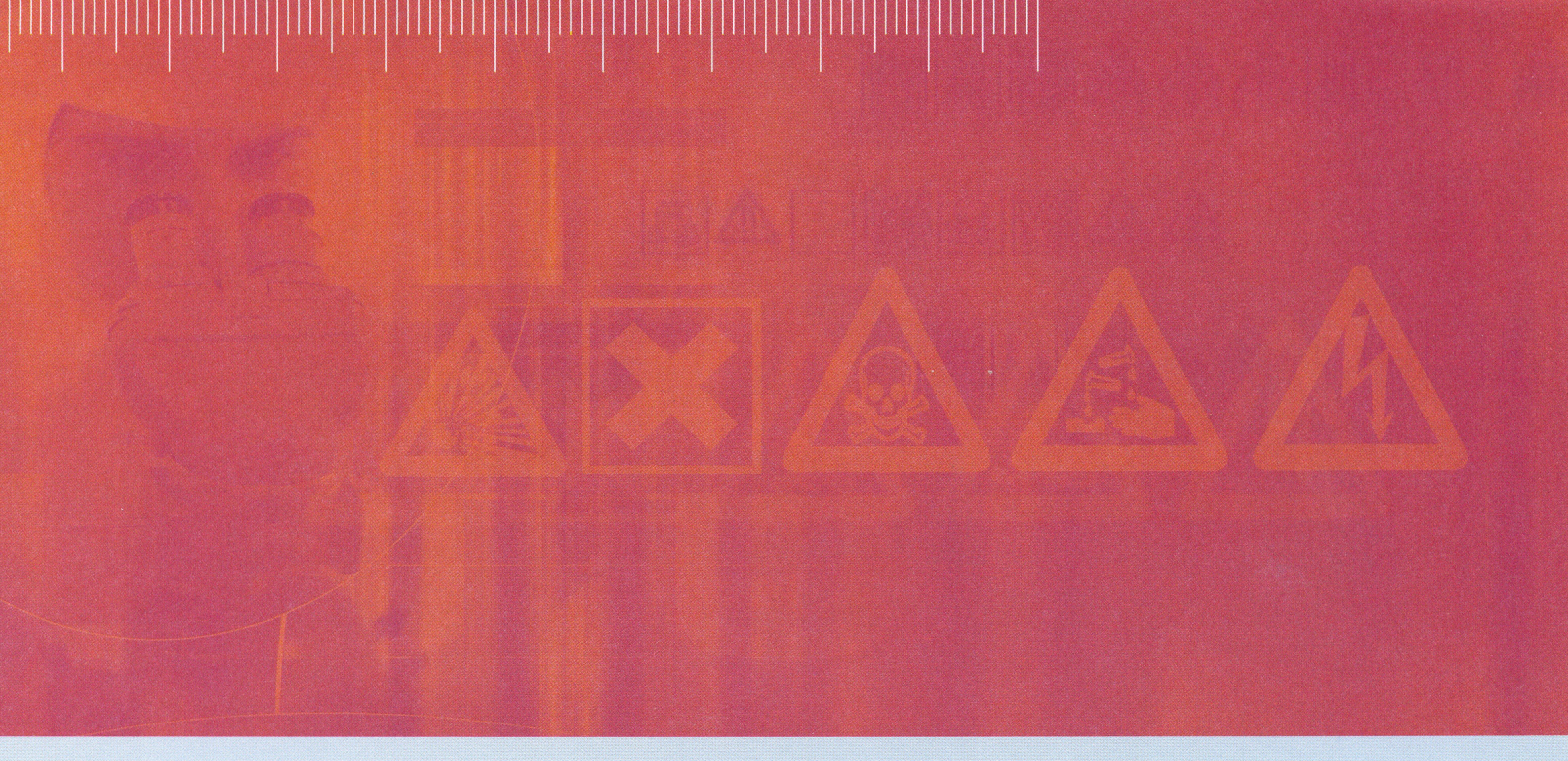


Note de travail intermédiaire 6 mars 2013

N° -INERIS-DRC-137709-02571B-

Etude de dispersion des rejets issus de l'accident de Lubrizol

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Etude de dispersion des rejets issus de l'accident de Lubrizol

