

# Estimation objective

Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Année 2024



Atmo Bourgogne-Franche-Comté est l'association agréée par le Ministère en charge de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Bourgogne-Franche-Comté. Elle a pour principales missions :

- Décliner et mettre en œuvre la stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'État français. Cela consiste en grande partie à produire des données (mesures, données d'émissions et de modélisation) qui répondent aux attentes qualitatives et quantitatives de l'Union Européenne ;
- Prévoir les pics de pollution et diffuser l'information et les recommandations sanitaires ;
- Sensibiliser la population et les décideurs aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air ;
- Réaliser des études prospectives dans le domaine de l'air (nouveaux polluants, nouvelles sources, nouvelles expositions...) ;
- Réaliser des diagnostics et des prospectives pour aider à la décision à court, moyen et long terme ;
- Accompagner les acteurs locaux pour atteindre le respect des normes en vigueur.

## Conditions d'utilisation du rapport

La diffusion ou la réutilisation des données est libre dans les conditions suivantes :

- Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Toute utilisation partielle ou totale doit faire référence à Atmo Bourgogne-Franche-Comté et au présent rapport ;
- Le rapport ne sera pas forcément rediffusé en cas de modification ultérieure. En cas de remarques ou questions, prenez contact avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté ;
- Sur demande, Atmo Bourgogne-Franche-Comté met à disposition les caractéristiques techniques des mesures et les méthodes d'exploitation des données.

Rédaction du rapport : Chloé VISCHI et Marie RISTORI

Validation du document : Hélène TISSOT et Mathieu BOILLEAUT

Crédit visuels : © Antoine Bardelli – Atmo BFC

# Sommaire

<b>Résumé .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>5</b>
1.1. Présentation de l'estimation objective .....	5
1.2. Le dioxyde de soufre .....	5
1.3. Les zones administratives de surveillance (ZAS) .....	6
<b>2. Matériels et Méthodes .....</b>	<b>7</b>
2.1. Méthode d'estimation objective.....	7
2.2. Surveillance du dioxyde de soufre .....	7
2.3. Evaluation de l'incertitude d'estimation objective du dioxyde de soufre .....	10
<b>3. Résultats de la modélisation .....</b>	<b>12</b>
3.1. Cartes régionales BFC .....	12
3.2. Bilan .....	13
<b>4. Historique des mesures .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Données issues des inventaires d'émissions.....</b>	<b>15</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>16</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>17</b>

## Résumé

L'estimation objective est une méthode allégée qui peut être utilisée lorsque les concentrations des mesures de polluants sont inférieures au Seuil d'Evaluation Inférieur (SEI). Dans ce cas, la mesure continue n'est pas obligatoire.

A ce jour, il n'existe pas de méthode précise pour l'estimation objective mais cette dernière repose sur diverses pratiques telles que l'exploitation statistique, la connaissance des émissions et d'autres mesures faites sur le territoire.

Ce rapport montre l'estimation objective pour le dioxyde de soufre en région Bourgogne-Franche-Comté.

# >> 1. Introduction

## 1.1. Présentation de l'estimation objective

L'estimation objective est définie comme : « la mise en œuvre de toute méthode formalisée permettant d'estimer l'ordre de grandeur des concentrations en polluants en un point donné ou sur une aire géographique sans nécessairement recourir à des outils mathématiques complexes ou aux équations de la physique » selon l'arrêté français du 21 octobre 2010 (Article 2). Cependant, il n'existe pas de définition réglementaire unique. Selon les AASQA, l'estimation objective est donc interprétée et mise en œuvre de manière diverse.

Etant donné une ZAS et un polluant classé sous le SEI, l'estimation objective a pour fin d'approcher les concentrations de ce polluant sur cette ZAS de manière :

- à garantir une surveillance minimale sur le long terme ;
- à vérifier que la classification en cours reste pertinente.

Pour réaliser ce rapport, on va s'appuyer sur le guide LCSQA<sup>1</sup> sur les méthodes d'estimation objective de la qualité de l'air.

## 1.2. Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore se caractérisant par une forte odeur désagréable.

Il est constitué d'un atome de soufre et de deux atomes d'oxygènes (SO<sub>2</sub>). Il est émis principalement par l'Homme lors de la combustion de combustibles fossiles soufrés (charbon, fioul, gazole...) c'est-à-dire principalement les industries manufacturières. On le retrouve aussi naturellement (volcans, océans ou encore les végétaux).

Ce gaz est irritant pour l'appareil respiratoire et les muqueuses. Il peut obstruer les bronches et provoquer une intoxication au dioxyde de soufre, en trop grande quantité, être mortelle.



Figure 1 : Molécule de dioxyde de soufre  
(Atmo BFC)

Dans l'atmosphère, il se transforme en acide sulfurique par le biais des pluies acides. Il contribue donc à l'acidification des lacs, au dépérissement forestier et à la dégradation du patrimoine (monuments, matériaux...)

Sa valeur limite pour la santé humaine est de **125 µg/m<sup>3</sup>/jour** (pas plus de 3 fois par jour) ou **350 µg/m<sup>3</sup>/h** (pas plus de 24 fois par an), son seuil d'évaluation inférieur (SEI) est de **50 µg/m<sup>3</sup>/jour** (pas plus de 3 fois par an) et son seuil d'évaluation supérieur (SES) est de **75 µg/m<sup>3</sup>/jour** (pas plus de 3 fois par an). Sa valeur limite pour la végétation est de **20 µg/m<sup>3</sup>** en moyenne hivernale (du 01/10 au 31/03), son SEI est de **8 µg/m<sup>3</sup>/an**.

<sup>1</sup> Guide LCSQA : Méthodes d'estimation objective de la qualité de l'air, octobre 2015

## 1.3. Les zones administratives de surveillance (ZAS)

Les méthodes d'évaluations de la qualité de l'air sont définies par zone administrative de surveillance (ZAS) et par polluant, comme décrit dans les Directives européennes 2008/50/CE (Art. 6 et 9) et 2004/107/CE (Art. 4).

En région Bourgogne-Franche-Comté, il existe 5 ZAS :

- 4 Zones à risques - hors agglomération :
  - ZAR BELFORT-MONTBELIARD (FR27ZAR01)
  - ZAR DIJON (FR27ZAR02)
  - ZAR BESANCON (FR27ZAR03)
  - ZAR CHALON (FR27ZAR04)
- Une Zone Régionale (ZR) Bourgogne-Franche-Comté (FR27ZRE01)

Tableau 1: Description des différentes zones

Zone	Population (hab.)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Nombre de communes
<i>Région totale</i>	<i>2 807 807</i>	<i>47 981</i>	<i>3 702</i>
ZAR BELFORT-MONTBELIARD (FR27ZAR01)	304 942	1 236	197
ZAR DIJON (FR27ZAR02)	245 895	170	15
ZAR BESANCON (FR27ZAR03)	180 686	433	53
ZAR CHALON (FR27ZAR04)	74 622	94	10
ZR BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE (FR27ZRE01)	2 001 662	46 048	3 427

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Méthode d'estimation objective

#### **Modélisation de la dispersion**

Cette catégorie regroupe les méthodes de simulation qui, du fait d'une représentation simplifiée des phénomènes ou d'insuffisances dans les données d'entrée, ne satisfont pas aux exigences de qualité de la modélisation. Il peut s'agir par exemple :

- de modèles déterministes (à l'échelle nationale, régionale, urbaine, locale) ne répondant pas aux objectifs de qualité de la modélisation pour le polluant considéré ;
- de modèles paramétriques simplifiés reposant sur des bases de données d'observation ou de simulation.

Selon le type de modèle, les concentrations moyennes annuelles (éventuellement saisonnières) seront estimées sur un ensemble de points caractéristiques du domaine (au minimum les points supposés de plus forte concentration) ou cartographiées sur un maillage.

Si un ou plusieurs points de mesure fixe sont présents dans le domaine d'étude, les moyennes annuelles seront estimées en ces points et comparées aux valeurs mesurées. Dans le cas contraire, cette comparaison sera faite à partir de modélisations réalisées sur d'autres périodes ou d'autres zones, en justifiant que les résultats sont transposables dans la ZAS et la période concernées.

