel de l'environnement</p> <p>L'état actuel des milieux est qualifié sur la base des concentrations représentatives du bruit de fond local d'une part, et des valeurs de gestion (réglementaires ou non) d'autre part. Cette interprétation permet d'identifier parmi les milieux impactés, ceux qui :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire permettant une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des risques excessifs ; ☐ peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés ; ☐ nécessitent la mise en place d'un plan de gestion complexe. <p>Cette phase permet également de conclure sur la nécessité ou non d'une évaluation quantitative des risques sanitaires ciblée sur les substances, milieux et enjeux pertinents.</p>	A venir
<p>Phase 5 : Évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)</p> <p>Dans une étude de zone, la caractérisation des expositions et des risques sanitaires apporte les éléments pertinents pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ identifier les substances auxquelles les populations peuvent être exposées à des niveaux préoccupants pour leur santé ; ☐ identifier et hiérarchiser les voies d'exposition et les populations concernées ; ☐ comparer et hiérarchiser les contributions respectives aux risques des sources, polluants et/ou milieux de transfert ciblés. <p>Utilisée ainsi, la comparaison des risques attribuables permet de hiérarchiser les mesures de gestion envisagées et d'anticiper leur efficacité.</p>	A venir

Le présent rapport concerne la **phase 2 de l'étude**, correspondant à la **modélisation de la dispersion atmosphérique des composés** identifiés comme **substances d'intérêt** ainsi que la catégorisation des zones impactées et des substances et enfin une **proposition d'une stratégie de mesures**.

Pour rappel, 43 substances d'intérêt sanitaire et 4 traceurs d'activité (présentés dans le tableau ci-dessous) ont été identifiés lors de l'étape d'inventaire et de caractérisation des sources d'émissions atmosphériques de la phase 1.

Tableau 2. Substances d'intérêt proposées selon leurs priorités

Traceurs de risque					Traceur d'activité
Priorité 1	Priorité 2	Priorité 3	Priorité 4	Priorité 5	
1,3-butadiène	Acétaldéhyde	Diisocyanate d'hexaméthylène	1-méthoxy-2-propanol	1,2-dichloroéthylène	PM10
Arsenic	Antimoine	H ₂ S	1.2.3 triméthylbenzène	Acide cyanhydrique	PM2.5
Benzène	Cadmium	Xylènes	Aliphatiques C8-C16		NOx
Benzo(a)Anthracène	Dioxines/furanes		Cuivre		SO ₂
Benzo(a)Pyrène	Dioxyde de titane		Fluoranthène		
Benzo(k)Fluoranthène	Formaldéhyde		Hexane		
Chrome VI	Mercure		Manganèse		
Cobalt	N-méthylpyrrolidone		NH ₃		
dibenzo(ah)anthracène	PCB		Sélénium		
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Phénol		Tungstène		
Naphtalène	Silice cristalline		Vanadium		
Nickel	Tetraborate de disodium		Zinc		
Plomb	Toluène				

Pour rappel, les principes de sélection établis lors de la phase 1 sont détaillés ci-dessous :

- Priorité 1: composés CMR disposant d'une VTR sans seuil et calcul de l'Indice brut (Flux * ERU) > 1% de la somme des Indices bruts → 13 substances
- Priorité 2: Ensemble des substances CMR indépendamment de l'indice brut → 13 substances supplémentaires
- Priorité 3: Substances présentant des effets à seuil (VTR) et calcul du Ratio brut (Flux / VTR) > 1% du ratio max (HCN et dioxines) → 3 substances supplémentaires
- Priorité 4: Substances présentant des effets à seuil (VTR) et calcul du Ratio brut (Flux / VTR) > 1% du 2ème ratio max (hors HCN et dioxines) → 12 substances supplémentaires
- Priorité 5: Substances retenues émises par un seul site notable → 2 substances supplémentaires (dont HCN)
- Traceurs d'activité : PM, NO₂ et SO₂

Cette sélection des substances d'intérêt est issue de la phase 1 de l'étude de zone, dont le détail est présenté dans le paragraphe 8.5 du rapport RACILB04802

1. Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants

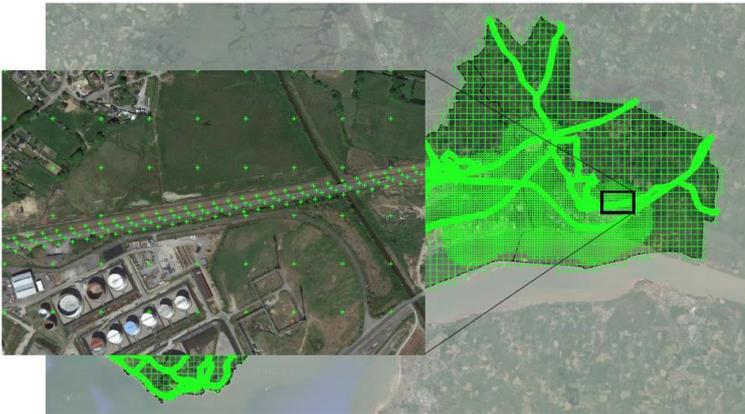
L'objectif de la modélisation de la dispersion atmosphérique des substances d'intérêt retenues est, avant tout, de **localiser** et de **hiérarchiser** les secteurs impactés par les émissions atmosphériques identifiées, **en particulier ceux impactés par plusieurs sources**, et ce afin de pouvoir disposer d'informations permettant de **définir une stratégie de mesures** argumentée. Cette modélisation a été réalisée par NUMTECH à l'aide du logiciel ADMS URBAN. Le rapport complet de modélisation, réalisé par NUMTECH, est proposé en Annexe 2.

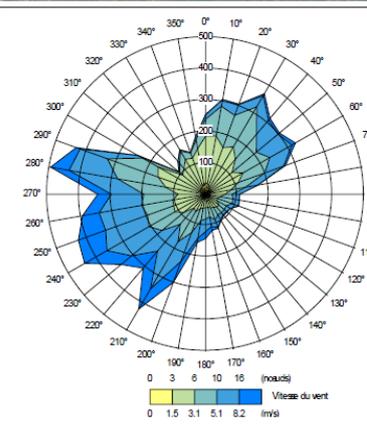
Les paragraphes suivants reprennent les principaux éléments relatifs à la modélisation de la dispersion atmosphérique.

1.1 Paramètres d'entrée de la modélisation

Les différents paramètres retenus pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Synthèse des paramètres utilisés dans ADM5 pour la modélisation

Paramètre	Données utilisées	Commentaire
Domaine de modélisation	<input checked="" type="checkbox"/> Domaine d'étude <input type="checkbox"/> Autre	Dimensions : 5 communes concernées par l'étude Résolution : Fonction de la présence de sources et de populations (environ 50000 points de calcul) 
Données météorologiques locales	<input checked="" type="checkbox"/> Observations réelles <input type="checkbox"/> Données modélisées <input type="checkbox"/> Données statistiques	<input checked="" type="checkbox"/> Vitesse du vent <input checked="" type="checkbox"/> Direction du vent <input checked="" type="checkbox"/> Températures <input checked="" type="checkbox"/> Précipitations <input checked="" type="checkbox"/> Nébulosité totale <input checked="" type="checkbox"/> Période considérée : 2019, 2020, 2021 <input checked="" type="checkbox"/> Fréquence des données : tri-horaires Localisation de la station : Aéroport de Saint-Nazaire Montoir
	Total des données utilisées	Nombre de données totales : 8 760
	Conditions de vent calme : <input checked="" type="checkbox"/> Pris en compte <input type="checkbox"/> Non pris en compte	Module de vents calmes utilisé



Polluants modélisés	<input checked="" type="checkbox"/> Polluants gazeux <input checked="" type="checkbox"/> Polluants particulaires	47 Composés présentés au paragraphe « Sélection des substances d'intérêt »
Sources modélisées	<input checked="" type="checkbox"/> Ponctuelle <input checked="" type="checkbox"/> Linéique <input checked="" type="checkbox"/> Surfaique <input checked="" type="checkbox"/> Volumique	Sources modélisées : 1359 Emissions industrielles : 352 <ul style="list-style-type: none"> • Ponctuelles : 266 • Surfaiques : 9 • Volumiques : 77 Autres émissions (Cadastre AIR PL) : 1007 <ul style="list-style-type: none"> • Transport routier : 736 • Cellules cadastrales : 271
Variation temporelle	<input checked="" type="checkbox"/> Facteurs d'émissions mensuels <input checked="" type="checkbox"/> Facteurs d'émissions horaires	Prise en compte de la variabilité temporelle des émissions lorsqu'elle est connue
Nature des sols	<input checked="" type="checkbox"/> Variable <input type="checkbox"/> Fixe	Prise en compte du relief (IGN) et de la rugosité (Corine Land Cover)
Paramètres calculés en sortie	<input checked="" type="checkbox"/> Concentration moyenne annuelle <input checked="" type="checkbox"/> Dépôt moyen annuel total (sec et humide)	Hauteur de calcul : 1.5 mètre au-dessus du sol pour les concentrations dans l'air ambiant et 0 mètres pour les dépôts au sol.

1.2 Résultats de la modélisation

1.2.1 Calage du modèle

Afin de valider le modèle de dispersion, des comparaisons avec les mesures des stations du réseau AIR Pays de la Loire ont été effectuées par NUMTECH. Ce travail permet en outre d'ajuster et de valider les paramètres du modèle présentés dans le paragraphe précédent.

Ce « calage » a, dans un premier temps, porté sur le polluant gazeux classiquement mesuré par le réseau de surveillance et étant considéré comme le polluant « traceur » de la pollution industrielle de la zone, à savoir le **dioxyde de soufre (SO₂)**.

Suite à ce travail, il apparaît qu'une bonne restitution globale, avec des écarts entre les résultats obtenus par modélisation et ceux mesurés par les stations de mesures ATMO Air Pays de la Loire présentes sur la zone d'étude inférieurs à +/- 30% sur la quasi intégralité des emplacements des stations (à l'exception de Bonne Fontaine où la surestimation est plus importante en pourcentage mais faible en valeur absolue (moins de 1 µg/m³).

Figure 3 : Concentration moyenne annuelle modélisées en SO₂

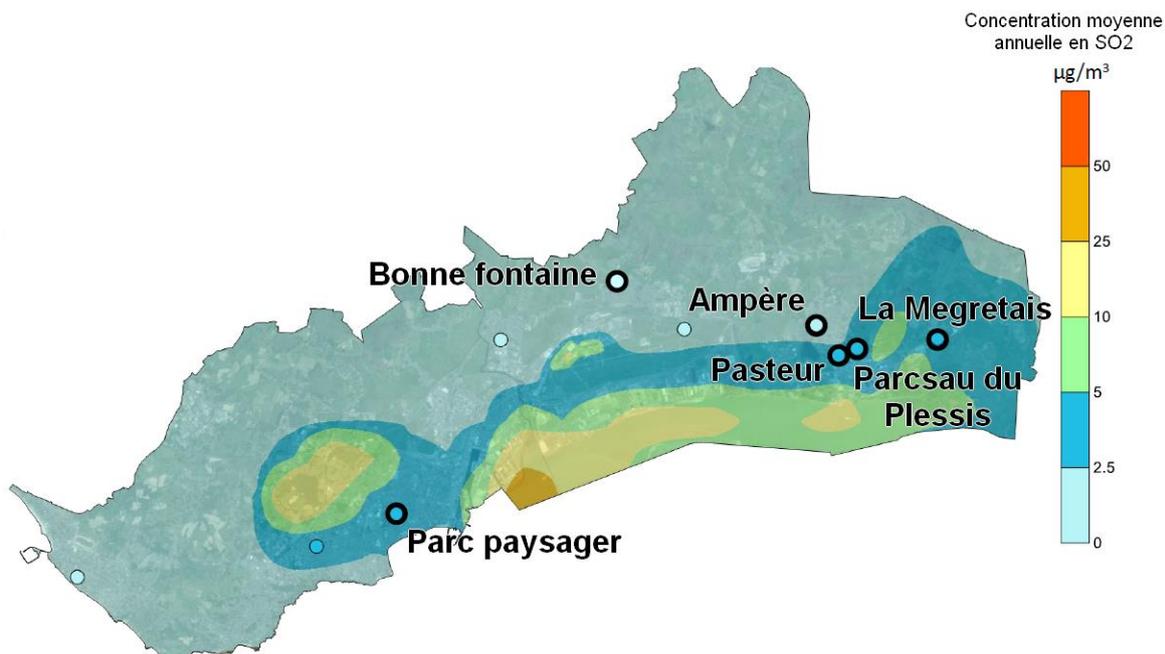
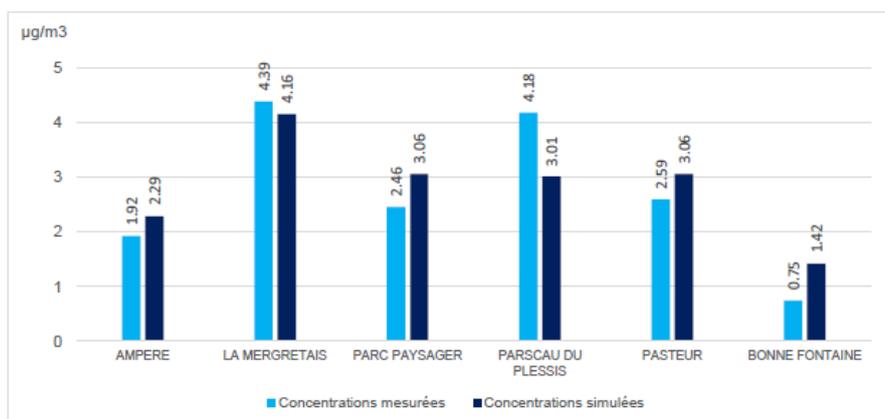


Tableau 4 : Comparaison modèle mesure pour le SO₂ – Résultats du calage



Source : NUMTECH

1.2.2 Résultats des principales substances

Le tableau ci-dessous présente les concentrations et dépôts maximum modélisés sur l'ensemble du domaine d'étude.

Ces concentrations et dépôts maximums, situés sur l'un des 50 000 points de calcul inclus dans le maillage, ne signifie pas que celui-ci se situe au niveau d'une zone présentant un usage (population riveraine notamment).

Il est ainsi nécessaire de réaliser, suite à cette modélisation, une **catégorisation des substances pertinentes** à intégrer dans une **proposition de stratégie de mesures**.

Tableau 5 : Concentration et dépôt maximal modélisé sur l'ensemble du domaine d'étude

Priorité	Famille	Substances	Concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépôt maximal modélisé sur l'ensemble du domaine d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
1	COV	1,3-butadiène	0.15	-
1	Métaux	Arsenic	4.6E-04	2.7E-06
1	COV	Benzène	32.10	-
1	HAP	Benzo(a)Anthracène	4.9E-04	3.0E-06
1	HAP	Benzo(a)Pyrène	2.0E-04	1.1E-06
1	HAP	Benzo(k)Fluoranthène	2.1E-04	1.2E-06
1	Métaux	Chrome VI	0.01	6.7E-05
1	Métaux	Cobalt	0.02	8.3E-05
1	HAP	dibenzo(ah)anthracène	4.9E-05	2.8E-07
1	HAP	indéno(1,2,3-cd)pyrène	1.9E-04	1.1E-06
1	HAP	Naphtalène	1.2E-05	-
1	Métaux	Nickel	0.05	3.1E-04
1	Métaux	Plomb	0.02	1.3E-04
2	COV	Acétaldéhyde	0.08	-
2	Métaux	Antimoine	1.4E-05	1.7E-07
2	Métaux	Cadmium	3.5E-05	2.0E-07
2	PCDD/Fs	Dioxines/furanes	6.5E-10	3.0E-12
2	Polluant spécifique	Dioxyde de titane	0.07	1.4E-04
2	COV	Formaldéhyde	0.54	-
2	Métaux	Mercuré	6.1E-05	4.6E-07
2	Polluant spécifique	N-méthylpyrrolidone	0.03	-
2	PCB	PCB	1.3E-06	5.4E-09
2	COV	Phénol	1.2E-03	-
2	Polluant spécifique	Silice cristalline	13.40	9.6E-02
2	Polluant spécifique	Tetraborate de disodium	0.10	5.0E-04
2	COV	Toluène	18.00	-
3	Polluant spécifique	diisocyanate d'hexaméthylène	0.01	-
3	Polluant spécifique	H ₂ S	0.18	-
3	COV	Xylènes	26.70	-
4	COV	1-méthoxy-2-propanol	127.33	-
4	COV	1.2.3 triméthylbenzène	0.76	-
4	COV	Aliphatiques C8-C16	17.08	-
4	Métaux	Cuivre	0.07	4.0E-04
4	HAP	Fluoranthène	0.01	-
4	COV	Hexane	3199.03	-
4	Métaux	Manganèse	0.09	5.2E-04
4	Polluant spécifique	NH ₃	5.49	-
4	Métaux	Sélénium	1.2E-04	6.6E-07
4	Métaux	Tungstène	0.04	2.1E-04
4	Métaux	Vanadium	1.8E-04	8.3E-06
4	Métaux	Zinc	0.08	4.6E-04
5	COV	1,2-dichloroéthylène	5.06	-
5	Polluant spécifique	Acide cyanhydrique	0.11	-
6	Polluant général	NO ₂	78.80	-
6	Polluant général	SO ₂	41.26	-
6	Polluant général	PM10	30.50	8.9E-01
6	Polluant général	PM2.5	11.00	6.4E-02

2. Catégorisation des substances

2.1 Méthodologie générale

La modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants présentée dans le paragraphe précédent a permis de déterminer, sur l'ensemble du domaine d'étude, les concentrations et les dépôts maximums, aboutissant ainsi à des valeurs « brutes ». Il est cependant nécessaire de déterminer, au vu du grand nombre de substances modélisées, lesquelles sont pertinentes à intégrer dans la phase 3 relative au diagnostic de l'état des milieux.

Pour cela, il peut être défini, comme indiqué par l'INERIS dans son « Guide pour la conduite d'une étude de zone », une **zone d'impact** comme la zone dans laquelle les **concentrations modélisées** dépassent des **valeurs repères** (pouvant être définies à partir de valeurs telles que les limites réglementaires, d'objectifs de qualité, valeurs toxicologiques de référence, bruit de fond géochimique, ...).

La catégorisation et la hiérarchisation des substances conservées pour la phase suivante est ainsi basée sur cette méthodologie, à savoir si pour chaque substance modélisée, **il existe une zone d'impact sur le domaine d'étude** au sens défini précédemment (à savoir une zone présentant un dépassement d'une valeur repère, définie dans la suite du rapport).

- Critère 1 : Si tel est le cas, la substance est retenue et une représentation cartographique des concentrations dont l'échelle est basée sur les valeurs repères sélectionnées, sera proposée afin d'identifier les zones d'impact et corréliser ces dernières avec les cibles potentielles ;
- Critère 2 : Si une substance n'est pas retenue par cette méthode, elle pourra être tout de même conservée dans un second temps si elle présente un intérêt sociétal (inquiétude de la population) ou si une incertitude importante subsiste quant à la prise en compte de certaines sources (difficultés dans l'estimation des émissions) ;
- Si à l'issue de ces 2 étapes, la substance n'est pas retenue, alors celle-ci ne sera pas conservée dans la suite de l'étude zone.

2.2 Détermination des valeurs de référence – sélection des substances principales – critères 1 et 2

Conformément aux informations présentées précédemment, les valeurs repères seront déterminées à partir des **concentrations modélisées dans l'air ambiant**, sur la base de la méthodologie suivante :

- Pour chacune des substances, la **valeur repère** retenue correspond à la **valeur toxicologique de référence (VTR) par inhalation pour les effets à seuil** ou la **valeur guide OMS 2021** ;
- En cas de **dépassement du 1/10^{ème} de la valeur repère** (sur l'ensemble du domaine d'étude), **la substance est conservée dans le plan d'échantillonnage** comme issue de la première phase de sélection.

Tableau 6 : Concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude

Priorité	Substances	Concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur repère (VTR à seuil ou VG OMS 2021) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépassement de 1/10 ^{ème} de la valeur repère retenue ?
1	1,3-butadiène	0.15	2	Non
1	Arsenic	4.6E-04	0.015	Non
1	Benzène	32.10	10	Oui
1	Benzo(a)Anthracène	4.9E-04	-	Non
1	Benzo(a)Pyrène	2.0E-04	0.002	Oui
1	Benzo(k)Fluoranthène	2.1E-04	-	Non
1	Chrome VI	0.01	0.03	Oui
1	Cobalt	0.02	0.1	Oui
1	dibenzo(ah)anthracène	4.9E-05	-	Non
1	indéno(1,2,3-cd)pyrène	1.9E-04	-	Non

Priorité	Substances	Concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur repère (VTR à seuil ou VG OMS 2021) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépassement de 1/10 ^{ème} de la valeur repère retenue ?
1	Naphtalène	1.2E-05	37	Non
1	Nickel	0.05	0.23	Oui
1	Plomb	0.02	-	Non
2	Acétaldéhyde	0.08	160	Non
2	Antimoine	1.4E-05	0.3	Non
2	Cadmium	3.5E-05	0.3	Non
2	Dioxines/furanes	5.6E-12	-	Non
2	Dioxyde de titane	0.07	0.12	Oui
2	Formaldéhyde	0.54	123	Non
2	Mercure	6.1E-05	0.2	Non
2	N-méthylpyrrolidone	0.03	300	Non
2	PCB	1.3E-06	1	Non
2	Phénol	1.2E-03	200	Non
2	Silice cristalline	13.40	3	Oui
2	Tetraborate de disodium	0.10	-	Non
2	Toluène	18.00	19000	Non
3	diisocyanate d'hexaméthylène	0.01	0.07	Non
3	H ₂ S	0.18	2	Non
3	Xylènes	26.70	100	Oui
4	1-méthoxy-2-propanol	127.33	2000	Non
4	1.2.3 triméthylbenzène	0.76	60	Non
4	Aliphatiques C8-C16	17.08	1000	Non
4	Cuivre	0.07	1	Non
4	Fluoranthène	0.01	-	Non
4	Hexane	3199.03	3000	Oui
4	Manganèse	0.09	0.3	Oui
4	NH ₃	5.49	500	Non
4	Sélénium	1.2E-04	20	Non
4	Tungstène	0.04	-	Non
4	Vanadium	1.8E-04	0.1	Non
4	Zinc	0.08	-	Non
5	1,2-dichloroéthylène	5.06	60	Non
5	Acide cyanhydrique	0.11	0.8	Oui
6	NO ₂	78.80	10	Oui
6	SO ₂	41.26	50	Oui
6	PM10	30.50	15	Oui
6	PM2.5	11.00	5	Oui

Nous rappelons à nouveau que cette sélection est basée sur la concentration maximale modélisée sur l'ensemble du domaine d'étude, et qu'une valeur modélisée supérieure à la valeur repère n'est pas liée à un risque sanitaire (absence potentielle d'usage, temps d'exposition non intégrés, ...)

Au final, 15 substances présentent, sur au moins un point de calcul de l'ensemble du domaine d'étude, un dépassement du 10^{ème} de la valeur repère retenue, à savoir :

- 3 COV : le benzène, l'hexane et les xylènes
- 4 métaux : le chrome VI, le cobalt, le nickel et le manganèse
- 1 HAP : le benzo(a)pyrène
- 4 polluants généraux : les PM10, les PM2.5, le NO₂ et le SO₂
- 3 polluants spécifiques : l'acide cyanhydrique, la silice cristalline et le dioxyde de titane

Il est ensuite vérifié si une substance **non retenue par cette méthodologie** ne présente pas de **dépassement pour les effets sans seuil par inhalation** à l'aide de la comparaison à la concentration équivalente associée à un **ERI supérieur à 1/10^{ème} de la valeur repère de 10⁻⁵**.

Cette analyse permet d'intégrer une substance potentiellement pertinente d'un point de vue sanitaire qui n'aurait pas été sélectionnée initialement : le **1,3 butadiène**, à la sélection des substances précédemment sélectionnées. **Toutes les autres substances dont la concentration modélisée est supérieure au 1/10^{ème} de la valeur repère ayant été retenues sur la base de la VTR à seuil (à savoir le benzène, le chrome VI, le cobalt et le nickel).**

2.3 Choix des substances d'intérêt sociétal – critère 3

De par leur caractère cancérigène pour les effets à seuil et sans seuil par inhalation et/ou ingestion et de par les attentes sociétales dans la zone d'étude, il est proposé d'intégrer les substances suivantes dans la suite de l'étude (**troisième phase de sélection**) et le plan d'échantillonnage : **arsenic, cadmium et plomb** ; et ce malgré leur non prise en compte sur les bases des résultats de la modélisation et de la sélection des substances sur des critères sanitaires.

2.4 Substances pré-sélectionnées mais écartées de la surveillance

Parmi les substances précédemment sélectionnées, il est proposé d'écarter certaines substances précédemment définies sur la base des argumentaires suivants :

- Le dioxyde de titane, dont le site émetteur est en cessation d'activité, et l'intégration dans une campagne de mesures à venir n'est ainsi plus pertinente ;
- L'acide cyanhydrique, polluant spécifique émis par une seule activité (selon les bases de données collectées lors de la phase 1) et dont la surveillance environnementale est déjà réalisée par l'exploitant autour de son installation.

2.5 Précisions sur les valeurs de dépôts modélisés

En ce qui concerne les substances particulaires, les valeurs de dépôts totaux peuvent également être un critère de sélection de la substance. Cependant, concernant ce paramètre, il n'existe pas de valeur de référence sanitaire (valeur toxicologique de référence ou valeur guide OMS), mais uniquement des gammes de dépôt généralement observée dans le cadre d'environnements spécifiques, et sont proposés par l'INERIS dans le « Document complémentaire au guide de surveillance dans l'air autour des installations classées » (Novembre 2016), qui propose des valeurs de dépôts pour 5 éléments traces métalliques (mercure, arsenic, cadmium, plomb et nickel) ainsi que les HAP (dont le benzo(a)pyrène) et les dioxines et furanes.

Tout d'abord, il est à noter que parmi les substances présentant une valeur de référence, **la quasi-intégralité a été retenue par les précédents critères de sélection (arsenic, nickel, plomb, cadmium et benzo(a)pyrène)**. Pour les 2 autres substances (mercure et dioxines furanes), le point d'impact maximal théorique déterminé par modélisation sur l'ensemble du domaine d'étude est **bien inférieur aux valeurs de référence proposées par l'INERIS**.

Tableau 7 : Comparaison des valeurs de dépôts avec les valeurs de référence disponibles

Substances	Dépôt maximal modélisé sur l'ensemble du domaine d'étude		Valeur de référence INERIS ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)		Norme NF EN 15980
	($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Urbain	Rural	
Arsenic	2.7E-06	0.23	1.3	0.98	-
Benzo(a)Pyrène	1.1E-06	0.10	-	-	0.05 – 0.18
Nickel	3.1E-04	26.78	4	2.6	-
Plomb	1.3E-04	11.23	26	7	-
Cadmium	2.0E-07	0.02	0.6	0.5	-
Dioxines/furanes	3.0E-12	2.59E-07	1.70E-06	3.00E-06	-
Mercure	4.6E-07	0.04	0.13	0.11	-

De plus, hormis le nickel, l'intégralité des autres substances présentent des valeurs de dépôt calculées par modélisation inférieures ou du même ordre de grandeur que l'intervalle des valeurs de référence rurales à urbaines proposées par l'INERIS.

Ainsi, l'interprétation des résultats des dépôts calculés par modélisation permettent de confirmer la méthodologie de sélection des substances particulières dans la stratégie de mesures, ne faisant pas apparaître, pour les substances disposant d'une valeur de référence, d'oubli vis-à-vis de la méthodologie de sélection retenue

2.6 Synthèse des substances d'intérêt proposées pour la stratégie de mesures

Après application des différentes phases de sélection, le tableau ci-dessous synthétise les substances d'intérêt proposées dans le cadre d'une stratégie de mesures à l'échelle des 5 communes concernées par l'étude :

Tableau 8 : Synthèse des substances d'intérêt sélectionnées pour l'établissement du programme de mesures

Substances	Famille	Sur la base de la VTR à seuil	Sur la base de la VTR sans seuil	Substance d'intérêt sociétal et cancérigènes
1,3-butadiène	COV		X	
Arsenic	ETM			X
Benzène	COV	X	X	
Benzo(a)Pyrène	HAP	X		
Chrome VI	ETM	X	X	
Cobalt	ETM	X	X	
Nickel	ETM	X	X	
Plomb	ETM			X
Cadmium	ETM			X
Silice cristalline	Substance spécifique	X		
Xylènes	COV	X		
Hexane	COV	X		
Manganèse	ETM	X		
NO ₂	Polluant général	X		
SO ₂	Polluant général	X		
PM10	Polluant général	X		
PM2.5	Polluant général	X		

ETM = Élément Trace Métallique / HAP = Hydrocarbure Aromatique Polycyclique / COV : Composé Organique Volatil

Tableau 9 : Détail sur la synthèse des substances d'intérêt sélectionnées pour l'établissement du programme de mesures

Substance	Etat	Famille	Secteur d'émission majoritaire	Sources secondaires	Multiplicité des sources	Proposition de surveillance - Programme de base
1,3-butadiène	Gazeux	COV	routier	Résidentiel	+	Oui - Critère 2 (valeur repère – VTR sans seuil)
Arsenic	Particulaire	Métaux	Industrie	routier et maritime	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)
Benzène	Gazeux	COV	maritime	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)
Benzo(a)Anthracène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Benzo(a)Pyrène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)
Benzo(k)Fluoranthène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Chrome VI	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)
Cobalt	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)
dibenzo(ah)anthracène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Naphtalène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Nickel	Particulaire	Métaux	maritime	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)
Plomb	Particulaire	Métaux	routier	Industrie et aérien	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)
Acétaldéhyde	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non
Antimoine	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Non
Cadmium	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)
Dioxines/furanes	Particulaire	PCDD/Fs	routier	maritime et résidentiel	+	Non
Dioxyde de titane	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non - plus d'émetteur
Formaldéhyde	Gazeux	COV	Industrie	Résidentiel et routier	+	Non
Mercure	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	++	Non
N-méthylpyrrolidone	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non
PCB	Particulaire	PCB	maritime	-	-	Non
Phénol	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non
Silice cristalline	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non – voir paragraphe 3.3
Tetraborate de disodium	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non
Toluène	Gazeux	COV	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Diisocyanate d'hexaméthylène	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non
H2S	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	+	Non
Xylènes	Gazeux	COV	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)
1-méthoxy-2-propanol	Gazeux	COV	Industrie	-	+	Non
1.2.3 triméthylbenzene	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non
Aliphatiques C8-C16	Gazeux	COV	Industrie	-	++	Non
Cuivre	Particulaire	Métaux	routier	ferroviaire et industrie	++	Non
Fluoranthène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non
Hexane	Gazeux	COV	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)
Manganèse	Particulaire	Métaux	Industrie	-	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)
NH ₃	Gazeux	Polluant spécif.	Agriculture	Industrie	++	Non
Sélénium	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	+	Non
Tungstène	Particulaire	Métaux	Industrie	-	-	Non
Vanadium	Particulaire	Métaux	Industrie	-	-	Non
Zinc	Particulaire	Métaux	routier	Industrie	+	Non
1,2-dichloroéthylène	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non
Acide cyanhydrique	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non - surveillance en cours
PM10	Particulaire	Particules	Industrie	maritime et routier	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)
PM2.5	Particulaire	Particules	maritime et routier	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)
NO ₂	Gazeux	Polluant général	maritime	routier et industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)
SO ₂	Gazeux	Polluant général	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)

3. Proposition d'une stratégie de mesures

3.1 Généralités

Comme mentionné dans le « Guide pour la conduite d'une étude de zone » de l'INERIS, la définition des campagnes de mesures doit être basée sur les résultats des 2 premières phases pour permettre notamment de **mesurer les concentrations dans les milieux d'exposition pertinents** au regard du comportement des substances recherchées dans les milieux (comportement dans les milieux, toxicité, bioaccumulation...) et des cibles et usages sur la zone, mais également de **définir les emplacements** à partir des résultats de leur dispersion atmosphérique.

Cette stratégie d'échantillonnage et de mesures doit permettre de déterminer :

- les substances à mesurer (sélectionnées précédemment) ;
- les milieux pertinents : air, sols, eaux, végétaux, denrées alimentaires. Bien que cela ne soit pas un milieu, les dépôts atmosphériques peuvent être également intégrés afin d'affiner l'interprétation des résultats dans la suite de l'étude ;
- la fréquence et la durée des prélèvements ;
- les méthodes de prélèvement et les techniques d'analyse appropriées ;
- la localisation et le nombre de points de prélèvements.

GINGER BURGEAP propose ainsi, dans sa stratégie de mesures pour le diagnostic de l'état des milieux :

- un **programme de base** basé sur les conclusions de la phase 1 relative à l'état des lieux et l'établissement du schéma conceptuel ainsi que les résultats de la modélisation et leur interprétation, mais également
- des **programmes complémentaires**, proposant des options de surveillance (, substances supplémentaires, zones d'investigation supplémentaire, ...).

3.2 Programme de base

3.2.1 Proposition de substances à mesurer

La sélection des substances proposées dans le cadre de la phase précédente relative au diagnostic de l'état des milieux est celle présentée dans le Tableau 8, à l'exception de la silice cristalline pour laquelle un paragraphe dédié spécifique est proposé.

3.2.2 Milieux pertinents

L'ensemble des composés chimiques émis dans l'air vont dans un premier temps être dispersés par l'intermédiaire du vent. Ensuite, de par leur densité, les composés particulaires vont se déposer au sol. Le potentiel de transfert des substances dans les milieux d'exposition dépend alors principalement de leurs caractéristiques physico-chimiques. Par exemple, les composés liposolubles auront une affinité particulière pour les matrices riches en graisses.

Au regard des sources d'émissions potentielles et des caractéristiques des composés retenus en phase précédente, les voies de transfert potentielles jugées pertinentes pour les composés identifiés sont les suivantes :

- Dispersion atmosphérique des composés gazeux et particulaires,
- Dépôts au sol des composés particulaires,
- Transfert des composés particulaires vers les végétaux après dépôt au sol.

Sur la base de ces éléments, **l'ensemble des substances d'intérêt** sélectionnées (**gazeuses et particulières**) seront recherchés dans le milieu « **air ambiant** ».

