

Evaluation des concentrations de dioxyde de soufre sur le plateau nord de Caen

Année 2021

Référence : Rapport 1140-004-B

Diffusion : Août 2022

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr



Avertissement

Atmo Normandie est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Atmo Normandie est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmonormandie.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Atmo Normandie est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Atmo Normandie par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Atmo Normandie de leur exactitude. La responsabilité d'Atmo Normandie ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Atmo Normandie ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Atmo Normandie conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Atmo Normandie ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Atmo Normandie, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1140-004-B

Le 30 août 2022,

Le Rédacteur,

Matthieu Primaux

Le directeur adjoint,

Nicolas Lepelley

Atmo Normandie – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN

Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@atmonormandie.fr

www.atmonormandie.fr

Résumé

En 2021, une campagne de surveillance des concentrations de dioxyde de soufre a été menée sur le plateau nord de Caen dans la continuité de l'étude réalisée l'année précédente [1]. Plusieurs dispositifs de prélèvements passifs du dioxyde de soufre (SO_2) ont été installés à quatre reprises dans l'année (4 mois) à proximité du plus important émetteur déclaré de SO_2 du Calvados : la cimenterie Calcia. Les concentrations de SO_2 observées sont équivalentes aux niveaux de fond mesurés au niveau de la station rurale du Parc des Boucles de la Seine Normande (Parc Naturel Régional, Notre Dame de Bliquetuit, 76). En complément de ces mesures, la modélisation a également été utilisée pour comparer, sur l'ensemble de l'année 2020, les teneurs en SO_2 de ce secteur aux valeurs de référence dans l'air ambiant. Les résultats confortent la mesure avec des concentrations de dioxyde de soufre très faibles autour de Calcia au regard des différents seuils réglementaires en vigueur.

Sommaire

1. Introduction	6
2. Éléments nécessaires à la compréhension du document	7
2.1. Contexte	7
2.1.1. Rappel du contexte 2018.....	7
2.1.2. Contexte 2021	8
2.2. Approche choisie.....	10
2.3. Matériel et modèles	12
2.3.1. Les échantillonneurs passifs SO_2	12
2.3.2. La modélisation à fine échelle	13
2.4. Méthodes	13
2.5. Origine des données	14
2.6. Présentation des données météo lors de la période d'étude.....	14
2.7. Limites	16
3. Déroulement	17
4. Résultats	17
4.1. Résultats des prélèvements de dioxyde de soufre	17
4.2. Résultats des concentrations de dioxyde de soufre pour chaque campagne de prélèvements.....	19
4.3. Résultats issus de la modélisation.....	21
5. Interprétation des résultats et discussion.....	24
5.1. Analyse des résultats des prélèvements de dioxyde de soufre par campagne	24
5.2. Comparaison des résultats obtenus par la mesure et par la modélisation.....	27
6. Conclusion et recommandations	27
7. Bibliographie	28
8. Annexe	29

Sigles, symboles et abréviations

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air

ADQVB : Association pour la Défense de la Qualité de Vie à Bénouville.

CODERST : Conseil Département de l'Environnement, des Risques Sanitaires et Technologiques

CSS : Commission de Suivi de Site

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

IREP : Registre Français des Emissions Polluantes

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air

Polluants :

SO₂ : Dioxyde de soufre

Unité de mesure utilisée dans l'air ambiant:

- $\mu\text{g}/\text{m}^3 = 10^{-6}\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube

1. Introduction

Ce rapport s'inscrit dans la continuité de la surveillance qui a été mise en place en 2018, 2019 et 2020 autour de la cimenterie Calcia (Ranville, plateau nord de Caen -14). En raison des faibles concentrations de dioxyde de soufre mesurées en 2018, le dispositif de surveillance a été allégé : les mesures en continu réalisées sur la commune de Ranville ont été remplacées par des prélèvements d'une durée d'un mois effectués à quatre reprises dans l'année. Contrairement à 2018 ces prélèvements n'ont pas été réalisés sur un emplacement unique mais au niveau de plusieurs sites répartis autour de la cimenterie Calcia. Ces mesures ont été complétées par une modélisation à fine échelle des concentrations qui a permis d'estimer les niveaux de concentrations de dioxyde de soufre sur une année entière.

Ce rapport présente le contexte ainsi que les méthodes utilisées dans le cadre de cette étude puis les résultats issus de la mesure et de la modélisation ainsi que leur interprétation au regard des valeurs réglementaires notamment. Il s'adresse en premier lieu aux habitants du secteur d'étude, aux services de l'Etat et à la cimenterie Calcia. Il est ensuite rendu disponible sur le site internet d'Atmo Normandie (www.atmonormandie.fr) pour tout public intéressé.

2. Éléments nécessaires à la compréhension du document

2.1. Contexte

2.1.1. Rappel du contexte 2018

La cimenterie Calcia de Ranville est l'émetteur le plus important de dioxyde de soufre du département du Calvados. Contrairement à la plupart des autres émetteurs industriels de SO_2 en Normandie, les émissions de dioxyde de soufre de la cimenterie Calcia ne proviennent pas majoritairement de la combustion de combustibles fossiles (charbon, fioul...), mais de l'argile utilisée pour la fabrication du ciment. En effet, pour disposer de cette matière première, la cimenterie Calcia de Ranville exploite la carrière de Touffreville située à huit kilomètres de l'usine (Photographie 1). Or l'argile provenant de cette carrière a la particularité de contenir du soufre sous forme pyritique [1]. Les processus de traitement des matières premières au niveau du four de la cimenterie conduisent ensuite à la formation de dioxyde de soufre émis à la cheminée.



Figure 1 : Carrière de Touffreville, Calcia, 2019.

Suite à l'abaissement des valeurs limites d'émissions de SO_2 applicables, la cimenterie a dépassé à plusieurs reprises ces valeurs (certaines journées) bien que les émissions annuelles de l'usine n'aient pas augmenté de façon importante ces dernières années.

En raison de l'activité du site, Calcia a demandé une dérogation par rapport à ces valeurs limites d'émissions afin de les maintenir aux niveaux précédents. La cimenterie souhaite en effet continuer à exploiter la carrière de

Toufreville du fait de sa proximité et dans la mesure où les modélisations et les mesures qui avaient été réalisées dans le passé (notamment jusqu'en 2004 au niveau de la station de mesure de Ranville) ne montraient que très peu d'impact des émissions de l'usine sur la qualité de l'air environnante. Cette dérogation a néanmoins suscité de vives inquiétudes de la part des riverains et de l'association ADQVB (Association pour la Défense de la Qualité de Vie à Bénouville). C'est pour cette raison qu'une surveillance du SO₂ d'un an a été décidé comprenant à la fois une modélisation de la dispersion du SO₂ autour de l'usine et des mesures en continu sous les vents dominants de Calcia. Ce protocole de surveillance a été présenté lors de la CSS du 20 juin 2019.

En raison des faibles concentrations mesurées en 2018 (Rapport 1140-004 : « Evaluation des concentrations de dioxyde de soufre sur le plateau nord de Caen – Année 2018. », le dispositif de mesures a été allégé en 2019 et la surveillance des concentrations de dioxyde de soufre a été effectuée via des tubes de prélèvements disposés autour de la cimenterie Calcia (Cf. chapitre 2.2 Approche choisie).

2.1.2. Contexte 2021

Les émissions de dioxyde de soufre sont en forte diminution depuis plusieurs années sur la Normandie avec une part des émissions du Calvados très peu significative (Figure 3). Le secteur industriel reste néanmoins le principal contributeur comme l'illustre le graphique ci-dessous :

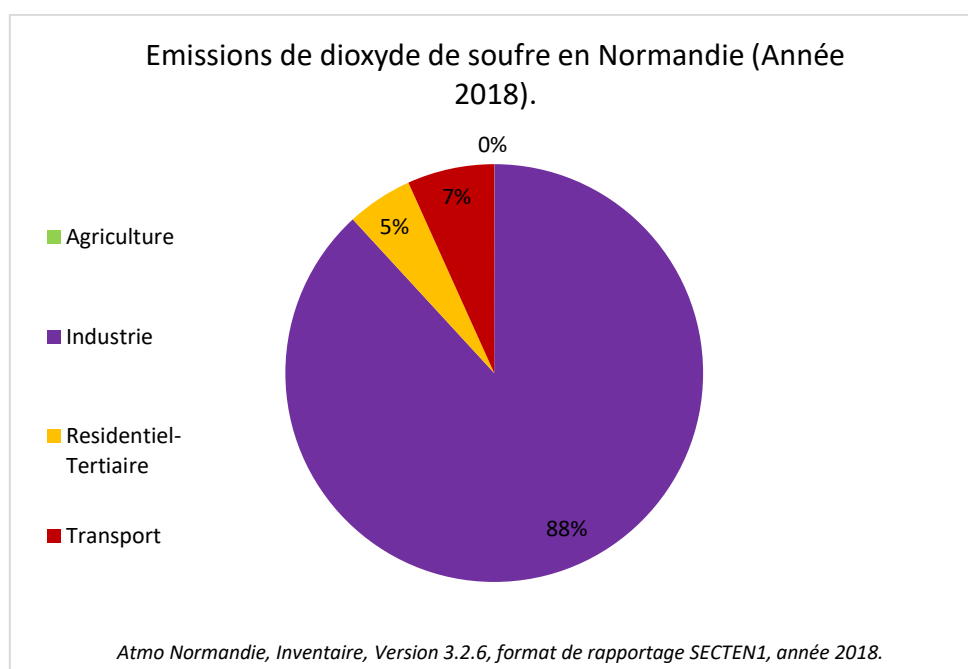


Figure 2 : Répartition sectorielle des émissions de dioxyde de soufre en Normandie en 2018, Atmo Normandie, inventaire V3.2.6, 2021.