Note de travail intermédiaire réalisée pour le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Marc DURIF Frédéric TOGNET	Martine RAMEL	Philippe HUBERT
Qualité	Responsable de l'Unité « Milieux » Responsable d'affaire à l'Unité « Modélisation atmosphérique et Cartographie environnementale »	Responsable du pôle « Risque et Technologies Durables »	Directeur des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE 6

2. ESTIMATION D'UNE VARIATION TEMPORELLE D'UNE MASSE EMISE DE MERCAPTAN 7

3. SIMULATIONS NUMERIQUES 12

3.1 Domaines d'étude 12

3.2 Modèles numériques de dispersion utilisés 12

3.2.1 Domaine grande échelle 12

3.2.2 Domaine échelle locale 12

3.3 Données météorologiques utilisées 13

3.4 Résultats Grande échelle 14

3.5 Résultats Echelle locale 15

4. COMMENTAIRES 16

1. CONTEXTE

Suite à une instabilité des produits contenus dans le bac d'ajustage final (T216076) de la fabrication du dithiophosphate de zinc sur le site de Lubrizol de Rouen, des rejets de composés soufrés ont été émis à l'atmosphère dans des proportions entraînant des nuisances olfactives dont les premiers signalements au voisinage du site ont eu lieu le 21 janvier 2013 à 8h du matin [données transmises à l'INERIS par Air Normand].

De nombreuses plaintes de riverains invoquant la présence de mauvaises odeurs, des maux de tête ou des nausées ont pu être recueillies par le Centre Anti Poison et de ToxicoVigilance (CAPTV) et Air Normand entre le 21 et le 22 janvier 2013. Le panache odorant a ainsi pu être ressenti à Paris dans la nuit du 21 au 22 janvier ainsi qu'au sud de Londres le 22 janvier dans la matinée.

L'INERIS, dans le cadre d'un appui technique au Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE), a été chargé par ce dernier de reconstruire le panache issu des installations de Lubrizol durant les 24 à 48 premières heures de l'accident (à compter du 21/01/2013 - 8h) à partir de toutes les données collectées disponibles sur les conditions météorologiques, le terme source et les appels enregistrés. En fonction de la qualité et de la pertinence de ces données, une évaluation des expositions des populations au cours de l'événement pourra être réalisée, ainsi qu'une évaluation des risques associés si les informations toxicologiques disponibles le permettent.

Cet appui technique au MEDDE sera réalisé en partenariat avec l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), qui dispose des plaintes enregistrées par les CAPTV pendant l'événement, et Air Normand qui a également recensé et géo-référencé des appels pour signalement d'odeur, de gêne ou de symptômes.

Cette première note a pour objectif :

1. de présenter une proposition de variation temporelle (selon des hypothèses estimées par l'INERIS comme les plus pénalisantes en ce qui concerne les distances de perception olfactive) pendant les 38 premières heures de l'épisode de la masse émise de mercaptan issue de l'usine de Lubrizol et présentée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Haute-Normandie (DREAL HN) lors du Conseil de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques (CODERST) [Rouen, Fév. 2013],
2. de décrire et présenter les premières simulations de dispersion du panache aux échelles régionale et locale réalisées à partir de cette hypothèse de variation temporelle des émissions.

Les données d'entrée et la méthodologie employée sont décrites dans cette note.

2. ESTIMATION D'UNE VARIATION TEMPORELLE D'UNE MASSE EMISE DE MERCAPTAN

L'Ineris est parti d'une hypothèse de quantité de mercaptan émis présentée au Coderst par la DREAL (Février, 2013) et, à partir d'une analyse des données disponibles, a fait une première proposition correspondant à une émission de cette masse sur une période plus large et avec une variation temporelle.