Pour les substances d'intérêt particulières retenues (**HAP et métaux**), les milieux « **sols** » et « **végétaux** » peuvent également être considérés comme des milieux pertinents. Il est cependant nécessaire de préciser que :

- En ce qui concerne les sols, ces mesures sont pertinentes dans le cas de substances particulières persistantes (HAP, ETM, ...) pouvant s'y accumuler et si des usages peuvent conduire à une exposition des populations (jardins, cultures, élevages, aires de jeux, etc.). A noter que le sol est un milieu intégrateur de la pollution actuelle et passée du fait des phénomènes d'accumulation dans ce dernier.
- En ce qui concerne les végétaux, si en théorie le passage des substances accumulatives du sol vers les végétaux est possible, la prise en compte des matrices « d'origine végétale ou animale produits localement ne sont envisagées que si les mesures préalables dans l'air, les dépôts ou les sols, et/ou les résultats d'une modélisation montrent une possible contamination au-delà de seuils réglementaires ou de niveaux préoccupants pour la santé des consommateurs. En effet, leur prélèvement et l'interprétation des analyses sont délicats, et ces mesures apportent rarement des conclusions utiles pour la gestion des émissions, du fait de facteurs de confusion fréquents. Par contre, si une contamination potentielle est suspectée, des mesures doivent être envisagées pour évaluer la compatibilité avec l'usage. » (Document INERIS « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » - Deuxième édition – Septembre 2021).

Une synthèse du schéma conceptuel adapté pour les composés retenus et rejetés à l'atmosphère est proposé ci-dessous :

Tableau 10 : Synthèse du schéma conceptuel adapté pour les substances d'intérêt retenues

Substance		Vecteur ou voie de transfert possible			
		Dispersion atmosphérique	Dépôt au sol	Passage via la chaîne alimentaire : végétaux	Passage via la chaîne alimentaire : produits animaux
Polluant gazeux		OUI	NON Restant à l'état gazeux et le transfert dans les autres milieux n'est pas à considérer		
Polluant particulaire	PM	OUI Exposition par inhalation considérée lorsque les particules sont « inhalables » (diamètre inférieur à 10 µm)	NON Ne présentent pas d'effet toxique par ingestion.	NON Pas de transfert possible	
	Silice cristalline		OUI Dépôt au sol sous forme de dépôts secs et humide.	OUI Composés hydrophiles capables de passer dans les végétaux par la voie racinaire.	NON Composés peu ou pas lipophiles
	ETM			OUI Bioaccumulation dans les végétaux néanmoins mal connue.	NON Composés peu lipophiles
	HAP			Riverains consommateurs des végétaux produits dans les potagers.	Consommateurs de viande, lait, œuf locaux
Enjeux		Travailleurs hors site concernés et Riverains	Riverains et écoliers		

3.2.3 Fréquence et durée des prélèvements

3.2.3.1 Milieu « air ambiant »

La durée globale des mesures à réaliser dans le cadre de la stratégie de mesures proposée pour la réalisation du diagnostic de l'état des milieux est basée sur les préconisations du document de l'INERIS « Surveillance dans l'air autour des installations classées » (deuxième édition – Décembre 2021) ainsi que celles de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

Une **durée cumulée de 14% de l'année est préconisée** (soit **2 à 4 campagnes d'une durée de 15 à 30 jours**), préférentiellement représentative de la variabilité saisonnière.

3.2.3.2 Milieu « sol » et « végétaux »

En ce qui concerne les sols et les végétaux, les prélèvements se font sur période plus courte (prélèvement instantané) que l'échantillonnage pour l'air ambiant, mené sur plusieurs jours. Il est ainsi nécessaire de proposer une **fréquence de prélèvement** plutôt qu'une durée.

Les périodes de prélèvements proposées par GINGER BURGEAP sont basées sur celles relatives au milieu air ambiant, soit **2 campagnes par an permettant de cibler des espèces végétales saisonnières**.

3.2.4 Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les méthodes de prélèvements pour les différentes substances et matrices d'investigation devront dans la mesure du possible, être conformes :

- Pour l'air ambiant et les sols, aux méthodes de référence proposées dans l' « Avis sur les méthodes normalisées de référence pour les mesures dans l'air, l'eau et les sols dans les installations classées pour la protection de l'environnement » (publié au journal officiel du 22 février 2022), présentées dans le Tableau 11 et le Tableau 12 ;
- Pour les végétaux, aux méthodes de référence proposées dans les documents de l'INERIS « Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux » (2ème édition – 2014) et « Guide pratique pour la préparation et l'analyse des végétaux consommés par l'Homme dans le contexte des sites et sols pollués » (INERIS – 2022), présentées dans le Tableau 13.

Tableau 11 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Air ambiant

Matrice	Substance	Méthodes de référence	Méthodologie de prélèvement préconisée
Air ambiant	1,3-butadiène	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	Benzène	NF EN 14662-1 (novembre 2005) ou NF EN 14662-2 (novembre 2005) ou NF EN 14662-3 (décembre 2015) ou NF EN 14662-4 (novembre 2005) ou NF EN 14662-5 (novembre 2005)	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	Xylènes	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	Hexane	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	PM10/PM2.5	NF EN 12341 (juin 2014) (méthode manuelle) ou NF EN 16450 (avril 2017) (méthode automatique)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	NO ₂	NF EN 16339 (septembre 2013) – Echantillonnage par diffusion ou NF EN 14211 (octobre 2012) (méthode automatique)	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	SO ₂	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage par diffusion passive dans l'air ambiant ou NF EN 14212 (janvier 2013) (méthode automatique)	Prélèvement passif sur tube adsorbant
	Arsenic	NF EN 14902 (décembre 2005) (méthode manuelle)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Cadmium	NF EN 14902 (décembre 2005) (méthode manuelle)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Nickel	NF EN 14902 (décembre 2005) (méthode manuelle)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Plomb	NF EN 14902 (décembre 2005) (méthode manuelle)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Cobalt	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Manganèse	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Chrome VI	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
	Benzo(a)Pyrène	NF EN 15549 (juillet 2008)	Méthode manuelle Prélèvement actif sur filtre
Silice cristalline	Pas de méthode de référence pour un échantillonnage dans l'air ambiant	Pas de préconisation Voir paragraphe 3.3	

Tableau 12 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Sols

Matrice	Substance	Méthode de référence pour l'échantillonnage	Méthodes de référence pour le pré-traitement	Méthodes de référence pour l'analyse
Sols	Arsenic	NF ISO 18400-102 (décembre 2017) - Choix et application des techniques d'échantillonnage	NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN ISO 54321 (janvier 2021) ou NF ISO 14869-1 (août 2001)
	Cadmium		NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN ISO 54321 (janvier 2021) ou NF ISO 14869-1 (août 2001)
	Nickel		NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN ISO 54321 (janvier 2021) ou NF ISO 14869-1 (août 2001)
	Plomb		NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN ISO 54321 (janvier 2021) ou NF ISO 14869-1 (août 2001)
	Cobalt	NF ISO 18400-105 (décembre 2017) - Emballage, transport, stockage et conservation des échantillons	Pas de méthode de référence pour un pré-traitement ou l'analyse dans les sols	
	Manganèse		Pas de méthode de référence pour un pré-traitement ou l'analyse dans les sols	
	Chrome VI		NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN ISO 15192 (juillet 2021)
	Benzo(a)Pyrène	NF ISO 18400-201 (décembre 2017) - Prétraitement physique sur le terrain	NF EN 16179 (octobre 2012)	NF EN 16181 (juin 2018) ou NF ISO 18287 (août 2006)

Tableau 13 : Méthodes de référence à appliquer pour les mesures préconisées dans le cadre du diagnostic de l'état des milieux – Végétaux

Matrice	Substance	Méthode de référence pour l'échantillonnage	Méthodes de référence pour l'analyse
Végétaux	Arsenic	Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux (2 ^{ème} édition – 2014) Guide pratique pour la préparation et l'analyse des végétaux consommés par l'Homme dans le contexte des sites et sols pollués (INERIS – 2022)	NF EN 15763 (2010) Produits alimentaires NF EN 16206 (2012) Aliments pour animaux NF EN 17053 (2018) Aliments des animaux
	Cadmium		NF EN 15763 (2010) Produits alimentaires NF EN 16206 (2012) Aliments pour animaux NF EN 17053 (2018) Aliments des animaux
	Nickel		NF EN 17053 (2018) Aliments des animaux
	Plomb		NF EN 15763 (2010) Produits alimentaires NF EN 17053 (2018) Aliments des animaux NF EN 14084 (2003) Produits alimentaires)
	Cobalt		NF EN 15621 (2017) Aliments pour animaux NF EN 17053 (2018) Aliments pour animaux
	Manganèse		NF EN 15621 (2017) Aliments pour animaux NF EN 17053 (2018) Aliments des animaux
	Chrome VI		NF-T-90-043 (1988) Qualité de l'eau NF ISO 15192 Déchets
	Benzo(a)Pyrène		XP CEN/TC 16621 (2014) (Produits alimentaires) NF EN 16619(Produits alimentaires)

En ce qui concerne les végétaux, comme mentionné dans le Guide pratique pour la préparation et l'analyse des végétaux consommés par l'Homme dans le contexte des sites et sols pollués (INERIS – 2022) en annexe 2, « *Les normes sont proposées à titre d'exemple, elles sont spécifiques aux aliments pour animaux, produits alimentaires, sol, déchets, boues ou eau. L'inexistence de normes spécifiques pour la matrice végétale conduit à recenser les normes susceptibles d'être utilisées suite à leur adaptation à la matrice végétale, en vue d'une homogénéisation des pratiques des laboratoires d'analyses à l'échelle nationale* ».

3.2.5 Localisation et nombre de points de prélèvements

La stratégie d'échantillonnage des milieux combine la localisation des populations et usages, ainsi que la localisation des zones d'impact identifiées (zones de dépassements de la valeur repère est observée par modélisation).

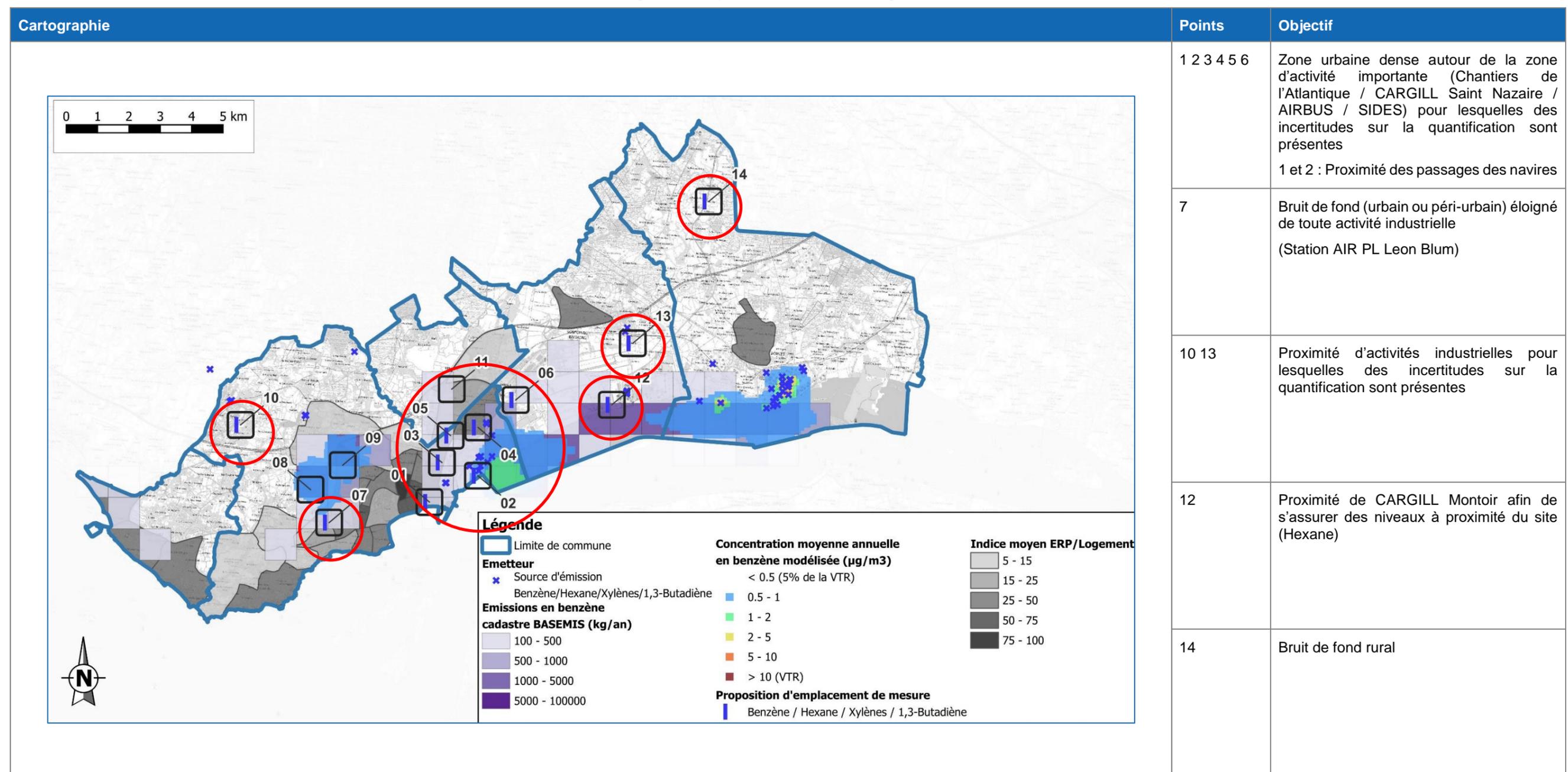
3.2.5.1 Air ambiant

Les cartes de proposition des différents plans d'échantillonnage en fonction des familles des substances sont proposées dans les paragraphes suivants

► Proposition d'échantillonnage – COV

La proposition d'échantillonnage des COV (benzène, xylènes, hexane et 1,3-butadiène) comporte la mise en place de 11 points de mesures, basés notamment sur les résultats de la modélisation de la dispersion du benzène, les zones de populations ainsi que les sources potentiellement émettrices, comme présenté sur la carte ci-dessous :

Figure 4 : Proposition d'échantillonnage – COV

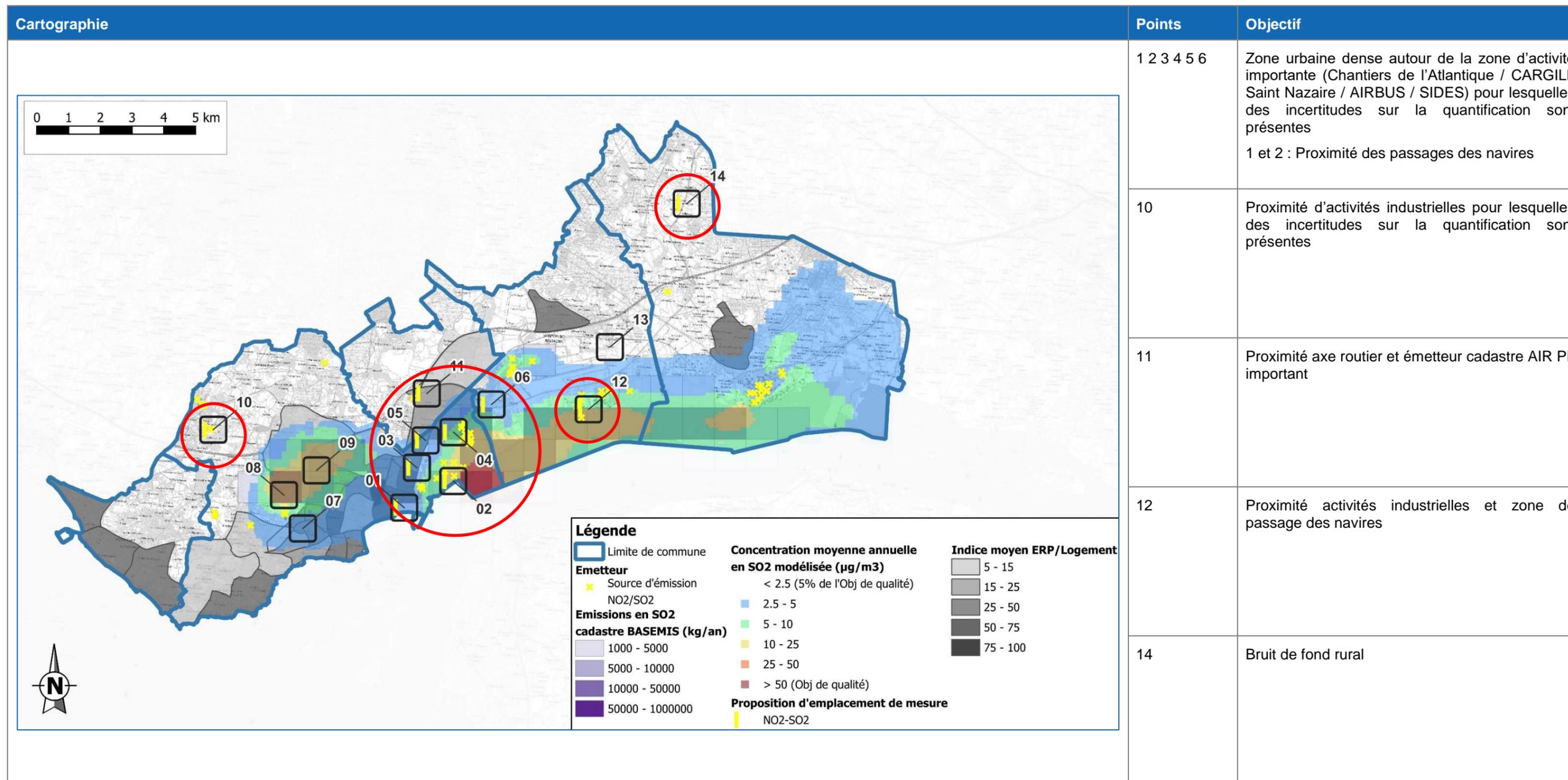


Nous rappelons que la zone de Donges, dont le principal émetteur est le site de TOTAL ENERGIES, dispose déjà d'une surveillance environnementale sur les COV (dont le benzène), et qu'elle n'est ainsi pas proposée comme zone d'investigation dans le programme de base.

► Proposition d'échantillonnage – NO₂ et SO₂

La proposition d'échantillonnage du NO₂ et du SO₂ comporte la mise en place de 10 points de mesures, basés notamment sur les résultats de la modélisation de la dispersion du SO₂, les populations présentes ainsi que les sources potentiellement émettrices, comme présenté sur la carte ci-dessous :

Figure 5 : Proposition d'échantillonnage – NO₂/SO₂

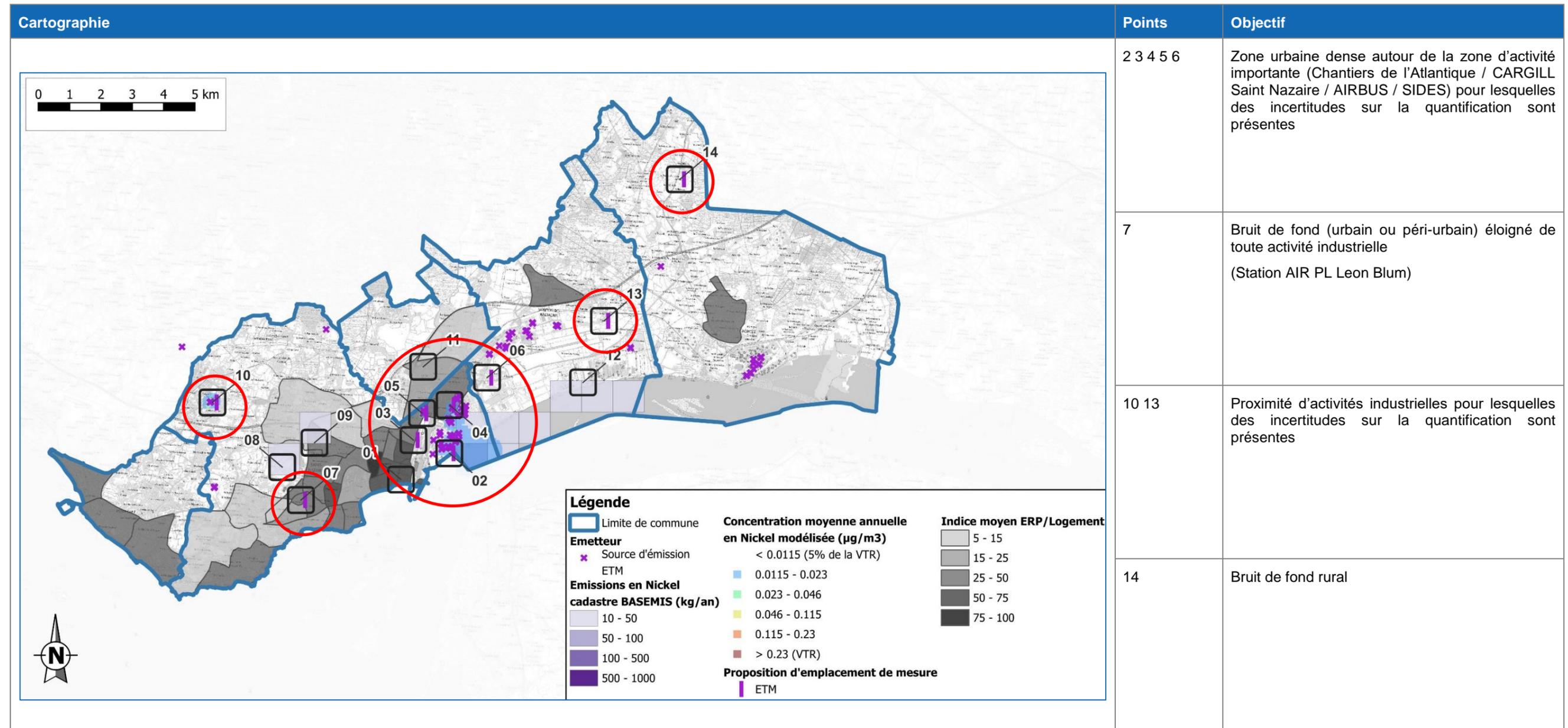


La zone de Donges dispose déjà d'une surveillance environnementale du NO₂ et du SO₂ avec la présence de 4 stations fixes, elle n'est ainsi pas proposée comme zone d'investigation dans le programme de base.

► Proposition d'échantillonnage – ETM

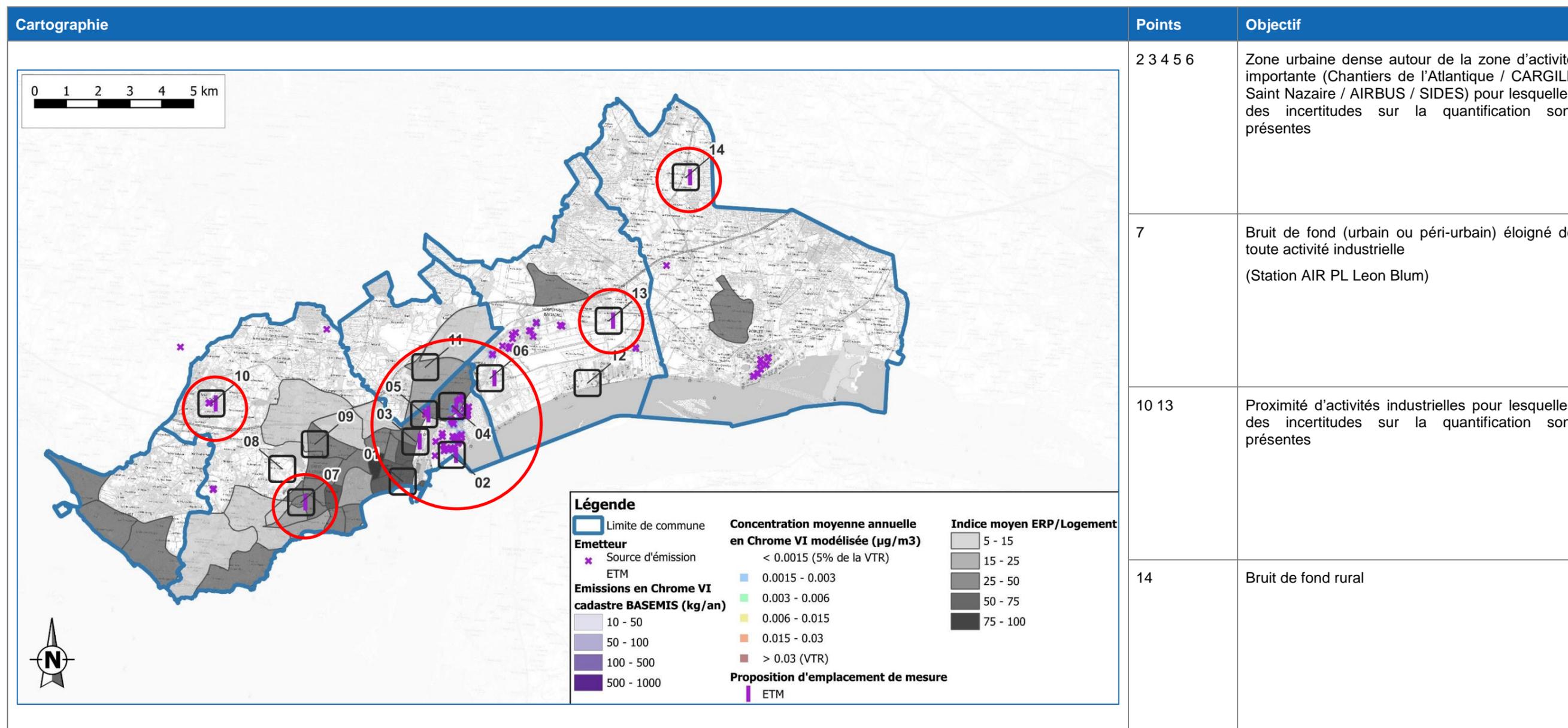
La proposition d'échantillonnage des ETM sélectionnés comporte la mise en place de 9 points de mesures, basés notamment sur les résultats de la modélisation de la dispersion du nickel, du chrome VI ou du manganèse, les zones de populations ainsi que les sources potentiellement émettrices, comme présenté sur les cartes ci-dessous relatives, à titre d'exemple, au nickel et au chrome VI :

Figure 6 : Proposition d'échantillonnage – ETM superposée aux concentrations en nickel modélisées



La zone de Donges, dont le principal émetteur est le site de TOTAL ENERGIES, dispose déjà d'une surveillance environnementale des métaux, elle n'est ainsi pas proposée comme zone d'investigation dans le programme de base.

Figure 7 : Proposition d'échantillonnage – ETM superposée aux concentrations en chrome VI modélisées)

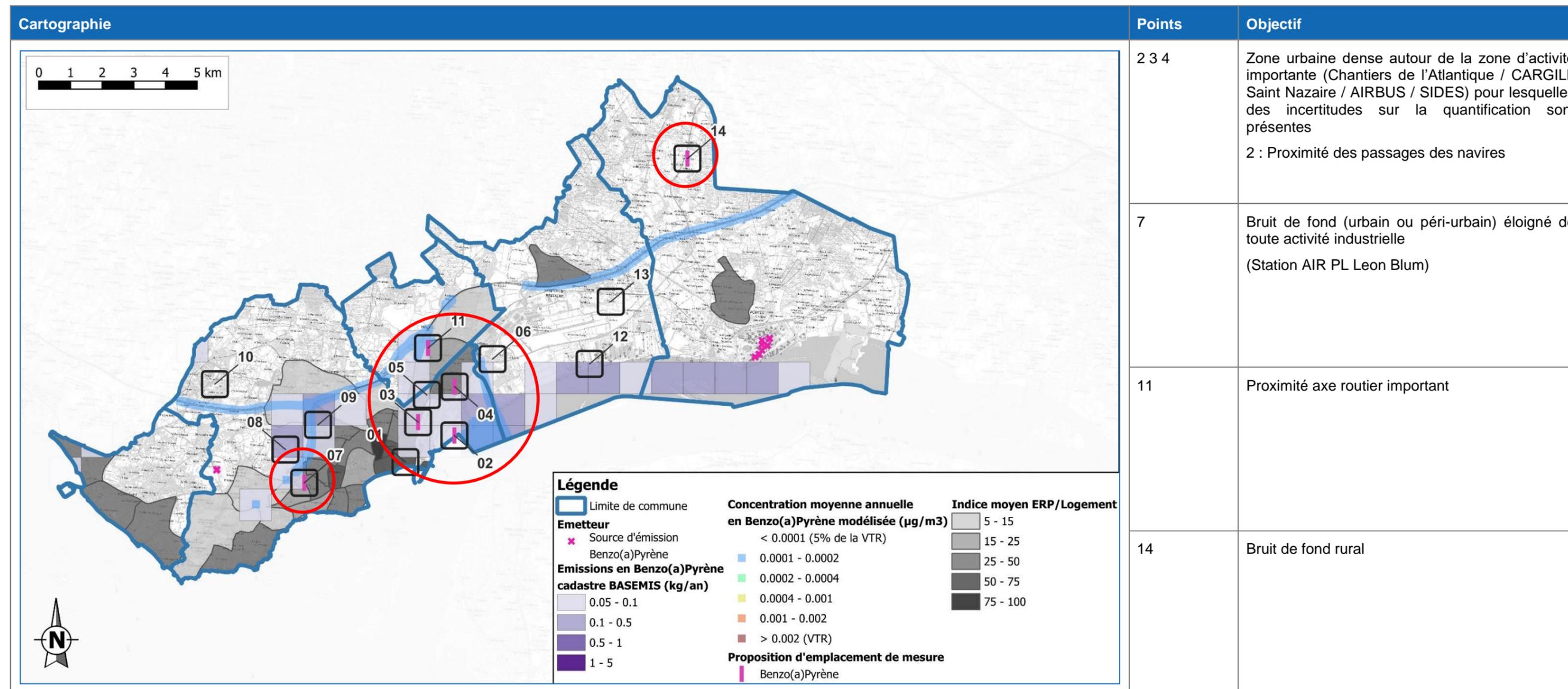


La zone de Donges, dont le principal émetteur est le site de TOTAL ENERGIES, dispose déjà d'une surveillance environnementale sur les métaux (mesures de retombées atmosphériques), elle n'est ainsi pas proposée comme zone d'investigation dans le programme de base.

► **Proposition d'échantillonnage – Benzo(a)Pyrène**

La proposition d'échantillonnage du benzo(a)pyrène comporte la mise en place de 6 points de mesures, basés notamment sur les résultats de la modélisation de la dispersion, les zones de population ainsi que les sources potentiellement émettrices, comme présenté sur la carte ci-dessous :

Figure 8 : Proposition d'échantillonnage – Benzo(a)Pyrène

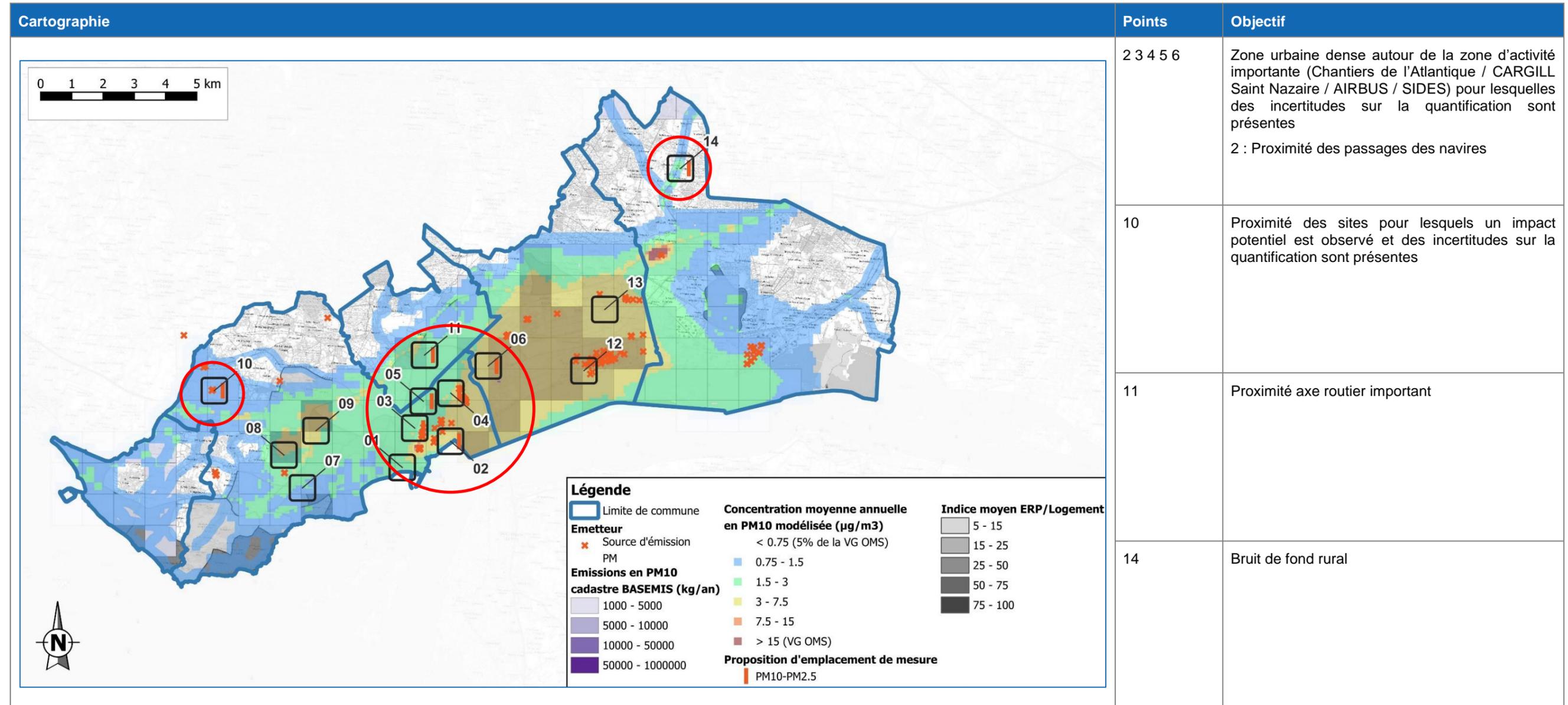


La zone de Donges, dont le principal émetteur est le site de TOTAL ENERGIES, dispose déjà d'une surveillance environnementale qui ne semble pas contenir les HAP. Cependant, les résultats de la modélisation ne font pas apparaître cette zone comme principalement impactée par les rejets de TOTAL ENERGIES.

► Proposition d'échantillonnage – PM

La proposition d'échantillonnage des Particules PM10 et PM2.5 comporte la mise en place de 8 points de mesures, basés notamment sur les résultats de la modélisation de la dispersion des poussières, les zones de populations ainsi que les sources potentiellement émettrices et des emplacements des mesures de polluants particulières précédemment identifiés (ETM et HAP), comme présenté sur la carte ci-dessous :

Figure 9 : Proposition d'échantillonnage – PM



La zone de Donges dispose déjà d'une surveillance environnementale des particules avec la présence d'une station fixe (Plessis), elle n'est ainsi pas proposée comme zone d'investigation dans le programme de base.