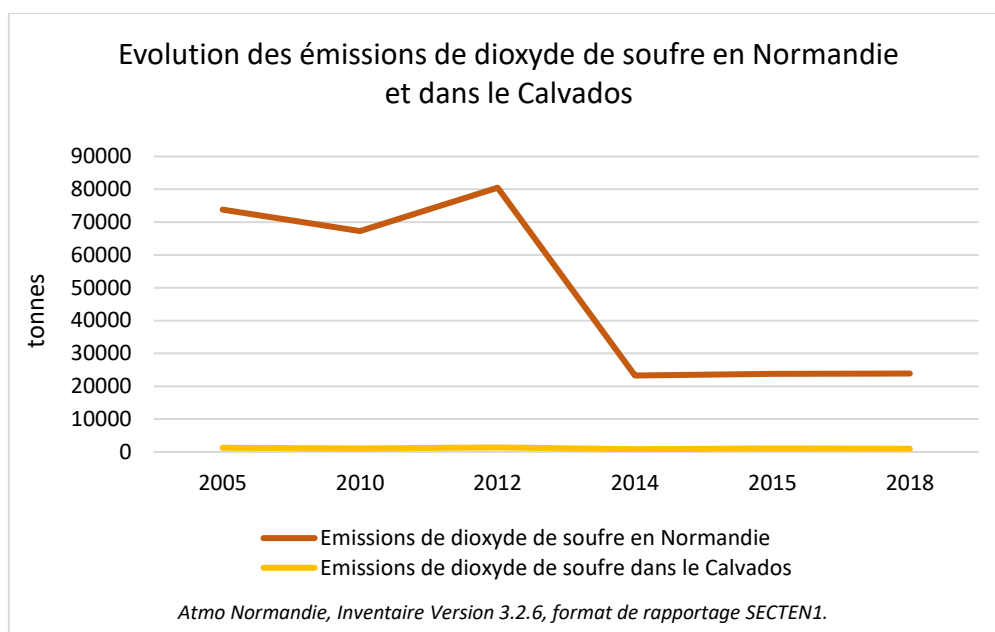


Figure 3 : Evolution des émissions de dioxyde de soufre en Normandie, Atmo Normandie, inventaire V3.2.6, 2021. .

De même les concentrations de dioxyde de soufre mesurées sur le département du Calvados sont faibles depuis de nombreuses années ce qui avait conduit à alléger le dispositif de surveillance de ce polluant sur ce département. La campagne de mesures de l'année 2021 s'inscrit dans la continuité des mesures réalisées en 2019 et 2020 par tubes de prélèvements. Les concentrations de dioxyde de soufre mesurées en 2018, 2019 et 2020 sont du même ordre de grandeur : des concentrations très faibles et très en dessous des seuils réglementaires des concentrations de dioxyde de soufre dans l'air ambiant.

Pour Atmo Normandie, la surveillance des concentrations en dioxyde sur le plateau nord de Caen s'inscrit dans le cadre de son PRSQA : programme 1.1 : « produire une information sur la qualité de l'air relative aux polluants réglementés en tout point du territoire », action 2 : « Identifier les zones de vigilance et mener des campagnes de mesures spécifiques ».

Le graphique ci-dessous présente les émissions de la cimenterie Calcia depuis 2012. Depuis 2012, les émissions de SO₂ de la cimenterie Calcia varient entre 247.3 tonnes par an (2019) et 530 tonnes par an (2021) ; (source : IREP, mars 2021, Calcia, mai 2022).

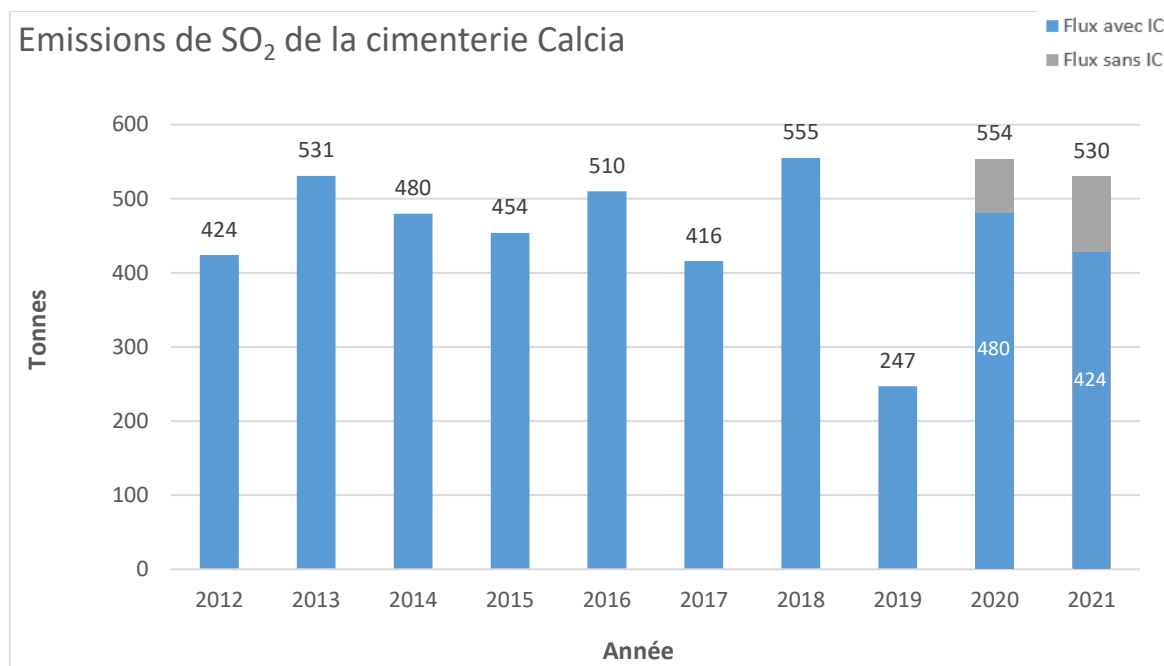


Figure 4 : Emissions de dioxyde de la cimenterie Calcia en tonnes par an, (la colonne en jaune correspond aux informations fournies par la cimenterie Calcia), source : IREP, mars 2022.

Les émissions de SO₂ de la cimenterie Calcia fluctuent selon les années en fonction notamment du nombre d'heures de fonctionnement de l'usine, de la variabilité de la matière première et d'éventuels phases particulières de process. Le flux 2020 est calculé, selon le guide GEREP V1.3 de décembre 2020, sans retrait de l'intervalle de confiance de 20% sur les concentrations SO₂. Selon la même méthode de calcul que les années précédentes, le flux 2020 est de 480 tonnes dans la moyenne des années 2012-2018. Le flux de 2021 est de 530 tonnes sans retrait de l'intervalle de confiance.

2.2. Approche choisie

En 2018, la surveillance des concentrations de dioxyde de soufre autour de la cimenterie Calcia a été réalisée en continu sur l'ensemble de l'année sur un site unique de mesures. En 2019, 2020 et 2021, l'approche est différente : plusieurs sites ont été choisis autour de l'usine de manière à ce qu'un ou plusieurs sites soient sous les vents de l'usine lors de la période de mesures. Il y a donc plus de sites de prélèvements (1 en 2018, contre 5 en 2019, 2020 et 2021) mais pendant une période d'analyse plus courte et discontinue sur l'année 2021 (environ 4 mois réparti sur 4 périodes de l'année).

Les 5 sites ont été positionnés dans des zones habitées pour caractériser les niveaux de concentrations de SO₂ auxquels la population a pu être exposée.

La carte ci-dessous présente l'emplacement des sites retenus en 2019, 2020 et 2021.

Localisation des sites de prélèvements de dioxyde de soufre, 2019.

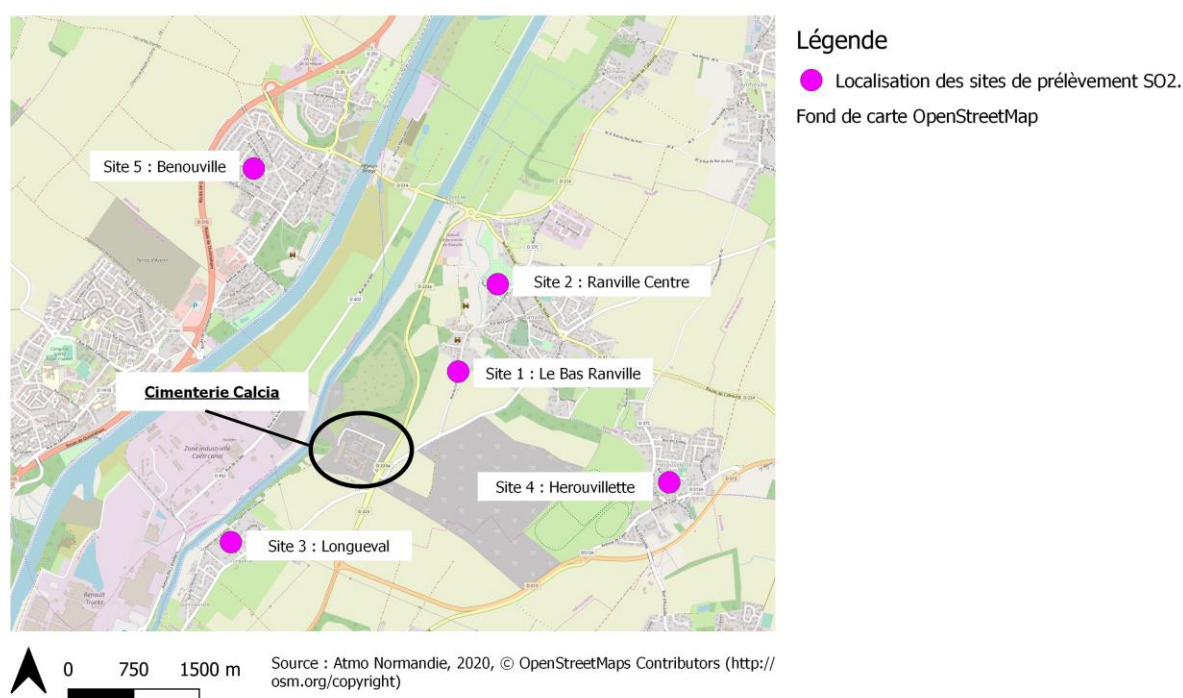


Figure 5 : Localisation des sites de prélèvements de dioxyde de soufre, campagne 2019, 2020, 2021 ; source : Atmo Normandie, 2020.