### 2.2. Surveillance du dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est surveillé via la plateforme de modélisation régionale PREVEST.

La chaîne de modélisation est constituée des modèles « WRF » pour la simulation de la météorologie et « CHIMERE » pour la simulation de la qualité de l'air. Le schéma ci-dessous décrit l'enchaînement des différentes modélisations

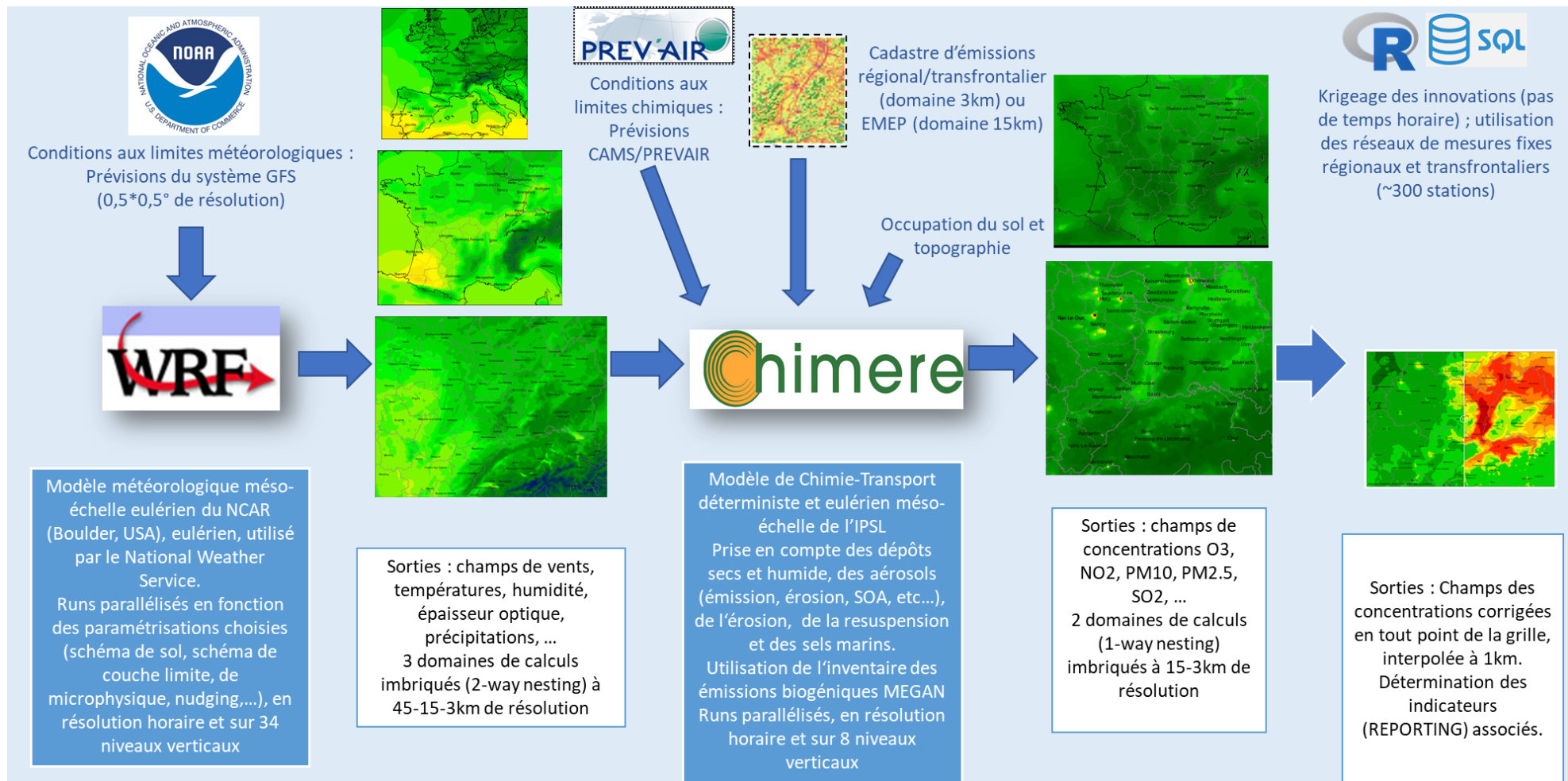


Figure 2 : Schéma de fonctionnement de la plateforme Prev'Est



Pour le modèle météorologique et le modèle chimique, les calculs s'effectuent d'abord à l'échelle européenne (maille de calcul de 45 km), puis à l'échelle de la France (maille de calcul de 15 km), et au final à l'échelle transfrontalière et interrégionale (maille de calcul de 3 km). Depuis la fin de l'année 2020, Prevest 15km est alimenté par les sorties Chimere de Prevair Europe.

La plateforme est alimentée à l'entrée par des conditions météorologiques (répartitions horizontale et verticale de la température, de la vitesse et de l'orientation du vent, du rayonnement solaire, des précipitations...), des émissions anthropiques et biotiques estimées, des données topographiques et d'occupation des sols, et par des conditions météorologiques aux limites.

Les sorties de chimie brutes sont ensuite traitées par une adaptation statistique (AS) au niveau des stations de mesures. L'adaptation statistique est réalisée par un modèle de prévision d'ensemble (PE). Il s'agit d'une régression linéaire pénalisée Lasso à coefficients positifs, de plusieurs modèles (modèles Prev'Est et modèles européens). Les résultats de l'AS, ponctuels, sont ensuite restitués cartographiquement par un krigeage des innovations.

Dans le cadre des modélisations de SO<sub>2</sub>, les mesures des 3 stations du réseau Atmo BFC ne sont pas utilisées dans l'adaptation statistique, car de typologie industrielle.