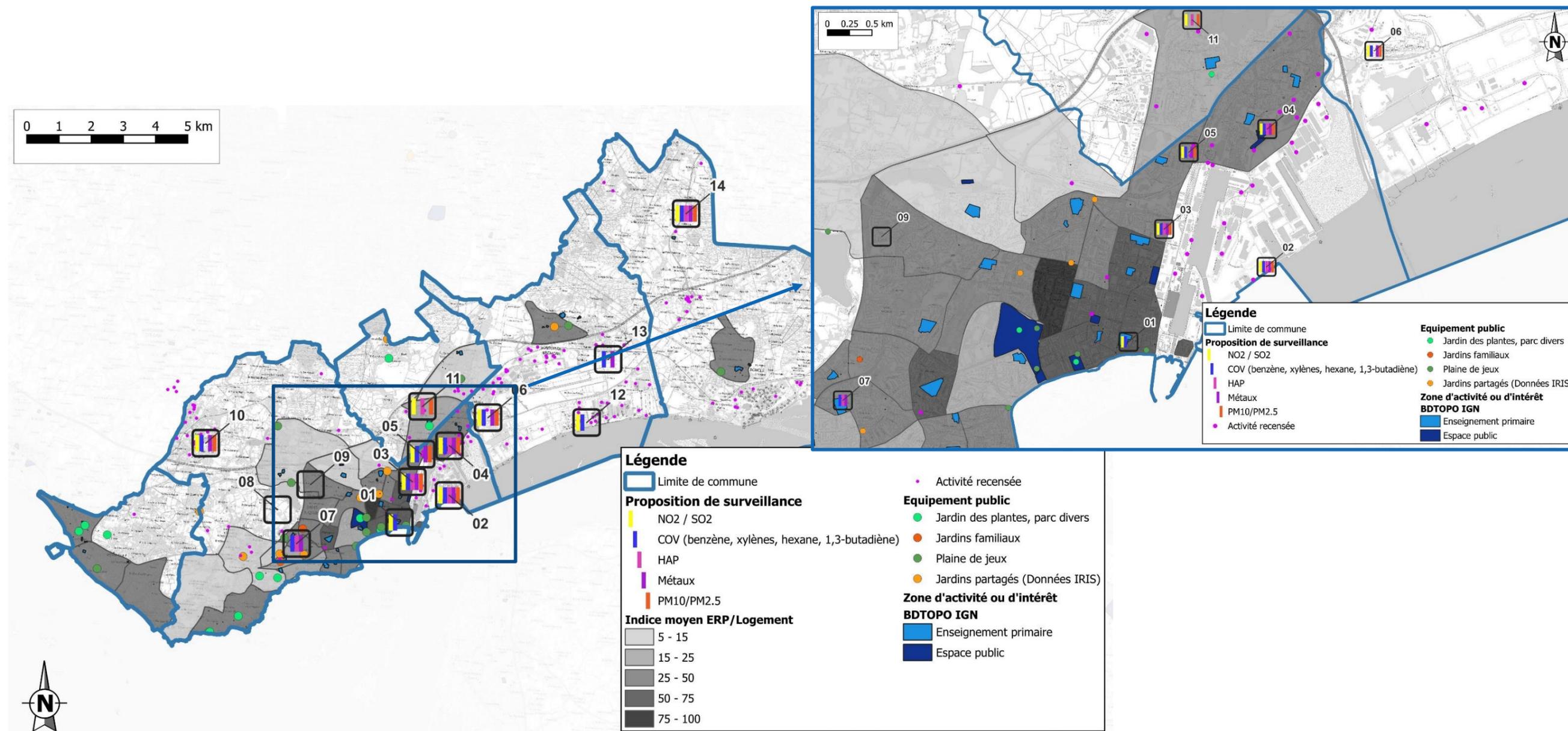
3.2.5.2 Sols et végétaux

La réalisation des prélèvements dans les sols et végétaux est préconisée au niveau des zones d'investigation des ETM et des HAP dans l'air, sous réserve de la possibilité de la réalisation de ce type de prélèvement, ainsi qu'au niveau du point de mesure « fond rural ». Ces prélèvements peuvent être réalisés dans des écoles (exposition des enfants par ingestion de sol), des parcs publics, des jardins de particuliers ou dans des zones de présence de jardins partagés, mais restent cependant dépendant de leur existence au sein de la zone d'impact théorique des émissions. Un recensement des types de cibles potentielles a été réalisé en intégrant :

- Les emprises des écoles primaires et des espaces publics (données IGN BD TOPO)
- Les localisations des jardins publics (données IGN BD TOPO) ou des jardins partagés (données association IRIS)

Les cartes ci-dessous présentent, à l'échelle de la zone d'étude, et au niveau de la zone urbaine d'investigation principale (centre de Saint Nazaire) la localisation de l'existence de ces zones de prélèvement potentielle ainsi que les zones d'emplacements théoriques des mesures à réaliser :

Figure 10 : Proposition d'échantillonnage – PM



Ainsi, il apparaît qu'il existe un certain nombre d'écoles primaires à proximité des propositions d'emplacements de mesures les plus proches des émetteurs théoriques (zones en bleu clair), au sein du centre-ville de Saint Nazaire présentant également des habitations pouvant potentiellement disposer de jardins privés. En revanche, les emplacements de jardins publics et de jardins familiaux ou partagés sont plus éloignés de la zone à proximité des émetteurs.

3.2.6 Synthèse

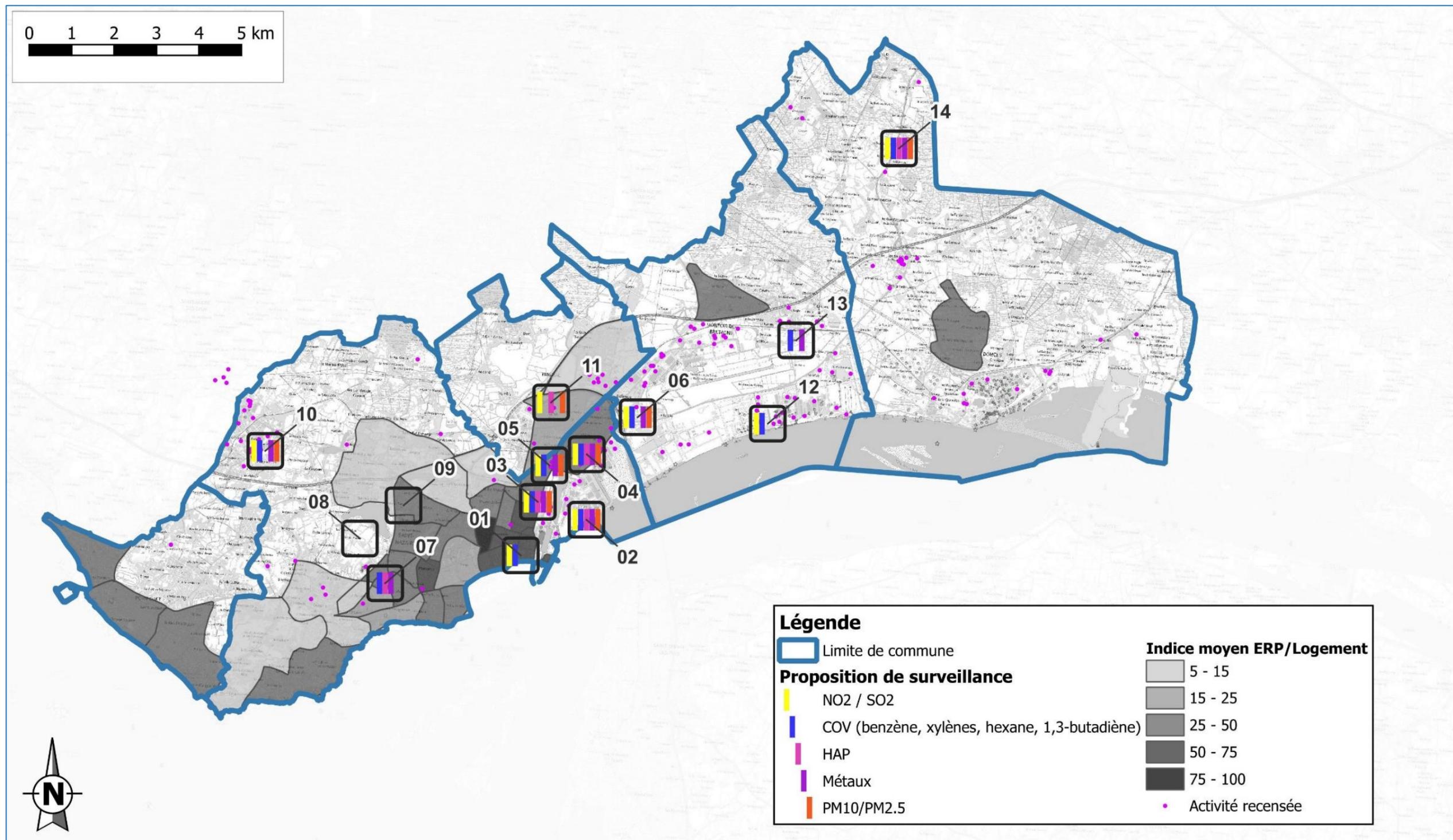
Le tableau ci-dessous et la carte en page suivante synthétisent les mesures préconisées pour le programme de base du plan d'échantillonnage complémentaire dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE et les localisent

Tableau 14. Mesures complémentaires air ambiant – Programme de base

Commune	Point	Zone d'investigation	Prélèvement air ambiant					Prélèvement – Sols/Végétaux		Justification	
			COV	NO ₂ SO ₂	PM	ETM	HAP	ETM	HAP		
Saint Nazaire	1	Zone urbaine Bord de Loire	X	X						Proximité émetteur maritime Zone urbaine	
	2	Zone urbaine Centre ville Activité industrielle urbaine (autour port Saint Nazaire)	X	X	X	X	X	X	X	Zone d'impact potentiel sur les différentes substances retenues Incertitudes sur émissions diffuses Zone urbaine de présence de population sensible (ERP)	
	3		X	X	X	X	X	X			
	4		X	X	X	X	X	X			
	5		X	X	X	X		X			
	7	Fond urbain	X	*	*	X	X	X	X	Caractérisation du fond urbain Station de mesures Air PL	
	8	Zone péri urbaine Bois Joalland								Incertitudes sur les émissions fournies Voir paragraphe 3.3.3.	
	9										
		10	Zone d'activité Brais	X	X	X	X		X		Présence d'émetteurs – Zone d'activité
	Trignac	11	Zone urbaine Influence routière		X	X		X		X	Présence d'émetteurs potentiels Proximité axe routier
Montoir de Bretagne	6	Gron	X	X	X	X		X		Proximité émetteur industriel et aéroport Présence de populations	
	12	Zone d'activité Bord de Loire	X	X						Proximité émetteur industriel et maritime Pas de cibles de type « riverain »	
	13	Zone péri-urbaine Camée	X	*	*	X		X		Proximité émetteur industriel et aéroport Station de mesures Air PL	
Donges	14	Fond rural local	X	X	X	X	X	X	X	Caractérisation du fond rural sur toutes les substances et les matrices identifiées	
TOTAL			11	12 (dont 2 Air PL)	10 (dont 2 Air PL)	9	6	9	6		

* : station Air Pays de la Loire présente en ce point et mesurant le paramètre mentionné

Figure 11 : Synthèse de la proposition d'échantillonnage – Programme de base



3.3 Points particuliers concernant les propositions de mesures dans le cadre du programme de surveillance environnementale

3.3.1 Cas des mesures de dépôts

En ce qui concerne les mesures de dépôts par les collecteurs de précipitations (ou jauges Owen), celles-ci n'ont pas été proposées dans le cadre du programme de surveillance environnementale afin de pouvoir répondre à la demande de caractérisation des expositions des populations (et notamment la future phase 5 relative à l'évaluation des risques sanitaires), basée sur les **concentrations dans les milieux d'exposition déterminés dans le schéma conceptuel**. Or, comme mentionné dans le guide INERIS relatif à l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires (septembre 2021) :

« Les mesures dans les jauges de dépôts et dans des bioindicateurs (lichens, graminées, choux...) sont souvent utilisées pour la surveillance des retombées atmosphériques autour des installations. Elles sont pertinentes pour évaluer la dégradation locale des milieux, en lien éventuellement avec les émissions. Toutefois, elles ne peuvent pas être utilisées pour évaluer la compatibilité des milieux avec les usages, car elles ne caractérisent pas des matrices d'exposition, et il n'existe pas de valeurs de gestion pour ces données. »

Nous avons vu précédemment que les gammes de dépôt calculé par modélisation sont, hormis pour le nickel, inférieures ou comparables aux valeurs de référence rurales à urbaines proposées par l'INERIS. Les cartes ci-dessous de dépôt de nickel et de benzo(a)pyrène font apparaître que les zones d'investigation proposées sont bien positionnées au niveau des zones théoriquement les plus impactées, et que des cibles (notamment les écoles) peuvent être présentes au niveau de ces points

Figure 12 : proposition d'échantillonnage ETM – Dépôt moyen annuel en nickel

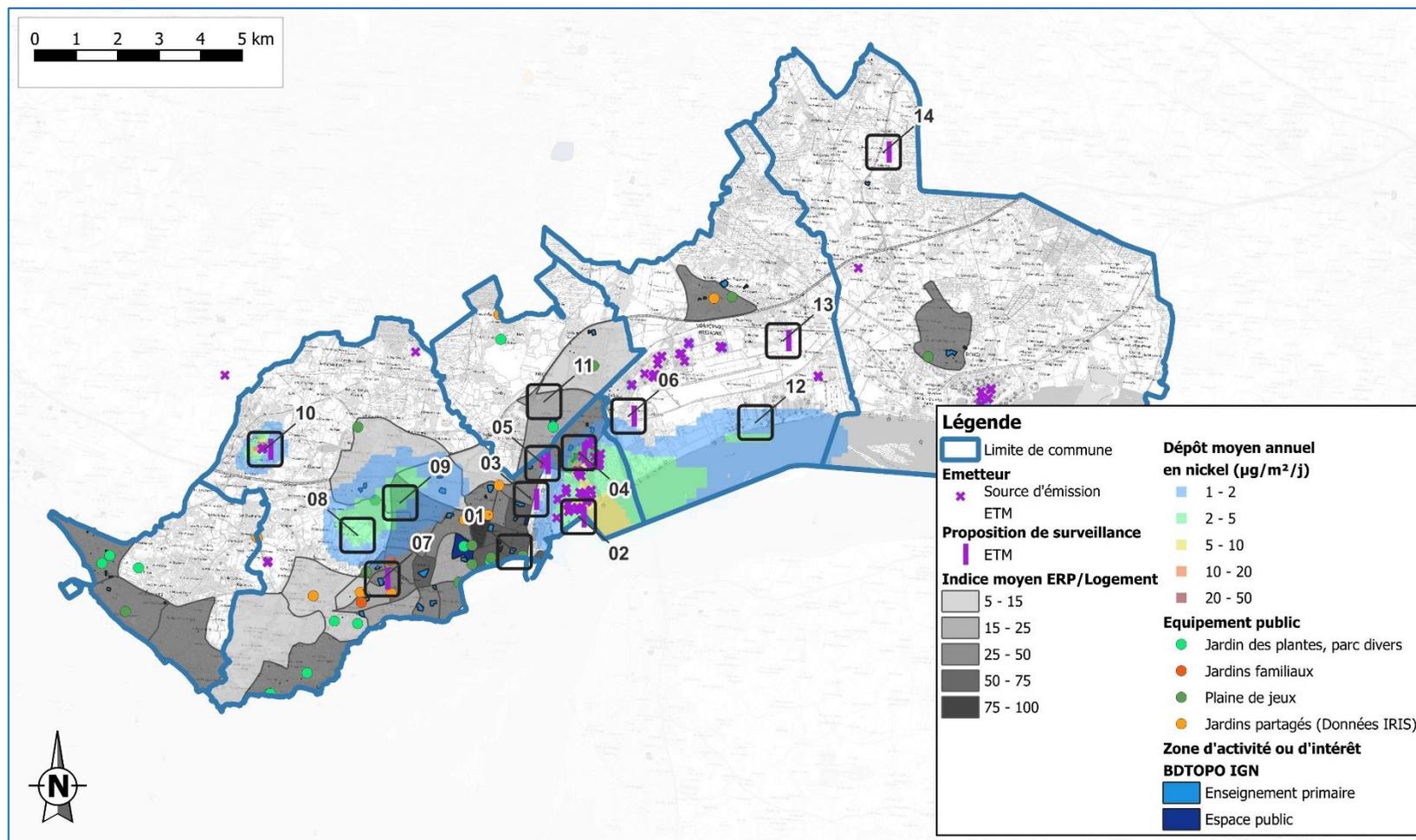
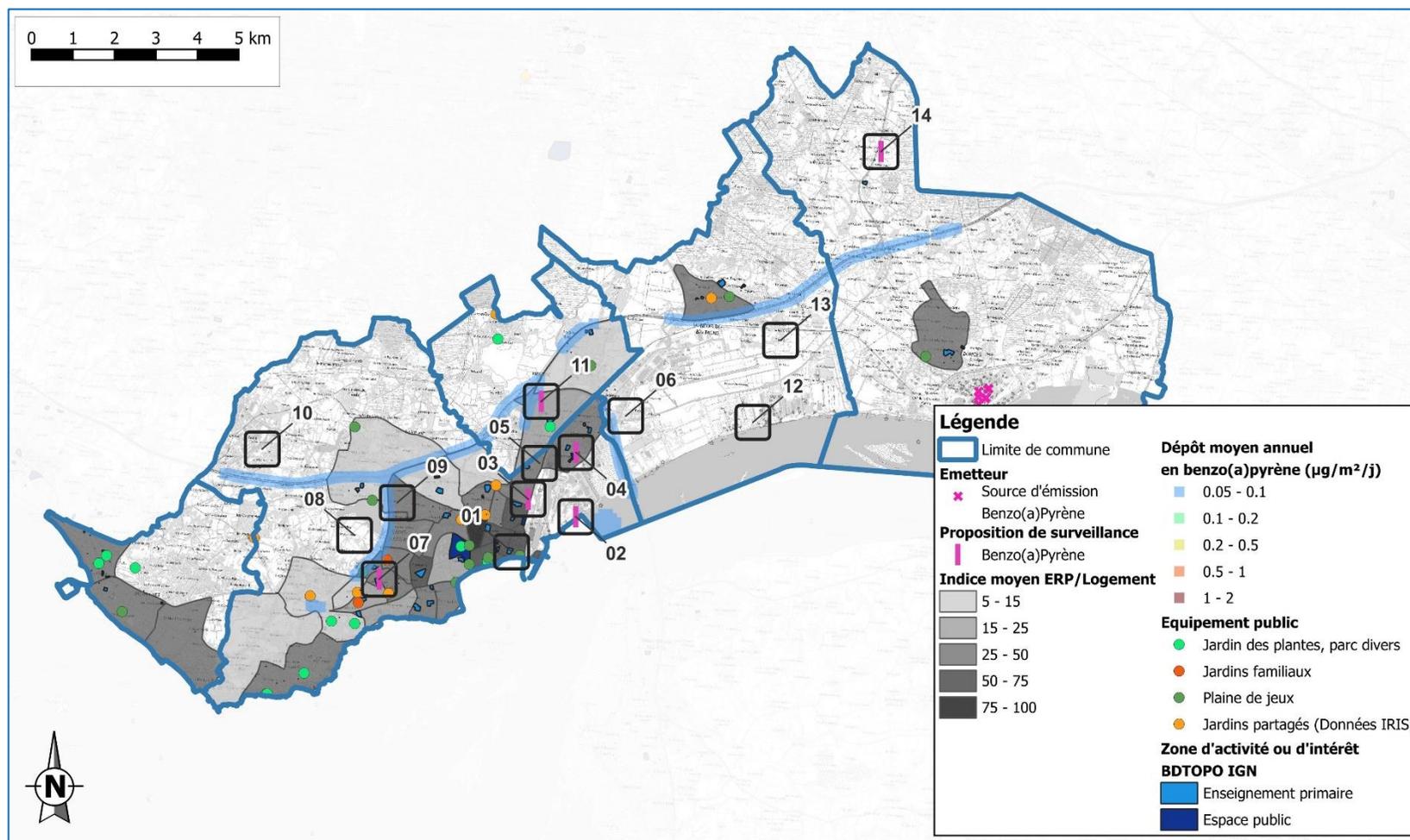


Figure 13 : proposition d'échantillonnage HAP – Dépôt moyen annuel en benzo(a)pyrène

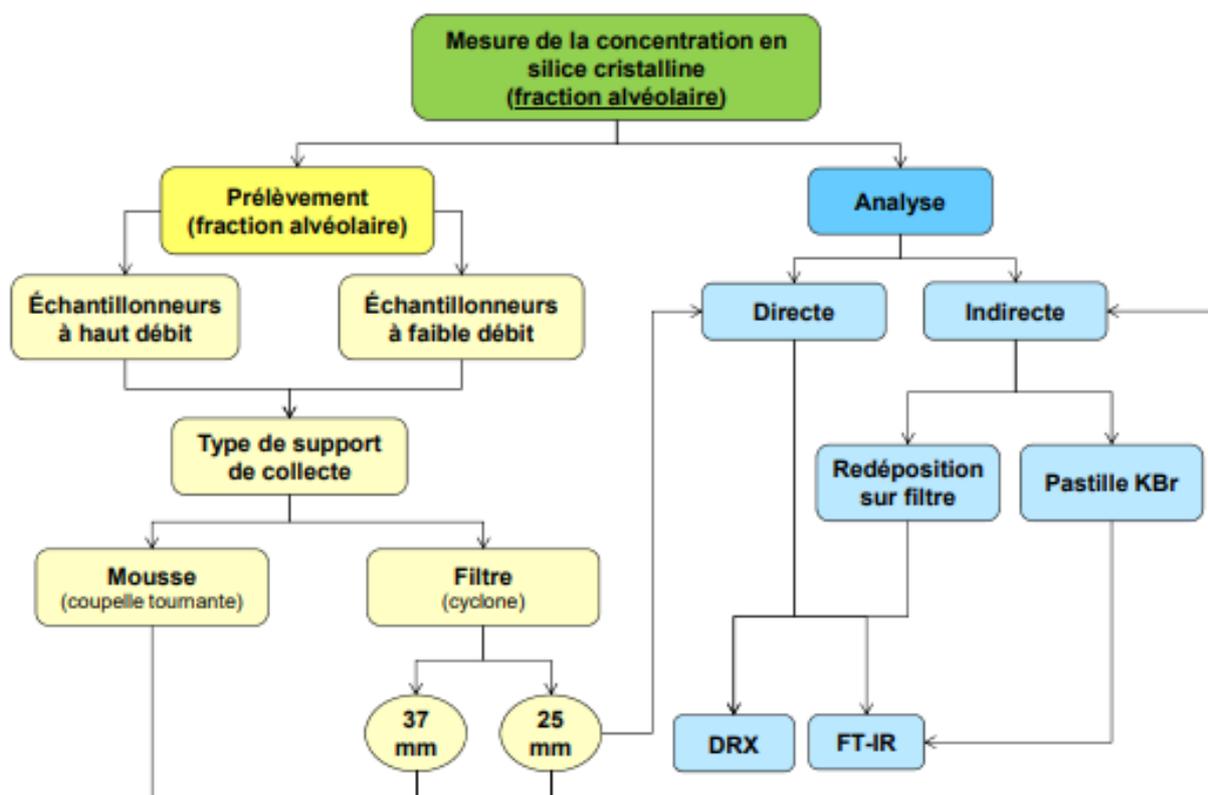


3.3.2 Cas spécifique de la silice cristalline dans le programme de surveillance environnemental

La quantification des émissions de silice cristalline est basée, pour la carrière de Donges, sur des données et hypothèses bibliographiques. Des absences d'informations sur des émissions au niveau d'autres sources potentielles sur la zone d'étude n'ont pas permis de quantifier ces émissions (notamment au niveau des sites de stockage en bord de Loire). La modélisation de la dispersion de ce polluant montre que la zone d'impact préférentielle de l'activité de la carrière se situe à proximité immédiate du site.

A ce jour, **il n'existe pas de méthodologie de prélèvement normalisée pour déterminer la concentration moyenne en silice cristalline dans l'air ambiant**, seuls des protocoles de prélèvements pour la caractérisation de l'exposition de « travailleurs » existent, détaillés dans les fiches MetroPol M-176 (prélèvement Actif sur CIP10-A) ou M-158 (prélèvement Actif sur cyclone). Ces échantillonnages nécessitent la mise en place d'échantillonneurs actifs à haut ou faible débit pour des expositions de 8 heures, et ne sont ainsi pas caractéristiques d'une exposition « long terme » des populations.

Figure 14 : Méthodes de mesure de la silice cristalline dans l'air



Source : Dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline – ANSES – Avril 2019

De plus, la problématique liée à l'exposition à la silice cristalline est principalement une problématique d'exposition des travailleurs et non pas une problématique d'exposition générale des populations.

La surveillance environnementale de la silice cristalline, demandée par les membres du COS, serait ainsi limitée de par les contraintes techniques de prélèvement actuelles et vis-à-vis de l'objectif de l'étude (exposition des populations).

L'intégration de cette substance et la définition d'une campagne de mesures adaptée dans l'air ambiant ne peut ainsi qu'être proposée à titre optionnel, sous réserve de présenter un protocole de prélèvement adapté aux objectifs de l'étude.

3.3.3 Cas des mesures au niveau du bois Joalland

La modélisation de la dispersion des polluants sur la base des données fournies par AIR Pays de la Loire a fait apparaître une zone théoriquement impactée au niveau du bois Joalland, issues notamment des données d'émissions cadastrales des mailles 124 et 139 présentant des émissions notables pour les différents polluants quantifiés. L'identification de l'origine de ces émissions, dans les données fournies, est caractérisée par des va recensement de ces

Tableau 15 : Extraction des émissions fournies par Air Pays de la Loire pour les mailles 124 et 139 pour le benzène

Activité (code SNAP)	Maille 124	Maille 139
020103 Tertiaire	0.029	1.389
020202 Résidentiel	0.564	26.821
020302 Agriculture	0.000	0.002
030103 Industrie (hors branche énergie)	0.007	-
050503 Extraction de combustibles	0.016	0.836
080402 Transport maritime français	2527.217	1664.149
080403 Pêche		
080404 Transport maritime international		
080601 Tracteurs	0.246	0.079
080801 Engin mobile non routier	0.016	-
080901 Engin de jardinage	0.047	2.214

Si des activités de pêche de loisir peuvent être présentes sur le lac du bois joalland, il semble que les autres estimations (transport maritime français et international) ne soient pas adaptées à cette maille.

Aussi, cette zone d'investigation ne sera pas conservée (zones 8 et 9 sur les cartes de proposition d'emplacement), malgré les résultats théoriques obtenus par l'import des données de modélisation fournies.

3.4 Mesures complémentaires – programmes optionnels

3.4.1 Programme optionnel n°1 – Autres substances

Sur la base de la méthodologie de sélection des substances d'intérêt, certaines substances spécifiques initialement classées en priorité 1 ou 2 (substances cancérigènes par inhalation ou ingestion) n'ont pas été retenues dans les substances d'intérêt pour la campagne d'investigations au regard des niveaux de concentrations modélisées. Ces substances sont :

- COV : Toluène,
- HAP : Naphtalène, Benzo(a)Anthracène, Benzo(k)Fluoranthène, Dibenzo(a,h)anthracène, Indéno(1,2,3-cd)Pyrène,
- ETM : Antimoine, Mercure.

Dans ce programme complémentaire, il est proposé d'intégrer également ces substances du fait qu'elles ne **nécessitent pas de moyens de prélèvements supplémentaires** (supports identiques à des substances déjà recherchées) et le surcoût analytique reste raisonnable. **Ces substances seraient recherchées au niveau des points de mesures déjà définis.**

3.4.2 Programme optionnel n°2 – Autres milieux

Lors de l'établissement de la phase 1, le milieu « eau » a été écarté car au regard des informations disponibles, les enjeux pour ce milieu étaient faibles (cf établissement du schéma conceptuel).

Tableau 16. Rappel de la synthèse du schéma conceptuel pour les composés présents dans le milieu aqueux

Voie de transfert	Vecteur ou voie de transfert possible			
	Eaux de distribution	Activité de plaisance	Passage via la chaîne alimentaire : pêche	Passage via la chaîne alimentaire : végétaux
Usage des eaux	Aucun captage AEP sur la zone d'étude	Activités de plaisance Riverain plaisancier	Activités de pêche Riverain consommateur de poisson, de coquillages	Présence de cultures et de puits privés Riverains consommateurs des végétaux produits dans les potagers.
Voies d'exposition possibles	-	Eaux de baignade sur la zone d'étude sont jugées de bonne qualité	Bonne qualité des eaux de surface Ecotoxicité des sédiments, faible à négligeable	La majorité des puits n'ont pas d'usage Peu de puits sont susceptibles d'être impactés par une éventuelle pollution provenant de cette zone. Pas de pollution notable des eaux souterraines
Enjeux à protéger retenu	Non	Non	Non	Non

Cependant, il pourra être proposé en option un programme complémentaire, sur la base des souhaits des membres du COS (associations), portant notamment sur des mesures complémentaires dans les eaux souterraines lorsque l'eau d'un puits est utilisée pour l'arrosage d'un potager de particulier par exemple,

Le dimensionnement de cette campagne de mesures (nombre de points, localisation, méthodologie de prélèvement et d'analyse, substances concernées, ...) n'est cependant pas décrit dans ce document et devra être détaillé dans le cahier des charges relatif à la mise en place de la phase 3 de l'étude de zone.

4. Incertitudes

Les paragraphes ci-après reprennent dans le cadre de la présente étude, les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle dans les propositions de la surveillance complémentaire.

4.1 Incertitudes liées à la représentativité des émissions atmosphériques

La caractérisation des émissions atmosphériques est évidemment soumise à incertitude, aussi bien concernant le recensement des différentes sources d'émissions qu'au niveau des substances émises et de l'estimation des quantités. A l'échelle de 5 communes, une caractérisation des émissions atmosphériques ne peut pas être totalement exhaustive au sens propre du terme, à savoir « sans omission », et ce pour les paramètres précédemment identifiés (recensement des sources, polluants émis et quantités associées).

Cependant, GINGER BURGEAP rappelle que, dans le cadre de la phase 1 de cette étude de zone :

- En ce qui concerne le nombre de sites intégrés dans la quantification des émissions :
 - 63 sites industriels soumis au titre de la nomenclature des ICPE étaient identifiés en amont de l'étude, pour lesquels la collecte des données relatives aux émissions atmosphériques a été faite à partir de l'envoi d'une base de données. Parmi ces 63 sites, 48 ont proposé un retour de la base de données, soit plus de 75%, dont les principaux sites responsables des émissions atmosphériques de la zone (TOTAL ENERGIES, Chantiers de l'Atlantique, YARA, ...). Pour les activités non soumises au titre de la nomenclature des ICPE, le nombre de retour est plus fiable (16 retours sur les questionnaires envoyés), mais il peut être considéré que ces activités représentent une faible part des émissions globales de la zone.
 - Des visites de site ont été réalisées afin d'améliorer et de valider les sources considérées dans l'inventaire des émissions (Chantiers de l'Atlantique, Airbus Saint Nazaire, GERB, CARGILL Saint Nazaire et Institut de soudure)
 - Enfin, une quantification théorique des émissions liées aux activités de soudage a pu être réalisée pour 7 sites (Atlantique Tôlerie soudure, Institut de soudure Montoir, Chantiers de l'Atlantique, Kermar, CNI Montoir de Bretagne, MAN Energy Solutions et GDE
- En ce qui concerne le nombre de substances quantifiées, ce nombre atteint 124 substances, ce qui représente un nombre très important et qui caractérise un approfondissement de la connaissance de la nature des émissions atmosphériques de la zone.
- En ce qui concerne l'estimation des quantités émises, GINGER BURGEAP a réalisé un travail d'analyse des bases de données fournies et permis d'aboutir à une quantification des émissions dont le détail sur les hypothèses (données disponibles, données générales, polluants émis et quantités) est détaillé, site par site, en annexes 9 (fiches synthétiques) 11 (quantification des émissions de soudage) et 12 (synthèse des émissions) du rapport de phase 1.
- De plus, GINGER BURGEAP a également intégré le cadastre des émissions établi par Air Pays de la Loire, pour permettre de disposer d'informations sur l'impact potentiel de sources généralement non retenues comme les transports (trafic maritime, trafic routier) ou le secteur résidentiel/tertiaire. Il existe cependant des incertitudes concernant les émissions cadastrales fournies autour du bois Joalland au vu des quantités émises ainsi que de l'origine de ces émissions.

Ainsi, si des incertitudes quant à la représentativité des émissions atmosphériques sur la zone d'étude peuvent exister, la quantité d'informations intégrées sur le nombre de sites considérés (dont les principaux sites industriels soumis au titre de la nomenclature des ICPE) mais également sur la prise en compte des sources « générales » (transports, résidentiel, tertiaire) ou une amélioration des connaissances sur les émissions liées à l'activité de soudage fait apparaître un travail important sur la caractérisation de ces émissions.

4.2 Incertitudes liées à la modélisation de la dispersion atmosphérique

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types :

- Celles intrinsèques au modèle numérique, compte tenu notamment de la complexité de la zone de la problématique à modéliser,
- Celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

4.2.1 Incertitudes intrinsèques au modèle

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Parmi ces bases de données, on citera l'outil européen d'évaluation MVK (Model Validation Kit). Plusieurs articles internationaux, rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site. Le détail de toutes ces campagnes est proposé en Annexe 2 relative au rapport de modélisation de NUMTECH.

Ces résultats montrent que si les données d'entrée sont bien maîtrisées et en présence d'une topographie peu marquée, l'incertitude sur les résultats du modèle pour des sources élevées de type cheminée, reste inférieure à 20% en moyenne annuelle. En situation de relief, l'incertitude peut augmenter.

Le tableau suivant liste les principales caractéristiques du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces caractéristiques est classée suivant les critères : nulle, faible, moyenne, élevée.

Tableau 17. Complexité de la zone d'étude et de son environnement

Modèle	Complexité	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Le relief est très peu marqué sur la zone d'étude.
Bâtiments obstacles autour des rejets	Moyenne	Les bâtiments n'ont pas été pris en compte pour la modélisation
Contexte météorologique	Faible	Le relief est particulièrement plat, et les vents de faible vitesse (< 0.75 m/s) sont peu fréquents.
Complexité des sources	Faible à élevée	Une grande variété de typologies de sources a été modélisée. L'incertitude est très limitée pour les hautes cheminées, et augmente pour les sources plus basses et sources diffuses passives. L'incertitude associée est donc sensiblement plus élevée, mais principalement en champ proche.
Échelles spatiales étudiées	Faible	Les cibles sont comprises entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres des sources, c'est à dire dans le domaine de validité du modèle.
Complexité des substances étudiées	Moyenne	L'incertitude associée à la modélisation des dépôts des espèces particulières ainsi qu'à la prise en compte de la chimie des NO _x et du NO ₂ est sensiblement plus élevée.

