

Dossier de demande de dérogation à la Valeur Limite d'Emission des rejets de SO₂

Cimenterie EQIOM de Rochefort sur Nenon (39)



Ce dossier concerne uniquement la partie usine actuellement régie par l'arrêté préfectoral AP-2014-32-DREAL du 11/08/2014.

Sommaire

1. Le site	3
1.1. Localisation.....	3
1.2. Historique	3
1.3. Plan du site.....	4
2. Description de l'activité	6
2.1. L'extraction et préparation de la matière	6
2.2. Le broyage du cru.....	6
2.3. La cuisson	7
2.4. Le broyage du clinker	7
2.5. Le conditionnement et le transport du ciment.....	7
2.6. La pyrolyse	8
3. Situation administrative	8
4. Air	11
4.1. Climat	11
4.2. Qualité de l'air.....	13
4.3. Moyens existants de prévention et de réduction des pollutions sur l'environnement sur le four	13
4.4. Analyse des résultats des émissions du four	14
4.5. Mesures envisagées pour supprimer, limiter et si possible compenser les inconvénients de l'installation.....	15
5. Autres Impacts.....	15
6. Comparaison des performances du site aux MTD	16
6.1. Système de Management Environnemental.....	17
6.2. Techniques Primaires générales	19
6.3. Surveillance	20
6.4. Contrôle de la qualité des déchets	23
6.5. Emissions de SOx	24
7. Demande de dérogation à la VLE des rejets de SO2.....	27
7.1. Le cycle du soufre dans le process	28
7.2. Arbre des causes probables.....	31
7.3. Analyse des causes.....	32
7.3.1. Matières entrantes contenant du soufre : le cru.....	32
7.3.2. Matières entrantes contenant du soufre : les combustibles	35
7.3.3. Efficacité limitée par la chaux spongiacale	35
7.4. Evaluation Technico-économique d'un laveur humide.....	37
7.5. Disproportion des coûts de mise en place des MTD	38
7.6. Conclusion.....	38
8. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires.....	39

1. Le site

1.1. Localisation

L'entreprise EQIOM est implantée sur la commune de Rochefort sur Nenon (département du Jura), à environ 6 km de Dole.

L'usine est située en zone industrielle à environ 1,5 km au Nord-Ouest du centre de Rochefort sur Nenon.

Le site est entouré :

- de zones agricoles ou boisées,
- d'une zone d'activités (sud est).

L'entreprise se décompose en deux parties :

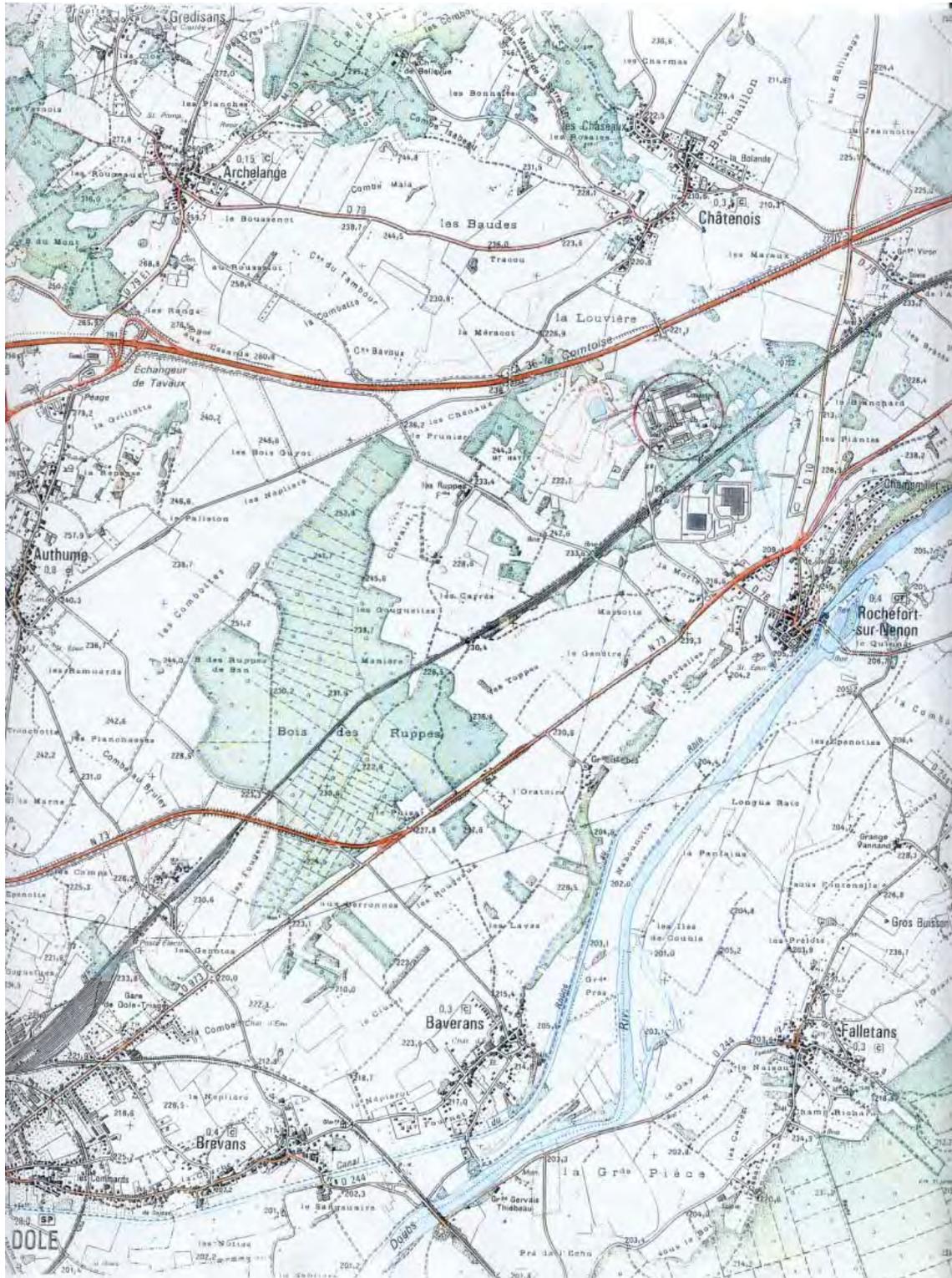
- l'usine : 36 ha de superficie,
- la carrière : 160 ha de superficie (à l'ouest de l'usine).

1.2. Historique du site

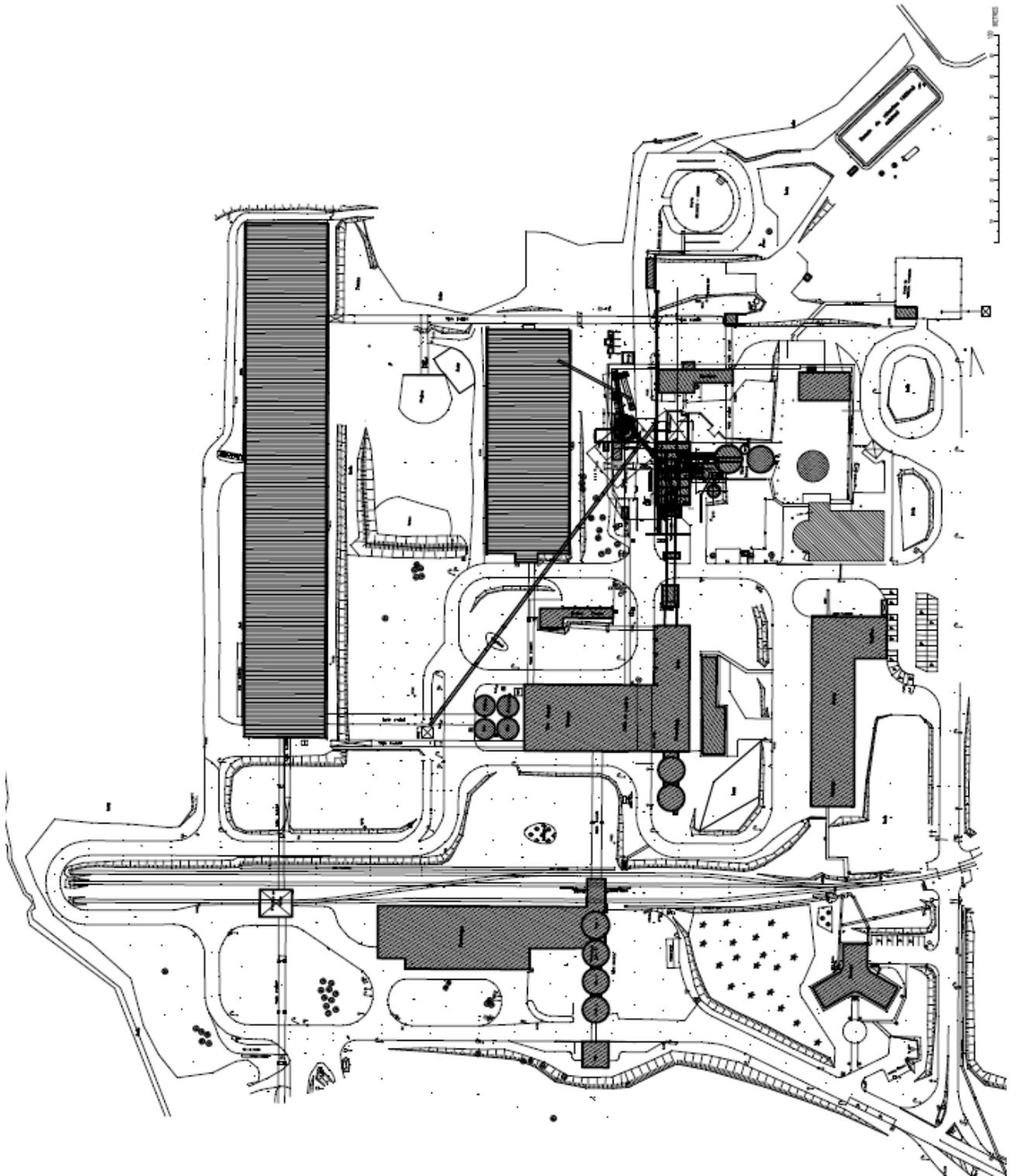
- **Avant 1970** : Zones agricoles.
- **1970** : Mise en chantier de l'usine par la Société Ciments de Champagnole.
- **1972** : Mise en service de la cimenterie (voie semi sèche) avec une capacité de production de 1300 t/jour de clinker.
- **1989** : Fusion de la société « Ciment de Champagnole » avec les « Ciments d'Origny », filiale du groupe suisse Holderbank.
- **1994** : Valorisation énergétique de déchets industriels (solvants).
- **2000** : Installation d'un four à pyrolyse pour le traitement et la valorisation des boues d'usinage chargées d'huiles de coupe.
- **2001** : Certification ISO 9001 (version 2000).
- **2003** : Certification ISO 14001.
- **2005** : Reconduction ISO 9001. Reconduction de la certification ISO 14001 suite à la montée de version de cette norme.
- **2008** : Gestion des eaux de surface du site.
- **2010** : Début du recyclage de l'eau du bassin de confinement dans le process.
- **2011** : Remplacement de l'ensacheuse rotative.
- **2013** : Mise en place d'une installation fluff et reprise de l'utilisation de la voie ferrée pour l'expédition de ciment.
- **2016** : Mise en place d'une installation SNCR (injection d'un réducteur non catalytique en grille Lepol) pour réduction des émissions en NOx à la cheminée du four à clinker.

1.3. Plan du site

Extrait de la carte IGN



Plan de masse du site



2. Description de l'activité

L'usine produit de jour comme de nuit, alors que la carrière n'est exploitée qu'en journée (horaires de travail de 6h30 à 15h45 du lundi au jeudi).

L'usine de Rochefort sur Nenon produit en moyenne sur les dernières années entre 350 000 t et 400 000 t de ciment par an, en baisse par rapport à la période antérieure à 2009.

2.1. L'extraction et préparation de la matière

Pour fabriquer du ciment, l'usine de Rochefort sur Nenon extrait les matières premières de la carrière à ciel ouvert.

Ces matières premières sont :

- Le calcaire : pierre dont la teneur en carbonate de calcium CaCO_3 est supérieure à 90%. Il entre dans la correction des mélanges crus pour ciment et est également utilisé comme constituant secondaire dans la fabrication des ciments composés.
- Le calcaire marneux : appelé pierre à ciment. La teneur en CaCO_3 est comprise entre 70 et 85%. Il entre dans la composition des mélanges crus pour ciment.
- L'argile : composé naturel de silice, d'alumine, de fer et d'autres minéraux.

Le calcaire et la marne, obtenus par abattage à l'explosif, sont chargés et transportés jusqu'à un concasseur, situé sur le lieu même de l'extraction, qui les réduit en morceaux (60 mm maximum).

L'argile, exploitée par pelles mécanique, passe dans un émotteur.

Une fois concassées et émottées, les matières premières sont dirigées vers l'usine par bande transporteuse, déversées et mises en couches successives et régulières dans le hall de pré-homogénéisation afin d'assurer un premier mélange.

Des ajouts, nécessaires à la correction des matériaux de carrière, sont également incorporés. Ils sont généralement utilisés au titre de valorisation matière, en remplacement de matières premières de carrière (oxydes de fer, hydroxydes d'aluminium, ..., soit donc des éléments porteurs de fer, d'alumine de silice et de chaux).

2.2. Le broyage du cru

Le calcaire, la marne, l'argile, les produits valorisation matière ainsi préparés et pré-homogénéisés sont de nouveau concassés, séchés puis broyés jusqu'à l'obtention d'un mélange très fin que l'on appelle le cru (poudre de 200 μm maximum environ).

La composition chimique recherchée est ajustée au niveau du broyeur à boulets par apport de calcaire de correction au fur et à mesure des besoins déterminés selon les analyses régulièrement pratiquées. Des oxydes de fers à très faible teneur en hydrocarbures sortant de l'atelier pyrolyse sont également introduits à ce niveau, pour pallier le déficit en carrière, ainsi que d'autres matières alternatives pulvérulents ne pouvant être introduits en carrière de par leur nature physique.

La « farine crue » obtenue, correspondant à la qualité requise, est stockée en silo avant cuisson. A ce niveau une dernière homogénéisation avant utilisation est à nouveau réalisée.

2.3. La cuisson

La « farine crue », avant son introduction dans le four, est transformée en granules, au niveau des assiettes de granulation, par pulvérisation d'une quantité suffisante d'eau.

La grille Lepol, située en amont du four, va emmener les granules ainsi préparées vers le four, tout en élevant leur température. Ainsi tout au long de la cuisson, un ensemble de réactions physico-chimiques va conduire à l'obtention du clinker par la combinaison à une température de 1450°C, de la chaux avec la silice, l'alumine et les oxydes de fer.

Le four rotatif, légèrement incliné, permet la circulation des matières premières. Les gaz chauds émis à contre-courant permettent les échanges thermiques.

Le produit ainsi obtenu, se présentant sous forme de granulés ayant l'aspect de scories dont la dimension varie de la taille d'un petit pois à celle d'une noix, est refroidi brutalement dès sa sortie du four dans un refroidisseur à grille avant d'être stocké dans un hall.

Le refroidissement brutal ou trempe permet de fixer dans le temps la qualité du clinker.

Les combustibles utilisés pour alimenter le four sont :

- **du charbon,**
- **du gaz naturel (uniquement en réchauffage de four),**
- **des combustibles de substitution liquides** : solvants, huiles usagées ... Tous ces produits sont des déchets issus de l'industrie et sont stockés dans des cuves avec rétention,
- **des combustibles de substitution solides** : Combustibles Solides de Récupération (CSR) stockés en silo,
- **des farines animales** (stockées en silo),
- **autres déchets solides pulvérulents (boues de step séchées, semences ...)**
- **des eaux souillées** : ces eaux pouvant avoir un très faible pouvoir calorifique sont détruites par injection dans le four et permettent de réduire les émissions de NOx.

2.4. Le broyage du clinker

Ensuite, le clinker est finement broyé en présence de sulfate de calcium (gypse et/ou anhydrite naturelle ou artificielle) pour régulariser la prise, et éventuellement avec certains constituants secondaires (calcaire...) et un filler (les poussières de four par exemple, permettant ainsi leur recyclage complet).

La finesse de mouture du produit et le pourcentage de ces ajouts permettront de différencier les catégories de ciment définies par la classification de l'Association Française de Normalisation (A.F.NOR.). Les ciments sont certifiés CE.

Le sulfate de fer, ajouté dans les ciments depuis 2005, répond à une norme européenne. Son utilisation vise à réduire le chrome 6 (chrome hexavalent : valeur limite définie 2 ppm).

Les ciments ainsi fabriqués sont expédiés dans des silos de stockage de grande capacité.

2.5. Le conditionnement et le transport du ciment

La dernière étape consiste à conditionner ces ciments selon leur destination.

Le plus souvent, il est transporté en vrac dans des camions citernes après chargement direct sous les silos grâce à un système « self-service » par carte magnétique.

L'atelier d'ensachage comporte une ensacheuse rotative et un palettiseur automatique pour l'expédition en sac de 25 ou 35 kg.

Depuis 2013, le transport ferroviaire a été réactivé et le ciment est également transporté en vrac train.

2.6. La pyrolyse

L'unité de pyrolyse permet de valoriser des boues composées majoritairement de silice, d'alumine, de fer et de chaux. Cette unité permet à la fois de valoriser la fraction minérale (utilisation comme matière première correctrice) et la fraction organique (gaz) est dirigée vers le four clinker.

Les boues stockées en fosses couvertes sont reprises automatiquement à l'aide d'un grappin pour alimenter un malaxeur, après passage sur un crible primaire en vue d'éliminer les « gros morceaux ».

A l'alimentation du malaxeur, la proportion de déchets utilisés a été faite en vue d'obtenir une boue homogène.

Sorties du malaxeur, les boues sont introduites dans le four à pyrolyse par un transporteur à chaîne. Les boues brassées, par les bras rableurs du four, se déplacent par gravité de haut en bas en passant d'une sole à l'autre par des ouvertures présentes dans les soles.

Après un temps de passage d'environ une heure dans le four, les produits débarrassés des hydrocarbures sortent à une température maximale de 650°C. Ils sont récupérés dans une vis sans fin qui est rapidement refroidie grâce à un système adapté.

A la sortie de cette vis, le produit subit un criblage granulométrique (criblage secondaire) et sont transportées pneumatiquement vers le silo de stockage alimentant le broyeur à cru.

Les produits de pyrolyse stockés en silos, contiennent des oxydes de fer qui vont entrer dans la composition du cru pour la production de clinker.

3. Situation administrative

Les principales références réglementaires auxquelles la cimenterie a été soumise de 2006 à aujourd'hui sont:

- Arrêté Préfectoral n°309 du 3 février 2000
- Arrêté Ministériel du 20 septembre 2002 modifié
- Arrêté Préfectoral n° 605 du 17 avril 2007
- Arrêté Préfectoral complémentaire n°1515 du 24 novembre 2009
- Arrêté Préfectoral complémentaire n° AP-2010-14-DREAL du 8 juin 2010

Un nouvel arrêté Préfectoral a été émis par l'administration le 11/08/2014 : AP-2014-32-DREAL.

Le tableau ci-dessous liste les activités par rapport à la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Rubrique	Désignation des activités	Installation / Capacité maximale	Régime																								
3310-a)* (rubrique principale)	Production de ciment, de chaux et d'oxyde de magnésium : a) Production de clinker (ciment) dans des fours rotatifs avec une capacité de production supérieure à 500 t/j.	1 unité de fabrication de ciment par voie semi-sèche (= 1 four rotatif). Capacité de production de clinker = 1 360 t/jour, 450 000 t/an	A																								
2520	Fabrication de ciments, chaux, plâtres, la capacité de production supérieure à 5 t/j.	Capacité de production de ciment = 530 000 t/an et 3 600 t/j.	A																								
3520-a)	Élimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération ou de co-incinération des déchets : a) pour les déchets non dangereux avec une capacité supérieure à 3t/h.	Capacités maximales : - DND en valorisation matière : 6 t/h - DND en valorisation énergétique : 5 t/h	A																								
3520-b)	Élimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération ou de co-incinération des déchets : b) pour les déchets dangereux avec une capacité supérieure à 10 t/j.	Capacités maximales : - DD en valorisation matière : 96 t/j - DD en valorisation énergétique : 120 t/j	A																								
3550	Stockage temporaire de déchets dangereux ne relevant pas de la rubrique 3540, dans l'attente d'une des activités énumérées aux rubriques 3510, 3520, 3540 ou 3560 avec une capacité totale supérieure à 50 tonnes, à l'exclusion du stockage sur le site où les déchets sont produits, dans l'attente de la collecte.	Stockage total de DD : - eaux polluées = 300 tonnes - solvants : 500 tonnes - huiles : 250 tonnes - boues en attente de pyrolyse : 760 tonnes	A																								
2770-1-b	Installation de traitement thermique de déchets dangereux ou de déchets contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R.511-10 du Code de l'environnement. 1. Les déchets destinés à être traités contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnés à l'article R.511-10 du Code de l'environnement. b) La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant inférieure aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations.	- 1 installation de prétraitement par pyrolyse de déchets dangereux solides d'une capacité de 40 000 t/an. - 1 four rotatif d'une puissance thermique de 60 MW permettant la co-incinération de déchets dangereux et non dangereux à raison d'un débit de 4 t/h et 35 000 t/an de déchets à PCI moyen de 20 000 MJ/t. La quantité de substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R.511-10 du Code de l'environnement maximale stockée en réservoirs est inférieure ou égale à 195 tonnes.	A																								
2771	Installation de traitement thermique de déchets non dangereux.	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">DD</th> <th colspan="2">DND</th> </tr> <tr> <th>t/an maxi</th> <th>t/h maxi</th> <th>t/an maxi</th> <th>t/h maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valorisation énergétique</td> <td>40 000</td> <td>5</td> <td>25 000</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Valorisation matière</td> <td>30 000</td> <td>4</td> <td>40 000</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Valorisation process (eaux polluées)</td> <td>35 000</td> <td>2,5</td> <td>35 000</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>		DD		DND		t/an maxi	t/h maxi	t/an maxi	t/h maxi	Valorisation énergétique	40 000	5	25 000	5	Valorisation matière	30 000	4	40 000	6	Valorisation process (eaux polluées)	35 000	2,5	35 000	2,5	A
	DD			DND																							
	t/an maxi	t/h maxi	t/an maxi	t/h maxi																							
Valorisation énergétique	40 000	5	25 000	5																							
Valorisation matière	30 000	4	40 000	6																							
Valorisation process (eaux polluées)	35 000	2,5	35 000	2,5																							

2790-1-b	<p>Installation de traitement de déchets dangereux ou de déchets contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R.511-10 du Code de l'environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2720, 2760, et 2770.</p> <p>1. Les déchets destinés à être traités contenant des substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R.511-10 du Code de l'environnement.</p> <p>b) La quantité des substances dangereuses ou préparations dangereuses susceptible d'être présente dans l'installation étant inférieure aux seuils AS des rubriques d'emploi ou de stockage de ces substances ou préparations.</p>	<p>Installation de mélange de déchets dangereux et non dangereux dans la préparation du cru (valorisation matière)</p> <p>Déchets dangereux et non dangereux en ajout au cru = 70 000 t/an</p> <p>Quantité max de déchets traités non dangereux = 150 t/j</p>	A
2791-1	<p>Installation de traitement de déchets non dangereux à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2720, 2760, 2771, 2780, 2781, et 2782.</p> <p>La quantité de déchets traités étant supérieure ou égale à 10 t/j.</p>		A
1520-1	<p>Dépôts de houille, coke, lignite, charbon de bois, goudron, asphalte, brais et matières bitumineuses.</p> <p>La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure ou égale à 500 t.</p>	<p>Stockage de charbon en silos et au sol</p> <p>TOTAL = 16 000 tonnes</p>	A
2515-1-a	<p>Installations de broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes.</p> <p>La puissance installée des installations étant supérieure à 550 kW.</p>	<p>- 1 broyeur (+sécheur) de la matière crue à introduire dans le four rotatif : 1 600 kW - 1 broyeur-sécheur pour combustible fossile et coke à pulvériser à la tuyère du four : 240 kW - 1 broyeur pour le ciment produit : 3 000 kW - 1 installation d'ensachage de ciment : 210 kW</p> <p>TOTAL = 5 050 kW</p>	A
1418-3	<p>Stockage ou emploi d'acétylène. La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :</p> <p>3. Supérieure ou égale à 100 kg mais inférieure à 1 t.</p>	<p>Stockage et emploi d'acétylène.</p> <p>Quantité moyenne présente = 140 kg Période de grand entretien = 210 kg</p>	D
1715-2	<p>Utilisation de substances radioactives sous forme de sources scellées.</p> <p>2. Avec $10^4 > Q \geq 1$.</p> <p>Avec : A = activité du radionucléide et Aex = seuil d'exemption en activité du radionucléide $Q = A / Aex$</p>	<p>1 source scellée : utilisation pour le broyeur de la carrière (pour mémoire)</p> <p>$A_i = 110 \text{ MBq}$ et $A_{ex} = 0,1 \text{ MBq}$ (Cobalt 60)</p> <p>Q = 1100</p>	D
2564-A-2	<p>Nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces (métaux, matières plastiques, etc.) par des procédés utilisant des liquides organohalogénés ou des solvants organiques.</p> <p>Le volume des cuves de traitement étant :</p> <p>2. Supérieur à 200 l, mais inférieur ou égal à 1500 l.</p>	<p>2 fontaines de dégraissage de contenance</p> <p>2 x 200 litres = 400 litres</p>	D
2910-A-2	<p>Combustion à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770 et 2771.</p> <p>A. Lorsque l'installation consomme exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du fioul domestique, du charbon (...) à l'exclusion des installations visées par d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson ou au traitement, en mélange avec les gaz de combustion, des matières entrantes, si la puissance thermique maximale de l'installation est supérieure à 2 MW, mais inférieure à 20 MW.</p>	<p>- 3 chaudières : 2 de 130 kW (bâtiment administratif et bâtiment mécanique) et 1 de 175 kW (bâtiment salle de contrôle / laboratoire) - 1 générateur d'air chaud pour alimenter le broyeur de la matière crue à introduire dans le four rotatif : 17,5 MW - Chauffage atelier magasin (radiants gaz) : 500 kW</p> <p>Total = 18,435 MW</p>	D

1432-2-b	Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables. 2. Stockage de liquides inflammables visés à la rubrique 1430 b) représentant une capacité équivalente totale supérieure à 10 m ³ mais inférieure ou égale à 100 m ³	1 cuve double enveloppe enterrée de 10 m ³ contenant des liquides inflammables (Gasoil Non Routier) de capacité équivalente= 0,4 m³	NC
1185-2-a	Emploi de gaz à effet de serre fluorés visés par le règlement CE n°842/2006 ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone visées par le règlement CE n°1005/2009. 2. Emploi dans des équipements clos en exploitation	Climatisations Somme des charges < 100 kg	NC
1435-3	Stations services : installations ouvertes ou non au public, où les carburants sont transférés de réservoirs de stockage fixes dans les réservoirs à carburant de véhicules à moteur. Le volume annuel de carburant (liquides inflammables visés à la rubrique 1430 de la catégorie de référence (coefficient 1) distribué étant supérieur à 100 m ³ , mais inférieur ou égal à 3 500 m ³ .	1 installation de distribution de liquide inflammable de 2 ^{ème} catégorie pour l'alimentation en carburant des engins : Débit équivalent inférieur à 1 m ³ /h Volume annuel éq. distribué = 6 m³	NC
2920	Installation de compression fonctionnant à des pressions effectives > 10 ⁵ Pa, et comprimant ou utilisant des fluides inflammables ou toxiques, la puissance absorbée étant supérieure à 10 MW.	- 4 compresseurs : 3 compresseurs de 132 kW + 1 compresseur de secours - 1 compresseur pour le laboratoire = 11 kW TOTAL = 407 kW	NC

4. Air

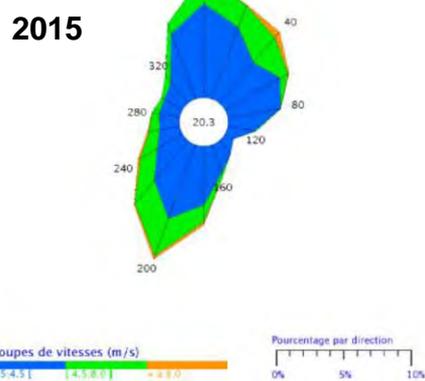
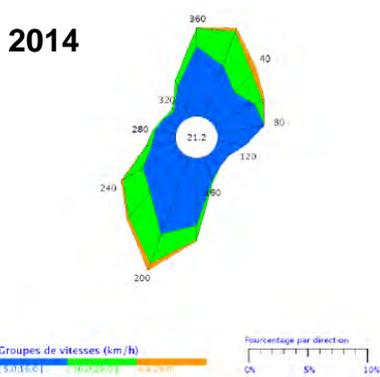
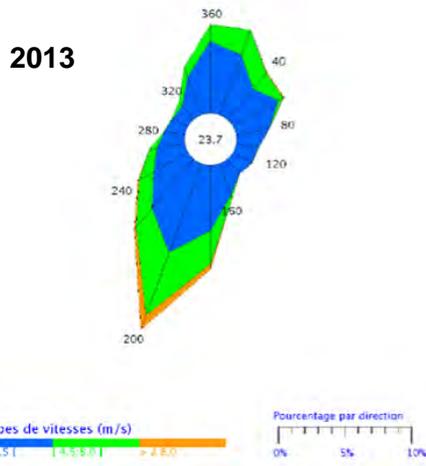
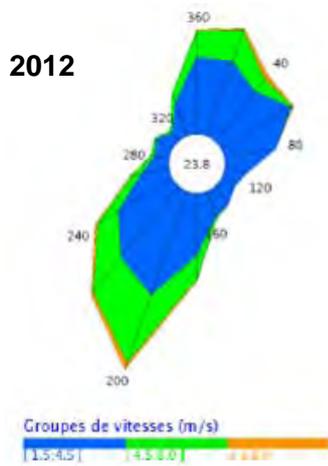
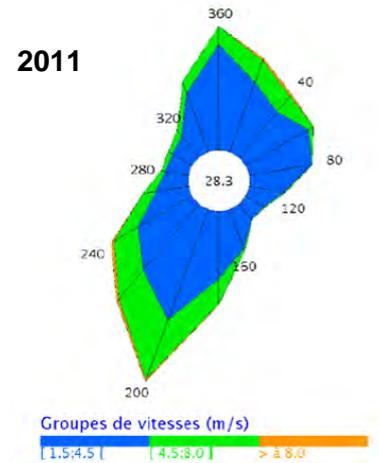
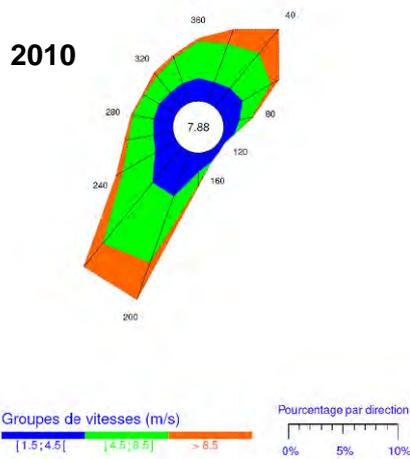
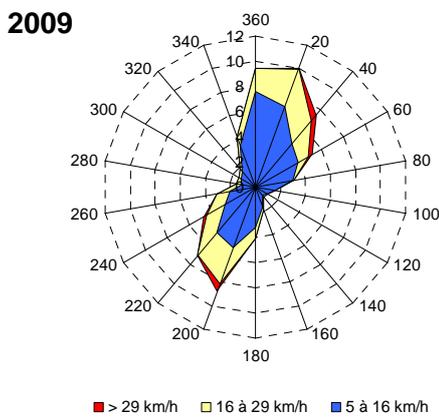
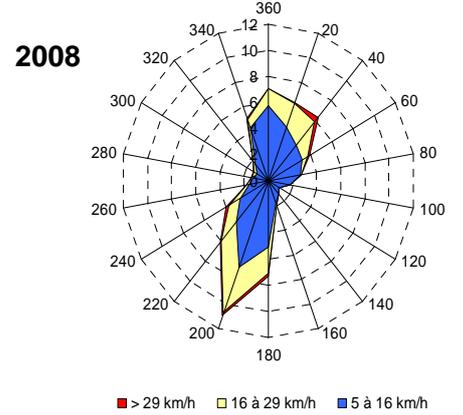
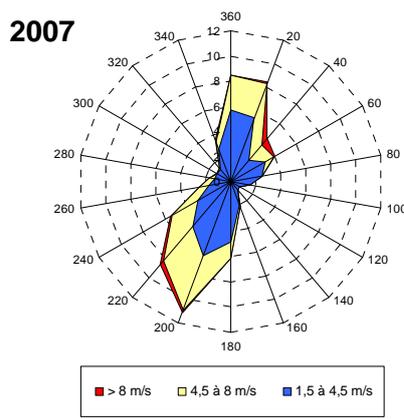
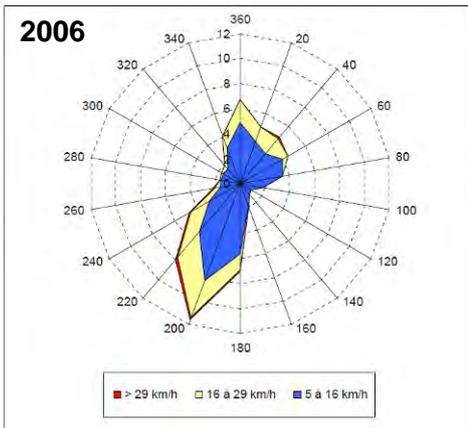
Sur le site, le four est à l'origine d'émissions de SO₂ (dioxyde de soufre)

4.1. Climat

La région est soumise à un climat continental.

L'ensoleillement est correct et des gelées sont fréquentes (entre novembre et mi-avril).

Les roses des vents ci-après correspondent aux mesures de la station météorologique située à Tavaux, pour l'étude annuelle de biosurveillance.



On peut constater que, les vents dominants sont orientés selon les directions Sud-Ouest et Nord-Est et que la répartition des forces est relativement constante. L'impact principal est donné par l'axe indiqué par ces roses de vent successives.

4.2. Qualité de l'air

La qualité de l'air est suivie par ATMO FC au travers d'un réseau de mesures de la qualité de l'air.

En 1996, une station automatique a été implantée à Châtenois, permettant ainsi de surveiller, entre autres les rejets de la cimenterie. Au départ, cette station était équipée d'un analyseur de poussières, d'un analyseur de dioxyde de soufre et d'un analyseur d'oxyde d'azote. L'analyseur d'oxyde d'azote a été retiré en 1997 au vu des concentrations trop faibles (campagne de mesures en 1997) et il en a été de même pour l'analyseur de dioxyde de soufre en 2011. Toutefois des campagnes mobiles sont réalisées annuellement depuis 2012, qui montrent des niveaux équivalents aux années précédentes.

Moyennes annuelles :

Polluant en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SO ₂	2,4	1,7	0,6	0,3	0,8	Pas d'analyses	1,3	2,0	0,7	2,2

Les valeurs enregistrées pour le SO₂ et les poussières respectent les valeurs réglementaires et les valeur fixée pour objectif de qualité.

Objectifs de qualité	Polluants	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	SO ₂	50

Les mesures de SO₂ effectuées au voisinage de la cimenterie font état de valeurs ubiquitaires inférieures à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, donc très en dessous de l'objectif de qualité de l'air de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3. Moyens existants de prévention et de réduction des pollutions sur l'environnement

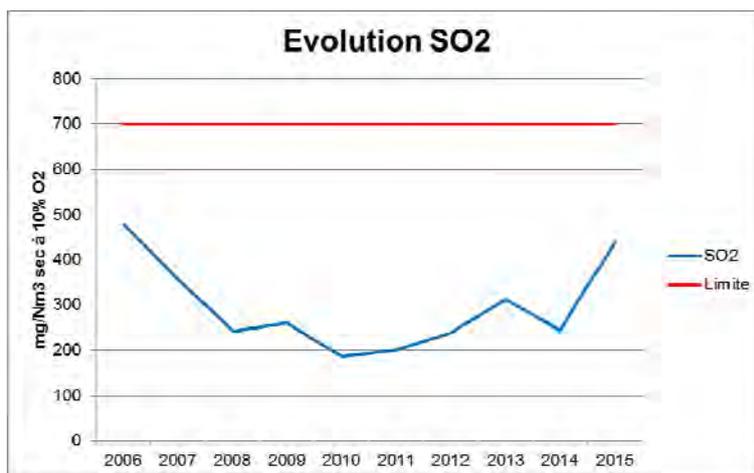
Le four est doté d'équipements de prévention et réduction des pollutions sur l'environnement.

- Filtre à manche (mis en place en 1998 en remplacement d'électrofiltre)
- Analyseur en continu de poussières, NO_x, SO₂, HCl, COVt (opacimètre depuis 1993, OPSIS depuis 1997 et FID depuis 2004)
- Installation d'injection de chaux spongiacale pour abattement du SO₂ (depuis 2005)
- Optimisation du système d'injection de chaux spongiacale.

4.4. Analyse des résultats des émissions de four

■ Résultats analyses continues

	HCl	COvt	Nox	SO2	Poussières
2006	0,4	44	306	479	2,7
2007	0,4	31	335	358	2,5
2008	1,7	29	382	243	2
2009	1,1	42	335	260	3,5
2010	1,2	44	469	188	4,9
2011	2	42	346	202	3,8
2012	3,2	43	438	239	3,4
2013	1,5	33	345	312	5,1
2014	4	37	318	244	4,5
2015	0,9	28	355	439	0,9
Limites	10	66	800	700	30



■ Analyse des performances des moyens de prévention et de réduction des pollutions

L'installation d'abattement à la chaux spongiacale et son optimisation ont permis de réduire les émissions de SO₂. Les variations constatées sous la VLE et les quelques dépassements ponctuels s'expliquent par la présence plus ou moins importante de soufre pyritique dans les matériaux extraits de la carrière.

4.5. Mesures envisagées pour supprimer, limiter et si possible compenser les inconvénients de l'installation

Les rejets atmosphériques font l'objet d'un contrôle en continu et de façon ponctuelle par un organisme COFRAC. Le SO₂ reste un polluant sensible sur le site de Rochefort. Cependant des dépassements de la valeur limite sont encore constatés. L'origine de ces problèmes est liée aux matières premières de carrière (présence de soufre pyritique).

Une installation d'abattement du SO₂ a été mise en place courant 2005. L'optimisation en continu de l'utilisation de chaux spongiacale et la meilleure connaissance du gisement de carrière permettent de limiter les rejets de ce polluant. Certaines valeurs élevées ne pourront être évitées.

5. Autres impacts

■ Eau

Toutes les eaux sont collectées dans un bassin et rejetées dans le milieu naturel après analyse des critères de conformité de l'arrêté préfectoral par un laboratoire extérieure. Toute anomalie constatée impliquerait un traitement adéquat.

Le recyclage des eaux du bassin de confinement dans le process permet de réduire le prélèvement d'eau de nappe et aussi de limiter les rejets.

Un ensemble de 10 piézomètres permet un suivi semestriel de la qualité des eaux souterraines selon les critères définis par l'arrêté préfectoral. Un complément d'étude a été effectué concernant la mesure des impacts de l'atelier pyrolyse et de ce fait un nouveau piézomètre a été installé en 2015.

■ Sol

Les zones de travail ou de voies de circulation de l'usine sont en béton ou macadam. Tous les stockages de déchets pour valorisation se font dans des installations protégées du milieu naturel (géomembrane, rétentions,).

■ Bruit

Suite à deux études bruit réalisées en 2008 et 2012, un unique dépassement d'émergence a été constaté. Le personnel a été sensibilisé et l'achat d'un sonomètre a été effectué.

■ Déchets internes

Les déchets produits sont triés. Les filières d'élimination de chacun sont choisies en fonction de leur nature (élimination en interne ou dans des filières spécialisées).

■ Valorisation matière et énergétique

L'arrêté préfectoral définit les différents types de déchets utilisés en valorisation matière. Ils viennent en substitution d'une partie du calcaire, de la marne ou de l'argile.

La valorisation énergétique est un paramètre important pour la cimenterie, très grosse consommatrice d'énergie calorifique. Les déchets utilisés se substituent principalement au charbon. Cela implique des contrôles à réception pour vérifier les critères d'acceptation définis dans l'arrêté préfectoral.

Les disponibilités des déchets sont très variables en fonction des années et sont en perpétuelle évolution. La valorisation de déchets est importante d'un point de vue économique pour la compétitivité du site.

6. Comparaison des performances du site aux MTD

Ce chapitre présente la comparaison des performances de l'usine de Rochefort sur Nenon par rapport aux conclusions sur les Meilleures Technologies Disponibles (MTD) pour la production de ciment parues le 26 mars 2013, lorsqu'elles sont applicables, concernant les émissions de dioxyde de soufre.

Cette comparaison des pratiques de EQIOM avec les MTD concernant la maîtrise des émissions de dioxyde de soufre est réalisée dans le tableau suivant.

Les conclusions sur les MTD sont listées dans la première colonne du tableau. Les pratiques de la cimenterie de Rochefort sur Nenon sont répertoriées dans la 2ème colonne.

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
6.1. Systèmes de management environnemental (SME)	
<p>1. Afin d'améliorer la performance environnementale globale des installations de production, la MTD consiste à mettre en oeuvre et à respecter un système de management environnemental (SME) qui intègre les caractéristiques suivantes :</p>	
<p>Engagement de la direction y compris à son plus haut niveau Définition par la direction d'une politique environnementale intégrant le principe d'amélioration continu de l'installation Planification et mise en place des procédures nécessaires, fixation d'objectifs et de cibles, planification financière et investissement Mise en oeuvre des procédures prenant particulièrement en considération les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - organisation et responsabilité, - formation, sensibilisation et compétences, - communication, - participation du personnel, - documentation, - contrôle efficace des procédés, - programme de maintenance, - préparation et réaction aux situations d'urgence, - respect de la législation sur l'environnement. <p>Contrôle des performances et mise en oeuvre de mesures correctives, les aspects suivants étant plus particulièrement pris en considération:</p> <ul style="list-style-type: none"> - surveillance et mesures (voir également le document de référence sur les principes généraux de surveillance [151, Commission européenne, 2003]), - mesures correctives et préventives, 	<p>La société EQIOM a renouvelé en 2016 ses politiques environnement et qualité :</p> <p>Le site de Rochefort sur Nenon est certifié depuis 2005 ISO 14001.</p> <p>Les engagements de la direction du site, la définition de son cycle de management, la définition des rôles et responsabilité de ses managers se trouvent dans le Manuel de Management.</p> <p>Tous les ans, la direction du site de Rochefort sur Nenon réalise une revue de direction, moment privilégié pour examiner les résultats et réalisation de l'année écoulée, et préparer les objectifs, cibles et moyens de l'année à venir. Au cours de cette revue de direction, les points suivants sont abordés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Changements pouvant affecter le système - Retours d'information des parties intéressées - Bilan des audits – non conformités - incidents - Rappel des objectifs année n-1 - Fonctionnement des processus et des systèmes - Objectifs années n - Besoin en ressources - Conclusion générale <p>L'ensemble de la société EQIOM possède désormais une</p>

<ul style="list-style-type: none">- tenue de registres,- audit interne et externe indépendant (si possible) afin de déterminer si le système de management environnemental respecte les modalités prévues et a été correctement mis en oeuvre et tenu à jour. <p>Revue du SME et de sa pertinence, de son adéquation et de son efficacité par la direction</p> <p>Suivi de la mise au point de technologies plus propres</p> <p>Prise en compte de l'impact sur l'environnement du démantèlement d'une unité dès le stade de sa conception et pendant toute la durée de son exploitation.</p> <p>Réalisation régulière d'une analyse comparative des performances, par secteur.</p>	<p>double certification ISO 9001 et ISO 14001.</p> <p>La société EQIOM au plus haut niveau s'engage pour l'environnement et la performance de ses sites. EQIOM possède un centre technique qui aide, compare, challenge les sites du groupe. Les consommations énergétiques, électriques, les émissions, les pratiques en termes de gestion de la biodiversité, le réaménagement des carrières font partie des domaines abordés.</p> <p>La société EQIOM suit régulièrement les évolutions technologiques possibles sur le marché du ciment et de sa fabrication.</p>
--	---

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
6.2. Techniques primaires générales	
<p>3. Afin de réduire les émissions provenant du four et d'utiliser efficacement l'énergie, la MTD consiste à assurer une cuisson homogène et stable, avec un four fonctionnant à des valeurs proches des valeurs de consigne des paramètres au moyen des techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation du contrôle de procédé, notamment par des systèmes automatiques informatisés - Utilisation de dispositifs modernes d'alimentation en combustibles solides par gravité 	<p>Le site de Rochefort-sur-Nenon, comme tous les autres sites de EQIOM a à sa disposition un système de conduite centralisé.</p> <p>Le pilotage est assuré par un opérateur en salle centrale disposant d'une vue complète instrumentée sur les paramètres de fonctionnement du four aidé par des alarmes visuelles sur un certain nombre de paramètres de fonctionnement. Ce système permet d'avoir en continu des conditions de marche optimisées sur tous les aspects :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emissions, - Qualité, - Productivité, - consommation énergétique. <p>Sur la ligne actuelle, tous les systèmes d'alimentation en combustibles solides sont gravimétriques.</p> <p>Les systèmes d'alimentation de combustibles liquides sont volumétriques.</p>

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
<p>4. Afin de prévenir et/ou de réduire les émissions, la MTD consiste à procéder à une sélection et un contrôle rigoureux de toutes les substances introduites dans le four.</p> <p>Une sélection et un contrôle soigneux de toutes les matières introduites dans le four permettent de réduire les émissions. La composition chimique des substances et de leur mode d'alimentation dans le four sont des facteurs à prendre en considération lors de la sélection. Les substances mentionnées à la MTD 11 (contrôle de la qualité des déchets) et dans les MTD 24 à 28 (émissions</p>	<p>Procédure d'acceptation des résidus</p> <p>L'arrêté préfectoral de l'usine précise la nature des déchets admissibles. Parallèlement à ces contraintes réglementaires, l'usine a défini des spécifications internes. Avant d'admettre un déchet dans son installation, l'usine applique la procédure d'acceptation dont les grandes étapes sont décrites ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtention d'un dossier d'information préalable : l'usine reçoit du producteur ou du fournisseur un dossier

atmosphériques).

d'identification comprenant une Fiche d'Identification Déchet (FID), un échantillon représentatif et éventuellement une analyse de caractérisation du déchet.

- Contrôle du dossier : les contrôles portent sur les identifications du producteur, du déchet, sur l'échantillon, sur les caractéristiques du déchet, sur les données de sécurité, sur les modalités de transport et d'étiquetage mentionnées dans la FID. Chaque dossier est contrôlé par l'usine. Si nécessaire, des essais sont réalisés avant que l'usine ne se prononce sur sa capacité à accepter le déchet en question.

- Etablissement d'un Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) : à l'issue du contrôle, l'usine délivre au producteur un CAP ou un avis de refus de prise en charge. Un CAP a une validité d'un an. La procédure est renouvelée à l'identique chaque année.

Toute livraison d'un déchet pour lequel un CAP a été établi fait l'objet d'une procédure de contrôle à réception.

Celle-ci peut être résumée comme suit :

vérification des documents d'accompagnement du déchet,

pesée,

analyse selon les cas.

Des fiches de contrôles récapitulent l'ensemble des opérations à réaliser, lors de la réception pour chaque gamme de déchet autorisée à l'usine. De la même façon, des fiches d'analyse précisent par gamme les analyses à effectuer (fréquence et mode opératoire).

Un registre d'admission et de refus consigne les informations relatives à la livraison des déchets. En cas de non-conformité (documents d'accompagnement, sécurité, analyse, ...), une fiche décrivant la non-conformité et le traitement retenu est rédigée. En cas de refus d'un chargement de déchet, une information est transmise à l'Inspection des Installations Classées.

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
6.3. Surveillance	
<p>5. La MTD consiste à surveiller et à mesurer régulièrement les paramètres du procédé et les émissions conformément aux normes EN applicables ou, en l'absence de norme EN, conformément aux normes ISO, aux normes nationales ou à d'autres normes internationales qui garantissent la fourniture de données d'une qualité scientifique, notamment :</p> <p>des mesures en continu des paramètres du procédé attestant de la stabilité du procédé tels que la température, la teneur en O₂, la pression et le débit, surveillance et stabilisation des paramètres critiques du procédé, à savoir le mélange homogène des matières premières, l'alimentation en combustible, le dosage régulier et l'excès d'oxygène, mesure en continu des émissions de NH₃ liées à l'application de techniques SNCR</p> <p>des mesures en continu des émissions de poussières, de NO_x, de SO_x et de CO</p> <p>mesures périodiques des émissions de PCDD, de PCDF et de métaux</p> <p>mesures en continu ou périodiques des émissions de HCl, de HF et de COT.</p> <p>mesures en continu ou périodiques de poussières (petites activités non liées au four <10 000 Nm³/h)</p>	<p>Le site est équipé de capteurs de tous types qui participent à la fois :</p> <ul style="list-style-type: none"> à la fiabilité des installations, à la productivité des lignes et notamment leur stabilité, à la maîtrise de l'environnement, à la maîtrise de la qualité, à la sécurité des biens et des personnes. <p>La très grande majorité de ces capteurs est en plus archivée et disponible pour la conduite des installations et l'analyse de la marche.</p> <p>Parmi les capteurs très importants pour la marche des fours figurent les capteurs gaz des fours. Dans ce cadre, EQIOM dispose d'analyseurs cheminée des fours en fonctionnement de marque Opsis, ABB et Durag. EQIOM possède un laboratoire qualité de haute technologie. Ce laboratoire permet en particulier l'analyse et la régulation de la qualité des matières entrantes dans les fours, éléments clefs de leur stabilité.</p> <p>Les capteurs gaz et poussières sortie cheminées, sont certifiés QUAL1 par les fournisseurs, et sont vérifiés tous les 3 ans selon la procédure réglementaire QUAL2, par un organisme COFRAC et tous les ans selon la procédure test annuel de surveillance par un organisme accrédité Cofrac. Les capteurs de températures, de pressions, les doseurs, répartis tout le long de la ligne, sont nettement plus simples à calibrer. Ils sont vérifiés par notre service instrumentation,</p>

Description

Le choix entre les mesures en continu ou périodiques mentionnés dans la MTD 5, point f) est fondé sur la source d'émission et le type de polluant attendu.

selon des modalités et fréquences définies en internes, et basées à la fois sur :

- La criticité du capteur
- Les préconisations constructeurs
- Le retour d'expérience de l'usine

EQIOM, en plus des mesures en continu de gaz, fait appel à un organisme extérieur COFRAC pour la réalisation de mesures de contrôles ponctuels périodiques aux cheminées de l'usine.