Le tableau ci-dessous présente le nom des sites où des prélèvements passifs de SO₂ ont été effectués :

Nom du site	Numero du site
Le bas Ranville	1
Ranville centre	2
Longueval	3
Hérouvillette	4
Bénouville	5

Tableau 1 : Nom et numérotation des sites de prélèvements SO₂, Atmo Normandie, 2021.

Les prélèvements ont été effectués à différentes périodes de l'année pour évaluer les concentrations de SO₂ en fonction des conditions météorologiques (plus ou moins pénalisantes vis-à-vis de la qualité de l'air) et de conditions de fonctionnement de la cimenterie qui pourraient être différentes d'une période à l'autre. En particulier, une des campagnes de prélèvements s'est déroulée lors de la période de grand entretien du four (entre le 8 janvier 2021 et le 31 janvier 2021) pour tenter d'estimer l'impact de la diminution des émissions de la cimenterie sur les concentrations de SO₂ aux alentours du site. Il s'agit de la campagne n°1.

Le tableau ci-dessous présente les dates de prélèvements réalisés en 2021.

Campagne de prélèvements	Dates des prélèvements 2021
Campagne 1 (période d'arrêt du four)	du 13/01/21 au 03/02/21
Campagne 2	du 03/03/21 au 31/03/21
Campagne 3	du 23/06/21 au 21/07/21
Campagne 4	du 06/10/21 au 03/11/21

Tableau 2 : Date des campagnes de prélèvements de dioxyde de soufre en 2021, Atmo Normandie, 2022.

En complément de ce dispositif, une modélisation à fine échelle des concentrations de dioxyde de soufre a été réalisée. Elle permet de cartographier les concentrations annuelles de polluants par rapport aux sources d'émissions de dioxyde de soufre du territoire, en l'occurrence dans le cas de cette étude les émissions de SO₂ de la cimenterie Calcia.

2.3. Matériel et modèles

2.3.1. Les échantillonneurs passifs SO₂

Les concentrations de SO₂ ont été mesurées via des échantillonneurs passifs commercialisés par la société suisse PASSAM AG. Il s'agit de badges qui captent le dioxyde de soufre par diffusion passive (sans avoir recours à une pompe pour aspirer l'air). Ils sont exposés un mois avant d'être envoyés en laboratoire pour analyse. Les photographies ci-dessous présentent les échantillonneurs passifs SO₂ ainsi que les boîtes de protection dans lesquelles ils ont été installés. Les boîtes sont généralement fixées à une hauteur de 2 à 2,5 m sur un lampadaire.



Figure 6 : Photographies des échantillonneurs passifs SO₂ et du boîtier d'installation des tubes, Atmo Normandie, 2021.

Dans chacune de ces boîtes, trois échantillonneurs passifs de prélèvement et un « blanc terrain¹ » ont ainsi été installés sur chaque site et lors de chaque campagne afin de connaître la variabilité des résultats qui pourrait être importante en raison des très faibles concentrations attendues, parfois proche des limites de quantification² des échantillonneurs passifs ($0.2 \mu\text{g.m}^{-3}$).

2.3.2. La modélisation à fine échelle

La modélisation fine échelle a été réalisée au moyen du logiciel ADMS. C'est un modèle développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants), et commercialisé en France par Numtech. Le modèle ADMS urban est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain pouvant aller de l'échelle d'un quartier jusqu'à l'échelle d'une agglomération. D'un point de vue temporel, ADMS urban est adapté pour produire une modélisation des concentrations sur un pas de temps horaire. Le modèle ADMS urban traite différents types d'émissions à l'aide de sources linéiques (voies de circulation routières, maritimes, fluviales...), de sources ponctuelles (cheminées d'industries...), de sources surfaciques (par exemple une station de traitement des eaux usées) et de sources volumiques (par exemple un immeuble, un bâtiment industriel...). Dans le cadre de cette étude, seules les données d'émissions de la cimenterie Calcia en lien avec les informations météorologiques ont permis d'alimenter le modèle (les autres sources d'émissions, minoritaires, ne sont pas prises en compte).

2.4. Méthodes

La surveillance des concentrations de dioxyde sur le plateau nord de Caen mise en place par Atmo Normandie en 2021 a fait appel à deux outils de surveillance complémentaires : la mesure au moyen d'échantillonneurs passifs SO_2 , et la modélisation des concentrations de dioxyde de soufre. Ces deux outils ont été décrits précédemment.

La modélisation va permettre de cartographier les champs de concentrations annuelles du dioxyde de soufre sur le plateau nord de Caen à partir des données d'émissions fournies par la cimenterie.

Les résultats des échantillonneurs passifs permettront de confirmer les résultats de la modélisation sur des périodes définies de l'année. Par ailleurs en les croisant avec les données météorologiques (notamment les directions de vents), il devrait être possible de savoir si les émissions de Calcia ont un impact notable sur les concentrations de SO_2 dans l'environnement habité proche.

¹ Un blanc terrain est un filtre transporté vers le site d'échantillonnage, conservé dans le préleveur mais ne subissant aucun prélèvement d'air ambiant. Il est retourné au laboratoire d'analyse et traité de la même façon que les filtres ayant servi aux prélèvements d'air ambiant. Un blanc terrain est réalisé pour chaque type de mesures à chaque période d'échantillonnage. Il permet de contrôler si une éventuelle pollution a eu lieu lors des étapes de préparation, transport, manipulation, analyse.

² La limite de quantification est la plus faible concentration d'un produit à analyser dans un échantillon qui puisse être quantifiée par le laboratoire d'analyse. Par convention et afin de représenter la représentation graphique et les calculs, les valeurs non quantifiées (inférieures à la limite de quantification) sont considérées comme étant égales à la moitié de la limite de quantification.

Les résultats des deux méthodes de surveillance seront comparés aux seuils réglementaires présentés dans le tableau ci-dessous :

Seuil ou recommandation	Valeurs des seuils ou recommandations
Valeur limite	125 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moy journalière à ne pas dépasser plus de trois jours par an
	350 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moy horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an
Objectif qualité	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle
Recommandations OMS	500 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 10 min
	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle

Tableau 3 : Valeurs des seuils et des recommandations relatives aux concentrations de dioxyde de soufre dans l'air, Atmo Normandie, 2022.

2.5. Origine des données

D'autres données que celles obtenues à partir des outils de surveillance d'Atmo Normandie ont été utilisées. Les données d'émissions de dioxyde de soufre ont été fournies par la cimenterie Calcia. Certaines de ces données sont disponibles librement sur le site internet de l'IREP.

Les données météorologiques proviennent de la station météo France de Carpiquet (rose des vents, alimentation du modèle de dispersion) qui correspond à la station la plus proche de la zone d'étude et est installée sur un plateau comme à Colombelles.

2.6. Présentation des données météo lors de la période d'étude

Les données météorologiques sont déterminantes pour comprendre le comportement de la pollution de l'air. Ce chapitre décrit certaines données importantes observées durant la période d'étude.

La carte ci-après présente la localisation de la station météorologique de Carpiquet par rapport au secteur d'étude. Cette station est la plus proche du site d'étude. En raison de la proximité entre la station météorologique et la zone d'étude ainsi que de la similitude des conditions géographiques et topographiques, il est possible de considérer que les conditions météorologiques sont comparables entre ces deux secteurs.

Localisation de la station météo France de Carpiquet par rapport à la zone d'étude

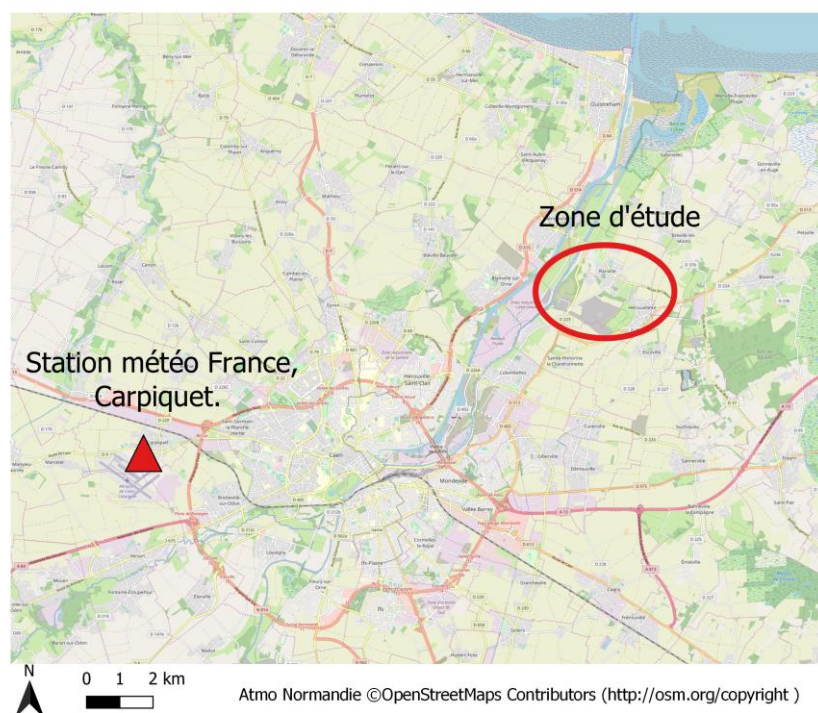


Figure 7 : Localisation de la station météo France de Carpiquet par rapport à la zone d'étude, Atmo Normandie, 2020.