Ainsi, les incertitudes liées à la complexité de la zone d'étude sont généralement faibles à moyenne, et concerne principalement la complexité des sources et leur intégration dans un logiciel de modélisation ainsi que l'impossibilité de prendre en compte les bâtiments « obstacles » dans la dispersion des polluants émis par les sources retenues.

4.2.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée

Un bon modèle peut donner de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité. Le tableau suivant regroupe les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion ADMS, et qualifie les incertitudes qui leur sont associées selon les critères suivants : faible, moyenne, élevée.

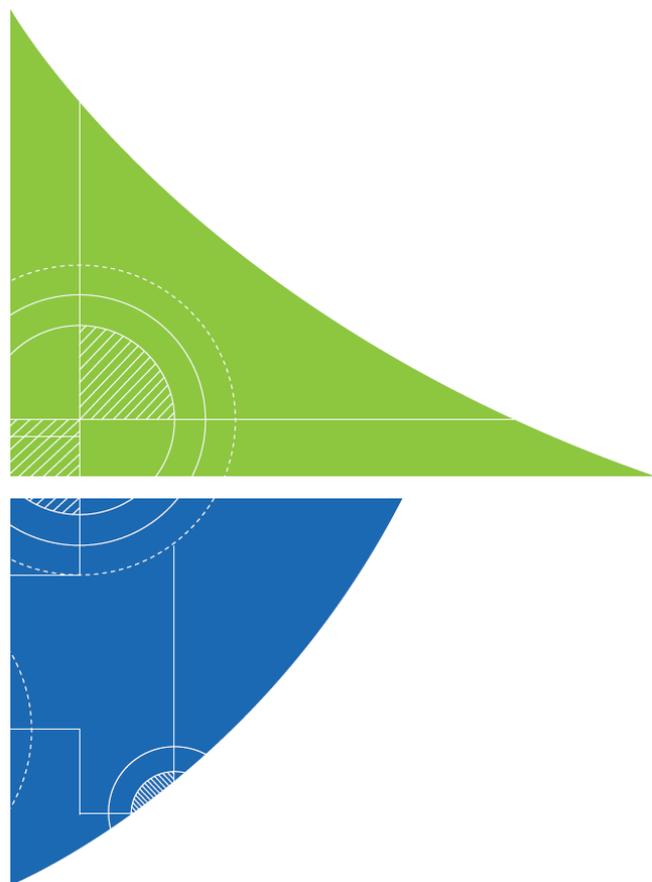
Tableau 18. Incertitudes sur les données d'entrée du modèle

Données d'entrée	Incertitude	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Base de données SRTM (résolution 100m).
Occupation des sols	Faible	Base de données Corine Land Cover (résolution 100m).
Données météorologiques	Faible à moyenne	Etant donnée la largeur du domaine d'étude, la station météorologique est susceptible d'être moins représentative des conditions réelles aux limites de cette dernière.
Localisation des sources	Faible à élevée	La majorité des sources industrielles a pu être précisément localisée. Pour certaines toutefois, des hypothèses concernant leur localisation ont dû être faites, notamment pour les sources surfaciques et volumiques dont les étendues ont été déterminées à partir de vues aériennes. Ces portées conduisent à une incertitude principalement sensible en champ proche.
Caractéristiques physiques des sources	Faible à élevée	Les caractéristiques physiques de la majorité des sources industrielles sont précisément connues. Pour certaines toutefois, des hypothèses et/ou simplifications ont dû être faites, concernant la vitesse à l'émission et le diamètre de l'exutoire de certaines sources ponctuelles
Valeurs d'émission	-	Données fournies par BURGEAP et Air Pays de la Loire. Elles correspondent à des estimations des émissions moyennes annuelles.
Scénarios d'émission des sources	Faible à moyenne	La variabilité temporelle des émissions industrielles a été prise en compte uniquement si des données étaient disponibles. Pour les autres, une émission constante a été considérée. Cette simplification a toutefois un impact limité sur les calculs de concentrations moyennes annuelles réalisés ici.

Source : NUMTECH

Même s'il est difficile de quantifier avec précision l'incertitude sur les résultats, on retiendra globalement que les données du modèle sont de bonne qualité étant donné le nombre des émissaires et la taille de la zone d'étude. Les principales incertitudes sont associées à la complexité des sources, leurs caractéristiques à l'émission, et leurs flux d'émissions.

ANNEXES



Annexe 1. Répartition des émissions par priorité et par type d'émetteur

Cette annexe contient 12 pages.

Priorité 1

Les premiers choix réalisés ont concerné les composés CMR en raison de la sévérité des effets. Dans le cas des substances cancérogènes disposant d'une VTR sans seuil ou Excès de Risque Unitaire (ERU), il est calculé un indice brut afin de prioriser les substances : $\text{Indice} = \text{Flux annuel} * \text{ERU}$. On retiendra alors, par voie d'exposition, toutes les substances dont l'indice est > 1% de la somme des indices brut Cette étape aboutit à une liste de priorité 1 de 13 substances. Cette liste représente plus de 97% de l'indice brut global.

Polluants gazeux – COV

	1,3-butadiène		Benzène	
	Kg/an	%	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	1.66E+01	1.81%	5.06E+01	0.11%
Agriculture et sylviculture	1.66E+01	1.81%	5.06E+01	0.11%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	7.67E+01	8.34%	9.54E+03	20.79%
BDD - Industrie		0.00%	8.34E+03	18.18%
Branche énergie	1.09E+00	0.12%	5.86E+01	0.13%
Déchets	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie (hors branche énergie)	7.56E+01	8.22%	1.14E+03	2.49%
Résidentiel - Tertiaire	5.63E+01	6.12%	4.26E+03	9.29%
Résidentiel	5.63E+01	6.12%	4.15E+03	9.05%
Tertiaire	0.00E+00	0.00%	1.09E+02	0.24%
Transport	7.70E+02	83.73%	3.20E+04	69.81%
Transport aérien	2.81E+01	3.06%	3.37E+01	0.07%
Transport ferroviaire	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport fluvial	4.27E-03	0.00%	1.65E+02	0.36%
Transport maritime	9.73E+00	1.06%	2.98E+04	64.90%
Transport routier	7.32E+02	79.61%	2.05E+03	4.48%
Total général	9.20E+02	100.00%	4.59E+04	100.00%

1,3-butadiène : Pas d'informations sur la spéciation du 1,3-butadiène sur les BDD disponibles et traitées dans le cadre du recensement des émissions industrielles. Très majoritairement émis par le transport routier – données AIR PL

Benzène : Majoritairement émis par le transport maritime – données AIR PL. Part notable d'émissions industrielles issues de la BDD (environ 20%) issues principalement de TOTAL Donges ainsi que le secteur résidentiel/logements (données AIR PL)

► Métaux

	Arsenic Kg/an	%	Chrome VI Kg/an	%	Cobalt Kg/an	%	Nickel Kg/an	%	Plomb Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	8.76E-05	0.00%		0.00%		0.00%	1.27E-04	0.00%	2.63E-04	0.00%
Agriculture et sylviculture	8.76E-05	0.00%		0.00%		0.00%	1.27E-04	0.00%	2.63E-04	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	7.54E+00	59.61%	9.04E+00	100.00%	1.83E+01	100.00%	1.97E+02	42.13%	1.49E+01	10.21%
BDD - Industrie	7.44E+00	58.82%	9.04E+00	100.00%	1.83E+01	100.00%	1.91E+02	40.83%	1.48E+01	10.11%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Déchets	5.86E-04	0.00%		0.00%		0.00%	7.47E-04	0.00%	1.29E-03	0.00%
Industrie (hors branche énergie)	9.97E-02	0.79%		0.00%		0.00%	6.05E+00	1.30%	1.49E-01	0.10%
Résidentiel - Tertiaire	7.78E-01	6.15%		0.00%		0.00%	1.37E+00	0.29%	1.33E+01	9.10%
Résidentiel	7.42E-01	5.87%		0.00%		0.00%	1.12E+00	0.24%	7.36E+00	5.04%
Tertiaire	3.56E-02	0.28%		0.00%		0.00%	2.44E-01	0.05%	5.94E+00	4.06%
Transport	4.33E+00	34.24%		0.00%		0.00%	2.69E+02	57.58%	1.18E+02	80.69%
Transport aérien	0.00E+00	0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%	1.57E+01	10.75%
Transport ferroviaire	4.81E-06	0.00%		0.00%		0.00%	4.81E-06	0.00%	1.44E-05	0.00%
Transport fluvial	9.01E-06	0.00%		0.00%		0.00%	9.01E-06	0.00%	2.70E-05	0.00%
Transport maritime	1.72E+00	13.61%		0.00%		0.00%	2.67E+02	57.18%	3.54E+00	2.43%
Transport routier	2.61E+00	20.63%		0.00%		0.00%	1.87E+00	0.40%	9.86E+01	67.51%
Total général	1.27E+01	100.00%	9.04E+00	100.00%	1.83E+01	100.00%	4.67E+02	100.00%	1.46E+02	100.00%

Cobalt et Chrome VI (spécifique) : Le cobalt et la spéciation du chrome n'est pas réalisé par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Les principaux émetteurs de chrome VI quantifiés sont les chantiers de l'Atlantique ainsi que EQIOM KERCIIM.

Arsenic et Nickel : Pour l'arsenic et le nickel, les émissions sont réparties entre les émissions industrielles issues du traitement des bases de données et le transport (maritime et routier pour l'arsenic, principalement maritime pour le nickel). Les émissions industrielles sont principalement pour l'arsenic issues du site TOTAL Donges et pour le nickel TOTAL Donges, mais également les chantiers de l'Atlantique et Ouest Coating.

Plomb : Pour le plomb, les émissions sont majoritairement issues du transport routier et, dans une moindre mesure, aérien. Les émissions quantifiées à partir des bases de données industrielles pour le plomb sont TOTAL Donges, les chantiers de l'Atlantique et GDE Derichebourg.

► HAP

	Benzo(a)ntracène		Benzo(a)Pyrène		benzo(k)fluoranthène		dibenzo(a,h)anthracène		indéno(1,2,3-cd)pyrène		Naphtalène	
	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	3.81E-02	0.44%	4.00E-02	0.65%	4.03E-02	0.75%	7.87E-03	0.77%	3.57E-02	0.73%		0.00%
Agriculture et sylviculture	3.81E-02	0.44%	4.00E-02	0.65%	4.03E-02	0.75%	7.87E-03	0.77%	3.57E-02	0.73%		0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Industrie	1.69E-01	1.93%	1.92E-01	3.13%	1.75E-01	3.27%	3.64E-02	3.56%	1.55E-01	3.17%	2.56E+00	100.00%
Industrie	1.69E-01	1.93%	1.92E-01	3.13%	1.75E-01	3.27%	3.64E-02	3.56%	1.55E-01	3.17%	2.56E+00	100.00%
BDD - Industrie	0.00E+00	0.00%	2.03E-02	0.33%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	2.56E+00	100.00%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Déchets	0.00E+00	0.00%	1.23E-06	0.00%	6.01E-07	0.00%	0.00E+00	0.00%	6.52E-07	0.00%		0.00%
Industrie (hors branche énergie)	1.69E-01	1.93%	1.72E-01	2.80%	1.75E-01	3.27%	3.64E-02	3.56%	1.55E-01	3.17%		0.00%
Résidentiel - Tertiaire	3.25E+00	37.15%	2.24E+00	36.41%	1.41E+00	26.30%	1.93E-01	18.90%	1.32E+00	27.08%		0.00%
Résidentiel	3.24E+00	37.09%	2.23E+00	36.36%	1.40E+00	26.25%	1.91E-01	18.73%	1.32E+00	27.02%		0.00%
Tertiaire	5.24E-03	0.06%	3.01E-03	0.05%	2.64E-03	0.05%	1.79E-03	0.18%	2.92E-03	0.06%		0.00%
Transport	5.29E+00	60.49%	3.67E+00	59.80%	3.72E+00	69.67%	7.83E-01	76.76%	3.37E+00	69.02%		0.00%
Transport aérien	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Transport ferroviaire	2.12E-03	0.02%	2.23E-03	0.04%	2.25E-03	0.04%	4.38E-04	0.04%	1.99E-03	0.04%		0.00%
Transport fluvial	4.03E-03	0.05%	4.24E-03	0.07%	4.27E-03	0.08%	8.33E-04	0.08%	3.78E-03	0.08%		0.00%
Transport maritime	2.61E+00	29.80%	2.74E+00	44.63%	2.76E+00	51.63%	5.38E-01	52.77%	2.44E+00	50.04%		0.00%
Transport routier	2.68E+00	30.62%	9.25E-01	15.07%	9.58E-01	17.92%	2.44E-01	23.87%	9.20E-01	18.86%		0.00%
Total général	8.75E+00	100.00%	6.14E+00	100.00%	5.34E+00	100.00%	1.02E+00	100.00%	4.88E+00	100.00%	2.56E+00	100.00%

Naphtalène : Le naphtalène n'est pas réalisé par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Le principal émetteur de naphtalène quantifié est TOTAL Donges.

Autres HAP : Pour les autres HAP, les principaux émetteurs sont très généralement les transports ainsi que le secteur résidentiel.

Priorité 2

Nous considérons dans la liste de priorité 2, l'ensemble des substances CMR indépendamment du calcul de l'indice brut. Cette liste considère 13 substances supplémentaires.

► Polluants gazeux – COV

	Acétaldéhyde Kg/an	%	Formaldéhyde Kg/an	%	Toluène Kg/an	%
Agriculture et sylviculture		0.00%	1.38E+02	1.58%	4.73E+01	0.16%
Agriculture et sylviculture		0.00%	1.38E+02	1.58%	4.73E+01	0.16%
Emissions naturelles		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	1.07E+02	100.00%	2.67E+03	30.44%	2.84E+03	9.35%
BDD - Industrie	1.07E+02	100.00%	3.09E-01	0.00%	2.17E+03	7.13%
Branche énergie		0.00%	0.00E+00	0.00%	4.56E+01	0.15%
Déchets		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie (hors branche énergie)		0.00%	2.67E+03	30.44%	6.28E+02	2.07%
Résidentiel - Tertiaire		0.00%	3.47E+03	39.54%	6.37E+03	20.97%
Résidentiel		0.00%	2.65E+03	30.16%	6.31E+03	20.79%
Tertiaire		0.00%	8.24E+02	9.39%	5.68E+01	0.19%
Transport		0.00%	2.50E+03	28.44%	2.11E+04	69.52%
Transport aérien		0.00%	2.05E+02	2.34%	1.07E+01	0.04%
Transport ferroviaire		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport fluvial		0.00%	7.48E-06	0.00%	9.11E+01	0.30%
Transport maritime		0.00%	1.35E+02	1.54%	1.57E+04	51.64%
Transport routier		0.00%	2.16E+03	24.56%	5.33E+03	17.55%
Total général	1.07E+02	100.00%	8.78E+03	100.00%	3.04E+04	100.00%

Acétaldéhyde : Les émissions sont issues du traitement des bases de données industrielles, et en lien avec les émissions du site de la station d'épuration Ouest de la CARENE (système de désodorisation).

Formaldéhyde et Toluène : Les émissions des autres substances sont réparties entre les émissions industrielles (issues du traitement des bases de données et des données complémentaires de BASEMIS), le résidentiel et les transports (maritime et routier).

► Métaux

	Antimoine Kg/an	%	Cadmium Kg/an	%	Mercure Kg/an	%
Agriculture et sylviculture		0.00%	4.93E-05	0.00%	2.02E-03	0.08%
Agriculture et sylviculture		0.00%	4.93E-05	0.00%	2.02E-03	0.08%
Emissions naturelles		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	1.65E+00	100.00%	7.65E-01	50.00%	1.31E+00	51.92%
BDD - Industrie	1.65E+00	100.00%	7.53E-01	49.24%	1.15E+00	45.77%
Branche énergie		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Déchets		0.00%	2.17E-04	0.01%	1.28E-01	5.09%
Industrie (hors branche énergie)		0.00%	1.13E-02	0.74%	2.66E-02	1.06%
Résidentiel - Tertiaire		0.00%	1.33E-01	8.72%	8.27E-02	3.29%
Résidentiel		0.00%	1.20E-01	7.83%	7.61E-02	3.02%
Tertiaire		0.00%	1.38E-02	0.90%	6.62E-03	0.26%
Transport		0.00%	6.32E-01	41.28%	1.13E+00	44.71%
Transport aérien		0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport ferroviaire		0.00%	2.40E-06	0.00%	1.11E-04	0.00%
Transport fluvial		0.00%	4.50E-06	0.00%	2.07E-04	0.01%
Transport maritime		0.00%	4.79E-01	31.33%	8.76E-01	34.82%
Transport routier		0.00%	1.52E-01	9.95%	2.49E-01	9.88%
Total général	1.65E+00	100.00%	1.53E+00	100.00%	2.52E+00	100.00%

Antimoine : L'antimoine n'est pas réalisé par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Les principaux émetteurs d'antimoine quantifiés sont TOTAL Donges, les chantiers de l'Atlantique ainsi que GDE Derichebourg.

Cadmium et Mercure : Pour le cadmium et le mercure, les émissions sont réparties entre les émissions industrielles issues du traitement des bases de données (TOTAL Donges et GDE Derichebourg) et le transport (maritime principalement et routier en second lieu)

► Autres substances

	Dioxines/Furanes		dioxyde de titane		N-méthylpyrrolidone		Phénol		Silice cristalline		Tétraborate de disodium		PCB	
	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	8.95E-08	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.22E-06	0.02%
Agriculture et sylviculture	8.95E-08	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.22E-06	0.02%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	4.32E-06	8.90%	4.05E+01	100.00%	4.07E+00	100.00%	2.02E+00	100.00%	8.25E+03	100.00%	7.86E+01	100.00%	2.60E-04	1.00%
BDD - Industrie	2.70E-06	5.57%	4.05E+01	100.00%	4.07E+00	100.00%	2.02E+00	100.00%	8.25E+03	100.00%	7.86E+01	100.00%	0.00E+00	0.00%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00E+00	0.00%
Déchets	4.91E-08	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.83E-05	0.15%
Industrie (hors branche énergie)	1.57E-06	3.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.22E-04	0.86%
Résidentiel - Tertiaire	8.47E-06	17.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.90E-03	7.33%
Résidentiel	8.04E-06	16.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.11E-03	4.27%
Tertiaire	4.32E-07	0.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.94E-04	3.06%
Transport	3.56E-05	73.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.38E-02	91.65%
Transport aérien	0.00E+00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport ferroviaire	1.26E-08	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00E-10	0.00%
Transport fluvial	9.14E-09	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.36E-05	0.13%
Transport maritime	1.05E-05	21.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.37E-02	91.50%
Transport routier	2.51E-05	51.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.02E-06	0.02%
Total général	2.24E-02	100.00%	4.05E+01	100.00%	4.07E+00	100.00%	2.02E+00	100.00%	8.25E+03	100.00%	7.86E+01	100.00%	2.59E-02	100.00%

Dioxines et furanes : Les émissions en Dioxines/Furanes quantifiées précédemment ont présenté une erreur dans les données fournies par TOTAL. Elles ont été reprises pour permettre de disposer d'informations à jour sur ces émissions industrielles. Elles apparaissent ainsi comme principalement émises par les transports (routiers et maritimes) ainsi que le secteur résidentiel. Pour rappel, l'erreur corrigée sur les émissions de TOTAL Donges est relative aux émissions fournies en 2019 pour le rejet RR-HDT (0.067 kg/an), valeur qui a été infirmée par la DREAL après vérification de la déclaration des émissions GEREP pour cette année ($1,7.10^{-6}$ au global sur le site).

PCB : Pas d'informations sur les émissions des PCB sur les BDD disponibles et traitées dans le cadre du recensement des émissions industrielles. Très majoritairement émis par le transport maritime – données AIR PL

Autres substances : Les autres substances sont spécifiques à certains industriels issus du traitement des BDD (dioxyde de titane – RFS / N-méthylpyrrolidone – EXXELIA / Phénol – MAN ENERGY SOLUTIONS / Silice cristalline – Spéciation théorique de CETRA et CHARIER CM / Tétraborate de disodium – RABAS PROTEC) et ne sont pas des substances quantifiées par AIR PL dans BASEMIS.

Priorité 3

Ensuite, pour les substances présentant des effets à seuil, Il est calculé un « ratio brut » par voie d'exposition de la façon suivante : $\text{Ratio} = \text{Flux} / \text{VTR à seuil}$. Il est d'habitude de retenir, par voie d'exposition, toutes les substances dont le ratio est $> 1\%$ du ratio max pour les substances à seuil, conformément aux indications du guide INERIS (Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – 2013) et aux pratiques en vigueur à l'heure actuelle en France. Dans le cadre de l'exposition par ingestion, l'ingestion de sol superficiel est très souvent le « déterminant du risque ». La contamination des sols superficiels ne faisant pas intervenir de critère de transfert propre à chaque substance, la méthode des ratios peut également s'appliquer à cette voie d'exposition.

► Polluants gazeux

	Diisocyanate d'hexaméthylène		H2S		Xylènes	
	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%	5.39E+01	0.07%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%	5.39E+01	0.07%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	2.64E+01	100.00%	7.35E+03	100.00%	6.55E+04	81.49%
BDD - Industrie	2.64E+01	100.00%	7.35E+03	100.00%	6.52E+04	81.22%
Branche énergie		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Déchets		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie (hors branche énergie)		0.00%		0.00%	2.18E+02	0.27%
Résidentiel - Tertiaire		0.00%		0.00%	5.70E+02	0.71%
Résidentiel		0.00%		0.00%	5.70E+02	0.71%
Tertiaire		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport		0.00%		0.00%	1.42E+04	17.73%
Transport aérien		0.00%		0.00%	2.77E+00	0.00%
Transport ferroviaire		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%
Transport fluvial		0.00%		0.00%	3.34E+02	0.42%
Transport maritime		0.00%		0.00%	9.41E+03	11.71%
Transport routier		0.00%		0.00%	4.50E+03	5.60%
Total général	2.64E+01	100.00%	7.35E+03	100.00%	8.03E+04	100.00%

Diisocyanate d'hexaméthylène et H2S : Les quantifications de ces substances ne sont pas réalisées par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Les principales émissions de diisocyanate d'hexaméthylène sont issues de la spéciation des COV des Chantiers de l'Atlantique, alors que l'H₂S est principalement émis par CARGILL Montoir de Bretagne.

Xylènes : Majoritairement émis par les émissions industrielles issues de la quantification par les BDD (80%), et notamment les Chantiers de l'Atlantique (spéciation des COV), et dans une moindre mesure LASSARAT et SIDES. Les transports maritimes et routiers représentent également, au total, moins de 20% des émissions de xylènes (respectivement 12% et 6%).

Priorité 4

Dans le traitement des données pour la zone de la CARENE, la substance présentant le ratio maximum pour l'exposition par inhalation est l'acide cyanhydrique émis par un seul rejet du site TOTAL Donges, dont les émissions moyennes sur les 3 ans de données sont de plus de 60 tonnes, dépassant de très loin les autres substances. Afin de considérer au mieux les différentes problématiques liées aux installations de la zone, L'indice 100 a été réaffecté à la substance suivante. Pour la voie ingestion, les dioxines présentent le ratio maximum. De même, en retenant la méthodologie présentée précédemment, seules 3 substances seraient prises en compte : L'indice 100 a donc été réaffecté à la substance suivante dans le classement. Cette liste représente les substances de priorité 4.

► Polluants gazeux

	1.2.3 triméthylbenzène		1-méthoxy-2-propanol		Hexane		NH3		Aliphatiques C9-C16	
	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%		0.00%	2.04E+05	79.00%		0.00%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%		0.00%	2.04E+05	79.00%		0.00%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Industrie	3.42E+03	100.00%	1.10E+05	100.00%	1.34E+06	100.00%	4.66E+04	18.01%	5.24E+04	100.00%
BDD - Industrie	3.42E+03	100.00%	1.10E+05	100.00%	1.34E+06	100.00%	3.68E+04	14.24%	5.24E+04	100.00%
Branche énergie		0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Déchets		0.00%		0.00%		0.00%	8.97E+03	3.47%		0.00%
Industrie (hors branche énergie)		0.00%		0.00%		0.00%	7.82E+02	0.30%		0.00%
Résidentiel - Tertiaire		0.00%		0.00%		0.00%	8.69E+01	0.03%		0.00%
Résidentiel		0.00%		0.00%		0.00%	8.12E-01	0.00%		0.00%
Tertiaire		0.00%		0.00%		0.00%	8.61E+01	0.03%		0.00%
Transport		0.00%		0.00%		0.00%	7.64E+03	2.96%		0.00%
Transport aérien		0.00%		0.00%		0.00%	0.00E+00	0.00%		0.00%
Transport ferroviaire		0.00%		0.00%		0.00%	3.36E-01	0.00%		0.00%
Transport fluvial		0.00%		0.00%		0.00%	6.31E-01	0.00%		0.00%
Transport maritime		0.00%		0.00%		0.00%	2.64E+00	0.00%		0.00%
Transport routier		0.00%		0.00%		0.00%	7.64E+03	2.95%		0.00%
Total général	3.42E+03	100.00%	1.10E+05	100.00%	1.34E+06	100.00%	2.59E+05	100.00%	5.24E+04	100.00%

1,2,3-TMB, 1-méthoxy-2-propanol, aliphatiques C9-C16 et hexane : Les quantifications de ces substances ne sont pas réalisées par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Les principales émissions sont issues de la spéciation des COV des Chantiers de l'Atlantique (1,2,3-triméthylbenzène et aliphatiques), AIRBUS Montoir de Bretagne (1-méthoxy-2-propanol et aliphatiques) et Saint Nazaire (aliphatiques), IDEA Logistique (aliphatiques) et TOTAL Donges et CARGILL (hexane).

Ammoniac : Pour l'ammoniac, les émissions sont très fortement liées à la quantification réalisée par AIR PL dans BASEMIS pour l'agriculture et la sylviculture, et dans une moindre mesure les émissions quantifiées à partir de la BDD fournie par YARA.

► Métaux

	Cuivre		Manganèse		Sélénium		Tungstène		Vanadium		Zinc	
	Kg/an	%										
Agriculture et sylviculture	7.34E-03	0.00%			9.30E-05	0.00%					1.72E-02	0.00%
Agriculture et sylviculture	7.34E-03	0.00%			9.30E-05	0.00%					1.72E-02	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%			0.00E+00	0.00%					0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%			0.00E+00	0.00%					0.00E+00	0.00%
Industrie	1.82E+01	4.80%	1.13E+02	100.00%	3.41E+00	56.12%	4.24E+01	100.00%	6.15E+01	100.00%	2.31E+02	34.34%
BDD - Industrie	1.81E+01	4.77%	1.13E+02	100.00%	3.37E+00	55.53%	4.24E+01	100.00%	6.15E+01	100.00%	2.31E+02	34.29%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%			0.00E+00	0.00%					0.00E+00	0.00%
Déchets	5.36E-04	0.00%			8.52E-04	0.01%					6.90E-03	0.00%
Industrie (hors branche énergie)	1.16E-01	0.03%			3.51E-02	0.58%					2.97E-01	0.04%
Résidentiel - Tertiaire	6.34E+00	1.68%			5.85E-01	9.63%					2.65E+01	3.93%
Résidentiel	3.00E+00	0.79%			5.71E-01	9.40%					2.39E+01	3.56%
Tertiaire	3.34E+00	0.88%			1.40E-02	0.23%					2.52E+00	0.37%
Transport	3.54E+02	93.52%			2.08E+00	34.24%					4.15E+02	61.73%
Transport aérien	0.00E+00	0.00%			0.00E+00	0.00%					0.00E+00	0.00%
Transport ferroviaire	6.30E+01	16.66%			4.81E-06	0.00%					9.13E-04	0.00%
Transport fluvial	6.58E-04	0.00%			9.01E-06	0.00%					1.71E-03	0.00%
Transport maritime	2.84E+00	0.75%			1.53E+00	25.20%					1.05E+01	1.56%
Transport routier	2.88E+02	76.11%			5.49E-01	9.04%					4.05E+02	60.17%
Total général	3.78E+02	100.00%	1.13E+02	100.00%	6.08E+00	100.00%	4.24E+01	100.00%	6.15E+01	100.00%	6.73E+02	100.00%

Manganèse, Tungstène et Vanadium : Les quantifications de ces 3 substances ne sont pas réalisées par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de ces substances sont ainsi uniquement issues du traitement des bases de données des émissions. Les principaux émetteurs sont TOTAL Donges (manganèse et vanadium), Ouest Coating (Tungstène) et les chantiers de l'Atlantique ainsi que GDE Derichebourg (manganèse).

Cuivre, Sélénium et Zinc : Pour ces substances, les émissions sont quantifiées à partir des bases de données fournies par les industriels ainsi que les données BASEMIS d'Air PL. En ce qui concerne le cuivre, les émissions sont principalement issues du transport (majoritairement routier et dans une moindre mesure ferroviaire) ; le sélénium issu de TOTAL Donges et du transport (maritime et routier) alors que le zinc issu du transport routier et des activités industrielles (TOTAL Donges, les Chantiers de l'Atlantique et GDE Derichebourg).

► HAP Fluoranthène

	Fluoranthène	
	Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	5.38E-01	0.65%
Agriculture et sylviculture	5.38E-01	0.65%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	0.00E+00	0.00%
Industrie	2.54E+00	3.08%
BDD - Industrie	2.48E-01	0.30%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%
Déchets	0.00E+00	0.00%
Industrie (hors branche énergie)	2.29E+00	2.78%
Résidentiel - Tertiaire	1.32E+01	16.01%
Résidentiel	1.32E+01	15.98%
Tertiaire	1.67E-02	0.02%
Transport	6.61E+01	80.26%
Transport aérien	0.00E+00	0.00%
Transport ferroviaire	3.00E-02	0.04%
Transport fluvial	5.70E-02	0.07%
Transport maritime	3.68E+01	44.73%
Transport routier	2.92E+01	35.43%
Total général	8.24E+01	100.00%

Fluoranthène : Pour les autres HAP, comme précédemment, les principaux émetteurs sont très généralement les transports ainsi que le secteur résidentiel.

Priorité 5

A l'issu de ce choix, il apparait que certaines substances ne sont émises que par 1 seul site. Il est donc considéré que la substance ne constitue pas une substance d'intérêt pour la zone d'étude (pas de zone de cumul envisageable). Si par ailleurs, ces substances ont fait l'objet d'une ERS par le site en question montrant l'absence d'impact ou si la substance est considérée dans le cadre d'un plan de surveillance, alors elle est considérée en priorité 5.

► Polluants gazeux

Étiquettes de lignes	1,2-dichloroéthylène Kg/an	%	Acide cyanhydrique Kg/an	%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%
Agriculture et sylviculture		0.00%		0.00%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%
Emissions naturelles		0.00%		0.00%
Industrie	2.77E+04	100.00%	6.05E+04	100.00%
BDD - Industrie	2.77E+04	100.00%	6.05E+04	100.00%
Branche énergie		0.00%		0.00%
Déchets		0.00%		0.00%
Industrie (hors branche énergie)		0.00%		0.00%
Résidentiel - Tertiaire		0.00%		0.00%
Résidentiel		0.00%		0.00%
Tertiaire		0.00%		0.00%
Transport		0.00%		0.00%
Transport aérien		0.00%		0.00%
Transport ferroviaire		0.00%		0.00%
Transport fluvial		0.00%		0.00%
Transport maritime		0.00%		0.00%
Transport routier		0.00%		0.00%
Total général	2.7E+04	100.00%	6.05E+04	100.00%

1,2-diochloroéthylène : La quantification de cette substance n'est pas réalisée par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de cette substance est ainsi uniquement issue du traitement des bases de données des émissions. Le seul émetteur ayant permis la quantification des émissions de cette substance est AIRBUS ATLANTIC Saint Nazaire dans la spéciation des COV.

Acide cyanhydrique : Comme pour le polluant précédent, la quantification de cette substance n'est pas réalisée par AIR PL dans BASEMIS. Les émissions de cette substance est ainsi uniquement issue du traitement des bases de données des émissions. Le seul émetteur ayant permis la quantification des émissions de cette substance est TOTAL Donges avec une émission importante en 2017 (113 tonnes, contre environ 30/40 tonnes en 2018 et 2019).

Priorité 6 – Substances générales

Lorsqu'un composé considéré présente un potentiel toxique avéré mais pour lequel on ne dispose pas de valeur toxicologique de référence, ce dernier peut toutefois être conservé dans la mesure où il existe des objectifs de qualité de l'air. Ceci est notamment valable pour les particules (PM10 et PM2.5) ainsi que les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde de soufre (SO2).

Étiquettes de lignes	NOx Kg/an	%	PM totales Kg/an	%	PM10 Kg/an	%	PM2.5 Kg/an	%	SO2 Kg/an	%
Agriculture et sylviculture	4.25E+04	0.57%	4.45E+04	3.95%	1.45E+04	2.49%	4.27E+03	1.68%	6.01E+01	0.00%
Agriculture et sylviculture	4.25E+04	0.57%	4.45E+04	3.95%	1.45E+04	2.49%	4.27E+03	1.68%	6.01E+01	0.00%
Emissions naturelles	2.11E+03	0.03%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Emissions naturelles	2.11E+03	0.03%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%
Industrie	1.94E+06	26.11%	7.31E+05	64.86%	2.91E+05	50.09%	1.80E+04	7.10%	3.43E+06	84.43%
BDD - Industrie	1.57E+06	21.21%	2.84E+05	25.23%	7.70E+04	13.25%	3.38E+02	0.13%	3.42E+06	84.27%
Branche énergie	0.00E+00	0.00%	9.65E+03	0.86%	3.86E+03	0.67%	6.44E+02	0.25%	0.00E+00	0.00%
Déchets	8.84E+02	0.01%	2.40E+01	0.00%	2.16E+01	0.00%	1.92E+01	0.01%	1.82E+02	0.00%
Industrie (hors branche énergie)	3.63E+05	4.89%	4.37E+05	38.77%	2.10E+05	36.17%	1.70E+04	6.70%	6.30E+03	0.16%
Résidentiel - Tertiaire	1.01E+05	1.36%	5.68E+04	5.04%	5.39E+04	9.29%	5.28E+04	20.79%	1.24E+04	0.31%
Résidentiel	5.49E+04	0.74%	5.59E+04	4.96%	5.30E+04	9.14%	5.19E+04	20.46%	8.05E+03	0.20%
Tertiaire	4.61E+04	0.62%	9.29E+02	0.08%	8.83E+02	0.15%	8.51E+02	0.34%	4.37E+03	0.11%
Transport	5.34E+06	71.92%	2.95E+05	26.15%	2.21E+05	38.13%	1.79E+05	70.43%	6.20E+05	15.26%
Transport aérien	8.79E+03	0.12%	1.73E+03	0.15%	1.06E+03	0.18%	7.20E+02	0.28%	8.17E+02	0.02%
Transport ferroviaire	3.03E+03	0.04%	1.02E+04	0.91%	3.90E+03	0.67%	1.58E+03	0.62%	9.61E-01	0.00%
Transport fluvial	2.95E+03	0.04%	3.34E+02	0.03%	3.18E+02	0.05%	3.01E+02	0.12%	9.11E+01	0.00%
Transport maritime	4.62E+06	62.34%	1.33E+05	11.81%	1.26E+05	21.77%	1.19E+05	46.96%	6.18E+05	15.20%
Transport routier	6.96E+05	9.38%	1.49E+05	13.25%	8.97E+04	15.45%	5.70E+04	22.45%	1.45E+03	0.04%
Total général	7.42E+06	100.00%	1.13E+06	100.00%	5.81E+05	100.00%	2.54E+05	100.00%	4.06E+06	100.00%

Oxydes d'azote : Les émissions sont principalement issues du transport (dont essentiellement maritime, et dans une moindre mesure routier). En ce qui concerne les émissions industrielles issues du traitement des bases de données, le principal émetteur est TOTAL Donges, ainsi que quelques émetteurs minoritaires (SPEM, MAN ENERGY SOLUTIONS, YARA).