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
6.4. Contrôle de la qualité des déchets	
<p>11. Afin de garantir les caractéristiques des déchets qui seront utilisés comme combustibles et/ou matières premières dans un four à ciment et de réduire les émissions, la MTD consiste à appliquer les techniques suivantes :</p> <p>a) Mise en place de systèmes d'assurance qualité afin de garantir les caractéristiques des déchets et d'analyser tout déchet destiné à servir de matière première et/ou de combustible dans un four à ciment, en ce qui concerne :</p> <p>I. La constance et la qualité</p> <p>II. Les critères physiques, par exemple la formation d'émissions, la granulométrie, la réactivité, la combustibilité, la valeur calorifique</p> <p>III. Les critères chimiques, par exemple la teneur en chlore, en soufre, en alcali et en phosphates ainsi que la teneur en métaux pertinents.</p> <p>b) Contrôle de la quantité des paramètres pertinents pour tout déchet destiné à être utilisé comme matière première et/ou combustible dans un four à ciment, notamment chlore, métaux (cadmium, mercure, thallium par exemple), soufre, teneur totale en halogènes.</p> <p>c) Application de systèmes d'assurance qualité pour chaque charge de déchets.</p> <p>Description</p> <p>Différents types de déchets peuvent remplacer les matières premières et/ou combustibles fossiles dans la fabrication du ciment et contribueront à économiser les ressources naturelles.</p>	Voir 4.

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
6.5. Emissions de SOx	
<p>21. Afin de réduire/minimiser les émissions de SOx provenant des effluents gazeux de la cuisson et/ou des procédés de préchauffage/précalcination, la MTD consiste à utiliser une ou plusieurs des techniques suivantes :</p> <p>a) Additions d'absorbants b) Epurateur par voie humide</p> <p>Description En fonction de la qualité des matières premières et des combustibles, les niveaux des émissions de SOx peuvent être maintenus bas sans imposer l'utilisation d'une technique de réduction. Le cas échéant, des techniques primaires et/ou des techniques de réduction telles que l'ajout d'absorbants ou l'épuration par voie humide peuvent être utilisées pour réduire les émissions de SOx. Des épurateurs par voie humide ont déjà été utilisés dans des unités ou les niveaux initiaux d'émissions de SOx sans réduction étaient supérieurs à 800-1000 mg/Nm3.</p>	<p>Le cru issu de la carrière de Rochefort-sur-Nenon contient malheureusement du soufre pyritique dont une partie est évacuée à la cheminée lors de l'étape de cuisson. Le soufre pyritique s'est formé sédimentairement dans certaines couches géologiques. En fonction de l'avancement des fronts, les quantités de chacune de ces matières varient et donc cela crée une variation de la teneur en soufre pyritique. Les sondages de reconnaissance permettent de prévoir une teneur moyenne en soufre sur plusieurs années, grâce ensuite à la modélisation géologique et la planification d'exploitation. Toutefois les variations des phénomènes d'oxydoréduction sont telles que la précision des teneurs estimées est très faible et il est donc impossible d'estimer, de prévoir une teneur en pyrite sur les périodes de temps gérées par l'exploitation (l'heure, la journée) qui seules auraient permis de réguler ces teneurs en continu pour éviter des écarts trop importants. Par conséquent, la variabilité des matières premières aboutit à des phénomènes de pics qui font parfois dépasser la valeur limite associée du BREF de 400 mg/Nm3. Cependant, le niveau d'émission moyen reste faible, largement en dessous des domaines d'efficacité des épurateurs à voie humide. Enfin, il paraît peu plausible de faire venir de l'extérieur des matières exemptes de soufre pyritique. Il faudrait trouver un autre gisement contenant les matières premières dans des proportions compatibles avec la fabrication du ciment ce qui</p>

	<p>est rare. Il faudrait qu'elles soient exemptes de soufre pyritique, ce qui exclut les formations géologiques actuellement exploitées et obligerait à aller chercher ces matières loin de l'usine. Outre le non-sens économique (acheter des matières à l'extérieur coûterait au minimum 10 à 20€/t, ce qui représenterait entre 10 et 20M€ par an) s'ajouterait le non-sens environnemental.</p> <p>L'approvisionnement des fours nécessiterait un flux supplémentaire de camions, avec les nuisances associées.</p> <p>Epurateur par voie humide</p> <p>La mise en place d'un épurateur à voie humide engendre des effets croisés : l'augmentation de la consommation d'énergie, de la consommation d'eau, de déchets, de CO₂, des émissions dans l'eau et un risque accru de contamination de l'eau, ainsi que l'augmentation des coûts d'exploitation.</p> <p>Les potentiels de réduction sont importants. Ils sont difficilement estimables à l'avance. D'après les données du BREF Ciments, un niveau de 100 à 200 mg en moyenne journalière est atteignable.</p> <p>Les coûts d'installations mentionnés dans le BREF Ciments se situent entre 10 et 30 M€ (valeur 2014). Les coûts d'exploitation de telles unités dans l'industrie cimentière se situaient entre 1 et 2 €/t en 2008, voire plus pour des capacités de production moindres.</p> <p>La mise en place de cette technologie n'est pas envisagée sur le site.</p> <p>Addition d'absorbants</p> <p>La MTD est déjà mise en œuvre par l'addition de chaux spongiacale. Cette technique permet de réduire de façon optimisée les émissions tout en ayant une limite d'efficacité.</p>
--	---

Conclusions sur les MTD pour la fabrication du ciment (du 26 mars 2013)	Pratiques de EQIOM
<p>Composés gazeux 22. Afin de réduire les émissions de SO2 provenant du four, la MTD consiste à optimiser les procédés de broyage du cru. Description La technique consiste à optimiser les procédés de broyage des matières premières, le broyeur pouvant alors servir à réduire les émissions de SO2 du four. Pour ce faire, il faut agir sur des facteurs tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le taux d'humidité, La température du broyeur, Le temps de séjour dans le broyeur, La granulométrie des matériaux broyés. <p>Applicabilité Applicable si le procédé de broyage à sec est utilisé en mode composite.</p>	<p>Non applicable.</p>

7. Demande de dérogation à la Valeur Limite d'Emission des rejets de SO₂

Au même titre que d'autres usines cimentières françaises, étant soumis à la directive IED, nous souhaitons déposer une demande de dérogation en matière d'émission de SO₂ pour notre usine de Rochefort sur Nenon dont certaines parties de la carrière présentent des matières premières contenant du soufre pyritique.

En application du BREF Ciment et des MTD Conclusions, 7 MTD sont préconisées pour réduire les émissions de SO₂ dans les effluents gazeux de la cuisson et/ou des procédés de préchauffage/précalcination. Deux sont des techniques secondaires : l'addition d'absorbants ou la mise en place d'un laveur par voie humide.

L'usine EQIOM de Rochefort sur Nenon dispose depuis plusieurs années d'une installation d'addition d'absorbants, de la chaux spongiacale, afin de réduire ses émissions de SO₂ en cheminée en deçà d'une valeur limite à l'émission fixée par arrêté préfectoral à 700 mg/Nm³.

Depuis 2008, l'efficacité de cette installation a été optimisée pour réduire les émissions de SO₂.

Cependant, en 2015, de plus nombreux dépassements ont été constatés en raison de veines de matériaux exploités dans la carrière avec une quantité plus importante de soufre pyritique ces récentes dernières années.

La moyenne annuelle a atteint 439 mg/Nm³ – gaz secs – 10 % O₂ en 2015 alors qu'elle oscillait entre 250 et 300 depuis 2008. Elle sera similaire à celles constatées sur les années 2006, 2007. Ainsi, sur 2015, les moyennes journalières se répartissent à ce jour de la manière suivante :

Concentration SO ₂ (mg/Nm ³)	Nombre de MJ
0 – 400	118
400 – 700	154
>700	9

La DREAL Franche-Comté a été informée de cette situation dès le début de l'année 2015 dès les premières valeurs constatées.

La Directive IED, en son article 15, paragraphe 4 ouvre la possibilité de valeurs dérogatoires, donc au-delà de 400 mg/Nm³, définie comme la valeur hauteur par les conclusions MTD, en particulier dans le cas de particularités locales. Ce cas correspond notamment aux gisements de matières premières riches en soufre pyritique.

Par dérogation au paragraphe 3 et sans préjudice de l'article 18, l'autorité compétente peut, dans des cas particuliers, fixer des valeurs limites d'émission moins strictes. Une telle dérogation ne s'applique que si une évaluation montre que l'obtention des niveaux d'émission associés aux meilleures techniques disponibles, conformément aux indications figurant dans les conclusions sur les MTD, entraînerait une hausse des coûts disproportionnée au regard des avantages pour l'environnement, en raison:

- de l'implantation géographique de l'installation concernée ou des conditions locales de l'environnement; ou
- des caractéristiques techniques de l'installation concernée.

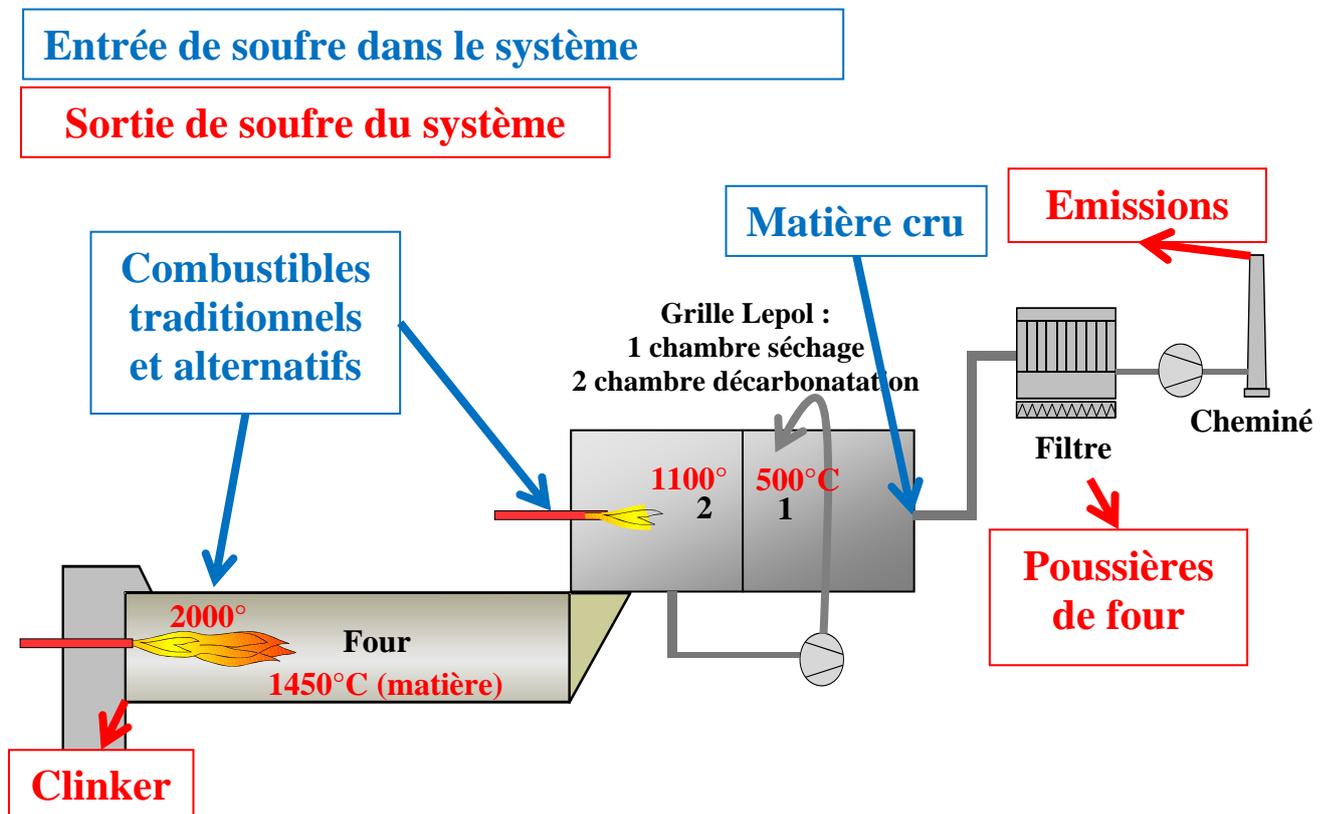
L'annexe VI de la directive IED concerne les fours à ciments co-incinérant des déchets et impose une valeur de 50 mg/Nm^3 pour les émissions de SO_2 et précise que "l'autorité compétente peut accorder des dérogations aux valeurs limites d'émission dans les cas où le SO_2 ne provient pas de la co-incinération de déchets" ¹ mais de la teneur en soufre des matières premières.

→ Dans le cas de gisement en matière première riche en soufre pyritique, une valeur limite relative aux émissions SO_2 supérieure à 400 mg/Nm^3 peut être accordée par les autorités administratives à titre dérogatoire.

C'est de cette disposition dont nous souhaiterions pouvoir bénéficier.

7.1. Le cycle du soufre dans le process

- Bilan du soufre dans le système de cuisson



¹ Chapitre 2.3 de l'annexe VI de la directive IED

■ Apport de chaque entrée de soufre dans le système

Comparaison sur l'année 2010 des différents pourcentage selon les différentes usines du groupe Holcim France et Belgique.

% input SO3	1	2	3	4	5	Rochefort
Entrée de soufre par le cru (cru + AR)	60%	30%	39%	0,4%	14%	82%
Entrée de soufre par les combustibles traditionnels	30%	62%	44%	87%	50%	15%
Entrée de soufre par les AF	9%	8%	17%	13%	37%	3%

On peut constater que l'usine présente un apport important en soufre dans la matière première de carrière en comparaison aux autres sites. Cette particularité a d'ailleurs induit une dérogation sur les VLE de ce paramètre à la cheminée.

Les mêmes éléments en moyenne sur l'année 2014 sont les suivants :

Entrée de soufre par le cru	Entrée de soufre par les combustibles traditionnels	Entrée de soufre par les combustibles alternatifs
86.4 %	10.8%	2.8%

■ Différentes formes possibles de sulfates dans le cru et leur volatilité

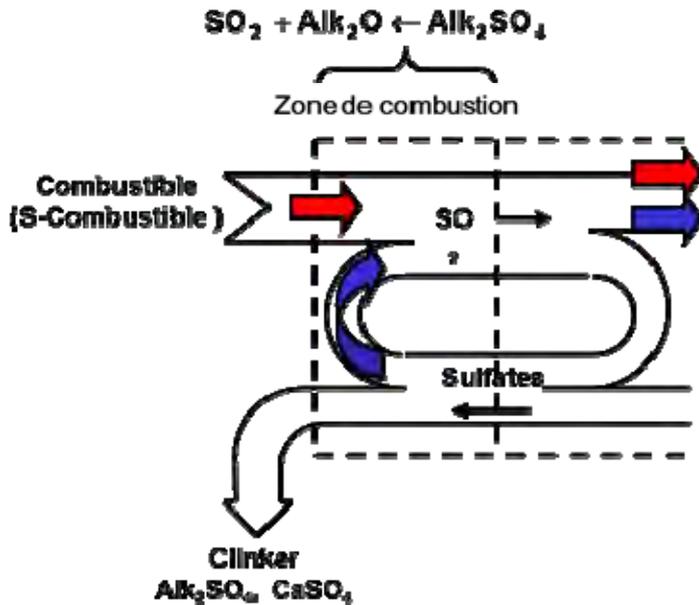
- Sulfures organiques
 - Pyrite (FeS_2)
 - Sulfides (CaS)
 - Sulfites (CaSO_3)
 - Sulfates (CaSO_4)
- 

Très volatile

Faiblement volatile

Cycle du soufre dans le système

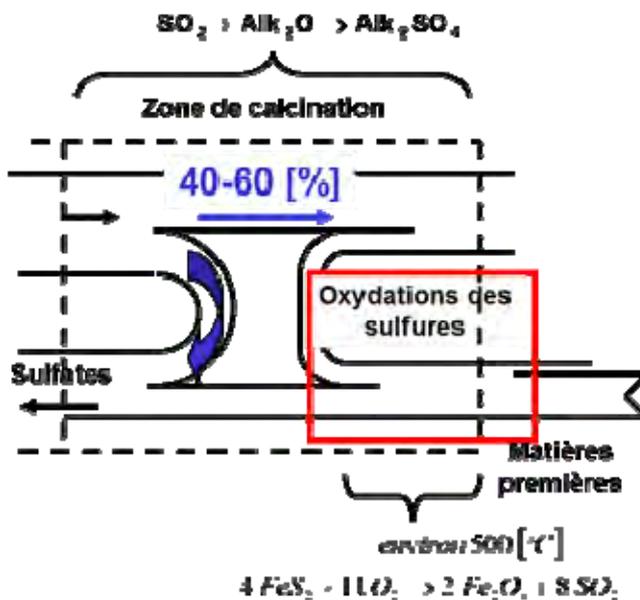
- En zone de combustion:



En zone de combustion selon le schéma ci-dessus, un cycle de volatilisation et de piégeage des sulfates se produit. En présence d'alcalin et en condition de combustion habituelle, une partie du soufre sous forme de sulfate est piégée dans le clinker (entre 40 à 60%).

Toutefois des concrétions de sulfates alcalin peuvent se former dans le système de cuisson, modifiant ainsi le bilan massique du soufre dans le système. Ces concrétions peuvent également, sous certaines conditions se revolatiliser.

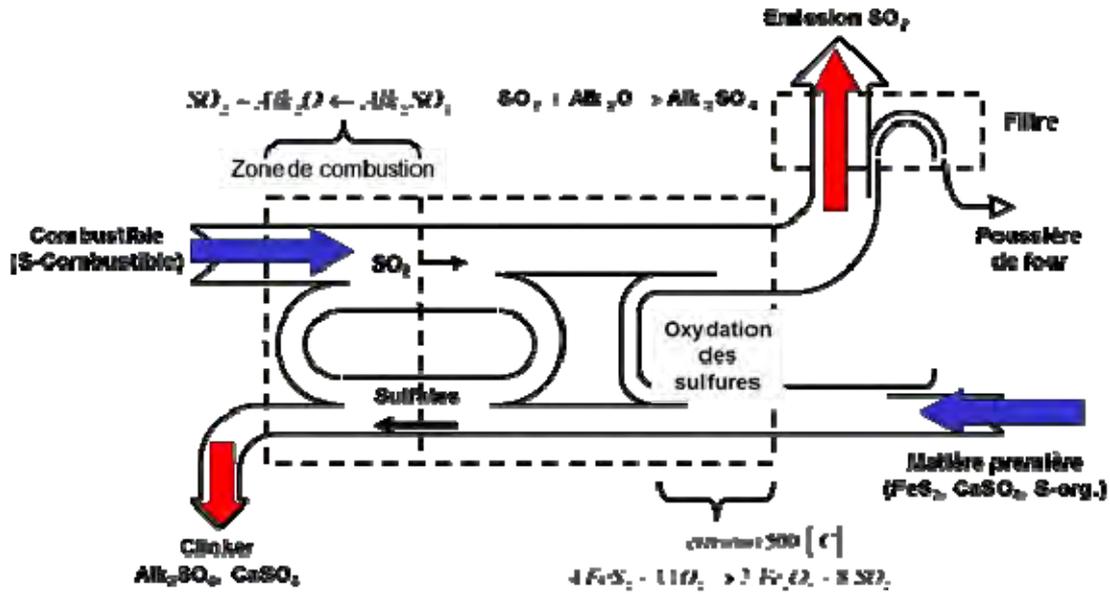
- En zone de calcination:



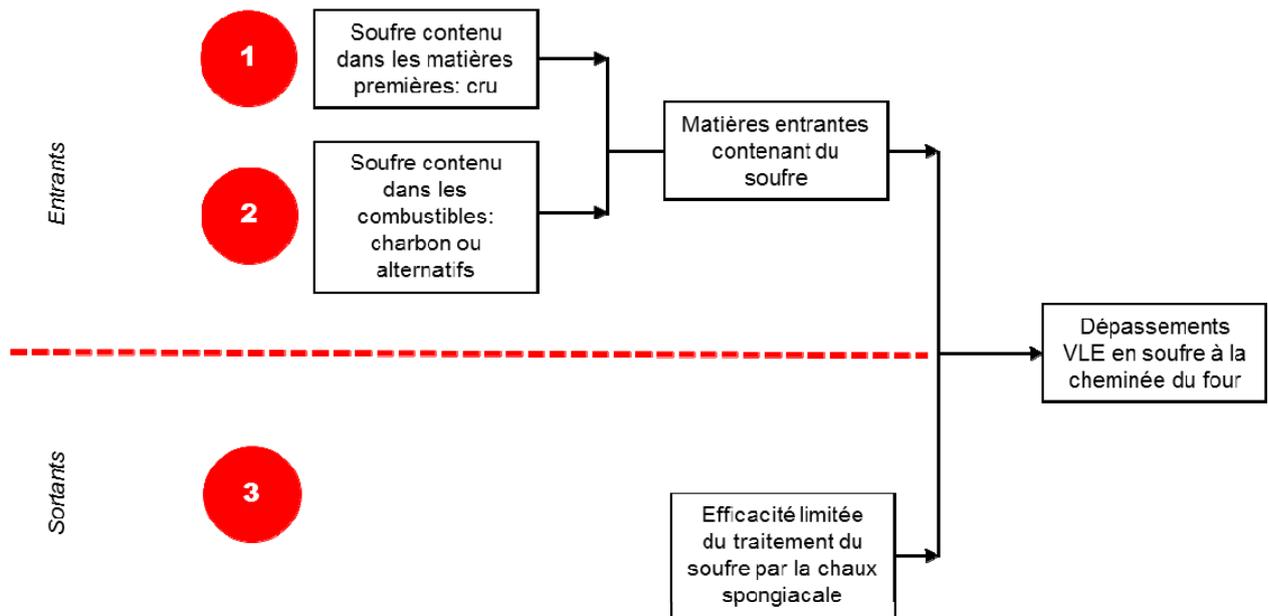
En zone de calcination selon le schéma ci-dessus, aux environs de 500°C, a lieu un phénomène d'oxydation des sulfures, contenus dans les matières premières. En effet, les composés soufrés, les plus volatiles, s'oxyderont dans cette zone et formeront du SO₂. Dans le procédé de l'usine de Rochefort, cette oxydation a lieu au niveau de la grille Lepol.

■ Au niveau du filtre:

L'usine dispose d'un système d'abattement du SO₂ par injection de chaux spongiacale au niveau du filtre à manche du four. En effet, l'injection de chaux piège une partie du SO₂ sous forme de sulfate de calcium qui se recondense dans les poussières de filtration.



7.2. Arbre des causes probables



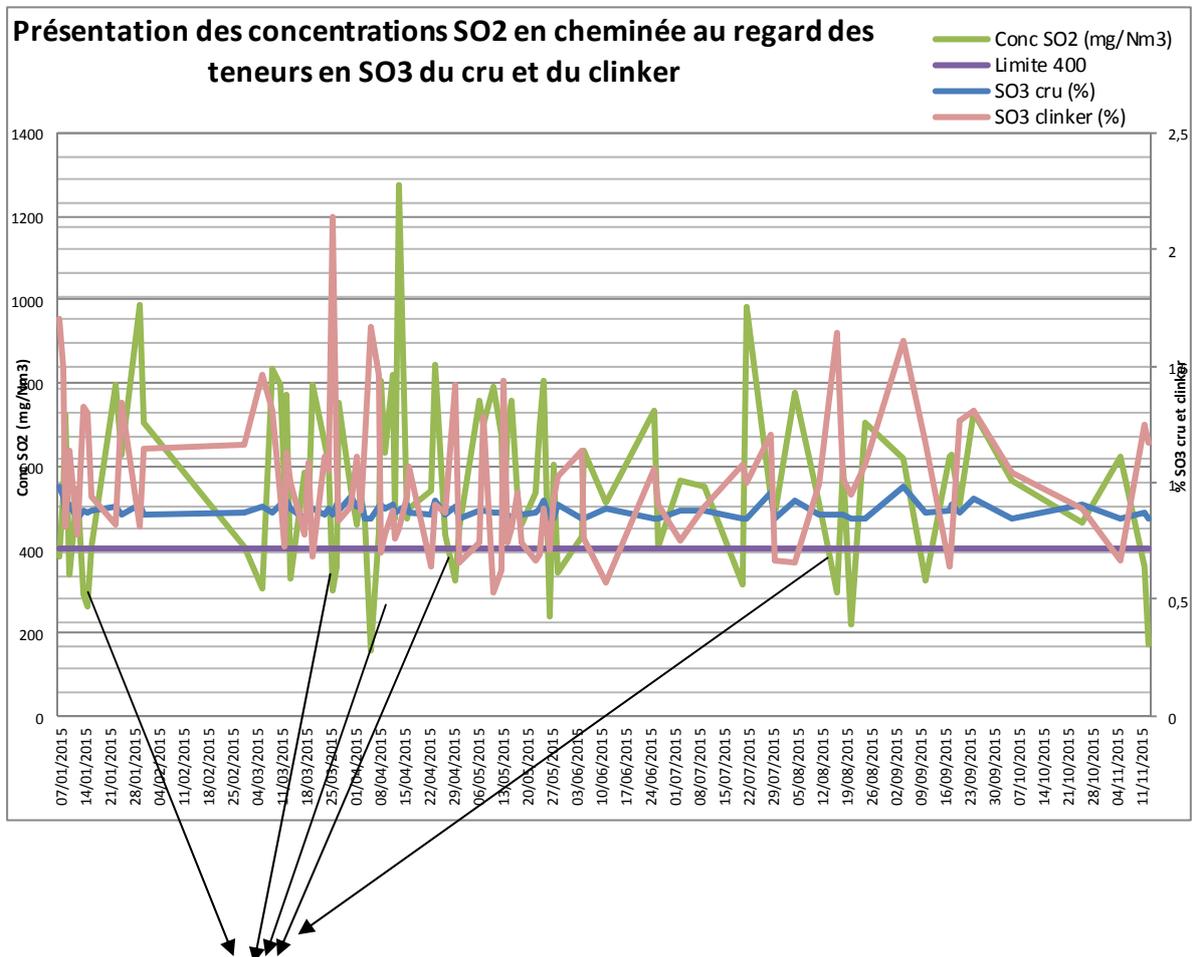
7.3. Analyse des Causes

7.3.1 Matières entrantes contenant du soufre : le cru.

L'augmentation du soufre (% SO₃) dans le cru entraîne des émissions SO₂ plus élevées.

Ainsi lorsque cette teneur dépasse 0,85 % (cf graphique ci-après), on constate que les émissions en SO₂ sont plus élevées sur l'année (souvent supérieures à 400 mg/Nm³). Les valeurs constatées ci-après tiennent compte du pilotage de notre process et de l'addition de chaux spongiacale. Elles auraient été bien plus élevées sans ces actions.

De plus, on constate notamment pour les valeurs inférieures à 400 mg/Nm³ que les teneurs en soufre du clinker sont élevées.



Emissions basses en SO₂ simultanées à une teneur élevée en SO₃ dans le clinker (> 1 %). La réciproque est aussi constatée.

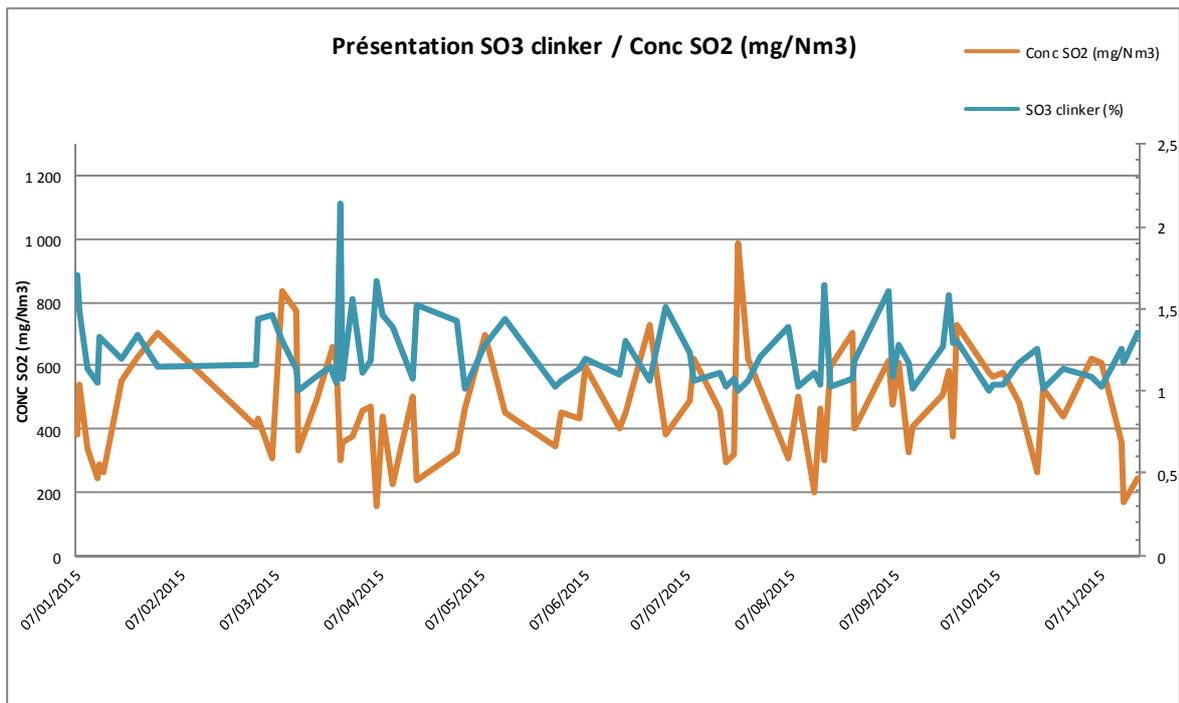
Le pilotage du process permet en mesure primaire de limiter les émissions de SO₂ et le piégeage dans le clinker du soufre contenu dans le système, comme il est décrit ci-avant. Certaines conditions aussi décrites ci-avant ne permettent pas toujours d'atteindre cet optimum. Ces conditions de process incluent une teneur en oxygène plus élevée dans le four, ce qui aura pour conséquences une émission plus importante de NO_x. Il s'agit d'un

équilibre difficile à atteindre notamment quand la teneur en soufre dans le cru, notamment sous forme pyritique augmente.

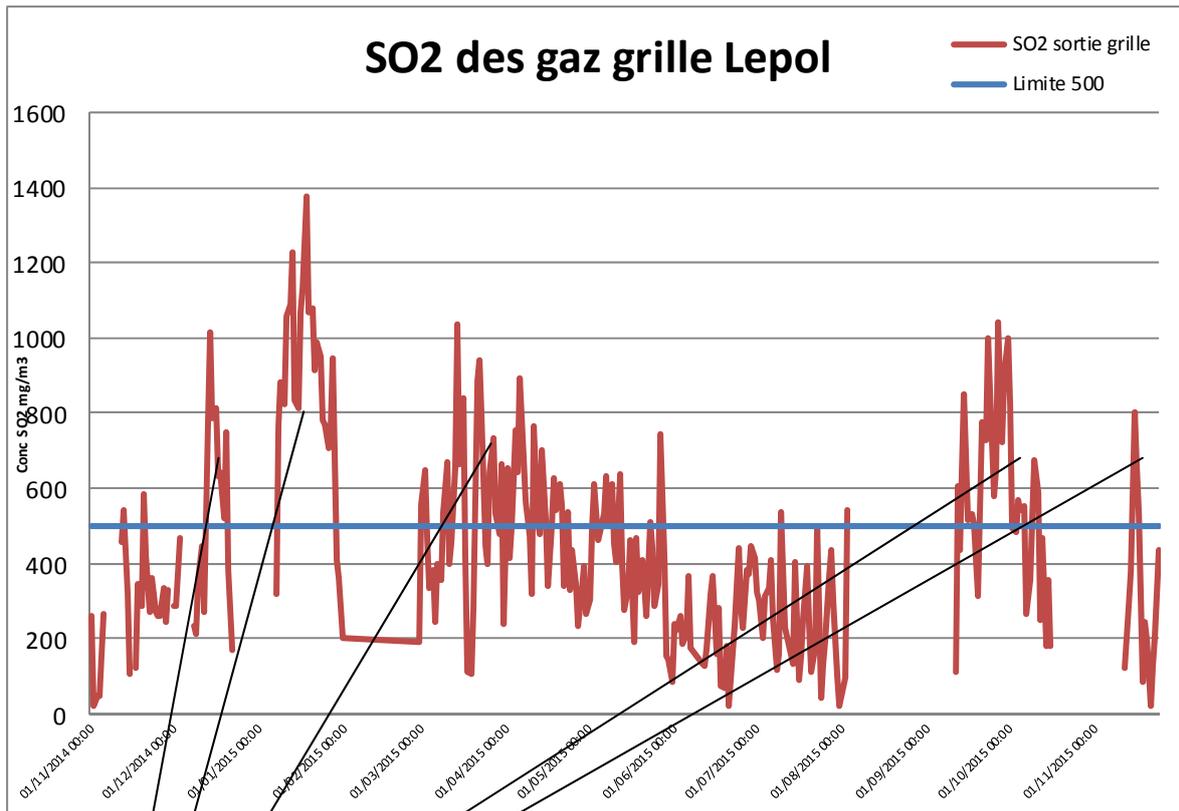
La captation du soufre dans le clinker constitue un bon moyen de limiter les émissions de SO₂. Elle n'est pas toujours possible, ni optimale. Le graphique ci-dessous montre que les concentrations SO₂ peuvent être élevées malgré des teneurs en SO₃ clinker élevées (> 1%). Dans ces cas, on constate une volatilisation excessive du soufre.

Il est à préciser également que le soufre (S) se fixe dans le clinker en présence d'alcalins (K₂O et Na₂O) en milieu oxydant afin de former des sulfates alcalins (K₂SO₄ et Na₂SO₄).

Or, la teneur en alcalin est naturellement basse dans les matières premières et le marché régional en ciment est orienté vers des produits dits « low alcali ».

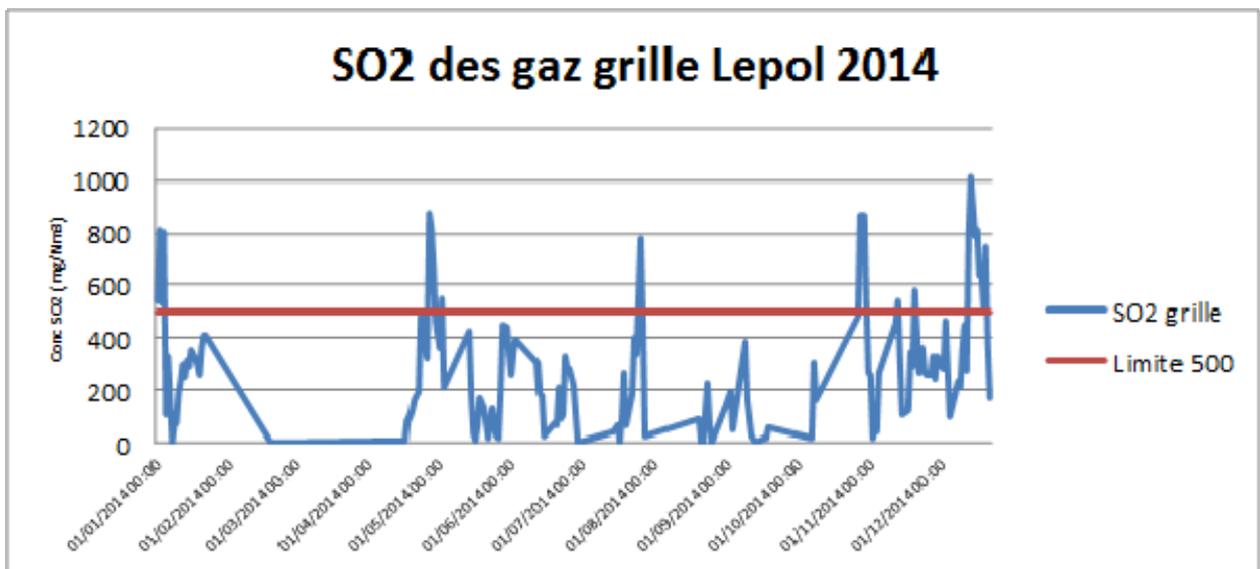


- Présence plus importante de soufre pyritique. Il se volatilise à partir de 500°C, température présente en grille Lepol. On constate depuis mi-décembre 2014 une augmentation notable du SO₂ au niveau de la grille, valeurs confirmées au niveau des analyses du cru.



Depuis fin 2014, plusieurs périodes différentes en importance et en durée ont été constatées d'augmentation notable en SO2 en grille.

Le même graphique sur 2014 ci-après montre une situation différente et bien plus limitée en dépassement de la valeur de 500 mg/m3. On voit apparaître une situation qui évolue fin 2014.

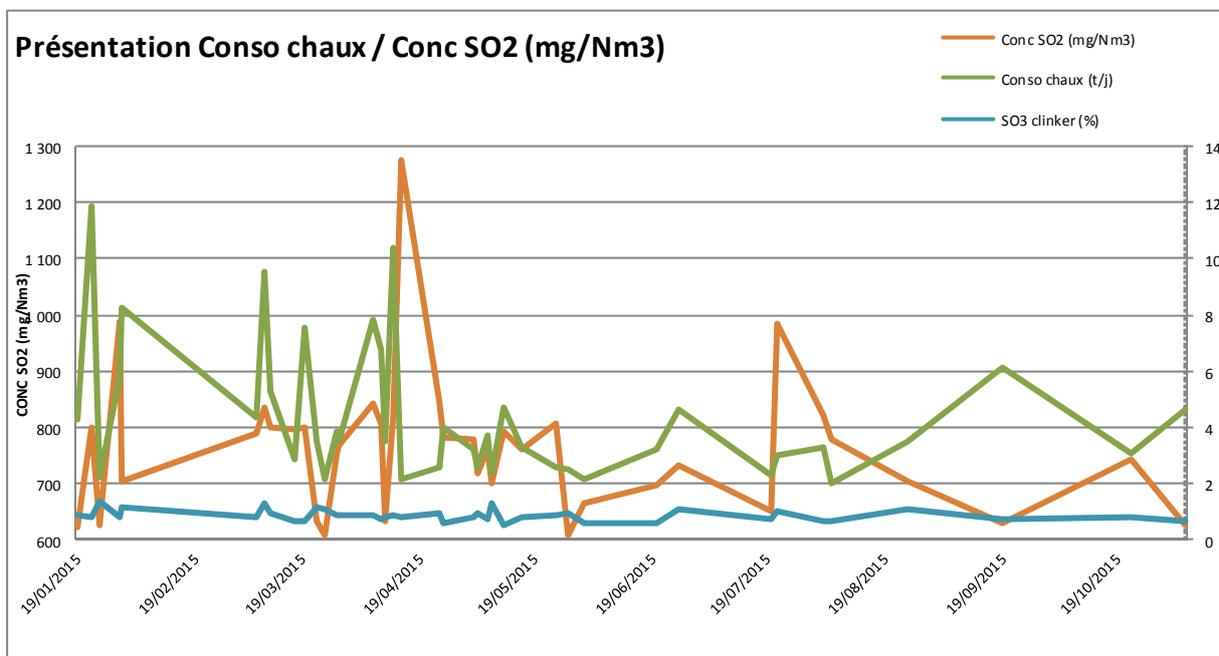


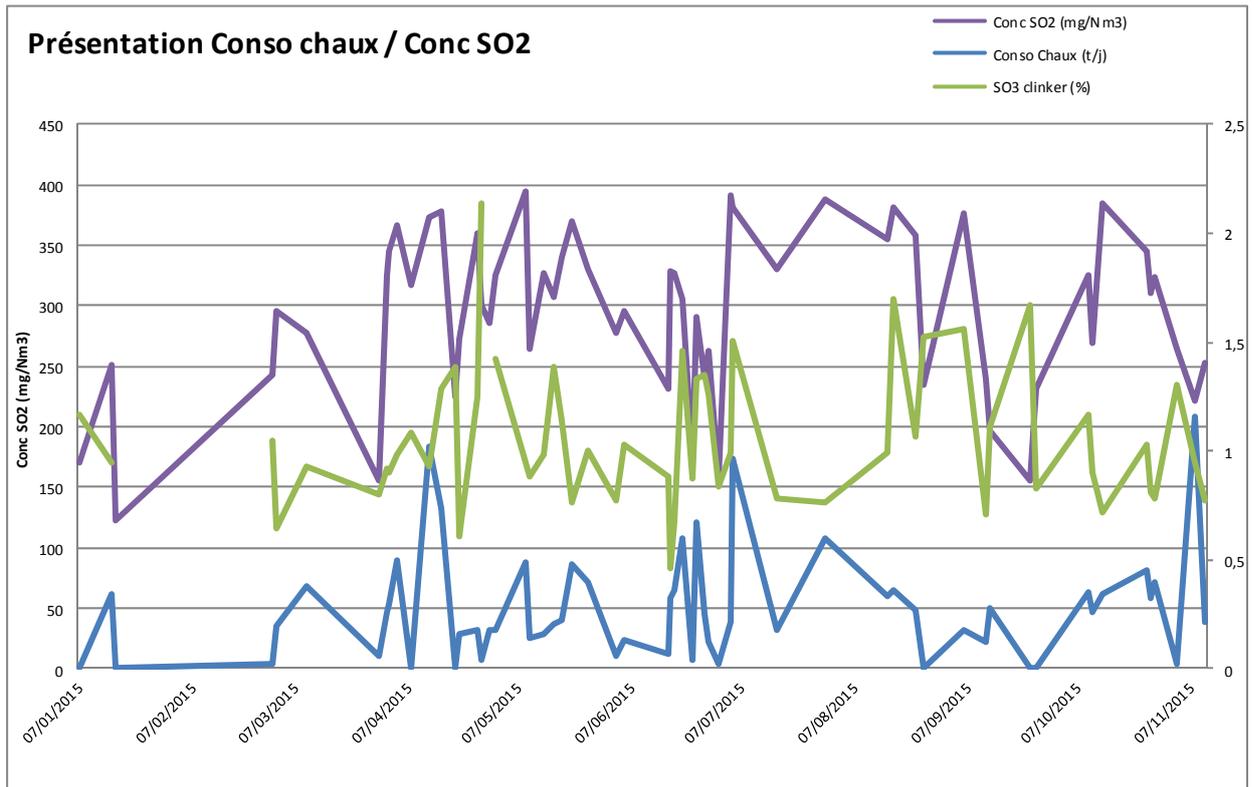
7.3.2 Matières entrantes contenant du soufre : les combustibles.

Les bilans massiques montrent un faible apport par les combustibles, pas d'évolution notable depuis les années précédentes. L'utilisation de combustibles alternatifs, moins riches en soufre que les matières premières et que les combustibles traditionnels, permet de limiter les entrées de soufre dans le système.

7.3.3 Efficacité limitée du traitement du soufre par la chaux spongiacale

Le graphique ci-après montre que malgré une consommation de chaux spongiacale comprise entre 2 et 12 t/j, les émissions de SO₂ en cheminée sont systématiquement supérieures à 600 mg/Nm³.





Ces éléments montrent les limites de l'injection de chaux sur les émissions totales.

L'abattement du SO2 est un optimum entre les mesures de pilotage du process et l'injection de chaux spongiacale. Cette dernière permet d'écarter les situations exceptionnelles d'une teneur en soufre pyritique particulièrement élevée dans le cru mais ne permet pas systématiquement un abattement suffisant des émissions de SO2 en deçà des 400 mg/Nm3 recommandés par les conclusions MTD.

L'injection supplémentaire de chaux influencerait notre qualité de ciments ce que nous constatons déjà lors de périodes d'injection importantes. Cela génèrerait également une quantité plus importante de poussières qu'il faudrait ensuite traiter comme déchets engendrant des coûts et un impact environnemental supplémentaires.

De même, des conditions de process meilleures pour les émissions de SO2 peuvent entraîner des émissions de NOx plus importantes.

Après analyse de toutes les causes probables, nous constatons que des dépassements de la recommandation de 400 mg/Nm3 en SO2 peuvent être régulièrement constatés lorsque le soufre à la cheminée du four provient du soufre pyritique contenu naturellement dans la matière entrante « cru ».

7.4. Evaluation technico-économique d'un laveur humide

Le tableau ci-dessous donne une estimation des coûts de la mise en place d'un laveur humide sur la base des éléments du BREF et d'informations reçues du service technique du groupe.

L'investissement d'un laveur humide est estimé à 9 916 k€. Les coûts variables de son fonctionnement ont été retenus à 600 k€ par an au vu des retours d'installations existantes.

Ces éléments apparaissent au chapitre 1.4.8.3 du BREF Ciment. Ils ont été actualisés sur base de l'indice de prix de l'offre intérieure des produits industriels entre janvier 2006 (64,2) et novembre 2016 (93,9).

Ci-dessous ils sont adaptés au cas particulier de l'usine de Rochefort sur nenon, très proche du cas repris dans le dernier BREF.

Coûts d'investissement et de fonctionnement d'un laveur humide		
	Unité	Laveur humide
Capacité	t ck/an	320 000
Débit	Nm3/h	100 000
Durée	an	15
Heures fonctionnement	h/an	7 500
Montant investissement	k€	8 044
Investissement annualisé	k€	9 916
Taux intérêt	%/an	4
Investissement annualisé	k€/an	992
Total	k€/ t ck	0,00310
Coûts fixes fonctionnement	%/an	4
Montant coût fixes	k€	322
Montant / t ck	k€/ t ck	0,00101
Coûts variables fonctionnement	k€/ t ck	0,00202
Cout total / t ck	€/ t ck	6,12
Emissions SO2	t SO2	337
	mg/Nm3	450
% abattement		75
Cout total / t SO2 abattue	€/t SO2	7 750

Ces éléments montrent que le coût d'un laveur humide ramené à la tonne de clinker produite sur l'usine de Rochefort sur Nenon serait a minima de 6,1 euros car il s'agit d'un calcul théorique optimisant le fonctionnement des installations sur la période.

Le coût d'un tel laveur humide ramené à la tonne de SO2 abattue pour l'usine de Rochefort sur Nenon serait 7750 euros / t abattue.

Il y a, en outre, peu de référence industrielles de laveur humide en cimenterie dans le monde, et il n'a pas été trouvé d'exemple suffisamment fiable pour assurer un respect de VLE de 100%.

7.5. Disproportion des coûts de mise en place des MTD

Dans un secteur où il existe peu ou pas de différence entre les produits fournis par un grand nombre de producteurs, la concurrence est très forte. C'est une situation possible dans des industries telles que les métaux, les produits chimiques en vrac, *le ciment* et la fourniture d'énergie, pour lesquelles les exploitants individuels disposent d'une faible marge de manoeuvre pour fixer ou augmenter les prix. Lorsque la menace de la concurrence est importante, comme c'est le cas pour la cimenterie de Rochefort-sur-Nenon, les possibilités de répercuter les augmentations de coûts sur le client sont limitées.

Or, les bénéfices environnementaux d'un tel abattement nous semblent inexistantes au regard des niveaux mesurés dans l'air ambiant au plus égaux à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En tout état de cause, ils sont disproportionnés au regard des coûts économiques supportés par notre usine.

7.6. Conclusion

Nous disposons d'un système d'injection de chaux spongiacale en continu. Sans connaître exactement le niveau initial possible d'émissions de SO_2 , nous constatons des émissions en SO_2 supérieures à $1000 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ malgré l'injection de chaux.

L'injections d'adsorbant ne permet pas d'obtenir systématiquement des valeurs moyennes journalières inférieures à $400 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, quelles que soient la marche du four et la composition des matières premières.

L'augmentation de l'injection de chaux aurait des conséquences qualitatives négatives sur nos ciments. L'utilisation d'un laveur humide aurait un bénéfice environnemental très limité pour un coût économique insupportable pour notre usine.

Aussi, en définitive, nous souhaiterions que dans les conditions actuelles notre VLE soit maintenue à $700 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ comme actuellement.

8. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

A partir de la page suivante, vous pouvez consulter l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) multi-substances réalisée en 2010, révisée sur le paramètre SO₂ uniquement et jusqu'en 2016.

Cette étude a été réalisée par le Cabinet AXE ENVIRONNEMENT.

Révision sur le paramètre SO₂ de l'étude quantitative de l'impact sanitaire de la cimenterie de Rochefort Nenon

EQIOM

Personnes ayant participé à la mission

Rôle	Nom	Qualité	Date	Visa
Rédacteur	M. GASQUET	Chargé d'étude	06/01/17	
Vérificateur	L.KRAEUTLER	Chef de service	SO	En cours
Approbateur	M. Codron	Client		



SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	45
1. Préambule	45
2. Méthode.....	46
3. Données utilisées pour l'étude	47
II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE SANTE	48
III. INVENTAIRE DES SOURCES D'EMISSIONS.....	49
1. Localisation du site	49
2. Repérage des émissaires.....	49
2-1 Effluents liquides	49
2-2 Effluents gazeux.....	50
3. Nature des émissions canalisées	51
3-1 Origine.....	51
3-2 Cheminée du four.....	52
3-3 Flux émis	53
IV. ZONE D'ETUDE	55
1. Situation générale de l'établissement	55
2. Limites de la zone d'étude.....	56
V. POPULATIONS SUSCEPTIBLES D'ETRE EXPOSEES ET IEM.....	58
1. Autres sources d'émissions à proximité	58
2. Populations concernées dans la zone d'étude	59
3. Les milieux d'exposition.....	61
3-1 L'air.....	61
4. Interprétation de l'état des milieux.....	65
4-1 Poussières.....	65
4-2 Le dioxyde de soufre	65
5. Synthèse de l'état des milieux	66
VI. SELECTION DES SUBSTANCES ET IDENTIFICATION DU DANGER	67
1. Définitions préalables	67
2. Sélection des substances.....	70
3. Toxicologie du dioxyde de soufre	70
VII. SCENARIOS D'EXPOSITION DES POPULATIONS	73

1.	Description des voies d'exposition.....	73
1-1	Exposition par inhalation	73
1-2	Scénario retenu et schéma conceptuel	73
2.	Scénario d'exposition par inhalation.....	74
2-1	Définitions.....	74
2-2	Hypothèses et données.....	75
2-3	Calculs.....	75
VII.	DISCUSSION.....	77
X.	CONCLUSION SUR LES RISQUES APRES ACTUALISATION DU SO₂	78
IX.	RESUME NON TECHNIQUE	79
ANNEXES.....		81

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de fonctionnement du four.....	51
Tableau 2 : caractéristiques du point de rejet	52
Tableau 3 : trafic routier	58
Tableau 4 : <i>Habitations les plus proches</i>	59
Tableau 5 : Communes avoisinantes	59
Tableau 6 : E.R.P dans la zone d'étude.....	60
Tableau 7 : Entreprises locales	60
Tableau 8 : Mesures de qualité d'air	61
Tableau 9 : Milieux de transferts à considérer	66
Tableau 10 : VTR retenues pour le dioxyde de soufre.....	71
Tableau 11 : organes susceptibles d'être affectés	71
Tableau 12 : calcul de risque par inhalation.....	75
Tableau 13 : Additivité des risques inhalation	76

I. INTRODUCTION

1. PREAMBULE

EQIOM Rochefort est un établissement soumis à la directive IED. De ce fait, les nouvelles BREF parus concernant l'activité de cimenterie préconisent un seuil de rejet de SO₂ dans l'atmosphère de 400 mg/Nm³.

Mais cette valeur est fréquemment dépassée depuis quelques années car le taux de SO₂ dans les fumées de rejet du four est grandement dépendant des matières minérales en entrée de process (la zone d'extraction actuelle présente une forte concentration en pyrite FeS₂).

L'AP d'autorisation du 18 avril 2007 dont un extrait est repris en **annexe 1** du présent rapport fixait, pour seuil d'émission de SO₂ dans les cheminées du four, une concentration maximale de 700 mg/Nm³ qui était, dans les faits, rarement atteinte.

EQIOM Rochefort souhaite déposer une demande auprès de la préfecture du Jura afin de conserver ce seuil de 700 mg/Nm³ en s'appuyant sur les résultats d'une EQRS 2016 qui correspondra à l'EQRS multi-substances réalisée en 2010 (dont les résultats sont repris en **annexe 2**), à actualiser pour le seul traceur SO₂. L'actualisation considérera une concentration en SO₂ dans les fumées de 700 mg/Nm³ (contre 300 mg/Nm³ en 2010). La nouvelle modélisation SO₂ pourra être comparée aux mesures de dispersion effectuées par ATMO Franche-Comté en 2015, sur ce secteur et dont les résultats sont repris en **annexe 3**.

Dans le cadre de cette demande de dérogation à la directive IED, portant sur le SO₂, la société EQIOM doit réaliser pour son site de ROCHEFORT SUR NENON (39700), une évaluation des risques sanitaires (ERS) liés à ses émissions chroniques de SO₂.

L'objectif est de montrer l'absence de risque sanitaire pour une concentration autorisée (400 mg/Nm³ en 2010) à hauteur de 700 mg/Nm³ désormais.

Une précédente étude sanitaire a été réalisée par AXE en 2010 et portait sur les flux issus des débits maxi autorisés par l'APA et les concentrations maximales mesurées entre 2005 et 2010. Toutefois le **SO₂ n'avait pas été retenu comme substance traceur de risque** et donc n'avait pas fait l'objet d'un calcul de QD (quotient de danger).

2. METHODE

La présente étude est conforme aux règles de l'art : sont utilisés comme références, le guide méthodologique de L'INERIS sur l'évaluation des risques sanitaires de 2013 (**annexe 7**) et la circulaire du 31 octobre 2014 relative au choix des valeurs toxicologiques de référence dont un extrait est repris en **annexe 8**.

L'évaluation a été menée sur la base des connaissances du moment. Elle a pour but de conclure quant à un éventuel effet sur la santé imputable à l'activité de la cimenterie EQIOM pour son site de Rochefort-sur-Nenon, vis-à-vis des riverains, dans le cadre d'une exposition chronique.

Conformément au guide INERIS, les calculs ont été basés sur des hypothèses et données maximalistes en termes d'émission ou d'exposition, en s'appuyant sur des mesures réelles hors site ATMO réalisées à l'été 2016 (dont les résultats sont repris en **annexe 4**) pour caler le modèle de dispersion du panache de dioxyde de soufre.

3. DONNEES UTILISEES POUR L'ETUDE

- L'AP complémentaire n°605 du 17 avril 2007 dont un extrait est repris en **annexe 1**.
- Tableau des analyses de rejets de la cheminée four en SO₂, fourni par la cimenterie EQIOM Rochefort repris en **annexe 5**.
- Le rapport AXE de mai 2010 – EQRS Rochefort repris en **annexe 2**.
- Un tableau ATMO des mesures de poussières et du SO₂ à proximité du site pendant l'été 2015 repris en **annexe 4**.
- La rose des vents à 80m pour le site selon Météo-France reprise en II.3 de l'**annexe 6**.
- Le rapport ATMO 2015 - Simulation de la dispersion des panaches sur le site industriel EQIOM repris en **annexe 3**.

II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE SANTE

L'évaluation des risques pour la santé repose sur le concept "sources - vecteurs - cibles" :

- sources de substances à impact potentiel ;
- transfert des substances par un "vecteur" vers un point d'exposition ;
- exposition à ces substances des populations (ou "cibles") situées au point d'exposition.

Les étapes constituant notre méthode de mise à jour sur le seul paramètre SO₂ d'évaluation des risques pour la santé sont les suivantes (**annexe 7** - guide INERIS 2013) :

Description des sources d'émission du site : Il s'agit de recenser les émissions de substances polluantes, leurs localisations et quantifier les flux : ici seule l'émission de SO₂ du four est révisée.

Description de l'environnement du site : cette étape consiste à cadrer la zone d'étude et effectuer un état des milieux susceptibles d'être affectés et des populations potentiellement exposées aux polluants : les données de 2010 ont été conservées et actualisées.

Toxicologie des substances émises : identification des effets toxiques ou cancérigènes que ces polluants sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme ; étude de la 'relation dose / réponse' et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) : les données de 2010 ont été conservées (**annexe 2** – ERS 2010) sauf pour le SO₂.

Evaluation des niveaux d'exposition : elle comprend notamment le choix des voies d'exposition retenues, la définition des scénarios d'exposition et le calcul, pour les populations cibles, des quantités de polluants absorbées sous la forme d'une dose d'exposition. Seul le scénario inhalation a été mis à jour en raison d'un choix de flux de SO₂ plus fort.

Estimation du risque sanitaire : pour les effets toxiques avec seuil, elle consiste à calculer un quotient de danger en comparant les quantités absorbées aux Valeurs Toxicologiques de Référence. Pour les effets sans seuil, elle consiste à calculer un Excès de Risque Individuel (ERI). Seul le risque relatif au SO₂ a été révisé.

Analyse des incertitudes : discussion des incertitudes à chaque étape de ce calcul de risque sanitaire.

Conclusion : synthèse des résultats et commentaires.

La méthodologie adoptée suit le guide de l'INERIS de 2013 en interprétant les mesures hors-site.

III. INVENTAIRE DES SOURCES D'EMISSIONS

1. LOCALISATION DU SITE

Le site est implanté à Rochefort-sur-Nenon, sur une zone plane à une altitude moyenne de 230 m. Sur la zone d'étude, l'altitude varie au maximum de + 130 m dans toutes les directions.

2. REPERAGE DES EMISSAIRES

Lors d'une visite du site en avril 2010, une vérification visuelle des sources d'émissions a été faite par le chargé d'étude AXE avec l'exploitant. Le fonctionnement du site est resté inchangé depuis 2010, les sources d'émissions sont donc les mêmes.

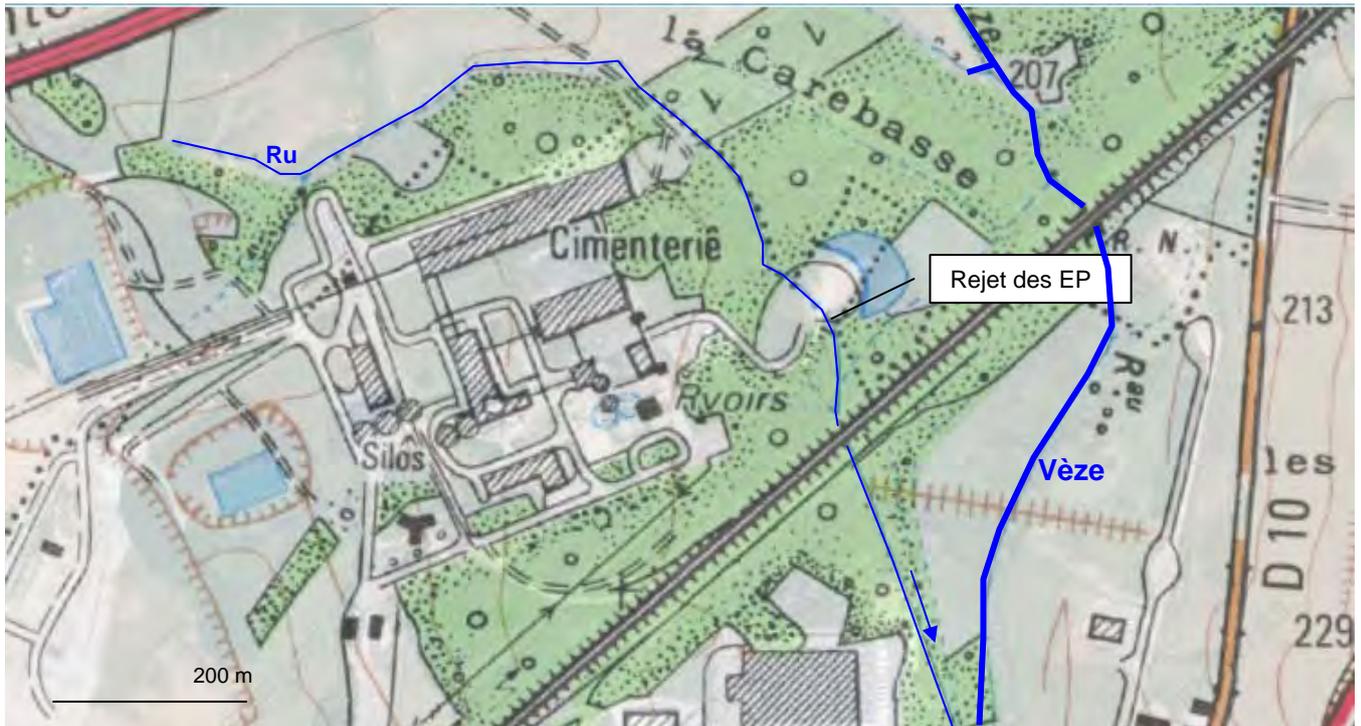
2-1 Effluents liquides

- **Emissions diffuses**

Il n'y a pas de pollution du sol connue, susceptible de diffuser des pollutions souterraines vers les eaux.

- **Emissions canalisées**

La cimenterie ne génère aucun effluent. Au contraire, elle accepte dans son processus des effluents industriels et consomme de l'eau pour la fabrication. Seuls les ruissellements pluviaux sur site constituent des émissions canalisées. Il y a un point de rejet principal, situé au nord-ouest du site et qui aboutit dans un ruisseau venant de la carrière - le *Pierre Mouille* – qui s'écoule ensuite au sud-est de l'autre côté de la voie ferrée, et rejoint la rivière *Véze* à 600 mètres au sud-est.



Point de rejet des effluents pluviaux

2-2 Effluents gazeux

▪ Emissions canalisées

La cimenterie compte quatre cheminées :

- le four, hauteur 80 m
- le broyeur de cru, hauteur 55 m
- le broyeur de ciment, double cheminée de 45 et 53 m
- le broyeur de charbon, hauteur 35 m.

Seul le four émet du SO₂, objet de la présente révision. Ses caractéristiques sont inchangées depuis 2010. La seule source d'émission de SO₂ sur le site reste donc la cheminée du four.

Cheminée du four



- **Emissions diffuses**

Le four est sous un courant d'air très vif (120 000 Nm³/h) canalisé à la cheminée, et empêchant toute émission de gaz diffus.

Les stockages et transports sur site, de pondéreux participent par contre à l'émission de poussières diffuses.

3. NATURE DES EMISSIONS CANALISEES

3-1 Origine

Le tableau suivant fait état des intrants et des process propres au four spécifiquement..

Point de rejet	Intrants	Process
Four	Minéraux + effluents + additifs	Pyrolyse des déchets, cuisson des minéraux

Tableau 1 : Caractéristiques de fonctionnement du four

EQIOM suit les déchets entrée usine conformément à son arrêté préfectoral ; des analyses plus détaillées ont été faites en 2007 pour les essais de pyrolyse.

Les métaux contenus dans les déchets industriels, et sous-produits de la métallurgie, sont

ajoutés au cru en raison d'un déficit en oxyde ferrique de la carrière et sont issus des industries métallurgiques en priorité régionales, tout particulièrement d'acier dur donc riches en chrome et en nickel.

Ces déchets, principalement d'usinage, sont traités par pyrolyse afin d'éliminer les hydrocarbures, cette installation a été mise en service en 2000 pour s'adapter aux plans régionaux de valorisation/élimination des déchets. Ces métaux lourds, ajoutés à ceux en traces contenus dans les minéraux, sont majoritairement piégés dans le clinker résultant de la fabrication ; des traces résiduelles sont rejetées par la cheminée du four.

3-2 Cheminée du four

Parmi les différentes cheminées, seule la cheminée du four est concernée par la problématique d'émission du SO₂ (**annexe 2**).

La cheminée du four émet des poussières, adsorbant des métaux lourds présents dans les fumées.

Ses caractéristiques des cheminées sont récapitulées ci-dessous.

Caractéristiques	Four
Hauteur cheminée (m)	80
Diamètre intérieur cheminée	2,7 ¹
Débit (Nm ³ /h)*	150 000
Vitesse d'éjection (m/s)	12
Température (°C)	115

Tableau 2 : caractéristiques du point de rejet

(*) : débit nominal autorisé dans l'APA, (à 10% O₂ pour le four)

¹ Un diamètre apparent moyen de 2.70 m a en fait été utilisé pour les calculs, sur la base des mesures de débit et de vitesse d'éjection.

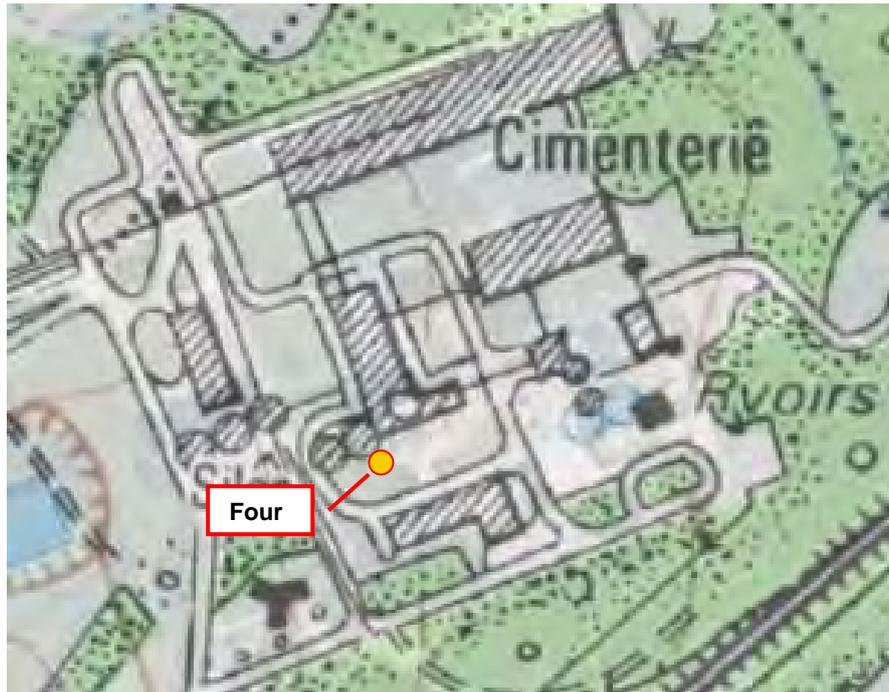


Figure 1 - Plan de la cimenterie

3-3 Flux émis

Le flux de SO_2 pris pour la modélisation de dispersion atmosphérique, résulte du débit potentiel théorique de $165\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$, soit 10 % de marge de sécurité au-dessus du débit maximum autorisé ($150\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$) multiplié par une concentration en $[\text{SO}_2]_{\text{max}} = 700\text{ mg/m}^3$ issue de l'actuel arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter (APA du 17 avril 2007 repris en **annexe 1**).

Il en résulte un flux maxi potentiel pour l'étude $Dm(\text{SO}_2) = 110\% \times Q_{\text{max,four}} \times [\text{SO}_2]_{\text{max}}$
 $= 165\,000 \times 700$, soit $115,5\text{ kg/h}$.

Ce flux potentiel est supérieur à celui sélectionné pour l'ERS 2010 (**annexe 2**) basée sur une concentration de 300 mg/Nm³ (concentration maximale recensée entre 2005 et 2009) et un débit nominal des fumées de 150 000 Nm³/h au four.

La cheminée considérée pour les émissions de dioxyde de soufre est celle du four. Les données d'émission pour les autres polluants recensés et nécessaires au calcul de risque sont celles de 2010.

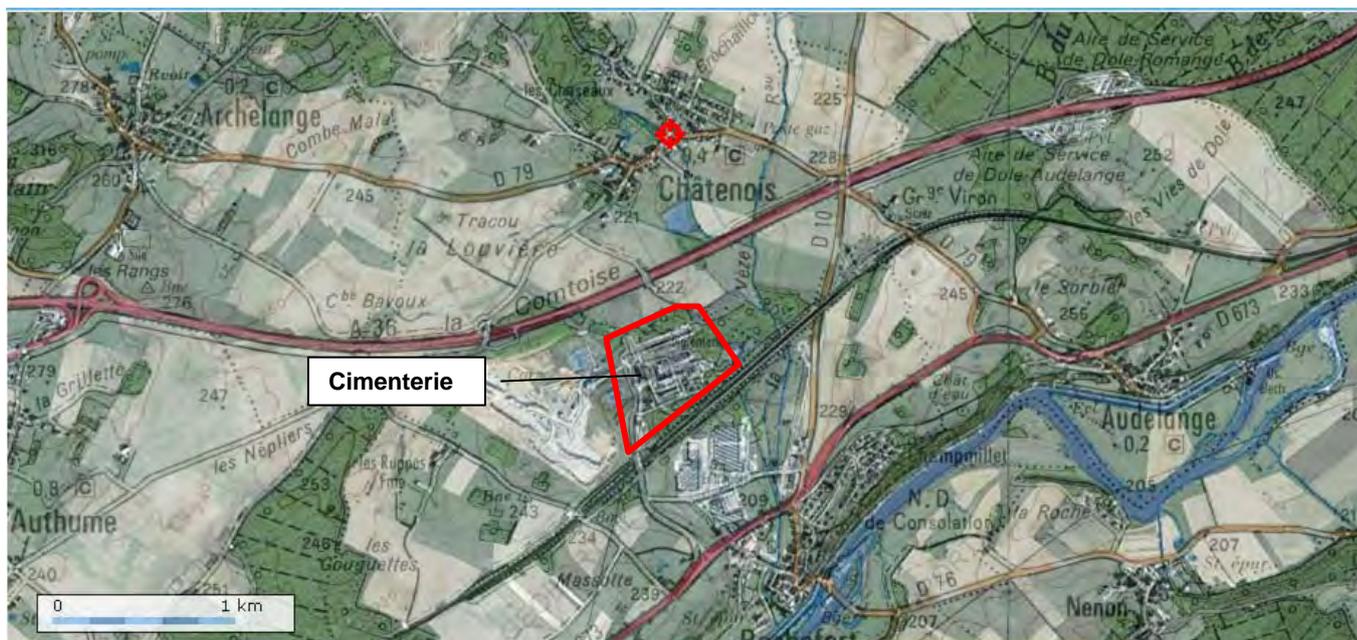
Les données concernant le dioxyde de soufre sont celles de l'arrêté préfectoral d'autorisation majorées de 10%.

IV. ZONE D'ETUDE

1. SITUATION GENERALE DE L'ETABLISSEMENT

La cimenterie d'EQIOM est implantée sur une zone industrielle de la commune de Rochefort-sur-Nenon, dans le département du Jura (39), en milieu rural. L'établissement est entouré par les grands ensembles suivants :

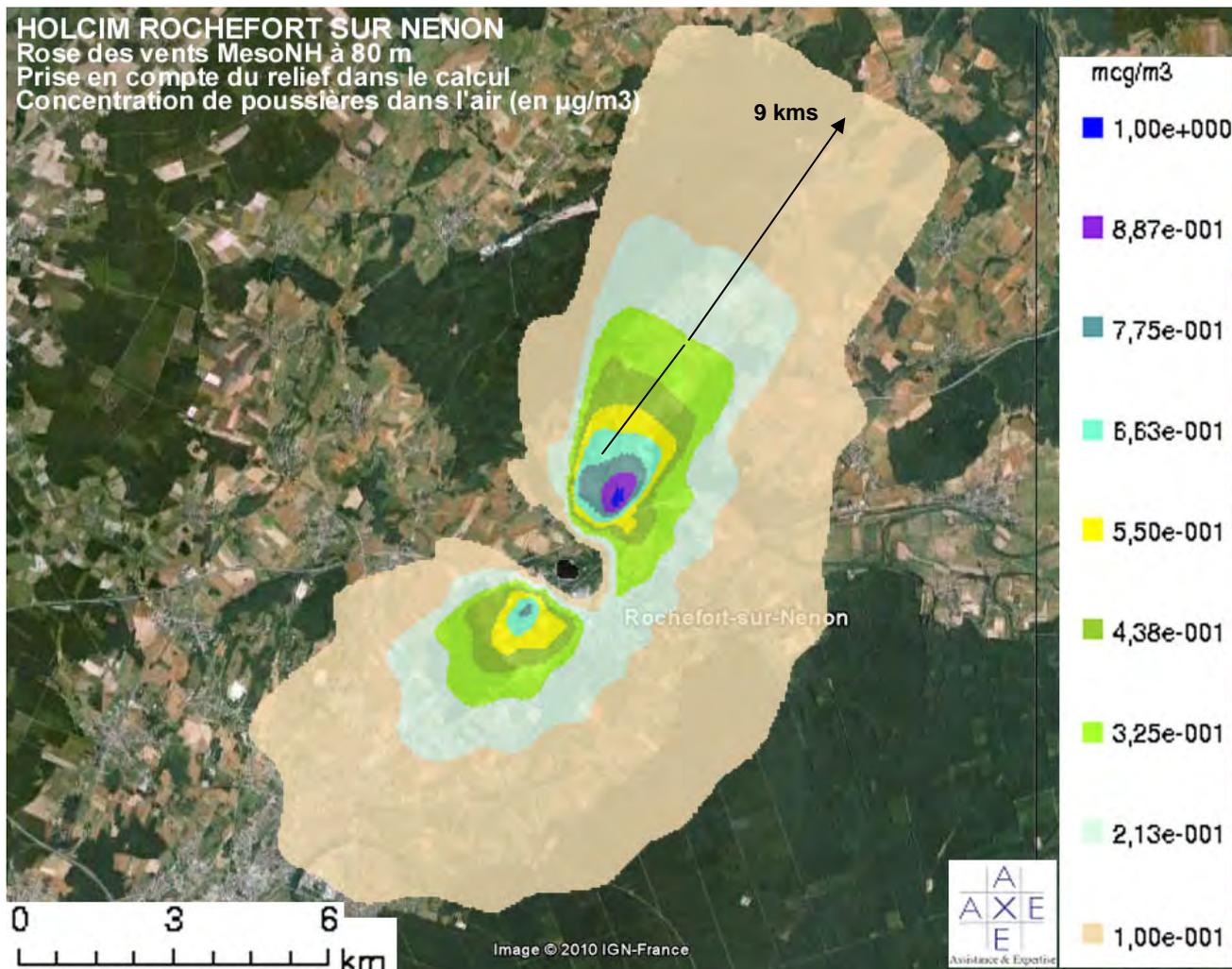
- A l'Est :
 - par la voie SNCF Paris-Besançon,
 - par la Zone Industrielle,
 - par la départementale 10 Rochefort-Amange et des parcelles agricoles au-delà.
- Au Nord :
 - par l'autoroute A36 reliant Dole à Besançon,
 - par des parcelles agricoles et la commune de Châtenois.
- Au Sud :
 - par la voie SNCF Paris-Besançon,
 - par la Zone Industrielle et la Nationale 73 au-delà.
- A l'Ouest :
 - par la carrière associée à la cimenterie,
 - par l'autoroute A36 reliant Dole à Besançon et des parcelles agricoles au-delà.



2. LIMITES DE LA ZONE D'ETUDE

Pour définir les limites de la zone d'étude, nous nous basons sur une carte de dispersion du rejet atmosphérique canalisé du site : effet conjugué des quatre cheminées (broyeurs et four) en estimant le rayon d'influence des émissions atmosphériques des polluants gazeux caractéristiques de l'activité considérée. Le rayon d'influence retenu est celui pour laquelle les concentrations dans l'air calculées sont au moins égales au $1/10^{\text{ème}}$ de la concentration maximale modélisée (Réf : Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans l'étude d'impact d'une UIOM, Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE), novembre 2003).

La modélisation des poussières sert de base pour cet exercice puisque de nombreux polluants sont transportés sous forme adsorbée sur celles-ci, comme les métaux. Les modalités du calcul de modélisation réalisé par AXE en 2010 sous *ARIA*, sur la base des mesures à l'émission maximales observées entre 2005 et 2010 [source : Eqiom], sont expliquées en **annexe 6**. La rose des vents utilisée est celle estimée par Météo France à Tavaux, comme représentative des vents statistiques à 80 m de hauteur au-dessus du sol à Rochefort Nennon.



La zone d'étude est celle de 2010.
 Le rayon de la zone d'étude est de l'ordre de 9 kms à partir du site ; la superficie est environ de 45 km² (9 km x 5 km).
 Le milieu considéré est de type rural.

V. POPULATIONS SUSCEPTIBLES D'ETRE EXPOSEES ET IEM

L'étude de l'environnement du site permet de recenser les 'cibles' potentielles de ces émissions atmosphériques : état des milieux et riverains susceptibles d'être exposés chroniquement. On peut aussi repérer dans la zone d'étude les sources d'émissions atmosphériques autres que la cimenterie.

1. AUTRES SOURCES D'EMISSIONS A PROXIMITE

Les voies de circulation sont des sources d'émissions diffuses de poussières et gaz :

Voie	Affectation	Trafic			Distance au site (m)	Direction
		Année de comptage	Véhicules / jour	dont PL		
A36	Tourisme et marchandises	Non fourni par Autoroutes Paris-Rhin-Rhône			200 m	Nord
N73	Tourisme et marchandises	2004	Sud de Rochefort : 12 267 véh./jour Nord de Rochefort : 8 462 véh./jour	1 500 1 221	750 m	Sud-Est
D10	Tourisme et riverains	2004	2 378 véh./jour	252	500 m	Est
D79	Tourisme et riverains	2002	326 véh./jour	41	850 m	Nord
Voie d'accès au site depuis la N73	Tourisme et marchandises	Pas de comptage disponible			Dessert le site et la zone industrielle en amont	

Tableau 3 : trafic routier

L'autoroute A36 notamment et la N73 représentent une source de pollution atmosphérique locale significative.

2. POPULATIONS CONCERNEES DANS LA ZONE D'ETUDE

Aux quatre points cardinaux, les habitations les plus proches du site sont les suivantes :

Habitations	Nature	Distance / site	Direction
Habitations Rochefort-sur-Nenon (chemin de la cimenterie)	Maison individuelle	750 m	Sud
Habitations Rochefort-sur-Nenon	Maison individuelle	750 m	Est
Habitations Châtenois	Maison individuelle	625 m	Nord

Tableau 4 : *Habitations les plus proches*

Communes avoisinantes

	Distance à la cimenterie	Orientation / site	Population Recensement 1999
Rochefort-sur-Nenon	1,4 km	Sud-Est	641 habitants
Châtenois	1,4 km	Nord	355 habitants
Archelange	3 km	Nord-Ouest	213 habitants
Authume	3,7 km	Ouest	776 habitants

Tableau 5 : *Communes avoisinantes*

Agriculture

▪ Cultures

Les activités agricoles dans l'environnement d'EQIOM sont principalement représentées par la culture de céréales et des prairies pour l'élevage de bovins avec production laitière.



▪ **Chasse**

Selon la fédération des chasseurs, les chasses dans l'environnement du site EQIOM sont des chasses privées et communales. Les animaux chassés sont le cerf, le sanglier, le chevreuil, le lapin de Garenne, le lièvre, le faisan.

Commerces et autres E.R.P

Etablissement	Activité	Adresse	Distance / site	Orientation
Résidence des Courcelles	Maison de retraite	9, avenue Jean François Thomassin	1km	Sue-Est
Jura Poids Lourds SARL	Garage réparation poids	2 rue des métiers	675 m	Sud-Est
SOGEDO	Distribution d'eau	3 rue des métiers	700 m	Sud-Est
Rochefort Auto	Garage réparation	5 rue des métiers	700 m	Sud-Est
Stade	Plaine de jeu et terrains de tennis	1 espace du 8 mai rue barbière	800 m	Sud-Est
Ecole et Mairie Rochefort-sur-	Ecole et mairie	2 et 4 rue du moulin	1 300 m	Sud-Est
Salle polyvalente Rochefort-sur-Nenon	Salle polyvalente	Rue du moulin	1 300 m	Sud-Est

Tableau 6 : E.R.P dans la zone d'étude

Activités industrielles ; entreprises

Etablissement	Activité	Adresse	Distance site	Orientation
Pro à Pro	Entrepôt de stockage d'articles pour la grande consommation (alimentation générale)	4 rue des entrepôts	300 m	Sud
Intermarché	Entrepôts et magasins généraux	6 rue des entrepôts	200 m	Sud Est
Euroraulet SAS	Fabrication de pâtes ménagères réfrigérées	2 rue de la croix blanche	600 m	Sud/Sud-Est
Chazal SA	Charcuterie - traiteur (gros)	7 rue des métiers	600 m	Sud-Est
Eqiom Mortier (Mauer)	Fabrication de matériaux de construction (enduits)	9 rue des métiers	570 m	Sud-Est
Trans Environnement	Récupération et traitement des déchets	10 rue des métiers	550 m	Sud-Est

Tableau 7 : Entreprises locales

Plusieurs sources de pollution atmosphérique se trouvent autour du site. Les cibles considérées sont les habitations et les établissements recevant du public qui sont situées aux points de retombées maximales.

3. LES MILIEUX D'EXPOSITION

3-1 L'air

L'association de surveillance de la qualité de l'air - ATMO - possède une station fixe sur la commune de Chatenois et suit les paramètres SO₂ et poussières totales sous les vents des retombées de la cimenterie.

Station Mesure Données Date	CHATENOIS PM 10+RST Mensuelle Valeur (µg/m ³)	2007	CHATENOIS SO ₂ Mensuelle Valeur (µg/m ³)
janv-07	20,9		3,3
févr-07	30,5		5
mars-07	21,8		5,9
avr-07	27,9		1,1
mai-07	21		0,8
juin-07	24,3		0,4
juil-07	20,9		0,7
août-07	20,1		0,3
oct-07	32,4		0,3
nov-07	28,2		0,6
déc-07	29,3		0,4
Moyenne	25,2		1,7
Percentile 98	52,6		6,9
Percentile 50	22,4		0,5
Percentile 90,4	40,5		5,5
Taux Fct	98,6		98,9
Date Maxi	21/12/2007 01:00	Date Maxi	24/02/2007 06:00
Maximum journalier	87,7	Maximum horaire	37,2
Juillet 2016	10,85		2,88
Août 2016	9,58		3,21
Septembre 2016	9,26		3,02

Tableau 8 : Mesures de qualité d'air

Commentaire :

La baisse des émissions du principal broyeur (cru) en mai 2016 peut expliquer la baisse des poussières à Châtenois. La hausse des teneurs en SO₂ peut être due en partie à l'exploitation d'un gisement minéral plus concentré.

Concernant les autres polluants, nous avons procédé à une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets gazeux canalisés de la cimenterie.

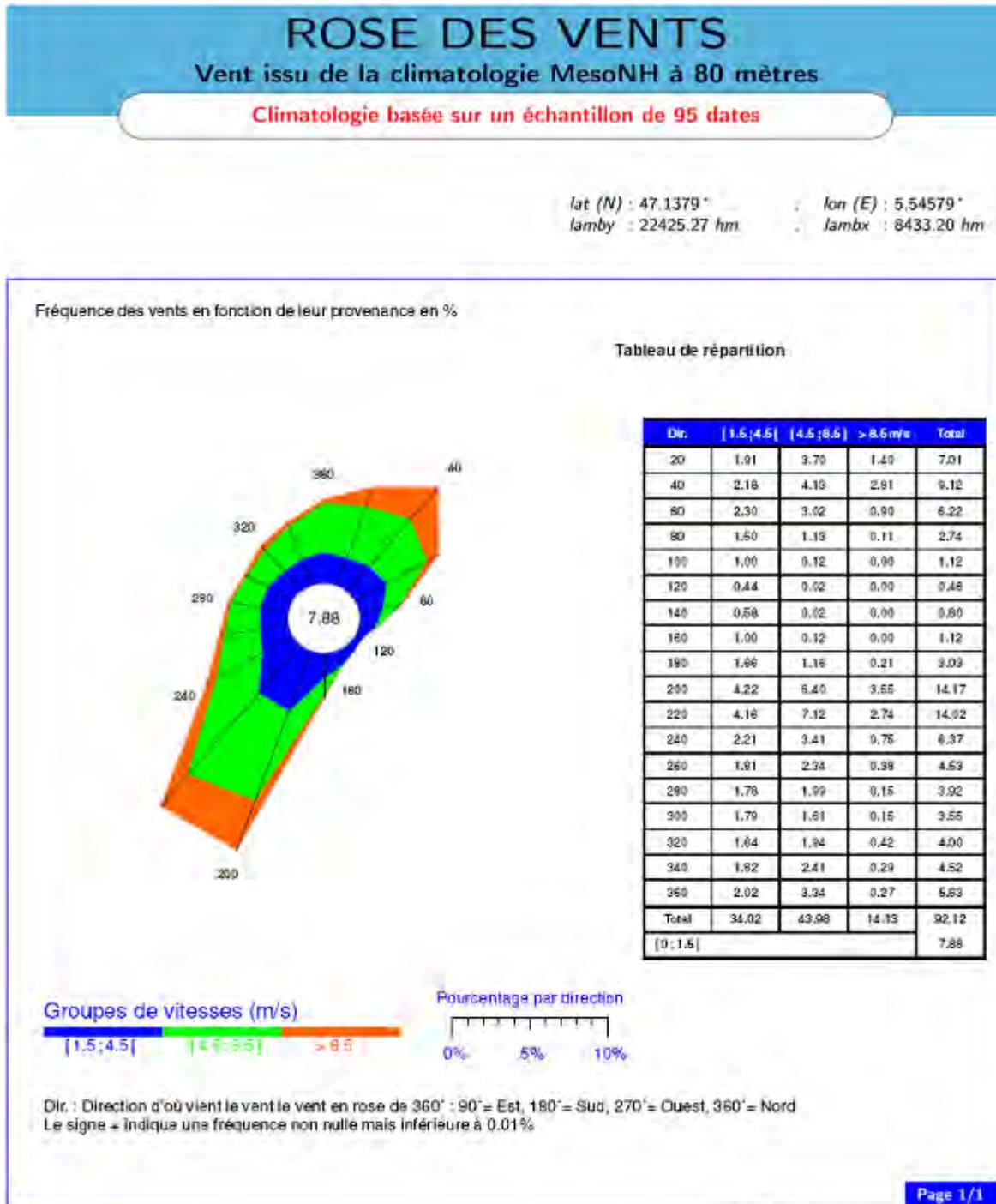
Outils et méthode

Les cartes de concentrations dans la zone d'études sont éditées pour la rose des vents calculée par METEO FRANCE extrapolée pour le lieu du site (à 80 m au-dessus du sol). Au niveau de Rochefort, les vents se répartissent selon deux secteurs dominants :

- Vents de NORD EST, toutes vitesses confondues (> 2m/s), les vents entre 0 et 90°représentent 21 % des cas ;
- vents de SUD-OUEST, toutes vitesses confondues (> 2m/s), les vents entre 180 et 270° représentent 49 %.

Données d'entrée utilisées pour la modélisation : concentration en SO₂ de 700 mg/Nm³ au débit maximal autorisé par l'arrêté préfectoral du site augmenté de 10%.

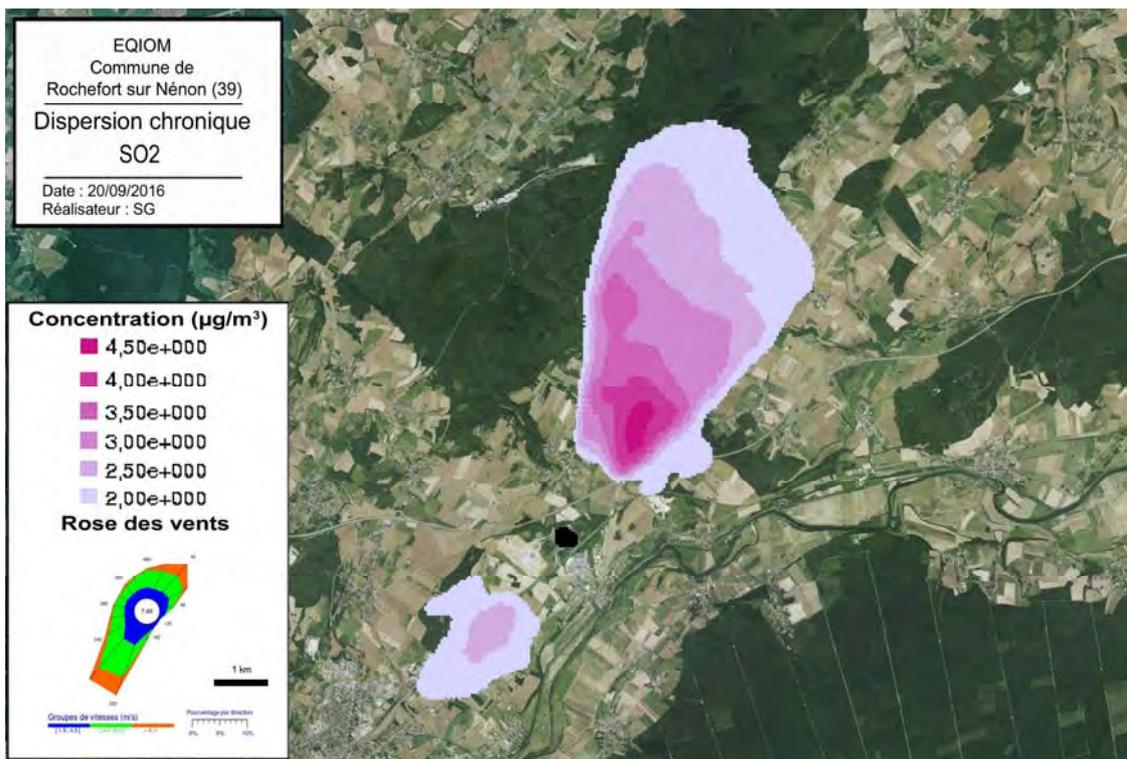
Figure 2 - Rose des vents modélisée à 80 m



Edité le : 01/04/2010 dans l'état de la base

Figure 3 - Résultats des calculs sous le logiciel Aria-impact des concentrations en SO₂ modélisées à Chatenois

	Conc en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	distance (m)	Dépôt en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$	Distance (m)
SO ₂	1,33	2500		



Carte de dispersion du dioxyde de soufre (ARIA – AXE 2016)

Nota

Ces modélisations (poussières et SO₂) avaient également été refaites avec une autre rose des vents, moins pertinentes : celle de la station de Tavaux, qui est éloignée de plus de 16 km au cours de l'ERS 2010 reprise en **annexe 2**.

4. INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX

4-1 Poussières

On observe que la carte de dispersion ci-avant pour les poussières, indique des concentrations de l'ordre du microgramme par m³ au maximum², alors que les mesures à Chatenois indiquaient à l'été 2016 des valeurs de l'ordre d'une dizaine de µg/m³ (cf. p22). Il y a donc d'autres sources de poussières au voisinage de cette station de mesure (autoroute).

Par conséquent, l'état du milieu vis-à-vis de ce paramètre n'est **pas dégradé**.

4-2 Le dioxyde de soufre

La modélisation ARIA - 2016 sur la base d'une émission potentielle maximale de 700 mg/ m³ + 10%, prévoit³ une teneur moyenne annuelle au point le plus exposé (à 2.6 km au NE du site) de 4.7 µg/m³, et une teneur de 1.3 µg/m³ à Chatenois, à 1.5 kms au NE de la cimenterie. Les mesures de terrain par ATMO l'été 2016 à Chatenois indiquent des valeurs de 3 à 5 µg/m³ avec quelques pics au-dessus (cf. graphe ci-dessous).

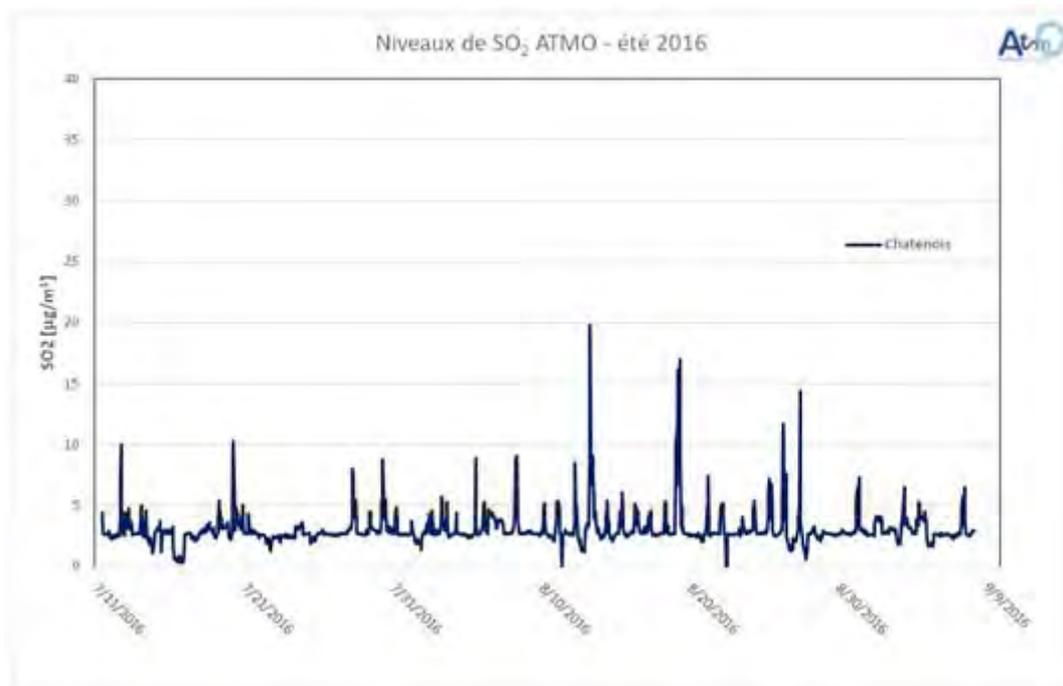


Figure 4 - Graphique de suivi des mesures de concentration dans l'air en SO₂ mené par l'entreprise ATMO à l'été 2016

² La dispersion APAVE 2007, à partir de la rose des vents de Tavaux, indiquait un maximum de 0.8 µg/m³.

³ Avec des données météo statistiques moyennes.

Ceci pourrait indiquer que la contribution de la cimenterie au bruit de fond SO2 local, est partielle en raison :

- d'une part de l'étendue du panache, en raison de la hauteur de cheminée ;
- d'autre part de l'apport local de SO2, probablement l'autoroute.

Par conséquent, l'état du milieu vis-à-vis de ce paramètre est **légèrement impacté** par la cimenterie, tout en restant dans les concentrations de type rural (modérées).

5. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES MILIEUX

Concernant l'air, la contribution de la cimenterie aux teneurs de l'air en SO2 est faible dans le secteur. Toutefois, considérant qu'elle atteint le tiers en un point maximal du panache, le calcul de risque sanitaire SO2 est justifié.

MILIEU DE TRANSFERT	Situation d'exposition de populations
Air (inhalation)	Habitations auprès du point de retombées

Tableau 9 : Milieux de transferts à considérer

Les voies de transfert des substances retenues dans la suite de l'étude sont :

- L'inhalation directe (en zone de concentrations maximales).

VI. SELECTION DES SUBSTANCES ET IDENTIFICATION DU DANGER

Cette partie a pour but de définir les effets sur l'homme et les valeurs toxicologiques de référence pour les différents polluants émis par l'installation. Sur la base des données disponibles, une sélection des substances « traceurs de risques » a été réalisée ; l'objet de cette sélection est d'identifier les substances toxiques émises qui sont des déterminants essentiels du risque potentiel lié au site.

On entend par polluants "**traceurs du risque**" les substances choisies pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS), car les plus significatives.

Le choix repose sur un ensemble de critères (dangerosité, quantité, caractéristiques physico-chimiques) appliqués de façon identique à toutes les substances inventoriées. Un seul critère pris indépendamment des autres n'est pas suffisant pour justifier du choix (ou non) d'une substance.

Les informations concernant les données toxicologiques ont été recherchées auprès de l'INERIS, de l'INRS et des différentes bases de données disponibles sur les composés (cf paragraphe ' *Toxicité et valeurs toxicologiques de référence*).

1. DEFINITIONS PREALABLES

Les deux catégories d'effets toxiques

Deux grands types d'effets toxiques sont distingués : les effets cancérogènes et les effets non cancérogènes. Ils sont décrits ci-dessous.

Les Effets cancérogènes

Ils peuvent être de deux types :

- Les **effets cancérogènes génotoxiques**, qui altèrent les gènes et induisent le plus souvent des mutations. Dans ce cas, on considère que la dose la plus faible (une seule molécule/g en théorie) est suffisante pour provoquer un effet à long terme : il

n'y a donc **pas de seuil** au-delà duquel la substance devient toxique, contrairement aux :

- Les **effets cancérogènes non génotoxiques donc non mutagènes** pour lesquels **on admet un seuil d'effet** : le produit devient toxique au-delà d'un certain niveau d'exposition.

Les effets non cancérogènes

Pour ce type d'effets (ex : dermatites, irritations bronchiques, etc.), on admet également que les composés ne sont toxiques qu'au delà d'un certain niveau d'exposition, appelé seuil.

Toxicité et Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

L'intensité de la réaction d'un organisme vivant à un toxique dépend de la dose à laquelle il est exposé. Pour les besoins de l'évaluation quantitative des risques sanitaires, la relation entre la dose d'un toxique et la réaction qu'il engendre (appelée relation dose-réponse) est représentée par une entité numérique appelée « **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)** ». Cette valeur, spécifique à chaque substance, permet d'estimer le risque de survenue d'un effet indésirable pour une exposition quelconque à cette substance.

- **Pour les effets sans seuil**, on exprime la VTR d'un produit par la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose de la substance. C'est ce qu'on appelle l'Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer. Par exemple, pour une concentration de benzène de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air, l'ERU est de 4,4 à $7,5 \cdot 10^{-6}$, soit un risque compris entre 4,4 et 7,5 cas de leucémie pour un million de personnes en plus du risque général, pour une exposition vie entière (calculée sur 70 ans).
- **Pour les effets toxiques avec seuil**, la VTR représente précisément le seuil, c'est à dire la dose en dessous de laquelle le risque ne peut apparaître. Pour une exposition par ingestion, on parle de Dose Journalière Admissible (DJA) ou Dose Journalière Tolérable (DJT), pour une exposition par inhalation de Concentration Admissible dans l'Air (CAA). Une exposition inférieure à la DJA est sensée ne provoquer aucun effet sur les organismes « vie durant ».