La chaîne d'analyse est utilisée pour alimenter le reporting européen et éditer les cartes bilan annuelles de qualité de l'air sur la région. Ces cartes sont obtenues en agrégeant les résultats du J-1 de la chaîne de prévision. Leur mise en œuvre est réalisée par Atmo Grand-Est. Nous réalisons ensuite l'exploitation de ces résultats sous forme de cartes BFC.

## 2.3. Evaluation de l'incertitude d'estimation objective du dioxyde de soufre

D'après les objectifs de qualité de la Directive 2008/50/CE, l'incertitude de l'estimation objective est définie comme l'écart maximal entre les niveaux de concentration mesurés et calculés, sur la période considérée pour la valeur limite ou la valeur cible, sans tenir compte de la chronologie des événements. Elle ne doit pas excéder 75% pour le dioxyde de soufre.

Atmo BFC possède 3 stations industrielles de mesures du SO<sub>2</sub>. Ces mesures sont utilisées ici pour estimer l'incertitude de modélisation du SO<sub>2</sub> et permettre ainsi d'apprécier l'incertitude de l'estimation objective basée sur la modélisation régionale PREVEST.

Année	Station		Moyenne hivernale SO <sub>2</sub>	Nombre de jours où la moyenne journalière SO <sub>2</sub> ≥ 125.5 µg/m <sup>3</sup>	Nombre de jours où la moyenne journalière SO <sub>2</sub> ≥ 40.5 µg/m <sup>3</sup>	Nombre d'heures où la moyenne horaire SO <sub>2</sub> ≥ 350.5 µg/m <sup>3</sup>
			[µg/m <sup>3</sup> ]	[jours]	[jours]	[heures]
2023	Châtenois	Mesure	0,51	0	0	0
		PREVEST	0,33	0	0	0
	Damparis	Mesure	0,90	0	0	0
		PREVEST	1,11	0	0	0
	Tavaux	Mesure	0,42	0	0	0
		PREVEST	1,27	0	0	0
2024	Châtenois	Mesure	0,29	0	0	0
		PREVEST	0,30	0	0	0
	Damparis	Mesure	1,11	0	0	0
		PREVEST	1,15	0	0	0
	Tavaux	Mesure	0,36	0	0	0
		PREVEST	1,40	0	0	0

(Moyenne hivernale : du 01/01 au 31/03 & du 01/10 au 31/12 de l'année)

Année	Station	Moyenne hivernale SO <sub>2</sub>		Ecart [µg/m <sup>3</sup> ]
			[µg/m <sup>3</sup> ]	
2023	Châtenois	Mesure	0,51	<b>-0,18</b>
		PREVEST	0,33	
	Damparis	Mesure	0,90	<b>0,21</b>
		PREVEST	1,11	
	Tavaux	Mesure	0,42	<b>0,85</b>
		PREVEST	1,27	
2024	Châtenois	Mesure	0,29	<b>0,02</b>
		PREVEST	0,30	
	Damparis	Mesure	1,11	<b>0,05</b>
		PREVEST	1,15	
	Tavaux	Mesure	0,36	<b>1,04</b>
		PREVEST	1,40	

Tableau 2: Estimation des écarts

Les valeurs mesurées étant très faibles, il n'est pas pertinent de calculer des écarts relatifs entre la mesure et le modèle. Si l'on considère une incertitude de 15% sur la valeur limite pour la végétation fixée à 20 µg/m<sup>3</sup>, on peut considérer une tolérance de + ou – 3 µg/m<sup>3</sup>. L'ensemble des écarts calculés sont inférieurs à cette tolérance.

## >> 3. Résultats de la modélisation

### 3.1. Cartes régionales BFC

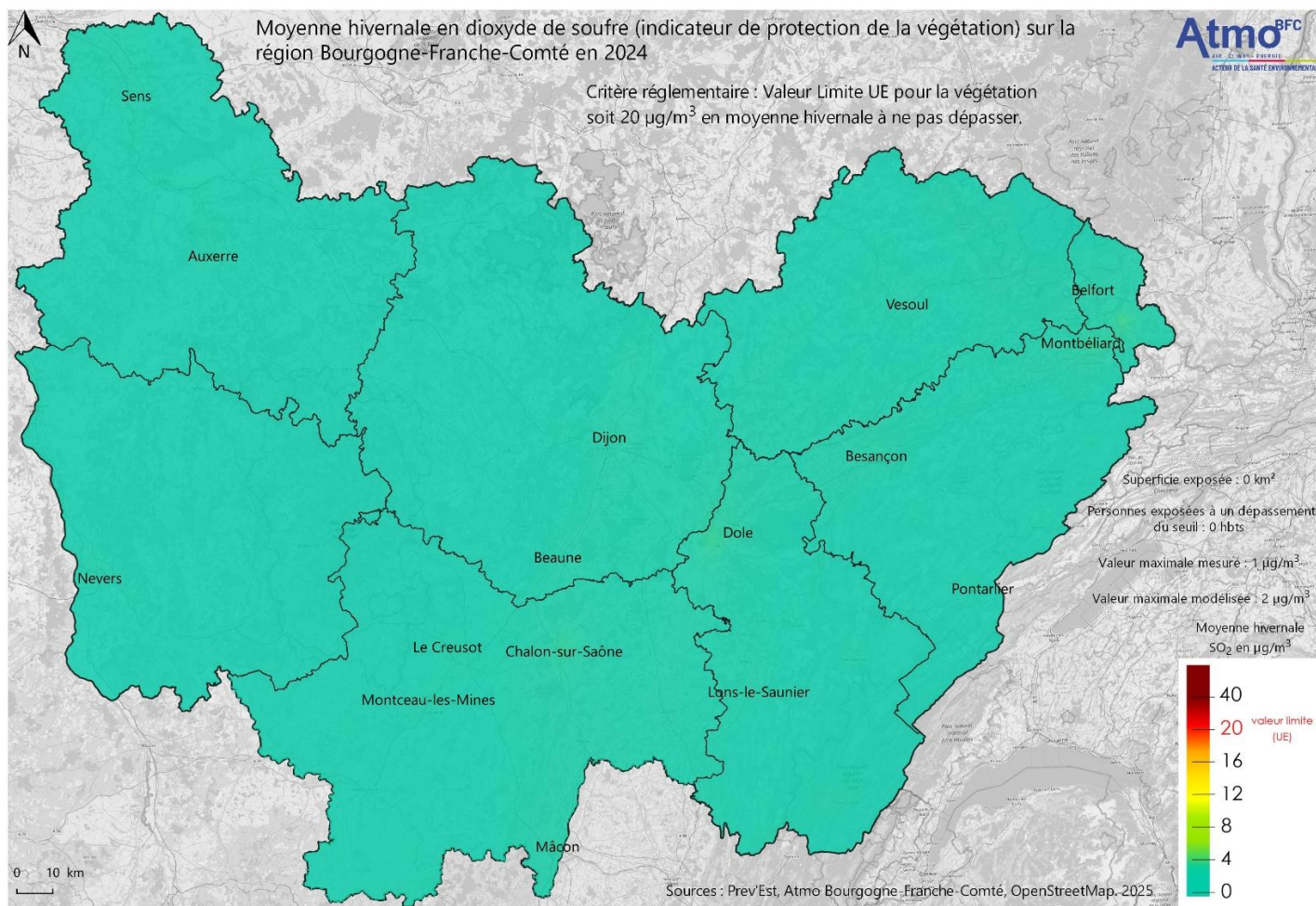


Figure 3 : Carte de la moyenne hivernale en dioxyde de soufre sur la région BFC en 2024

## 3.2. Bilan

Tableau 3: Positionnement de la zone en 2023-2024

Année	Zone	Moyenne hivernale SO2 maximale modélisée sur la zone [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Nombre de jours maximal modélisé sur la zone où la moyenne journalière SO2 $\geq 125.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [jours]	Nombre d'heures maximal modélisé sur la zone où la moyenne horaire SO2 $\geq 350.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [heures]	Positionnement par rapport aux SEI
2023	ZAR AUBM	2,52	0	0	<SEI
	ZAR Besançon	0,52	0	0	<SEI
	ZAR Chalon	1,01	0	0	<SEI
	ZAR Dijon	0,58	0	0	<SEI
	ZR BFC	1,49	0	0	<SEI
2024	ZAR AUBM	1,92	0	0	<SEI
	ZAR Besançon	0,48	0	0	<SEI
	ZAR Chalon	1,07	0	0	<SEI
	ZAR Dijon	0,51	0	0	<SEI
	ZR BFC	1,61	0	0	<SEI

Rappel des seuils d'évaluation inférieure :

- $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jour}$  (pas plus de 3 fois par an)
- $8 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$

**L'ensemble des valeurs estimée par modélisation en SO<sub>2</sub> sont inférieures aux SEI sur l'ensemble des ZAS de la région Bourgogne-Franche-Comté.**

## 4. Historique des mesures

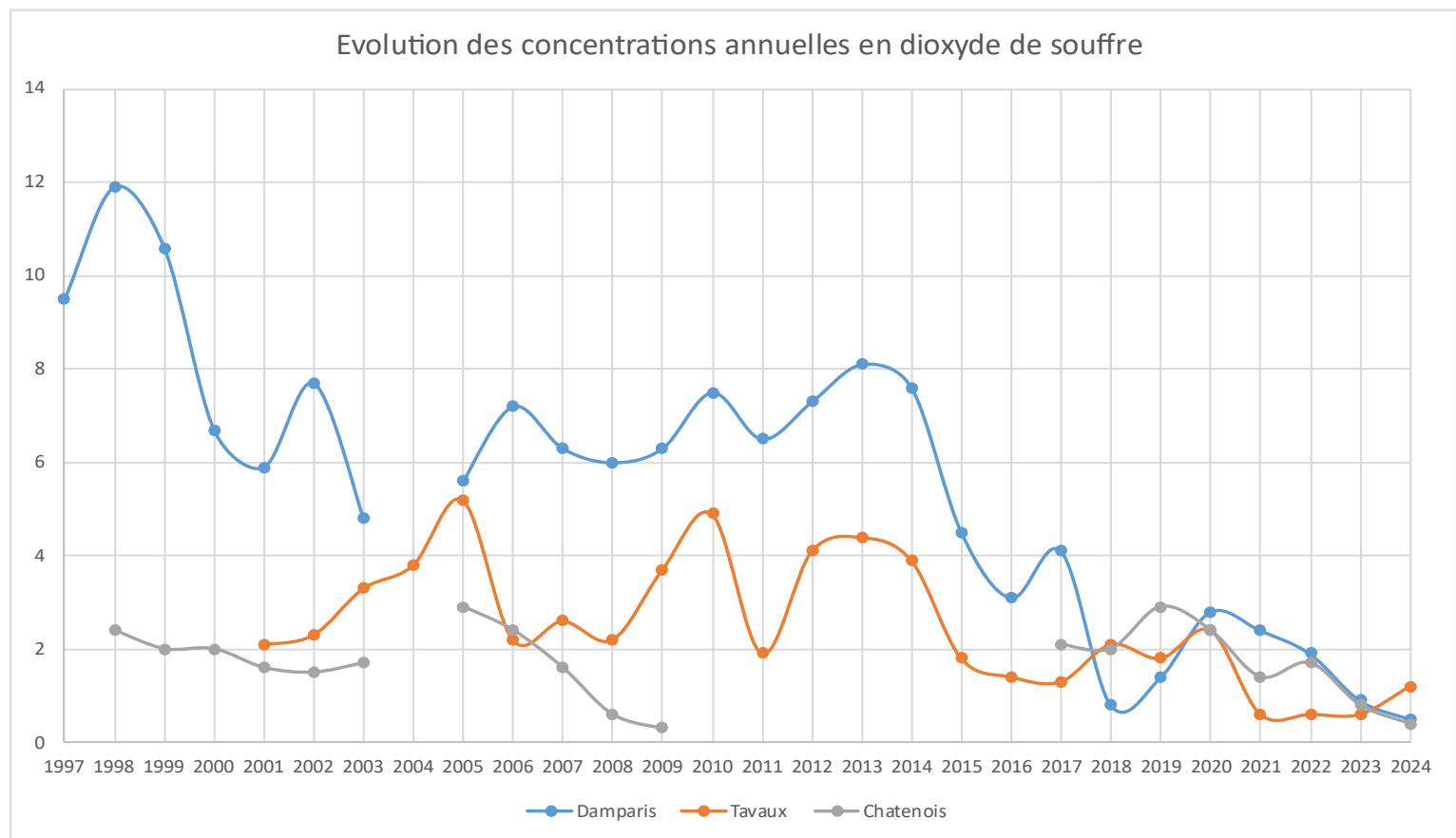


Figure 4 : Evolution des concentrations annuelles en dioxyde de soufre

Historiquement, le dioxyde de soufre est mesuré en continu dans la région doloise par 3 stations : Châtenois, Damparis et Tavaux. Les mesures sont en constante diminution depuis le début des années 2000.

## 5. Données issues des inventaires d'émissions

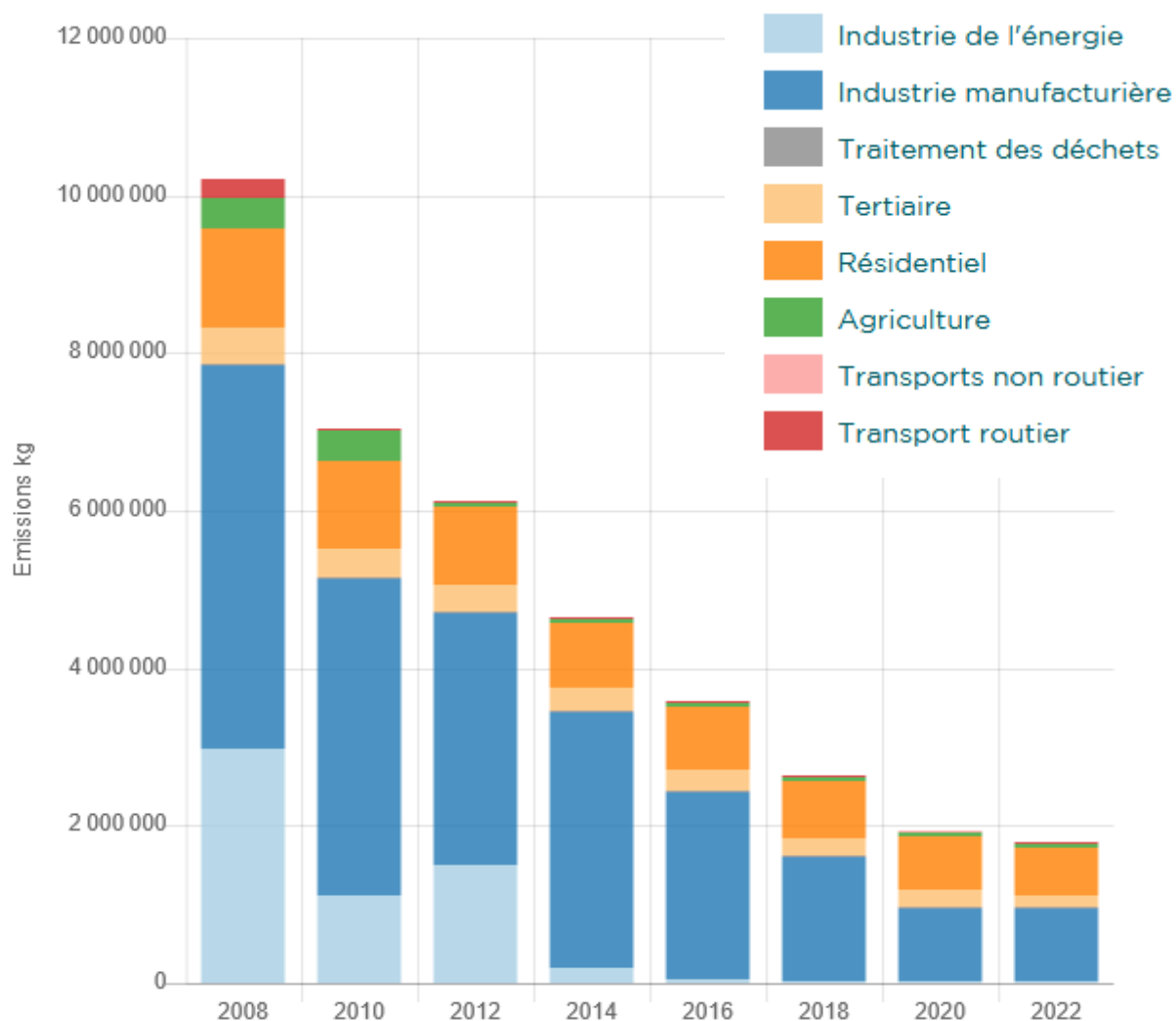


Figure 5 : Graphique des émissions de dioxyde de soufre de 2008 à 2022 de BFC (source : OPTEER)

## Conclusion

La surveillance du dioxyde de soufre réalisée grâce à une estimation objective par modélisation montre que les niveaux de dioxyde de soufre estimés sont très largement inférieurs aux valeurs limites pour la santé humaine et la végétation ainsi qu'aux seuils d'évaluation inférieurs.

Cette tendance est confirmée par l'analyse des évolutions des mesures réalisées sur 3 stations industrielles de la région, ainsi que des émissions depuis 2008.



## Annexes

### Annexe 1 : Cartes de la répartition des différentes zones de la région Bourgogne-Franche-Comté,

La ZAR AUBM est composée de 197 communes :



La ZAR Besançon est composée de 53 communes :



La ZAR Chalon est composée de 10 communes :



La ZAR Dijon est composée de 15 communes :







RETROUVEZ TOUTES  
NOS **PUBLICATIONS** SUR :  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)



Atmo Bourgogne-Franche-Comté  
37 rue Battant, 25000 Besançon  
Tél. : 03 81 25 06 60  
[contact@atmo-bfc.org](mailto:contact@atmo-bfc.org)  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)