Dioxyde de soufre : Les émissions sont principalement issues de la base de données fournie par TOTAL Donges (et du rejet FCC) qui représente plus de 80% des émissions de cette substance sur la zone. Dans une moindre mesure, le transport maritime représente le deuxième émetteur de dioxyde de soufre sur la zone d'étude (environ 15%).

Particules : en fonction de la granulométrie, l'origine des émissions des particules (PM) diffère. En effet, en ce qui concerne les poussières totales (dont les « grosses particules » présentant par conséquent un diamètre supérieur à 10µm), celles-ci sont majoritairement émises par l'activité industrielle, déterminées à l'aide des bases de données industrielles utilisées lors de cette étude (principalement YARA) et les données AIR PL. Puis, pour les particules plus fines, ces émissions apparaissent comme plus émises par les secteurs des transports (maritimes et routiers). Ceci peut s'expliquer la une réelle plus grande émission de ces particules fines par ces secteurs, mais également potentiellement par une difficulté à caractériser les émissions de particules fines pour les activités industrielles (absence de mesures à l'émission, absence de données bibliographiques, ...).

Annexe 2. Rapport de modélisation – NUMTECH

Cette annexe contient 38 pages.

**Étude de zone sur la Communauté
d'Agglomération de la Région
Nazairienne et de l'Estuaire (CARENE)**

**Phase 2 : Modélisation de la dispersion et
des transferts**

Pour le compte de :
GINGER BURGEAP



● Intervenants

POUVOIR ADJUDICATEUR

DREAL PAYS DE LA LOIRE

Coordonnées

5 Rue Françoise Giroud – 44200 Nantes

Représentant du pouvoir
adjudicateur

Anne Beauval
Directrice Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du
Logement

CLIENT

GINGER BURGEAP

Coordonnées

1030 Rue Jean-René Guillibert Gauthier de la Lauzière
Les Milles – 13290 Aix-en-Provence

Contacts

Romain BOISSAT
Directeur de projet

E-mail : r.boissat@groupeginger.com
Téléphone : + 33 4 42 77 05 44
Mobile : + 33 6 19 77 45 61

PRESTATAIRE

NUMTECH

Coordonnées

6 allée Alan Turing – CS 60242 – Parc Technologique de La
Pardieu – 63178 AUBIERE cedex – 04 73 28 75 95

Contacts

Emmanuelle DUTHIER
Cheffe de projet Qualité de l'Air NUMTECH

E-mail : emmanuelle.duthier@numtech.fr
Téléphone : + 33 4 73 28 75 95
Mobile : + 33 6 49 65 15 34

VERSION

DATE

MODIFICATIONS

1.0

03/07/2023

Version initiale

REDACTION

VERIFICATION

Axel JOUAVILLE

Ingénieur d'Études Qualité de l'Air



Emmanuelle DUTHIER

Cheffe de Projet Qualité de l'Air



● Table des matières

1	Contexte de l'étude	1
1.1	Introduction	1
1.2	Présentation de la zone d'étude	1
2	Description du site et de son environnement	2
2.1	Contexte topographique	2
2.2	Occupation des sols sur la zone d'étude	3
2.3	Météorologie générale	3
2.3.1	Vents	3
2.3.2	Températures	4
2.3.3	Précipitations	4
3	Modélisation du site et de son environnement	6
3.1	Description du modèle de dispersion ADMS-Urban	6
3.2	Phénomène pris en compte par le modèle	7
3.1	Topographie et nature des sols	8
3.1.1	Topographie	8
3.1.2	Nature des sols	9
3.2	Météorologie	10
3.3	Polluants modélisés	12
3.4	Sources d'émissions modélisées	14
3.5	Maillage du domaine d'étude	16
4	Calage du modèle	17
4.1	Principe de calage et données exploitées	17
4.2	Variables d'ajustement	18
4.3	Résultats en SO ₂	19
4.4	Résultats en NO ₂	20
5	Incertitudes	22
5.1	Incertitudes intrinsèques au modèle	22
5.2	Incertitudes relatives aux données d'entrée	24
5.3	Conclusion	24

● Figures

Figure 1. Zone d'étude (source : CCTP du marché)	1
Figure 2. Topographie de la zone d'étude	2
Figure 3. Spatialisation des typologies d'occupation des sols sur la zone d'étude	1
Figure 4. Rose des vents décennale mesurée à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1991-2010 (Météo France)	3
Figure 5. Normales des températures mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)	4
Figure 6. Normales de précipitations mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)	5
Figure 16. Relief modélisé	8
Figure 17. Rugosité modélisée	9
Figure 18. Localisation de la station Météo France Saint-Nazaire Montoir	10
Figure 19. Rose des vents mesurés à la station météorologique de Saint-Nazaire Montoir de 2019 à 2021	11
Figure 7. Sources industrielles individuelles modélisées	15
Figure 8. Cadastre et réseau routier modélisés à partir des données de Air Pays de la Loire	15
Figure 15. Maillage de la zone d'étude	16
Figure 9. Localisation des stations de mesures Air Pays de la Loire sur le territoire de la CARENE	17
Figure 11. Résultats de calage en SO ₂	19
Figure 12. Localisation des stations Air pays de la Loire exploitées pour le calage du SO ₂	20
Figure 13. Comparaison des résultats simulés en NO ₂	21
Figure 14. Localisation des stations Air pays de la Loire exploitées, pour la comparaison des concentrations simulées en NO ₂	21
Figure 10. Schéma descriptif de la procédure de calage	30

● Tableaux

Tableau 1. Typologies d'occupation des sols sur la zone d'étude	3
Tableau 2. Phénomènes pris en compte par le modèle	7
Tableau 3. Liste des substances modélisées	12
Tableau 7. Complexité du site et de son environnement	23
Tableau 8. Incertitude sur les données d'entrée du modèle	24

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 Introduction

La présente étude est réalisée dans le cadre d'un marché public de prestations intellectuelles lancé par la **DREAL PAYS DE LA LOIRE** pour la réalisation de l'étude de zone sur le territoire de la CARENE (Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire). Cette étude est réalisée en 5 phases, telles que décrites dans le « guide pour la conduite d'une étude de zone » de l'INERIS (2011). Elle a pour but de restituer les potentiels risques sanitaires encourus par les populations exposés aux polluants usuels (SO₂, NO₂, particules...), ainsi qu'aux polluants spécifiques émergents, identifiés lors de la phase 1 de l'étude de zone : **état des lieux et schéma conceptuel des expositions**.

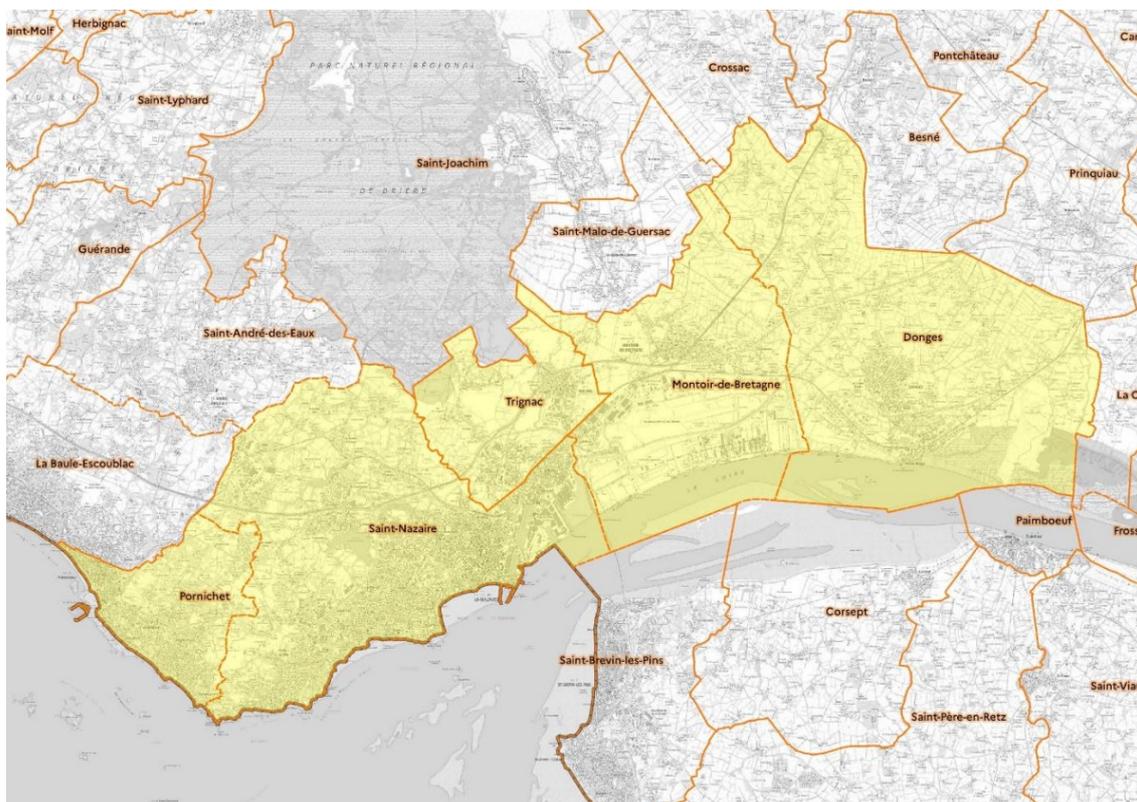
C'est dans ce contexte que **BURGEAP**, titulaire du marché public, sollicite **NUMTECH** pour la réalisation de la phase 2 de l'étude de zone : **modélisation de la dispersion et des transferts**. L'objectif de cette phase est de localiser et de quantifier les concentrations pour l'ensemble des polluants retenus par **BURGEAP** durant la phase 1, sur le territoire de la CARENE.

Le présent document constitue le rapport de cette deuxième phase. Il caractérise la zone d'étude, son environnement, et les émissions atmosphériques recensées ; et il détaille les hypothèses de la modélisation.

1.2 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude comprend les communes de Saint-Nazaire, Donges, Montoir-de-Bretagne, Trignac et Pornichet, et s'étend sur 16 km du nord au sud et sur 27 km d'ouest en est:

Figure 1. Zone d'étude (source : CCTP du marché)

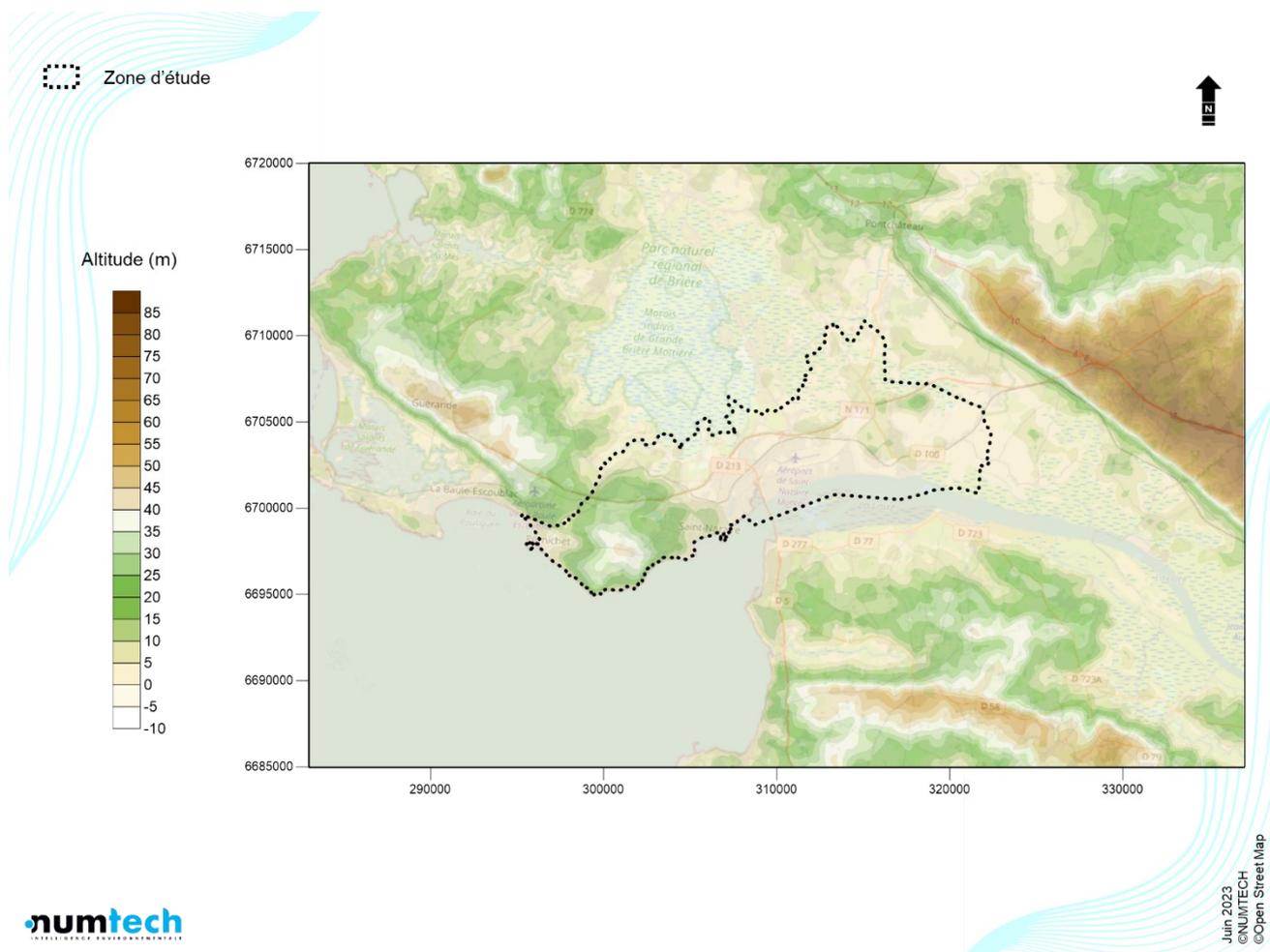


2 DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2.1 Contexte topographique

La zone d'étude et son environnement présentent dans leur ensemble une topographie peu marquée. On peut toutefois observer une zone de topographie plus variable à l'est de la zone d'étude et pour laquelle l'altitude varie de 5 à 80 mètres environ. Cette topographie est illustrée en Figure 2 ci-dessous.

Figure 2. Topographie de la zone d'étude



2.2 Occupation des sols sur la zone d'étude

Les usages de l'environnement ont été recensés le plus exhaustivement possible afin de caractériser les principales typologies d'activités anthropiques sur la zone d'étude.

Les données d'occupation des sols exploitées sont issues de l'Urban Atlas 2018¹. Cette base de données est construite à partir des données du Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), partie intégrante du programme européen Copernicus. Il combine l'exploitation de données satellitaires et de capteurs de surface afin de caractériser les différentes typologies d'occupation des sols, et d'en fournir une spatialisation à haute résolution sur les plus grandes métropoles d'Europe.

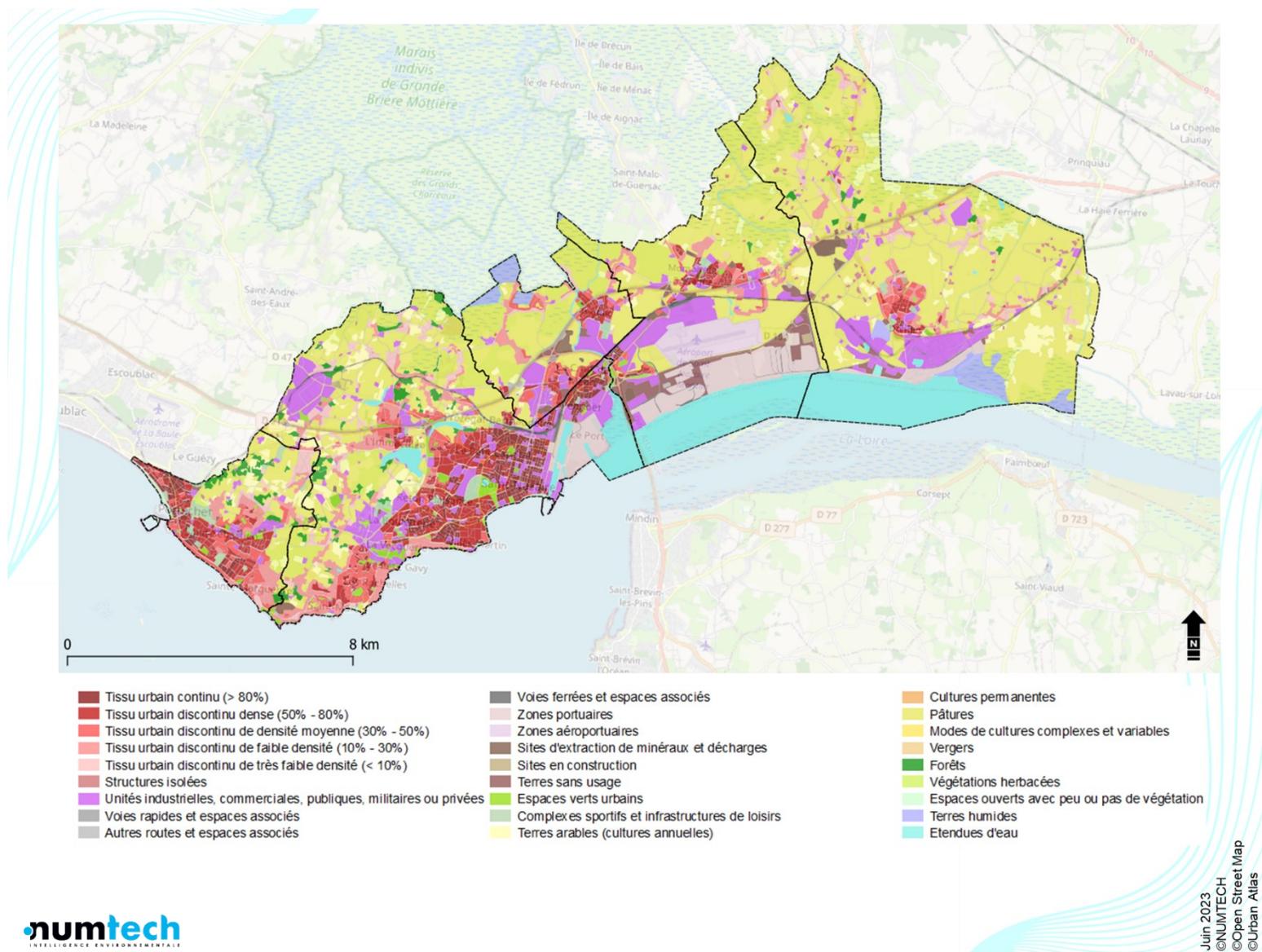
Les différents types d'occupation des sols ainsi que leur répartition spatiale sur la zone d'étude sont respectivement présentées en Tableau 1 et en Figure 3.

Tableau 1. Typologies d'occupation des sols sur la zone d'étude

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	Pourcentage d'occupation de la zone d'étude
Tissu urbain continu (> 80%)	3.94	2%
Tissu urbain discontinu dense (50% - 80%)	7.99	5%
Tissu urbain discontinu de densité moyenne (30% - 50%)	5.51	3%
Tissu urbain discontinu de faible densité (10% - 30%)	8.41	5%
Tissu urbain discontinu de très faible densité (< 10%)	4.35	3%
Structures isolées	0.65	< 1%
Unités industrielles, commerciales, publiques, militaires ou privées	15.15	9%
Voies rapides et espaces associés	0.03	< 1%
Autres routes et espaces associés	6.37	4%
Voies ferrées et espaces associés	1.24	1%
Zones portuaires	6.06	4%
Zones aéroportuaires	2.63	2%
Sites d'extraction de minéraux et décharges	0.84	< 1%
Sites en construction	0.24	< 1%
Terres sans usage	3.04	2%
Espaces verts urbains	1.67	1%
Complexes sportifs et infrastructures de loisirs	1.49	1%
Terres arables (cultures annuelles)	8.94	5%
Pâtures	72.41	42%
Forêts	2.54	1%
Végétations herbacées	0.11	< 1%
Espaces ouverts avec peu ou pas de végétation	0.34	< 1%
Terres humides	2.71	2%
Etendues d'eau	15.51	9%
TOTAL	172.17	100%

¹ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

Figure 3. Spatialisation des typologies d'occupation des sols sur la zone d'étude



Le recensement des usages des sols permet de mettre en évidence :

- une forte présence des activités agricoles avec plus de 48 % de la zone d'étude dédiée aux cultures et aux pâtures ;
- environ 17 % de tissu urbain résidentiel, impliquant des émissions liées au trafic routier et au chauffage résidentiel ;
- approximativement 9 % de sols à usage industriel, commercial, publique ou privé, rendant compte de la forte présence des activités industrielles sur Saint-Nazaire ;
- 4 % des sols dédié aux activités portuaires et 9 % d'étendues d'eau sur la zone d'étude, impliquant la présence d'émissions associées à ces activités portuaires.



2.3 Météorologie générale

Le climat de Saint-Nazaire est de type tempéré océanique sans saison sèche, avec des étés tempérés selon la classification de Köppen-Geiger. L'influence de ce climat est largement facilitée par la présence de l'Estuaire de la Loire et de l'absence notable de relief le long de la cote. Le caractère océanique du climat de Saint-Nazaire explique la présence de la pluie quelle que soit la saison, et implique des hivers relativement chauds et des étés doux.

2.3.1 VENTS

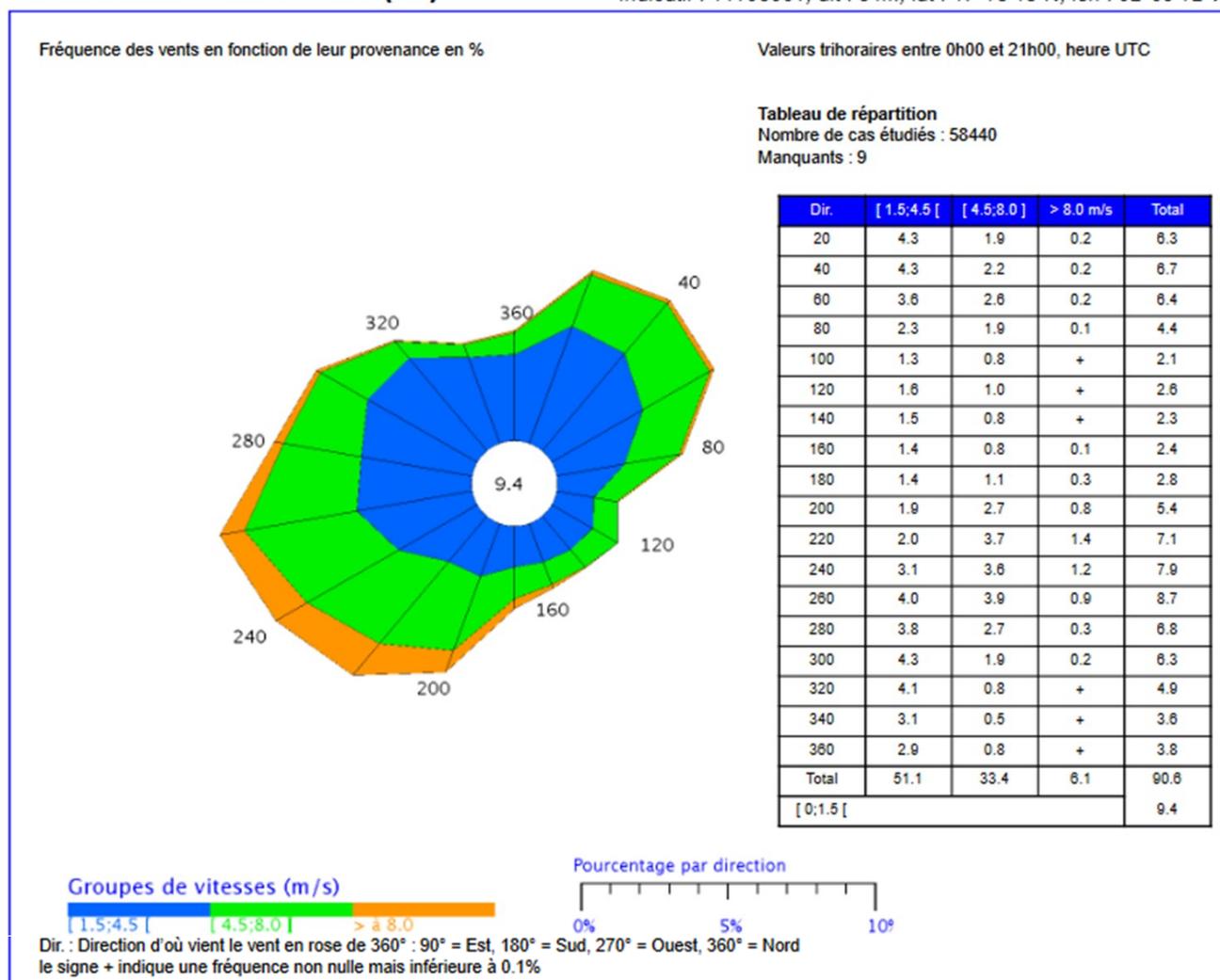
Les régimes de vents sur la zone d'étude sont illustrés par la rose des vents de la Figure 4, issue des données mesurées à la station Météo-France de Saint-Nazaire Montoir de 1991 à 2010.

Elle met en évidence des vents de directions variées, et de vitesses élevées selon les secteurs. Elle souligne l'influence océanique du climat de Saint-Nazaire par la fréquence plus importante des vents issus d'un large secteur ouest-sud-ouest, où les vents les plus forts y sont observés. On notera également des vents de nord-est relativement fréquents. En outre la fréquence des vents de faible vitesse (<1.5 m/s) est d'environ 10%.

Figure 4. Rose des vents décennale mesurée à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1991-2010 (Météo France)

ST NAZAIRE-MONTOIR (44)

Indicatif : 44103001, alt : 3 m., lat : 47°18'48"N, lon : 02°09'12"W

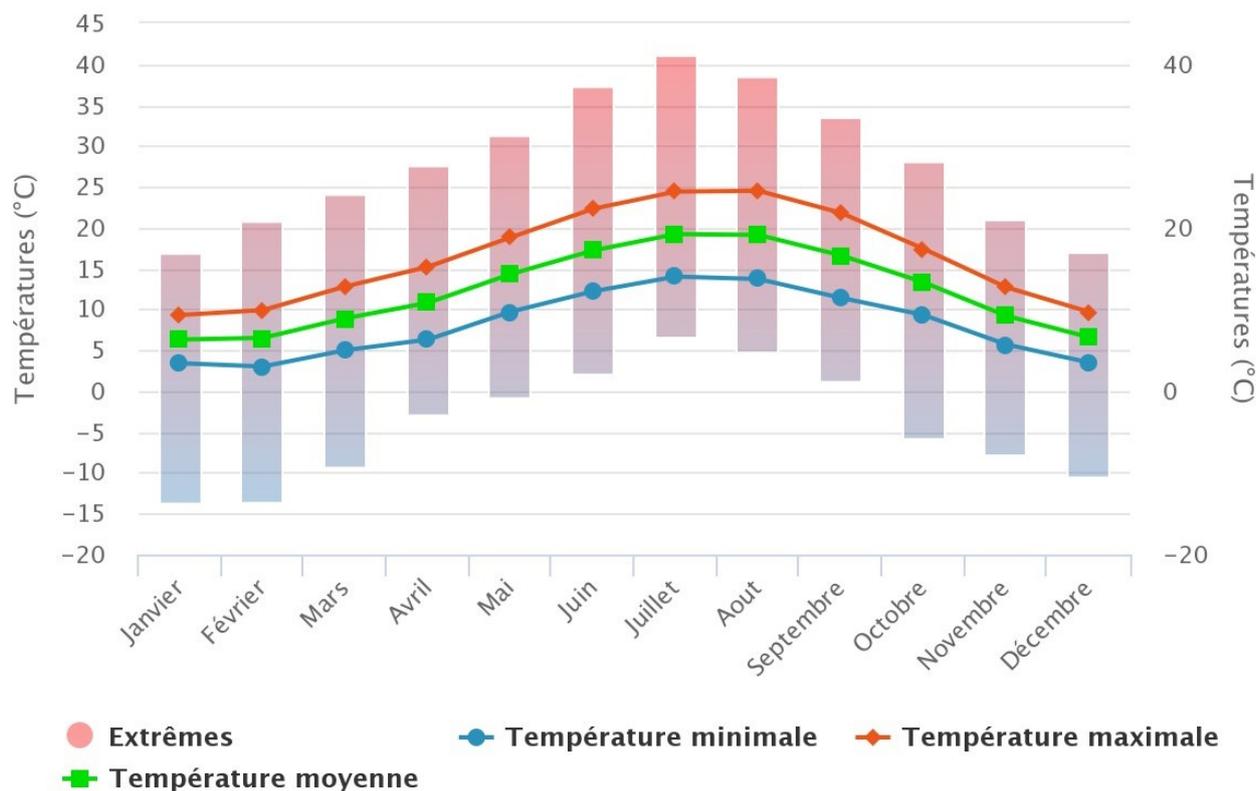


2.3.2 TEMPERATURES

La Figure 5 présente les normales de températures mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010.

Les températures mensuelles moyennes à Saint-Nazaire varient de 6.3 °C pour le mois de janvier, à 19.2 °C pour le mois de juillet.

Figure 5. Normales des températures mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)



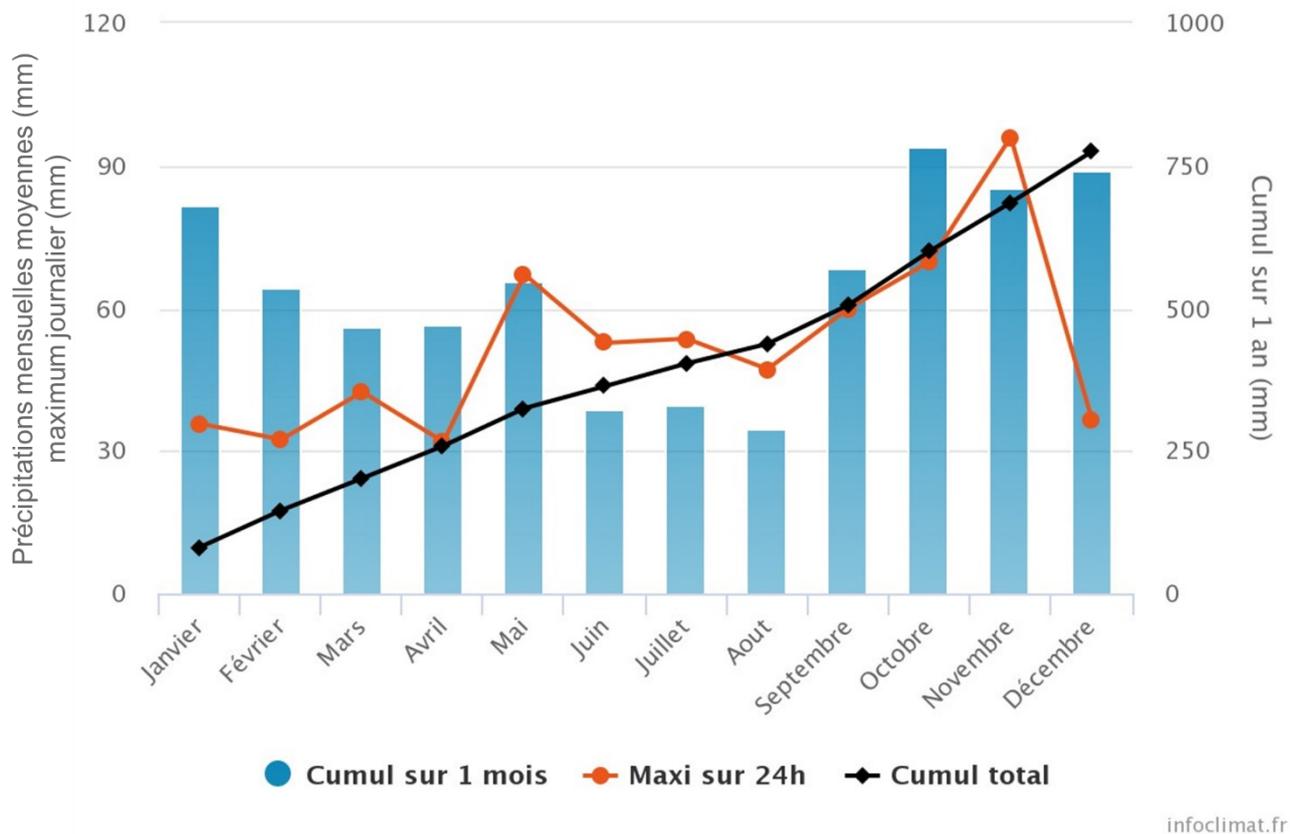
infoclimat.fr

2.3.3 PRECIPITATIONS

La Figure 6 présente les normales de précipitations mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010.

On observe des précipitations réparties tout au long de l'année avec une période relativement plus sèche de juin à août, et des précipitations plus importantes d'octobre à janvier. Les extremums du cumul mensuel moyen de précipitations sont 34.5 mm au mois d'août et 94.1 mm au mois d'octobre. En outre, le cumul annuel moyen est de 774.4 mm.

Figure 6. Normales de précipitations mesurées à la station Météo France de Saint-Nazaire Montoir sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)



3 MODELISATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

3.1 Description du modèle de dispersion ADMS-Urban

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Considéré par l'INERIS comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique, il a été validé grâce au « Model Validation Kit », outil européen d'évaluation des modèles de dispersion. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux (CEREMA, INERIS, Météo France, l'École Centrale de Lyon...), des industriels (TOTAL, SOLVAY,...) ainsi que des associations pour la surveillance de la qualité de l'air (AIRPARIF, ATMO Grand Est, ATMO SUD, ATMO Poitou-Charentes, ATMO Occitanie, ATMO Hauts de France, Air Pays de la Loire...).