La proposition de variation temporelle de la masse émise de mercaptan a été construite sur les choix et hypothèses suivantes :

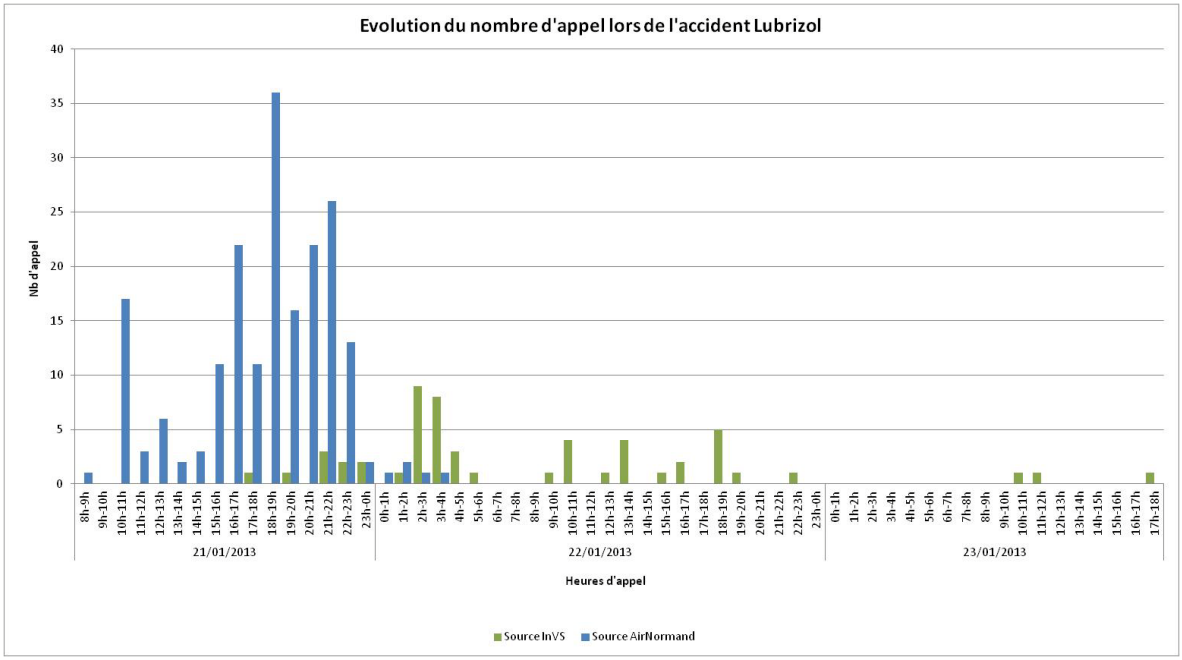
1. Parmi les substances potentiellement rejetées [CODERST, Février 2013], le choix est fait de retenir en première hypothèse l'isopropylmercaptan (n° CAS 75-33-2), en tant que traceur, car il s'agit du mercaptan probablement le plus émis au cours de l'évènement et renseigné dans la littérature pour son caractère fortement odorant ainsi que pour sa toxicité.
2. Choix d'un seuil de $6x10^{-3}$ ppb, qui est l'un des seuils olfactifs les plus bas connus pour cette substance (0.25 ppb [Dunod, 2005][1] – $0.8x10^{-3}$ à $6x10^{-3}$ ppb [Clanton et Schmidt, 2000][2]).
3. Une masse de 431 kg d'isopropylmercaptan correspondant à la masse de C_3RSH émise dans le cas jugé le plus le plus défavorable, par Lubrizol, de performance du traitement des émissions atmosphériques (20% d'efficacité d'abattage) entre le 21/01/13 20h et le 22/01/13 8h30 [CODERST, Février 2012].
4. Une principale fenêtre d'émission dans l'atmosphère entre le 21/01/13 8h00 du matin (première plainte enregistrée) et le 22/01/13 22h00 (dernières mesures réalisées à l'émission de la cheminée par l'Apave pour Lubrizol et diminution significative du nombre de plaintes de gênes olfactives recensées) (Figure 1). L'hypothèse, formulée par l'INERIS à partir de ces informations, est que 99,95 % de la masse a été émise avant le 22/01/13 à 22h00.
5. Température d'émission estimée par l'INERIS à environ 30°C.
6. Une hauteur de cheminée de 13 m avec un diamètre de 50 cm et localisée à 1,059379° de longitude Ouest et 49,435727° de latitude Nord [informations observées sur site par l'INERIS].
7. Un débit volumique estimé par l'INERIS à partir d'un croisement des valeurs horaires des débits volumiques mesurés par Lubrizol [exploitation par l'INERIS d'un fichier de mesures Lubrizol transmis par DREAL HN] et des trois mesures ponctuelles de l'Apave réalisées le 22/01/13 entre 19h et 22h [mesures réalisées par l'Apave pour Lubrizol et transmises à l'INERIS par DREAL HN]. Un facteur multiplicatif proche de 2 (1,95) a été appliqué par l'INERIS aux valeurs de débits mesurées par Lubrizol.