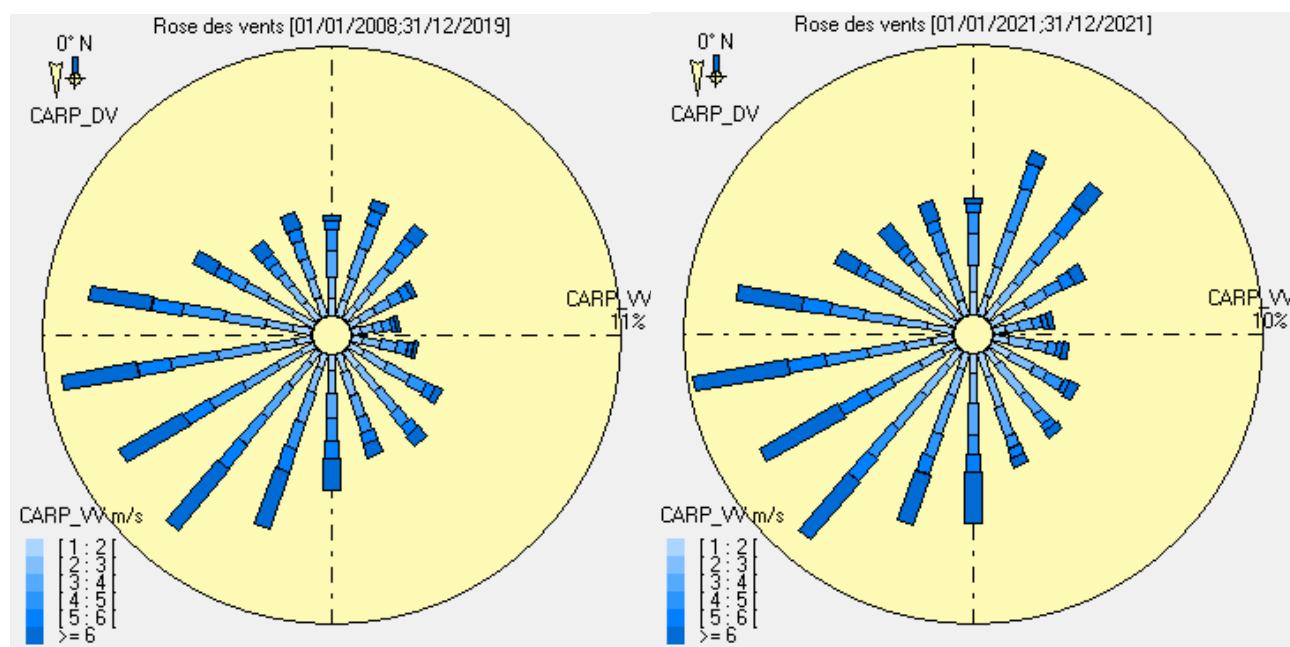
Le tableau ci-dessous présente les principaux indicateurs météo issus de la station de Carpiquet entre 2008 et 2021.

Statistiques par an	Cumul précipitations	Températures min	Température max	Température moyenne
2008	données incomplètes	-5.2 °C	29.6 °C	11 °C
2009	données incomplètes	-9.1 °C	30.9 °C	10.9 °C
2010	données incomplètes	-8.9 °C	30.7 °C	10.1 °C
2011	données incomplètes	-4.2 °C	31.2 °C	11.8 °C
2012	906.4 mm	-9.7 °C	31.7 °C	10.9 °C
2013	681.4 mm	-4.1 °C	34.4 °C	10.6 °C
2014	685.2 mm	-3 °C	29.4 °C	11.9 °C
2015	718.6 mm	-3.4 °C	35 °C	11.6 °C
2016	637.6 mm	-6.3 °C	35.9 °C	11.1 °C
2017	696.2 mm	-8.1 °C	34.7 °C	11.7 °C
2018	684.1 mm	-6.7 °C	34.3 °C	11.7 °C
2019	777 mm	-2.9°C	38.1°C	11.6°C
2020	773.3 mm	-2.9°C	36.5°C	12.2°C
2021	<u>653.7 mm</u>	<u>-4.7 °C</u>	<u>30.7°C</u>	<u>11.3°C</u>

Tableau 4 : Principaux indicateurs météo de la station Météo France de Carpiquet entre 2008 et 2021, source : Météo France, Atmo Normandie, 2022.

Les températures relevées à la station de Caen-Carpiquet sont dans la norme de ce qui est habituellement observé au niveau de cette station. Les précipitations ont été un peu moins abondantes en 2021.

Les roses des vents ci-dessous ont été réalisées sur deux périodes : 2008 à 2019, et 2021. Le but est de savoir si l'année 2021 est une année habituelle ou non en terme de vents.



Les roses des vents des deux périodes d'analyse ont une forme similaire. A noter toutefois qu'en 2021, les vents de secteur Nord-Est ont plus soufflé (fréquence et force) en comparaison à la période 2008-2019.

Au cours de la période 2008/2019, des vents considérés comme faibles (inférieurs à 1m/s) ont été enregistrés pendant 8% du temps, contre 5% en 2021. Les vents faibles contribuent à l'accumulation des polluants dans l'atmosphère contrairement aux vents forts qui ont tendance à disperser les polluants dans l'air.

2.7. Limites

Les concentrations mesurées en 2021 sont très faibles (proches de la limite de quantification des échantillonneurs passifs). Or, plus les niveaux de concentrations sont faibles, plus l'incertitude des résultats est élevée. Ainsi, il est possible de considérer que des différences de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre échantillonneurs passifs placés sur le même site ou sur des sites différents ne seront pas significatives.

Par ailleurs si les campagnes de mesures ont été réparties sur l'année, la moyenne calculée à partir des résultats obtenus ne représente qu'une estimation de la moyenne annuelle. Cette estimation peut s'éloigner de la moyenne annuelle réelle si de fortes concentrations étaient mesurées sur une période non échantillonnée.

Enfin en raison de l'absence de mesures en continu des concentrations de dioxyde de soufre, il n'est pas possible de calculer les statistiques relatives à l'ensemble des seuils réglementaires du SO₂ (en particulier les seuils horaires et journaliers) via l'utilisation des échantillonneurs passifs. Néanmoins il a été montré en 2018 que ces seuils étaient loin d'être dépassés. En outre, les résultats de la modélisation permettent cette comparaison.

3. Déroulement

Sur chaque site de prélèvements, ce sont 4 échantillonneurs passifs qui ont été installés dont un « blanc terrain » (voir chapitre 2.3.1). Les dates des prélèvements sont présentées dans le tableau 2 (voir chapitre 2.2).

La modélisation a été réalisée avec les données d'émissions de la cimenterie Calcia de l'année 2021. Le graphique ci-dessous présente les émissions mensuelles de dioxyde de soufre de la cimenterie. A noter que les émissions sont plus faibles lors du mois de février, période de grand entretien de la cimenterie. Des échantillonneurs passifs ont été installés durant cette période.

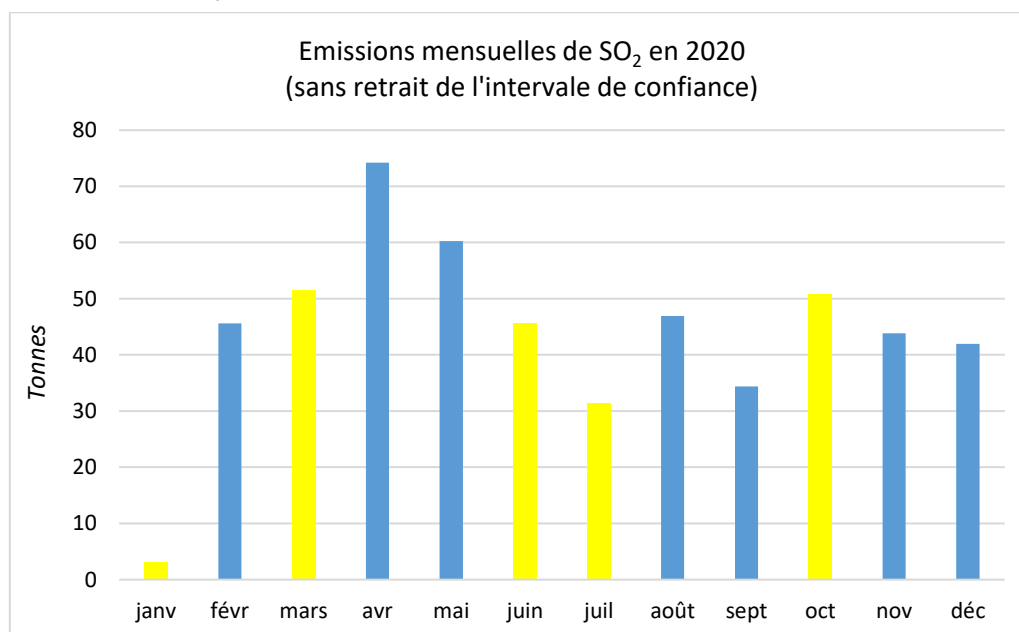


Figure 9 : Emissions mensuelles de la cimenterie Calcia en 2020, source Calcia, 2021, réalisation Atmo Normandie.