Pour la détermination des valeurs toxicologiques de référence, les 7 bases de données nationales et internationales ont été consultées, à savoir :

- ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail),

- US-EPA (United States - Environmental Protection Agency – Base de données IRIS),
- ATSDR (United States - Environmental Protection Agency),
- l’OMS (Organisation Mondiale de la Santé) / IPCS (International Program on Chemical Safety – Base de données INCHEM),
- Health Canada,
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l’Environnement (Pays-bas)),
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment, antenne californienne de l’US-EPA).

Dans le cas où plusieurs VTR ou ERU existent dans les bases de données pour un même effet critique, une même voie et une même durée d’exposition, la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative à la sélection des VTR et ERU dans le cadre des évaluations des risques sanitaires, recommande de sélectionner la valeur de référence dans la première base de données dans laquelle elle a été retrouvée, en respectant la hiérarchisation suivante :

- Pour les substances à effets à seuil (VTR) : successivement ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS, Santé Canada, et RIVM.
- Pour les substances à effets sans seuil (ERU) : successivement ANSES, US-EPA, OMS, RIVM et OEHHA.

2. SELECTION DES SUBSTANCES

Sans objet dans le cas présent étant donné que seul le SO₂ est concerné (la sélection menée en 2010 et reprise en **annexe 2** fait foi pour les autres substances traceurs de risque).

3. TOXICOLOGIE DU DIOXYDE DE SOUFFRE

Comportement

Le dioxyde de soufre est très soluble dans l'eau ou il est oxydé en ion sulfates. Dans les sols, il est plus ou moins absorbé, en fonction du pH et de la composition du milieu. Dans l'atmosphère, le dioxyde de soufre est majoritairement présent sous forme gazeuse. Suite aux réactions photochimiques et chimiques, il se transforme en SO₃.

Voies d'exposition

Chez l'homme, la principale voie d'exposition au SO₂ est l'inhalation. C'est un gaz très soluble dans l'eau qui est rapidement absorbé par les muqueuses des voies respiratoires supérieures. Le nez absorbe la majorité du SO₂ inhalé. La respiration par la bouche augmente sensiblement la quantité de SO₂ atteignant les poumons.

Devenir dans l'organisme

Le SO₂ absorbé passe dans le sang pour être distribué dans tout l'organisme. Les sulfites réagissent avec les protéines plasmatiques pour former des S-sulfonates et peuvent aussi réagir avec l'ADN. La détoxification a lieu essentiellement au niveau hépatique par oxydation en sulfates (via l'enzyme sulfite oxydase), éliminés dans les urines.

Toxicité chronique

Chez l'homme, en cas d'exposition environnementale, des symptômes respiratoires sont observés de façon plus fréquente chez les individus les plus sensibles pour des niveaux d'exposition de 68-275 Jg.m⁻³ souvent en présence de particules inhalables. L'exposition professionnelle au SO₂ semble induire des altérations qui refléteraient plus un mécanisme d'irritation local qu'une altération neurologique. Les études menées chez l'animal confirment les résultats observés chez l'homme : les principaux effets du SO₂ correspondent à des atteintes du tractus respiratoire. Les effets oxydatifs du SO₂ au niveau des érythrocytes sont également décrits ainsi que des effets hépatiques.

Effets cancérigènes

Le SO₂ n'est classé pas cancérigène par l'UE, l'IARC le classe dans le groupe 3 et l'US EPA ne l'a pas évalué. Les études chez l'homme ne rapportent pas d'effet cancérigène.

Effets sur la reproduction

Chez l'homme, aucune étude concernant les expositions environnementales au SO₂ et leur impact sur la reproduction et le développement n'a mis en évidence une relation de causalité. Une étude a mis en relation l'exposition au SO₂ et la naissance d'enfants de faible poids.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 10 : VTR retenues pour le dioxyde de soufre

Substance	N° CAS	INHALATION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Dioxyde de soufre	7446-09-15	1998	ATSDR	3,00E-02	x	x	x

Documents de référence

- Fiche INERIS-DRC-11-117259-10352A– version n°2 du 02/09/2011.

Substance	N° CAS	INHALATION	
		organe cible principal	taux d'absorption
Dioxyde de soufre	7446-09-15	Sang, SR	40-90%

Légende

SR système respiratoire

SNC système nerveux central

Tableau 11 : organes susceptibles d'être affectés

Nota : les substances visant les mêmes organes feront l'objet d'une additivité des risques calculés (QD) à savoir :

$\Sigma QD/SR : QD(Cd+Cr VI+Ni+SO_2)$

$\Sigma QD/SNC : QD(As+Mn)$

$\Sigma QD/Sang : QD(Benzène+SO_2)$

REMARQUE

1. Les valeurs toxicologiques de référence retenues et les organes cibles de chaque substance traceuse de risque proviennent des différentes bases de données officielles et retenues conformément au logigramme de sélection repris par la circulaire du 31 octobre 2014 dont un extrait est repris en **annexe 8**.

2. Le guide INERIS de 2013 prescrit de sommer les QD des substances provoquant le même effet sur le même organe (**annexe 7**). Comme indiqué en partie 3, le dioxyde de soufre a principalement pour cible le système respiratoire et le sang. Nous sommerons ainsi le QD du SO₂ obtenu en 2016 aux QD obtenus en 2010 des substances ayant pour cible les mêmes organes comme rappelé au chapitre « Toxicologie » du rapport 2010 en **annexe 2** du présent rapport.

VII. SCENARIOS D'EXPOSITION DES POPULATIONS

1. DESCRIPTION DES VOIES D'EXPOSITION

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une usine émettrice de substances dans l'atmosphère, peut se produire directement, par inhalation des polluants transférés dans l'air ou indirectement via les retombées au sol et sur les végétaux. Les scénarios d'exposition par ingestion de végétaux ou contact avec le sol restent inchangés par rapport à l'EQRS 2010 et ne sont donc pas repris ici : seule l'inhalation est modifiée vis-à-vis du SO₂ car il n'est pas particulaire.

1-1 Exposition par inhalation

Nous considérons dans une hypothèse maximaliste pour cette voie d'exposition une habitation qui pourrait (à l'avenir) se situer à l'endroit de concentrations maximales c'est-à-dire à 2 kms au Nord-nord-ouest des cheminées.

Si les taux de pénétration dans les locaux influencent également les expositions, l'étude fait l'hypothèse d'équilibre des concentrations à l'extérieur et dans les bâtiments. Les concentrations dans l'air considérées sont celles modélisées, afin d'estimer les « excès de risque sanitaires » attribuables à la cimenterie seule, sans prendre en compte le bruit de fond local. Ceci est d'autant plus justifié que le site est en milieu non urbain.

1-2 Scénario retenu et schéma conceptuel

Le scénario d'exposition suivant intègre les concentrations dans les milieux d'exposition, en polluants gazeux et particulaires, retenus comme traceurs de risque (Cf. VI.2).

Nous retenons ainsi un scénario d'exposition :

- Scénario 1 : exposition par **inhalation de l'air** pour les riverains au point de concentrations maximales sous les vents dominants, exposition **d'enfants et adultes résidant une vie entière** au même endroit.

Le secteur au niveau duquel les valeurs de contribution d'EQIOM en termes de concentrations dans l'air sont susceptibles d'être à leurs valeurs maximales peut être visualisé sur les cartes présentées ci-avant.

Le schéma conceptuel de la situation d'exposition de ce scénario figure ci-dessous.

Scénario Inhalation



2. SCENARIO D'EXPOSITION PAR INHALATION

2-1 Définitions

✓ CALCUL DE RISQUE POUR LES EFFETS A SEUIL

Pour les effets avec seuil, le quotient de danger (QD) est calculé en divisant la concentration Inhalée (CI) par la valeur toxicologique de référence (VTR)

$$QD = Cm \times VTR$$

Où Cm est la concentration moyenne inhalée : $Cm = Ci \times Fe$

avec Fe facteur d'exposition : $Fe = Ti / 24 \times nb \text{ jours} / 365$ Ti : temps d'exposition en h / jour

Le terme QD (quotient de danger), qui exprime le niveau de risque, est établi par le rapport entre la concentration d'exposition et la valeur toxicologique de référence. Lorsque ce terme est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable. Au-delà de 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue.

✓ CALCUL DE RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL

Pour les effets sans seuil, un excès de risque Individuel (ERI) est calculé en multipliant la Concentration Inhalée (CI) par le Risque Unitaire par inhalation (ERU).

$$ERI = Cm \times ERU \times T/70$$

où l'ERI représente la probabilité qu'à un individu de développer l'effet associé à la substance durant toute l'exposition (T années) et le tout rapportée à une durée de vie prise par convention égale à 70 ans.

Un excès de risque individuel (ERI) inférieur ou de l'ordre de grandeur de 10^{-5} est une valeur reconnue comme acceptable par la communauté scientifique pour la santé des populations. Au-delà de 10^{-5} , l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue.

2-2 Hypothèses et données

En ce qui concerne la voie par inhalation, le calcul de risque est réalisé en utilisant la valeur maximale des concentrations de gaz, déterminées sur la zone d'étude, pour un individu résidant toute l'année dans la zone de concentration maximale (hypothèse majorante). Pour les effets sans seuils, il est considéré une exposition durant une vie entière.

En ce qui concerne les métaux lourds adsorbés, on procède comme pour les gaz, avec leurs VTR pour la voie inhalation.

2-3 Calculs

Il résulte de l'application des formules ci-avant les QD et ERI calculés comme suit pour les substances retenues comme traceurs de risque.

	Emissions Four mg/Nm ³	Broyeurs + four g/h	Concentration Cmax µg/m ³	VTRt mg/m ³	Qd	VTRc (mg/m ³) ⁻¹	T/Tm		
							Enfant = 0,21	adulte = 0,61	
x Benzène	45	9,58E+03	0,09	3,0E-02	0,003	7,8E-03	4,3E-07		
x As	5,8E-02	9,9E+00	4,1E-04	3,0E-04	0,001	4,3E+00	1,1E-06		
x Cd	4,7E-03	7,1E-01	2,6E-05	1,0E-05	0,003	1,8E+00	2,8E-08		
x Cr	6,7E-03	1,9E+00	1,3E-04	1,0E-04	0,001	1,2E+01	9,3E-07		
x Mn	1,1E+00	2,1E+02	1,0E-02	5,0E-05	0,200	x			
x Ni	6,9E-02	1,2E+01	5,4E-04	9,0E-05	0,006	3,8E-01	1,3E-07		
x SO2	7,0E+02		4,7E+00	3,0E-02	0,157	x			
Σ ERI =							2,2E-06		
Qd = CJE / VTR x F									
où F fréquence d'exposition prise par précaution à 24 h/ 25 et 365 j/ an soit F=1									
ERI = CJE x VTR x F x (T/Tm)									
où Tm durée de vie = 70 ans par convention et T durée d'exposition = 7 ans enfant ou 43 ans adulte ou 20 ans pers. âgée									

Tableau 12 : calcul de risque par inhalation

✓ **ADDITION DES EFFETS TOXIQUES**

Le calcul de risque cancérigène (effet sans seuils) s'effectue en additionnant tous les ERI, mais par contre, le calcul de risque toxique s'applique à chaque substance prise individuellement. Cependant, malgré les incertitudes scientifiques quant aux effets combinés, la pratique courante consiste à additionner ensuite les indices de risques liés aux différentes substances pour une même voie d'exposition à condition qu'elles visent le même organe.

Inhalation	QD	Sang	Peau	SNC	Digest.	SR	Reins
Benzène	3,0E-03	x 3,0E-03					
Arsenic	4,7E-04		x 4,7E-04	x 4,7E-04	x 4,7E-04		
Cadmium	2,6E-03					x 2,6E-03	x 2,6E-03
Chrome IV	1,3E-03					x 1,3E-03	
Manganèse	2,0E-01			x 2,0E-01			
Nickel	6,0E-03					x 6,0E-03	
Dioxyde de soufre	1,6E-01	x 1,6E-01				x 1,6E-01	
	Σ QD =	1,6E-01	4,7E-04	2,0E-01	4,7E-04	1,7E-01	2,6E-03

Tableau 13 : Additivité des risques inhalation

Les deux encadrés en rouge rappellent le quotient de danger obtenu en sommant les quotients de danger obtenus en 2010 des substances traceurs de risques ayant un effet toxique avéré sur le système respiratoire et sanguin (les deux cibles du dioxyde de soufre comme rappelé précédemment) et celui obtenu pour le SO₂ en 2016.

Cette somme reste en deçà du seuil de 1 fixé par l'INERIS. Ce qui nous permet de conclure sur l'absence de risque toxicologique induit par le SO₂ aux vues des hypothèses d'émission considérées.

VII. DISCUSSION

Les incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires relèvent de :

- a) Les choix de données d'entrée pour l'étude des différentes voies d'exposition : faible incertitude car de nombreuses mesures à l'émission existent, avec faible incertitudes parmi ces données car il s'agit de mesures en continu ;
- b) la modélisation atmosphérique, faible incertitude, car les différentes modélisations (APAVE 2007, Norisko 2008, AXE 2010) donnent des résultats assez proches et la dernière modélisation AXE 2016 est cohérente avec une modélisation de ATMO sur l'année 2015 (**annexe 3**) d'une part et d'autre part les mesures ATMO de l'été 2016 ;
- c) les VTR : c'est toujours une source notable d'incertitude, d'autant plus que la règle de l'art en la matière n'est pas de choisir la VTR la plus « solide » (facteur intrinsèque d'incertitude) mais celle désignée par la base de données officielle.

En tout état de cause, vis à vis de ces incertitudes, les hypothèses majorantes ont été retenues tout au long de la démarche d'évaluation du risque :

Incertitude	Choix retenu
Flux à l'émission utilisés pour l'étude de la dispersion des polluants.	Les flux de SO ₂ émis à l'atmosphère ont été calculés sur la base du débit maximal de l'AP majorée de 10% (165000Nm ³ /h au lieu de 150000) et en prenant une concentration à l'émission de 700 mg/Nm ³ au lieu de 300).
Durée d'exposition d'un riverain	365 j / an, ce qui ne tient pas compte de l'arrêt annuel de l'usine.
Existence d'une population sensible dans la zone d'étude.	Étude réalisée en considérant une population résidant dans la zone de concentrations et retombées maximales.
Durée d'exposition des populations concernées.	100 % de temps de présence dans la zone de concentrations et de retombées maximales or en réalité les personnes ont rarement à la fois leur lieu de résidence et leur lieu de travail au même endroit.

Plusieurs incertitudes demeurent, notamment le choix des données et la modélisation de dispersion atmosphérique. Néanmoins, les hypothèses retenues pour l'étude sont toutes majorantes.

X. CONCLUSION SUR LES RISQUES APRES ACTUALISATION DU SO₂

Compte tenu des données de l'étude des risques 2010, il s'avère qu'un rejet actualisé au maximal théorique de 700 mg- SO₂ /m³ à la cheminée du four, ne présenterait pas d'effet sanitaire sur la santé publique ; les quotients de danger calculés pour les substances sont en effet inférieurs à la limite admissible de 1.

Notamment concernant le SO₂, le quotient de danger demeure inférieur à au sixième de cette limite (QD SO₂ = 0.16) pour l'inhalation.

IX. RESUME NON TECHNIQUE

▪ CONTEXTE

En réponse à une évolution réglementaire relative aux IED concernant les concentrations limites à l'émission (VLE), la présente EQRS vise à s'assurer de l'absence de risque sanitaire pour le flux maximal potentiel de dioxyde de soufre à la cheminée du four, tel qu'actuellement autorisé.

▪ METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée suit le guide de l'INERIS de 2013, en interprétant les mesures hors-site. La cheminée considérée pour les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) est celle du four.. Les données concernant le dioxyde de soufre Les données d'émission sont celles de l'arrêté préfectoral d'autorisation majorées de 10%.

La zone d'étude considérée est la même que celle de 2010 : le rayon de la zone d'étude est de l'ordre de 9 kms à partir du site ; la superficie est environ de 45 km² (9 km x 5 km). Le milieu considéré est de type rural.

Plusieurs sources de pollution atmosphérique se trouvent autour du site. Les cibles considérées sont les habitations et les établissements recevant du public qui sont situées aux points de retombées maximales. Le scénario d'exposition retenu est l'inhalation de SO₂ issus de l'émission des cheminées de l'usine.

▪ TOXICOLOGIE

Les valeurs toxicologiques de référence ainsi retenues et les organes touchés en cas de dépassement des concentrations admissibles, proviennent des différentes bases de données reconnues internationalement.

▪ CALCULS

Les calculs de risque sanitaires ont été conduits suivant la méthodologie prescrite par le guide INERIS de 2013 : l'additivité des risques toxiques s'effectue pour les substances visant les mêmes organes cibles.

Compte tenu de nos hypothèses, le SO₂ obtient un QD de 0,16 seul et de 0,2 pour le système respiratoire et pour le sang en ajoutant les QD des substances visant les mêmes organes conformément à la sélection de 2010.

La survenue d'un effet toxique pour la voie d'exposition considérée - inhalation - apparaît donc improbable.

Plusieurs incertitudes demeurent, notamment le choix des données et la modélisation de dispersion atmosphérique. Néanmoins, les hypothèses retenues pour l'étude sont toutes majorantes.

ANNEXES

ANNEXE 1 – Extrait de l’AP d’autorisation du 18 avril 2007	82
ANNEXE 2 – Etude quantitative de l’impact sanitaire de la cimenterie de Rochefort Nénon (2010)	84
ANNEXE 3 – ATMO Franche Comté – Simulation de la dispersion de panaches sur le site industriel EQIOM (2015)	164
ANNEXE 4 – Résultats des mesures continues de PM10 et de SO ₂ menées par ATMO Franche Comté à l’été 2016.....	190
ANNEXE 5 – Flux SO ₂ mesurés à l’émission	192
ANNEXE 6 – Dispersion atmosphérique AXE 2016	194
ANNEXE 7 – Extrait du guide INERIS 2013	208
ANNEXE 8 – Extrait de la circulaire du 31 octobre 2014 relative à la sélection des VTR.....	210
ANNEXE 9 – Glossaire.....	212

ANNEXE 1 – Extrait de l'AP d'autorisation du 18 avril 2007

Les gaz issus des broyeurs-sécheurs du cru et du charbon, ainsi que du broyeur à clinker, sont traités par des dispositifs de dépoussiérage performants avant d'être évacués à l'atmosphère par des cheminées. La vitesse verticale ascendante des gaz au débouché des cheminées doit être au moins égale à 8 mètres/seconde.

Les gaz générés par le traitement des déchets dans le four à pyrolyse doivent être collectés et canalisés, puis injectés directement à la tuyère au niveau du capot de chauffe pour leur destruction totale.

Pour le silo de stockage des farines animales, l'air extrait est canalisé et injecté au niveau du capot de chauffe pour destruction.

CHAPITRE 4.3 - NORMES DE REJET

ARTICLE 4.3.1. INSTALLATIONS HORS FOUR À CIMENT

Tous les postes ou parties d'installations susceptibles d'engendrer des émissions de poussières doivent être pourvus de moyens de traitement appropriés.

Les émissions de poussières doivent selon les cas être :

- captées et dirigés vers un ou plusieurs dispositifs de dépoussiérage
- limitées à la source par captage ou aspersion des points d'émissions, ou par tout procédé d'efficacité équivalente.

La valeur limite en poussières des émissions gazeuses est fixée à 50 mg/m³ pour chaque installation de broyage. En aucun cas la teneur en poussières des gaz émis ne peut dépasser la valeur de 300 mg/m³. Le flux de poussières émis par l'ensemble de ces installations ne doit en aucune façon dépasser 5 kg/h.

En cas de dépassement, l'exploitant procède sans délai à l'arrêt des installations en cause.

Nota : Les volumes (m³) des émissions gazeuses rejetées à l'atmosphère sont mesurés dans les conditions normales de température et de pression (273 kelvins, 101 300 Pa) après déduction de la teneur en vapeur d'eau (gaz secs).

ARTICLE 4.3.2. FOUR À CIMENT

L'exploitant tient à jour un registre précis des périodes où il incinère des déchets industriels spéciaux en y consignnant notamment le débit en t/h et le P.C.I. des déchets co-incinérés. Ce registre est tenu à la disposition de l'inspection des Installations Classées.

Les résultats des mesures sont rapportés aux conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire 273 K, pour une pression de 101,3 kPa, avec une teneur en oxygène de 10 % sur gaz sec.

Les gaz rejetés à l'atmosphère doivent respecter les valeurs maximales suivantes :

a) Poussières totales, C.O.T, HCl, HF, SO₂ et NO_x

Paramètres	Concentration		Flux
	Valeur en moyenne		Valeur en moyenne
	Journalière mg/Nm ³	sur 1/2 heure mg/Nm ³	Journalière Kg/h
Poussières totales	30	50	4.5
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10	60	1.5
Fluorure d'hydrogène (HF)	1	4	0.15
Dioxyde de soufre (SO₂)	700	1400	105
Oxydes d'azote (NO_x)	800 *	1000	120
Substances organiques à l'état de gaz ou de vapeurs exprimés en carbone (COV_{totaux} y compris méthane)	66	132	9.9

* Conformément à la démarche mise en œuvre par la profession cimentière destinée à réduire les émissions de Nox, sous les recommandations du ministère de l'environnement, l'exploitant se devra de réaliser et remettre au plus tard au 30 juin 2007 une étude technico-économique sur les meilleures techniques disponibles et économiquement acceptables adaptées au procédé implanté sur le site de l'usine de Rochefort Sur Nenon susceptibles d'être mises en œuvre dans le but de se rapprocher au maximum de la limite des 500 mg/Nm³.

ANNEXE 2 – Etude quantitative de l'impact sanitaire de la cimenterie de Rochefort Nénon (2010)



Etude quantitative de l'impact sanitaire de la cimenterie de Rochefort Nennon

HOLCIM



AXE Assistance et Expertise

Rue Urbain Leverrier

35170 BRUZ

Tel : 02 99 52 52 12

www.axe-environnement.fr

5 MAI 2010

Ref : AXELK/HOLC/2010-198

Rédacteur : L. KRAEUTLER

Nota : l'ensemble des annexes auxquelles fait appel ce document ne sont pas celles du présent dossier et ne sont pas jointes ici.

Personnes ayant participé à la mission

	Nom	Qualité	Date	Visa
Rédacteur	L. Kraeutler Cabinet Axe	Chef de projet		
Vérificateur	O. Cesbron Cabinet Axe	Ingénieur sanitaire		
Approbateur	M. Codron Holcim	Client		



SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	91
1. Préambule	91
2. Méthode	91
3. Données utilisées pour l'étude	92
II. Méthodologie de l'étude santé	93
III. Inventaire des sources d'émissions	95
1. Localisation du site	95
2. Repérage des émissaires	95
2-1 Effluents liquides	95
2-2 Effluents gazeux	96
3. Nature des émissions canalisées	98
3-1 Origine	98
3-2 Cheminées	99
3-3 Flux émis	100
IV. Zone d'étude	103
1. Situation générale de l'établissement	103
2. Limites de la zone d'étude	104
V. Populations susceptibles d'être exposées	106
1. Autres sources d'émissions à proximité	106
2. Populations concernées dans la zone d'étude	107
3. Les milieux d'exposition	109
3-1 L'eau	109
3-2 L'air	109
4. comparaison avec l'étude BIOMONITOR	116
5. Synthèse des milieux affectés & cibles exposées	117
VI. Sélection des substances et identification du danger	118
1. Définitions préalables	118
2. Sélection des substances	121
3. Toxicologie	122
3-1 Les poussières	122
3-2 L'arsenic	123
3-3 Le cadmium	128
3-4 Le chrome	131
3-5 Le manganèse	134

3-6	Le nickel	136
3-7	Les composés organiques volatils – le benzène	138
3-8	Récapitulatif des valeurs toxicologiques de référence retenues	142
VII.	Scénarios d'exposition des populations	143
1.	Description des voies d'exposition	143
1-1	Exposition par inhalation	143
1-2	Exposition par ingestion	143
1-3	Scénarios retenus et schéma conceptuel	144
2.	Scénario d'exposition par inhalation	145
2-1	Définitions	145
2-2	Hypothèses et données	145
2-3	Calculs	146
3.	Scénario d'exposition par ingestion	148
3-1	Données et hypothèses	148
3-2	Evaluation des transferts et concentrations dans les différents milieux	149
3-3	Modélisation de la DJE	150
3-4	Calculs de risques	151
3-5	Additivité des effets toxiques	153
3-6	Interprétation	153
VII.	Discussion	154
IX.	Synthèse	156

Liste des tableaux

Tableau 1 : origine des métaux lourds	98
Tableau 2 : caractéristiques des points de rejet.....	99
Tableau 3 : flux considérés à l'émission, par cheminée.....	101
Tableau 4 : trafic routier	106
Tableau 5 : <i>Habitations les plus proches</i>	107
Tableau 6 : Communes avoisinantes.....	107
Tableau 7 : E.R.P dans la zone d'étude.....	108
Tableau 8 : entreprises locales	108
Tableau 9 : Mesures de qualité d'air	110
Tableau 10 : Modélisation de la dispersion atmosphérique – Gaz et PM10	111
Tableau 11 : Modélisation de la dispersion atmosphérique – métaux	112
Tableau 12 : Mesures de métaux et dioxines dans les mousses.....	117
Tableau 13 : Milieux de transferts à considérer	117

Tableau 14 : Sélection des traceurs de risque	121
Tableau 15 : Classification de l'arsenic	127
Tableau 16 : VTR retenues pour l'arsenic.....	128
Tableau 17 : Classification du cadmium.....	130
Tableau 18 : VTR retenues pour le cadmium.....	131
Tableau 19 : Classification du chrome	133
Tableau 20 : VTR retenues pour le chrome VI.....	133
Tableau 21 : Classification du manganèse	135
Tableau 22 : VTR retenues pour le manganèse	136
Tableau 23 : Classification du nickel.....	137
Tableau 24 : Classification du benzène	140
Tableau 25 : VTR retenues pour le benzène	141
Tableau 26 : VTR retenues pour la quantification des risques.....	142
Tableau 27 : organes susceptibles d'être affectés	142
Tableau 29 : calcul de risque inhalation	146
Tableau 30 : Additivité des risques inhalation	147
Tableau 31 : Calculs de DJE par Caltox pour l'Arsenic chez l'enfant	150
Tableau 32 : Résultats - DJE calculées pour le scénario ingestion	151
Tableau 33 : calcul de risque toxique ingestion	152
Tableau 34 : calcul de risque cancérigène ingestion	152
Tableau 35 : Additivité des risque ingestion.....	153

I. INTRODUCTION

1. PREAMBULE

Dans le cadre de l'actualisation de son arrêté Préfectoral, la cimenterie HOLCIM de Rochefort sur Nenon a présenté en 2007 une étude des risques sanitaires relative aux émissions de métaux par les cheminées.

Suite à des questions de la DRIRE sur le rapport APAVE -2007 et une demande de compléments d'informations substantiels en 2007, il a été proposé par Holcim de présenter une mise à jour complète du rapport antérieur.

Parmi les points d'explications demandés par la DRIRE, on citera :

- L'adéquation entre le cadre qui était annoncé comme restreint aux métaux en introduction, alors que d'autres composés étaient traités ;
- La raison des débits d'émission considérés ;
- La justification de la sélection des substances retenues pour quantification du risque ;
- Le détail des calculs de doses et de risques ;
- Des vérifications des résultats de modélisation de dispersion atmosphérique.

2. METHODE

La présente étude est conforme aux règles de l'art : la méthodologie adoptée pour la réalisation de l'étude sanitaire découle des prescriptions de la circulaire DGS du 11 avril 2001 et du guide INVS qui l'accompagnait. Sont également utilisés comme références, le guide méthodologique de *L'INERIS* sur l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impacts des I.C.P.E et la circulaire du 30 mai 2006 relative au choix des valeurs toxicologiques de référence.

L'évaluation a été menée sur la base des connaissances du moment. Elle a pour but de conclure quant à un éventuel effet sur la santé imputable à l'activité de la cimenterie HOLCIM pour son site de Rochefort-sur-Nenon, vis-à-vis des riverains, dans le cadre d'une exposition chronique.

Conformément au guide INERIS, les calculs ont été basés sur des hypothèses et données maximalistes en termes d'émissions ou d'exposition.

3. DONNEES UTILISEES POUR L'ETUDE

- Le rapport de APAVE février 2007 « Evaluation de l'impact sanitaire des rejets atmosphériques du site Holcim Rochefort Nenon » ;
- le rapport de Norisko avril 2008 « Modélisation d'une dispersion atmosphérique chronique de polluants – Ciments Holcim à Rochefort sur Nenon » ;
- tableau des analyses de rejets des cheminées, fourni par la cimenterie Holcim Rochefort, avec les maximas des mesures de 2005 à 2010 ;
- le courrier du laboratoire, invalidant une valeur anormalement forte du manganèse ;
- le rapport Norisko – 2007, relatif à la campagne d'essais de valorisation de boues hydroxydes et le tableau récapitulatif des mesures de rejets gazeux afférant ;
- divers rapports de campagnes de mesures (par les organismes reconnus) des rejets à l'atmosphère, pour des sites semblables, relativement aux substances non mesurées à Rochefort ;
- le dossier de demande de modification de l'A.P. N°309 du 2 février 2000 – Holcim janvier 2007
- le rapport de BIOMONITOR « mesure de l'impact sur l'environnement des retombées de dioxines/furannes et métaux » - décembre 2005 par prélèvement de végétaux autour du site ;
- un tableau récapitulatif des mesures de poussières à proximité du site (Chatenois) ;
- la rose des vents de la station météo de Tavaux et celle projetée à 80m pour le site, selon Meteo-France.

II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE SANTE

L'évaluation des risques pour la santé repose sur le concept "sources - vecteurs - cibles" :

- sources de substances à impact potentiel ;
- transfert des substances par un "vecteur" vers un point d'exposition ;
- exposition à ces substances des populations (ou "cibles") situées au point d'exposition.

Les étapes constituant la démarche d'évaluation des risques pour la santé sont les suivantes (Cf. guide INERIS) :

Description des sources d'émission du site : Il s'agit de recenser les émissions de substances polluantes, leurs localisations et quantifier les flux.

Description de l'environnement du site : cette étape consiste à cadrer la zone d'étude et effectuer un état des milieux susceptibles d'être affectés et des populations potentiellement exposées aux polluants.

Toxicologie des substances émises : identification des effets toxiques ou cancérogènes que ces polluants sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme ; étude de la 'relation dose / réponse' et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Choix des polluants traceurs de risques : il s'agit de sélectionner les polluants traceurs de risque, pour lesquels sera réalisée l'évaluation quantitative du risque sanitaire ;

Evaluation des niveaux d'exposition : elle comprend notamment le choix des voies d'exposition retenues, la définition des scénarios d'exposition et le calcul, pour les populations cibles, des quantités de polluants absorbées sous la forme d'une dose d'exposition.

Estimation du risque sanitaire : pour les effets toxiques avec seuil, elle consiste à calculer un indice de risque (IR¹) en comparant les quantités absorbées aux Valeurs Toxicologiques de Référence. Pour les effets sans seuil, elle consiste à calculer un Excès de Risque

¹ Appelé aussi QD : quotient de danger



Individuel (ERI).

Analyse des incertitudes : discussion des incertitudes à chaque étape de ce calcul de risque sanitaire.

Conclusion : synthèse des résultats et commentaires.

III. INVENTAIRE DES SOURCES D'EMISSIONS

1. LOCALISATION DU SITE

Le site est implanté à Rochefort sur Nenon, sur une zone plane à une altitude moyenne de 230 m. Sur la zone d'étude, l'altitude varie au maximum de + 130 m dans toutes les directions.

2. REPERAGE DES EMISSAIRES

Lors d'une visite du site en avril 2010, une vérification visuelle des sources d'émissions a été faite par le chargé d'étude AXE avec l'exploitant.

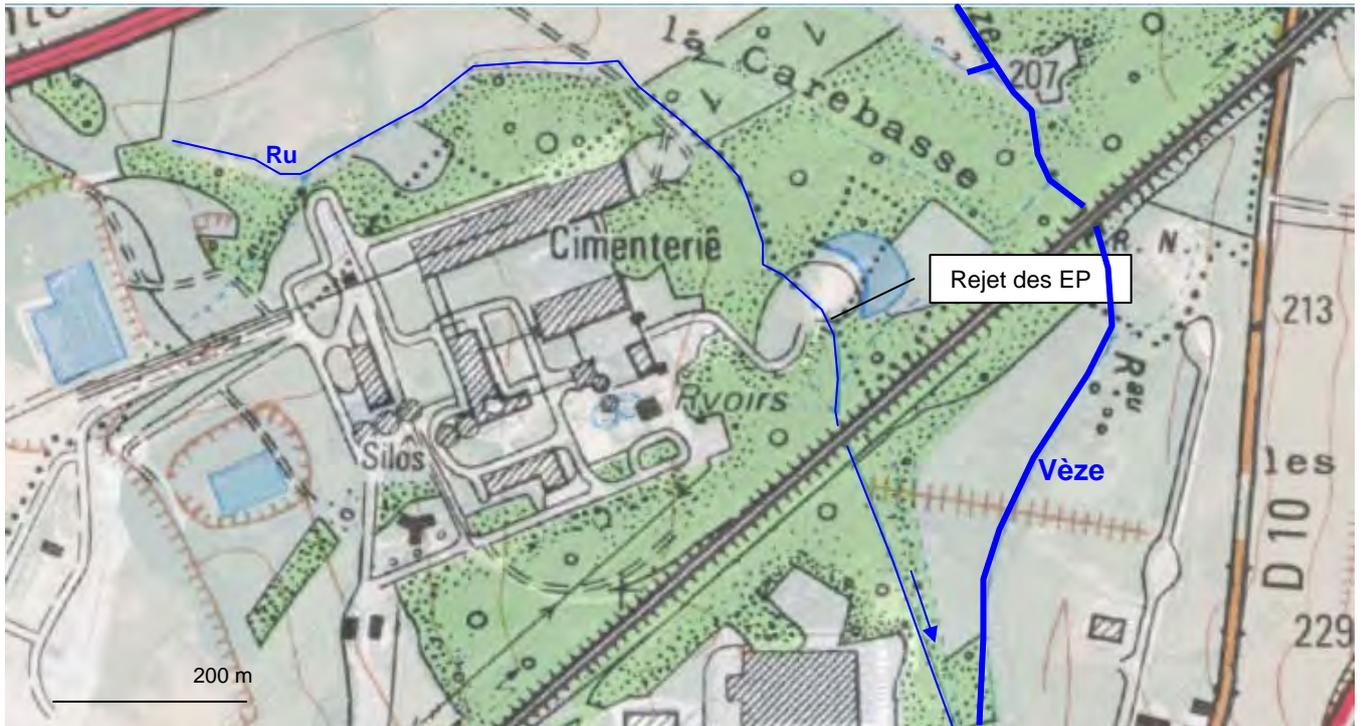
2-1 Effluents liquides

- **Emissions diffuses**

Il n'y a pas de pollution du sol connue, susceptible de diffuser des pollutions souterraines vers les eaux.

- **Emissions canalisées**

La cimenterie ne génère aucun effluent. Au contraire, elle accepte dans son process des effluents industriels et consomme de l'eau pour la fabrication. Seuls les ruissellements pluviaux sur site constituent des émissions canalisées. Il y a un point de rejet principal, situé au nord-ouest du site et qui aboutit dans un ruisseau venant de la carrière - le *Pierre Mouille* – qui s'écoule ensuite au sud-est de l'autre côté de la voie ferrée, et rejoint la rivière *Véze* à 600 mètres au sud-est .



Point de rejet des effluents pluviaux

2-2 Effluents gazeux

▪ Emissions canalisées

La cimenterie compte quatre cheminées :

- le four, hauteur 80 m
- le broyeur de cru, hauteur 55 m
- le broyeur de ciment, double cheminée de 45 et 53 m
- le broyeur de charbon, hauteur 35 m.

Cheminée du four



Cheminée du four



Cheminées broyeurs

- **Emissions diffuses**

Le four est sous un courant d'air très vif ($120\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$) canalisé à la cheminée, et empêchant toute émission de gaz diffus.

Les stockages et transports sur site, de pondéreux participent par contre à l'émission de poussières diffuses.

3. NATURE DES EMISSIONS CANALISEES

3-1 Origine

Les quatre sources d'émissions canalisées rejettent des gaz et poussières en relation avec les produits entrants et le process. Des métaux lourds sont émis avec les poussières.

Point de rejet	Intrants	Process
Broyeur cru	Minéraux calcaires ; déchets	Broyage séchage
Broyeur ciment	Ciment	Broyage
Broyeur charbon	Charbon	Broyage
Four	Minéraux + effluents + additifs	Pyrolyse des déchets, cuisson des minéraux

Tableau 1 : origine des métaux lourds

HOLCIM suit les déchets entrée usine conformément à son arrêté préfectoral ; des analyses plus détaillées ont été faites en 2007 pour les essais de pyrolyse.

Les métaux contenus dans les déchets industriels, et sous-produits de la métallurgie, sont ajoutés au cru en raison d'un déficit en oxyde ferrique de la carrière et sont issus des industries métallurgiques en priorité régionales, tout particulièrement d'acier durs donc riches en chrome et en nickel.



Déchets industriels en attente de traitement

Ces déchets, principalement d'usinage, sont traités par pyrolyse afin d'éliminer les hydrocarbures, cette installation a été mise en service en 2000 pour s'adapter aux plans régionaux de valorisation/élimination des déchets. Ces métaux lourds, ajoutés à ceux en traces contenus dans les minéraux, sont majoritairement piégés dans le clinker résultant de la fabrication ; des traces résiduelles sont rejetées par la cheminée du four.

3-2 Cheminées

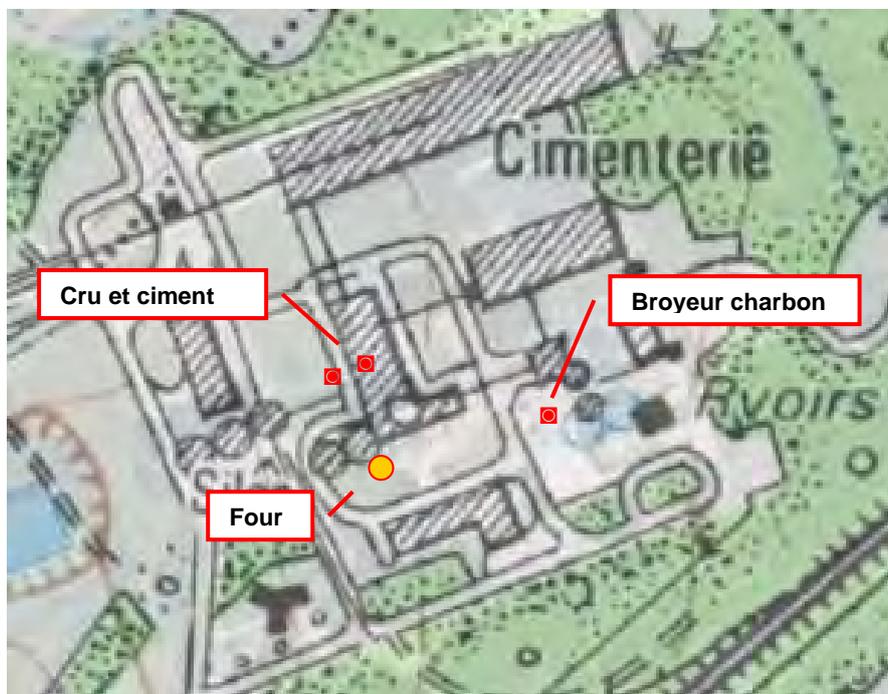
- Les cheminées des deux broyeurs de ciment et de cru émettent des poussières minérales résiduelles après une filtration par filtre à manches pour le broyeur ciment et four et électrostatique pour le broyeur à cru ;
- Celle du broyeur à charbon émet des poussières organiques et des COV dont le benzène (considéré comme 10% des COV);
- La cheminée du four émet des poussières, avec des métaux lourds adsorbés dessus.

Les caractéristiques des cheminées sont récapitulées ci-dessous.

Caractéristiques	Broyeur cru	Broyeur charbon	Broyeur ciment	Four
Hauteur cheminée (m)	55	35	53	80
Diamètre intérieur cheminée (m)	2	0.6	1.6 x 1.3	2,7 ²
Débit (Nm ³ /h) *	120 000	10 000	80 000	150 000
Vitesse d'éjection (m/s)	13	13	11	12
Température (°C)	74	70	61	115

Tableau 2 : caractéristiques des points de rejet

(*) : débit nominal autorisé dans l'APA, (à 10% O₂ pour le four)



² Un diamètre apparent moyen de 2.5 m a en fait été utilisé pour les calculs, sur la base des mesures de débit et de vitesse d'éjection.

Les cheminées sont à quelques dizaines de mètres les unes des autres, et sont donc considérées distinctement pour la dispersion atmosphérique, sauf la double (du broyeur ciment) assimilée à une seule.

3-3 Flux émis

Nous avons extrait du tableau des mesures à l'émission (annexe 1 : SOURCES), la valeur la plus pénalisante pour chacune des substances mesurées. Les mesures sont celles en continu assurées par l'installation métrologique de l'exploitant, pour partie et pour les autres substances, celles des rapports de mesures trimestrielles des organismes de contrôle, telles que récapitulées dans le tableau annexé fourni par Holcim.

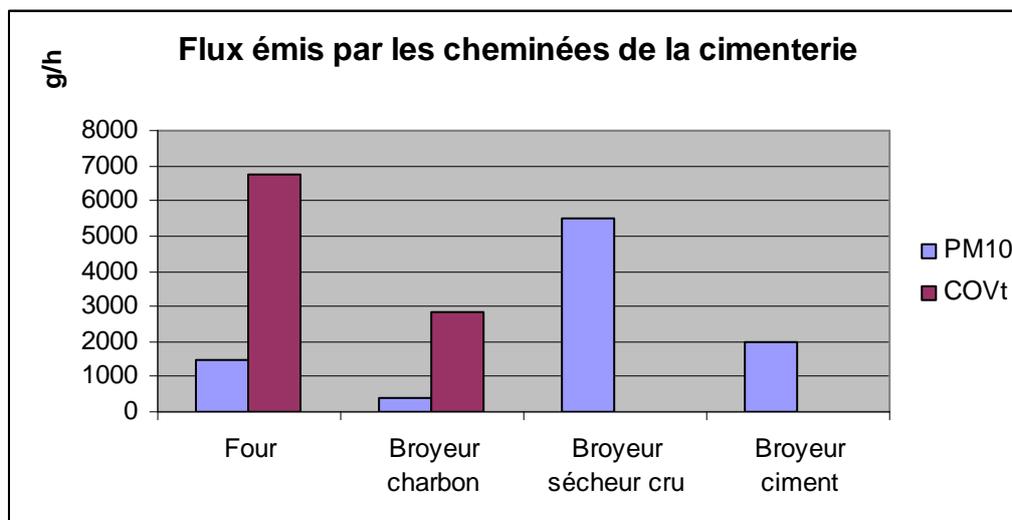
Pour les substances non mesurées à la cimenterie de Rochefort – COV du broyeur à charbon et métaux lourds des broyeurs – nous avons pris les flux les plus forts mesurés sur d'autres broyeurs à charbon de cimenteries du groupe.

Ces flux sont issus des mesures 2005 à 2009 (Annexe 2 : FLUX) et récapitulés comme suit :

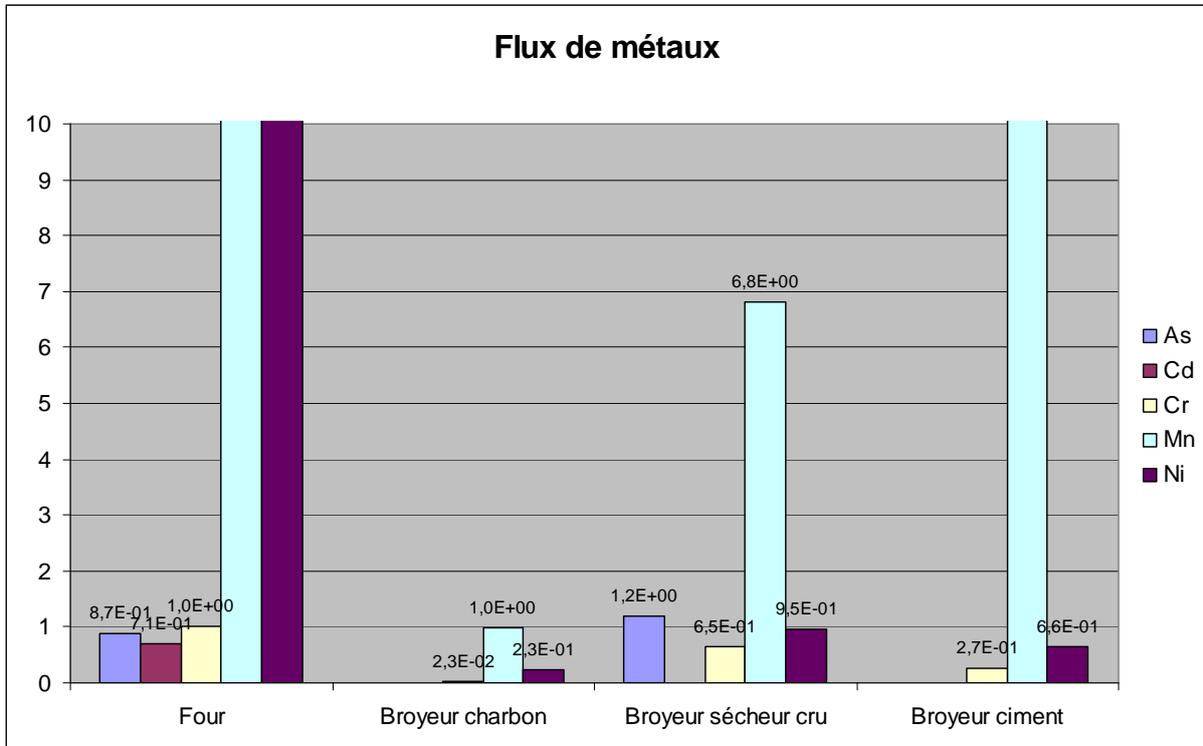
	Unité	Four	Broyeur charbon	Broyeur sécheur cru	Broyeur ciment	
PM10	g/h	1500	400	5500	2000	
COVt*	g/h	6750	2830	0	0	*dont 10% de benzène estimé
HCl	g/h	375	0	0	0	
NOx	g/h	75000	0	0	0	
SO ₂	g/h	45000	0	0	0	
As	g/h	0,87	0	1,2	0,008	
Cd	g/h	0,705	0	0	0	
Co	g/h	0,855	0,0013	0	0	
Cr	g/h	1,005	0,023	0,65	0,27	
Cu	g/h	13,005	0,146	1,03	0,66	
Hg	g/h	2,43	0,001	0,156	0,38	
Mn	g/h	171,7	0,995	6,81	32,99	
Ni	g/h	10,38	0,233	0,95	0,66	
Pb	g/h	3,99	0,12	0,53	0,37	
Sb	g/h	3,945	0	0	0	
Sn	g/h	1,275	0,0023	0	0	
Se	g/h	9,705	0	0	0	
Te	g/h	1,41	0	0	0	
Ti	g/h	1,275	0	0	0	
Zn	g/h	80,01	4,66	8,4	5,1	
V	g/h	0,84	0,058	0,138	0,136	
PCDF	g/h iTEQ	1,05E-05	0	0	0	

Tableau 3 : flux considérés à l'émission, par cheminée

Sources : teneurs maxi des mesures à l'émissions sur 5 ans ; débits : maxi selon A.P.A.³
des quatre cheminées : four, broyeur de cru, broyeur de charbon, broyeur de clinker.



³ A.P.A. : arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter en vigueur



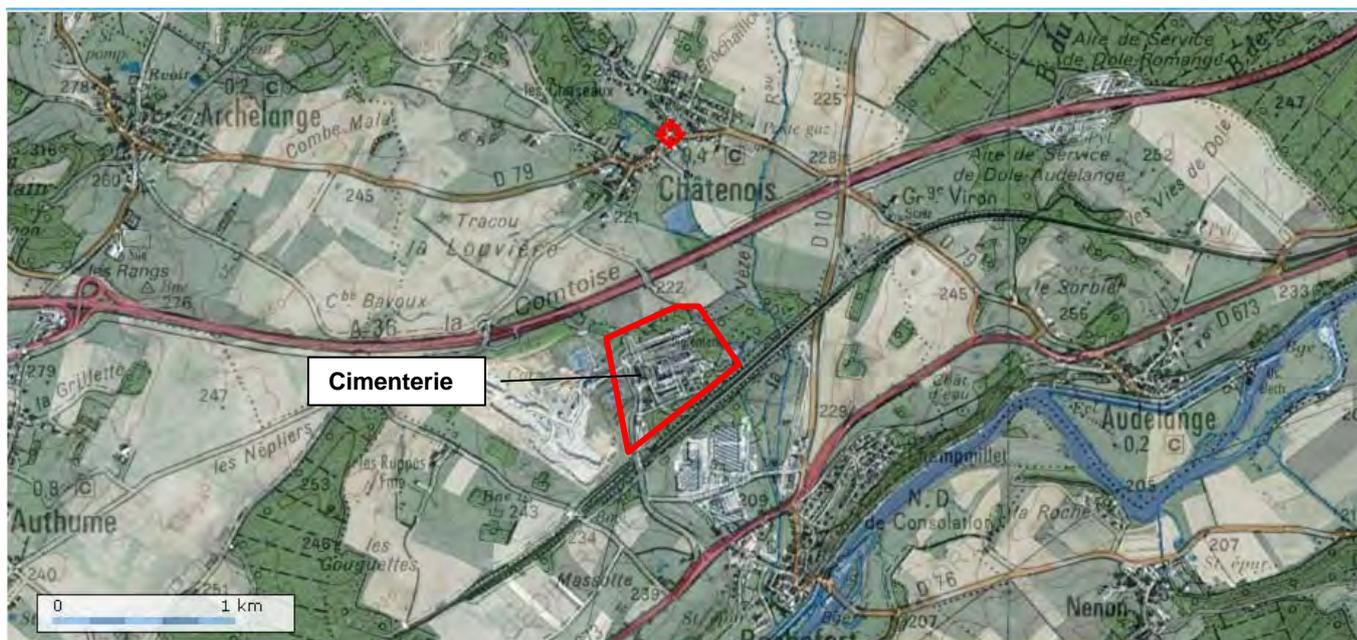
Note sur le manganèse : la valeur la plus forte mesurée en cinq ans (d'un facteur dix) – 1.14 mg/Nm³ en décembre 2007 – a été jugée invalide par le laboratoire (Cf. annexe 3), mais a été conservée dans cette étude, à titre de précaution.

IV. ZONE D'ETUDE

1. SITUATION GENERALE DE L'ETABLISSEMENT

La cimenterie d'HOLCIM est implantée sur une zone industrielle de la commune de Rochefort-sur-Ne non, dans le département du Jura (39), en milieu rural. L'établissement est entouré par les grands ensembles suivants :

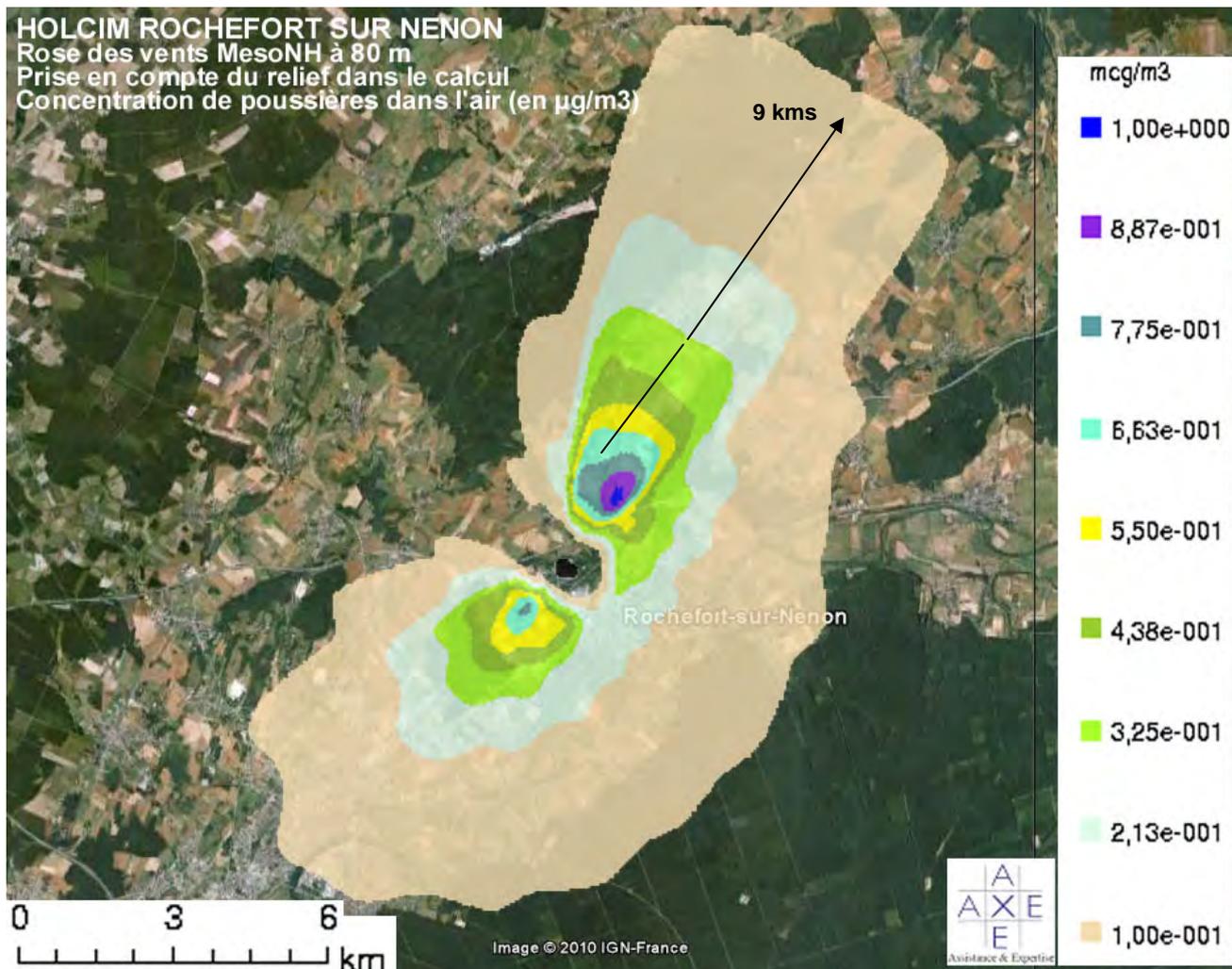
- A l'Est :
 - par la voie SNCF Paris-Besançon,
 - par la Zone Industrielle,
 - par la départementale 10 Rochefort-Amange et des parcelles agricoles au-delà.
- Au Nord :
 - par l'autoroute A36 reliant Dole à Besançon,
 - par des parcelles agricoles et la commune de Châtenois.
- Au Sud :
 - par la voie SNCF Paris-Besançon,
 - par la Zone Industrielle et la Nationale 73 au-delà.
- A l'Ouest :
 - par la carrière associée à la cimenterie,
 - par l'autoroute A36 reliant Dole à Besançon et des parcelles agricoles au-delà.



2. LIMITES DE LA ZONE D'ETUDE

Pour définir les limites de la zone d'étude, nous nous basons sur une carte de dispersion du rejet atmosphérique canalisé du site : effet conjugué des quatre cheminées (broyeurs et four) en estimant le rayon d'influence des émissions atmosphériques des polluants gazeux caractéristiques de l'activité considérée. Le rayon d'influence retenu est celui pour laquelle les concentrations dans l'air calculées sont au moins égales au $1/10^{\text{ème}}$ de la concentration maximale modélisée (Réf : Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans l'étude d'impact d'une UIOM, Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE), novembre 2003).

La modélisation des poussières sert de base pour cet exercice puisque de nombreux polluants sont transportés sous forme adsorbée sur celles-ci, comme les métaux. Les modalités du calcul de modélisation réalisé par AXE en 2010 sous *ARIA*, sur la base des mesures à l'émission maximales observées entre 2005 et 2010 [source : Holcim], sont expliquées en annexe 4 : *DISPERSION*. La rose des vents utilisée est celle estimée par Météo France à Tavaux, comme représentative des vents statistiques à 80 m de hauteur au-dessus du sol à Rochefort Nnon.



Le rayon de la zone d'étude est de l'ordre de 9 kms à partir du site ; la superficie est environ de 45 km² (9 km x 5 km).

V. POPULATIONS SUSCEPTIBLES D'ETRE EXPOSEES

L'étude de l'environnement du site permet de recenser les 'cibles' potentielles de ces émissions atmosphériques : état des milieux et riverains susceptibles d'être exposés chroniquement. On peut aussi repérer dans la zone d'étude les sources d'émissions atmosphériques autres que la cimenterie.

1. AUTRES SOURCES D'EMISSIONS A PROXIMITE

Les voies de circulation sont des sources d'émissions diffuses de poussières et gaz :

Voie	Affectation	Trafic			Distance au site (m)	Direction
		Année de comptage	Véhicules / jour	dont PL		
A36	Tourisme et marchandises	Non fourni par Autoroutes Paris-Rhin-Rhône			200 m	Nord
N73	Tourisme et marchandises	2004	Sud de Rochefort : 12 267 véh./jour Nord de Rochefort : 8 462 véh./jour	1 500 1 221	750 m	Sud-Est
D10	Tourisme et riverains	2004	2 378 véh./jour	252	500 m	Est
D79	Tourisme et riverains	2002	326 véh./jour	41	850 m	Nord
Voie d'accès au site depuis la N73	Tourisme et marchandises	Pas de comptage disponible			Dessert le site et la zone industrielle en amont	

Tableau 4 : trafic routier

L'autoroute A36 notamment et la N73 représentent une source de pollution atmosphérique locale significative.

2. POPULATIONS CONCERNEES DANS LA ZONE D'ETUDE

Aux quatre points cardinaux, les habitations les plus proches du site sont les suivantes :

Habitations	Nature	Distance / site	Direction
Ferme Lieu-dit les Ruppes	Maison individuelle	1,2 km	Ouest
Habitations Rochefort-sur-Nenon (chemin de la cimenterie)	Maison individuelle	750 m	Sud
Habitations Rochefort-sur-Nenon	Maison individuelle	750 m	Est
Habitations Châtenois	Maison individuelle	625 m	Nord

Tableau 5 : Habitations les plus proches

Communes avoisinantes

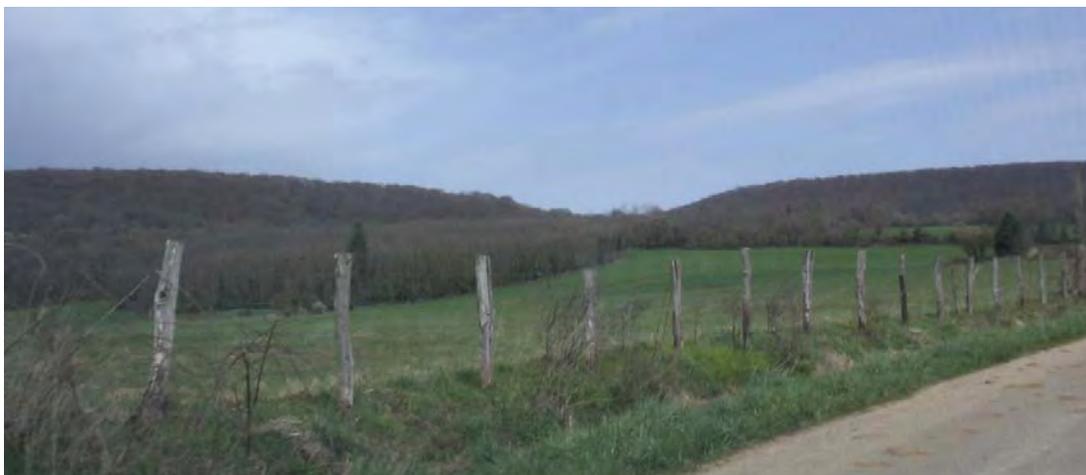
	Distance à la cimenterie	Orientation / site	Population Recensement 1999
Rochefort-sur-Nenon	1,4 km	Sud-Est	641 habitants
Châtenois	1,4 km	Nord	355 habitants
Archelange	3 km	Nord-Ouest	213 habitants
Authume	3,7 km	Ouest	776 habitants

Tableau 6 : Communes avoisinantes

Agriculture

▪ Cultures

Les activités agricoles dans l'environnement de HOLCIM sont principalement représentées par la culture de céréales et des prairies pour l'élevage de bovins avec production laitière.



▪ **Chasse**

Selon la fédération des chasseurs, les chasses dans l'environnement du site HOLCIM sont des chasses privées et communales. Les animaux chassés sont le cerf, le sanglier, le chevreuil, le lapin de Garenne, le lièvre, le faisan.

Commerces et autres E.R.P

Etablissement	Activité	Adresse	Distance / site	Orientation
Jura Poids Lourds SARL	Garage réparation poids lourds	2 rue des métiers	675 m	Sud-Est
SOGEDO	Distribution d'eau	3 rue des métiers	700 m	Sud-Est
Rochefort Auto	Garage réparation automobile	5 rue des métiers	700 m	Sud-Est
Stade	Plaine de jeu et terrains de tennis	1 espace du 8 mai rue barbière	800 m	Sud-Est
Ecole et Mairie Rochefort-sur-Nenon	Ecole et mairie	2 et 4 rue du moulin	1 300 m	Sud-Est
Salle polyvalente Rochefort-sur-Nenon	Salle polyvalente	Rue du moulin	1 300 m	Sud-Est

Tableau 7 : E.R.P dans la zone d'étude

Activités industrielles ; entreprises

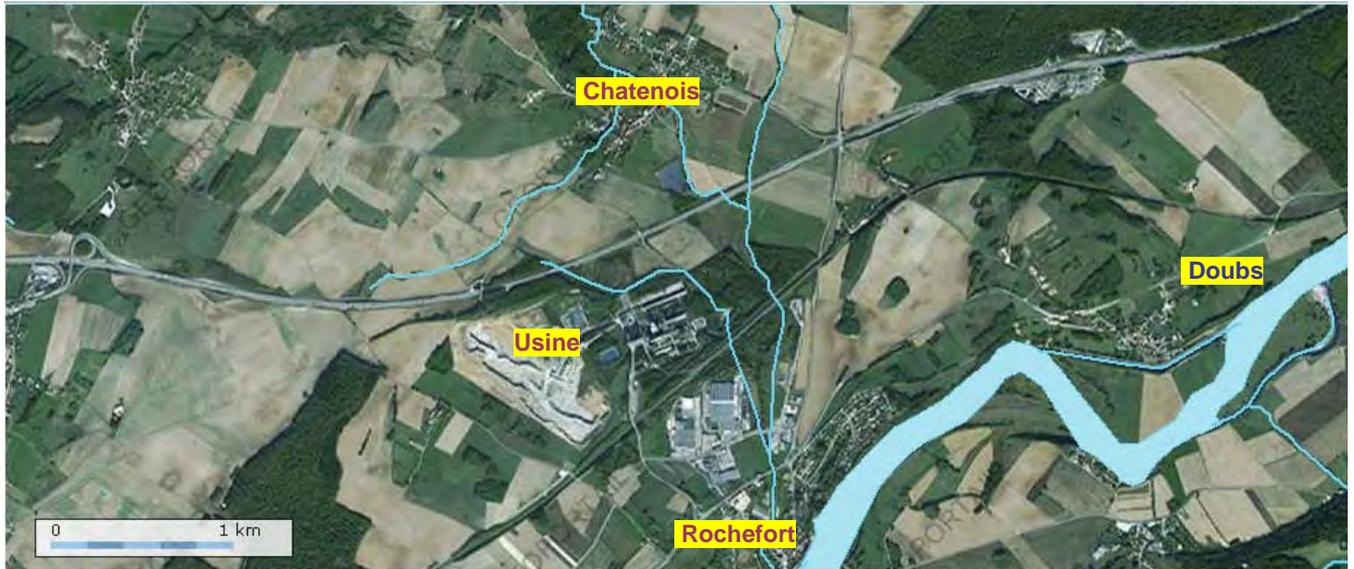
Etablissement	Activité	Adresse	Distance site	Orientation
Pro à Pro	Entrepôt de stockage d'articles pour la grande consommation (alimentation générale)	4 rue des entrepôts	300 m	Sud
Intermarché	Entrepôts et magasins généraux	6 rue des entrepôts	200 m	Sud Est
Euroraulet SAS	Fabrication de pâtes ménagères réfrigérées	2 rue de la croix blanche	600 m	Sud/Sud-Est
Chazal SA	Charcuterie - traiteur (gros)	7 rue des métiers	600 m	Sud-Est
Holcim Mortier (Mauer)	Fabrication de matériaux de construction (enduits)	9 rue des métiers	570 m	Sud-Est
Trans Environnement	Récupération et traitement des déchets	10 rue des métiers	550 m	Sud-Est

Tableau 8 : entreprises locales

3. LES MILIEUX D'EXPOSITION

3-1 L'eau

Le milieu naturel concerné par les rejets d'eaux de ruissellement sur site est la rivière Vèze, de forte turbidité le jour de la visite. Elle aboutit au Doubs qui coule à Rochefort Nenon.



Usages de l'eau :

On note l'absence de zones de baignade, la possibilité de puits en campagne ou de captages d'eau agricole ; la possibilité de pêche dans la rivière. Cependant, le milieu hydrique n'est pas concerné puisque la cimenterie ne produit pas d'effluents, hormis les ruissellements de pluie.

3-2 L'air

L'association de surveillance de la qualité de l'air - L'ASQAB - possède une station fixe sur la commune de Chatenois et suit les paramètres SO₂ et poussières totales sous les vents des retombées de la cimenterie.

Station Mesure Données Date	CHATENOIS PM 10+RST Mensuelle Valeur (µg/m3)	2007	CHATENOIS SO2 Mensuelle Valeur (µg/m3)
janv-07	20,9		3,3
févr-07	30,5		5
mars-07	21,8		5,9
avr-07	27,9		1,1
mai-07	21		0,8
juin-07	24,3		0,4
juil-07	20,9		0,7
août-07	20,1		0,3
oct-07	32,4		0,3
nov-07	28,2		0,6
déc-07	29,3		0,4
Moyenne	25,2		1,7
Percentile 98	52,6		6,9
Percentile 50	22,4		0,5
Percentile 90,4	40,5		5,5
Taux Fct	98,6		98,9
Date Maxi	21/12/2007 01:00	Date Maxi	24/02/2007 06:00
Maximum journalier	87,7	Maximum horaire	37,2

Tableau 9 : Mesures de qualité d'air

Concernant les autres polluants, nous avons procédé à une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets gazeux canalisés de la cimenterie.

Outils et méthode

Les cartes de concentrations dans la zone d'études sont éditées pour la rose des vents calculée par METEO FRANCE extrapolée pour le lieu du site (à 80 m au-dessus du sol). Au niveau de Rochefort, les vents se répartissent selon deux secteurs dominants :

- Vents de NORD EST, toutes vitesses confondues (> 2m/s), les vents entre 0 et 90°représentent 21 % des cas ;
- vents de SUD-OUEST, toutes vitesses confondues (> 2m/s), les vents entre 180 et 270° représentent 49 %.

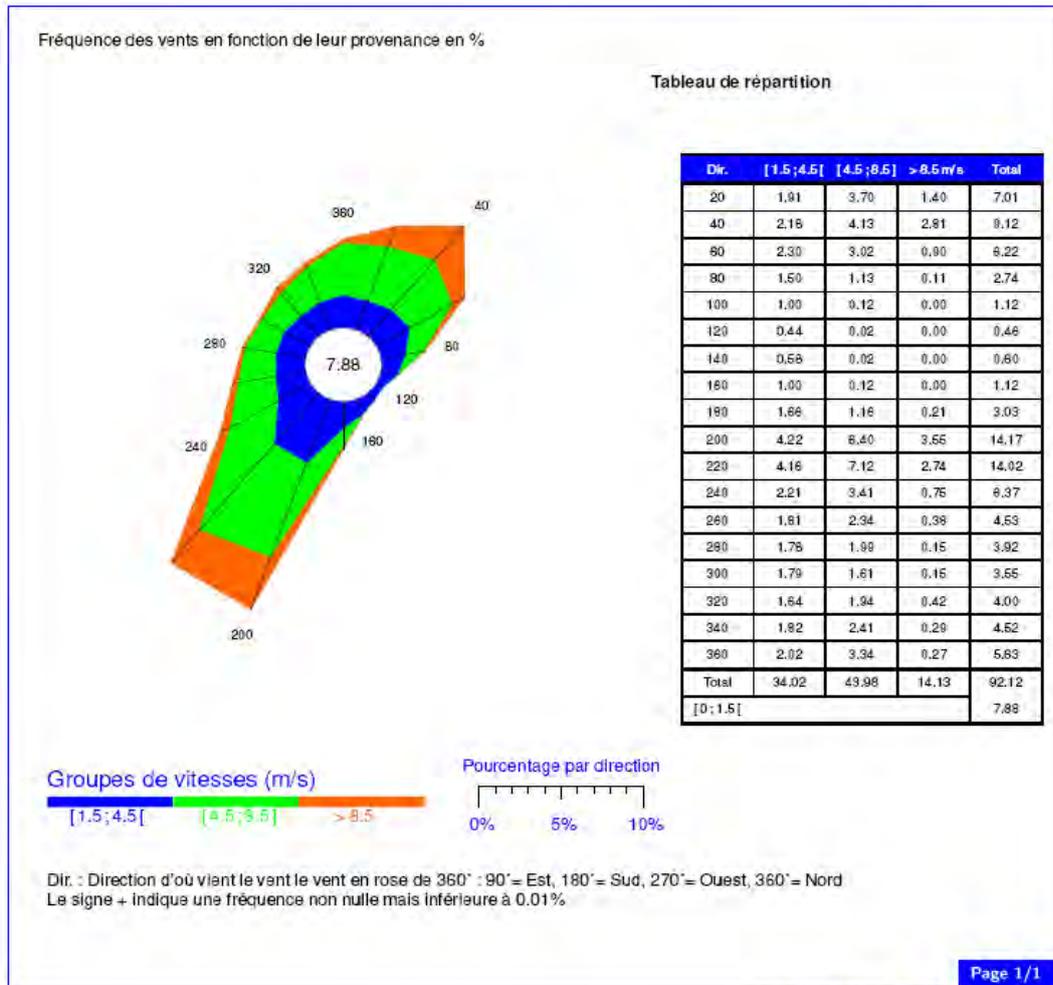
Données d'entrée utilisées : valeurs maximales de concentrations pour chaque substance, entre 2005 et 2010 (source Holcim) aux débits maximaux autorisés par l'arrêté préfectoral du site.

ROSE DES VENTS

Vent issu de la climatologie MesoNH à 80 mètres

Climatologie basée sur un échantillon de 95 dates

lat (N) : 47.1379° lon (E) : 5.54579°
 lamby : 22425.27 hm lambx : 8433.20 hm



Résultats des calculs sous logiciel Aria-impact

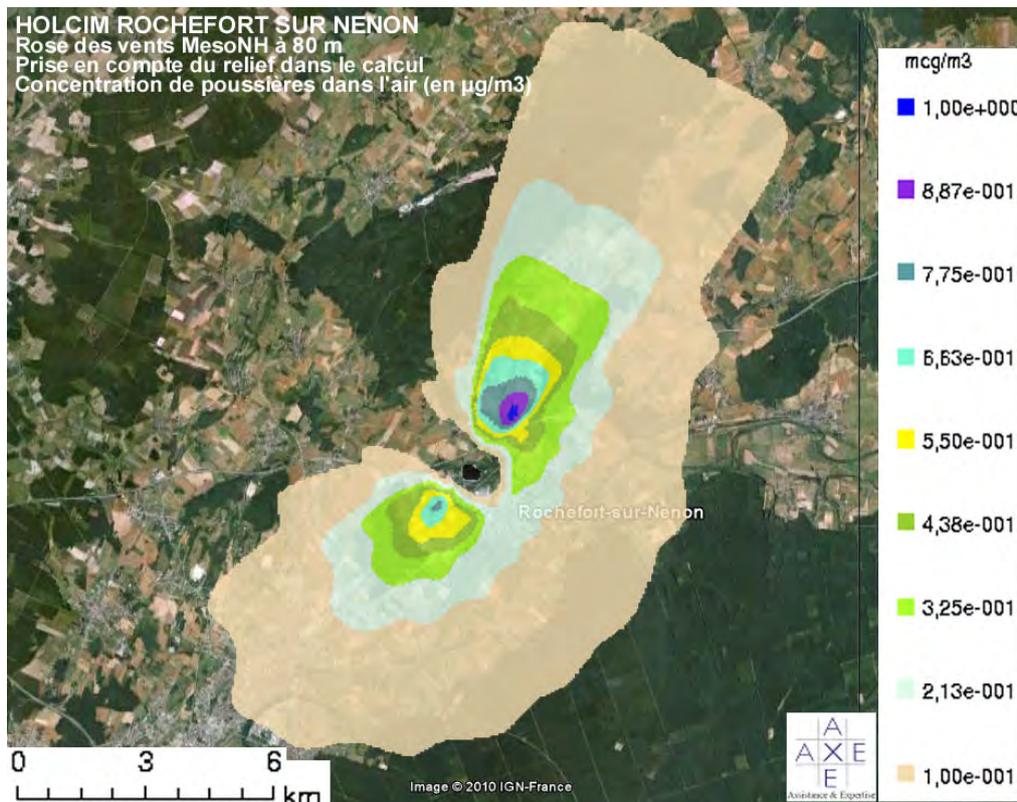
	Conc en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	distance (m)	Dépôt en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$	Distance (m)
Poussières PT	0,89	1400	8,4E-03	1500
COVt*	0,944	800		
HCL	0,012	2500		
Nox	2,4	2500		
SO2	1,44	2500		
PCDF	3,6E-10	2500		3,9E-12

Tableau 10 : Modélisation de la dispersion atmosphérique – Gaz et PM10

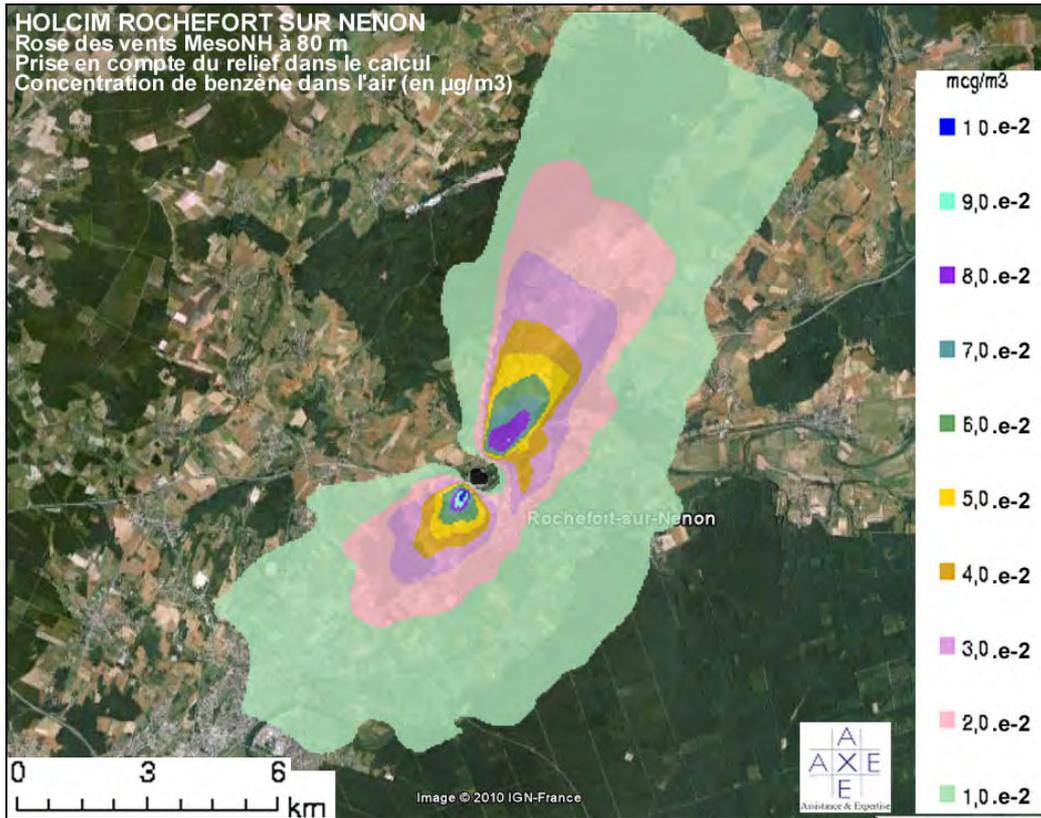
* dont environ 10% de benzène

	Conc en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	distance (m)	Dépôt en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$	Distance (m)
As	1,4E-04	1700	1,8E-04	1700
Cd	2,6E-05	2500	3,5E-05	2200
Co	3,1E-05	2500	3,4E-07	2200
Cr	1,3E-04	1700	1,3E-06	1700
Cu	6,3E-04	2100	6,7E-06	2200
Hg	1,4E-04	1900	1,4E-06	1800
Mn	1,0E-02	1800	1,0E-04	1800
Ni	5,4E-04	2000	5,7E-06	2100
Pb	2,4E-04	1800	2,5E-06	1800
Sb	1,4E-04	2500	1,5E-06	2200
Sn	4,7E-05	2500	5,0E-07	2200
Se	3,5E-04	2500	3,8E-06	2200
Te	5,1E-05	2500	5,5E-07	2200
Tl	4,6E-05	2500	5,0E-07	2200
Zn	4,8E-03	1700	4,9E-05	1700
V	6,5E-05	1700	6,6E-07	1700

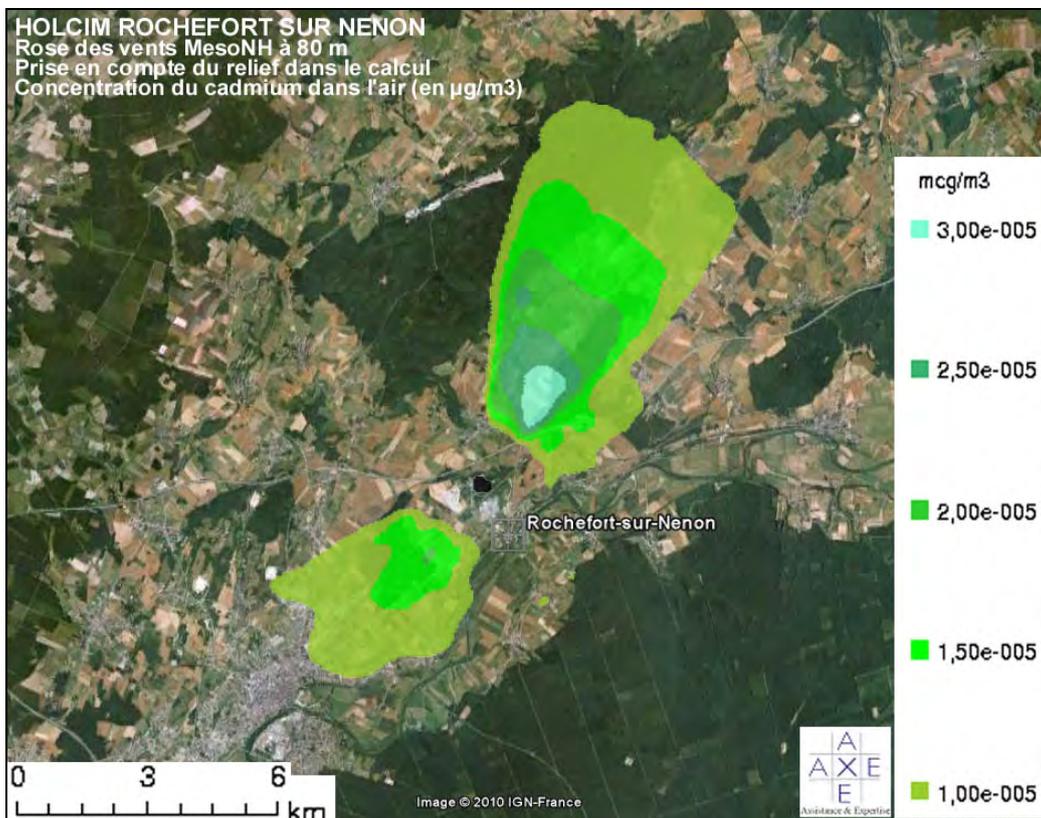
Tableau 11 : Modélisation de la dispersion atmosphérique – métaux



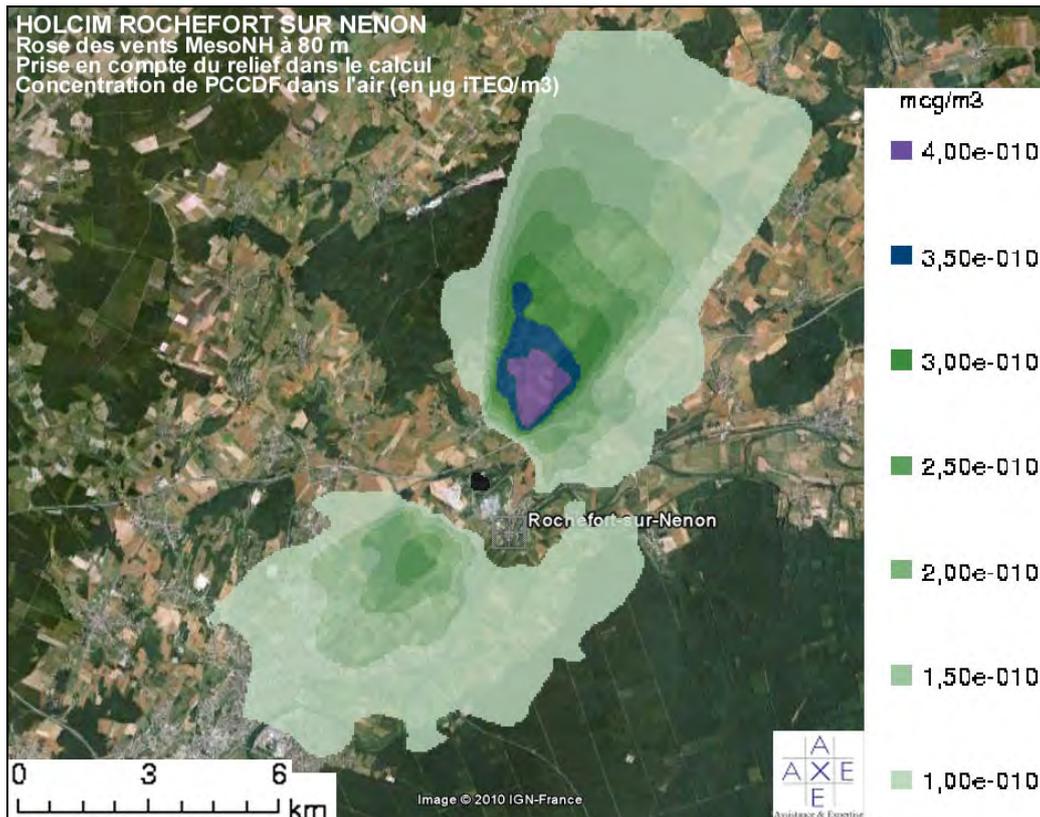
Carte de dispersion des poussières PM10



Carte de dispersion du benzène (considéré à 10% des COV mesurés)



Carte de dispersion du cadmium



Carte de dispersion des dioxines

Nota : Le chrome a été pris en première approche conservatoire, comme étant totalement sous forme Chrome VI, alors que des analyses de clinker montrent qu'il ne s'agit en fait de moins 10% sous cette forme toxique.

Les COV (broyeur charbon) ont été considérés comme du benzène pour environ 10% de leur concentration.

Les poussières totales émises en sortie de filtres sont considérées comme des poussières fines inférieures à 10 µ (PM10).

Commentaire : On observe que la carte de dispersion des poussières prévoit des concentrations de l'ordre du microgramme par m³ au maximum⁴, alors que les mesures à Chatenois indiquent un décile 90.4 % de 40 µg/m³. Il y a donc d'autres sources de poussières au voisinage de cette station de mesure (autoroute).

Pour le Benzène, COV le plus significatif en matière de toxicité par voie respiratoire, on

⁴ La dispersion de L'APAVE en 2007, à partir de la rose des vents de Tavaux, indiquait un maximum de 0.8 µg/m³.

observe des concentrations maximales de $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nettement inférieures aux seuils réglementaires⁵ dans l'air.

Pour les concentrations en métaux lourds, nous avons choisi de les illustrer par la carte de dispersion du cadmium, un des polluant les plus significatifs vis-à-vis de l'air. On observe des concentrations maximales de $3 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit $0.03 \text{ ng}/\text{m}^3$ nettement inférieures aux seuils réglementaires⁶ dans l'air.

Les dioxines ont une concentration à l'émission de $7 \cdot 10^{-5} \mu\text{g TEQ}/\text{m}^3$ soit $0.07 \text{ ng TEQ}/\text{m}^3$, inférieure à la valeur réglementaire pour les incinérateurs de déchets : $0.1 \text{ ng TEQ}/\text{Nm}^3$. Ce qui donne des concentrations modélisées dans l'air au maximum de $0.4 \text{ fg}/\text{m}^3$ de l'ordre des bruits de fond ambiants en France.

Ces modélisations ont également été refaites avec une autre rose des vent, moins pertinentes : celle de la station de Tavaux, qui est éloignée de plus de 16 kms. Les résultats diffèrent peu et sont fournis en annexe 4.

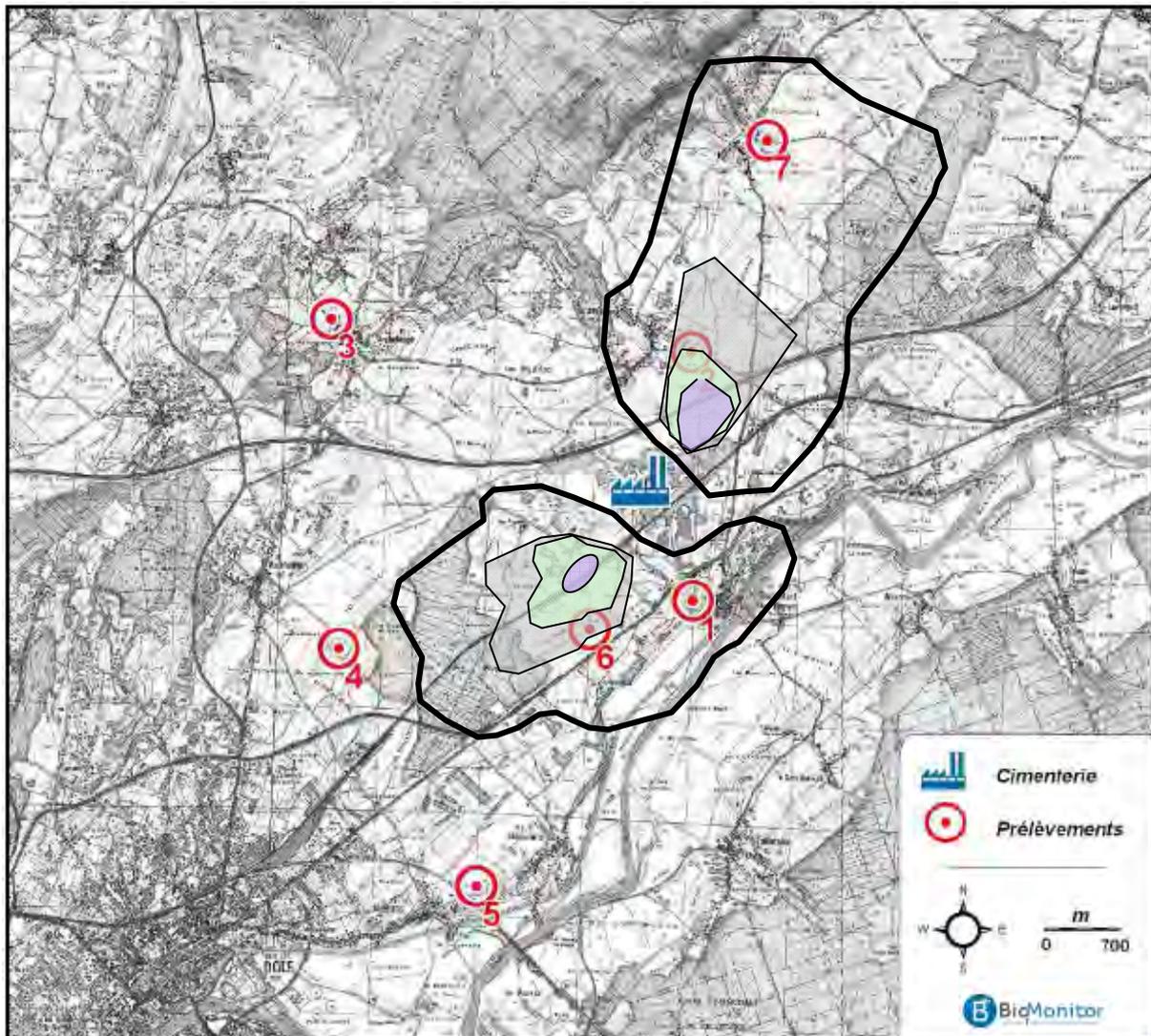
⁵ Décret 2002-213 du 15 fév. 02 → Objectif de qualité Moyenne annuelle = $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Valeur limite pour la protection de la santé humaine Moyenne annuelle = $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

⁶ Décret 2008-1152 du 7 nov. 08 Valeur cible à compter du 31/12/12 : Moyenne annuelle = $5 \text{ ng}/\text{m}^3$

4. COMPARAISON AVEC L'ETUDE BIOMONITOR

L'étude datée de décembre 2009 montre que les concentrations en dioxines & furannes dans les prélèvements de mousses autour du site, sont de l'ordre de 0,4 pg OMS-TEQ/g MS cad inférieurs à 2 pg considéré comme seuil significatif (limite d'un bruit de fond naturel dans des mousses en zone témoin. Très proches les unes des autres, les 7 stations de mesure ne sont visiblement pas corrélées à la carte de dispersion des gaz et poussières et on pourrait donc avancer que les très faibles concentrations à l'émission expliquent l'absence de retombées détectables.

Par contre, en ce qui concerne les métaux, on distingue une différenciation géographique, où trois stations sont un peu plus fortes : celles situées dans les zones prévues par notre dispersion.



	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Tl	V
Résultats 2009												
station 1	1,22	<0,03	0,47	1,9	4,9	<0,03	46	1,3	2,1	<0,13	<0,13	2,2
station 2	0,97	<0,03	0,61	2,0	5,3	<0,03	102	1,4	2,1	<0,13	<0,13	2,8
station 3	0,71	<0,03	0,37	1,7	3,8	<0,03	112	1,4	2,1	<0,13	<0,13	2,0
station 4	0,76	0,05	0,49	2,2	4,4	<0,03	144	1,8	2,8	<0,13	<0,13	3,0
station 5	0,99	0,14	0,53	2,0	6,9	<0,03	79	1,5	2,2	<0,13	<0,13	2,6
station 6	0,47	0,07	0,51	1,6	4,2	<0,03	313	1,2	2,0	<0,13	<0,13	2,1
station 7	1,39	<0,03	0,56	2,8	4,2	<0,03	120	1,8	3,7	<0,13	<0,13	4,3
Grille de lecture												
Référence ^(a)	0,30	0,20	0,76	1,7	6,4	0,07	354	2,3	5,7	0,20	-	2,9
Seuil retombées ^(b)	3,75	0,53	5,50	13,6	16,3	0,16	1479	7,1	18,6	0,86	-	17,0

^(a) Pour un polluant donné, la concentration de référence est celle représentative d'une situation ubiquitaire moyenne.

^(b) Seuil au-delà duquel un phénomène significatif de retombées peut être diagnostiqué dans l'environnement du site.

Tableau 12 : Mesures de métaux et dioxines dans les mousses

L'arsenic est au-dessus des références naturelles habituelles, tant sous le vent de la cimenterie, qu'en latéral. Les autres métaux détectables indiquent des concentrations un peu plus élevées aux stations N°4, N°5 et N°7, mais dans des proportions peu significatives puisque inférieures à un facteur deux.

5. SYNTHÈSE DES MILIEUX AFFECTÉS & CIBLES EXPOSÉES

MILIEU DE TRANSFERT		Situation d'exposition de populations
Air (inhalation)		Habitations auprès du point de retombées maxi
Eau (ingestion)		Milieu non retenu, pour absence de rejet d'effluents et impact des ruissellements jugé négligeable.
Ingestion	Sol	Jardins d'enfants, crèches, écoles à Rochefort
	végétaux	Jardins potagers (champs) auprès du point de retombées maximales.
	animaux	Présence d'élevages agricoles ou particuliers auprès du point de retombées maximales.

Tableau 13 : Milieux de transferts à considérer

Les voies de transfert des substances retenues dans la suite de l'étude sont :

- L'inhalation directe (en zone de concentrations maximales) ;
- L'ingestion de terre par les enfants en bas âge (au point de retombées maximales) ;
- L'ingestion indirecte de polluants par les végétaux cultivés et la viande d'animaux élevés dans la zone d'étude (au point de retombées maximales).

VI. SELECTION DES SUBSTANCES ET IDENTIFICATION DU DANGER

Cette partie a pour but de définir les effets sur l'homme et les valeurs toxicologiques de référence pour les différents polluants émis par l'installation. Sur la base des données disponibles, une sélection des substances « traceurs de risques » a été réalisée ; l'objet de cette sélection est d'identifier les substances toxiques émises qui sont des déterminants essentiels du risque potentiel lié au site.

On entend par polluants "**traceurs du risque**" les substances choisies pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS), car les plus significatives.

Le choix repose sur un ensemble de critères (dangerosité, quantité, caractéristiques physico-chimiques) appliqués de façon identique à toutes les substances inventoriées. Un seul critère pris indépendamment des autres n'est pas suffisant pour justifier du choix (ou non) d'une substance.

Les informations concernant les données toxicologiques ont été recherchées auprès de l'INERIS, de l'INRS et des différentes bases de données disponibles sur les composés (cf paragraphe '*Toxicité et valeurs toxicologiques de référence*').

1. DEFINITIONS PREALABLES

Les deux catégories d'effets toxiques

Deux grands types d'effets toxiques sont distingués : les effets cancérogènes et les effets non cancérogènes. Ils sont décrits ci-dessous.

Les Effets cancérogènes

Ils peuvent être de deux types :

- Les **effets cancérogènes génotoxiques**, qui altèrent les gènes et induisent le plus souvent des mutations. Dans ce cas, on considère que la dose la plus faible (une seule molécule/g en théorie) est suffisante pour provoquer un effet à long terme : il n'y a donc **pas de seuil** au-delà duquel la substance devient toxique, contrairement aux :
- Les **effets cancérogènes non génotoxiques donc non mutagènes** pour lesquels **on admet un seuil d'effet** : le produit devient toxique au-delà d'un certain niveau d'exposition.

Les effets non cancérogènes

Pour ce type d'effets (ex : dermatites, irritations bronchiques, etc.), on admet également que les composés ne sont toxiques qu'au delà d'un certain niveau d'exposition, appelé seuil.

Toxicité et Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

L'intensité de la réaction d'un organisme vivant à un toxique dépend de la dose à laquelle il est exposé. Pour les besoins de l'évaluation quantitative des risques sanitaires, la relation entre la dose d'un toxique et la réaction qu'il engendre (appelée relation dose-réponse) est représentée par une entité numérique appelée « **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)** ». Cette valeur, spécifique à chaque substance, permet d'estimer le risque de survenue d'un effet indésirable pour une exposition quelconque à cette substance.

- **Pour les effets sans seuil**, on exprime la VTR d'un produit par la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose de la substance. C'est ce qu'on appelle l'Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer. Par exemple, pour une concentration de benzène de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air, l'ERU est de 4,4 à $7,5 \cdot 10^{-6}$, soit un risque compris entre 4,4 et 7,5 cas de leucémie pour un million de personnes en plus du risque général, pour une exposition vie entière (calculée sur 70 ans).
- **Pour les effets toxiques avec seuil**, la VTR représente précisément le seuil, c'est à dire la dose en dessous de laquelle le risque ne peut apparaître. Pour une exposition par ingestion, on parle de Dose Journalière Admissible (DJA) ou Dose Journalière Tolérable (DJT), pour une exposition par inhalation de Concentration Admissible dans l'Air (CAA). Une exposition inférieure à la DJA est sensée ne provoquer aucun effet sur les organismes « vie durant ».

Pour la détermination des valeurs toxicologiques de référence, les 6 bases de données nationales et internationales ont été consultées, à savoir :

- US-EPA (United States - Environmental Protection Agency – Base de données IRIS),
- ATSDR (United States - Environmental Protection Agency),
- l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) / IPCS (International Program on Chemical Safety – Base de données INCHEM),
- Health Canada,
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'Environnement (Pays-bas)),
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment, antenne californienne de l'US-EPA).

Dans le cas où plusieurs VTR ou ERU existent dans les bases de données pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition, la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 relative à la sélection des VTR et ERU dans le cadre des évaluations des risques sanitaires, recommande de sélectionner la valeur de référence dans la première base de données dans laquelle elle a été retrouvée, en respectant la hiérarchisation suivante :

- Pour les substances à effets à seuil (VTR) : successivement US-EPA, ATSDR, OMS, Santé Canada, et RIVM.
- Pour les substances à effets sans seuil (ERU) : successivement US-EPA, OMS, RIVM et OEHHA.

2. SELECTION DES SUBSTANCES

La sélection des substances significatives a été effectuée de la manière suivante :

- recensement des **substances émises par le site** dans le compartiment atmosphérique et détermination par une dispersion atmosphérique des concentrations maximales d'exposition (chapitre AIR – V.3.2) ;
- recensement des **Valeurs Toxicologiques de Référence disponibles** pour l'ensemble des substances émises dans l'air ;
- substances toxiques : calcul des rapports « **concentrations maximales / VTR toxique** » et de leurs pourcentages par rapport à la somme totale ;
- substances cancérigènes : calcul des rapports « **concentrations maximales x VTR cancer** » et de leurs pourcentages par rapport à la somme totale.