[1] DUNOD, Pollutions olfactives : Origines, législation, analyse, traitement ; ADEME

[2] C.J. Clanton, D.R. Schmidt, 2000, Sulfur compounds in Gazes from stored manure, American Society of Agricultural Engineers, Vol 43(5):1229-1239.

8. A partir de l'ensemble des mesures de concentrations de mercaptan à l'émission (somme des R-SH) réalisées par Lubrizol par tube Draëger (colorimétrie/mesure indicative) entre le 21/01/13 à 9h06 et le 22/01/13 à 22h00 (58 valeurs mesurées) [données Lubrizol transmises à l'INERIS par DREAL HN], un profil temporel des rejets a été construit. Compte tenu de l'incertitude forte sur ces mesures et du fait qu'elles sont un indicateur de l'ensemble des mercaptans émis, la clé de répartition des rejets correspond à la part relative du produit des concentrations horaires relevées (ou interpolées pour les données manquantes) avec les débits horaires corrigés (somme égale 100%). Le ratio propre à chaque tranche horaire a été par la suite appliqué à 99.95% de la masse des 431 kg pour déterminer la masse horaire émise.

Figure 1 : Evolution du nombre d'appels [Données communiquées à l'INERIS par InVS et Air Normand]

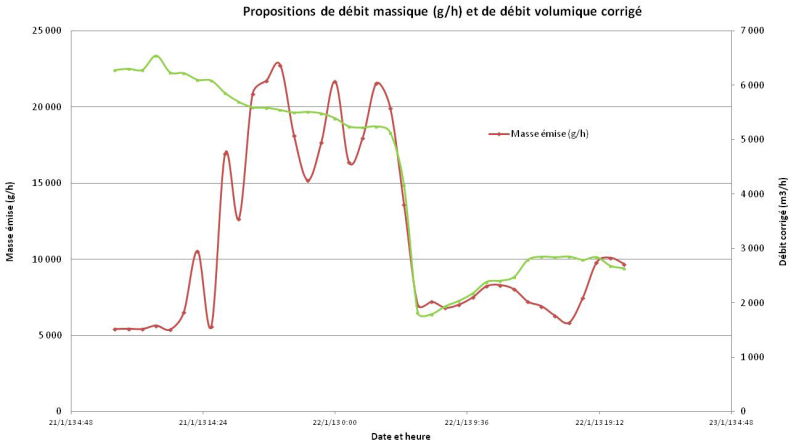


La prise en compte de ces hypothèses donne les valeurs horaires de débits volumique et massique suivants (Tableau 1) et la représentation graphique suivante (Figure 2).

Tableau 1 : Proposition d'évolution temporelle de la masse d'isopropylmercaptan émise sur 38 heures à partir du 21 Janvier 08:00 (heure locale) et du débit volumique associé