Les barres colorées en jaune représentent les mois durant lesquels les prélèvements ont été effectués autour de la cimenterie. (Il arrive que les prélèvements soient à cheval sur 2 mois : période d'analyse de juin-juillet).

4. Résultats

4.1. Résultats des prélèvements de dioxyde de soufre

Le tableau ci-dessous présente les résultats des prélèvements réalisés en 2021 lors des 4 campagnes de mesures.

Il s'agit des concentrations moyennées à partir des résultats des trois échantillonneurs passifs présents sur chaque site et pour chaque campagne. Les tableaux en annexe présentent les résultats de chaque échantillonneur (annexe : tableau n°1) ainsi que les résultats des « blancs terrains » (annexe : tableau n°2).

site	date de début	date de fin	moyenne concentration SO ₂ µg/m ³
n°1 Le bas Ranville	13/01/21	03/02/21	1.48
n°2 station mesure	13/01/21	03/02/21	1.35
n°3 Longueval	13/01/21	03/02/21	0.88
n°4 Hérouvillette	13/01/21	03/02/21	1.75
n°5 Bénouville	13/01/21	03/02/21	2.60
n°1 Le bas Ranville	03/03/21	31/03/21	0.90
n°2 station mesure	03/03/21	31/03/21	0.80
n°3 Longueval	03/03/21	31/03/21	1.47
n°4 Hérouvillette	03/03/21	31/03/21	1.30
n°5 Bénouville	03/03/21	31/03/21	1.47
n°1 Le bas Ranville	23/06/21	21/07/21	1.30
n°2 station mesure	23/06/21	21/07/21	0.60
n°3 Longueval	23/06/21	21/07/21	1.15
n°4 Hérouvillette	23/06/21	21/07/21	0.98
n°5 Bénouville	23/06/21	21/07/21	0.85
n°1 Le bas Ranville	06/10/21	03/11/21	0.60
n°2 station mesure	06/10/21	03/11/21	0.70
n°3 Longueval	06/10/21	03/11/21	0.57
n°4 Hérouvillette	06/10/21	03/11/21	0.73
n°5 Bénouville	06/10/21	03/11/21	1.30

Tableau 5: Résultats des prélèvements de dioxyde de soufre par échantillonneurs passifs, Atmo Normandie, 2022.

Les concentrations mesurées lors de ces campagnes sont très en dessous de l'objectif de qualité annuelle (50 µg.m⁻³) ou de la recommandation de l'OMS (40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

La carte ci-dessous présente les moyennes des campagnes de 2021 sur les cinq sites de prélèvements autour de la cimenterie. Les secteurs situés au nord-est de la cimenterie sont (selon les prélèvements de 2021) les secteurs où les concentrations sont les plus élevées. Selon la moyenne des campagnes de prélèvements, les variations de concentrations entre les sites de prélèvement demeurent faibles : environ 1 µg.m⁻³ entre le site le plus élevé et le plus faible.

Moyenne des concentrations de dioxyde de soufre des prélèvements réalisés en 2021.

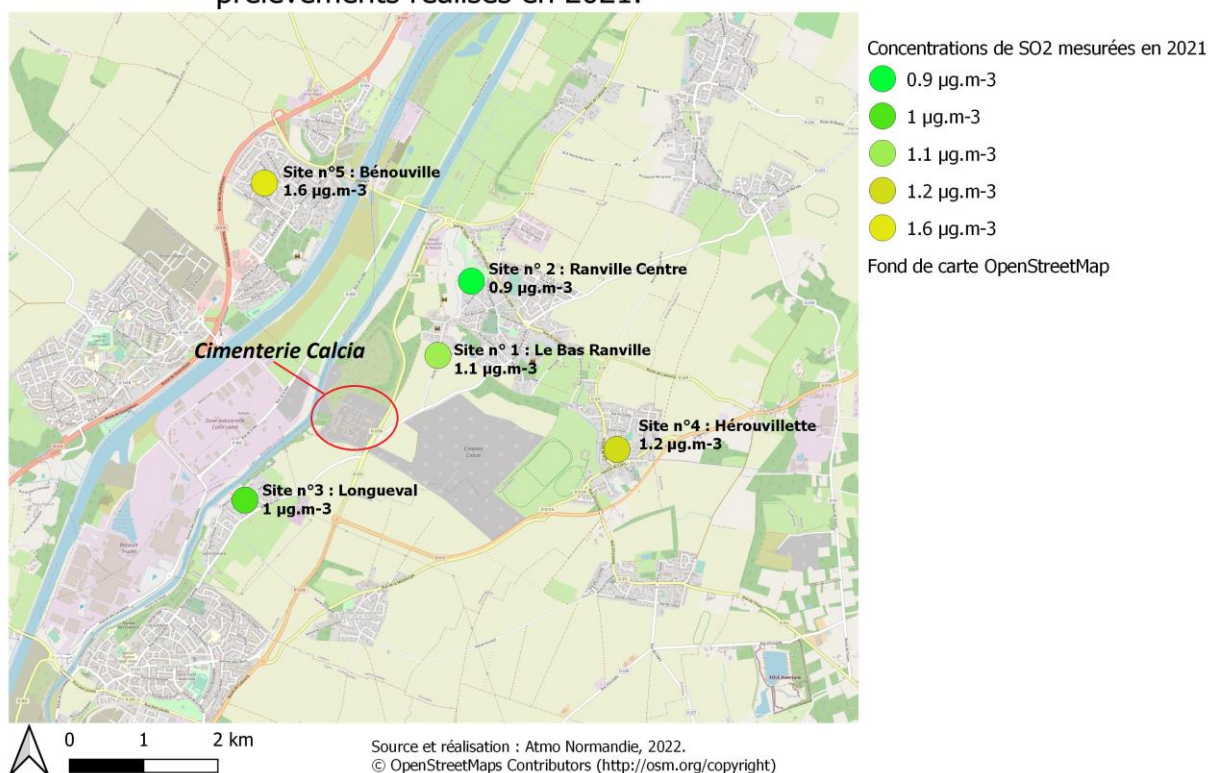


Figure 10 : Moyennes des concentrations de SO₂ mesurées lors des 4 campagnes de prélèvements sur les différents sites, Atmo Normandie, 2022.

4.2. Résultats des concentrations de dioxyde de soufre pour chaque campagne de prélèvements

Le graphique ci-dessous résume les informations relatives aux prélèvements effectués en 202.

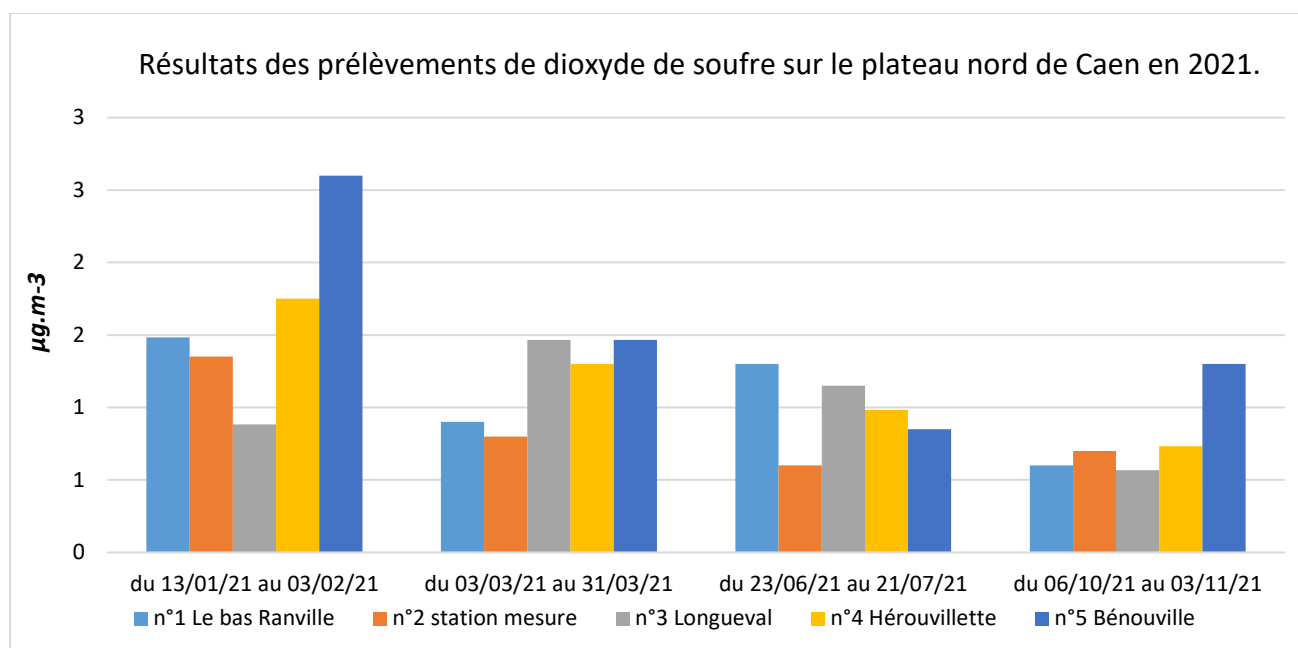


Figure 11 : Résultats des prélèvements de SO₂ par campagne et par site en 2020, Atmo Normandie, 2022.