Subst. EQRS	Substances	Concentration max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR toxique inhalation (mg/m^3)	Concentration/V TR toxique	% Σ QD	VTR Cancer inhalation (mg/m^3) ⁻¹	Concentration x VTR cancer	% Σ ERI
	Platine	8,9E-01	x	x		x	x	x
x	Benzène	9,0E-02	3,0E-02	0,003	1,4%	7,8E-03	7,0E-07	22,8%
	Acide chlorhydrique	1,2E-02	2,0E-02	0,001	0,3%	x	x	x
	Oxydes d'azote	2,4E+00	x	x	x	x	x	x
	Dioxyde de soufre	1,4E+00	x	x	x	x	x	x
x	Arsenic	1,4E-04	1,0E-03	0,000	0,1%	4,3E+00	6,0E-07	19,5%
x	Cadmium	2,6E-05	1,0E-05	0,003	1,2%	1,8E+00	4,6E-08	1,5%
	Cobalt	3,1E-05	1,0E-04	0,000	0,1%	x	x	x
x	Chrome	1,3E-04	1,0E-04	0,001	0,6%	1,2E+01	1,5E-06	49,0%
	Cuivre	6,3E-04	1,0E-03	0,001	0,3%	x	x	x
	Mercure	1,4E-04	3,0E-04	0,000	0,2%	x	x	x
x	Manganèse	1,0E-02	5,0E-05	0,200	92,7%	x	x	x
x	Nickel	5,4E-04	9,0E-05	0,006	2,8%	3,8E-01	2,1E-07	6,7%
	Plomb	2,4E-04	x	x	x	1,2E-02	2,9E-09	0,1%
	Antimoine	1,4E-04	x	x	x	x	x	x
	Etain	4,7E-05	x	x	x	x	x	x
	Selenium	3,5E-04	2,0E-02	0,000	0,0%	x	x	x
	Tellure	5,1E-05	x	x	x	x	x	x
	Thallium	4,6E-05	x	x	x	x	x	x
	Zinc	4,8E-03	x	x	x	x	x	x
	Vanadium	6,5E-05	1,0E-04	0,001	0,3%	x	x	x
	PCDDF	3,6E-10	4,0E-02	0,000	0,0%	3,8E+04	1,4E-08	0,4%
$\Sigma =$				0,22		$\Sigma =$		3,1E-06

Tableau 14 : Sélection des traceurs de risque

Les substances retenues pour la quantification des risques sanitaires sont celles contribuant à plus de 1% du risque total. Ce tableau de calculs⁷ présente les résultats de cette sélection, sur la base d'un calcul de 'risque majoré', sans pondération par la fréquence et durée d'exposition. Le chrome et le manganèse ressortent en traceurs principaux.

⁷ Les substances en noir sont insignifiantes en terme de risque sanitaire ; celles en rouge sont retenues comme 'traceurs de risque'.

Les six substances ainsi retenues, pour lesquelles la toxicologie est détaillée dans le chapitre suivant, sont :

- le **benzène** considéré comme 10% des composés organiques volatils (COHV) issus du broyeur à charbon ;
- les métaux liés aux poussières : **l'arsenic, le cadmium, le chrome, le manganèse et le nickel.**

On voit que les dioxines et furanes sont insignifiants et ne seront donc pas retenus dans le calcul sanitaire.

Dans le cadre de l'étude de la toxicité des substances retenues, un chapitre relatif au comportement des substances dans l'environnement a été ajouté (dans les milieux air, sols et végétaux qui sont principalement concernés d'après le chapitre V-3. relatif à l'environnement du site).

Ce chapitre permettra notamment de justifier la pertinence (ou non) des transferts des substances à travers les compartiments environnementaux.

3. TOXICOLOGIE

3-1 Les poussières

Les poussières émises par le site véhiculent les substances métalliques sous forme particulaire retenues dans le paragraphe précédent (arsenic, cadmium, etc.).

La toxicité des poussières est donc étudiée ci-après.

Voies d'exposition

Sous ce terme sont regroupées toutes les substances solides de taille comprise entre 0,001 et 50 µm. Les particules de taille inférieure à 10 µm, dites PM10, restent en suspension dans l'air. Les autres se déposent à proximité du point d'émission.

La principale voie d'exposition aux poussières est donc l'inhalation.

Toxicologie

Les particules les plus grosses sont stoppées dans les voies respiratoires supérieures. Les plus fines pénètrent profondément et restent bloquées au niveau alvéolaire. Ainsi, les

poussières agissent en synergie avec les oxydes de soufre et peuvent à taux élevé irriter les voies respiratoires.

Il est à noter que l'ensemble des particules sont régulièrement mises en cause, pour de faibles teneurs comme celles observées dans nos villes, dans :

- la survenue à court terme de troubles respiratoires, comme des épisodes asthmatiques,
- les variations de l'activité sanitaire (consultations, urgences hospitalières),
- la mortalité cardiovasculaire ou respiratoire.

Les poussières en elles-mêmes ne présentent pas de risque cancérigène. Celui-ci n'étant du qu'aux composés éventuellement adsorbées sur les poussières (par exemple, les métaux comme l'arsenic, le cadmium, etc.).

Valeur toxicologique de référence (VTR)

En l'absence de VTR pour les poussières, les concentrations d'exposition des cibles seront comparées de manière indicative aux limites de qualité dans l'air ambiant, fixées par l'article R221-1 du Code de l'Environnement modifié par le décret n°2008-1152 du 7 novembre 2008 sont les suivants, pour les PM10 :

30 µg/m³ en moyenne annuelle, décile 90,4 des concentrations moyennes journalières (35 jours de dépassement autorisés sur l'année) : 50 µg/m³.

3-2 L'arsenic

Forme chimique

L'arsenic existe sous différents degré d'oxydoréduction : -3, 0, +III et V. Mis à part les sulfures, les composés minéraux les plus courants sont les combinaisons avec l'oxygène à savoir les arsénites (As III) et les arséniates (As V). L'arsenic forme également des composés organiques très stables, trivalents ou pentavalents.

Comportement

Dans l'air, l'arsenic existe principalement sous la forme de particules. Il est présent sous forme d'arsenic trioxyde et d'arsines (formes organiques volatiles). Après re-déposition au sol, la mobilité de l'arsenic est assez limitée.

En terme de transfert, parmi les plantes entrant dans l'alimentation humaine, les laitues présentent la plus forte capacité d'accumulation de l'arsenic avec un facteur de bioconcentration en poids sec de l'ordre de $0.26 \cdot 10^{-2}$ (qui indique donc qu'il n'y a pas de bioconcentration).

Voies d'exposition

La principale voie d'absorption chez l'homme est la voie orale (95%). La voie respiratoire représentant 30 à 34 % des expositions. La voie cutanée est une voie mineure d'absorption.

Devenir dans l'organisme

Lors de l'absorption par voie orale, l'arsenic se distribue dans tous les organes. Il n'a pas d'organe cible. Les concentrations les plus élevées dans le corps sont retrouvées dans les ongles et les cheveux.

Le métabolisme de l'arsenic est surtout constitué par une méthylation. Si l'arsenic est sous forme pentavalente, il doit d'abord être réduit en arsenic trivalent (Uthe et Reenke, 1975). Ce processus tend à rendre l'arsenic moins réactif et plus facilement éliminé. Ce processus permet une réduction de la toxicité aiguë mais pas de la toxicité chronique ni de l'effet cancérigène (Mc Kinney, 1992 ; Thomas et al., 2001).

L'arsenic sous forme inchangée et ses métabolites méthylés sont éliminés dans les urines par le rein après filtration glomérulaire, sécrétion tubulaire, et réabsorption active. Des études chez des volontaires montrent que 46 à 63 % de la dose d'arsenic est éliminée dans les 4 à 5 jours après l'ingestion (Buchet et Lauwerys, 1988 ; Vahter, 1983), 30% éliminés avec une demi-vie de plus d'une semaine et le reste avec une demi-vie supérieure à un mois (Pomroy et al., 1980).

Toutefois l'élimination dépend de la valence de l'arsenic, de la voie d'administration et de la dose.

Toxicologie chronique

La grande majorité des effets liés aux dérivés de l'arsenic sont induits par les dérivés inorganiques. Les rares études relatant les effets induits par les dérivés organiques de l'arsenic ont été réalisées chez l'animal.

L'exposition à ces dérivées inorganiques est due à l'ingestion d'eau de boisson ainsi qu'à leur inhalation.

L'exposition **par ingestion** de dérivés inorganiques de l'arsenic provoque :

- des effets cutanés : lésions d'hyperkératose des paumes des mains et de la plante des pieds associées à des excroissances en forme de verrues ou boutons qui peuvent être à l'origine de lésions cancéreuses.

Ces effets apparaissent pour des niveaux d'exposition de l'ordre de 0,01 à 0,1 mg As/kg/j. Des études ont permis d'établir un NOAEL (niveau d'exposition sans effet) de l'ordre de 0,0004 à 0,0009 mg As/kg/j (Cebrian et al., 1983 ; Harrington et al., 1978 ; Mazumder et al., 1988 ; Southwick et al., 1981 ; Valentine et al., 1985) et 0,0008 mg As/kg/j (Tseng et al., 1968) pour une population d'étude plus vaste.

- des effets cardiovasculaires : maladie des pieds noirs (altération de la circulation sanguine dans les pieds), maladie de Raynaud. Les différentes études montrent des niveaux d'exposition variable à l'origine de ces effets ; par exemple :

- Taïwan, ingestion d'eau de boisson contenant 0,17 à 0,80 ppm (Tseng, 1977) correspondant à des doses de 0,014 à 0,065 mg As/kg/j (Albernathy et al., 1989),

- Chili, ingestion d'eau de boisson contenant 0,6 à 0,8 ppm correspondant à des doses de 0,02 à 0,06 mg As/kg/j en fonction de l'âge (Borgano et Grelber, 1972 ; Zaldivar et Guillier, 1977).

- des effets hématologiques par ingestion : anémie, leucopénie.

Ces effets ne sont pas retrouvés pour des niveaux de 0,07 mg As/kg/j ou inférieurs (Harrington et al., 1978 ; Huang et al., 1985 ; Silver et Wamman, 1952 ; Southwick et al., 1981). Cependant, une anémie est rapportée dans une étude (Mizuta et al., 1956) pour des niveaux d'exposition de 0,05 mg/kg/j et pour une durée subaiguë d'exposition

- des atteintes du système nerveux par ingestion : neuropathies périphériques, paresthésies des extrémités des pieds et des mains, parfois accompagnées d'engourdissement.

Ces effets neurologiques ne sont pas retrouvés pour des expositions chroniques à de faibles doses, inférieures ou égales à 0,01 mg As/kg/j (Harrington et al., 1978 ; Hindmarsh et al., 1977 ; Southwick et al., 1981 ; Valentine et al., 1985).

- des effets hépatiques par ingestion : nausées, vomissements, diarrhées et douleurs abdominales lors d'expositions prolongées à de faibles doses (Borgano et Greiber, 1972 ; Cebrian et al., 1983 ; Franzblau et Lilis, 1989 ; Holland, 1904 ; Huang et al., 1985 ; Mazumder et al., 1988 ; Mizuta et al., 1956 ; Nagai et al., 1956 ; Silver et Waimnan, 1952 ;

Wagner et al., 1979).

Ces effets sont le plus souvent observés pour des expositions chroniques à des niveaux de l'ordre de 0,019 à 0,1 mg As/kg/j (Chakraborty et Saha, 1987 ; Franklin et al., 1950 ; Mazumder et al., 1988 ; Silver et Wainman, 1952 ; Wade et Frazer, 1953).

L'**inhalation** des dérivés inorganiques de l'arsenic provoque :

- des effets cutanés : identiques à ceux relevés dans le cas d'une ingestion.

Ces effets apparaissent pour des niveaux d'exposition de 0,613 mg As/m³ (Perry et al., 1948) ou 0,007 mg As/m³ (Mohamed, 1998).

- des effets cardiovasculaires (non retrouvés dans toutes les études). Les niveaux d'exposition ne sont pas connus.

- des atteintes du système nerveux : neuropathies périphériques sensorielles et motrices, encéphalopathies franches.

Ces effets sont partiellement réversibles à l'arrêt de l'exposition (Beckett et al., 1986).

- des effets hépatiques : nausées, vomissements et diarrhées (Beckett et al., 1986 ; Bolla-Wilson et Bleecker, 1987 ; Morton et Caron, 1989). Ces effets sont réversibles.

Lors de l'exposition par voie **dermique** aux dérivés inorganiques de l'arsenic, il est probable que l'arsenic soit sensibilisant pour l'homme (Mohamed, 1998) pour des expositions comprises entre 5,2 et 14,4 mg/m³. Cependant les résultats ne sont pas clairs, des effets croisés avec le nickel sont supposés (Holmqvist, 1951 ; Wahlberg et Boman, 1986).

Des effets sensibilisants sont également suspectés lors de l'exposition par voie cutanée aux dérivés organiques (Bourrain et al., 1998).

Effets cancérigènes

Plusieurs études épidémiologiques ont révélé une élévation du nombre de cancer du poumon et de la peau chez les personnes exposées à l'arsenic (ingestion et inhalation).

Une augmentation significative du risque de cancer du poumon pour des niveaux d'exposition à l'arsenic supérieur à 75 mg/m³/an est révélée suite à plusieurs études

épidémiologiques dans des fonderies. Le risque semble augmenter plus rapidement avec la dose pour de faibles expositions cumulées qu'avec les fortes expositions (OMS IPCS, 2001) Cette substance et ses composés ont été classés comme cancérogènes pour l'homme. La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
Arsenic et composés	<p><u>Catégorie 1</u> - substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme - pour le pentoxyde d'arsenic, le trioxyde d'arsenic, l'arséniat de plomb</p> <p>Non déterminé pour l'arsenic</p>	<p><u>Groupe 1</u> - cancérogène pour l'homme - (ensemble du groupe arsenic et ses composés)</p>	<p><u>Catégorie A</u> - cancérogène pour l'homme - arsenic</p>

Tableau 15 : Classification de l'arsenic

Effets sur la reproduction

Des études épidémiologiques réalisées chez des salariées exposées professionnellement par inhalation à l'arsenic sous forme inorganique et notamment pendant leur grossesse ont montré que les enfants nés de ces femmes présentaient un taux de malformations supérieur à celui attendu et un poids de naissance légèrement diminué (Nordstrom et al., 1979a). Cependant, peu d'études confirment ces observations.

Le classement de l'Union Européenne est le suivant :

- arséniat de plomb est classé reprotoxique catégorie 1 et 3 (cat. 1 : « substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine ou pour provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine » et cat. 3 : « substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possible sur le développement ») ;
- pentoxyde d'arsenic, trioxyde d'arsenic, l'acide arsénique et ses sels et l'arsenic : Non classé reprotoxique.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 16 : VTR retenues pour l'arsenic

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m ³) à seuil			cancérigène (mg/m ³)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Arsenic	7440-38-2	2001	RIVM	0,001	1998	US EPA	4,3	1993	US EPA	3,00E-04	1998	US EPA	1,5

Documents de référence

- Rapport de l'INERIS sur l'arsenic ; INERIS-DRC-01-25590-00DF258 ; Version N° 3 de Juillet 2006
- Fiche toxicologique de l'INRS FT N°192.

3-3 Le cadmium

Forme chimique

Le cadmium dans l'environnement n'est quasiment jamais trouvé à l'état métallique, mais dans sont état d'oxydation unique, c'est-à-dire +II (ATSDR, 1993 ; HSDB, 2001). Les principaux composés du cadmium sont l'oxyde de cadmium, le chlorure de cadmium, le sulfure de cadmium (ATSDR, 1993).

Comportement

Dans l'air le cadmium est présent sous forme particulaire, la principale forme étant l'oxyde de cadmium.

Le cadmium est assez mobile dans les sols, néanmoins il a tendance à s'accumuler dans les horizons supérieurs du sol, riches en matières organiques.

Les taux d'absorption du cadmium par les plantes sont très variables et dépendent de l'espèce de la plante, de la concentration de cadmium dans le sol, ainsi que d'autres facteurs influençant la biodisponibilité du cadmium, particulièrement le pH du sol. Les facteurs de bioconcentration exprimés en mg/kg sec de végétal par mg/kg de sol sont les suivants :

- 0.22 pour les choux (Thornton et Webb – 1975),
- 0.76 pour le radis* (Davies et roberts – 1975) ;
- 1.41 pour la laitue* (Cobb et al. – 2000).

* légumes rincés après récolte.

Voies d'exposition

Les deux principales voies d'exposition au cadmium sont l'inhalation et l'ingestion.

Devenir dans l'organisme

Source : IARC- 1993, ATSDR-1994-1999, Commission Européenne, draft

- Inhalation :

Une fraction du cadmium se dépose le long des voies respiratoires en fonction de la taille. Puis les sels de cadmium sont absorbés par l'organisme en fonction de leur hydrosolubilité.

- Ingestion :

L'absorption par cette voie est d'environ 5%, absorption qui peut être augmentée en cas de carences alimentaires en Ca, Fe, Zn et Cu.

Le cadmium est transporté dans le sang fixé à l'hémoglobine ou aux métallothionéines. Le cadmium se concentre principalement dans le foie et les reins (entre 50% et 70% de la charge totale). Il est également retrouvé dans le pancréas, la glande thyroïde, les testicules et les glandes salivaires. Dans les différents tissus, le cadmium se fixe sélectivement sur les métallothionéines. C'est sous cette forme de complexe que le cadmium peut être stocké dans les organes. Le cadmium libre est à l'origine des effets toxiques observés. Le cadmium possède une demi-vie de l'ordre de 20 à 30 ans dans le rein et de 30 jours dans le sang.

Le cadmium est excrété dans les fèces, les urines et les phanères.

Toxicité chronique

Le principal organe cible est le **rein**. L'exposition chronique au cadmium entraîne l'apparition d'une néphropathie irréversible pouvant provoquer une insuffisance rénale.

Des **troubles respiratoires** ont été rapportés pour des expositions cumulées atteignant des niveaux d'exposition très élevés et lors d'exposition réalisées par inhalation. Ils sont essentiellement liés aux effets irritants des particules de cadmium.

Des atteintes du **squelette osseux** liées à une interférence avec le métabolisme du calcium sont observées également pour des expositions à des concentrations très élevées de cadmium.

Il est probable que le cadmium soit également à l'origine de **neuropathies** périphériques.

Enfin, différentes études épidémiologiques montrent l'absence d'augmentation de la **pression artérielle** ou de fréquence accrue **d'affection cardiovasculaire** lors d'exposition au cadmium.

Il n'existe pas de données rapportant un effet toxique du cadmium lors d'exposition par la

voie dermique.

Effets cancérigènes

De nombreuses études ont rapporté une augmentation de la mortalité par cancer pulmonaire, au cours des expositions professionnelles au cadmium. L'augmentation du risque de cancer de la prostate n'est pas clairement établi.

Cette substance a été classée comme cancérigène ou probablement cancérigène pour l'homme. La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Classification du cadmium

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
Cadmium et composés	<p><u>Catégorie 2</u> - « substance devant être assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme »</p> <p>- Chlorure de cadmium, oxyde de cadmium, sulfate de cadmium</p> <p><u>Catégorie 3</u> - substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles » - Sulfure de cadmium</p>	<p><u>Groupe 1</u> - l'agent est cancérigène pour l'homme -</p>	<p><u>Catégorie B1</u> - Substance probablement cancérigène pour l'homme -</p>

Effets sur la reproduction

Quelques études sur la fonction reproductive chez l'homme n'ont pas montré de diminution de la fertilité, ni d'effet sur la fonction endocrine.

Le classement de l'Union Européenne est le suivant :

- chlorure de cadmium : cat. 2 'substance devant être assimilée à des substances mutagènes pour l'homme »
- Oxyde de cadmium, sulfate de cadmium et sulfure de cadmium : non classé.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 18 : VTR retenues pour le cadmium

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Cadmium	7440-43-9	2008	ATSDR	1,00E-05	1992	US EPA	1,8	1994	US EPA	1,00E-03	x	x	x

Documents de référence

- Rapport de l'INERIS sur le Cadmium ; INERIS-DRC-01-25590-ETSC-APi/SD-N°00df249.DOC ; Version N° 2-2 de Janvier 2004 ;
- Fiche toxicologique de l'INRS FT N°60

3-4 Le chrome

Forme chimique

Le chrome est principalement concentré dans les roches. Seuls les composés trivalents (chrome III) et hexavalents (chrome VI) sont détectés dans l'environnement en quantités significatives. Dans les sols, le chrome issu de la roche-mère est principalement sous forme trivalente. Le **chrome hexavalent** est la plupart du temps introduit dans l'environnement par les activités industrielles.

Comportement

Dans l'air, les composés de chrome sont présents sous forme de fines particules qui se déposent progressivement sur les sols et les surfaces aquatiques.

La solubilité du chrome VI est importante alors que le chrome III est généralement peu soluble. La faible fraction soluble se propage en profondeur vers les eaux souterraines.

Le chrome existe principalement dans les sols sous la forme chrome III ; le chrome VI étant largement transformé en chrome III dans les sols.

Concernant la bioconcentration du chrome dans les végétaux, aucune étude réalisée n'est satisfaisante pour dériver des facteurs de bioconcentration du chrome depuis les sols.

Voies d'exposition (Barceloux, 1999)

L'absorption réelle du chrome dépend de nombreux facteurs : l'état d'oxydation, la taille des particules, leur solubilité et l'activité de phagocytose des macrophages alvéolaires. Dans la majorité des cas, les composés hexavalent sont plus facilement absorbés que les composés trivalents.

Les données chez l'animal suggèrent une absorption pulmonaire de 53-85 % pour les particules du chrome (VI) inhalables et 5-30 % pour les particules de chrome (III) inhalables.

La voie d'exposition **par inhalation** est majoritaire.

L'absorption intestinale du chrome est faible de l'ordre de 0.5 à 2 %.

La pénétration par voie cutanée est limitée pour les dérivés hexavalents et trivalents du chrome sauf lors d'expositions massives entraînant des brûlures.

Devenir dans l'organisme

La majorité du chrome hexavalent est réduit, donc la majorité du chrome présent dans l'organisme est sous la forme réduite chrome (III). Le chrome trivalent se fixe sur les transferrines plasmatiques et est largement distribué dans tout l'organisme.

Les concentrations en chrome dans les tissus diminuent avec l'âge à l'exception des poumons.

Le chrome est éliminé par excrétion urinaire. La demi-vie du chrome (VI) est de 15 à 41 heures. L'excrétion biliaire correspond à environ 10% de l'élimination du chrome (Barceloux, 1999).

Toxicité chronique

Les manifestations toxiques du chrome sont généralement attribuées aux dérivés hexavalents. Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique.

Les effets décrits ci après sont liés à une exposition par inhalation (voie d'exposition majoritaire).

Le **tractus respiratoire** est l'organe cible des effets de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI. Il s'agit d'atteintes au site de contact. Lors de l'exposition au chrome VI, les principaux effets observés sont l'épistaxis, une rhinorrhée chronique, une irritation et des démangeaisons nasales, une atrophie de la muqueuse nasale, des ulcérations et des perforations du septum nasal, des bronchites, des pneumoconioses, une diminution des fonctions pulmonaires et des pneumonies.

Après solubilisation, le chrome et ses dérivés peuvent avoir un **effet sensibilisant** que se manifeste par de l'asthme ou des dermatites.

Des **atteintes gastro-intestinal** ont été observées lors d'expositions professionnelles par inhalation. Les effets observés sont des douleurs stomacales, des crampes, des ulcères gastro-duodénaux et des gastrites.

Des **effets cardiovasculaires** ont été décrits lors d'exposition professionnelles au dichromate de potassium.

Effets cancérigènes

La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Classification du chrome

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
Chrome VI	<p>Catégorie 1 - substance que l'on sait être cancérigène pour l'homme - pour le trioxyde de chrome</p> <p>Catégorie 2 - « substance devant être assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme » - Dichromate de sodium, dichromate d'ammonium, chromate de sodium, chromate de calcium, etc.</p>	<p>Groupe 1 - cancérigène pour l'homme -</p>	<p>Catégorie A par inhalation - Substance cancérigène pour l'homme -</p> <p>Catégorie D par orale - substance non classifiable quant à sa cancérigénicité pour l'homme -</p>
Chrome III	-	<p>Groupe 3 - ne peut être classé pour sa cancérigénicité pour l'homme -</p>	<p>Catégorie D - substance non classifiable quant à sa cancérigénicité pour l'homme -</p>

Effets sur la reproduction

Les seules données connues sont issues d'études réalisées chez la femme exposée professionnellement aux dichromates. Les résultats montrent une augmentation de l'incidence des complications aux cours de la grossesse et de la naissance, une toxicose pendant la grossesse ainsi qu'une augmentation des hémorragies post-natales.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

A noter que ces valeurs toxicologiques de référence concernent le chrome sous la forme hexavalente ; cette forme présentant une forte toxicité que la forme trivalente. La totalité du chrome mesuré à l'émission du site sera donc considérée de manière maximisante à du chrome VI.

Tableau 20 : VTR retenues pour le chrome VI

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Chrome VI	7440-47-3	1998	US EPA	1,00E-04	1998	US EPA	12	1998	US EPA	3,00E-03	2005	OEHHA	0,42

Documents de référence

- Rapport de l'INERIS sur le chrome ; INERIS-DRC-01-05590-00DF253.doc ; Version N° 2 du 4 février 05.

3-5 Le manganèse

Forme chimique

Il existe différents état d'oxydation du manganèse à savoir le manganèse divalent (+II) ou trivalent (+III).

Comportement

Le manganèse élémentaire et ses différents dérivés sont essentiellement présent **dans l'air** sous forme particulaire. Par déposition sèche ou humide, cette phase particulaire peut rejoindre la surface terrestre. Le manganèse présent dans l'atmosphère sous forme particulaire est principalement (80%) associé à des particules ayant un diamètre équivalent à 5µm (50% de ces particules ayant un diamètre inférieur à 12µm), ce qui favorise le transport aérien de ces particules (ATSDR, 2000).

Le manganèse et ses dérivés sont fortement retenus **dans les sols**, soit par des réactions d'échanges de cations soit par des réactions d'échanges de ligands. Dans les sols, il existe un équilibre entre les formes divalentes et trivalentes du manganèse : le manganèse divalent est transformé par oxydation biologique en une forme trivalente, qui est elle-même réduite biologiquement en manganèse divalent (IUCLID, 2000a, 2000b).

Les plantes absorbent le manganèse principalement sous forme divalente. Le manganèse est donc plus biodisponible dans les sols acides que dans les sols alcalins. Plusieurs études conduisent à proposer des facteurs de bioconcentrations pour des végétaux consommables qui varient de $5.5 \cdot 10^{-4}$ (Tuzen , 2003) à $4.4 \cdot 10^{-2}$ (En et al., 2003).

Voies d'exposition

La voie d'exposition majoritaire est l'inhalation.

Devenir dans l'organisme

L'absorption du manganèse par inhalation est fonction de la taille des particules. L'absorption alvéolaire est lente. Le manganèse diffuse passivement dans le système vasculaire capillaire pulmonaire. Une proportion des particules inhalées est transférée au niveau du tractus digestif ; l'absorption digestive en cas d'inhalation de particules est significative (Mena et al., 1969).

Le manganèse (II) est oxydé en manganèse (+III) dans le duodénum du fait de son milieu alcalin (Cotzias, 1961). Seul le cation Mn (+III) semble être bien absorbé.

Le manganèse va se concentrer dans les tissus qui sont riches en mitochondries, où il va pouvoir altérer l'homéostasie calcique et accentuer les oxydations.

Le manganèse ne semble pas être métabolisé car l'excrétion n'est pas affectée par la présence ou l'absence d'autres ions métalliques. Le Mn (+III) est rapidement excrétée dans la bile puis en parti réabsorbé. Le manganèse est principalement éliminé par les fèces (jusqu'à 99%) (Cotzias, 1961).

Toxicité chronique

Lors d'exposition chronique **par inhalation** au manganèse, ce sont des atteintes du système nerveux central qui prédominent (manganisme). Les symptômes sont à la fois des troubles psychiatriques et des atteintes purement neurologiques.

Par **voie orale**, il existe peu de données en particulier neurologiques, probablement parce que l'organisme exerce un fort contrôle homéostatique sur la quantité de manganèse absorbée suite à une exposition par voie orale. Ce contrôle protège ainsi l'organisme des effets toxiques du manganèse (ATSDR, 2000).

Effets cancérogènes

La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Classification du manganèse

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
Manganèse et composés	<u>Non classé</u> Le mancozèbe, le manèbe, le dioxyde de manganèse et le sulfate de manganèse	<u>Groupe 3</u> <i>- ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme -</i> pour le manèbe	<u>Catégorie D</u> <i>- substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme -</i> pour le manganèse

Effets sur la reproduction

Le mancozèbe, le manèbe, le dioxyde de manganèse et le sulfate de manganèse ont été examinées mais ne font pas l'objet de classification pour l'Union Européenne.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 22 : VTR retenues pour le manganèse

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Manganèse	7439-96-5	1993	US EPA	5,00E-05	x	x	x	1996	US EPA	0,14	x	x	x

Documents de référence

- Rapport de l'INERIS sur le manganèse : INERIS-DRC-03-47020-00DD056 – version n°2 du 01/04/2007.

3-6 Le nickel

Forme chimique

A l'état divalent, le nickel peut former une large gamme de composé et constitue le seul état d'oxydation important du nickel.

Comportement

Le nickel émis **dans l'atmosphère** par des sources anthropiques l'est principalement sous forme d'aérosols, ce qui couvre une très large gamme de taille de particules : 5.4 µm serait le diamètre moyen des particules d'origine anthropique (ATSDR, 1997).

Bien plus que la teneur totale, la spéciation et l'état physico-chimique du nickel sont des paramètres essentiels à considérer afin d'évaluer son comportement dans l'environnement et en particulier sa biodisponibilité. **Dans les sols**, les principales formes du nickel, et en particulier NiOH⁺, sont absorbées à la surface d'oxydes amorphes de fer, d'aluminium ou de manganèse et dans une moindre mesure à la surface de minéraux argileux. La mobilité du nickel dans les sols augmente aux pH faibles.

Plusieurs études conduisent à proposer des facteurs de bioconcentrations (BCF) pour des **végétaux consommables** qui seraient cultivés sur des sols présentant des teneurs en nickel au-delà des teneurs médianes observées sur le territoire français. Ces facteurs sont compris entre

- 0.002 pour la fraise exposée à 380 mg/kg de nickel dans le sol ;
- 0.021 pour la griotte exposée à 85 mg/kg de nickel dans le sol.

Voies d'exposition

L'absorption du nickel et de ses composés peut s'effectuer par la voie orale, absorption plus rapide pour les composés solubles, pulmonaire, en fonction de la granulométrie des particules, et cutanée.

Devenir dans l'organisme

Le nickel, absorbé par inhalation, se retrouve dans les reins et les poumons.

Il est principalement éliminé par la voie urinaire et plus faiblement dans la sueur, les ongles et les cheveux. Le nickel ingéré est éliminé par les fèces (ATSDR, 1997).

Sa demi-vie d'élimination est de 20 à 40 h pour les composés solubles et de plusieurs semaines à plusieurs années pour les composés insolubles.

Toxicité chronique

Les études chez l'homme indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel **par inhalation**. Des études suggèrent que l'exposition à long terme au nickel **par voie orale** peut être tolérée par quelques individus sensibilisés, et peut même servir de traitement désensibilisant (ATSDR, 1997). **Par voie cutanée**, l'allergie au nickel est l'allergie de contact la plus fréquente chez les femmes.

Effets cancérigènes

La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23 : Classification du nickel

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
Nickel et composés	<p><u>Catégorie 1</u> - substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme – dioxyde de nickel, sous sulfure de nickel, monoxyde de nickel, sulfure de nickel, trioxyde de di-nickel</p> <p><u>Catégorie 3</u> - substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles – nickel, carbonate de nickel, sulfate de nickel, etc.</p>	<p><u>Catégorie 1</u> - cancérogène pour l'homme - composés du nickel</p> <p><u>Catégorie 2B</u> - probablement cancérogène pour l'homme - nickel métallique</p>	<p><u>Catégorie A</u> - cancérogène pour l'homme - sous sulfure de nickel et poussières de raffineries de nickel</p> <p><u>Catégorie B2</u> - probablement cancérogène pour l'homme - tetracarbonyl nickel.</p>

Effets sur la reproduction

Le classement de l'Union Européenne est le suivant :

- tetracarbonylnickel est classé reprotoxique catégorie 2 ;
- carbonate de nickel, dihydroxyde de nickel, dioxyde de nickel, sous sulfure de nickel, monoxyde de nickel, sulfure de nickel, trioxyde de di nickel, sulfate de nickel et nickel ne sont pas classés reprotoxique par l'UE.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 24 : VTR retenues pour le nickel

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m ³) à seuil			cancérigène (mg/m ³)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
Nickel	7440-02-0	2005	ATSDR	9,00E-05	2000	OMS	3,80E-01	2006	OMS	1,20E-02	x	x	x

Documents de référence

- Fiche INERIS-DRC-02-25590-02DF44 – version n°1 du 02/07/2006 ;
- Fiche toxicologique de l'INRS FT N°68.

3-7 Les composés organiques volatils – le benzène

Identité des composés organiques volatils (COV)

On appelle "composé organique" toute substance qui contient au moins un atome de carbone. Les composés organiques sont constitués des hydrocarbures et de leurs dérivés chimiques. Ils sont dits "volatils" parce qu'ils émettent des vapeurs à température ambiante. Sont par exemple des composés organiques volatils (COV) : le butane, le propane, l'éthanol (alcool à 90°), l'acétone, les solvants dans les peintures ou encore les solvants dans les encres.

Le méthane (CH₄) est un COV naturellement présent dans l'air ambiant, c'est pourquoi on le distingue des autres COV dits "non méthaniques" (COVNM).

Parmi ces COV, la substance présentant la plus forte toxicité, à savoir le **benzène** a été retenue de manière pénalisante. En l'absence de mesures spécifiques, 10% des COV émis est assimilé à du benzène. Le chapitre suivant concerne donc la toxicité du benzène.

Comportement

Dans l'atmosphère, le benzène existe sous la forme gazeuse. Il est principalement dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réaction photochimique. Le benzène étant relativement soluble, une partie est déposée sur le sol ou dans les eaux de précipitation.

Dans les sols, le benzène est mobile. Considérant sa pression de vapeur et sa solubilité élevées, le benzène se volatilise à partir de la surface du sol, est entraîné vers les eaux superficielles par ruissellement et vers les eaux souterraines par lixiviation.

Aucun résultats d'essai valide permettant de déterminer des facteurs de bioconcentration du benzène dans les plantes n'a pu être trouvé dans la littérature.

Voies d'exposition

La voie d'exposition principale pour le benzène est l'inhalation. L'absorption digestive et cutanée du benzène sont possibles mais demeurent secondaire.

Devenir dans l'organisme

50% du benzène inhalée est absorbés (Nomiya et Nomiya, 1974a). Dans le corps, le benzène est rapidement distribué via le sang à l'ensemble de l'organisme. Du fait de sa grande lipophilie, les concentrations tissulaires sont plus élevées dans la moelle osseuse et dans la graisse.

Le benzène est éliminé sous une forme inchangée dans les urines (1 %) et dans l'air expiré (10 à 50 %) selon l'activité physique et l'importance du tissu adipeux. La fraction expirée augmente avec l'exposition du fait d'une saturation des voies métaboliques.

La transformation métabolique du benzène dans le corps est hépatique et médullaire (moelle osseuse) ; ce sont ces métabolites qui conduisent à la toxicité du benzène.

Toxicité chronique

L'inhalation de benzène provoque des **troubles neuropsychiques** communs à ceux observés avec les autres solvants : irritabilité, diminution des capacités d'attention et de mémorisation, syndrome dépressif, troubles du sommeil... Des troubles digestifs, tels que nausées, vomissements, épigastalgies, peuvent être observés.

Par contact cutané prolongé, le benzène entraîne des **irritations locales**.

Aucune étude n'a prouvé la responsabilité du benzène dans la genèse des cancers autres que ceux du système hématopoïétique et lymphopoïétique.

Le rôle du benzène dans la survenue **d'hémopathies non malignes** (thrombopénie, leucopénie, hyperleucocytose, anémie) est prouvé par de nombreuses études individuelles

et épidémiologiques ; le seuil de toxicité est apprécié différemment selon les auteurs 10 ppm à 30 ppm. Les anomalies évoluent dans la grande majorité des cas vers la régression à l'arrêt de l'exposition : elles ne seraient que très rarement le prélude à une hémopathie plus sévère.

De nombreuses études ont mis en évidence des **effets hémotoxiques et immunotoxiques**. L'atteinte de la moelle osseuse est un des tous premiers signes de la toxicité chronique du benzène, suite à des expositions par inhalation. Cette toxicité pourra induire une anémie aplasique ou un syndrome myéloprolifératif évoluant vers une leucémie.

Des effets sur le **système immunitaire** ont également été décrits dans le cadre d'expositions professionnelles au benzène : diminution des taux sériques d'IgA et d'IgG (3 à 7 ppm), augmentation de la susceptibilité aux allergies (concentrations < 30 ppm) (OMS IPCS, 1993), une diminution des leucocytes (15 à 75 ppm).

Effets cancérogènes

De nombreuses études ont rapporté une augmentation des taux de cancer, leucémie aiguë myéloïde le plus souvent, au cours des expositions professionnelles au benzène.

Une relation dose / effet entre l'importance de l'exposition en ppm/mois et l'incidence des leucémies a été mise en évidence. Par contre, aucun lien n'a été trouvé entre l'apparition de leucémies et l'importance des pics maximum d'exposition (envisagés indépendamment de l'exposition cumulée), l'âge à la première exposition au benzène, la durée d'exposition et le délai écoulé entre le début de l'exposition et la survenance de la maladie.

Cette substance a été classée comme cancérogène pour l'homme. La classification selon les organismes internationaux est précisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 25 : Classification du benzène

Classification	Union Européenne	CIRC-IARC	US-EPA
	<u>Catégorie 1</u> - substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme -	<u>Groupe 1</u> - agent cancérogène pour l'homme -	<u>Catégorie A</u> - agent cancérogène pour l'homme -

Effets sur la reproduction

Une étude effectuée par Dowty *et al.*, (1976) montre que le benzène passe la barrière

placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation.

Cependant, les effets sur la reproduction, par inhalation du benzène, ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.

Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence retenues conformément aux prescriptions de la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 sont les suivantes :

Tableau 26 : VTR retenues pour le benzène

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
COV (Benzène)	71-43-2	2003	US EPA	0,03	1998	US EPA	7,80E-03	2003	US EPA	4,00E-03	2000	US EPA	5,50E-02

Documents de référence

- Rapport de l'INERIS sur le Benzène ; INERIS-DRC-01-25590-ETSC-APi/SD–N°00df256.DOC ; Version N° 2-1 de Janvier 2004
- Fiche toxicologique de l'INRS FT N°49

3-8 Récapitulatif des valeurs toxicologiques de référence retenues

Les VTR retenues pour les substances sélectionnées sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 27 : VTR retenues pour la quantification des risques

Substance	N° CAS	INHALATION						INGESTION					
		non cancérigène (mg/m3) à seuil			cancérigène (mg/m3)-1 sans seuil			non cancérigène (mg/kg/j) à seuil			cancérigène (mg/kg/j)-1 sans seuil		
		année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur	année	organisme	valeur
COV (Benzène)	71-43-2	2003	US EPA	0,03	1998	US EPA	7,80E-03	2003	US EPA	4,00E-03	2000	US EPA	5,50E-02
Arsenic	7440-38-2	2001	RIVM	0,001	1998	US EPA	4,3	1993	US EPA	3,00E-04	1998	US EPA	1,5
Cadmium	7440-43-9	2008	ATSDR	1,00E-05	1992	US EPA	1,8	1994	US EPA	1,00E-03	x	x	x
Chrome VI	7440-47-3	1998	US EPA	1,00E-04	1998	US EPA	12	1998	US EPA	3,00E-03	2005	OEHHA	0,42
Manganèse	7439-96-5	1993	US EPA	5,00E-05	x	x	x	1996	US EPA	0,14	x	x	x
Nickel	7440-02-0	2005	ATSDR	9,00E-05	2000	OMS	3,80E-01	2006	OMS	1,20E-02	x	x	x

Substance	N° CAS	INGESTION		INHALATION	
		organe cible principal	taux d'absorption	organe cible principal	taux d'absorption
Benzène	71-43-2	sang	x	sang	50%
Arsenic	7440-38-2	peau, cœur, sang	95%	peau, SNC, tube digestif	30 à 34%
Cadmium	7440-43-9	reins	5%	SR , reins	10-100%
Chrome IV	7440-47-3	X	0,5-2%	SR	5-30%
Manganèse	7439-96-5	Foie, pancréas, reins	3 à 5%	SNC	x
Nickel	7440-02-0	reins	0,7-27%	SR	20-35%

Légende

SR système respiratoire

SNC système nerveux central

Tableau 28 : organes susceptibles d'être affectés

VII. SCENARIOS D'EXPOSITION DES POPULATIONS

1. DESCRIPTION DES VOIES D'EXPOSITION

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une usine émettrice d'effluents gazeux dans l'atmosphère, peut se produire directement, par inhalation des polluants transférés dans l'air ou ingestion de poussières déposées sur le sol ou par voie indirecte par la chaîne alimentaire.

1-1 Exposition par inhalation

Nous considérons dans une hypothèse maximaliste pour cette voie d'exposition une habitation qui pourrait (à l'avenir) se situer à l'endroit de concentrations maximales cad à 2 kms au Nord-nord-ouest des cheminées.

Si les taux de pénétration dans les locaux influencent également les expositions, l'étude fait l'hypothèse d'équilibre des concentrations à l'extérieur et dans les bâtiments. Les concentrations dans l'air considérées sont celles modélisées, afin d'estimer les 'excès de risque sanitaires attribuables à la cimenterie seule.

1-2 Exposition par ingestion

Il convient de distinguer deux voies potentielles d'exposition par ingestion : une directe par le biais de l'ingestion de poussières ou de sols contenant les polluants s'y étant déposés, et une voie indirecte par le transfert des contaminants au travers de la chaîne alimentaire.

Certains contaminants chimiques émis par diverses activités industrielles peuvent être transférés, voire concentrés le long des chaînes alimentaires. Ils doivent pour ceci présenter un caractère " bio-cumulatif ", c'est-à-dire s'accumuler sans être dégradés, dans les végétaux et animaux, à partir du milieu dans lequel ils vivent (eau, air et sol).

Les calculs de transfert air / sol et sol/ plante sont réalisés sous logiciel CALTOX, développé par l'US-EPA et reconnu par L'INERIS⁸.

⁸ Adapté aux conditions françaises pour certains paramètres biologiques et physiques, à l'issue d'un travail d'un élève-ingénieur sanitaire de l'ENSP.

Les quantités moyennes de sol ou végétaux ingérés par les adultes et par les enfants sont extraites de la base de données française CIBLEX issue du ministère de l'environnement.

La description des fonctionnalités de CALTOX est fournie en annexe 5.

1-3 Scénarios retenus et schéma conceptuel

Les scénarios d'exposition suivants intègrent les concentrations dans les milieux d'exposition, en polluants gazeux et particulaires, retenus comme traceurs de risque (Cf. VI.2). Les voies d'exposition par inhalation et par ingestion n'étant pas additives en termes de risques⁹, nous distinguons les scénarios.

Nous retenons ainsi deux scénarios d'exposition en fonction de la situation du site dans son environnement, et des milieux concernés par les transferts :

- Scénario 1 : exposition par **inhalation de l'air** pour les riverains au point de concentrations maximales sous les vents dominants, exposition **d'enfants et adultes résidant une vie entière** au même endroit.
- Scénario 2 : exposition par consommation de légumes d'un potager situé au point de concentrations maximales, et de viande d'une ferme, en autoconsommation.

Le secteur au niveau duquel les valeurs de contribution de HOLCIM en terme de concentrations dans l'air et/ou de dépôts secs sont susceptibles d'être à leurs valeurs maximales peut être visualisé sur les cartes présentées ci-avant.



⁹ Selon le guide de l'INERIS pour la conduite des EQRS

2. SCENARIO D'EXPOSITION PAR INHALATION

2-1 Définitions

✓ CALCUL DE RISQUE POUR LES EFFETS A SEUIL

Pour les effets avec seuil, l'indice de risque (IR) est calculé en divisant la concentration Inhalée (Ci) par la valeur toxicologique de référence (VTR)

$$IR = C_m \times VTR$$

Où C_m est la concentration moyenne inhalée : $C_m = C_i \times F_e$

avec F_e facteur d'exposition : $F_e = T_i / 24 \times N_b J / 365$ T_i : temps d'exposition en h / jour

Le terme IR (indice de risque), qui exprime le niveau de risque, est établi par le rapport entre la concentration d'exposition et la valeur toxicologique de référence. Lorsque ce terme est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable. Au-delà de 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue.

✓ CALCUL DE RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL

Pour les effets sans seuil, un excès de risque Individuel (ERI) est calculé en multipliant la Concentration Inhalée (Ci) par le Risque Unitaire par inhalation (ERUi).

$$ERI = C_m \times ERUi \times T / 70$$

où l'ERI représente la probabilité qu'à un individu de développer l'effet associé à la substance durant toute l'exposition (T ans).

Un excès de risque individuel (ERI) inférieur ou de l'ordre de grandeur de 10^{-5} est une valeur reconnue comme acceptable par la communauté scientifique pour la santé des populations. Au-delà de 10^{-5} , l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclu.

2-2 Hypothèses et données

En ce qui concerne la voie par inhalation, le calcul de risque est réalisé en utilisant la valeur maximale des concentrations de gaz, déterminées sur la zone d'étude, pour un individu résidant toute l'année dans la zone de concentration maximale (hypothèse majorante). Pour les effets sans seuils, il est considéré une exposition durant une vie entière.

En ce qui concerne les métaux lourds adsorbés, on procède comme pour les gaz, avec leurs VTR pour la voie inhalation.

2-3 Calculs

Il résulte de l'application des formules ci-avant les QD et ERI calculés comme suit pour les substances retenues comme traceurs de risque :

	Emissions Four	Broyeurs + four	Concentration	VTRt	Qd	VTRc	T/Tm Enfant = 0,21 T/Tm adulte = 0,61
	mg/Nm ³	g/h	Cmax µg/m ³	mg/m ³		(mg/m ³) ⁻¹	
Benzène	4,5E+00	9,58E+02	0,09	3,0E-02	0,003	7,8E-03	4,3E-07
As	5,8E-02	2,1E+00	1,4E-04	3,0E-04	0,0005	4,3E+00	3,7E-07
Cd	4,7E-03	7,1E-01	2,6E-05	1,0E-05	0,003	1,8E+00	2,8E-08
Cr	6,7E-03	1,9E+00	1,3E-04	1,0E-04	0,001	1,2E+01	9,3E-07
Mn	1,1E+00	2,1E+02	1,0E-02	5,0E-05	0,200	x	
Ni	6,9E-02	1,2E+01	5,4E-04	9,0E-05	0,006	3,8E-01	1,3E-07
Σ ERI =							1,5E-06

$$Qd = CJE / VTR \times F$$

où F fréquence d'exposition prise par précaution à 24 h/ 25 et 365 j/ an soit F=1

$$ERI = CJE \times VTR \times F \times (T/Tm)$$

où Tm durée de vie = 70 ans par convention et T durée d'exposition = 7 ans enfant ou 43 ans adulte ou 20 ans pers. âgée

Tableau 29 : calcul de risque par inhalation

Les substances en noir sont insignifiantes en terme de risque sanitaire ; celles en rouge sont retenues comme 'traceurs de risque'.

Les deux polluants majoritaires sont le manganèse et le cadmium. Les résultats montrent que pour chaque polluant, l'indice de risque QD est inférieur à 1 et l'excès de risque ERI est inférieur à 10⁻⁵ et la somme des ERI reste inférieure à 10⁻⁵. La survenue d'un effet toxique pour la voie d'exposition considérée - inhalation - apparaît donc improbable.

Signalons également qu'excepté le manganèse, pour lequel a été retenue une valeur anormalement forte à l'émission, par soucis de précaution (mesure aberrante, non représentative des émissions normales), les QD inférieurs à 0.01 traduisent des risques toxiques insignifiants.

✓ **ADDITION DES EFFETS TOXIQUES**

Le calcul de risque cancérigène (effet sans seuils) s'effectue en additionnant tous les ERI, mais par contre, le calcul de risque s'applique à chaque substance prise individuellement. Cependant, malgré les incertitudes scientifiques quant aux effets combinés, la pratique courante consiste à additionner ensuite les indices de risques liés aux différentes substances pour une même voie d'exposition à condition qu'elles visent le même organe.

Inhalation	QD	Sang		Peau		SNC		Digest.		SR		Reins	
Benzène	3,0E-03	x	3,0E-03										
Arsenic	4,7E-04			x	4,7E-04	x	4,7E-04	x	4,7E-04				
Cadmium	2,6E-03									x	2,6E-03	x	2,6E-03
Chrome IV	1,3E-03									x	1,3E-03		
Manganèse	2,0E-01					x	2,0E-01						
Nickel	6,0E-03									x	6,0E-03		
Σ ERI =			3,0E-03		4,7E-04		2,0E-01		4,7E-04		9,9E-03		2,6E-03

Tableau 30 : Additivité des risques inhalation

Somme des indices de risques visant les mêmes organes = **0.2**

3. SCENARIO D'EXPOSITION PAR INGESTION

Ce scénario est basé sur le calcul de re-déposition de poussières émises par la cimenterie HOLCIM, aux concentrations calculées ci-avant par le logiciel *ARIA*, et ce au point le plus impacté. En ce qui concerne les populations exposées, il sera distingué deux cas :

- Cas 1 : exposition des adultes résidant dans la zone de concentration et de dépôt maximum.
- Cas 2 : exposition d'enfants* de moins de 7 ans, résidant dans la zone de concentration et de dépôt maxi.

Les retombées modélisées sous *ARIA* (annexe 4) nous permettent ensuite, à l'aide d'une modélisation par le logiciel *Caltox*, de calculer une dose journalière d'exposition par **ingestion** pour des riverains qui résideraient toute leur vie au point des retombées maximales.

Sont ainsi considérées :

- L'ingestion chronique de terre, chez l'enfant en bas âge ;
- l'ingestion de légumes du potager et fruits du jardin ;
- l'ingestion de produits de la ferme, à savoir céréales, lait, œufs et volaille.

3-1 Données et hypothèses

On suppose que les aliments, le bétail et les humains sont exposés aux dépôts de poussières qui viennent contaminer les sols et qui impactent (ou non) la santé par la voie alimentaire à travers la consommation de produits cultivés ou animaux élevés sur place.

Les données d'entrée sont les concentrations relevées au rejet des cheminées, qui après modélisation sous *ARIA* donnent une quantité de déposition de polluants liés aux poussières et une concentration dans l'air au point de retombées maximum :

- 0,003 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et 0,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en poussières totales,
- $1,10 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et $1,40 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en **Arsenic**,
- $2,05 \cdot 10^{-7}$ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et $2,60 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en **Cadmium**,
- $4,35 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et $5,40 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en **Nickel**,
- $8,03 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en **Manganèse**,
- $1,01 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ et $1,26 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en **Chrome**.

Le paramétrage¹⁰ du logiciel de modélisation Caltox est basé sur les hypothèses suivantes :

- durée d'exposition = 43 ans pour l'adulte et 7 ans pour l'enfant d'après l'INERIS ;
- durée de vie **Tm** = 70 ans
- Taux d'exposition **F** = 1, c'est-à-dire 365 jours sur 365 ;
- poids **P** = 58 kg pour l'adulte et 23 kg pour l'enfant (source : base de données Ciblex) ;
- ingestion **Q** = d'après Ciblex, respectivement pour l'enfant et l'adulte
 - 26 et 49 g/j. de volaille,
 - 16,5 et 29 g/j. d'œuf,
 - 237 et 184 g/j. de lait,
 - 90,5 et 172 g/j. de céréales,
 - 95 et 198 g/j. de fruits,
 - 70 et 135 g/j. de légumes ;
- autoconsommation : on retient l'hypothèse que 12% des céréales, 30% des fruits et légumes et, dans une hypothèse majorante, 100% du lait, des œufs et de la volaille consommés sont issus de produits locaux dans la zone d'étude.

Concernant la fréquence et les durées d'exposition, de façon majorante, l'exposition sera calculée en affectant 100% du temps au lieu de résidence.

3-2 Evaluation des transferts et concentrations dans les différents milieux

Nous avons utilisé le modèle Caltox pour calculer les transferts dans les différents compartiments (sols, végétaux et produits animaux) à partir des concentrations dans l'air et des retombées calculées par la modélisation ARIA-impact.

La vitesse de re-déposition des métaux lourds supposés adsorbés sur des particules de diamètre 10 μ et de densité 3 considérée est de 8 10⁻³ m/jour. Les calculs intermédiaires des concentrations modélisées dans les milieux par Caltox sont indiqués ci-dessous à titre d'exemple pour l'arsenic, substance connue pour sa toxicité et sa mobilité dans les milieux.

¹⁰ Le paramétrage du logiciel est détaillé en annexe.

✓ **LE SOL**

Les teneurs en polluant calculées dans les sols proviennent du dépôt des poussières émises sur le premier cm de sol = $0,483 \cdot 10^{-3}$ mg/kg ($1,42 \cdot 10^{-4}$ mg/kg pour le sol racinaire).

✓ **LES VEGETAUX**

Les teneurs en polluant calculées dans les légumes proviennent du dépôt des particules sur les feuilles ; du transfert du sol aux végétaux ; du transfert de l'air à la plante.

As légumes = $1,00 \cdot 10^{-4}$ mg/kg

✓ **PRODUITS ANIMAUX**

Les concentrations dans la viande (volaille), le lait et les oeufs sont estimées par Caltox à partir de la quantité de polluant ingérée par l'animal.

As viande = $0,384 \cdot 10^{-6}$ mg/kg

As lait = $0,539 \cdot 10^{-6}$ mg/kg

As oeufs = $0,745 \cdot 10^{-9}$ mg/kg

Caltox calcule ensuite les doses journalières de polluants ingérés par les habitants par voie orale.

3-3 Modélisation de la DJE

La modélisation se fait molécule par molécule, cible par cible. Elle a été réalisée pour l'adulte et l'enfant, pour les molécules suivantes : arsenic, cadmium, chrome, manganèse, nickel.

MEDIA AND CORRESPONDING POTENTIAL DOSES IN mg/kg-d (averaged over the exposure duration)

PATHWAYS	Air (gases & particles)	Surface soil	Root-zone soil	Ground water	Surface water	Totals	%
INHALATION	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00
INGESTION:							
Water				0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00
Exposed produce	1,45E-07	2,44E-09	1,15E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-07	94,31
Unexposed produce			0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00
Meat	4,10E-10	2,04E-11	3,25E-12	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-10	0,28
Milk	5,31E-09	2,13E-10	4,20E-11	0,00E+00	0,00E+00	5,56E-09	3,53
Eggs	5,22E-13	9,06E-15	4,13E-15	0,00E+00	0,00E+00	5,35E-13	0,00
Fish					0,00E+00	0,00E+00	0,00
Soil		1,58E-09	4,64E-10			2,04E-09	1,30
Total ingestion	1,51 E-07	4,25 E-09	1,66 E-09	0,00 E+00	0,00 E+00	1,57 E-07	99,42

Tableau 31 : Calculs de DJE par Caltox pour l'Arсенic chez l'enfant

Les résultats de la modélisation sont présentés ci-dessous :

Substance	DJE enfant en mg/kg/j.	DJE adulte en mg/kg/j.
Arsenic	$1,57.10^{-7}$	$1,20.10^{-7}$
Cadmium	$4,19.10^{-8}$	$3,18.10^{-8}$
Nickel	$2,77.10^{-6}$	$1,48.10^{-6}$
Manganèse	$2,05.10^{-5}$	$1,67.10^{-5}$
Chrome	$2,96.10^{-7}$	$1,87.10^{-7}$

Tableau 32 : Résultats - DJE calculées pour le scénario ingestion

3-4 Calculs de risques

✓ DEFINITIONS

La formule de calcul du risque toxicologique (effets à deuils) est :

$$QD = DJE / VTR$$

Où QD est le quotient de danger aussi appelé IR (indice de risque), qui exprime le niveau de risque. Lorsque ce terme est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique est peu probable. Au-delà de 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue.

Pour les effets sans seuil, cad cancérigènes on calcule le risque comme suit :

$$ERI = DJE \times \text{temps d'exposition} \times ERU \times T/Tm$$

Où ERI est l'excès de risque individuel. Lorsque ce terme est inférieur à 10^{-5} , la survenue d'un effet cancérigène est peu probable. Au-delà, l'apparition d'un effet cancérigène ne peut être exclue.

✓ CALCULS

Le risque toxique « Enfant » pour l'Arsenic est :

$$QD = DJE / VTR = 1,57.10^{-7} / 3.10^{-4} = 0,00052 \text{ mg/ kg. j}$$

		en µg/m ² /s.		toxique		
substance		dépôt	cible	VTR en mg/kg/j.	source	QD
7440-38-2	Arsenic	1,10E-06	adulte	3,00E-04	US-EPA/1993	0,00040
			enfant			0,00052
7439-96-5	Manganèse	8,03E-05	adulte	1,40E-01	US-EPA/1996	0,00012
			enfant			0,00015
16065-83-1	Chrome VI	1,01E-06	adulte	3,00E-03	US-EPA/1998	0,00006
			enfant			0,00010
7440-43-9	Cadmium	2,05E-07	adulte	1,00E-03	US-EPA/1994	0,00003
			enfant			0,00004
7440-02-0	Nickel	4,35E-06	adulte	1,20E-02	OMS/2006	0,00012
			enfant			0,00023

Tableau 33 : calcul de risque toxique ingestion

On a considéré la VTR (et l'ERU) du Cr6, afin d'être majorant et étant donné l'absence de certitude sur la répartition Cr6 et Cr3 au niveau des analyses en cheminée. Cependant, des analyses de *clinker* (produit de la fabrication d'une cimenterie, qui devient ciment avec l'ajout d'additifs de mouture) ou de *cru* (minéraux de bases pour la fabrication du clinker) montrent en général des teneurs inférieures à 10%.

Le risque cancérigène « Adulte » pour l'Arsenic est :

$$\text{ERI} = \text{DJE} \times \text{temps d'exposition} / 70 \text{ ans} \times \text{ERU}$$

$$\text{Soit : ERI} = 1,20 \cdot 10^{-7} \times (43 \text{ans} / 70 \text{ans}) \times 1,5 = 1,11 \cdot 10^{-7} \text{ mg/ kg. J}$$

		en µg/m ² /s.		cancérigène		
substance		dépôt	cible	ERU en (mg/kg/j.) ⁻¹	source	ERI
7440-38-2	Arsenic	3,27E-06	adulte	1,50E+00	US-EPA/1998	1,11E-07
			enfant			2,36E-08
16065-83-1	Chrome VI	1,01E-06	adulte	4,20E-01	OEHHA/2005	4,82E-08
			enfant			1,24E-08
somme ERI adulte						1,59E-07
somme ERI enfant						3,60E-08

Tableau 34 : calcul de risque cancérigène ingestion

3-5 Additivité des effets toxiques

Pour l'enfant (cas le plus sensible) l'addition des QD des substances visant le même organe donne un risque de QD= 0.00052.

	QD	Sang	Peau	coeur	Digest.	Reins	Foie
Arsenic	0.00052	x	x	x			
Cadmium	0.00004					x	
Chrome IV	0.00010						
Manganèse	0.00015				x	x	x
Nickel	0.00023					x	
		0.00052	0.00052	0.00052	0.00015	0.00042	0.00015

Tableau 35 : Additivité des risque ingestion

Tant pour les risques d'effets toxiques que cancérigène, contrairement à la voie respiratoire, c'est l'arsenic qui serait le polluant le plus pénalisant par ingestion.

3-6 Interprétation

Pour les polluants traceurs retenus, on ne note aucun risque toxique - QD supérieur à 1 - ou aucun excès de risque cancérigène - ERI supérieur à 10^{-5} - associé à la consommation chronique de fruits, légumes, lait, œufs et volaille et de terre (pour un enfant en bas âge) pour un riverain résidant au droit des retombées maximum de poussières.

VII. DISCUSSION

Les incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires relèvent :

- ✓ des choix de données d'entrée pour l'étude des différentes voies d'exposition : faible incertitude car de nombreuses mesures existent, mais risques d'incertitudes parmi les mesures ;
- ✓ de la modélisation atmosphérique, faible incertitude, car les différentes modélisations (APAVE 2007, Norisko 2008, AXE 2010) donnent des résultats assez proches ;
- ✓ de la zone d'étude : grande incertitude, notamment à cause des autres sources de poussières notamment ainsi la station de Chatenois mesure 30 fois plus que ce qui est imputable à l'émission de la cimenterie, d'après la modélisation
- ✓ de la modélisation des transferts inter-compartiments sous Caltox : faible incertitude car on observe une assez bonne corrélation entre ces résultats et ceux de l'APAVE (2007), obtenus sans modélisation, mais à partir de ratios types de biotransfert et bioaccumulation.
- ✓ des VTR : c'est toujours une source notable d'incertitude, d'autant plus que la règle de l'art en la matière n'est pas de choisir la VTR la plus solide' (date et facteur intrinsèque d'incertitude) mais celle désignée par la base de données officielle.

En tout état de cause, vis à vis de ces incertitudes, les hypothèses majorantes ont été retenues tout au long de la démarche d'évaluation du risque :

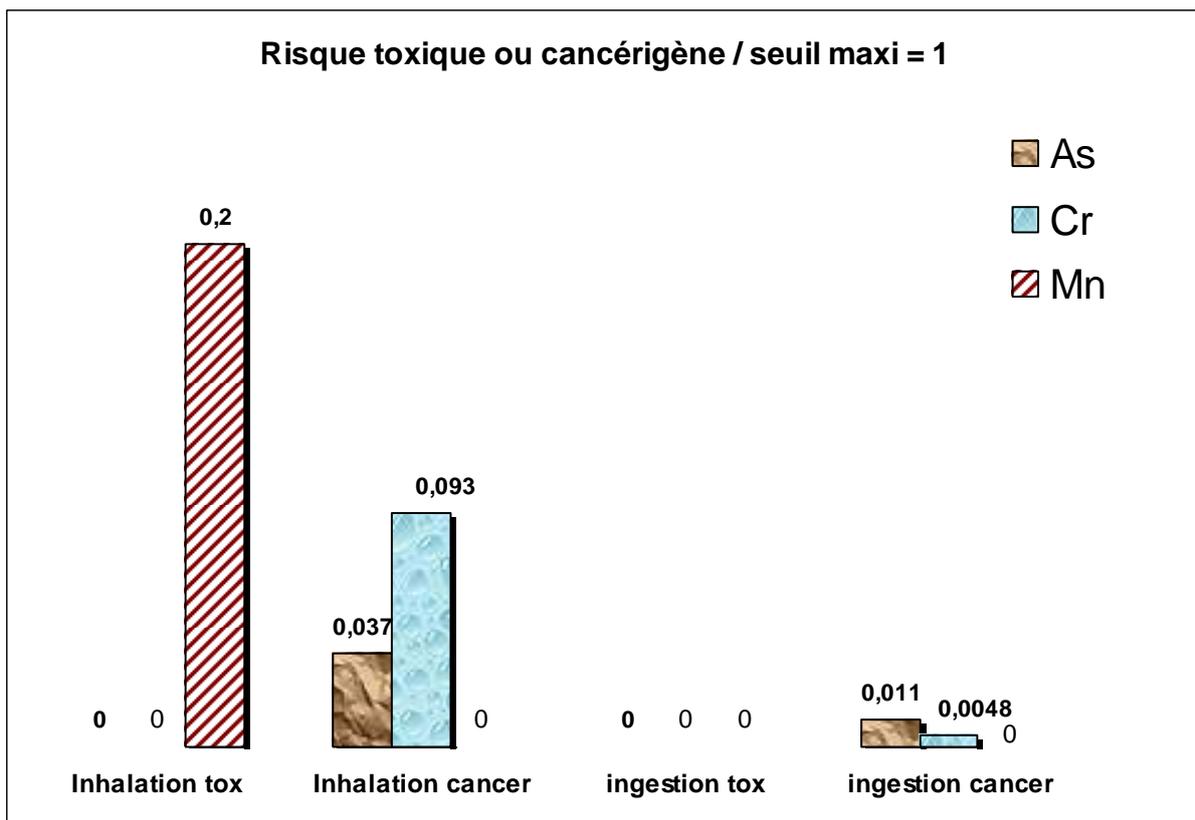
Incertain	Choix retenu
Flux à l'émission utilisés pour l'étude de la dispersion des polluants.	Les flux de poussières émis à l'atmosphère ont été calculés sur la base des valeurs limites de l'arrêté préfectoral pour les broyeurs, et pour le four, la plus forte teneur mesurée multiplié par le flux autorisé, ce qui est nettement pénalisant pour celle du four notamment (150000Nm ³ /h au lieu de 115000 à 120000 effectif).
Durée d'exposition d'un riverain	365 j / an, ce qui ne tient pas compte de l'arrêt annuel de l'usine.
Flux de Chrome 6.	Le chrome a été considéré entièrement sous sa forme la plus pénalisante : Chrome VI.
Mesures des dioxines au rejet.	L'étude Biomonitor a confirmé le choix de ne pas retenir les dioxines et furanes comme polluants significatifs traceurs de risque.
Existence d'une population sensible dans la zone d'étude.	Étude réalisée en considérant une population résidant dans la zone de concentrations et retombées maximales.
Durée d'exposition des populations concernées.	100 % de temps de présence dans la zone de concentrations et de retombées maximales or en réalité les personnes ont rarement à la fois leur lieu de résidence et leur lieu de travail au même endroit.

Incertitude	Choix retenu
Taux de pénétration des polluants à l'intérieur des bâtiments.	Équilibre des concentrations à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.
Transferts dans la chaîne alimentaire, par les produits animaux.	La zone d'étude est un zone agricole de culture céréalière et d'élevage.

IX. SYNTHÈSE

Compte tenu de l'étude précédente avec les réserves relatives aux incertitudes et hypothèses retenues, il s'avère que dans l'état actuel des connaissances et de fonctionnement de la cimenterie, le rejet en métaux lourds de cette dernière ne présente pas d'effet sensible sur la santé publique et ce, en raison du coefficient de sécurité entre les indices de risque évalués et les seuils tolérables.

En effet pour le chrome et l'arsenic qui apparaissent comme les substances la plus «à risque » et malgré la considération hypothétique que la totalité du chrome émis se trouverait sous la forme de chrome VI, les indices de risques obtenus montrent un indice de risque environ 10 fois sous le seuil d'alerte pour l'inhalation.



Quant au manganèse (cinq fois sous le seuil) son calcul de risque est basé sur une valeur dix fois au-dessus des maxi enregistrés en cinq ans, donc peu réaliste.

ANNEXE 3 – ATMO Franche Comté – Simulation de la dispersion de panaches sur le site industriel EQIOM (2015)

SO₂



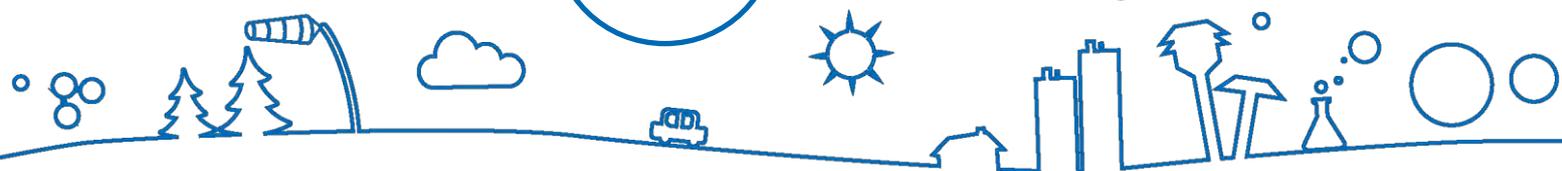
Simulation de la dispersion des panaches sur le site industriel EQIOM

PM10

ATMO Franche Comté, association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air, a réalisé, dans le cadre d'un programme de surveillance de la Cimenterie EQIOM, une étude de modélisation de la dispersion de panaches afin d'identifier les zones principalement exposées aux émissions.

Découvrez le bilan de cette étude au fil de ce document.

NO₂





Sommaire

<i>Introduction</i>	163
<i>Méthodologie</i>	163
Etude de modélisation	163
Définition des paramètres de modélisation	164
Sources d'émissions prises en compte	164
Rappel sur les valeurs réglementaires.....	165
<i>Résultats de modélisation</i>	166
Descriptif météorologique	166
Cartographie des résultats.....	167
Analyse des résultats	176





Résumé

Localisation du site d'étude



Dans le cadre de sa surveillance régionale, ATMO Franche-Comté, en partenariat avec l'entreprise EQIOM, industrie spécialisée dans la production de ciment, a souhaité évaluer l'impact environnemental à proximité du site implanté à Rochefort-sur-Nenon. Pour cela, en parallèle de la mise en place de mesures automatiques dans l'environnement proche du site industriel, une modélisation de la dispersion des panaches a été réalisée pour estimer les zones principalement exposées et ainsi optimiser l'implantation de ces mesures.

Afin d'avoir la vision la plus globale de l'impact de l'installation, nous avons réalisé une étude de modélisation sur une année complète avec des paramètres d'analyses différents :

- Une étude de l'exposition à long terme, afin de considérer un panel de conditions météorologiques le plus exhaustif possible et d'avoir une approche chronique de l'exposition sur une année entière. Dans cette étude, les modélisations sont réalisées sur l'année 2015,
- Une étude de l'exposition à court terme, en dégagant les valeurs maximales modélisées sur l'année, dans le but d'estimer la contribution maximale des sources d'émissions sur les niveaux d'exposition durant l'année étudiée et de prévoir d'éventuels dépassements de valeurs réglementaires.

Les résultats de modélisations démontrent que les **niveaux de polluants émis sur l'environnement direct de l'industrie EQIOM sont inférieurs aux différentes valeurs réglementaires** dans l'air ambiant.

Rédigé par Marie RISTORI
Vérifié par Mathieu BOILLEAUT
Validé par Francis SCHWEITZER





INTRODUCTION

Dans le cadre de sa surveillance régionale, ATMO Franche-Comté, en partenariat avec l'entreprise EQIOM, industrie spécialisée dans la production de ciment, a souhaité évaluer l'impact environnemental à proximité du site implanté à Rochefort-sur-Nenon. Pour cela, en parallèle de la mise en place de mesures automatiques dans l'environnement proche du site industriel, une modélisation de la dispersion des panaches a été réalisée pour estimer les zones principalement exposées et ainsi optimiser l'implantation de ces mesures.

La cimenterie EQIOM a une capacité de production d'environ 530 000 tonnes de ciments par an. Elle dispose, de ce fait, de quatre installations réglementées dont les émissions sont canalisées par des cheminées :

- Un four rotatif fabricant du ciment par voie semi-sèche,
- Un broyeur de la matière crue d'une puissance de 1 600 kW,
- Un broyeur à charbon d'une puissance de 240 kW,
- Un broyeur pour le ciment produit d'une puissance de 3000 kW.

L'objectif de cette étude de modélisation est de déterminer l'impact du cumul des émissions issues des quatre cheminées de la cimenterie sur la qualité de l'air environnante. Ce document dresse en conséquence un bilan de cette étude de modélisation sous forme de cartographies pour les polluants suivants : dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂) et particules PM10 (particules en suspension dans l'air de diamètre inférieur à 10 µm).

METHODOLOGIE

ETUDE DE MODELISATION

Afin d'avoir la vision la plus globale de l'impact de l'installation, nous avons réalisé une étude de modélisation sur une année complète avec des paramètres d'analyses différents :

- Exposition à long terme

Afin de considérer un panel de conditions météorologiques le plus exhaustif possible et d'avoir une approche chronique de l'exposition, une simulation a été effectuée sur une année complète, soit 8760 heures. Les résultats de cette simulation ont été agrégés pour caractériser la répartition moyenne du panache dans l'atmosphère sur l'année choisie. L'étude a été réalisée sur l'année 2015.

- Exposition à court terme

Une simulation en dégageant les valeurs maximales modélisées sur l'année a également été effectuée dans le but d'estimer la contribution maximale des sources d'émissions sur les niveaux d'exposition durant l'année étudiée et de prévoir d'éventuels dépassements de valeurs réglementaires.



DEFINITION DES PARAMETRES DE MODELISATION

- Polluants modélisés

Etant donné la nature des sources modélisées, à savoir les cheminées d'une cimenterie, l'étude de la dispersion des panaches a été réalisée sur le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et sur les particules PM10 (particules en suspension dans l'air de diamètre inférieur à 10 µm). Concernant le dioxyde d'azote, étant donné que les émissions en sortie de cheminée ne sont connues précisément qu'en oxydes d'azote (NO_x), nous avons :

- Modélisé la dispersion des oxydes d'azote,
- Appliqué un ratio NO₂/NO_x de 60% afin de transformer les concentrations de NO_x en NO₂.

Ce ratio de 60%, basé sur notre connaissance et les mesures réalisées sur la Franche-Comté, correspond à la situation d'équilibre chimique dans l'atmosphère entre les molécules de monoxyde d'azote (NO) et de NO₂ constituant les NO_x.

• Effet des bâtiments, du relief et de l'occupation des sols

Le relief et l'occupation des sols de la zone ainsi que les bâtiments aux alentours d'une cheminée peuvent avoir un effet important sur la dispersion d'un panache et peuvent engendrer des zones d'accumulation des polluants au niveau du sol. Les modélisations réalisées sur le site de l'industrie EQIOM ont pris en compte cet effet en intégrant la topographie des reliefs avoisinants, l'occupation des sols et la géométrie des bâtiments les plus significatifs à proximité des cheminées.

• Mise en œuvre des calculs

Les calculs de modélisation ont été réalisés grâce au logiciel ADMS. Reconnu mondialement, il permet de modéliser la dispersion des polluants émis dans l'atmosphère par tout type de sources, notamment ponctuelles. ADMS intègre en effet un modèle spécifique pour les sources ponctuelles, comme les cheminées industrielles, qui calcule intégralement la trajectoire des panaches émis à partir des vitesses d'éjection et des températures de rejet.

SOURCES D'EMISSIONS PRISES EN COMPTE

Sur la base des spécifications techniques des installations et de mesures continues à l'émission, les niveaux instantanés de NO_x, PM10 et de SO₂ en sortie des cheminées de la cimenterie ont été estimés. Ces émissions ont été pondérées afin d'intégrer les variations temporelles réelles de fonctionnement.

Les sources ponctuelles intégrées dans l'étude de modélisation sont les suivantes :

Tableau 1 : Description des sources d'émissions prises en compte dans l'étude de modélisation

	Variations temporelles des émissions	Méthode d'estimation des émissions en sortie de cheminée
Four rotatif	Fonctionnement réel modulé à l'heure	Fourni par EQIOM
Broyeur de la matière crue	Fonctionnement réel modulé à l'heure	Fourni par EQIOM
Broyeur à charbon	Fonctionnement réel modulé à l'heure	Fourni par EQIOM
Broyeur à ciment	Fonctionnement réel modulé à l'heure	Fourni par EQIOM

La carte suivante représente la situation géographique de chacune des sources citées :



Figure 1 : Carte de localisation des différentes cheminées

RAPPEL SUR LES VALEURS REGLEMENTAIRES

Dans cette étude, afin d'évaluer l'impact des sources d'émissions sur les niveaux d'exposition, nous allons les comparer aux valeurs réglementaires dans l'air ambiant :



Tableau 2 : Valeurs réglementaires

	Polluant	Valeur	Exposition	Domaine
Valeur limite	NO ₂	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	Long terme Pollution de fond	Protection de la santé
	SO ₂	350 µg/m ³ /h à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (Percentile 99,7)		
		125 µg/m ³ /j à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (Percentile 99,2)		
PM10	40 µg/m ³ en moyenne annuelle			
Objectif de qualité	SO ₂	50 µg/m ³ en moyenne annuelle		
Seuil d'information et de recommandation à la population	NO ₂	200 µg/m ³ sur 1 heure	Court terme Pics de pollution	
	PM10	50 µg/m ³ en moyenne sur 24h		
	SO ₂	300 µg/m ³ en moyenne sur 1h		

RESULTATS DE MODELISATION

DESCRIPTIF METEOROLOGIQUE

La modélisation de la dispersion atmosphérique nécessite la connaissance de différents paramètres météorologiques permettant de déterminer la stabilité de l'atmosphère et le mouvement des masses d'air. Les données de la station de Météo France de la commune de Tavaux ont été utilisées pour les calculs.

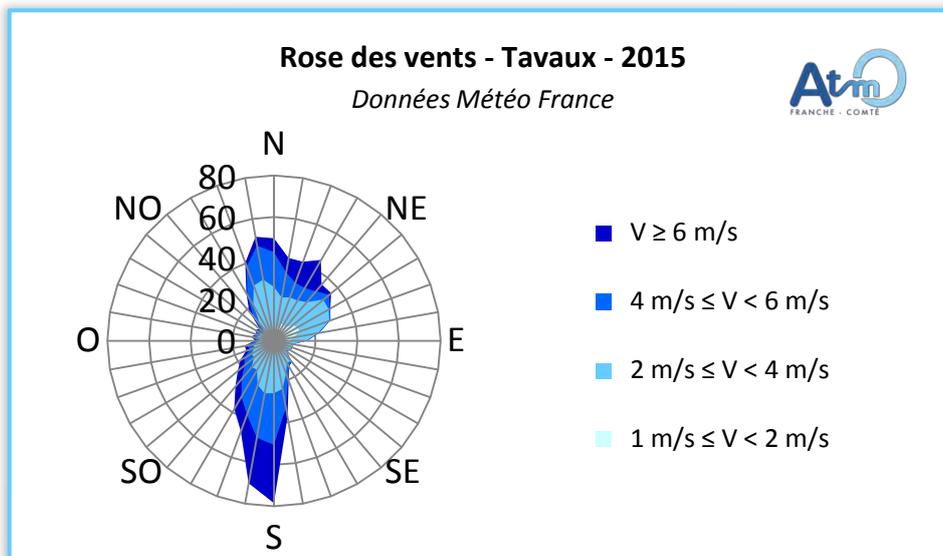


Figure 2 : Rose des vents 2015 – Tavaux





Sur la station météorologique de Tavaux, la provenance des vents a été majoritairement de secteur Sud et Nord/Nord-Est durant l'année 2015. Les vents ont été globalement modérés, avec 1,5 % de vents nuls (< 1 m/s) et 62 % de vents faibles (< 4 m/s). Au contraire, les vents forts (> 6 m/s) ont représenté 14,5 % des vents observés. La vitesse moyenne des vents sur l'année 2015 à Tavaux a été de 3,2 m/s.

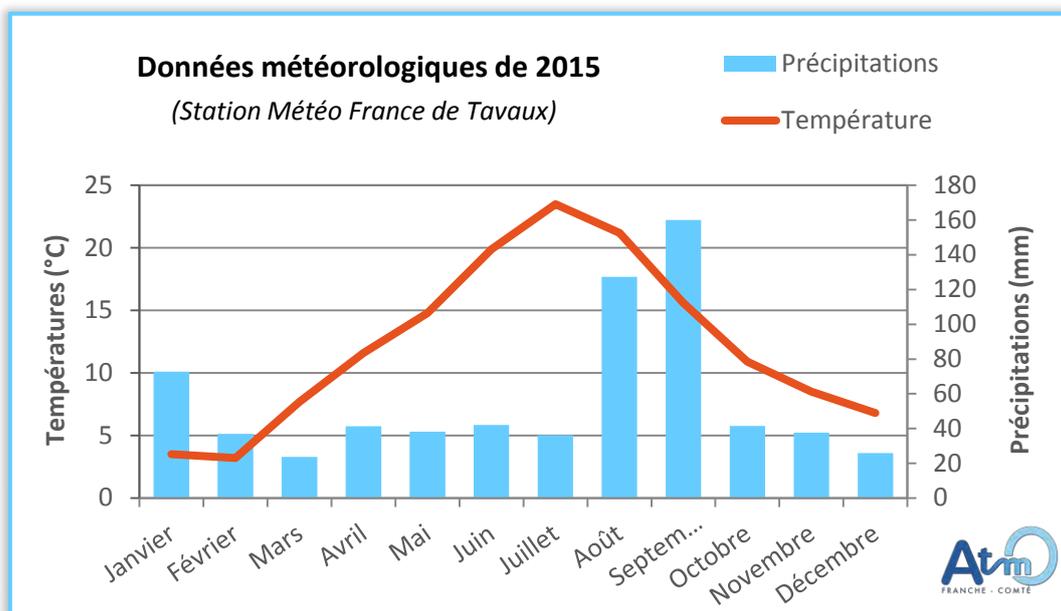


Figure 3 : Températures et précipitations 2015 – Tavaux

L'année 2015, sur la station météorologique de Tavaux, se caractérise par sa pluviométrie déficitaire (-19,45 % par rapport à la normale). En effet, d'une manière générale les précipitations ont été déficientes tout au long de l'année sauf en août et septembre où elles ont été excédentaires avec respectivement +46,10% et +132,70 % par rapport à la normale.

Les températures, quant à elles ont connu une évolution typique au cours de cette année 2015. A noter qu'une période de canicule a été observée sur la région durant les mois de juin et juillet.

Ces conditions climatiques ont favorisé des teneurs élevées en particules PM10 sur le début de l'année 2015.

CARTOGRAPHIE DES RESULTATS

Les cartes suivantes représentent la dispersion des moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂) et en particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm (PM10) issues uniquement de la contribution des émissions des sources énoncées ci-dessus. Par conséquent, les conditions de fond observées sur Dole ne sont pas intégrées dans les calculs de modélisation.

Il est important de rappeler que les émissions de chaque source ont été modulées à l'heure sur la base de leur fonctionnement réel.



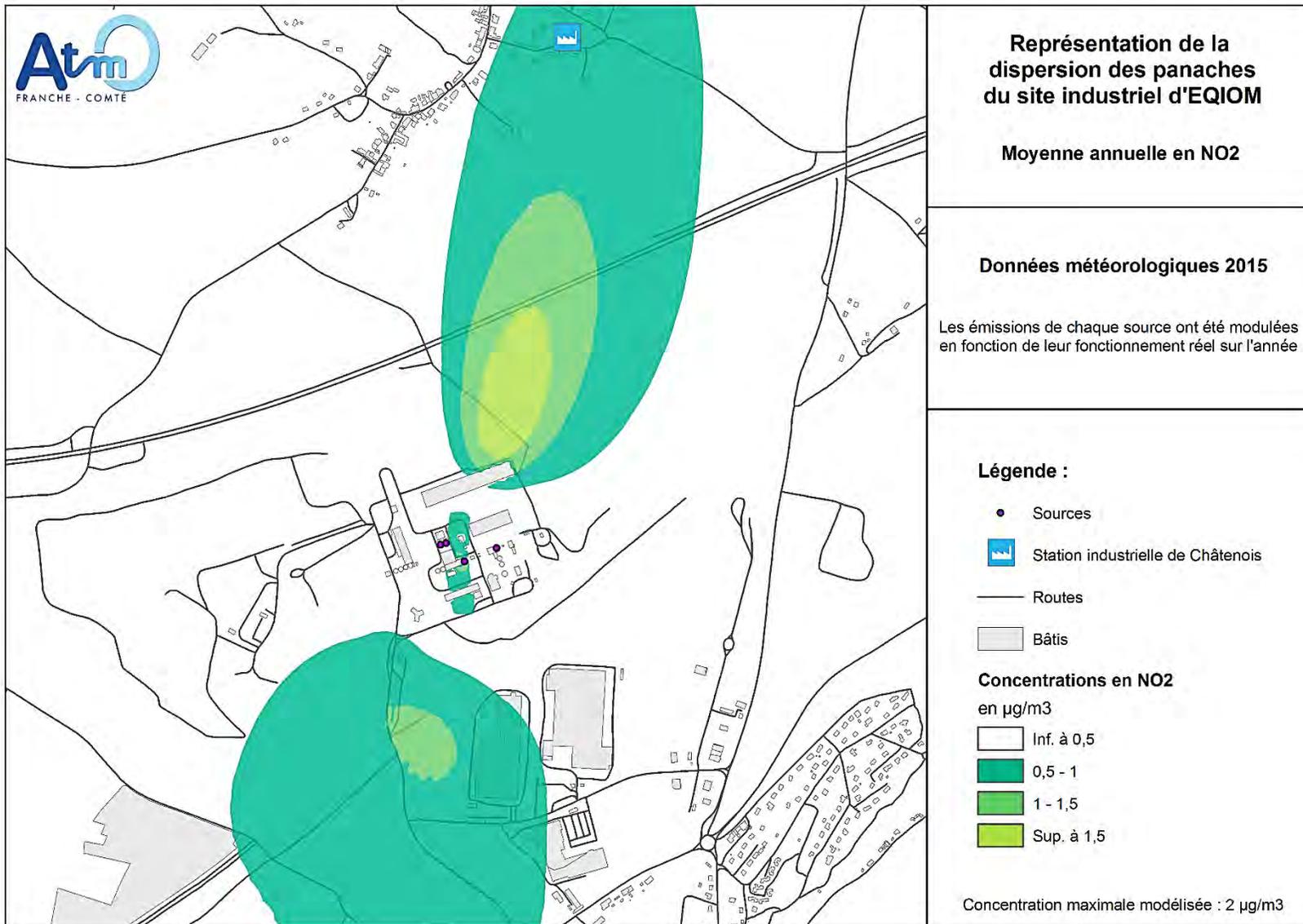


Figure 4 : Carte de modélisation des concentrations moyennes annuelles 2015 en dioxyde d'azote issues des panaches industriels



Figure 5 : Carte de modélisation des concentrations moyennes annuelles 2015 en particules PM10 issues des panaches industriels



Figure 6 : Carte de modélisation des concentrations moyennes annuelles 2015 en dioxyde de soufre issues des panaches industriels



- Exposition à court terme

Une simulation à court terme vient compléter cette étude. En effet, il est important de s'intéresser à l'impact maximal des sources d'émissions et de prévoir d'éventuels dépassements de valeurs réglementaires.

Les cartes suivantes représentent donc la dispersion des concentrations maximales modélisées en NO₂, PM10 et SO₂ issues uniquement de la contribution des émissions de l'entreprise EQIOM. Il est important de rappeler que ces cartes sont issues d'une simulation numérique et que l'incertitude liées aux valeurs maximales est élevée. Les cartes présentées ont pour seul but d'estimer la répartition et les niveaux maximums atteints durant l'année 2015.





Figure 7 : Carte de modélisation des concentrations maximales modélisées en 2015 en dioxyde d'azote issues des panaches industriels

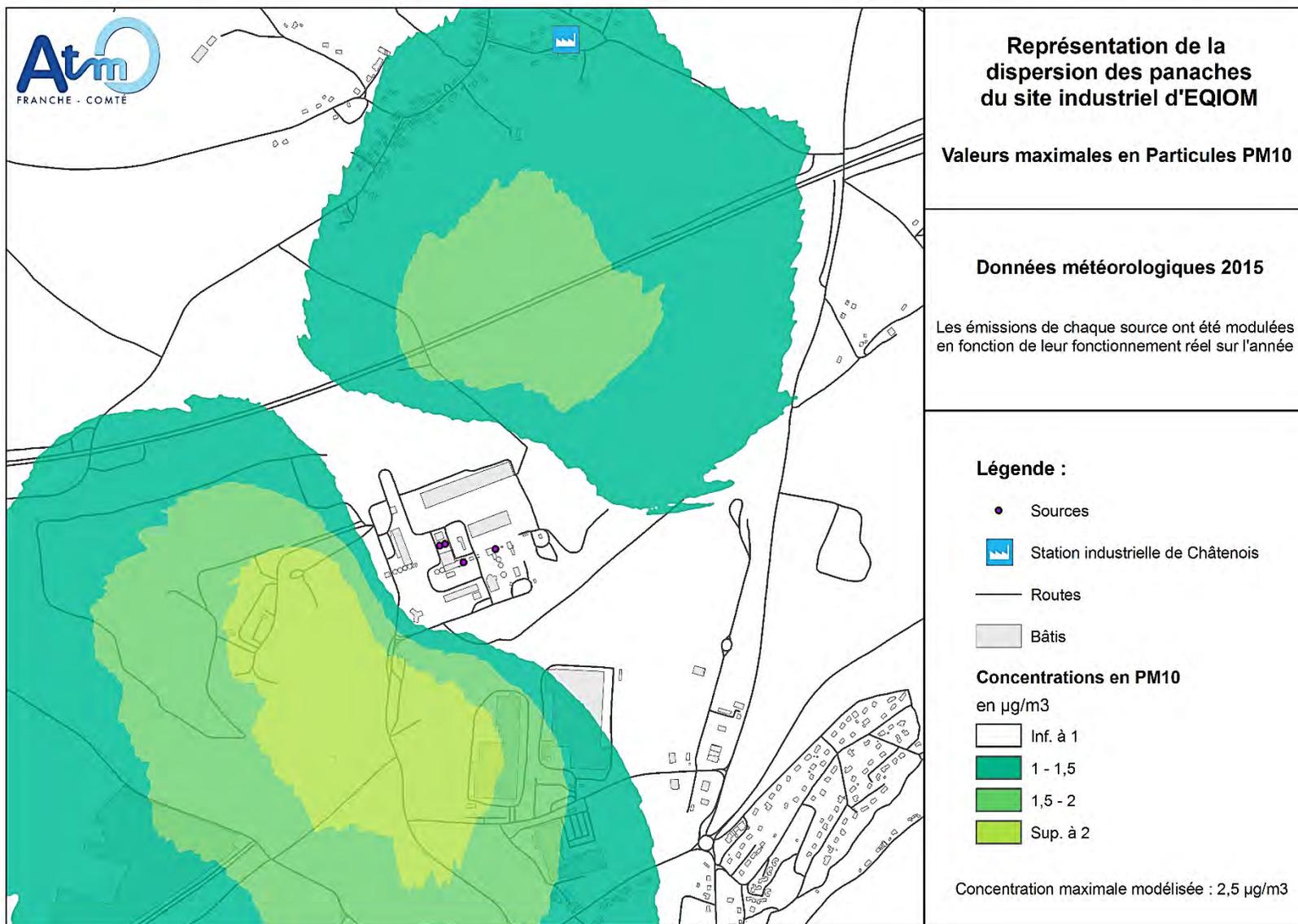


Figure 8 : Carte de modélisation des concentrations maximales modélisées en 2015 en particules PM10 issues des panaches industriels



Figure 9 : Carte de modélisation des concentrations maximales modélisées en 2015 en dioxyde de soufre issues des panaches industriels

ANALYSE DES RESULTATS

- Exposition à long terme

Les calculs de modélisation intégrant les variations temporelles de fonctionnement montrent de manière très nette que l'impact de la cimenterie EQIOM est négligeable sur l'exposition à long terme.

Le tableau 3 reprend les valeurs de concentrations moyennes annuelles modélisées :

Tableau 3 : Concentrations moyennes annuelles modélisées

Contribution à la moyenne annuelle	NO ₂	2 µg/m ³
	SO ₂	4 µg/m ³
	PM10	0,15 µg/m ³

Ainsi, la contribution des émissions des sources modélisées dans cette étude est inférieure ou égale à 4 µg/m³ sur la moyenne annuelle pour tous les polluants étudiés.

Pour comparaison, la moyenne hivernale en NO₂ mesurée en 2015 par la station urbaine de Dole est de 20,8 µg/m³. Cette contribution de 2 µg/m³ ne représente que 5 % de la valeur limite réglementaire sur la moyenne annuelle en dioxyde d'azote fixée à 40 µg/m³. De même, la station urbaine de Dole et la station industrielle de Châtenois mesurent respectivement en moyenne annuelle pour 2015, 18 µg/m³ et 11,4 µg/m³ de particules PM10. La contribution annuelle de 0,15 µg/m³ ne représente que 0,4 % de la valeur limite réglementaire sur la moyenne annuelle en particules PM10 fixée à 40 µg/m³. En moyenne annuelle, le SO₂ n'est quant à lui pas associé à une valeur limite mais à un objectif de qualité fixé à 50 µg/m³. La contribution de 4 µg/m³ ne représente que 8% de cet objectif de qualité.

Ces contributions sont par conséquent négligeables pour tous les polluants sur l'exposition à long terme.

Le dioxyde de soufre est soumis à deux valeurs limites réglementaires. L'une applicable en moyenne journalière et l'autre en moyenne horaire. La première valeur limite « 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an » est associée lors de la modélisation au percentile 99,2. La seconde valeur limite « 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24h par an » est quant à elle associée au percentile 99,7. Les cartes de modélisation de ces deux percentiles du dioxyde de soufre sont présentées en annexe. Les concentrations modélisées pour ces deux percentiles sont largement inférieures aux valeurs limites correspondantes.

- Exposition à court terme

En ne considérant que la contribution des émissions des sources ponctuelles étudiées, les concentrations maximales modélisées en NO₂ sont de l'ordre de 31,3 µg/m³ sur les zones urbaines à proximité du site. Les concentrations maximales de SO₂ sont quant à elles de 65,7 µg/m³. La contribution de l'industrie EQIOM sur les niveaux d'exposition en PM10 est négligeable (2,5 µg/m³).

Le tableau 4 reprend les valeurs de concentrations maximales modélisées :



Tableau 4 : Concentrations maximales modélisées

Contribution maximale aux niveaux d'exposition	NO ₂	31,3 µg/m ³
	SO ₂	65,7 µg/m ³
	PM10	2,5 µg/m ³

Ainsi, la contribution maximale de 31,3 µg/m³ du dioxyde d'azote représente 15,7 % de la valeur réglementaire seuil d'information et de recommandation à la population fixée à 200 µg/m³ sur 1 heure. Concernant le SO₂, la contribution maximale de 65,7 µg/m³ représente 22,5 % de la valeur réglementaire seuil d'information et de recommandation à la population fixée à 300 µg/m³ sur 1 heure. Ces contributions sur l'exposition court terme, bien que non négligeables, restent largement en dessous des valeurs limites réglementaires dans l'air ambiant pour les 3 polluants modélisés.

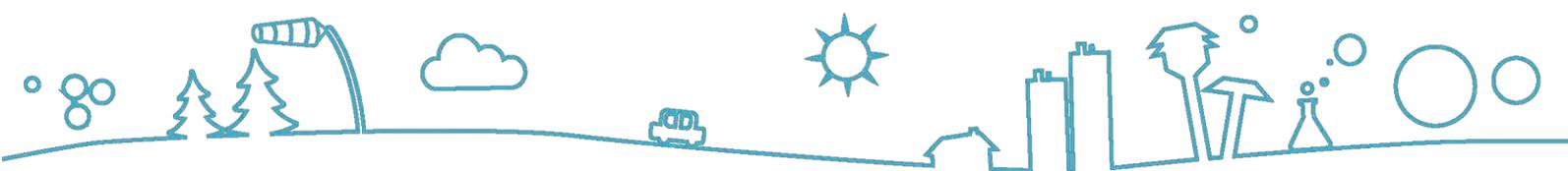
Les résultats de modélisations démontrent que les **niveaux de polluants émis sur l'environnement direct de l'industrie EQIOM sont inférieurs aux différentes valeurs réglementaires** dans l'air ambiant.



ANNEXE

Réglementation applicable en air ambiant

Polluants	Domaine	Valeurs réglementaires	Application
Seuils d'information et de recommandation			
Dioxyde de soufre	santé	300 µg/m ³ /heure	2006 ③ ④
Dioxyde d'azote	santé	200 µg/m ³ /heure	2006 ③ ④
Ozone	santé	180 µg/m ³ /heure	2006 ① ③ ④
Particules PM ₁₀	santé	50 µg/m ³ en moyenne sur 24 heures	③
Seuils d'alerte			
Dioxyde de soufre	santé	500 µg/m ³ /heure sur 3 heures consécutives	2006 ① ③ ④
Dioxyde d'azote	santé	400 µg/m ³ /heure	2006 ④
		400 µg/m ³ /heure pendant trois heures consécutives	① ③
		200 µg/m ³ /heure pendant 2 jours consécutifs et nouveaux risques	2006 ① ③ ④
Ozone	santé	240 µg/m ³ /heure sur 3 heures consécutives	2006 ① ④
		240 µg/m ³ /heure pour une protection sanitaire pour toute la population	③
Particules PM ₁₀	santé	80 µg/m ³ en moyenne sur 24 heures	③
Valeurs limites			
Benzène	santé	5 µg/m ³ en moyenne annuelle	2010 ① ③
Dioxyde de soufre	santé	350 µg/m ³ /heure à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	2005 ① ③
		125 µg/m ³ /jour à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	2005 ① ③
Dioxyde d'azote	santé	200 µg/m ³ /heure à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	2010 ① ③
		40 µg/m ³ en moyenne annuelle	2010 ① ③
Monoxyde de carbone	santé	10 000 µg/m ³ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures	2005 ① ③
Particules PM ₁₀	santé	50 µg/m ³ /jour à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	2005 ① ③
		40 µg/m ³ en moyenne annuelle	2005 ① ③
Particules PM _{2,5}	santé	25 µg/m ³	2015 ① ③
		20 µg/m ³ (révision prévue en 2013)	2020 ①
Plomb	santé	0,5 µg/m ³ en moyenne annuelle	2005 ① ③



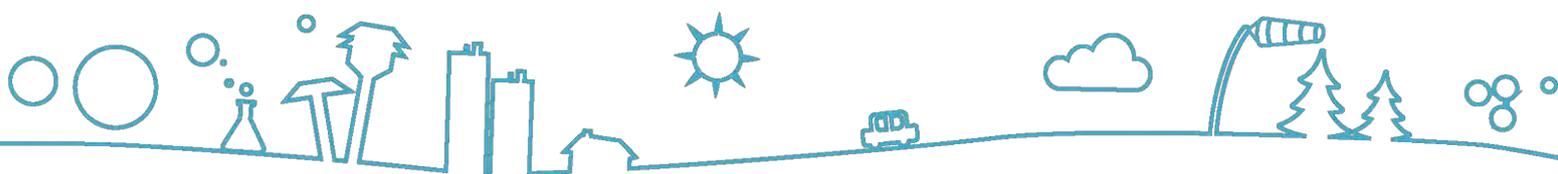
ANNEXE

Polluants	Domaine	Valeurs réglementaires	Application
Valeurs cibles			
Ozone	santé	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier de la moyenne sur 8 h à ne pas dépasser plus de 25 jours/an, moyenne sur 3 ans	2010 ① ③
	végétation	18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet, moyenne sur 5 ans	2010 ① ③
Particules PM _{2,5}	santé	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2010 ①
		20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Non précisé ③
Arsenic	santé, env.	6 ng/m ³ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10	2013 ② ③
Cadmium	santé, env.	5 ng/m ³ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10	2013 ② ③
Nickel	santé, env.	20 ng/m ³ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10	2013 ② ③
Benzo(a)pyrène	santé, env.	1 ng/m ³ en moyenne annuelle du contenu total de la fraction PM10	2013 ② ③
Objectifs de qualité			
Ozone	santé	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures sur une année civile	Non précisé ① ③
	végétation	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ pour l'AOT calculé à partir de valeurs horaires entre 8h et 20h de mai à juillet	Non précisé ① ③
Particules PM ₁₀	santé	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile	Non précisé ③
Particules PM _{2,5}	santé	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile	Non précisé ③
Benzène	Santé	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile	Non précisé ③
Plomb	santé	0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile	Non précisé ③
Dioxyde de soufre	santé	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle civile	Non précisé ③
Niveaux critiques			
Dioxyde de soufre	végétation	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et du 1er octobre au 31 mars	① ③
Oxydes d'azote	végétation	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle	① ③

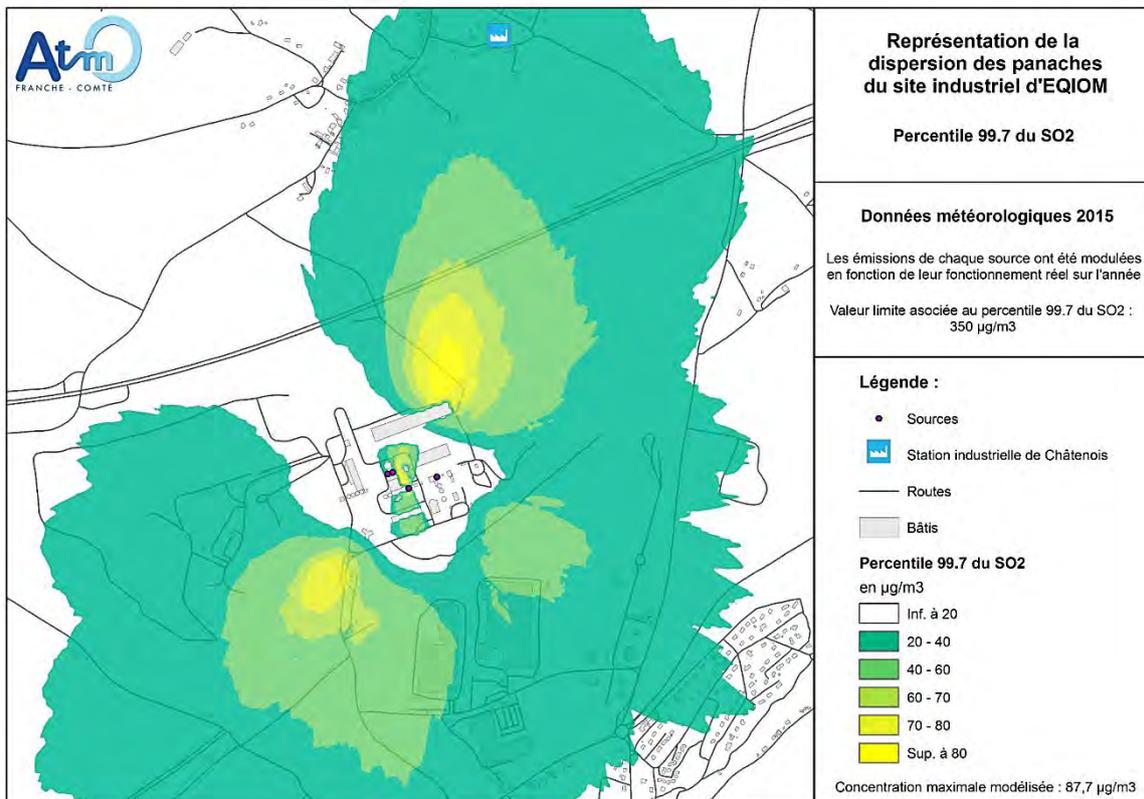
Établi à partir :

- de la directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur publiée le 21 mai 2008 ①
- de la 4ème directive fille 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant publiée le 15 décembre 2004 ②
- du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ③
- des arrêtés préfectoraux ④

L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile (du 1er janvier au 31 décembre).