Date/heure	Masse émise (g/h)	Débit corrigé (m3/h)
21/1/13 8:00	5425.9	6280
21/1/13 9:00	5445.4	6302
21/1/13 10:00	5429.0	6283
21/1/13 11:00	5653.9	6544
21/1/13 12:00	5389.0	6237
21/1/13 13:00	6520.0	6222
21/1/13 14:00	10549.2	6099
21/1/13 15:00	5600.4	6084
21/1/13 16:00	16941.9	5856
21/1/13 17:00	12661.3	5693
21/1/13 18:00	20869.9	5594
21/1/13 19:00	21718.1	5586
21/1/13 20:00	22752.8	5544
21/1/13 21:00	18154.5	5497
21/1/13 22:00	15185.2	5509
21/1/13 23:00	17694.3	5482
22/1/13 0:00	21671.7	5393
22/1/13 1:00	16366.2	5242
22/1/13 2:00	17981.3	5222
22/1/13 3:00	21559.1	5240
22/1/13 4:00	19943.4	5129
22/1/13 5:00	13612.6	4160
22/1/13 6:00	7004.6	1814
22/1/13 7:00	7225.2	1789
22/1/13 8:00	6823.4	1934
22/1/13 9:00	7030.9	2034
22/1/13 10:00	7511.7	2173
22/1/13 11:00	8238.4	2384
22/1/13 12:00	8309.8	2404
22/1/13 13:00	8032.0	2473
22/1/13 14:00	7223.2	2787
22/1/13 15:00	6923.8	2847
22/1/13 16:00	6280.1	2835
22/1/13 17:00	5847.3	2849
22/1/13 18:00	7498.1	2788
22/1/13 19:00	9807.8	2838
22/1/13 20:00	10101.9	2677
22/1/13 21:00	9696.9	2633

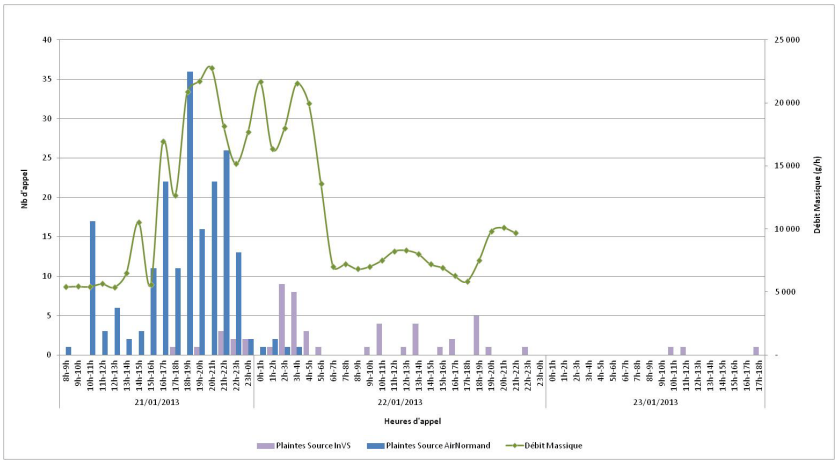
Figure 2 : Propositions d'évolution temporelle de la masse d'isopropylmercaptan émise sur 38 heures à partir du 21 Janvier 08:00 (heure locale) et du débit volumique associé



Une première superposition des profils entre les évolutions temporelles de la masse d'isopropylmercaptan émise et le nombre des plaintes (Figure 3) permet de distinguer trois phases dans le processus de perception odorante des rejets qui pourraient s'expliquer (hypothèses) par :

- une première phase de concomitance des plaintes en local [appels source Air Normand] avec l'augmentation des émissions au début de l'événement (jusqu'à 23h le 21/01/13),
- une seconde phase après 23h de baisse des plaintes en local et ce malgré un maintien du niveau moyen de l'émission, du fait de la conjonction de l'augmentation du niveau d'information des populations au cours de la journée du 21/02/13 sur l'origine de l'événement et la conduite à tenir [CODERST, Février 2013], ainsi que de l'heure tardive (nuit).
- une dernière phase de plaintes [appels source CAPTV/InVS] exprimées le long du parcours probable du panache en France du fait du transport des émissions à longue distance sur un territoire représentant un nouveau réservoir de plaintes.

Figure 3 : Comparaison des profils temporels des plaintes recensées et de la proposition d'évolution temporelle de la masse d'isopropylmercaptan émise



Il est à noter que cette proposition d'évolution temporelle de la masse de mercaptan émise est provisoire, les hypothèses devant encore être confirmées et l'incertitude associée estimée. Les grandeurs moyennes résultantes peuvent être comparées à celles du scénario d'émission présenté au CODERST du 12/02/13.