L'arrêt du four de la cimenterie Calcia a eu lieu lors de la première campagne de prélèvement. L'analyse des concentrations par campagne est disponible dans le chapitre 5.1. « Analyse des résultats des prélèvements de dioxyde de soufre par campagnes. »

Le tableau ci-dessous présente les résultats des concentrations mesurées par tube de prélèvements par rapport au seuil réglementaire en vigueur :

	Moyenne des 4 périodes de prélèvements	Maximum mesuré par campagne de prélèvement et par site	Valeur du seuil réglementaire
n°1 Le bas Ranville	1.1 µg.m ⁻³	1.5 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
n°2 station mesure	0.9 µg.m ⁻³	1.4 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
n°3 Longueval	1 µg.m ⁻³	1.5 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
n°4 Hérouvillette	1.2 µg.m ⁻³	1.8 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle
n°5 Bénouville	1.6 µg.m ⁻³	2.6 µg.m ⁻³	50 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle

Tableau 6 : Bilan des concentrations mesurées par rapport au seuil réglementaire du dioxyde de soufre, Atmo Normandie, 2022.

Les concentrations mesurées sur chacun des sites sont inférieures à la valeur du seuil réglementaire. Bien que la moyenne annuelle n'ait pas été calculée à partir de résultats obtenus sur l'ensemble de l'année, les périodes de prélèvements ont toutefois été effectuées à des périodes différentes et à chaque saison de l'année ce qui permet d'estimer la moyenne annuelle. De plus, la moyenne annuelle mesurée sur l'ensemble de l'année en 2018 (mesures en continu) était de 1.1 µg.m⁻³, valeur très cohérente avec la moyenne des quatre campagnes de mesures sur chaque site de prélèvement en 2021. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats en 2020 et 2021.

Comparaison des résultats des prélèvements de SO ₂ entre 2019 et 2020	n°1 Le bas Ranville	n°2 station mesure	n°3 Longueval	n°4 Hérouvillette	n°5 Bénéville
Moyenne site par site 2020	1.7 µg.m-3	1.6 µg.m-3	0.7 µg.m-3	0.6 µg.m-3	0.9 µg.m-3
Moyenne site par site 2021	1.1 µg.m-3	0.9 µg.m-3	1 µg.m-3	1.2 µg.m-3	2.6 µg.m-3

Tableau 7 : Tableau comparatif des prélèvements de dioxyde de soufre réalisés en 2019 et 2020 autour de la cimenterie Calcia, Atmo Normandie 2022.

4.3. Résultats issus de la modélisation

La carte ci-dessous présente les concentrations de dioxyde de soufre modélisées sur le plateau Nord de Caen en 2021 (échelle officielle du LCSQA). En moyenne annuelle, les concentrations ne dépassent pas 3 µg.m⁻³ sur ce secteur.

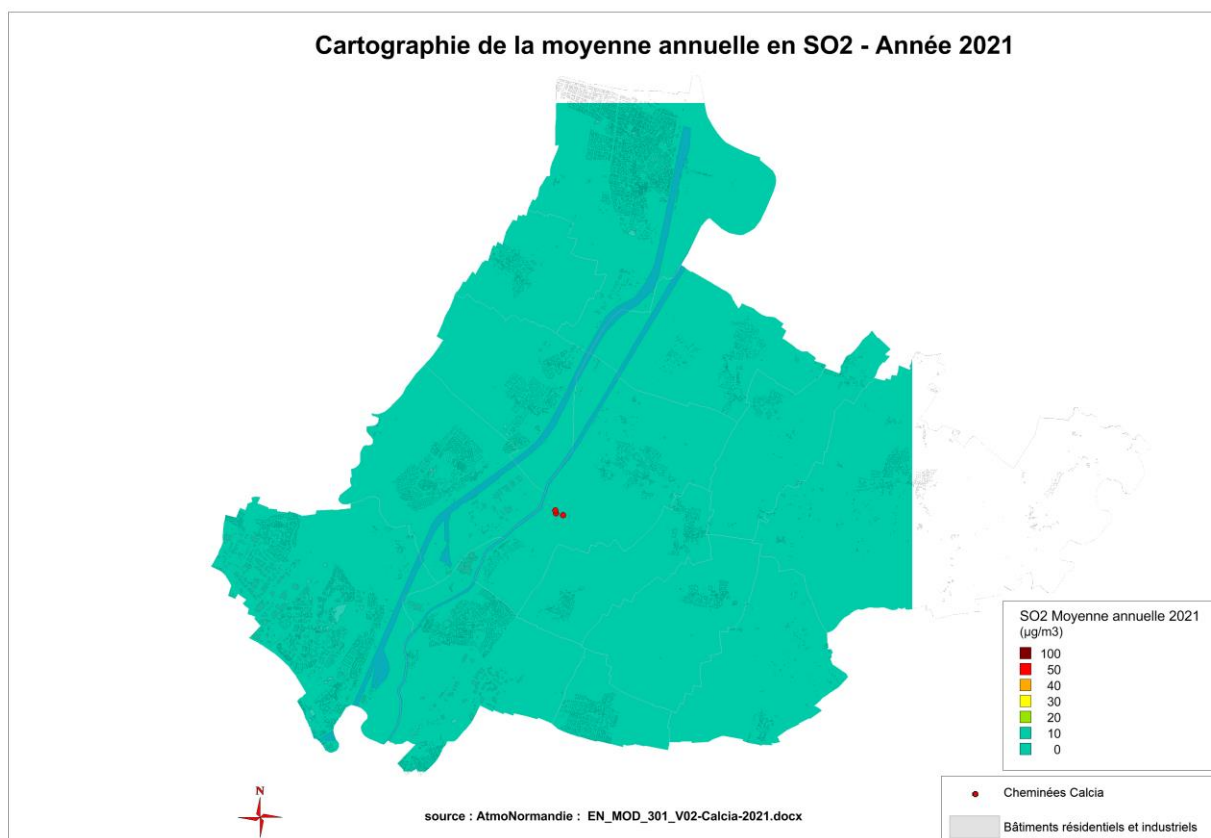


Figure 12 : Concentration en moyenne annuelle de dioxyde de soufre sur la plateau nord de Caen, échelle officielle du LCSQA, Atmo Normandie, 2022.

La carte ci-dessous présente les mêmes informations que la carte précédente (concentrations modélisées de dioxyde de soufre en moyenne annuelle en 2021). L'échelle a été « adaptée » afin de présenter plus finement les variations de concentrations. Ces variations de concentrations atteignent au maximum quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle.

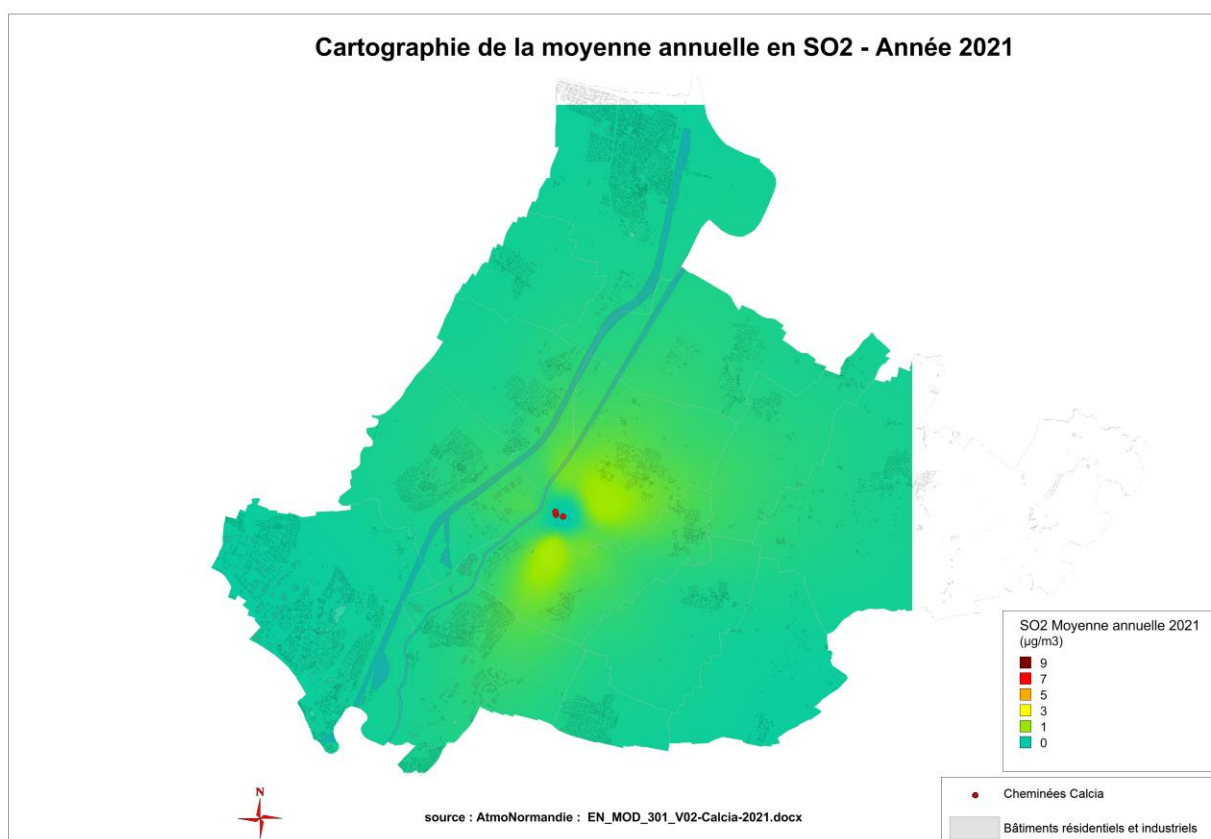


Figure 13 : Concentration en moyenne annuelle de dioxyde de soufre sur la plateau nord de Caen, échelle adaptée, Atmo Normandie, 2022.