Percentiles 99,7 et 99,2 du dioxyde de soufre

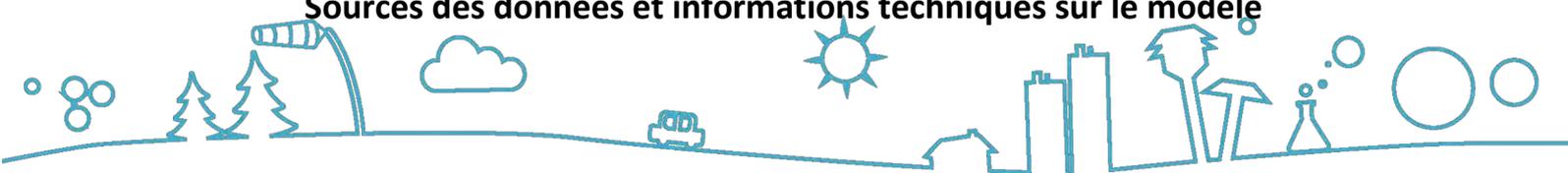


Carte de modélisation du Percentile 99,7 du dioxyde de soufre issu des panaches industriels



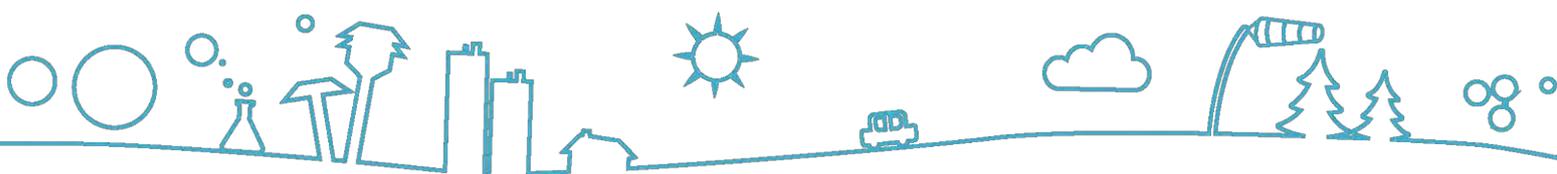
Carte de modélisation du Percentile 99,2 du dioxyde de soufre issu des panaches industriels

Sources des données et informations techniques sur le modèle



ANNEXE

Sources de données cartographiques	IGN BD Topo®
Logiciel de modélisation	ADMS-Urban
Version du modèle	Version 3.4
Options de modélisation utilisées	<p>Module Bâtiments : intégration des principaux bâtiments du site industriel et prise en compte de leur effet sur la dispersion du panache.</p> <p>Module de terrain complexe : utilisation du modèle FLOWSTAR pour tenir compte des perturbations de la circulation de l'air dues au relief et à la rugosité de surface.</p> <p>Résolution de la grille de relief et de rugosité : 64 x 64</p>
Option d'interpolation spatiale	Krigeage : ordinaire, modèle de semi-variogramme : exponentiel, rayon de recherche : variable, nombre de points : 12, distance maximale : vide, taille de cellule en sortie : 5.





RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR EN FRANCHE-COMTE

15 rue Mégevand
25 000 BESANCON

Tél. : 03 81 25 06 60

Fax : 03 81 25 06 61

Web : www.atmo-franche-comte.org

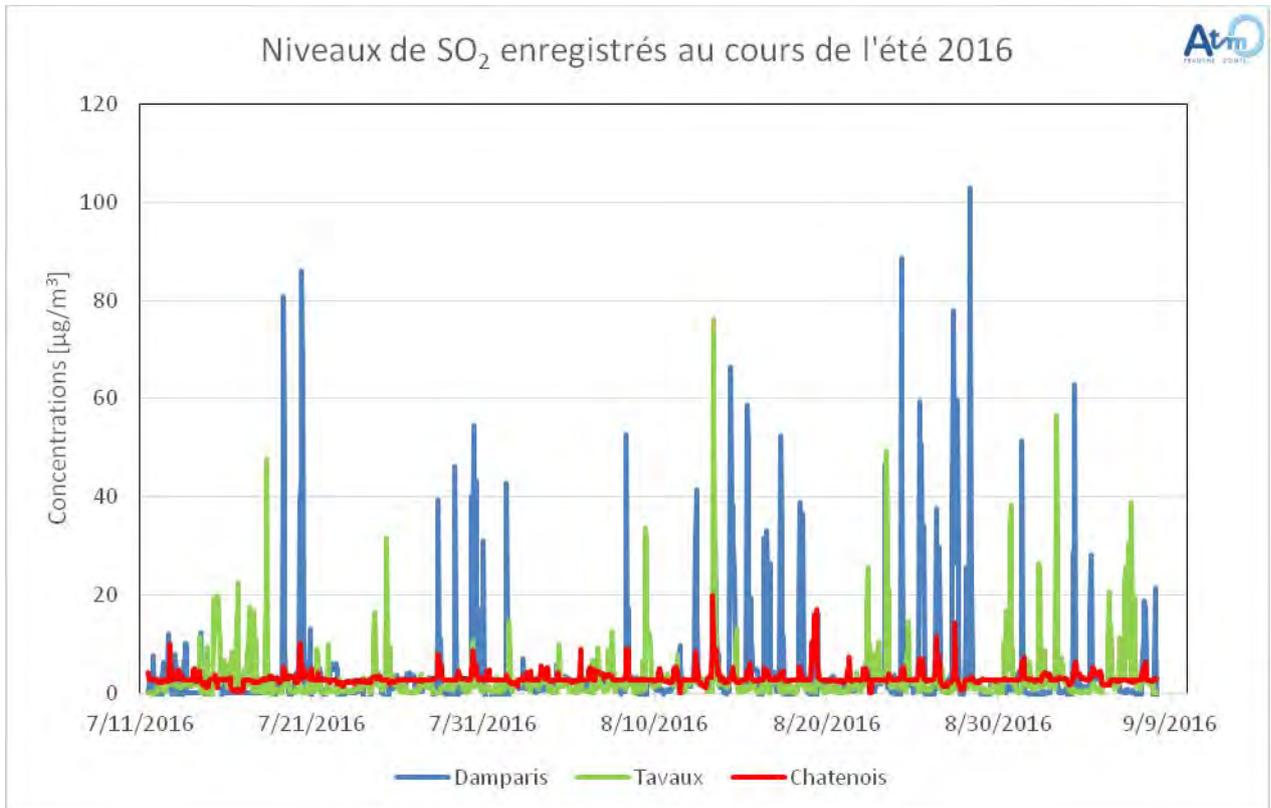
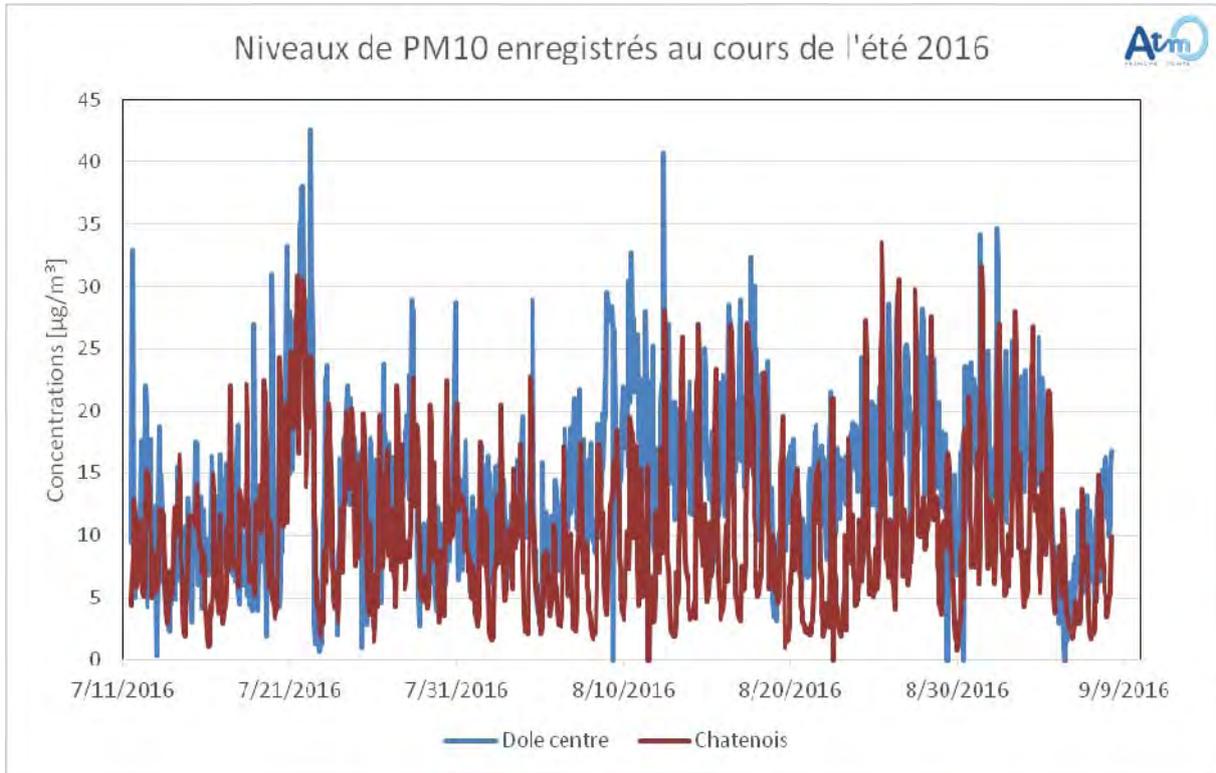
Courriel: contact@atmofc.org



*Flashez le code
et retrouvez-nous
sur le web !*

ANNEXE 4 – Résultats des mesures continues de PM10 et de SO₂ menées par ATMO Franche Comté à l'été 2016

ANNEXE 4 – Données ATMO été 2016



ANNEXE 5 – Flux SO₂ mesurés à l'émission

ANNEXE 5 – Flux SO2 mesurés à l'émission

		Extraction données AMS 11/07/2016 12h00 au 08/09/2016 6h00		
Bonjour, Voici en comparaison de celles d'ATMO nos données mesurées à la cheminée: débit, temp, conc et flux SO2. S. Voelcker le 13/09/16				
Start Time	421+KNM3H.1+FLOW	421-2K1.T1:Z	421+MGNM3.1+SO2_EEA_CLC	421+MASSFLOW+SO2_CLC
	FOUR Debit Gaz Cheminée 10% O2	Temperature Gaz Cheminée	FOUR1 CEM concentration moyenne de dioxyde de soufre [mg/Nm3] 10% O2	FOUR Flux Massique SO2 Standard Europe
	Nm3/h	°C	mg/Nm ³	kg/h
11/07/2016 00:00	122163,6725	141,3064544	290,0468721	35,4331911
12/07/2016 00:00	117609,8868	143,2992895	238,7303071	28,0770439
13/07/2016 00:00	114540,7612	140,2725138	208,6206011	23,89556246
14/07/2016 00:00	113698,7124	143,6480195	61,7905541	7,025506437
15/07/2016 00:00	118601,3578	137,4721263	269,9811547	32,02013152
16/07/2016 00:00	114816,5334	132,0083719	425,6457481	48,87116927
17/07/2016 00:00	107094,1097	138,1234819	316,8635008	33,93421453
18/07/2016 00:00	95946,17418	136,3486676	441,1316401	42,32489318
19/07/2016 00:00	107529,0688	135,7020406	359,3809186	38,64389554
20/07/2016 00:00	106790,7888	133,5347019	210,6494077	22,49541641
21/07/2016 00:00	103554,5712	141,1347063	229,4482418	23,76041428
22/07/2016 00:00	101175,1499	142,7694029	94,93712187	9,605277534
23/07/2016 00:00	109090,8018	137,2962601	359,6388904	39,2332949
24/07/2016 00:00	111142,257	139,4247056	561,9050335	62,45139366
25/07/2016 00:00	105323,5622	140,3841899	495,0327983	52,13861774
26/07/2016 00:00	114339,4433	141,0340993	229,5104581	26,24209802
27/07/2016 00:00	111097,0933	136,7722343	254,5791396	28,28300242
28/07/2016 00:00	108967,2984	133,1721451	323,5746387	35,25905421
29/07/2016 00:00	104673,1767	131,6405524	209,461612	21,92501233
30/07/2016 00:00	114266,243	137,0032659	278,5029986	31,82349133
31/07/2016 00:00	110857,2002	132,6914218	285,4732953	31,64677025
01/08/2016 00:00	110418,7694	124,0111825	280,7901322	31,00450087
02/08/2016 00:00	103891,3965	131,5424202	332,0376052	34,4958505
03/08/2016 00:00	113766,9386	135,2978842	428,8689806	48,79111097
04/08/2016 00:00	115117,0541	137,1710784	214,4067667	24,68187536
05/08/2016 00:00	113554,377	141,7481767	412,9892305	46,89673479
06/08/2016 00:00	115733,1539	140,7633386	248,4032284	28,74848905
07/08/2016 00:00	115220,8848	139,1212907	198,5433229	22,87633733
08/08/2016 00:00	118157,2764	134,6049892	367,2608721	43,39454438
09/08/2016 00:00	117345,3601	143,5091626	342,4740449	40,18774012
10/08/2016 00:00	124504,4825	143,9718012	439,9695356	54,77817936
11/08/2016 00:00	124777,0956	135,7948819	360,5759426	44,99161887
12/08/2016 00:00	124343,0552	142,2719965	378,6424308	47,08155667
13/08/2016 00:00	122419,9204	149,9894722	504,2742144	61,73320921
14/08/2016 00:00	121657,282	143,2974606	353,952646	43,06091686
15/08/2016 00:00	111790,9405	139,7243347	166,8362143	18,6507773
16/08/2016 00:00	94025,02248	140,9397434	164,7053239	15,48642178
17/08/2016 00:00	88824,55113	133,6159664	31,6482308	2,811139894
18/08/2016 00:00	115172,5656	132,4406525	298,5281	34,38224718
19/08/2016 00:00	117697,1605	139,5558397	287,375312	33,82325822
20/08/2016 00:00	116247,7507	147,5580358	210,4950344	24,46957428
21/08/2016 00:00	112192,5134	144,1440355	177,6850133	19,93492824
22/08/2016 00:00	108743,9581	138,7284205	267,2300592	29,05965436
23/08/2016 00:00	103654,337	140,5479661	147,3202847	15,27038644
24/08/2016 00:00	111986,5729	141,1915283	230,695653	25,83481555
25/08/2016 00:00	120038,2963	147,2858209	206,2190636	24,75418505
26/08/2016 00:00	117966,5082	150,7302587	290,8924725	34,31556923
27/08/2016 00:00	118088,991	146,7173569	234,4684296	27,68814027
28/08/2016 00:00	119728,4103	146,0273333	111,359794	13,33293111
29/08/2016 00:00	111057,7115	140,9549171	121,3926395	13,48158873
30/08/2016 00:00	109062,429	136,3863204	255,2404883	27,83714763
31/08/2016 00:00	106627,3785	148,5714452	194,0486791	20,69090195
01/09/2016 00:00	104234,3448	137,7164155	138,2953854	14,41512889
02/09/2016 00:00	101309,3664	140,2474821	251,2927182	25,45830606
03/09/2016 00:00	117906,318	141,3783558	360,8070145	42,54142659
04/09/2016 00:00	113908,734	139,9037338	407,1145031	46,37389765
05/09/2016 00:00	104515,9903	138,6416456	267,9146918	28,00136932
06/09/2016 00:00	108591,445	138,416772	170,2553353	18,48827288
07/09/2016 00:00	112859,0981	135,7597714	250,4630899	28,26703844
Maxi	124777	151	562	62
Moyenne	111871	139	275	31

ANNEXE 6 – Dispersion atmosphérique

AXE 2016



Étude de dispersion atmosphérique chronique

Résumé :

Ce document présente l'étude de dispersion atmosphérique chronique des polluants générés par l'activité des installations EQIOM sur la commune de ROCHEFORT SUR NENON (39).

Par	AXE ENVIRONNEMENT Campus de Ker-Lann, Rue Urbain Leverrier - 35 170 BRUZ Tel : 02 99 52 52 12 /Fax : 02 99 52 52 11 axe@axe-environnement.fr	
-----	---	--

Travail	Nom	Qualité	Date	Modification	Visa
Rédacteur	S. GROLLEAU	Chargée d'études	20/09/2016	V1	
Vérificateur	L. KRAEUTLER	Directeur Technique	21/09/2016		

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION.....	192
II.	DONNEES DU SITE.....	193
II.1.	DOMAINE D'ETUDE	193
II.2.	RELIEF	193
II.3.	DESCRIPTION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	194
II.4.	CARACTERISTIQUES DES EMISSIONS	195
II.4.	CARACTERISTIQUES DU POLLUANT	195
III.	LA MODELISATION.....	197
III.1.	PRINCIPE	197
1.	METHODE DE CALCUL.....	197
2.	LIMITES DU LOGICIEL	198
3.	PARAMETRES RETENUS POUR L'ETUDE	198
III.2.	RESULTATS.....	198
IV.	CONCLUSION.....	201

I. INTRODUCTION

Dans le cadre d'une demande de dérogation à la directive IED, portant sur le SO₂, la société EQIOM réalise une évaluation des risques sanitaires (ERS) liés à ses émissions chroniques de SO₂. Une précédente étude sanitaire a été réalisée par AXE en 2010. Toutefois, elle n'intégrait pas le paramètre SO₂.

Ainsi, le présent rapport a pour objectif de modéliser la dispersion atmosphérique chronique des polluants émis par les installations de la société EQIOM sur la commune de Rochefort Sur Nénon en incluant le paramètre SO₂ afin d'actualiser l'évaluation des risques sanitaires du site.

Le logiciel utilisé est ARIA Impact v1.5, développé par ARIA Technologies. Ce logiciel repose sur un modèle gaussien et est particulièrement bien adapté pour l'étude de rejets à long terme (dispersion chronique). Il permet d'intégrer différentes configurations météorologiques (définition d'une situation météorologique ou utilisation de la rose des vents).

II. DONNEES DU SITE

II.1. DOMAINE D'ETUDE

Le domaine d'étude est un carré de 20 km de côté environ, centré sur le site. La taille de la maille (déterminant la précision) a été prise égale à 100 m.

II.2. RELIEF

Le logiciel ARIA Impact permet d'intégrer des données topographiques et de les prendre en compte de manière simplifiée dans les calculs de dispersion.

En effet, de cette manière, les variations du relief local sont couplées avec les autres paramètres d'entrée et ces données sont intégrées aux calculs de dispersion des différents composés modélisés.

Pour cette étude, les données topographiques ont été prises en compte. Elles sont extraites d'un modèle numérique de terrain (MNT) avec un pas de 100 m, sur l'ensemble du domaine d'étude. La figure suivante représente le relief numérisé au niveau du secteur d'étude qui a été considéré pour la modélisation.

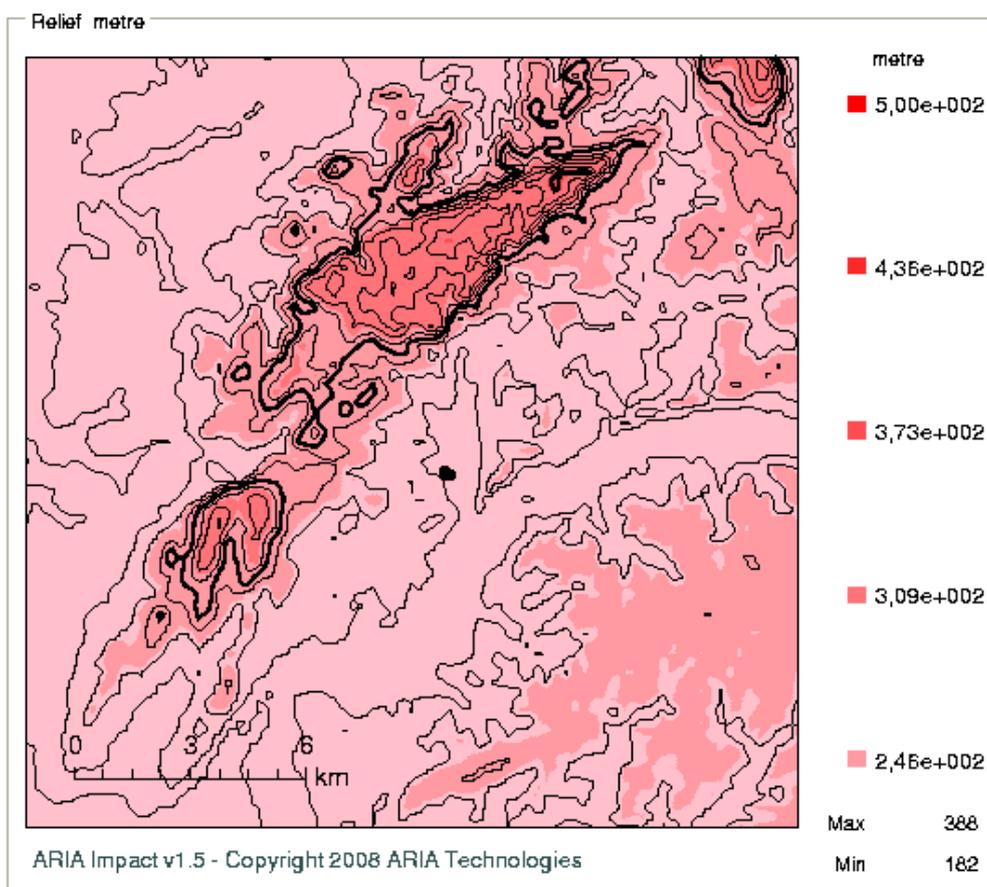


Figure 1 : Carte du relief numérisé au niveau du domaine d'étude (altitudes en m)

II.3. DESCRIPTION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

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

- la direction du vent,
- la vitesse du vent,
- la température extérieure,
- la stabilité de l'atmosphère.

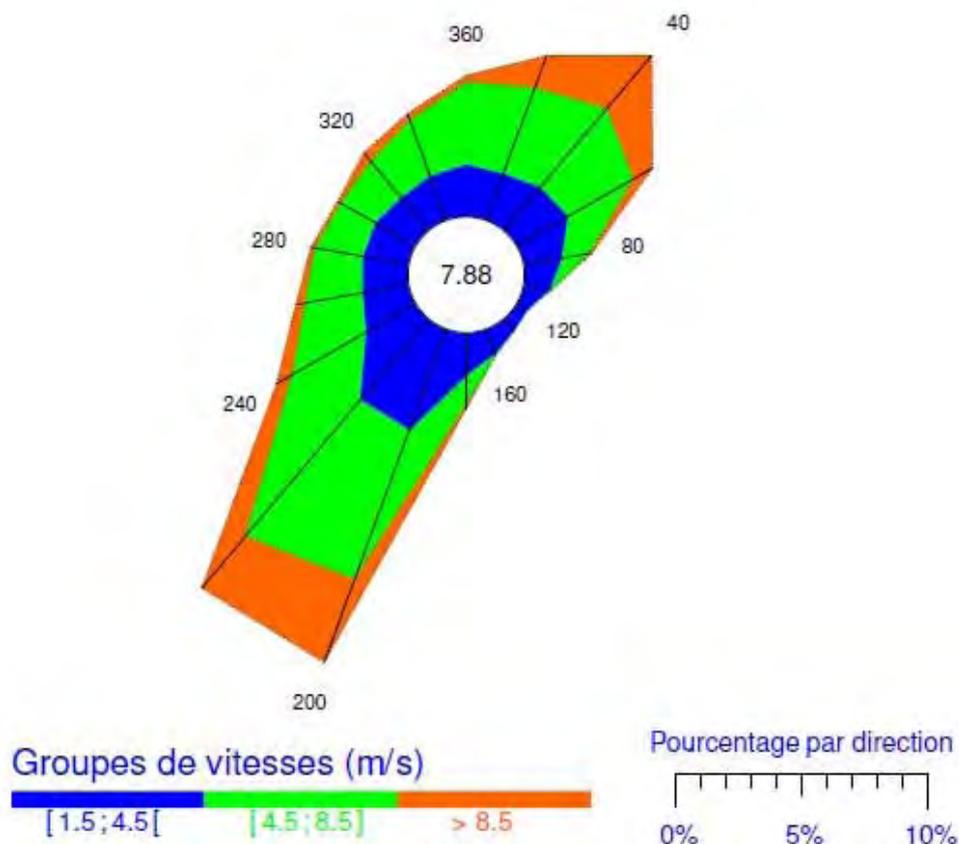
La stabilité de l'atmosphère est le paramètre le plus complexe à déterminer (dans la majorité des cas, elle n'est pas mesurée). Ce paramètre destiné à quantifier les propriétés diffusives de l'air dans les basses couches, conduit à distinguer 6 catégories de stabilité (classes de Pasquill) de l'atmosphère :

- (1) Classe A : Très fortement instable,
- (2) Classe B : Très instable,
- (3) Classe C : Instable,
- (4) Classe D : Neutre,
- (5) Classe E : Stable,
- (6) Classe F : Très stable.

Pour cette étude, la rose des vents issus de la climatologie de la station Météo France dite « MesoNH »¹ à 80 m de hauteur au droit du site (95 dates) a été prise en référence.

La rose des vents ci-après représente la situation météorologique générale, qui a servi de base à la modélisation.

¹ Station virtuelle calculée par METEO France à partir des stations les plus proches



II.4. CARACTERISTIQUES DES EMISSIONS

Une source de rejet a été identifiée sur le site susceptible de rejeter du dioxyde de soufre. Les caractéristiques de ce point de rejets sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Caractéristiques du point de rejet

Cheminée		Four
Hauteur	m	80
Diamètre	m	2,5
Débit (sec)	Nm ³ /h	165000
Vitesse	m/s	13,3
Température	°C	115
Concentration en SO ₂ en sortie	mg/m ³	700

De façon à être majorant dans la démarche, il a été considéré que les opérations sources d'émissions étaient réalisées 24h/24, 52 semaines par an.

II.4. CARACTERISTIQUES DU POLLUANT

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant. Le mélange acido-particulaire peut, selon les concentrations des polluants, déclencher un spasme bronchique chez les asthmatiques, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des symptômes respiratoires aiguë chez les adultes (toux, gêne respiratoire) ou encore altérer la fonction respiratoire chez l'enfant.

Dans le cadre de la modélisation, les caractéristiques du dioxyde de soufre utilisées sont les suivantes :

- ✓ Etat : gazeux,
- ✓ Masse volumique : 2,26 kg/m³.

III. LA MODELISATION

III.1.PRINCIPE

Le logiciel ARIA Impact peut être utilisé pour modéliser des rejets de type « cheminée », des rejets linéiques ou des rejets surfaciques. Les dimensions de ces sources d'émission, comme les débits de rejet, peuvent être modifiés.

1. METHODE DE CALCUL

La méthode utilisée est basée sur une méthode gaussienne et se traduit du point de vue mathématique par la formule suivante.

$$C = \frac{M_i}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_{hi}^2 \sigma_{vi}} \exp\left(-\frac{(x-x_i)^2}{2\sigma_{hi}^2} - \frac{(y-y_i)^2}{2\sigma_{vi}^2}\right)$$

x_i, y_i, z_i : coordonnées du point à l'instant i

M_i : masse du polluant

σ_h : écart type horizontal,

σ_v : écart type vertical,

La figure ci-dessous montre une représentation du profil de concentration en polluant correspondant à cette méthode en fonction de la durée et de la distance de la source d'émissions ainsi que du point de mesure.

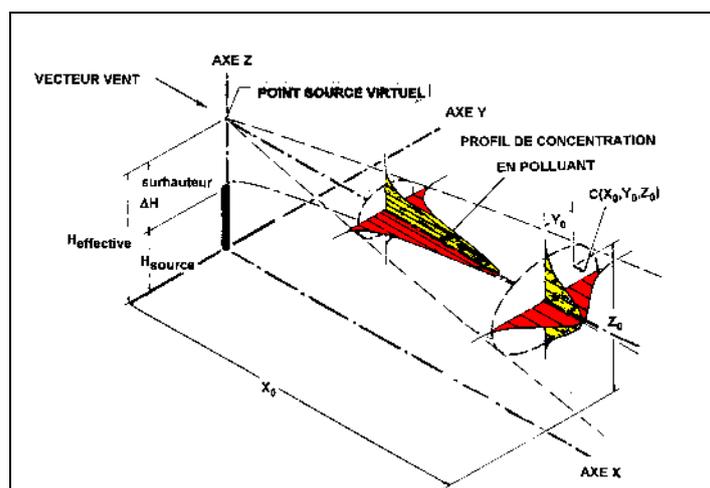


Figure 3 : Profil de concentration en polluant.

Ce logiciel prend également en compte les classes de stabilité de Pasquill qui sont fonction de trois paramètres : la vitesse du vent, la nébulosité et l'insolation. Ces paramètres rendent compte du régime laminaire, turbulent ou intermédiaire du vent.

Pour la modélisation de dispersion chronique, le choix des conditions météorologiques est nécessaire pour la mise en œuvre de la modélisation. Il est retenu l'utilisation de la rose des vents qui donne une concentration moyenne annuelle.

2. LIMITES DU LOGICIEL

Les calculs effectués par le logiciel sont limités par l'incertitude surfacique liée à la taille de la maille d'étude de la dispersion (100 m) et aux incertitudes liées aux modèles de type gaussien à proximité du point d'émissions.

3. PARAMETRES RETENUS POUR L'ETUDE

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une modélisation basée sur la rose des vents de MESONH,
- la prise en compte du relief,
- un modèle de dispersion de Pasquill (modèle standard),
- une durée de moyennage de la concentration unitaire de 600s,
- la prise en compte de la surhauteur pour la cheminée (formule de Holland).

III.2.RESULTATS

La modélisation de la dispersion atmosphérique du dioxyde de soufre généré par le four de l'installation EQIOM est représentée sur la figure ci-dessous.

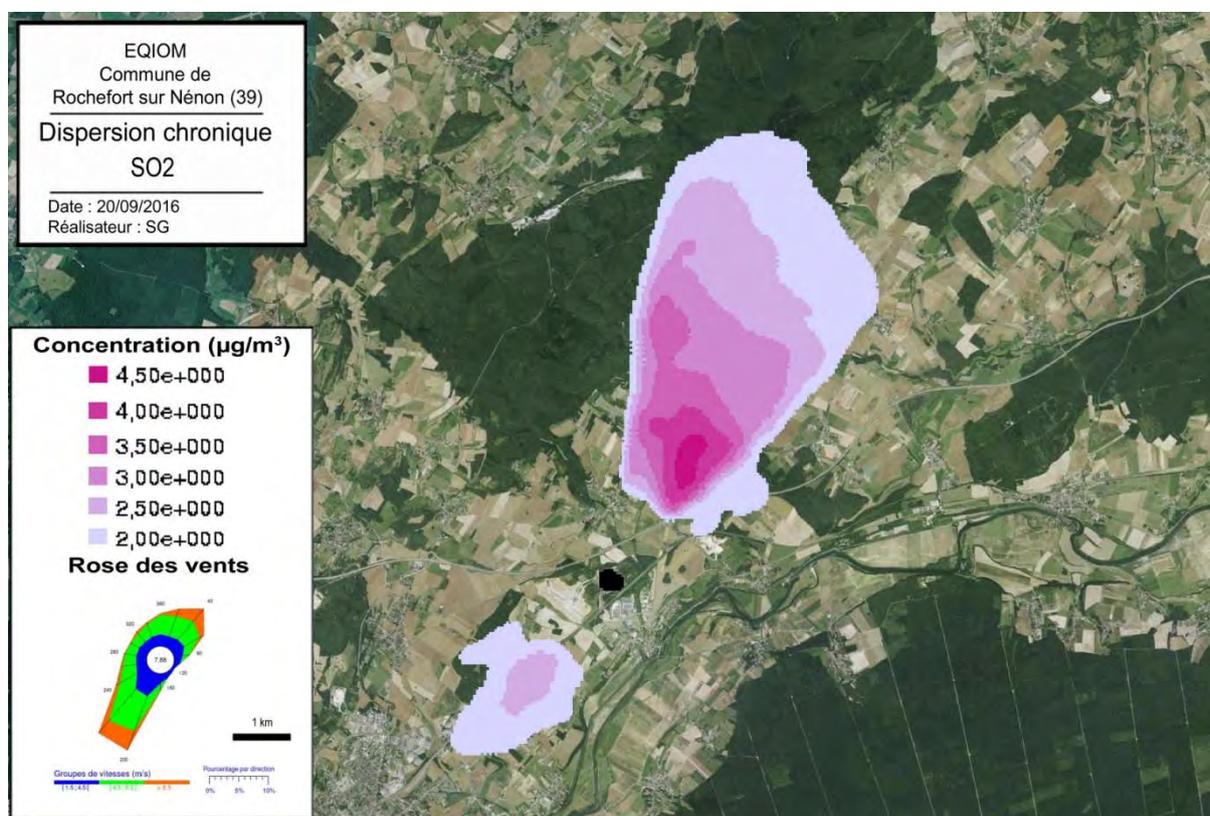


Figure 4 : Représentation de la dispersion atmosphérique de dioxyde de soufre

En considérant une concentration en SO₂ de 700 mg/Nm³ dans le rejet du four, la concentration moyenne annuelle maximale obtenue est de 4,72 µg/m³. Cette concentration est atteinte à 2,6 km au Nord-Est de l'installation.

Le modèle estime (pour une année moyenne) la concentration à Châtenois à 1,33 µg/m³.

A
X
E
E

Modélisation de dispersion atmosphérique chronique

Nom de projet		EQRS - Mise à jour SO2		Ville : Rochefort Nènon (39)		
	Polluant	Concentration retenue (Nm3/h)	Justif ^o	Etat	Densité (kg/m3)	Diamètre (µm)
	SO2	700	Débit maximum de l'AP actuel	Gazeux	2,21	Sans objet
Rejets			Four	Source	Commentaire	
Hauteur de rejet (m)			80	rapport 2010	/	
Débit (Nm3/h)	1. Débit potentiel		150000	AP	Choix effectué sur la modélisation 2010	
	2. Débit maximal (2012-2015)		183211	exploitant	Maximum constaté entre 2012 et 2015 (supérieur au débit maximal autorisé par l'AP)	
	3. Débit moyen (2012-2015)		99646	exploitant	/	
Température de rejet (°C)			115	rapport 2010	/	
Diamètre émissaire (m)			2,5	rapport 2011	/	
Données météo		Précision	Justification			
Type de données météo		<input type="checkbox"/> Quotidienne <input type="checkbox"/> Tri-horaire <input checked="" type="checkbox"/> Rose des vents	Mis à part pour le flux en SO2 retenu, le flux des autres polluants avaient été calculés en multipliant la concentration maximale entre 2005 et 2010, par le débit retenu alors (AP). Nous conserverons donc la rose des vents 2005 - 2010 (ayant servi à modéliser l'EQRS 2010.)			
Position de la station	Hauteur de station meteo		80 m	La rose des vents précédente 'MesoNH-2005-2010' est une estimation MeteoFrance des vents à hauteur de la cheminée du four de l'entreprise EQIOM.		
	Lat (N)		47,1379°	Position de la cimenterie		
	Lat (E)		5,54579°	Position de la cimenterie		
Environnement		Précision	Justification			
Topographie		<input type="checkbox"/> Non prise en compte du relief <input checked="" type="checkbox"/> Maille de 25 m <input type="checkbox"/> Maille de 50 m <input checked="" type="checkbox"/> Maille de 100 m	Choix effectué sur la modélisation précédente et reconduit puisque seul le flux en SO2 se voit modifié			
Occupation des sols		<input type="checkbox"/> Urbain <input type="checkbox"/> Péri-urbain <input type="checkbox"/> Terains cultivés <input type="checkbox"/> Prairies <input type="checkbox"/> Forêts	Paramètres qui déterminera la capacité de l'environnement à assimiler les polluants de l'air émis par la cimenterie			

IV. CONCLUSION

La modélisation de dispersion atmosphérique a permis d'évaluer la concentration atteinte en dioxyde de soufre en considérant une augmentation de la concentration (700 mg/Nm^3) de ce polluant dans les rejets du four de la société EQIOM.

ANNEXE 7 – Extrait du guide INERIS 2013

Évaluation prospective des risques sanitaires

Caractérisation du risque

Pour l'inhalation : $QD = \frac{CI}{VTR}$ et $ERI = \sum_i \frac{CI_i \times T_i}{T_m} \times ERU$

Pour l'ingestion : $QD = \frac{DJE}{VTR}$ et $ERI = \sum_i \frac{DJE_i \times T_i}{T_m} \times ERU$

avec :

VTR : valeur toxicologique de référence, à seuil, pour la voie et la durée d'exposition correspondant au scénario considéré ;

ERU : excès de risque unitaire, pour la voie d'exposition correspondant au scénario considéré ;

T_i : Durée de la période d'exposition *i* (en années) sur laquelle l'exposition (CI_{*i*} et DJE_{*i*}) est calculée ;

T_m : Durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée (en années).

Pour les substances cancérigènes, l'exposition est rapportée à la durée de vie, conventionnellement 70 ans.

Les **indicateurs de risque** (QD et ERI) sont calculés pour chaque **substance**, chaque **voie d'exposition** et chaque **sous-population identifiée**. Ils sont ensuite classés pour hiérarchiser les substances et voies d'exposition contribuant significativement au risque sanitaire ; et enfin sommés pour calculer des indicateurs de risque cumulé « multi-substance » (Voir **Question 22**).

Question 22 : Faut-il additionner les indicateurs de risque (QD et ERI) pour l'ensemble des substances ?

Des études ont démontré que l'exposition simultanée à plusieurs substances toxiques peut produire des effets alors que les doses d'exposition à chaque substance sont inférieures aux seuils d'effet respectifs. Les mécanismes d'interaction n'ont que très rarement été décrits à la suite d'essais toxicologiques, et sont très difficilement quantifiables. Néanmoins, de telles interactions peuvent exister, en particulier pour des substances partageant le même mécanisme d'action et les mêmes organes cibles. L'évaluation des interactions des substances toxiques dans l'organisme reste l'objet de travaux de recherche et de discussions entre experts.

L'effet des interactions peut être différent selon les mélanges : addition, synergie, antagonisme. A défaut de connaissances spécifiques sur les effets des mélanges, l'approche pragmatique est de considérer l'additivité des risques⁽⁵⁴⁾ en première approche, pour prendre en compte une possible interaction.

Pour les QD, la règle générale consiste à additionner les quotients de danger des substances provoquant le même effet sur le même organe, par le même mécanisme biologique. Concrètement, l'évaluateur pourra **additionner les QD** pour lesquels les effets associés aux VTR portent sur les **mêmes organes cibles** (voir « Effets des substances émises » p51). L'addition des QD pour différentes voies d'exposition est pratiquée selon le même principe. Par simplification, il est aussi pratiqué d'additionner l'ensemble des QD, à titre indicatif, si la somme reste inférieure à 1 (ce qui permet de justifier de l'absence de risque préoccupant).

Pour les ERI, la pratique est de **sommer tous les ERI** pour calculer un excès de risque pour **tout effet sans seuil confondu**.

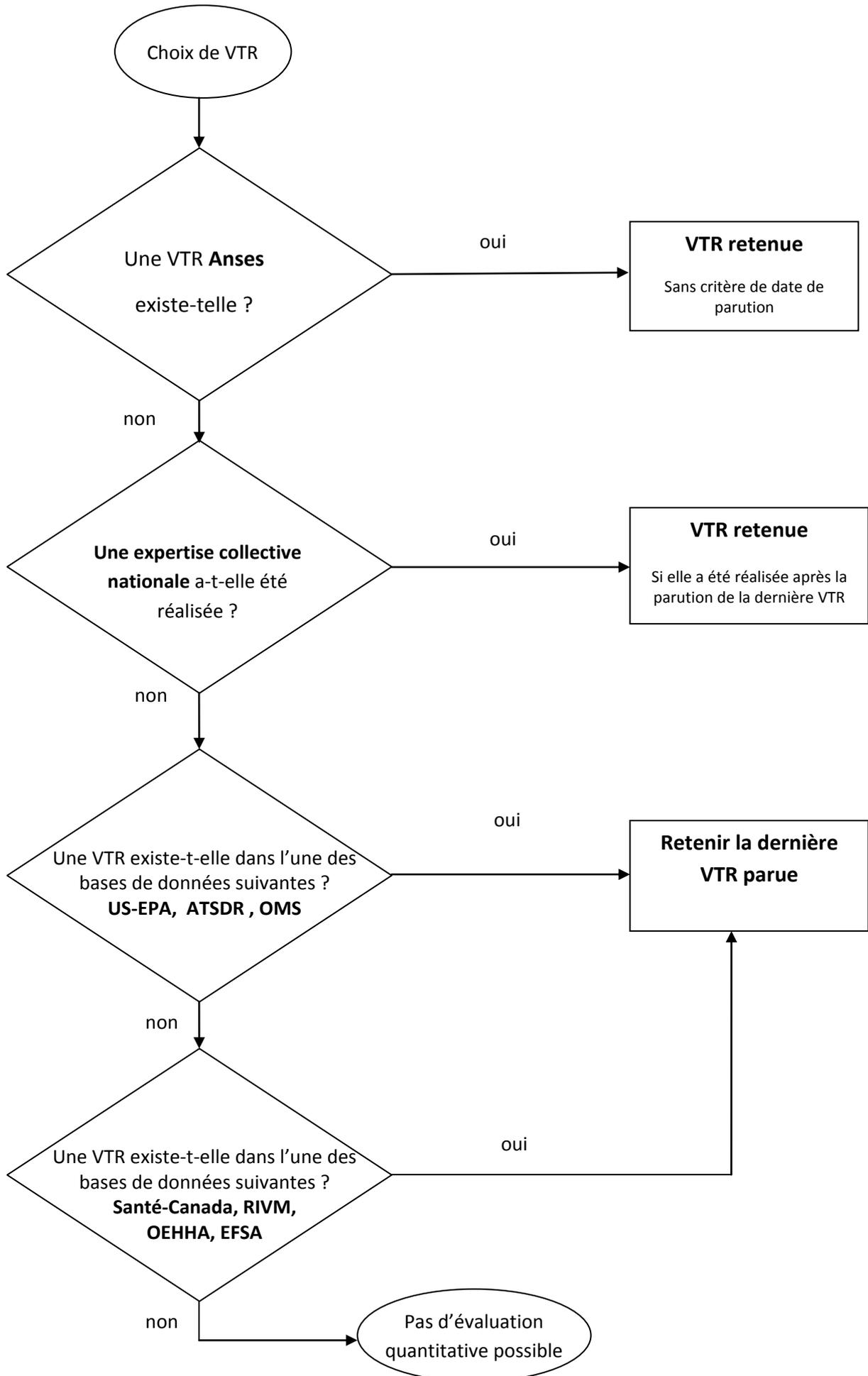
Ce faisant, il faut garder en mémoire les objectifs et les résultats attendus de l'étude. En termes de gestion des risques, la somme des QD et des ERI ne doit pas occulter la hiérarchisation des substances et des voies d'exposition. L'addition des indicateurs vient donc en complément de l'analyse des indicateurs individuels et de leur hiérarchisation.

⁽⁵⁴⁾Voir :

- réponse proposée par l'OPERSEI (Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact) à la question n°9. www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/69_ei.htm
- page internet de l'OMS sur ce sujet « Assessment of combined exposures to multiple chemicals » : www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/aggregate/en/index.html

ANNEXE 8 – Extrait de la circulaire du 31 octobre 2014 relative à la sélection des VTR

Logigramme : choix des VTR lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition



ANNEXE 9 – Glossaire

Glossaire

ACGIH : American conference of governmental industrial hygienists

AIHA : American industrial health association

ATSDR : Agency for toxic substances and diseases registry

BMCL : Lower one-sided confidence limit on the benchmark concentration

CASRN : Chemical abstracts service registry number

CI : Concentration inhalée

CIIT : Chemical industry institute of toxicology

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer

COV : Composé organique volatil

CR : Excess lifetime cancer risk

CSF : Cancer slope factor

CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène publique de France

DJE : Dose journalière d'exposition

EQRS : évaluation quantitative des risques sanitaires

ERG : Excès de risque global

ERI : Excès de risque individuel

ERUi : Excès de risque unitaire par l'inhalation

ERUo : Excès de risque unitaire par l'ingestion

FAO : Food and agriculture organization of the united nations

IARC : International agency for research on cancer

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

IDLH : Immediately dangerous to life and health

INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques

InVS : Institut de veille sanitaire

IPCS : International programme on chemical safety

IRIS : Integrated Risk Information System

ISDMA : Installations de stockages des déchets ménagers et assimilés

IUCLID : International uniform chemical information database

JECFA : Joint FAO/WHO expert committee on food additives

LOAEC : Lowest observable adverse effect concentration

LOAEL : Lowest observable adverse effect level

MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable

MPR : Maximum permissible risk

MRL : Minimal risk level

NIOSH : National Institute for occupational safety and health

NOAEL : Non observable adverse effect level

OEHHA : Office of environmental health hazard assessment

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSHA : Occupational safety and health administration

PEL : Permissible exposure limit

PHG : Public health goal

PM : Particulate matter

PTDI : Provisional tolerable daily intake

PTWI : Provisional tolerable weekly intake

QD : Quotient de danger

REL : Recommended exposure limit

RfC : Reference concentration

RfD : Reference dose

RIVM : National institute of public health and the environment

SAGE : Schémas d'aménagement et de gestion des eaux

SDAGE : Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux

Sfo : Oral slope factor

SNC : Système nerveux central

STEL : Short term exposure limit

TC : Tumorigenic concentration (CT en français)

TCA : Tolerable concentration in air

TD : Tumorigenic dose (DT en français)

TDI : Tolerable daily intake value

TVL : Threshold Limit Value

TWA : Time Weighted Average

UF : Uncertainty factor (FI en français)

UR : Unit risk

US-EPA : Environmental protection agency of united states

VG : Valeur guide

VHE : Variable humaine d'exposition

VLE : Valeur limite d'exposition

VME : Valeur moyenne d'exposition

VSEI : Volet sanitaire d'étude d'impact

VTR : Valeur toxicologique de référence

WEEL : Workplace environmental exposure limit

WHO : World health organization