Scénario	Quantité d'isopropylmercaptan maximale émise sur la période (kg)	Période d'émission(h)	Flux horaire moyen (kg/h)	Débit volumique (Nm3/h) à 25°C	Concentration moyenne (ppm)
CODERST 12/02/13	431	12h30 entre le 21/01 à 20h et le 22/01 à 8h30	34,5	2700	4102
INERIS 1	430,8	38h entre le 21/01/13 8h00 et le 22/01/13 22h00	11.3	4256	852

La masse émise retenue par le CODERST le 12/02 est donc conservée, mais on l'étale dans le temps (de 12h30 à 38h), en trois phases distinctes. Le scénario est moins pénalisant en termes de concentrations résultantes, en instantané, mais l'association de la dispersion joue également.

Cette proposition d'évolution temporelle de la masse de mercaptan émise doit être affinée et complétée :

- En validant avec Lubrizol et la DREAL HN la chute de débit le 22/01/13 à 6h00 du matin.
- En travaillant sur la valeur de saturation des sept pics détectés par Lubrizol au moyen des tubes Draëger entre le 21/01/13 à 20h et le mardi 22/01/13 à 8h30. Compte tenu de la méthode d'estimation du terme source utilisée cela entraînera une augmentation de l'intensité de l'émission sur ces sept périodes et la diminuera sur les périodes adjacentes.
- En confrontant la cinétique d'évolution des concentrations modélisées à celle de la localisation des plaintes enregistrées.
- En prenant en compte d'autres substances potentiellement émises.

3. SIMULATIONS NUMERIQUES

3.1 DOMAINES D'ETUDE

Des simulations du panache ont été réalisées sur deux grands domaines avec des outils distincts mais complémentaires. Ces deux domaines sont :

1. un large domaine englobant la France métropolitaine et le sud de la l'Angleterre (ci après dénommé domaine grande échelle)
2. un domaine local de 20km par 20km englobant l'agglomération de Rouen et centré sur l'usine de Lubrizol (ci après dénommé domaine échelle locale)

3.2 MODELES NUMERIQUES DE DISPERSION UTILISES

3.2.1 DOMAINE GRANDE ECHELLE

Le modèle numérique utilisé pour le domaine grande échelle est le modèle de chimie transport CHIMERE[3] développé par l'INERIS et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Cet exercice de modélisation s'appuie sur la procédure qui alimente CHIMERE dans le cadre de PREV'AIR[4] pour établir à J+0 une prévision de la qualité de l'air à haute résolution sur la France.

La modélisation de la dispersion a été effectuée à une résolution de 2.5 km.

3.2.2 DOMAINE ECHELLE LOCALE

Le modèle utilisé est le modèle de type lagrangien SPRAY[5] développé par ARIA Technologies. Les paramètres météorologiques sont calculés par le préprocesseur Micro Swift qui permet la reconstruction d'un champ de vent moyen vérifiant la loi de conservation de la masse, lui-même diagnostiqué à l'aide de corrections analytiques induites par la présence d'obstacles (bâtiments).

La modélisation de la dispersion a été effectuée à une résolution de 75 mètres.

---

[3] CHIMERE est un code informatique qui réunit un ensemble d'équations représentant le transport et la chimie d'espèces chimiques et qui permet de quantifier l'évolution d'un panache de polluants en fonction du temps sur différents domaines (de l'urbain au continental). À partir de données de météorologie et de flux d'émissions, CHIMERE permet de calculer des champs tridimensionnels de concentrations de polluants dans l'atmosphère. De par les données d'entrée utilisées, le nombre d'équations à résoudre et la physico-chimie qui y est représentée, CHIMERE est un modèle méso-échelle c'est-à-dire simulant la troposphère (de la surface à 20hPa, 10km d'altitude) pour une résolution horizontale de 1 à 100km et sur des domaines d'étude allant de la ville au continent.

[4] www.prevair.org

[5] SPRAY: Modèle tridimensionnel lagrangien pour la dispersion de panaches atmosphériques

3.3 DONNEES METEOROLOGIQUES UTILISEES

Les données météorologiques utilisées en entrée des deux modèles de dispersion sont issues du modèle AROME[6] de Météo France développé spécifiquement pour décrire les phénomènes météorologiques à petite échelle. Il fournit une prévision à 2,5 km sur la France sur une période de 30 heures. AROME est alimenté par les prévisions de plus grande échelle opérées par le modèle ARPEGE[7] de Météo France et a donc comme objectif de raffiner celles-ci sur la France notamment pour reproduire des phénomènes locaux, complexes et potentiellement dangereux (effets liés au relief, brise, brouillard, îlot de chaleur urbain ...).

Les prévisions d'AROME s'appuient sur un large réseau d'observations (stations de surface, radars doppler, radiosondages, satellites ...) qui fournit des mesures assimilées dans le modèle afin de mieux représenter son état initial.

Les données AROME en trois dimensions, issues de la prévision de 00:00 TU pour chacun des jours simulés et avec un pas de temps horaire sur une période de 24 heures, ont été utilisées pour alimenter les deux modèles dispersion en données météorologiques lors de la reproduction de la dispersion du rejet accidentel de Lubrizol.

[6] AROME (Météo France): modèle de prévision météorologique haute résolution

[7] ARPEGE (Météo France): modèle de prévision météorologique

3.4 RESULTATS GRANDE ECHELLE

Figure 4 : Evolution de l'étendue spatiale du panache entre le 21 Janvier 10:00 et le 22 Janvier 10:00 (TU). Concentration au dessus du seuil de perception olfactif de 6.10^{-3}ppb.

3.5 RESULTATS ECHELLE LOCALE

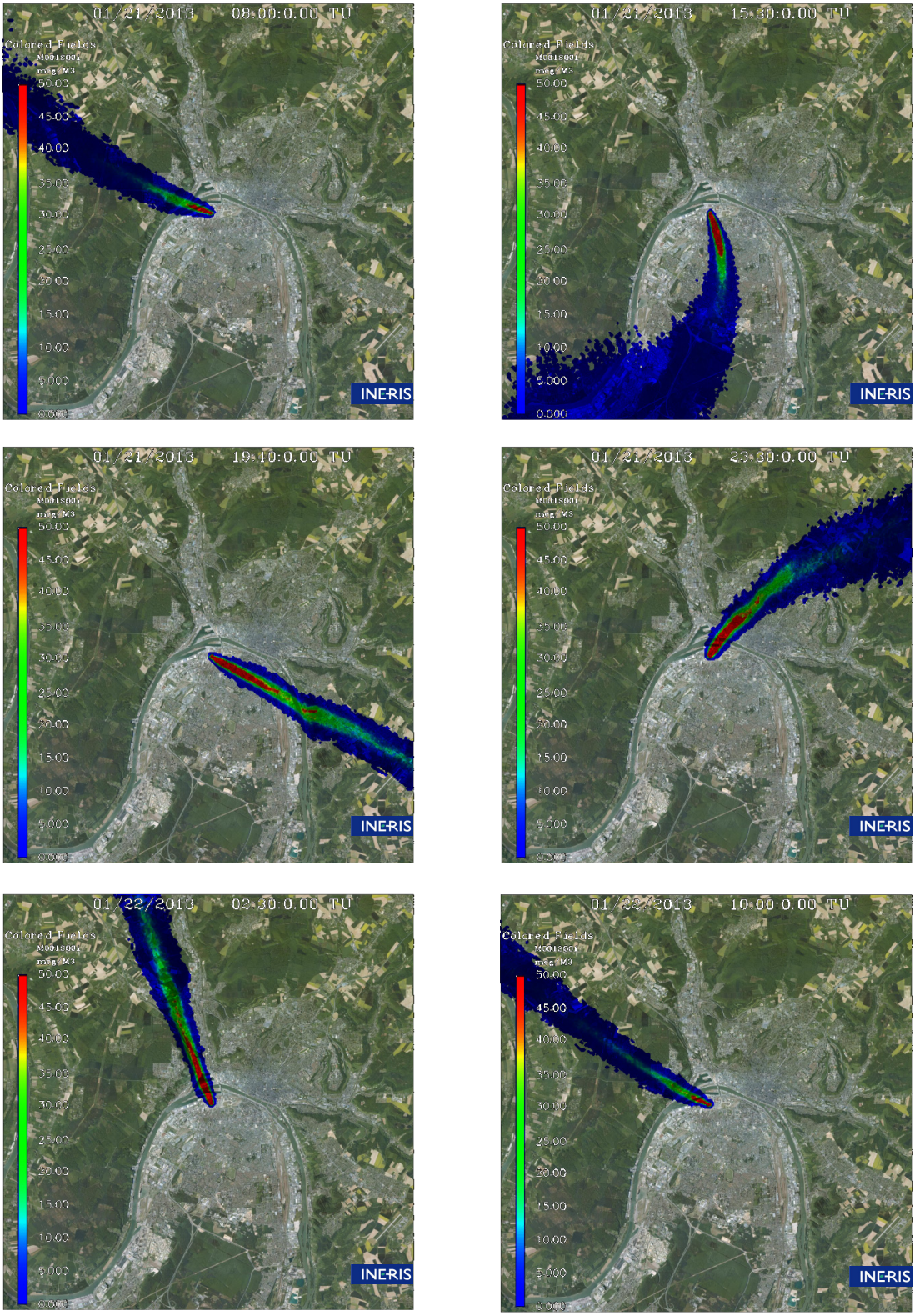


Figure 5 : Evolution de l'étendue spatiale du panache entre le 21 Janvier 08:00 et le 22 Janvier 13:00 (TU). Echelle des concentrations en µg/m3. Maximum des concentrations modélisé à proximité immédiate de la source : 2.4 mg/m3 soit 0.72 ppm.

4. COMMENTAIRES

Une première estimation de la variation temporelle de la masse de mercaptan émise pendant les 38 premières heures de l'épisode a été proposée. Sur cette première base, des simulations sur deux domaines à différentes échelles ont été menées, elles montrent que le vent a effectué une rotation de 360 degrés en 24 heures. Le panache a ainsi pu atteindre l'Île de France, la Picardie et le sud de l'Angleterre.

A grande échelle, en retenant la valeur du seuil de perception de l'Isopropylmercaptan à 6.10^{-3} ppb, la visualisation des concentrations supérieures à cette valeur montre un panache en cohérence avec les observations : arrivée du panache odorant sur Paris vers minuit heure locale et dans la matinée du 22 janvier pour le sud de l'Angleterre.