L'utilisation d'une échelle « adaptée » pour mettre en évidence les variations de concentrations permet d'identifier deux secteurs au sud et à l'est-nord-est de la cimenterie qui connaissent des concentrations légèrement plus élevées (quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$) qu'ailleurs sur le territoire. Ces deux secteurs se situent sous les vents de la cimenterie. S'il est possible de mettre en évidence un « signal » d'augmentation des concentrations de dioxyde de soufre en provenance de la cimenterie, cette augmentation des concentrations reste faible (quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$) par rapport au reste du territoire sur lequel les concentrations sont proches de zéro. Les secteurs sur lesquels les concentrations sont les plus élevées ont des concentrations en moyenne annuelle d'environ 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ au maximum.

De fait, si un effet des émissions de dioxyde de soufre de la cimenterie est observable, cet effet n'engendre qu'une augmentation de quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$ dans l'air à proximité immédiate de Calcia, selon la modélisation

réalisée pour l'année 2021. Par ailleurs les concentrations maximales mesurées aux alentours de la cimenterie sont similaires aux concentrations de fond mesurées ailleurs en Normandie.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des statistiques obtenus par la modélisation réalisée en 2021. Les valeurs correspondent aux concentrations les plus élevées modélisées sur le territoire d'étude.

	Statistiques des concentrations de SO₂ les plus élevées issues de la modélisation en 2021		
	Moyenne annuelle	Maximum horaire	Valeur maximale relative au seuil journalier
Résultats de la modélisation	1.4 µg.m ⁻³	71 µg.m ⁻³	14 µg.m ⁻³
Valeur du seuil réglementaire ou de la recommandation OMS	40 µg.m ⁻³ en moyenne annuelle	350 µg.m ⁻³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	125 µg.m ⁻³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an

Tableau 8 : Statistiques des concentrations de dioxyde de soufre issues de la modélisation à fine échelle, Atmo Normandie, 2022.

Les concentrations en dioxyde de soufre sont faibles au regard de l'ensemble des valeurs réglementaires en vigueur. Elles sont proches des concentrations modélisées l'année précédente (en 2020).

5. Interprétation des résultats et discussion

5.1. Analyse des résultats des prélèvements de dioxyde de soufre par campagne

Analyse des concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne n°1

La première campagne de prélèvements s'est déroulée lors de l'arrêt du four de la cimenterie et a été caractérisée par des vents relativement forts de secteur ouest-sud-ouest à sud. Des vents considérés comme faibles ont soufflé pendant 0.8% du temps de la première campagne. En raison de l'arrêt du four de la cimenterie, les concentrations mesurées ne peuvent pas être liées à cette activité. Il s'agit de concentrations dites de fond. Comme indiqué précédemment, les différences observées entre les sites sont au maximum d' 1.7 µg.m⁻³.

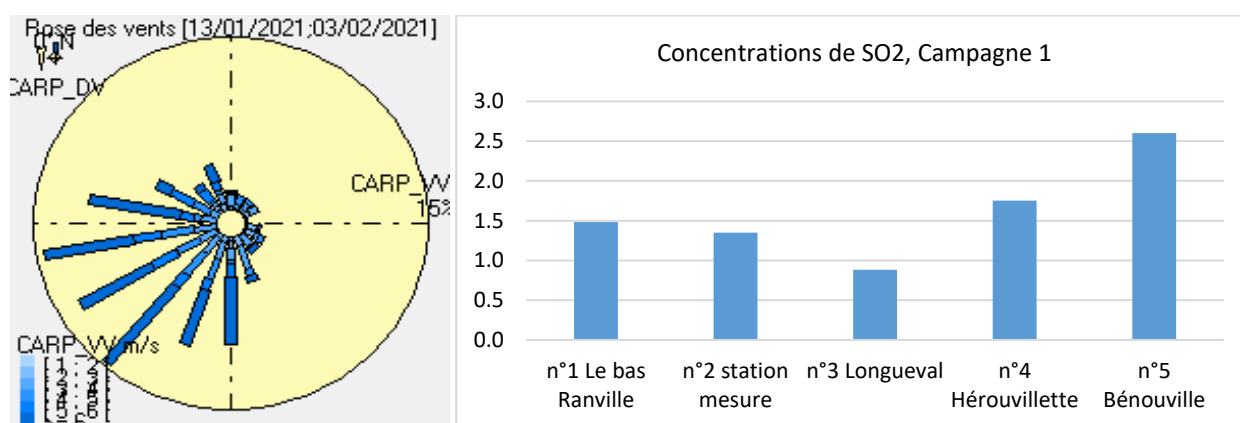


Figure 14 : à gauche : Rose des vents de la campagne 1, source Météo France, réalisation Atmo Normandie ; à droite : Concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne 1, Atmo Normandie, 2022.

Analyse des concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne n°2

Les concentrations de SO₂ au cours de cette seconde campagne ont variés entre 0.8 et 1.5 µg.m⁻³ sur les différents sites de mesures. Des vents considérés comme faibles ont soufflé pendant 1.5% du temps. A noter que des vents de secteur Nord-est (vents potentiellement chargés en pollution) ont soufflé dans une proportion plus importante que lors des autres campagnes de mesures. L'écart des concentrations de SO₂ entre les sites de mesures est faible.

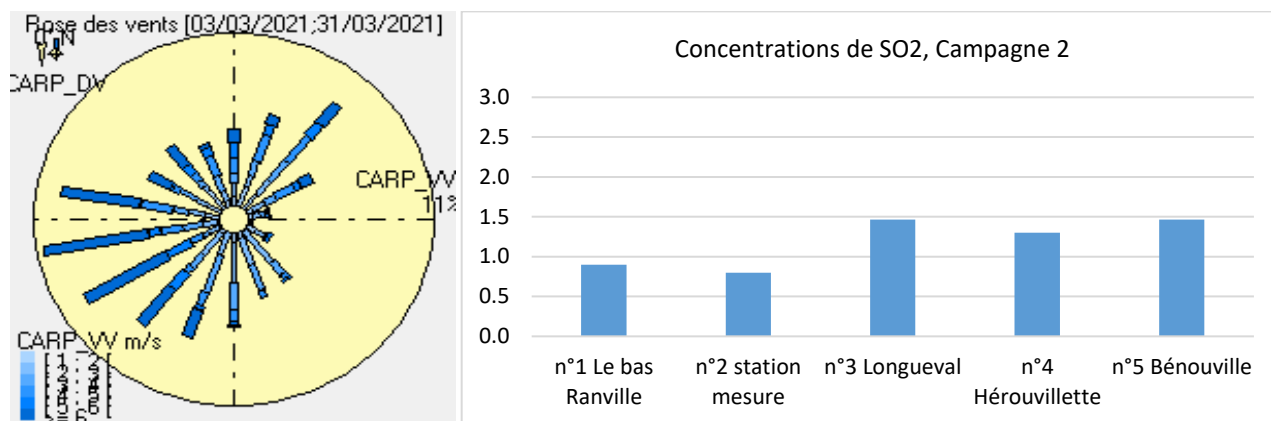


Figure 15 : à gauche : Rose des vents de la campagne 2, source Météo France, réalisation Atmo Normandie ; à droite : Concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne 2, Atmo Normandie, 2022.

Analyse des concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne n°3

Les vents de secteur nord-ouest à nord-est ont été les plus fréquents et les plus forts au cours de cette 3^{ème} campagne. L'écart des concentrations de SO₂ entre les sites de mesures est faible. Le pourcentage de vents faibles (5.4%) a été plus élevé que lors des deux précédentes campagnes sans pour autant qu'il ne semble avoir influencé sur les concentrations de dioxyde de soufre prélevées au cours de cette période.

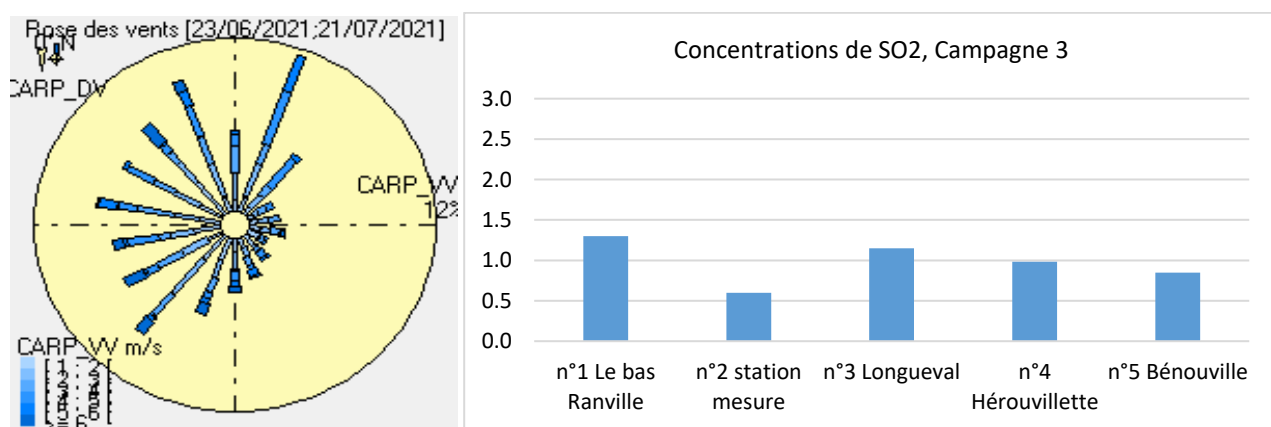


Figure 16 : à gauche : Rose des vents de la campagne 3, source Météo France, réalisation Atmo Normandie ; à droite : Concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne 3, Atmo Normandie, 2022.