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Reseach Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

Outre un modèle de dispersion, ADMS intègre de nombreux modules permettant la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'Information Géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO). Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux polluants (NO_x , CO, SO_2 , COV, métaux, HAP,...), pouvant provenir de plus de 3000 sources différentes.

Il est par ailleurs utilisé par de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai...

Le modèle ADMS-Urban est décrit de façon plus complète en Annexe 1.

3.2 Phénomène pris en compte par le modèle

Les phénomènes physiques pris en compte par le modèle dans le cadre de cette étude sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 2. Phénomènes pris en compte par le modèle

Hypothèses retenues	Pris en compte dans le modèle	Commentaires
Météorologie locale	Oui	Données trihoraires de la station Météo France Saint-Nazaire Montoir, pour les années 2019 à 2021 (3 ans)
Description verticale de la turbulence atmosphérique	Oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov.
Cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique	Oui	Les données météorologiques ne sont pas traitées de façon indépendante
Surélévation des panaches à l'émission	Oui	Modèle intégral de trajectoire 3D en sortie de cheminée.
Nature des sols rencontrés	Oui	Hauteur de rugosité variable sur le domaine.
Évolution chimique des rejets gazeux dans l'environnement	Oui	La chimie des NO _x et du NO ₂ a été prise en compte
	Non	Pour les autres substances (hypothèse d'un traceur passif)
Nature particulière des polluants	Oui	Les phénomènes de déposition et de lessivage atmosphérique ont été pris en compte pour les polluants particuliers
Variabilité temporelle des émissions	Oui	La variabilité temporelle des sources a été prise en compte lorsque des données étaient disponibles
Effet aérodynamique des obstacles les plus proches des sources sur la dispersion des panaches	Non	L'effet des bâtiments sur la dispersion n'ont pas été pris en compte
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	Oui	L'effet local du relief sur les champs de vent et de turbulence est pris en compte dans le calcul de dispersion

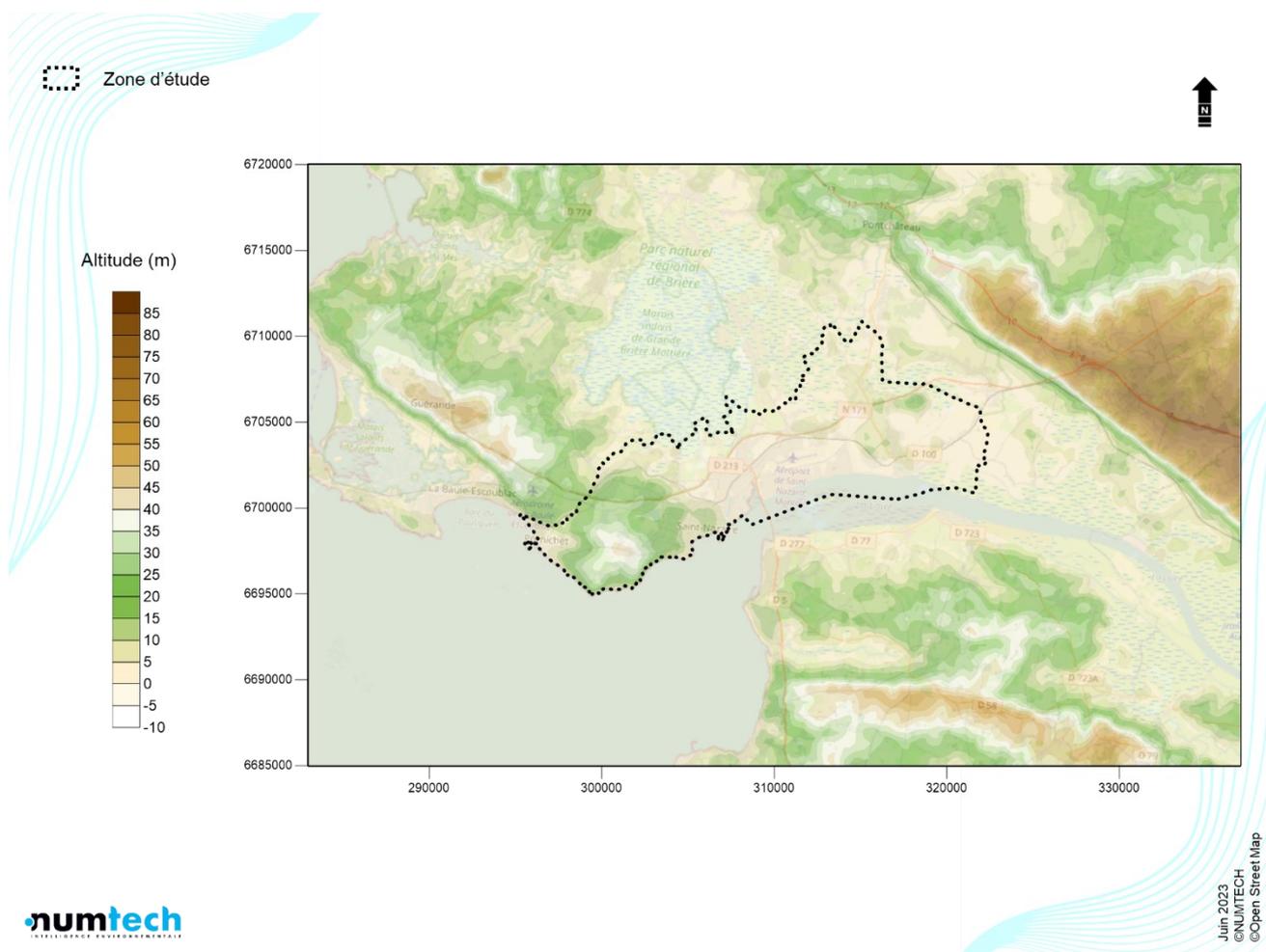
3.1 Topographie et nature des sols

3.1.1 TOPOGRAPHIE

Le modèle utilisé permet de prendre en compte la topographie dans le calcul de dispersion atmosphérique des polluants. Afin de minimiser les effets de bords, le domaine utilisé pour le relief est de taille supérieure à celui retenu pour le calcul de dispersion.

Les valeurs utilisées sont issues de la base de données SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de la NASA (National Aeronautics and Space Agency), la NGA (National Geospatial-intelligence Agency) et des agences spatiales allemandes et italiennes. La résolution des données fournies au modèle est de 30 m. Ces données sont présentées en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Figure 7. Relief modélisé

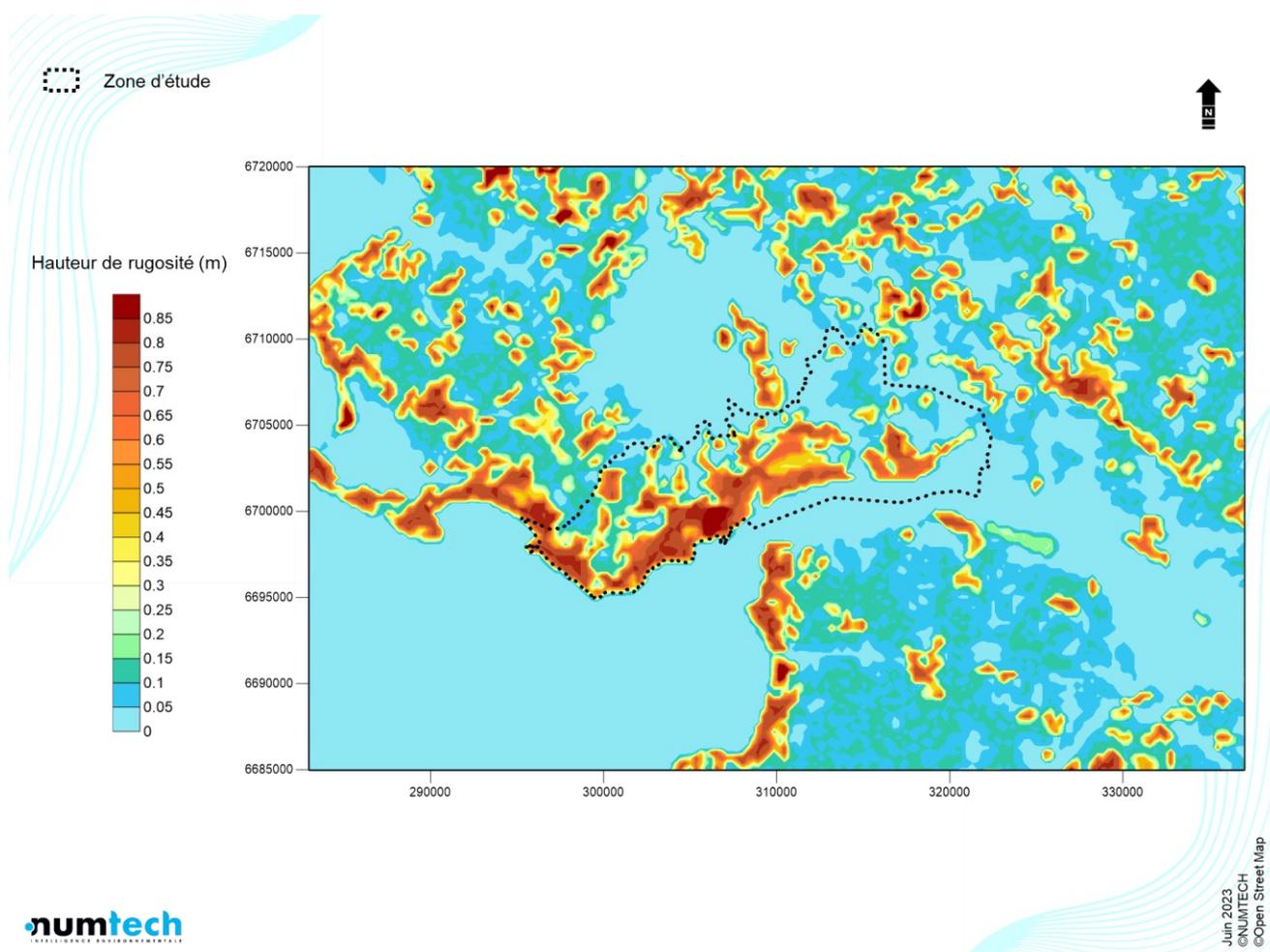


3.1.2 NATURE DES SOLS

La nature des sols, pouvant influencer la progression des panaches, a été caractérisée grâce à un paramètre de rugosité. Ce paramètre, couramment utilisé dans les modèles de dispersion atmosphérique, représente la nature rugueuse des obstacles occupant le sol. Il a la dimension d'une longueur variant entre 10^{-3} mètres (surface désertique) et environ 1,5 mètre pour les sols urbains les plus denses.

Dans le cadre de cette étude, un paramètre de rugosité variable a été utilisé afin de représenter l'hétérogénéité de l'occupation des sols sur le domaine d'étude. Ces données (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ont été intégrées dans le modèle sous la forme d'une grille dont les valeurs sont issues de la base Corine Land Cover, disponible auprès du SDES (Service de la Donnée et des Études Statistiques).

Figure 8. Rugosité modélisée



3.2 Météorologie

La connaissance des paramètres météorologiques est primordiale pour l'étude de la dispersion des rejets dans l'atmosphère. La direction et la vitesse du vent, la température de l'air et la nébulosité sont des grandeurs physiques qui permettent de bien représenter la climatologie locale, en particulier les mouvements d'air dans les premières couches de l'atmosphère. La température et la nébulosité interviennent dans le calcul de la stabilité thermique. Les données de vent déterminent la trajectoire du panache.

Les mesures météorologiques pour cette étude sont issues de la station Météo France Saint-Nazaire Montoire, dont la localisation est présentée en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** La position de la station au centre de la zone d'étude assure une bonne représentativité des données. Les mesures ont été collectées pour les années 2019 à 2021, soit 3 années consécutives. Des données horaires de vent (vitesse et direction), température, et nébulosité ont été exploitées pour la modélisation.

Afin de permettre au modèle d'évaluer la stabilité il a été nécessaire de compléter les mesures par des données simulées de rayonnement, ainsi que de nébulosité puisqu' approximativement 50% des mesures de la station de Saint-Nazaire Montoir sont manquantes ou invalides pour ce paramètre sur la période 2019-2022. Ces données sont issues du modèle météorologique AROME de Météo France.

La direction et la vitesse du vent, paramètres conditionnant la dispersion des rejets, sont présentées sur la Figure 11.

Figure 9. Localisation de la station Météo France Saint-Nazaire Montoir

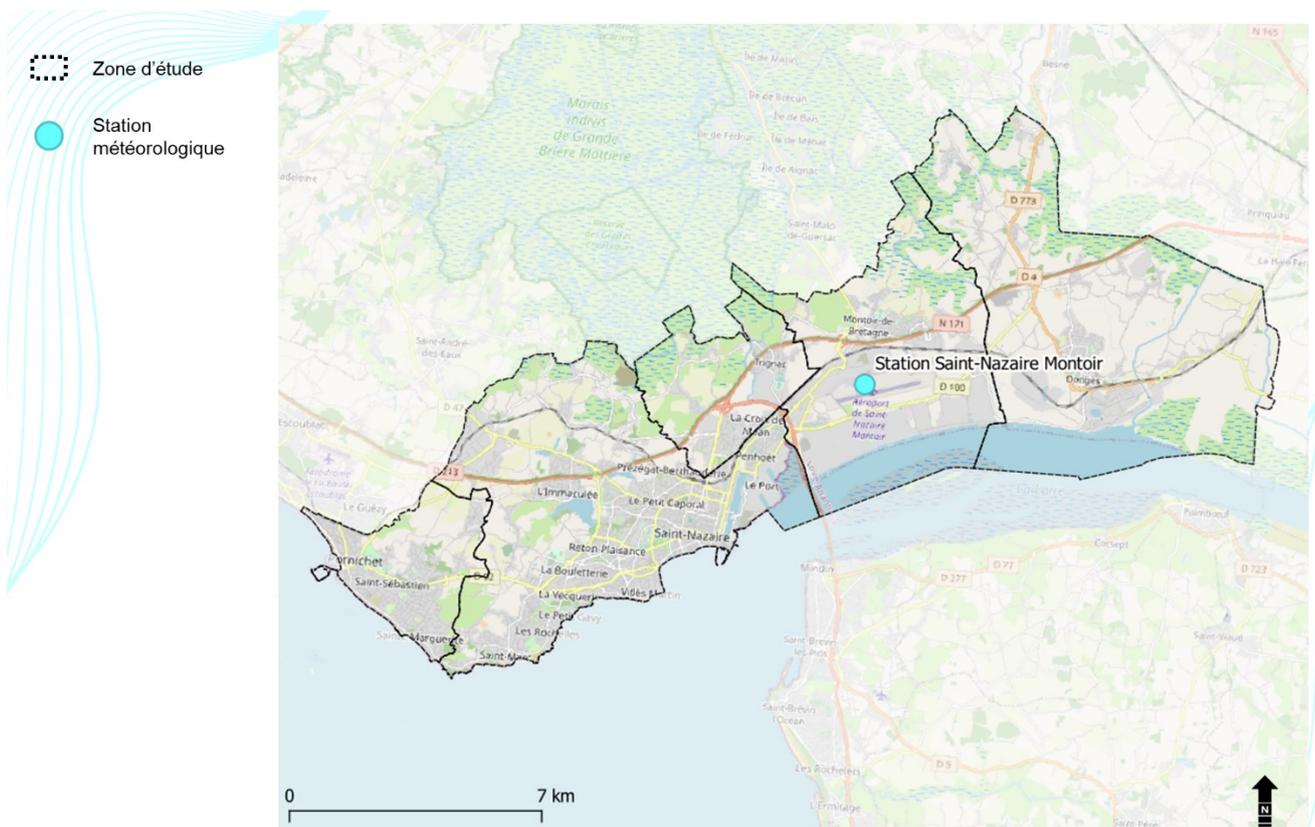
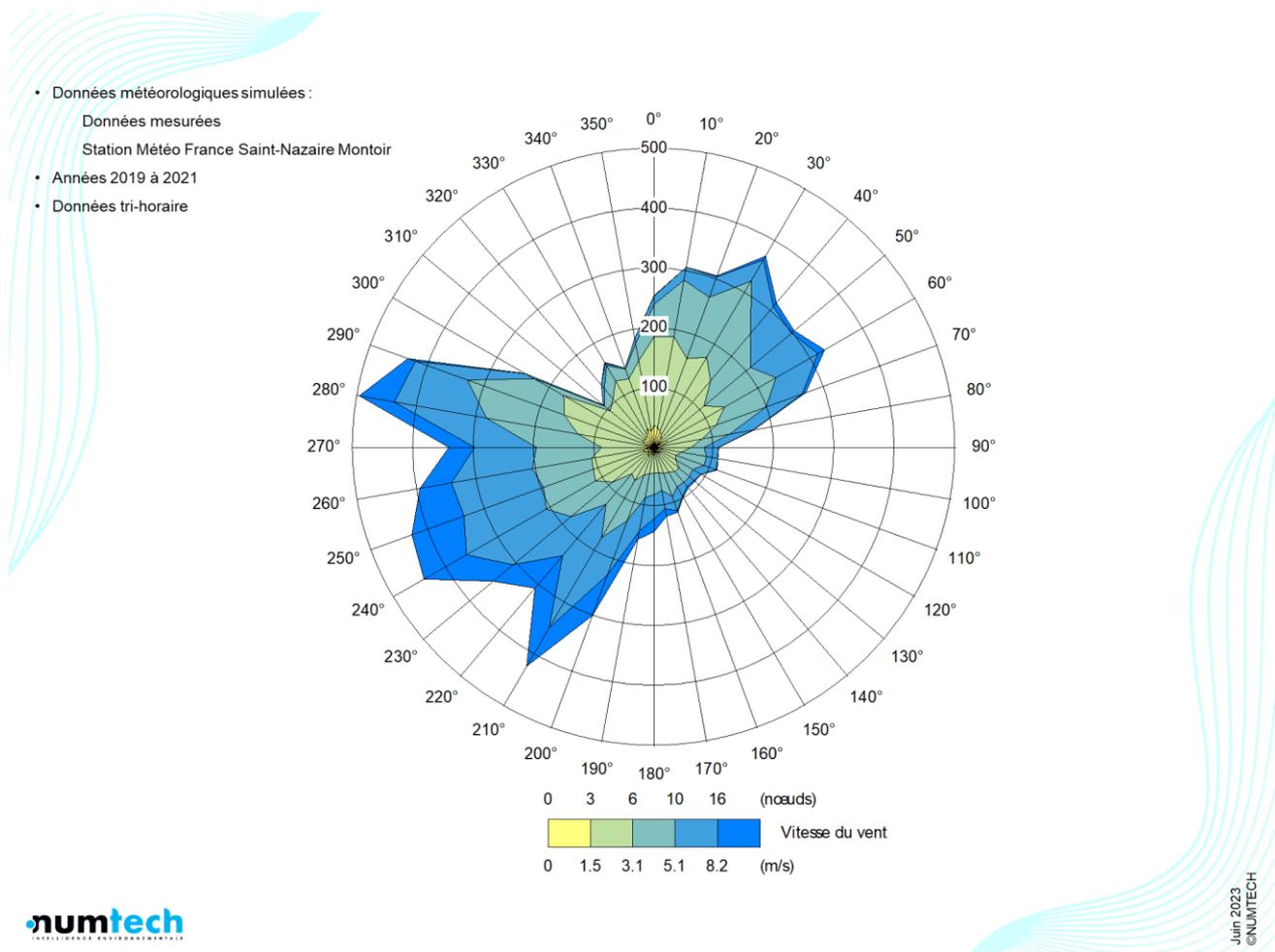


Figure 10. Rose des vents mesurés à la station météorologique de Saint-Nazaire Montoir de 2019 à 2021



3.3 Polluants modélisés

Les polluants modélisés sont issus du recensement des émissions industrielles polluantes réalisé par **BURGEAP** au cours de la phase 1 de l'étude de zone. La liste des 48 substances et familles de substances retenues, ainsi que les hypothèses qui leurs sont associées, est présentée ci-dessous :

Tableau 3. Liste des substances modélisées

Polluants	N° CAS	Nature	Taille des particules modélisées
SO ₂	7446-09-5	Gazeux	-
NO _x	-	Gazeux	-
NO ₂	10102-44-0	Gazeux	-
PM _{2.5}	-	Particulaire	2.5 µm
PM ₁₀	-	Particulaire	10 µm
1,3-butadiène	106-99-0	Gazeux	-
Arsenic	7440-38-2	Particulaire	2.5 µm
Benzène	71-43-2	Gazeux	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Particulaire	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Particulaire	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Particulaire	-
Chrome VI	1333-82-0	Particulaire	2.5 µm
Cobalt	7440-48-4	Particulaire	2.5 µm
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Particulaire	2.5 µm
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	Particulaire	2.5 µm
Naphtalène	91-20-3	Gazeux	-
Nickel	7440-02-0	Particulaire	2.5 µm
Plomb	7439-92-1	Particulaire	2.5 µm
Acétaldéhyde	75-07-0	Gazeux	-
Antimoine	7440-36-0	Particulaire	2.5 µm
Cadmium	7440-43-9	Particulaire	2.5 µm
Dioxines/furanes	-	Particulaire	2.5 µm
Dioxyde de titane	13463-67-7	Particulaire	1 µm
Formaldéhyde	50-00-0	Gazeux	-
Mercuré	7439-97-6	Gazeux	-
N-méthylpyrrolidone	872-50-4	Gazeux	-
PCB	-	Particulaire	-
Phénol	108-95-2	Gazeux	-
Silice cristalline	-	Particulaire	-
Tétraborate de disodium	1330-43-4	Particulaire	-
Toluène	108-88-3	Gazeux	-
Diisocyanate d'hexaméthylène	822-06-0	Gazeux	-
H ₂ S	7783-06-4	Gazeux	-
Xylènes	95-47-6	Gazeux	-
1-méthoxy-2-propanol	107-98-2	Gazeux	-
1,2,3 triméthylbenzène	526-73-8	Gazeux	-
Aliphatiques C9-C16	-	Gazeux	-
Cuivre	7440-50-8	Particulaire	2.5 µm
Fluoranthène	206-44-0	Gazeux	-
Hexane	110-54-3	Gazeux	-
Manganèse	7439-96-5	Particulaire	2.5 µm
NH ₃	7664-41-7	Gazeux	-
Sélénium	7782-49-2	Particulaire	2.5 µm
Tungstène	7440-33-7	Particulaire	2.5 µm
Vanadium	7440-62-2	Particulaire	2.5 µm
Zinc	7440-66-6	Particulaire	2.5 µm
1,2-dichloroéthylène	208-750-2	Gazeux	-
Acide cyanhydrique	74-90-8	Gazeux	-

Cas particulier du NO₂

La famille des oxydes d'azote (NO_x) est composée du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO₂). Ce dernier est le composé le plus toxique, et fait l'objet de valeurs toxicologiques de références. De plus il réagit rapidement avec son environnement. Les concentrations en NO₂ ont donc été calculées dans ADMS grâce à un module chimique spécifique. Pour ce faire, les calculs de modélisation intègrent une pollution de fond horaire en ozone (O₃) provenant des stations fixes du réseau de surveillance de la qualité de l'air de Air Pays de la Loire, pour l'année de référence 2019. En effet, les concentration en ozone dans l'environnement jouent un rôle prépondérant dans les processus chimiques des NO_x et du NO₂. L'ozone étant un polluant secondaire lui-même produit chimiquement dans l'atmosphère.

3.4 Sources d'émissions modélisées

La modélisation ayant pour but de restituer les concentrations réelles des polluants modélisés auxquelles sont exposées les populations, elle nécessite une prise en compte exhaustive des sources d'émissions localisées sur le territoire de la CARENE. Pour ce faire, ont été modélisées les sources suivantes :

- **Les sources industrielles** – il s'agit des sources industrielles ayant été modélisée explicitement, et dont les émissions et caractéristiques sont issues du recensement réalisé par BURGEAP (données des années 2017 à 2019). Plus de 54 industriels ont ainsi été modélisés en 352 sources explicites parmi lesquelles se trouvent :
 - 266 sources ponctuelles (cheminées, événements...)
 - 9 sources surfaciques (bassins)
 - 77 sources volumiques (stockages, émissions diffuses...)
- **Le réseau routier principal** – modélisé explicitement à partir des données fournies par Air Pays de la Loire, il représente plus de 300 km de sources linéiques.
- **Les données de cadastre** – Le cadastre, fourni par Air Pays de la Loire, a été exploité en soustrayant les sources modélisées explicitement et présentées ci-dessus. Il comprend donc les émissions résiduelles sur la zone d'étude, à savoir :
 - Les émissions du secteur résidentiel / tertiaire
 - Les émissions du réseau routier secondaire
 - Les émissions liées au trafic maritime
 - Les émissions résiduelles industrielles, non incluses dans la base de données construite par BURGEAP (quelques sources seulement)
 - Les émissions des activités agricoles
 - Les émissions naturelles

Ces cadastre est fourni avec une maille kilométrique, qui sont modélisées comme des sources volumique de 10 mètres de hauteur.

La Figure 11 et la Figure 12 présentent les localisations des sources modélisées.

Figure 11. Sources industrielles individuelles modélisées

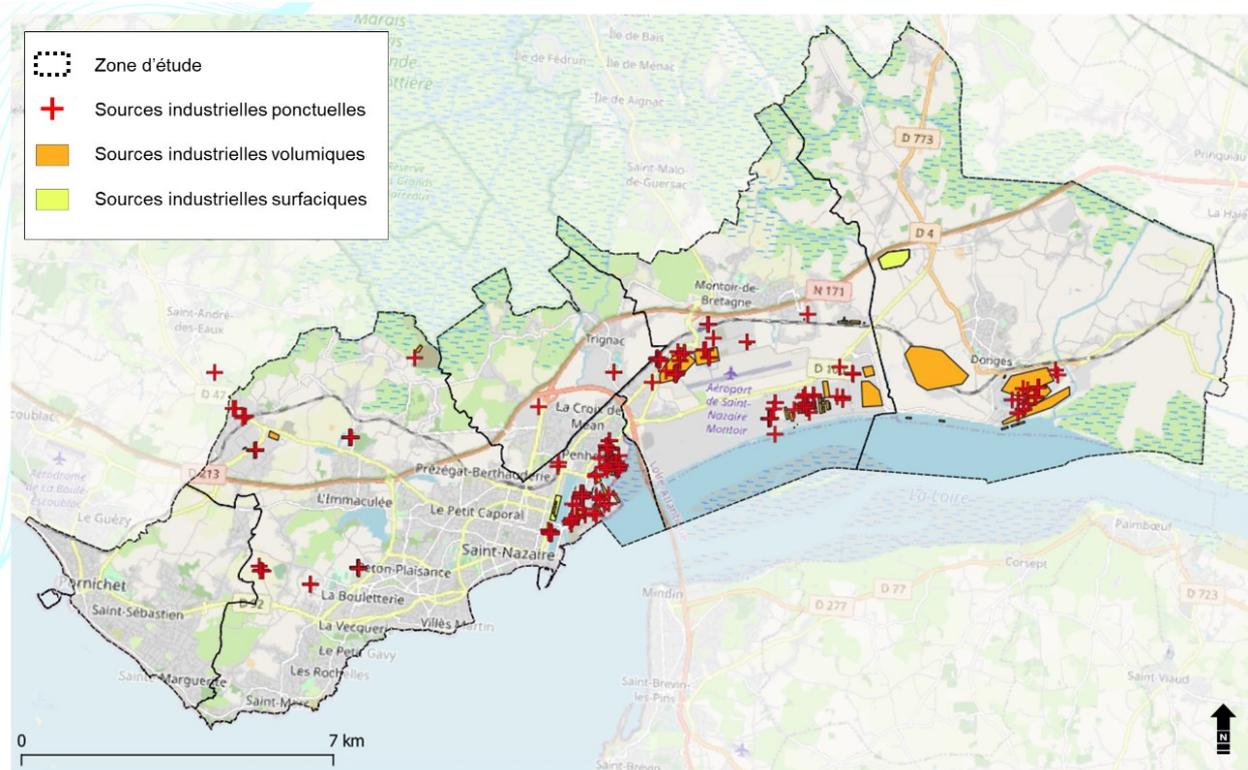
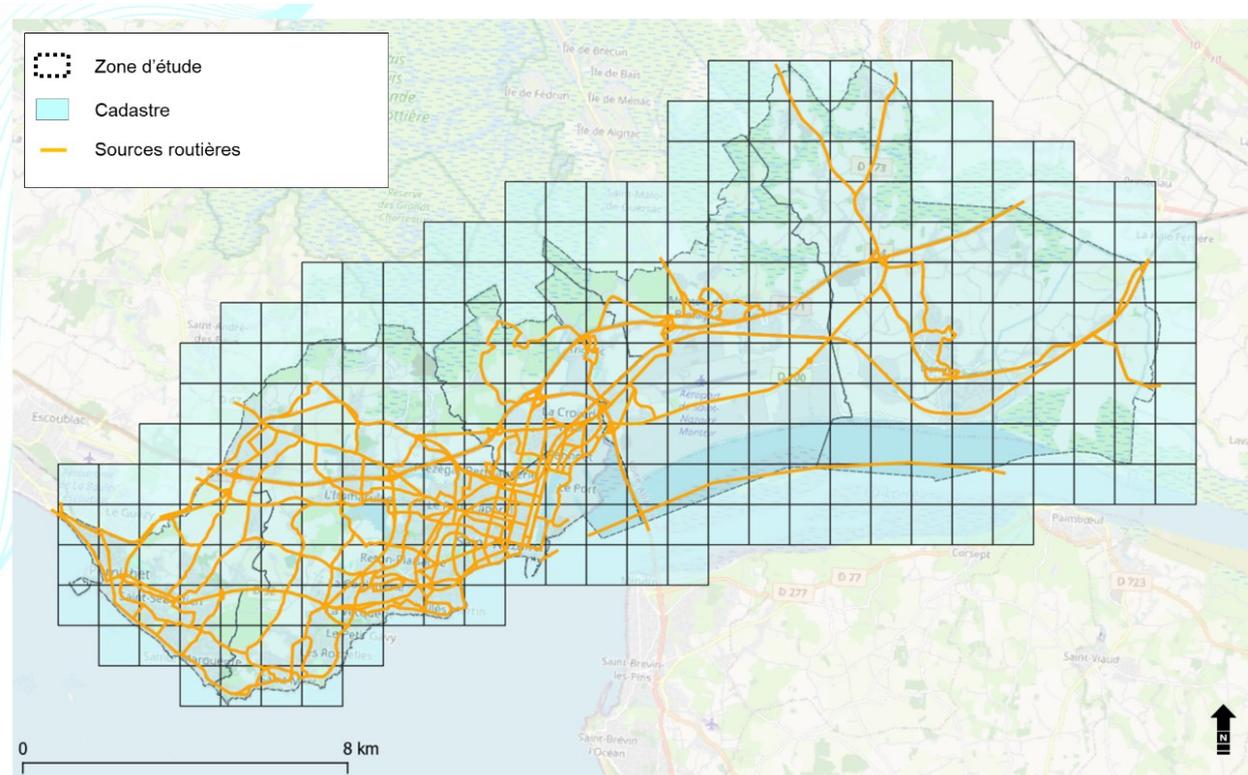


Figure 12. Cadastre et réseau routier modélisés à partir des données de Air Pays de la Loire



3.5 Maillage du domaine d'étude

Le maillage sur le domaine d'étude est de résolution variable. Il a été construit sur la base des contraintes suivantes :

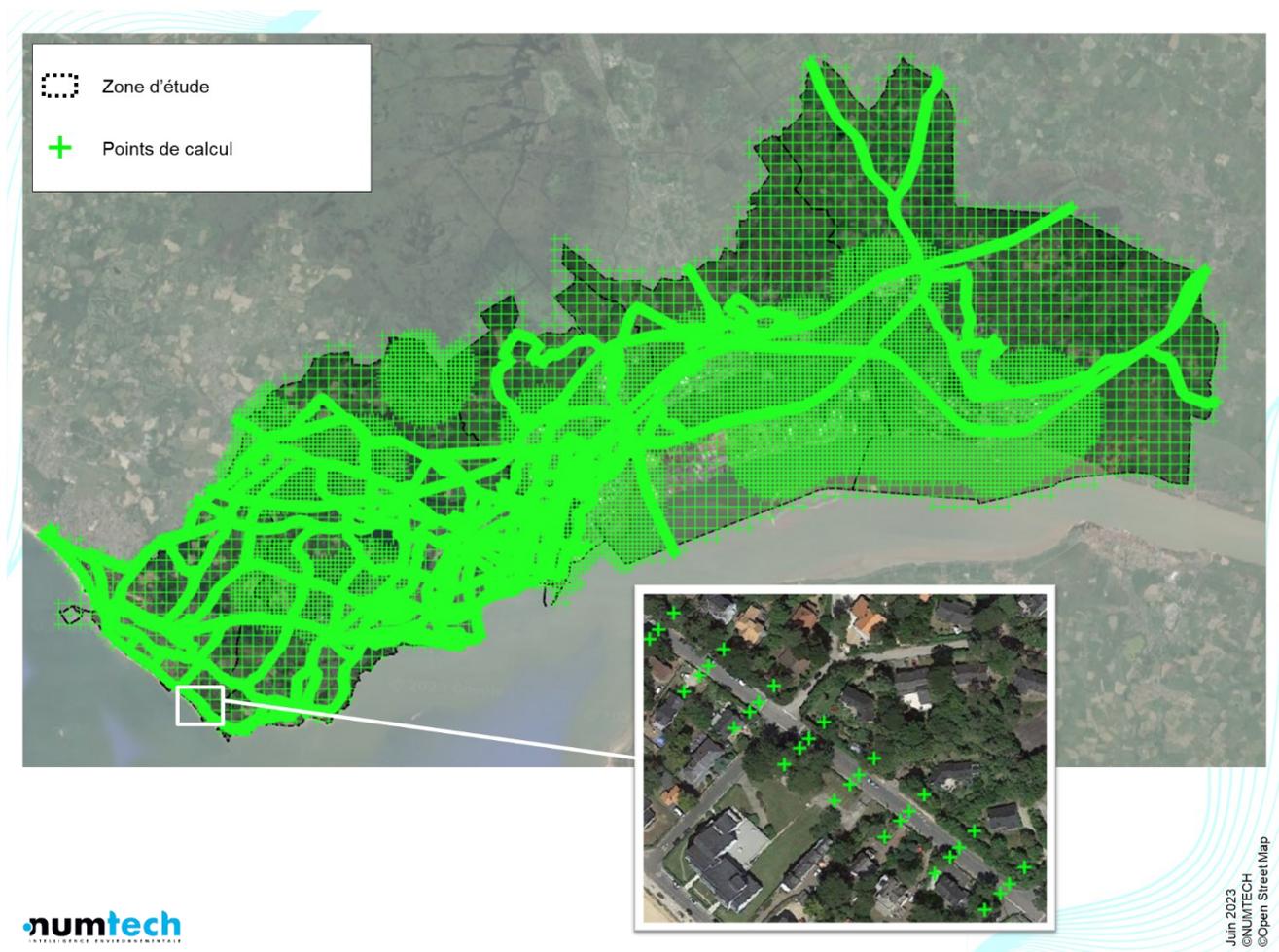
- permettre une bonne restitution des gradients de concentration à proximité des sources émettrices, c'est-à-dire dans les zones où il est le plus élevé (à proximité des sources),
- optimiser les temps de calculs qui sont importants étant donné la taille de la zone d'étude, le nombre de sources, et le nombre de polluants.

Afin de respecter ces critères, le maillage est constitué des trois zones suivantes :

- Un maillage de 100 mètres de résolution dans un rayon de 1.5 km autour des sources industrielles,
- Un maillage routier composé de transects de 2 points de part et d'autre des voies, et espacés de 30 mètres le long de tous les axes modélisés,
- Un maillage de fond de 250 mètres de résolution,

Le maillage ainsi obtenu est présenté dans la figure suivante :

Figure 13. Maillage de la zone d'étude



4 CALAGE DU MODELE

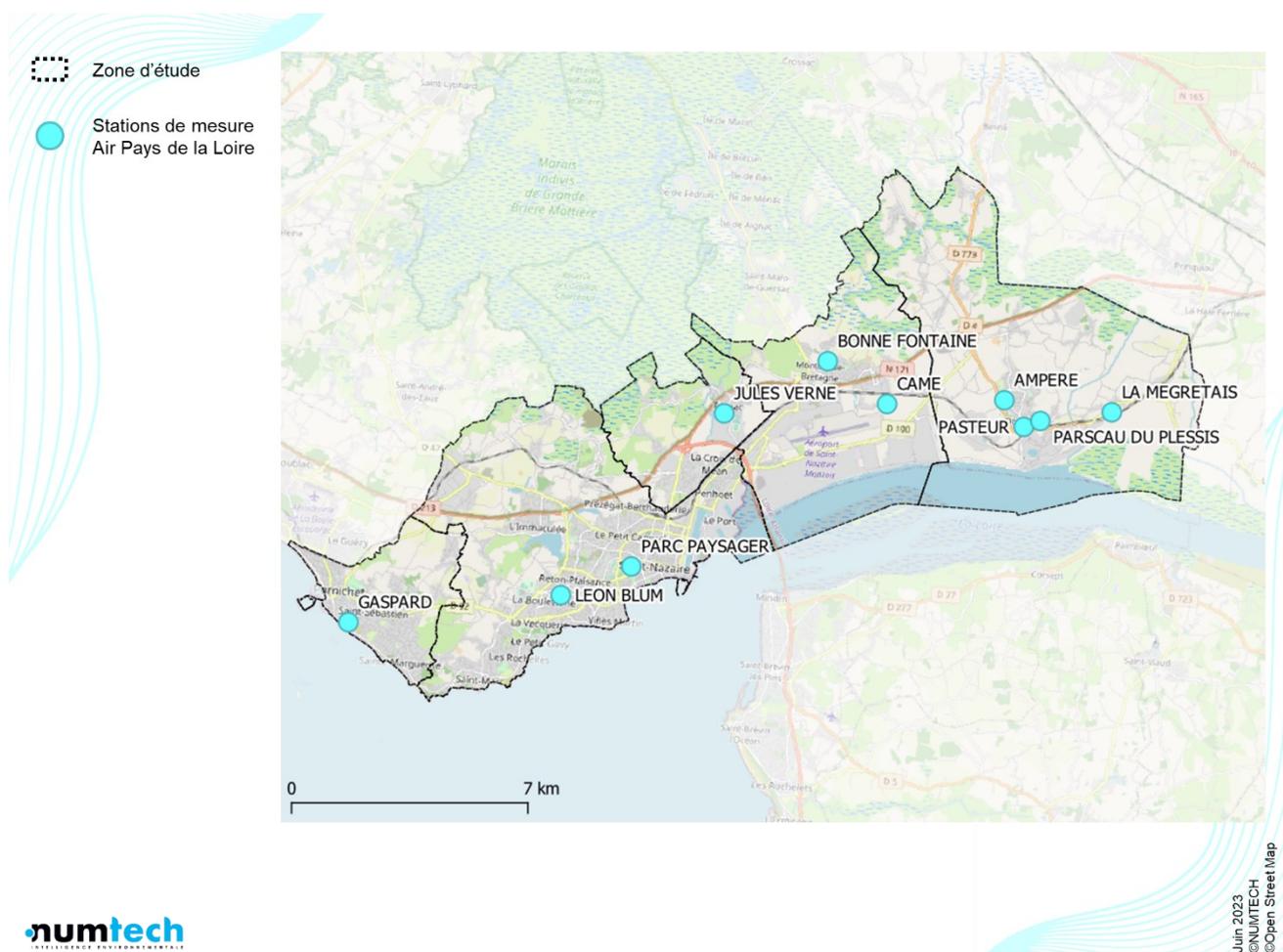
4.1 Principe de calage et données exploitées

En amont des calculs de dispersion, un calage du modèle a été réalisé sur la base des données des stations de mesures en continu de Air Pays de la Loire, pour l'année 2019. Les localisations des stations exploitées sont présentées en Figure 14. Le calage s'est appuyé sur un calcul des concentrations en SO_2 , polluant pour lequel les points de mesure sont nombreux, et qui présente l'avantage d'être un traceur des activités industrielles. Les résultats du modèles ont ainsi été comparés directement aux concentrations mesurées dans l'environnement, et le modèle ajusté.

A titre indicatif, les concentrations simulées en NO_2 ont également été comparées aux mesures sur la zone d'étude. Il ne s'agit pas pour ce polluant d'une procédure complète de calage, puisque seule la complexité du module de chimie NO_x/NO_2 , et le choix de la pollution de fond ont été ajustés.

La procédure de calage est expliquée en Annexe 2.

Figure 14. Localisation des stations de mesures Air Pays de la Loire sur le territoire de la CARENE



4.2 Variables d'ajustement

Dans le cadre de cette étude, la configuration de la modélisation a été optimisée afin de mieux prendre en compte l'environnement de la zone d'étude. Cette optimisation a porté sur les paramètres suivants :

- la pollution de fond issue du réseau de station Air Pays de la Loire,
- la stabilité thermique minimale pour les conditions nocturnes (longueur minimale de Monin-Obukhov) qui renseigne sur les conditions dispersives rencontrées la nuit localement,
- la hauteur de rugosité retenue sur la zone d'étude,
- la hauteur de rugosité du site de mesure météorologiques (station Météo France Saint-Nazaire Montoir)
- le relief,
- La complexité du module chimique.

Il s'agit donc d'ajustements portants sur les variables d'environnement ou sur des variables propres au modèle. Les données propres aux sources émettrices n'ont pas été modifiées (qu'il s'agisse des émissions ou des caractéristiques des sources).

Les résultats présentés sont issus de la configuration présentant les meilleurs résultats à l'issus des tests. Les paramètres spécifiques à cette configuration sont les suivants :

- Rugosité variable sur le domaine d'étude, fonction de l'usage des sols
- Schémas chimique GRS du modèle de dispersion,
- Hauteur de rugosité du site de mesures météorologiques de 0.02 mètres,
- Longueur minimale de Monin-Obukhov de 50 mètres,
- Pollution de fond nulle en SO₂, NO, NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5}, rendant compte d'une bonne exhaustivité des émissions prises en compte pour ces polluants,
- Pollution de fond horaire en ozone, issue du croisement des données mesurées aux stations Gaspard et Leon Blum (voir Figure 14)

4.3 Résultats en SO₂

La comparaison des résultats simulés aux concentrations mesurées montre une bonne restitution globale des niveaux en SO₂ après calage du modèle. Les écarts modèle/mesure restent inférieurs à 30%, domaine de validité de ADMS-Urban, excepté au point Bonne Fontaine qui présente un écart plus important, mais pour lequel les concentrations moyennes sont nettement plus faibles. En outre, le coefficient de détermination linéaire R² est approximativement égal à 0,79.

Figure 15. Résultats de calage en SO₂

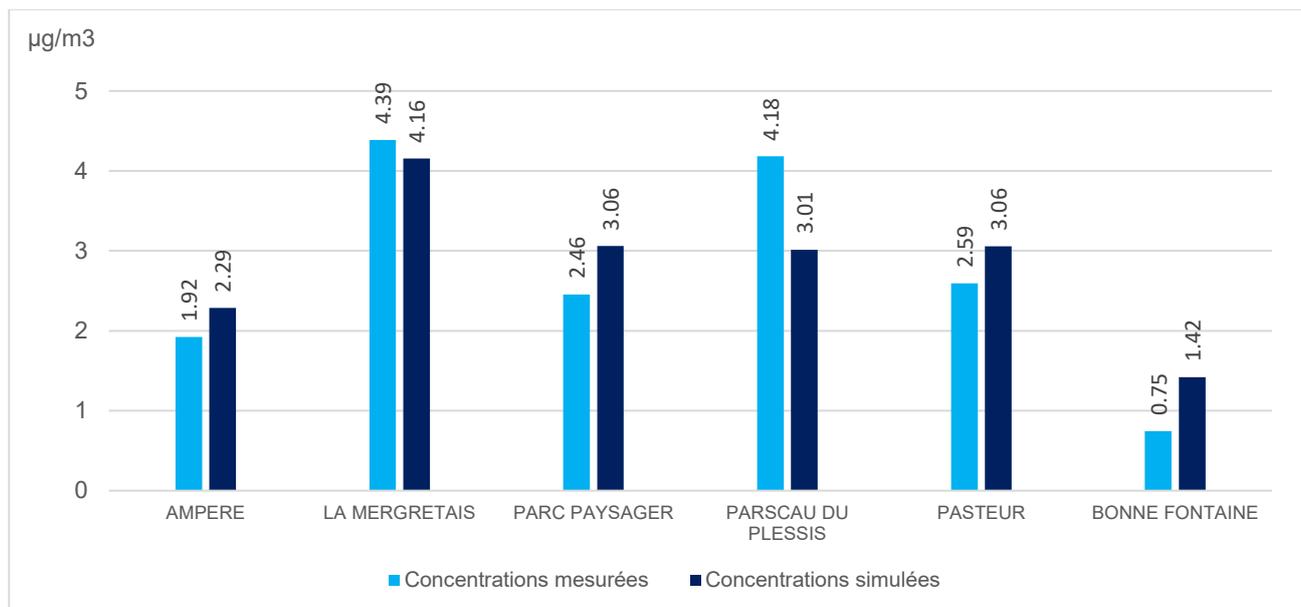
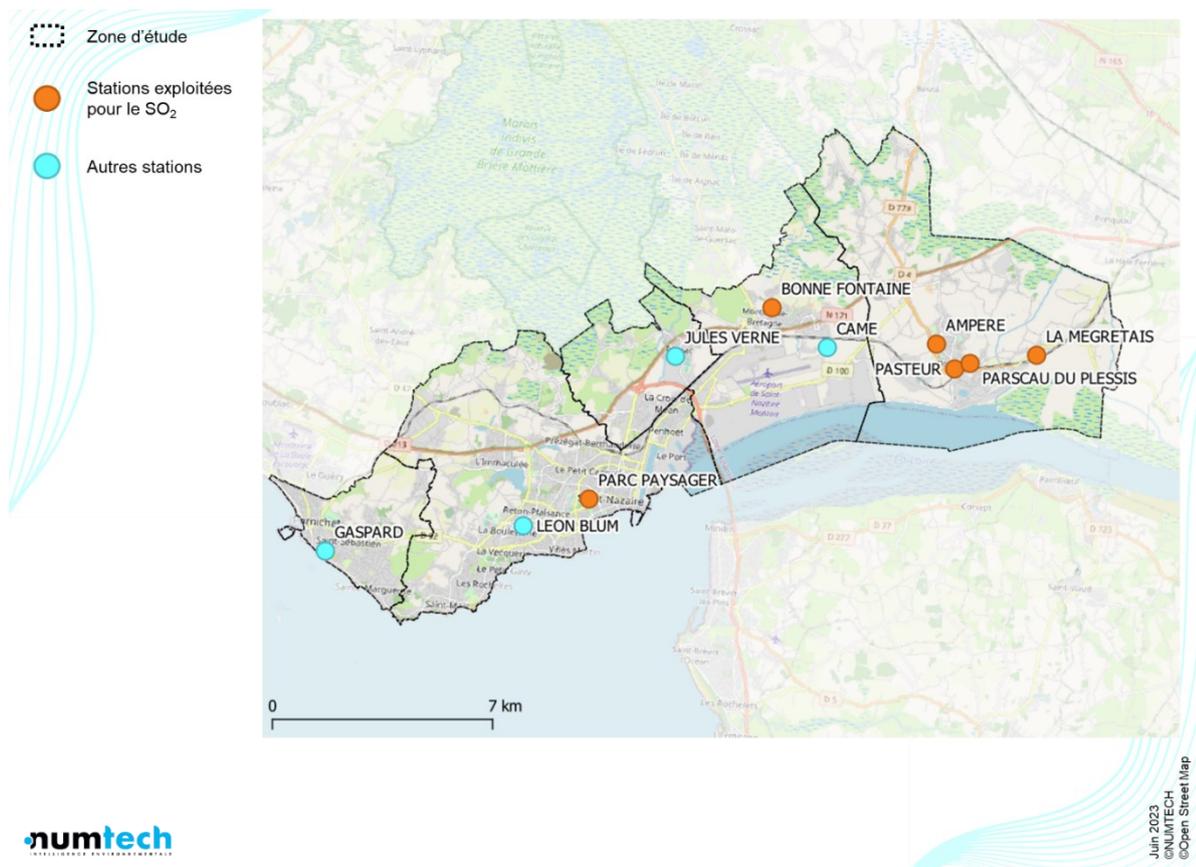


Figure 16. Localisation des stations Air pays de la Loire exploitées pour le calage du SO₂



4.4 Résultats en NO₂

Les concentrations simulées aux points Ampère, Jules Verne, et la Megretais sont dans le domaine de validité du modèle, avec des écarts modèle/mesure inférieurs à 30%. Cet écart est un peu plus important au point Bonne Fontaine avec 40%, et plus élevé aux stations Léon Blum et Parc Paysager pour lesquels on observe une surestimation nette des concentrations en NO₂. Aucune des configurations testées du modèle n'a permis une meilleure restitution des concentrations en ces points, en considérant les deux contraintes suivantes :

- Les concentrations en NO₂ sont plus difficiles à restituer en raison des processus chimiques impliqués,
- Aucune variable d'ajustement n'a permis de réajuster ces niveaux sans dégrader les résultats du calage en SO₂.

Notons que la configuration très locale de la modélisation² au niveau de ces deux capteurs n'a pas été ajustée, le but de la modélisation pour cette étude étant plus global.

² Position précise du capteur par rapport à la bordure de la voie routière, largeur et position précise de la voie.

Figure 17. Comparaison des résultats simulés en NO₂

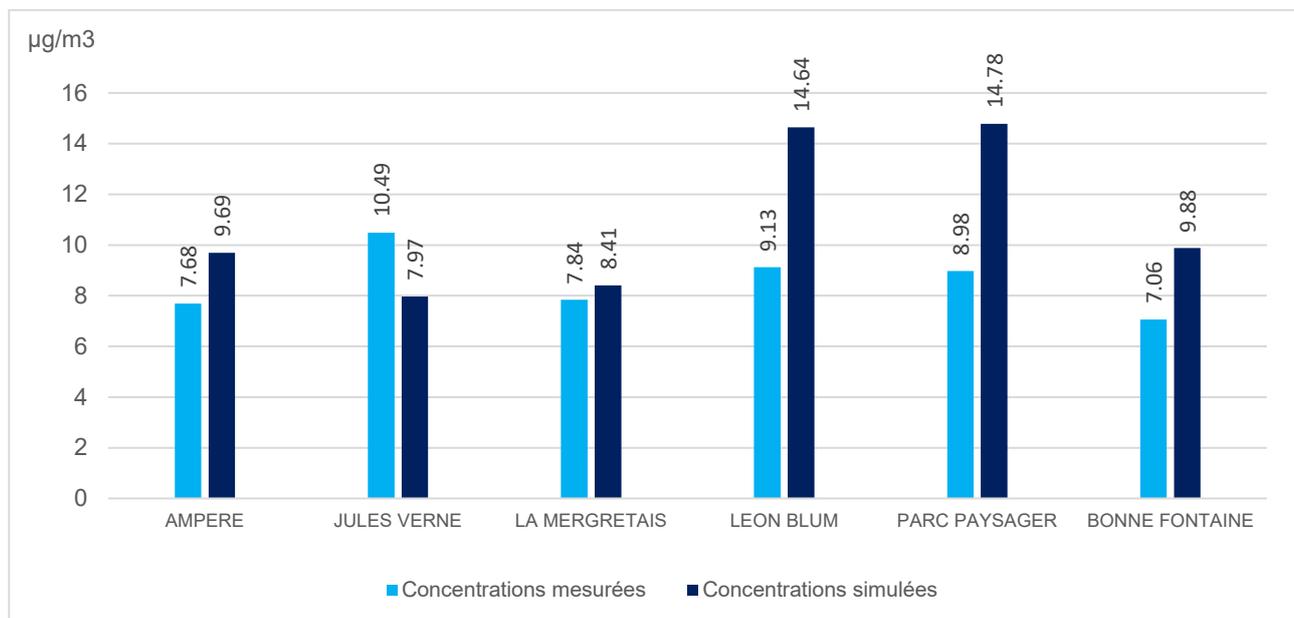


Figure 18. Localisation des stations Air pays de la Loire exploitées, pour la comparaison des concentrations simulées en NO₂



5 INCERTITUDES

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique, compte tenu notamment de la complexité de la zone de la problématique à modéliser, et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

5.1 Incertitudes intrinsèques au modèle

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Parmi ces bases de données, on citera l'outil européen d'évaluation MVK (Model Validation Kit). Plusieurs articles internationaux^{3,4} rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site. On citera notamment :

- La campagne de mesures « Prairie Grass », réalisée sur terrain plat et herbeux, Les rejets se situent à 0,5 m au-dessus du sol, avec des conditions météorologiques pour moitié instables (convection) et pour moitié stables. Les mesures ont été effectuées sur des arcs situés à différentes distances de la source. Les simulations effectuées avec ADMS ont montré que les concentrations étaient proches des mesures dans les cas instables, et qu'elles avaient tendance à être légèrement sous-estimées dans les autres cas. Le biais fractionnel (caractérisant l'erreur systématique) est de 19%. Notons que ces tests montrent qu'ADMS donne des résultats tout à fait satisfaisants en champ proche (50 mètres de la source).
- La campagne intitulée « Indianapolis », en milieu urbain dense, sans relief. Les émissions proviennent d'une cheminée de 83,8 mètres de haut. Sur cet exercice, ADMS a tendance à surestimer les concentrations à proximité des sources, et à les sous-estimer plus loin. Le biais fractionnel est de 10%. Globalement ADMS surestime légèrement les concentrations maximales mesurées (7%), et sous-estime les concentrations moyennes de 14%.
- L'exercice « OPTEX Tanks » se situe dans une raffinerie. Les rejets sont émis par une source ponctuelle au niveau du sol, au milieu de plusieurs obstacles. Dans ce cas, ADMS sous-estime de 50% les concentrations moyennes, et sous-estime la concentration maximale d'un facteur 3.
- L'exercice « OPTEX Matrix » se déroule sur le même site que le précédent, les rejets provenant de sources ponctuelles. ADMS surestime dans ce cas les concentrations moyennes d'environ 10%, et la concentration maximale d'un facteur 3.
- Le cas « Duke Forest » correspond à des rejets provenant de plusieurs sources ponctuelles situées près du sol, dans un champ, sans obstacles autour. ADMS prédit bien les concentrations maximales dans ce cas (sous-estimation de moins de 10%), et sous-estime les concentrations moyennes d'environ 40%.
- Le cas « Kincaid » se déroule dans une ferme, sur un terrain relativement plat, avec des émissions provenant d'une cheminée de 187 mètres de haut. Les concentrations maximales

³ Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites. HC Report P020, API, 1220 LSt. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999.

⁴ ADMS3 validation Summary, CERC, 2001.

sont sous-estimées d'environ 30%, et les concentrations moyennes sont bien estimées, avec une surestimation de seulement 3%.

La plupart de ces résultats ont été repris et validés par l'École Centrale de Lyon, dans le cadre d'une étude demandée par l'association RECORD en 2005⁵.

Ces résultats montrent que si les données d'entrée sont bien maîtrisées et en présence d'une topographie peu marquée, l'incertitude sur les résultats du modèle pour des sources élevées de type cheminée, reste inférieure à 20% en moyenne annuelle. En situation de relief, l'incertitude peut augmenter.

Le tableau suivant liste les principales caractéristiques du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces caractéristiques est classée suivant les critères : nulle, faible, moyenne, élevée.

Tableau 4. Complexité du site et de son environnement

Modèle	Complexité	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Le relief est très peu marqué sur la zone d'étude.
Obstacles autour de l'installation	Moyenne	Les bâtiments n'ont pas été pris en compte pour la modélisation
Contexte météorologique	Faible	Le relief est particulièrement plat, et les vents de faible vitesse (< 0.75 m/s) sont peu fréquents.
Complexité des sources	Faible à élevée	Une grande variété de typologies de sources a été modélisée. L'incertitude est très limitée pour les hautes cheminées, et augmente pour les sources plus basses et sources diffuses passives. L'incertitude associée est donc sensiblement plus élevée, mais principalement en champ proche.
Échelles spatiales étudiées	Faible	Les cibles sont comprises entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres des sources, c'est à dire dans le domaine de validité du modèle.
Complexité des substances étudiées	Moyenne	L'incertitude associée à la modélisation des dépôts des espèces particulières ainsi qu'à la prise en compte de la chimie des NO _x et du NO ₂ est sensiblement plus élevée.

⁵ Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, École Centrale de Lyon, Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel – Vers un guide de l'utilisateur – 2ème partie: évaluation des modèles, 2005.

5.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée

Un bon modèle peut donner de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité. Le tableau suivant regroupe les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion ADMS, et qualifie les incertitudes qui leur sont associées selon les critères suivants : faible, moyenne, élevée.

Tableau 5. Incertitude sur les données d'entrée du modèle

Données d'entrée	Incertitude	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Base de données SRTM (résolution 100m).
Occupation des sols	Faible	Base de données Corine Land Cover (résolution 100m).
Données météorologiques	Faible à moyenne	Etant donnée la largeur du domaine d'étude, la station météorologiques est susceptible d'être moins représentative des conditions réelles aux limites de cette dernière.
Localisation des sources	Faible à élevée	La majorité des sources industrielles a pu être précisément localisée. Pour certaines toutefois, des hypothèses concernant leur localisation ont dû être faites, notamment pour les sources surfaciques et volumiques dont les étendues ont été déterminées à partir de vues aériennes. Ces portées conduisent à une incertitude principalement sensible en champ proche.
Caractéristiques physiques des sources	Faible à élevée	Les caractéristiques physiques de la majorité des sources industrielles sont précisément connues. Pour certaines toutefois, des hypothèses et/ou simplifications ont dû être faites, concernant la vitesse à l'émission et le diamètre de l'exutoire de certaines sources ponctuelles
Valeurs d'émission	-	Données fournies par BURGEAP et Air Pays de la Loire. Elles correspondent à des estimations des émissions moyennes annuelles.
Scénarios d'émission des sources	Faible à moyenne	La variabilité temporelle des émissions industrielles a été prise en compte uniquement si des données étaient disponibles. Pour les autres, une émission constante a été considérée. Cette simplification a toutefois un impact limité sur les calculs de concentrations moyennes annuelles réalisés ici.

5.3 Conclusion

Même s'il est difficile de quantifier avec précision l'incertitude sur les résultats, on retiendra globalement que les données du modèle sont de bonne qualité étant donné le nombre des émissaires et la taille de la zone d'étude. Aucune hypothèse arbitraire n'a été prise. Les principales incertitudes sont associées à la complexité des sources, leurs caractéristiques à l'émission, et leurs flux d'émissions.

● Table des annexes

Annexe 1. Caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS 5.2	_____ 26
Annexe 2. Procédure de calage	_____ 30

Annexe 1. Caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS-Urban

Une modélisation de la dispersion des effluents émis par les véhicules circulant sur le projet de liaison A28-13, et sur l'ensemble des axes de la zone d'étude pour lesquels des données trafic étaient disponibles, a été réalisée avec le modèle de dispersion ADMS-Urban, version 5, afin d'évaluer les concentrations attendues dans l'environnement.

- **Caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS-Urban**

Le système de gestion de la qualité de l'air ADMS-Urban repose sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), utilisé, reconnu et validé internationalement. Il se base sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion. Parmi les utilisateurs français, on compte des instituts et organismes nationaux.

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société NUMTECH, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

ADMS-Urban n'est pas un simple modèle de dispersion atmosphérique, mais bien un système de gestion de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier, de la ville ou de l'agglomération. Outre un modèle de dispersion 3D, il intègre en effet de nombreux modules permettant par exemple la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'information géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO).

Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux effluents (NOx, CO, SO2, COV, particules,...), pouvant provenir de plus de 4500 sources différentes :

- les routes et les trafics associés (jusqu'à 75 000 brins peuvent être considérés) ;
- les sources industrielles ponctuelles et surfaciques ;
- les sources diffuses (utilisées sous forme de cadastres).

Les applications d'un tel système sont très diverses, puisqu'elles vont de l'étude d'impact de la construction d'une nouvelle infrastructure routière (par exemple en concentrations moyennes annuelles), jusqu'à la prévision à plusieurs jours de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier ou de l'agglomération.

Il est déjà utilisé dans de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Londres, Budapest, Rome, Shanghai...

- **Modèle mathématique de dispersion :**

ADMS intègre de nombreux modules couplés, permettant de tenir compte de tous les effets complexes sur la dispersion des effluents : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques complexes (inversions de température),...

En fonctionnement normal, le modèle de dispersion travaille en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée, les situations météorologiques étant réactualisées toutes les heures. ADMS travaille en effet en mode séquentiel horaire, ce qui permet de prendre en compte l'évolution temporelle des conditions météorologiques durant la journée. L'utilisation de données statistiques annuelles donne en effet des résultats peu satisfaisants en termes de dispersion des effluents. Pour une étude de qualité de l'air à l'échelle d'une rocade, d'un quartier ou d'une agglomération, l'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire pendant des échelles de temps de l'ordre de l'heure est tout à fait adéquat, car précis en terme de dispersion et relativement peu coûteux en temps de calcul. Les valeurs réglementaires font d'ailleurs référence à des échantillonnages effectués généralement à une résolution temporelle horaire.

La grille de calcul est ajustable (discrétisation du domaine), la résolution variant du mètre à quelques centaines de mètres. A noter que le système permet un maillage « intelligent », en plaçant lui-même jusqu'à 5000 points de calculs (capteurs virtuels) aux endroits où les gradients de concentration sont importants (le long et au bord des grands axes). Il permet également de disposer des points « spécifiques » correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle/mesures ou dans l'élaboration de courbes d'effluents en fonction de la distance à la source.

- **Echelle spatiale :**

Le domaine de modélisation est choisi en fonction des spécificités et des objectifs de l'étude. Il peut s'étendre de la rue (« Canyon street »), avec une prise en compte des effets de turbulence liés au trafic et aux effets « canyons », jusqu'à l'agglomération (~ 40x40 km²), ou des phénomènes tels que la photochimie ou la formation « d'îlots de chaleur urbains » sont considérés.

- **Principaux modules intégrés au système :**

Outre le modèle de dispersion, le système comprend de nombreux modules permettant d'étudier la qualité de l'air à l'échelle de la rue/route, du quartier ou de l'agglomération :

- **Modèle de terrain :**

A partir de paramètres météorologiques moyens, le modèle d'écoulements fluides FLOWSTAR calcule en 3D tous les champs de vent (résolution de l'ordre de 100 m) et de turbulence en prenant en compte l'effet de la topographie et de la rugosité du sol ;

- **Pré-processeur météorologique :**

A partir de données météorologiques mesurées au sol, un pré-processeur météorologique calcule dans les 3 dimensions, les paramètres de la couche atmosphérique de dispersion (entre le sol et 2000 mètres d'altitude) ;

- **Modèle de dépôt :**

Calcul du dépôt sec et du lessivage par les pluies des effluents. Prise en compte de la taille des particules lors de la dispersion. Jusqu'à 10 tailles de particules peuvent être considérées, ce qui permet de prendre en compte des spectres dimensionnels de particules ;

- **Modèle de trajectoire des panaches :**

Pour les sources ponctuelles (cheminées industrielles...), un modèle dynamique calcule intégralement la trajectoire des panaches émis (sur-élévation) à partir des vitesses d'éjection et des températures des rejets ;

- **Modèle de bâtiment :**

Ce modèle dynamique permet de calculer l'influence turbulente des bâtiments proches des sources industrielles sur la dispersion, ainsi que les effets de sillage des cheminées ;

- **Modèle photochimique :**

ADMS intègre un code photochimique incluant la chimie des NO₂, NO, O₃ et COV (Schéma de 7 réactions). Il utilise notamment les données de rayonnements solaires pour calculer les taux de photolyse. Un tel module est indispensable si l'on souhaite correctement estimer les concentrations de NO₂ notamment. ;

- **Modèle des effets « Street Canyon » :**

Prise en compte des phénomènes de re-circulations dans les rues, et de la turbulence provoquée par le passage des véhicules entre les bâtiments ;

- **Module statistique :**

Ce module permet notamment de faire des comparaisons directes avec les valeurs réglementaires.

- **Module FLOWSTAR**

FLOWSTAR est un module développé par le CERC, permettant de calculer les champs de vents et de turbulence dans la couche limite atmosphérique (0-2000 m) en trois dimensions. Ce module prend en compte l'impact du relief et l'occupation des sols.

FLOWSTAR est utilisé dans le modèle ADMS développé par le CERC, pour calculer les trajectoires des panaches et la dispersion atmosphérique sur les terrains complexes. Mais ses applications sont plus larges, et concernent le calcul des champs de vent en général : potentiel éolien,...

En entrée, FLOWSTAR a besoin des données de relief du domaine concerné, de l'occupation des sols (rugosité), et de la météo générale du site. Il renvoie en sortie les données de vent et de turbulence sur une grille, aux niveaux d'altitudes spécifiés par l'utilisateur. Ces données peuvent être fournies pour chaque condition météo du fichier .met d'entrée, ou peuvent être moyennées.

L'approche utilisée dans FLOWSTAR est dérivée du travail théorique de Jackson et al. Il se base sur l'hypothèse que différents processus contrôlent les flux dynamiques en couches, à différents niveaux au-dessus du sol.

Des validations du modèle (Carruthers et al), ont montré que FLOWSTAR modélisait bien les flux, notamment pour des pentes jusqu'à 1 pour 2 (pentes au vent et sommets de collines) et jusqu'à 1 pour 3 localement dans le sillage des reliefs. Les échelles spatiales supportées par le modèle vont de quelques dizaines de mètres, à plusieurs kilomètres.

- **Principales données d'entrée**

Météorologie : Données météorologiques de surface, mesurées de préférence à fréquence horaire (format Météo France) : vitesse et direction du vent, température sous abri, nébulosité, précipitations...

Paramètres d'émission : localisation des sources et tronçons, taux d'émission (horaires ou TMJA, profils quotidiens), largeur des voies et hauteur du bâti, émissions industrielles (position et caractéristiques des cheminées) et diffuses (tertiaire, COV)...

Topographie de la zone d'étude : relief et occupation des sols (milieu urbain, hauteur moyenne du bâti...),

- **Types de sorties et résultats issus de ADMS**

ADMS Urban fourni des résultats à court-terme (horaires, journaliers, études de cas) ou à long terme (moyennes annuelles, percentiles, valeurs maximales..).

La présentation des résultats sous forme de cartographies est facilitée grâce à des liens directs avec des SIG (ARCVIEW et MAPINFO) et des systèmes logiciels graphiques reconnus (SURFER).

La création de tableaux synthétiques permet une comparaison directe avec les valeurs réglementaires.

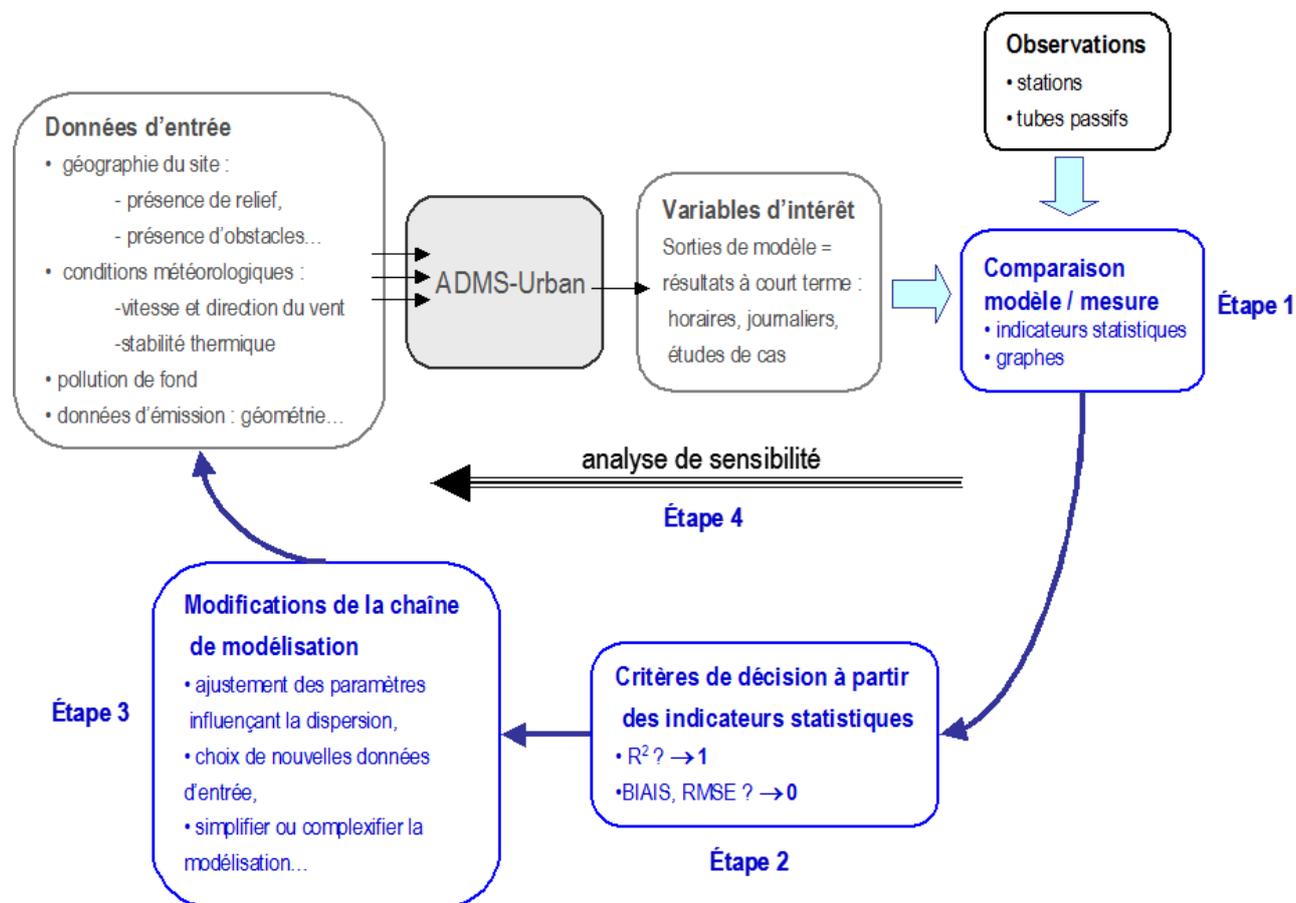
- **Validation**

Le modèle de dispersion ADMS et le système ADMS-Urban ont été validés au cours de campagnes internationales ou par comparaisons à des valeurs expérimentales (tests en soufflerie,...). Les résultats de ces tests et validations ont été publiés dans des revues scientifiques internationales, que la société NUMTECH tient à disposition. Il a récemment donné d'excellents résultats sur la ville de Londres. Il a par ailleurs fait l'objet d'une validation complète sur la ville de Toulon, en collaboration avec AirPACA, et est utilisé sur de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Paris, Lille, Nancy, La Rochelle, Lyon, Londres, Budapest, Rome, Pékin, Shanghai...

Annexe 2. Procédure de calage

La Figure 19 synthétise la phase de calage en 4 étapes. La phase de validation apparaît à plusieurs moments dans la phase de calage, il s'agit d'une étape préliminaire (étape 1) et d'une étape finale (inclus dans l'étape 4).

Figure 19. Schéma descriptif de la procédure de calage



L'étape 1 consiste à comparer les sorties de modèle aux mesures, cette tâche nécessite plusieurs moyens comme, en priorité, l'utilisation d'indicateurs statistiques. Ces outils permettent de connaître l'état général de la modélisation en quantifiant l'erreur totale et l'erreur systématique du modèle.

Les valeurs des indicateurs statistiques obtenues permettent de déterminer si un ajustement est nécessaire. Il s'agit de l'étape 2. On pourra juger par exemple que des ajustements sont indispensables pour des valeurs de biais et/ou un coefficient de corrélation trop faible (inférieur à 0.5). Les indicateurs statistiques utilisés sont présentés en annexe.

L'étape 3 consiste ensuite à modifier la chaîne de modélisation, c'est-à-dire ajuster les données d'entrée, complexifier ou simplifier le modèle.

Parallèlement, l'étape 4 consiste à faire une analyse de la sensibilité du modèle pour différents jeux de données d'entrée testés, afin de faciliter et d'optimiser l'étape 3.

Lorsque le calage est abouti pour une période et une zone donnée, la modélisation peut être réalisée pour des polluants non mesurés dans l'environnement, et donc pour lesquels aucun moyen de comparaison à la réalité n'est possible.



6 allée Alan Turing
CS 60242
Parc Technologique de La Pardieu
63178 AUBIERE CEDEX
www.numtech.fr



Annexe 3. Synthèse des critères de sélection des substances

Cette annexe contient 1 page.

Substance	Etat	Famille	Secteur d'émission majoritaire	Sources secondaires	Multiplicité des sources	Proposition de surveillance - Programme de base	Matrice d'échantillonnage	Nombre de points de mesures
1,3-butadiène	Gazeux	COV	routier	Résidentiel	+	Oui - Critère 2 (valeur repère – VTR sans seuil)	Air	11
Arsenic	Particulaire	Métaux	Industrie	routier et maritime	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)	Air - Sols - Végétaux	9
Benzène	Gazeux	COV	maritime	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)	Air	11
Benzo(a)Anthracène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Benzo(a)Pyrène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)	Air - Sols - Végétaux	6
Benzo(k)Fluoranthène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Chrome VI	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)	Air - Sols - Végétaux	9
Cobalt	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)	Air - Sols - Végétaux	9
dibenzo(ah)anthracène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Naphtalène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Nickel	Particulaire	Métaux	maritime	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil et sans seuil)	Air - Sols - Végétaux	9
Plomb	Particulaire	Métaux	routier	Industrie et aérien	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)	Air - Sols - Végétaux	9
Acétaldéhyde	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non	-	-
Antimoine	Particulaire	Métaux	Industrie	-	+	Non	-	-
Cadmium	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 3 (sociétal et/ou cancérigène)	Air - Sols - Végétaux	9
Dioxines/furanes	Particulaire	PCDD/Fs	routier	maritime et résidentiel	+	Non	-	-
Dioxyde de titane	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non - plus d'émetteur	-	-
Formaldéhyde	Gazeux	COV	Industrie	Résidentiel et routier	+	Non	-	-
Mercure	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	++	Non	-	-
N-méthylpyrrolidone	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non	-	-
PCB	Particulaire	PCB	maritime	-	-	Non	-	-
Phénol	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non	-	-
Silice cristalline	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non – voir paragraphe 3.3	-	-
Tetraborate de disodium	Particulaire	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non	-	-
Toluène	Gazeux	COV	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Diisocyanate d'hexaméthylène	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non	-	-
H2S	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	+	Non	-	-
Xylènes	Gazeux	COV	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)	Air	11
1-méthoxy-2-propanol	Gazeux	COV	Industrie	-	+	Non	-	-
1,2,3 triméthylbenzène	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non	-	-
Aliphatiques C8-C16	Gazeux	COV	Industrie	-	++	Non	-	-
Cuivre	Particulaire	Métaux	routier	ferroviaire et industrie	++	Non	-	-
Fluoranthène	Particulaire	HAP	maritime	routier et résidentiel	++	Non	-	-
Hexane	Gazeux	COV	Industrie	-	+	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)	Air	11
Manganèse	Particulaire	Métaux	Industrie	-	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – VTR à seuil)	Air - Sols - Végétaux	9
NH ₃	Gazeux	Polluant spécif.	Agriculture	Industrie	++	Non	-	-
Sélénium	Particulaire	Métaux	Industrie	maritime	+	Non	-	-
Tungstène	Particulaire	Métaux	Industrie	-	-	Non	-	-
Vanadium	Particulaire	Métaux	Industrie	-	-	Non	-	-
Zinc	Particulaire	Métaux	routier	Industrie	+	Non	-	-
1,2-dichloroéthylène	Gazeux	COV	Industrie	-	-	Non	-	-
Acide cyanhydrique	Gazeux	Polluant spécif.	Industrie	-	-	Non - surveillance en cours	-	-
PM10	Particulaire	Particules	Industrie	maritime et routier	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)	Air	10 (dont 2 AIR PL)
PM2.5	Particulaire	Particules	maritime et routier	Industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)	Air	10 (dont 2 AIR PL)
NO ₂	Gazeux	Polluant général	maritime	routier et industrie	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)	Air	12 (dont 2 AIR PL)
SO ₂	Gazeux	Polluant général	Industrie	maritime	++	Oui - Critère 1 (valeur repère – Valeur guide OMS)	Air	12 (dont 2 AIR PL)

Annexe 4. Réponses aux commentaires des membres du COS suite à la réunion du 09 Juin 2023

Cette annexe contient 1 page.

Eléments de réponse au document « Expression des associations suite au COS du 9 juin relatif à la phase 2 (Modélisation) et à l'identification des mesures nécessaires pour la phase 3. »

GINGER BURGEAP essaie d'apporter des éléments de réponse aux remarques proposées par les associations dans son courrier d'expression suite au COS du 9 Juin

Nous relevons entre autre que :

- Sur les 60 ICPE visés, seuls 53 avaient répondu, sur les 80 PME visées seules 15 avaient répondu, soit moins de 50% des entreprises sollicitées
- Les polluants identifiés l'avaient été quasiment uniquement sur la base des mesures sur des émissions canalisées prescrites souvent il y a de nombreuses années. Leur liste était très réduite au regard de l'ensemble des polluants connus comme émis sur zone, soit par l'examen des études d'impact effectuées, soit au regard de la littérature sur les émissions des activités industrielles actuelles de la zone
- Les émissions diffuses, à défaut d'avoir été calculées bien souvent, n'avaient pas été intégrées et l'utilisation de BASEMIS pour compenser ces manques n'était pas suffisante, au regard des faiblesses reconnues de BASEMIS pour les entreprises ayant des activités de traitement de métaux
- Le rapport mentionnait que cela serait pris en compte dans les « incertitudes » mais malgré nos demandes les dites incertitudes n'ont jamais été analysées et chiffrées par BURGEAP alors même que nous estimons, au vu des manques cités ci-dessus que les valeurs récoltées représentent moins du quart des émissions.

GINGER BURGEAP tient à préciser qu'un raisonnement basé uniquement sur un pourcentage de retours de réponses n'est pas parfaitement adapté. Les données présentées ne sont pas concordantes avec celles du rapport de phase 1 ou nous avons eu 48 retours sur 63 envois, soit près de 75%. Ces entreprises sont, de fait, les plus émissives en termes de polluants atmosphériques. Si le nombre de retours concernant les PME est certes bien plus faible, il n'est pas à considérer que ce manque de données sur des plus petites activités soit de nature à une grande sous-estimation des émissions atmosphériques.

Quant aux polluants quantifiés, nous rappelons que le nombre de substances quantifiées suite à la phase 1 **concerne 124 substances**, ce qui est bien plus que pour toutes les études zone qui ont été menées jusqu'alors. Il nous apparaît comme non adapté de juger que le nombre de polluants représente une liste « très réduite ».

En ce qui concerne les émissions diffuses, il existe des lacunes dans les connaissances actuelles impliquant des limites quant aux possibilités de quantification théorique précise pour toutes les sources et substances potentielles. Cependant, des mesures permettront de combler une partie de ces incertitudes en mesurant les concentrations pour certaines substances dans les milieux.

Enfin, en ce qui concerne les incertitudes, GINGER BURGEAP a intégré un paragraphe spécifique à ce point dans ce rapport. Cependant, il nous est impossible de pouvoir quantifier cette incertitude à l'échelle de l'étude, notamment au niveau des attentes correspondant à une estimation de la sous-estimation des émissions. GINGER BURGEAP ne confirme pas l'estimation que « les valeurs récoltées représentent moins du quart des émissions », cette hypothèse ne faisant pas apparaître de données chiffrées. Surtout en précisant que GIGNER BURGEAP a intégré le cadastre des émissions d'Air Pays de la Loire (dont le trafic routier), ainsi que près de 90% des ICPE identifiées en amont de l'étude.

La phase 2 de modélisation a duré un peu moins de six mois. Elle s'est appuyée sur un outil ADMS reconnu pour ces capacités techniques mais n'a traité que les données partielles et parcellaires issues de la phase 1.

De ce fait, plus de la moitié des sources initialement ciblées ne sont pas prises en compte, et donc des cartes montrent des secteurs de la CARENE avec quelques points alors qu'il s'agit de zones d'activités bien remplies (Brais, Six-Croix, terminal Vrac). Les émissions du trafic maritime et aérien semblent également sous-intégrées. Quant aux concentrations modélisées, malgré les qualités du moteur de modélisation, elles ne peuvent représenter qu'elles-mêmes et absolument pas les concentrations respirées.

Utiliser ces valeurs pour qualifier l'exposition des populations serait inapproprié et « indéfendable ».

Il est nécessaire de proposer une précision quant à l'objectif de la phase 2 de modélisation, conformément à la proposition de GINGER BURGEAP à l'origine de l'étude ainsi que ce qui est proposé par le guide INERIS relatif à la conduite d'une étude de zone :

L'objectif de cette deuxième phase n'est pas la réalisation d'une évaluation quantitative du risque sanitaire, pour lesquels les concentrations modélisées sont utilisées en l'état pour déterminer l'exposition des populations, mais la hiérarchisation des substances à surveiller dans l'environnement et l'emplacement des points de prélèvement à proposer pour la phase 3 relative au diagnostic de l'état des milieux

Modélisation de la dispersion et des transferts

La modélisation ne remplace pas les mesures dans l'environnement, mais vient en complément (voir *encadré 2*). Dans le cadre des études de zone, elle fournit des éléments de réflexion pour :

- ❑ choisir **l'emplacement des points de prélèvements** pour les campagnes de mesures à prévoir ultérieurement, dans la troisième phase de l'étude de zone ;
- ❑ hiérarchiser **l'impact des polluants et des milieux** sur l'exposition des populations ;
- ❑ identifier et hiérarchiser **les sources** contribuant à la dégradation des milieux ;
- ❑ prévoir **l'évolution de la qualité des milieux** au cours du temps en présence de substances qui s'accumulent dans l'environnement.

Nous rappelons que la phase relative à l'exposition des populations est réalisée, dans le cadre d'une étude de zone, en dernière phase comme mentionné dans le guide précédemment mentionné. GINGER BURGEAP n'a pas réalisé de calcul de risque sur la base des concentrations environnementales modélisées, mais établi une sélection des substances sur la base de valeurs repères toxicologiques

30 Déroutement de l'étude

- 31 *état des lieux et schéma conceptuel d'exposition*
- 38 *modélisation de la dispersion et des transferts*
- 43 *diagnostic de l'état des milieux*
- 46 *analyse de l'état de l'environnement*
- 50 *caractérisation des expositions et des risques*

La présentation BURGEAP-NUMTECH a entrepris une hiérarchisation des substances, avec une méthodologie qui a un inconvénient majeur dans une zone impactée par les cancers, celui de faire disparaître les substances sans VTR et les « sans seuil », bien souvent cancérigènes.

Le benzène se voit attribuer une VTR de 10, alors qu'il y a une valeur limite (annuelle) à 5 et qu'il est « sans seuil ».

GINGER BURGEAP n'a pas fait disparaître les substances « sans seuil », puisqu'il a bien été précisé (et le sera à nouveau dans le rapport) qu'il a été vérifié que la méthodologie de sélection a **bien intégré les principales substances présentant une VTR « sans seuil » (1,3-butadiène, arsenic, benzène, benzo(a)pyrène, chrome VI, cobalt, nickel, plomb) ou « cancérigène à seuil » (cadmium)**. En revanche, effectivement, les substances sans VTR n'ont pas été exclues lors de cette phase, mais lors de la phase 1.

En ce qui concerne le benzène, il existe une VTR établie par l'ANSES. Une VTR et une valeur réglementaire (que ce soit une valeur limite ou un objectif de qualité) ne sont pas établis sur des mêmes critères.

La zone de Donges est qualifiée de « secondaire », alors que des sources au Nord-Est n'ont pas été intégrées et que les données d'émissions des Stockages Ouest utilisées sont très certainement erronées !

Des propositions de mesures ont été faites en intégrant partiellement les constats de la Phase 1 relatif aux activités de la CARENE, avec des mesures de COV et de Métaux notamment en restreignant les substances comme indiqué ci-dessus.

La durée de ces mesures et la technique envisagée (tubes passifs ou mesure en continu) ne sont pas précisées alors que l'expérience autour de la raffinerie TOTAL montre les avantages indéniables des mesures en continu pour identifier les sources et disposer des concentrations selon les vents (roses de pollution).

Nous demandons donc de nouveau que les mesures de BTEX soient réalisées en continu sur plusieurs points clés de la zone (Donges Centre, Albert Vinçon, Paul Bert, Lamartine). En effet, après quelques échanges avec Mr GRAMMONT d'INERIS, la finalité de l'étude de zone étant la construction de plans de réduction, il importe que l'identification des principaux émetteurs et la quantification de leurs influences respectives soient clairement réalisées via les mesures. Or seules les analyses des concentrations demi-horaires associées à celles de vents permettront d'avancer réellement sur ces objectifs.

Il est nécessaire de bien rappeler que la construction des plans de réduction des émissions est à mettre en œuvre **après une analyse des résultats de la caractérisation des risques**. Et qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'une information sur les niveaux d'exposition à partir des mesures réalisées pour décider d'un besoin de plan de réduction des émissions.

Une surveillance des émissions atmosphériques est déjà présente sur la zone de Donges. L'étude de zone n'a pas pour objectif de surveiller un industriel spécifique mais d'adapter aux problématiques générales de la zone. C'est pourquoi si des compléments dans la surveillance des émissions de TOTAL ENERGIES doit être réalisée, cela doit être fait dans le cadre des arrêtés préfectoraux de cette installation et non pas dans le cadre de cette étude de zone.

L'absence de mesures de **Particules UltraFines (PUF)** est aberrante et injustifiée alors que leur dangerosité est reconnue par l'ANSES et qu'il a été mis en évidence des émissions de fumées de soudage par de nombreux sites.

Il est certes bien indiqué par l'ANSES que « l'état des connaissances a mis en évidence des effets neurologiques pour des expositions à long terme (fonctions cognitives : quotient intellectuel, mémoire, attention - OMS 2013a, 2017), mais que le risque d'erreur de mesure de l'exposition liée à la forte variation spatiotemporelle des concentrations atmosphériques en nombre de particules reste une source non négligeable d'incertitudes sur les estimations de risques. En conclusion, malgré les effets sanitaires mis en évidence, la construction d'une VTR pour les PUF n'est pas actuellement faisable compte tenu des données épidémiologiques jugées encore insuffisantes. ».

De plus, aujourd'hui, il est à rappeler qu'il n'existe aucune norme spécifique de mesures (notamment à l'émission) et que par conséquent la quantification et la modélisation de la dispersion de cette famille de polluants n'a pu être réalisée, faute d'informations. L'intégration de cette famille de substances dans le cadre de l'étude zone n'aurait ainsi qu'un objectif exploratoire en l'absence d'informations sur les émissions ainsi que sur les niveaux de comparaison.

La complexité de mesures de certains métaux comme le **Chrome hexavalent, présent sous forme particulaire et gazeuse**, semble avoir été sous-estimée alors qu'il y a de nombreux émetteurs dont certains sont des gros contributeurs pouvant exposer plusieurs communes.

Concernant les **métaux lourds**, la liste doit être élargie et comporter à minima **les Aluminium, Arsenic, Baryum, Béryllium, Cadmium, Cobalt, Chrome (forme gazeuse et particulaire), Cuivre, Étain, Manganèse, Plomb, Sélénium, Titane, Vanadium, Zinc** ainsi que d'autres susceptibles d'être émis notamment dans les traitements et soudages dès lors que les techniques de détection sont les mêmes que pour la liste proposée. Le **BaP** doit aussi être recherché,

Parmi la liste proposée, GINGER BURGEAP a proposé dans son échantillonnage initial 6 métaux listés ci-dessus (arsenic, cadmium, chrome VI, cobalt, manganèse et plomb) ainsi que le benzo(a)pyrène. Sur la base des émissions quantifiées et modélisées, ainsi que les valeurs repères disponibles et utilisées, nous n'avons pas de critère spécifique d'intégrer d'autres métaux. Comme il sera présenté dans notre rapport, nous proposerons des mesures complémentaires sur des ETM cancérigènes (antimoine et mercure).

En revanche, nous ne disposons pas d'informations suffisantes sur certains des métaux proposés ci-dessus à la surveillance, aussi bien dans les émissions potentielles que sur les résultats de la modélisation et l'existence de valeurs toxicologiques de référence, pour justifier de leur intégration dans notre proposition de plan d'échantillonnage.

Eléments de réponse au mail de M MESTAYER

GINGER BURGEAP essaie d'apporter des éléments de réponse aux remarques proposées par M MESTAYER dans son mail du 22 juin 2023

1 - Les particules fines PM2.5 sont mentionnées comme "polluant général" alors qu'elles doivent impérativement être surveillée comme polluants prioritaires puisqu'elles sont considérées maintenant comme très dangereuses pour la santé.

D'autre part les particules ultrafines ne sont pas du tout mentionnées alors qu'elles apparaissent encore plus dangereuses pour les voies respiratoires (<https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0198Ra.pdf>). La surveillance des PM2.5 et des PUF apparait donc absolument indispensable et prioritaire pour cette Etude de zone.

Le terme de polluant général ne signifie pas que cette substance n'est pas prioritaire puisqu'elle a été retenue dans la surveillance proposée. Le retour vis-à-vis de la surveillance des PUF a été proposé dans le cadre des réponses aux associations (voir ci-dessus)

2. L'intégration de la silice cristalline est évoquée avec proposition (orale) de ne pas la prendre en compte dans la suite de l'étude.

Outre la silicose et le cancer broncho-pulmonaire, l'expertise de l'Anses confirme une association significative entre une exposition à la silice cristalline et le risque de développer une maladie auto-immune comme la sclérodermie systémique, le lupus érythémateux systémique et la polyarthrite rhumatoïde. De la même manière, l'exposition à la silice cristalline augmente le risque de développer des pathologies respiratoires non malignes autres que la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), l'emphysème, la tuberculose. (<https://www.anses.fr/fr/>)

Concernant la silice, nous avons également apporté une réponse adaptée dans le rapport vis-à-vis du fait que ces problématiques sont principalement liées à une exposition professionnelle (le titre de l'article de l'ANSES ainsi que le contenu du document est plutôt clair sur l'objectif de cette problématique), ainsi que les contraintes de prélèvements « normalisés » ne sont pas adaptés à une surveillance environnementale des populations (prélèvements spécifiques actifs sur 8h sur support adapté)

<https://www.anses.fr/fr/content/exposition-%C3%A0-la-silice-cristalline-des-risques-%C3%A9lev%C3%A9s-pour-la-sant%C3%A9-des-travailleurs>

22/05/2019 4 min

SANTÉ ET TRAVAIL
SANTÉ ET ENVIRONNEMENT

Exposition à la silice cristalline : des risques élevés pour la santé des travailleurs

L'Anses publie ce jour les résultats de son expertise relative aux risques pour la santé des travailleurs exposés en France à la silice cristalline, minéral mis en œuvre ou présent dans de très nombreux secteurs d'activité. En France, près de 365 000 travailleurs seraient exposés par inhalation à la silice cristalline, en particulier au quartz. L'Anses estime entre 23 000 et 30 000 le nombre de travailleurs exposés à des niveaux excédant la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) de 0,1 mg.m⁻³ actuellement en vigueur. Au vu du niveau de preuve sur les effets sanitaires associés à la silice cristalline et des niveaux d'exposition estimés, l'Agence conclut à l'existence d'un risque sanitaire particulièrement élevé pour la population professionnelle exposée à des niveaux supérieurs ou équivalents à la VLEP actuelle. L'Agence émet donc une série de recommandations afin d'accentuer la prévention des expositions, réviser la VLEP, faire évoluer la surveillance médicale, et engager la révision des tableaux des maladies professionnelles existants.

Lors des rencontres scientifiques ADEME-ANSES du 6 juin 2023 la présentation du programme de recherche PURESNOW (APR ANSES EST 2018/1/094) par le Professeur Pascal Andujar a fait apparaître que les émissions de silice cristalline ne sont pas limitées aux microparticules mais incluent aussi des nanoparticules. Ces dernières sont susceptibles d'être transportées à grande distance et donc d'impacter les populations riveraines des sites d'extraction bien au-delà des travailleurs du bâtiment et travaux publics (https://www.anses.fr/fr/system/files/RSC230606_Pascal_Andujar.pdf). C'est donc un problème de santé publique qui a été soulevé par le professeur Andujar et que notre Etude de zone doit prendre en compte.

Nous n'avons pas pu prendre en compte les informations de cette présentation et traiter les informations qui y sont présentées.

Eléments de réponse au document d'Air Pays de la Loire « ETUDE de ZONE sur la CARENE - Expertise d'Air Pays de la Loire sur la présentation de BURGEAP relative aux résultats de la modélisation et proposition de plan d'échantillonnage »

GINGER BURGEAP essaie d'apporter une réponse aux remarques proposées par Air Pays de la Loire le nécessitant, c'est-à-dire hors commentaires statuant sur un accord de la part d'Air Pays de la Loire

Diapositive 5 « Rappel de la hiérarchisation des substances d'intérêt sanitaire (43) + traceurs généraux »

- Dans la hiérarchisation des substances d'intérêt sanitaire il est indiqué les PM (PM10 et PM2.5) comme traceur d'activité (priorité 6 dans la suite du document)
L'ANSES a édité en janvier 2023 son rapport d'expertise collective sur les particules en air ambiant (<https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0198Ra.pdf>). Elle recommande une VTR pour les PM2.5 sans seuil correspondant à l'ERU ($ERU = 1,28 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$)
Dans ce cadre, Air Pays de la Loire préconise de prioriser les PM2.5 et PM10 en catégorie 1 ou 2.

Comme mentionné, la date de mise en ligne du document (2 février 2023) est bien postérieure à toute l'analyse réalisée par BURGEAP sur la sélection des substances. De plus, cela ne modifie pas la sélection de ces substances comme intégrées dans la surveillance. Enfin, même si l'ANSES propose un ERU, il est bien mentionné dans le document de l'ANSES qu'« **Il n'existe pas à ce jour de consensus ou recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant, contrairement à certaines substances chimiques pour lesquels un niveau de risque de cancer de 10-5 ou 10-6 est considéré** ». Aussi, dans un souci de cohérence avec la phase 1, ainsi que le fait que cette substance est conservé dans la proposition d'échantillonnage, GINGER BURGEAP propose de ne pas modifier la hiérarchisation des substances pour les PM

Diapositive 17 : « Emissions industrielles »

- Préciser que les modélisations correspondent à des concentrations moyennes sur un an (météo année 2019-2021) avec des émissions industrielles 2017 à 2019.
Préciser comment sont considérées les données d'émissions (moyenne de 2017 à 2019 ; max de 2017 à 2019, ...).
Par mesure de précaution, Air Pays de la Loire préconise de considérer les émissions maximales pour ces 3 années.

Il s'agit d'une hypothèse qui a été actée lors de la phase de quantification des émissions, et qui permet de répondre à l'objectif et la méthodologie préconisée par l'INERIS sur l'établissement et la pertinence d'un « bilan réaliste » des émissions :

► un bilan réaliste, basé sur les concentrations moyennes mesurées (installation en fonctionnement) ou les prévisions les plus réalistes (les facteurs d'émission moyens...).

Le bilan réaliste, qui se veut proche de la réalité, sera exploité pour hiérarchiser les substances émises en vue d'orienter les modalités du contrôle des émissions, éventuellement de la surveillance environnementale, et si besoin les efforts de réduction des émissions.

Diapositive 19 : « Autres émissions »

- Préciser comment sont modélisées les émissions du trafic maritime (linéique, surfacique, ponctuel, mélange de linéique et ponctuel pour prendre en compte les apports...)

Les émissions du trafic maritime étant issues des données du cadastre fournies par Air Pays de la Loire, elles sont été modélisées au même format que celles fournies (cadastre surfacique)

Diapositive 24 : « Résultats du calage en SO₂ »

- Il est difficile de comparer la carte Numtech avec celle d'Air Pays de la Loire compte tenu de la différence de seuils pris en compte dans l'échelle. La fourniture du fichier source serait utile.

L'échelle de concentration proposée est celle basée sur la logique de présentation des autres substances dans le cadre de l'étude zone. Elle peut être différente de celle réalisée par Air Pays de la Loire. Cependant, les valeurs fournies sont bien identifiées, et peuvent être intégrées dans les cartographies d'Air Pays de la Loire pour comparaison.

Diapositive 29 : « Simulations réalisées »

- Préciser les années de prise en compte des émissions

Ces données ont été précisées dans le rapport de phase 1 qui présente toutes les hypothèses de quantification des émissions et des données disponibles et utilisées pour l'intégration dans la modélisation.

Diapositive 34 : « Cartes de résultats de la dispersion des polluants »

- Les cartes présentant les zones à enjeux sont définies à partir des unités IRIS de l'INSEE. Pour une meilleure description de ces zones, la répartition de la population au bâti (source base MAGIC) est préférable.

GINGER BURGEAP ne dispose pas des données MAJIC qui sont fournies, pour intégration dans le cadre d'interprétation d'exposition des populations, et sauf erreur de notre part, aux AASQA par le LCSQA et n'a pas pour objectif d'être transmis à d'autres destinataires.

De plus, l'objectif de cette représentation est de localiser des zones à plus forte densité de population et de priorisation d'implantation de mesures, et non pas de détailler à l'échelle du bâti les populations.

Diapositive 42 : « Xylènes »

- Les émissions de la raffinerie ne semblent pas influencer les modélisations. Ce constat a-t-il été vérifié ?

Le site TOTAL ENERGIES n'a pas proposé de quantification des émissions des xylènes dans la base de données fournie pour cette étude, ni spéciation de ces COV, à l'exception du benzène. Faute d'informations spécifiques et au vu de l'absence d'émissions quantifiées, dans le cadre de la phase de quantification des émissions et des hypothèses menées sur les précédentes études, il a été affecté à l'hexane les COV totaux non affectés au benzène.

Diapositives 54 : « Proposition de plan d'échantillonnage » pour les métaux

- Par mesure de précaution, il conviendrait de compléter le dispositif par un site dans l'environnement de la raffinerie, en zone urbanisée, pour consolider les mesures effectuées en 2006 par Air Pays de la Loire
- Air Pays de la Loire préconise des mesures hebdomadaires par collecteur moyen débit pour As, Ni, Cd et Pb selon les préconisations du LCSQA (prélèvements hebdomadaires des particules PM10 suivis d'analyses en laboratoire) et selon une stratégie d'échantillonnage conforme aux mesures indicatives (couverture temporelle minimale de 14 % avec prélèvements également répartis sur l'année).

Si l'objectif est d'intégrer la surveillance du site de TOTAL ENERGIES uniquement, cela pose la question de l'intégration de ces mesures pour un seul industriel. TOTAL ENERGIES surveille déjà les métaux par la réalisation d'une campagne de surveillance des dépôts d'après les données fournies (Rapport annuel environnement 2022).

Diapositive 55 : « Proposition de plan d'échantillonnage » pour benzène/xylènes/hexane/1,3-butadiène

→ Il convient de nuancer les conclusions relatives aux résultats de la surveillance des COV autour de la raffinerie. En effet, l'étude COVCARENE montre des niveaux plus élevés en benzène à Donges par rapport à d'autres sites de la CARENE. Par ailleurs les mesures automatiques de benzène mises en œuvre dans le cadre de la surveillance périodique dans l'environnement de la raffinerie montrent également une influence des émissions des zones de stockage Ouest et de la partie centrale de la raffinerie.

Air Pays de la Loire préconise la poursuite de l'évaluation de ces COV en zone habitée de Donges – qui n'est pas une zone de surveillance secondaire – en élargissant les COV à investiguer, par la mise en œuvre d'au moins 3 sites de mesure en zones urbanisées de Donges.

→ Air Pays de la Loire préconise la mesure par tubes à diffusion passive selon une stratégie temporelle conforme aux prescriptions réglementaires (couverture temporelle de 14 % sur l'année avec prélèvements hebdomadaires également réparties sur l'année).

La zone de Donges est considérée comme zone de surveillance « secondaire » car il existe déjà une surveillance environnementale sur cette zone dans le cadre des campagnes relatives à TOTAL ENERGIES. L'objectif de cette étude zone n'est pas de se substituer à des mesures qui sont déjà réalisées dans le cadre de surveillance environnementale d'une installation existante. Pour rappel, les mesures de COV (dont le benzène) réalisées pour le compte de la surveillance de TOTAL ENERGIES est déjà de 8 points autour de la zone comme présenté sur la carte ci-dessous et extrait du bilan de surveillance 2022 :



Diapositives 56 : « Proposition de plan d'échantillonnage » pour NO₂/SO₂

- Le dispositif de mesure paraît surdimensionné pour ces 2 polluants. En effet les niveaux moyens en NO₂ issus du dispositif permanent sur le territoire de la CARENE sont comparables voire plus faibles que ceux enregistrés dans d'autres agglomérations de la région.
- **Pour le dioxyde d'azote, Air Pays de la Loire préconise de diminuer le nombre de site de mesure et non surveillés par le dispositif permanent et en proximité automobile en zone habitée. Pour information, Air Pays de la Loire a effectué des suivis annuels des concentrations en NO₂ dans l'avenue de la République à St Nazaire en 2008 et 2013 et à proximité de la N171 à Montoir en 2010.¹ Les niveaux moyens en NO₂ à proximité de ces 2 voies de circulation étaient plus élevés qu'en milieu urbain de fond avec une concentration annuelle atteignant la valeur limite au niveau de l'avenue de la République.**
- La pollution moyenne annuelle par le dioxyde de soufre est très faible sur les sites de surveillance de la raffinerie de Donges et sur le site urbain de Parc Paysager. La problématique pour ce polluant concerne l'apparition d'élévations ponctuelles des concentrations mesurées à Donges pouvant dépassant le seuil d'information de la population, lorsque le site de mesure est sous les vents des émissions de TotalEnergie. Dans cadre, **Air Pays de la Loire propose de réduire le dispositif proposé à un site proche de l'étang du bois Loalland et 2 sites proches d'appontements de navires en zones urbanisés.** Les mesures effectuées sur le site permanent du Parc Paysager à St Nazaire serviront de références.

Nous avons bien noté le surdimensionnement de la proposition de mesures NO₂/SO₂ et en prenons bien compte. En revanche, il nous apparaît que les résultats de la modélisation et de la mesure sont cohérents sur les zones d'emplacements du dispositif permanent, mais que des zones complémentaires seraient à investiguer comme bien présenté. Au vu du type de prélèvement et de son coût, il nous apparaît comme pertinent de réaliser une dizaine de mesures.

Diapositive 58 : « Proposition de plan d'échantillonnage » pour PM₁₀ / PM_{2.5}

- Air Pays de la Loire préconise des mesures conformes aux normes NF EN 12341 (pour les PM₁₀) et NF EN 14907 (pour les PM_{2.5}) ou à l'aide de méthodes de mesure démontrées comme équivalentes à ces normes.

Il semble que la norme NF EN 14907 ne soit plus en vigueur, et remplacée par la norme NF EN 12341 pour les PM₁₀ et les PM_{2.5} pour les mesures manuelles. Mais évidemment, il sera indiqué dans notre rapport que la réalisation des mesures PM₁₀ et PM_{2.5} seront conformes à cette norme (ou à la norme NF EN 16450 pour les mesures automatiques).



Lien : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-14907/qualite-de-lair-ambient-methode-normalisee-de-mesurage-gravimetrique-pour-l/fa119846/27049#AreasStoreProductsSummaryView>