Les simulations à l'échelle locale montrent une concentration maximale modélisée de 2,4 mg/m^3 soit 0.72 ppm, elle est localisée à proximité immédiate de la source.

Ces résultats préliminaires doivent cependant être nuancés par les incertitudes inhérentes à la démarche, dont certaines pourront être davantage appréciées par la suite :

- L'hypothèse de dispersion d'un gaz passif conduit à s'affranchir de l'impact d'éventuelles réactions physico-chimiques qui pourraient influencer les concentrations dans le panache.
- Les incertitudes liées au paramétrage de l'évolution temporelle de la masse émise se répercutent directement sur les concentrations modélisées. Elles doivent donc être mieux quantifiées. L'évolution temporelle de la masse de mercaptan émise proposée dans le présent document est évidemment un paramètre critique. Elle sera affinée et complétée, en particulier par une évaluation des incertitudes associées à cette donnée d'entrée des modèles comme évoqué ci avant (cf. § **2**).
- Les incertitudes inhérentes à la modélisation de la dispersion du panache doivent être appréhendées par la confrontation des résultats de modèles différents. Il s'agit là d'une démarche classique qui permet d'associer à la variabilité des modèles une incertitude de modélisation. Ainsi, les simulations pourront être comparées à celles réalisées par des modèles « équivalents » dans leur formulation à ceux mis en œuvre par l'INERIS. Cette analyse pourra être réalisée en collaboration avec Météo France qui dispose de tels outils. La confrontation des résultats de différents modèles alimentés par des données d'entrée similaires permettra de conduire l'analyse d'incertitude qui fait défaut dans cette note préliminaire.
- Enfin, les simulations seront confrontées aux plaintes enregistrées par Air Normand et le CAPTV. Ce travail qui sera conduit dans les prochains jours en concertation avec Air Normand et l'InVS servira notamment à affiner l'interprétation des résultats des modèles.