Analyse des concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne n°4

Au cours de la dernière campagne de 2021, les vents ont été majoritairement de secteur sud. Le site de Bénouville a été plus souvent sous les vents de la cimenterie, sur ce site, les concentrations ont atteint 1.4 $\mu\text{g.m}^{-3}$ contre environ 0.7 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur les autres sites. Le pourcentage de vents faibles fut le plus élevé au cours de cette dernière campagne : 6%.

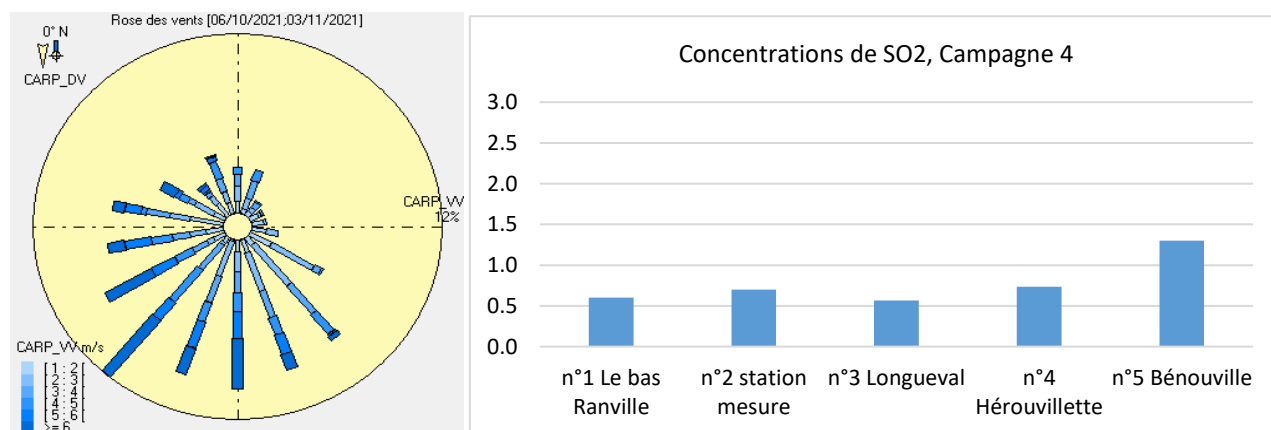


Figure 17 : à gauche : Rose des vents de la campagne 4, source Météo France, réalisation Atmo Normandie ; à droite : Concentrations de SO₂ mesurées lors de la campagne 4, Atmo Normandie, 2022.

Bilan de l'analyse par campagne de prélèvement SO₂

Les prélèvements de dioxyde de soufre réalisés au cours de l'année 2021 montrent que les concentrations de dioxyde de soufre aux alentours de la cimenterie sont faibles. En raison des faibles niveaux de concentrations mesurés, l'interprétation quant à l'influence de la cimenterie sur les concentrations de dioxyde de soufre mesurés sur les sites de prélèvement au cours des quatre mois de l'année demeure difficile.

Les concentrations mesurées correspondent à des niveaux mesurés ailleurs en Normandie en situation de fond, éloignés des principales sources d'émissions de dioxyde de soufre.

5.2. Comparaison des résultats obtenus par la mesure et par la modélisation

Les résultats des mesures et de la modélisation sont cohérents et mettent en évidence des concentrations très légèrement plus élevées sur la partie nord-est du territoire d'étude (sud du bourg de Ranville), partie se situant plus souvent sous les vents de la cimenterie Calcia. L'impact de l'activité de la cimenterie sur les concentrations de SO_2 reste néanmoins extrêmement limité au regard des valeurs réglementaires en vigueur et de la valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé. En comparaison avec la station de mesures de la Maison du Parc Brotonne (station rurale, située à Notre dame de Bliquetit), les concentrations estimées par la modélisation sont du même ordre de grandeur puisque la moyenne annuelle mesurée à cette station en de 2021 est de $1.8 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Par ailleurs, les concentrations estimées par la modélisation sont équivalentes aux concentration mesurées par les tubes de prélèvements tant sur les niveaux mesurés que leur localisation sur le territoire d'étude. Au cours des précédentes campagnes, l'outil de modélisation indiquait également des résultats proches de ce qui était mesuré par les tubes de prélèvements et la station de mesures (en 2018). Cet outil de modélisation pourrait suffire, ce qui permettrait d'alléger le dispositif de surveillance sans écarter la possibilité de réaliser à nouveau une campagne de prélèvements si les résultats de la modélisation indiquaient une augmentation des concentrations ou si les émissions de la cimenterie venaient à augmenter de manière significative.

6. Conclusion et recommandations

Qu'il s'agisse des résultats issus des mesures ou de la modélisation, ceux-ci mettent toutes deux en évidence des concentrations de dioxyde de soufre très faibles sur le plateau nord de Caen et autour de la cimenterie Calcia en 2021. En effet, les concentrations moyennes mesurées et modélisées en zone habitée ne dépassent pas $3 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle. Les seuils réglementaires relatifs au dioxyde de soufre dans l'air ambiant sont donc largement respectés sur ce territoire comme en 2018.

Les niveaux observés sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés au niveau de la station rurale des Boucles de la Seine Normande (Parc Naturel Régional, Notre Dame de Bliquetuit, 76).

Au vu des concentrations mesurées et modélisées, le dispositif de surveillance actuel est adapté aux niveaux de concentrations présents sur ce territoire.

Par la suite, dans le cas où la cimenterie n'augmente pas de manière significative ses émissions de dioxyde de soufre, un dispositif encore plus allégé pourrait être envisagé à savoir ne recourir qu'à la modélisation pour évaluer les concentrations de SO_2 .

7. Bibliographie

[1] Evaluation des concentrations de dioxyde de soufre sur le plateau nord de Caen, Année 2018, Atmo Normandie, Rapport 1140-004.

[2] Préfecture du Calvados, « Arrêté autorisant la société Ciments Calcia à poursuivre l'exploitation d'une installation Classée pour la Protection de l'Environnement sur la Commune de Ranville », Arrêté préfectoral du 3 octobre 2017.

8. Annexe

Tableau n°1 : Concentrations mesurées par site et par tube de prélèvement.

Valeurs surlignées en jaune : <LQ=LQ/2 la LQ est 0.2

site	date de début	date de fin	concentration SO2 µg/m3	concentration SO2 µg/m3	concentration SO2 µg/m3	moyenne concentration SO2 µg/m3
n°1 Le bas Ranville	13/01/21	03/02/21	<0.7	2.20	1.90	1.48
n°2 station mesure	13/01/21	03/02/21	1.00	2.70	<0.7	1.35
n°3 Longueval	13/01/21	03/02/21	0.70	1.60	<0.7	0.88
n°4 Hérouvillette	13/01/21	03/02/21	2.90	<0.7	2.00	1.75
n°5 Bénouville	13/01/21	03/02/21	2.50	2.60	2.70	2.60
n°1 Le bas Ranville	03/03/21	31/03/21	0.70	1.20	0.80	0.90
n°2 station mesure	03/03/21	31/03/21	1.90	<0.5	<0.5	0.80
n°3 Longueval	03/03/21	31/03/21	1.20	1.50	1.70	1.47
n°4 Hérouvillette	03/03/21	31/03/21	1.00	1.10	1.80	1.30
n°5 Bénouville	03/03/21	31/03/21	1.70	1.30	1.40	1.47
n°1 Le bas Ranville	23/06/21	21/07/21	0.80	1.60	1.50	1.30
n°2 station mesure	23/06/21	21/07/21	0.25	1.30	0.25	0.60
n°3 Longueval	23/06/21	21/07/21	1.30	0.25	1.90	1.15
n°4 Hérouvillette	23/06/21	21/07/21	0.25	1.30	1.40	0.98
n°5 Bénouville	23/06/21	21/07/21	0.25	1.30	1.00	0.85
n°1 Le bas Ranville	06/10/21	03/11/21	0.25	1.30	0.25	0.60
n°2 station mesure	06/10/21	03/11/21	0.25	1.60	0.25	0.70
n°3 Longueval	06/10/21	03/11/21	0.25	1.20	0.25	0.57
n°4 Hérouvillette	06/10/21	03/11/21	1.70	0.25	0.25	0.73
n°5 Bénouville	06/10/21	03/11/21	0.60	1.30	2.00	1.30

Tableau n°2 : Concentrations mesurées dans les blancs terrain

Blancs Campagne SO2 Ranville 2021			
site	date de début	date de fin	concentration SO2 (µg/m3) tubes
n°1 Le bas Ranville	13/01/21	03/02/21	1.8
n°2 station mesure	13/01/21	03/02/21	1.3
n°3 Longueval	13/01/21	03/02/21	1.8
n°4 Hérouvillette	13/01/21	03/02/21	< 0.7
n°5 Bénouville	13/01/21	03/02/21	1.7
n°1 Le bas Ranville	03/03/21	31/03/21	0.8
n°2 station mesure	03/03/21	31/03/21	< 0.5
n°3 Longueval	03/03/21	31/03/21	0.7
n°4 Hérouvillette	03/03/21	31/03/21	0.9
n°5 Bénouville	03/03/21	31/03/21	< 0.5
n°1 Le bas Ranville	23/06/21	21/07/21	< 0.5
n°2 station mesure	23/06/21	21/07/21	0.5
n°3 Longueval	23/06/21	21/07/21	0.9
n°4 Hérouvillette	23/06/21	21/07/21	1.3
n°5 Bénouville	23/06/21	21/07/21	0.9
n°1 Le bas Ranville	06/10/21	03/11/21	0.9
n°2 station mesure	06/10/21	03/11/21	0.9
n°3 Longueval	06/10/21	03/11/21	<0.5
n°4 Hérouvillette	06/10/21	03/11/21	<0.5
n°5 Bénouville	06/10/21	03/11/21	<0.5

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmonormandie.fr

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr

