

■ La plombémie est le meilleur indicateur d'exposition au plomb des semaines précédentes lorsque l'exposition est stable (36).

Le médecin du travail avertira les femmes en âge de procréer du danger du plomb pour la reproduction, leur rappellera l'importance du respect régulier des mesures de prévention indispensables pour ce toxique cumulatif et les informera de la nécessité de l'avertir dès le début de leur grossesse afin, notamment, de vérifier leur niveau d'imprégnation.

Les femmes enceintes ou allaitant ne peuvent être affectées ou maintenues à des postes de travail les exposant au plomb ou à ses composés (art. R. 231-56-12 du Code du travail).

L'article R. 231-58-6 du Code du travail (décret n° 2003-1254 du 23 décembre 2003) précise « qu'une surveillance médicale particulière des travailleurs est assurée si l'exposition à une concentration de plomb dans l'air est supérieure à 0,05 mg/m³, calculée comme une moyenne pondérée en fonction du temps sur une base de huit heures, ou si une plombémie supérieure à 200 µg/l de sang pour les hommes ou 100 µg/l de sang pour les femmes est mesurée chez un travailleur ».

Dans ce même article, une valeur limite biologique contraignante à ne pas dépasser est fixée à 400 µg/l de

sang pour les hommes et 300 µg/l de sang pour les femmes.

Il est souhaitable que la fréquence des examens périodiques et des contrôles d'exposition soit adaptée aux résultats des prélèvements atmosphériques et à ceux de la plombémie. Si les mesures de concentrations dans l'air ne sont pas représentatives de l'exposition, le contrôle de l'exposition est basé uniquement sur la surveillance biologique.

■ En cas d'inhalation d'une concentration importante de poussières, éloigner le sujet de la zone polluée, le faire hospitaliser pour un examen médical et un traitement symptomatique.

■ En cas d'ingestion, si le sujet est conscient, on pourra tenter de le faire vomir, puis de le faire hospitaliser pour une évacuation digestive et un traitement symptomatique.

■ Dans les deux cas, pratiquer des examens complémentaires et un dosage de la plombémie afin de décider de la nécessité d'un traitement chélateur spécifique.

■ En cas de projection cutanée ou oculaire, laver à grande eau, montrer à un spécialiste si des signes d'irritation apparaissent.

BIBLIOGRAPHIE

- KIRK-OTHEMER - *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4^e éd, vol. 15. New York, Wiley Interscience Publ., 1995, pp. 69-157.
- BUDHARI et coll. (eds) - *The Merck Index*, 12^e éd. Whitehouse Station (NJ), Merck & Co Inc, 1996, pp. 922-925.
- LEWIS RJ - *SALT'S Dangerous properties of industrial materials*, 9^e éd. New York, Van Nostrand Reinhold, 1996, pp. 2027-2039.
- BÉLLES R.P. - The Metals. In: CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. (eds) - *Patty's Industrial hygiene and toxicology*, 4^e éd, vol. II, part C. New York, John Wiley & sons, 1994, pp. 2065-2087.
- IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks of chemicals to humans. *Some metals and metallic compounds*. Lyon, Centre international de recherche sur le cancer, 1980, vol. 23, pp. 325-415.
- SITTING M. - *Handbook of toxic and hazardous chemicals*. Park Ridge, Noyes Publications, 1981, pp. 405-407.
- Lead chromate (VI) - *International chemical safety card*. Luxembourg, CEC, IPCS, ICSC 0003, 1991.
- Lead (inorganic) - *International chemical safety card*. Luxembourg, CEC, IPCS, ICSC 0052, 1990.
- Lead II oxide - *International chemical safety card*. Luxembourg, CEC, IPCS, ICSC 0288, 1991.
- Occupational safety and health guideline for inorganic lead. Washington DC, NIOSH/DHHS/OSHA, 1988.
- Chemical safety data sheets n° 60 to 67. Cambridge, The Royal society of chemistry, 1991, vol. 2.
- CAILLERIE L-L., WILMOTTE F. - *Plomb et alliages de plomb*. In: *Techniques de l'ingénieur, Traités Métaux*, M. 510-1 à 13.
- VENUGOPAL B., WLOSZY T.D. - *Toxicology of non-radioactive heavy metals and their salts*. In: COULSTON F., KORTE F. (eds) - *Heavy metal toxicity safety and harmonology*, vol. 1, Stuttgart, 1974, suppl., pp. 4-74.
- MORROW P.E. et coll. - *Pulmonary retention of lead: an experimental study in man*. *Environmental Research*, 1980, 21, pp. 373-384.
- AHDIUR M.O., DOULL L., KLAASSEN CD. - *Lead*. In: Casarett and Doull's *Toxicology*, 5^e éd, New York, McGraw-Hill, 1996.
- CONRAD M.E., BARTON J.C. - *Factors affecting the absorption and excretion of lead in the rat*. *Gastroenterology*, 1978, 74, pp. 733-740.
- LALIBREWS R.R. - *Biological monitoring of exposure to inorganic and organometallic substances. Lead*. *Industrial Chemical Exposure Guidelines for Biological Monitoring*, Davis, Elsevier Publ., 1983, pp. 27-38.
- KASPRZAK K.S., HOOVER K.L., POIRIER L.A. - *Effects of dietary calcium oxalate on lead subacetate carcinogenicity in kidneys of male Sprague-Dawley rats*. *Carcinogenesis*, 1985, 6, 2, pp. 279-282.
- STOKINGER H.E. - *The metals*. *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. John Wiley & sons, 3^e éd. New York, 1981, II, pp. 1687-1728.
- GOYER R.A. - *Lead and the kidney*. *Current Topics in Pathology*, 1971, 55, pp. 147-176.
- HARTWIG A. - *Role of DNA repair inhibition in lead and cadmium-induced genotoxicity: a review*. *Environmental Health Perspectives*, 1994, 102, suppl. 3, pp. 45-50.
- ZELIKOFF J.T. et coll. - *Genetic toxicology of lead compounds*. *Carcinogenesis*, 1988, 9, pp. 1727-1732.
- SHARMA A., TALLINDER G. - *Effects of metals on chromosomes of higher organisms*. *Environmental Mutagenesis*, 1987, 9, pp. 191-226.
- DUNKEL V.C. et coll. - *Comparative neoplastic transformation responses of Balb/3T3 cells, Syrian hamster embryo cells, and Rauscher murine leukemia virus-infected Fischer 344 rat embryo cells to chemical carcinogens*. *Journal of the National Cancer Institute*, 1981, 67, 6, pp. 1303-1315.
- GERBER G.B., LEONARD A., JACQUET P. - *Toxicity, mutagenicity and teratogenicity of lead*. *Nutrition Research*, 1980, 76, pp. 115-141.

BIBLIOGRAPHIE

- BLACKLEY B.R. - *The effect of lead on chemical and vinyl induced tumor production in mice*. *Journal of Applied Toxicology*, 1987, 7, pp. 167-172.
- WORKING P.K. - *Toxicology of the male and female reproductive systems*. Durham (NC) Chemical industry institute of toxicology, 1989, p. 114.
- RONI S.M. et coll. - *Reproductive toxicity and growth effects in rats exposed to lead at different periods during development*. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1996, 136, pp. 361-371.
- LALIBREWS R. - *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*, 3^e éd. Masson, 1990, pp. 198-228.
- DALLY S. - *Plomb et santé: quelques données cliniques récentes*. Documents pour le médecin du travail, 1988, Fiche médico-technique 33 TC 25, 1988.
- FU H., BOFFETA P. - *Cancer and occupational exposure to inorganic lead compounds: a meta-analysis of published data*. *Occupational and Environmental Medicine*, 1995, 52, pp. 73-81.
- HAGUENOER J.M., FURON D. - *Toxicologie et hygiène industrielles*. Tome II. Les dérivés minéraux. Technique et Documentation, pp. 47-76.
- GOYER R.A. - *Lead toxicity. Current concerns*. *Environmental Health Perspectives*, 1993, 100, pp. 177-187.
- Surveillance of elevated blood lead levels among adults - United States, 1992. O 1992, 41, 17, pp. 285-288.
- Plomb et santé dans l'industrie. Fontenay-sous-Bois, Centre d'information du plomb, 1990, 62 p.
- Base de données Biotax. INRS. Consultable sur le site <http://www.inrs.fr/biotax>.
- Norme FD ISO 8518 (2001), indice de classement AFNOR X43-102. *Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Détermination du plomb particulaire et des composés particulaires de plomb - Méthode par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme ou méthode par spectrométrie atomique d'absorption avec atomisation électrothermique*.
- Normes ISO 15202-1 (2000), 15202-2 (2001), 15202-3 (2004), indices de classement AFNOR X 43-265-1 (Échantillonnage), -2 (Préparation des échantillons) et -3 (Analyse). *Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Détermination des métaux et métalloïdes dans les particules en suspension dans l'air par spectrométrie d'émission atomique avec plasma à couplage inductif*.
- Base de données Métropol. Métrologie des polluants. Fiche 59 (Métaux - Métalloïdes) - INRS. Disponible sur le site <http://www.inrs.fr>.
- Norme NF X 43-257 Août 1988, en cours de révision. *Qualité de l'air - Air des lieux de travail. Prélèvement individuel de la fraction inspirable de la pollution particulaire*. AFNOR.
- Norme NF X 43-275 Juin 2002. *Qualité de l'air - Air des lieux de travail. Dosage d'éléments présents dans l'air des lieux de travail par spectrométrie atomique*. AFNOR.
- Health and Safety Executive Methods for the Determination of Hazardous Substances. *Metals and metalloids in workplace air by X-ray fluorescence spectrometry*. MDHS 91. Disponible sur le site: <http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs>.
- NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition, Cincinnati, Ohio, 1998. *Méthode 7702 - Lead by field portable XRF*. Consultable sur le site <http://www.ncecdc.gov/niosh/nmam>.
- Base de données Organismes agréés. INRS. Consultable sur le site <http://www.inrs.fr>.

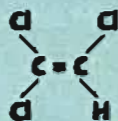


Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00 • Fax 01 40 44 30 99 • Internet www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

FICHE TOXICOLOGIQUE
FT 22

Trichloroéthylène

Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS
(N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, D. Lafon, O. Schneider, P. Serre)


 C_2Cl_2H

Numéro CAS
79-01-6

Numéro CE
201-167-4

Numéro Index
602-027-00-9

Synonymes
Trichloroéthène
Trichlorure d'éthylène

CARACTÉRISTIQUES
UTILISATIONS

- Dégraissage (en phase vapeur) des métaux.
- Intermédiaire de synthèse.

Depuis le 1^{er} décembre 2008, l'étiquette doit être conforme au règlement (CE) n° 1272/2008 dit « règlement CLP ».



TRICHLOROÉTHYLÈNE

DANGER

H 350 - Peut provoquer le cancer
H 341 - Susceptible d'induire des anomalies génétiques
H 339 - Provoque une sévère irritation des yeux
H 315 - Provoque une irritation cutanée
H 336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges
H 632 - Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

Nota: Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 2 du règlement CE n° 1272/2008.

201-167-4

Selon le règlement CLP



TRICHLOROÉTHYLÈNE

T. Toxique

R 45 - Peut causer le cancer.
R 36/38 - Irritant pour les yeux et la peau
R 67 - L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges
R 52/53 - Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
S 45 - En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible au moment l'événement).
S 53 - Éviter l'exposition, se procurer des matériaux spéciaux avant l'utilisation
S 61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

201-167-4 - étiquetage CE

Selon la directive 67/548.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES (1 à 9, 26)

Le trichloroéthylène est un liquide incolore, d'odeur douce rappelant celle du chloroforme et détectable dès 50 à 100 ppm de substance dans l'air (avec risque de fatigue olfactive rapide).

Il est pratiquement insoluble dans l'eau (0,1 g/100 ml d'eau à 20 °C) mais miscible avec la plupart des solvants organiques (acétone, éthanol, éther diéthylique, chloroforme, sulfure de carbone...). Il est complètement miscible à l'acide acétique glacial.

En outre, c'est un excellent solvant pour un nombre important de substances synthétiques ou naturelles (graisses, cires et résines, en particulier).

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes.

Masse molaire	131,4
Point de fusion	- 87 à - 84,7 °C selon les sources
Point d'ébullition	87 °C
Densité	1,46
Densité de vapeur (air = 1)	4,5
Pressions de vapeur	8,6 kPa à 20 °C 9,08 kPa à 25 °C 59 kPa à 70 °C
Température d'auto-inflammation	419 °C
Limites d'explosivité dans l'air (% en volume)	limite inférieure 8 % à 25 °C, 7,8 % à 100 °C limite supérieure 10,5 % à 25 °C, 52 % à 100 °C

À 25 °C et 101,3 kPa, 1 mg/m³ = 0,18 ppm.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES (1, 3, 5, 6, 8, 9)

Le trichloroéthylène commercial est généralement stabilisé par de petites quantités d'additifs (souvent moins de 2 % d'un mélange d'amines, époxydes, dérivés du pyrrole, etc.).

C'est un produit stable dans les conditions normales d'utilisation. Toutefois, il se décompose lentement, lorsqu'il est exposé non stabilisé (et en présence d'humidité) à l'air, la lumière ou la chaleur en donnant naissance à des produits acides et corrosifs (acide chlorhydrique par exemple).

Par contact avec des bases fortes (soude, potasse), le trichloroéthylène libère du dichloroacétylène, composé nocif et explosif.

Il réagit violemment avec les poudres métalliques (telles que l'aluminium, le magnésium, le lithium, le baryum). Le dégraissage des pièces en alliages ou métaux légers (en présence de copeaux ou de poussières) ne pourra donc se faire qu'avec du trichloroéthylène spécialement stabilisé.

Il se décompose au contact de surfaces chaudes ou de flammes en donnant naissance à du phosgène très toxique et de l'acide chlorhydrique corrosif. Attention à ne pas utiliser le trichloroéthylène à proximité des postes de soudage à l'arc, par exemple.

La réaction avec des oxydants forts (tels que N₂O₄) est également violente.

Récipients de stockage (5, 8)

Le stockage du trichloroéthylène s'effectue dans des récipients en acier ou acier inoxydable.

L'utilisation de l'aluminium et de ses alliages, du fer galvanisé et des matières plastiques (en dehors des polymères fluorés) est déconseillée.

Le verre teinté est utilisable pour de petites quantités. Dans ce cas, les récipients seront protégés par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.

VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Des VLEP indicatives dans l'air des locaux de travail ont été établies pour le trichloroéthylène.

PAYS	VLEP		Court terme	
	Moyenne pondérée sur 8 heures			
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
France (VLEP indicatives - circulaire 1983)	75	405	200	1080
États-Unis (ACGIH)	10	-	25	-

MÉTHODES DE DÉTECTION ET DE DÉTERMINATION DANS L'AIR

■ Prélèvement par pompage de l'atmosphère au travers d'un tube adsorbant rempli de charbon actif ou prélevement passif par diffusion sur un badge rempli de charbon actif. Désorption au sulfure de carbone. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (22, 23, 24).

■ Les détecteurs à lecture directe et les appareils à réponse instantanée équipés d'un tube réactif colorimétrique (Dräger, Gastec, MSA) n'assurent ni la sélectivité ni la précision nécessaires à la comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

INCENDIE - EXPLOSION (3, 8)

Le trichloroéthylène peut être considéré comme non inflammable et inexplorable dans les conditions normales d'utilisation.

Toutefois, dans certaines conditions (notamment avec un apport d'énergie important), ses vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 8 à 10,5 % en volume.

En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont les suivants : poudre chimique, neige carbonique, mousse, brouillard d'eau.

En raison de la toxicité des produits émis (en particulier le phosgène et l'acide chlorhydrique) lors de la combustion du trichloroéthylène, les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants.

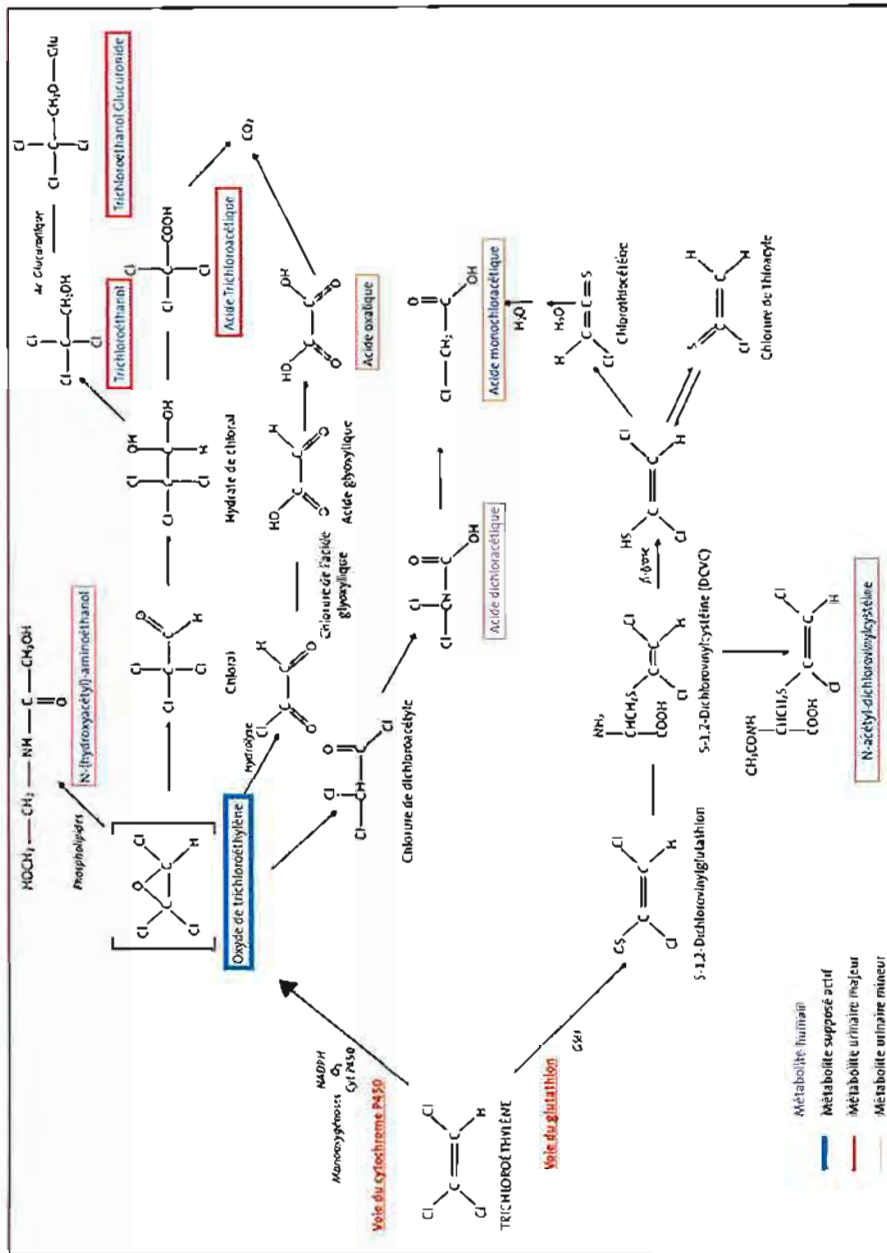


Fig. 1. Métabolisme du trichloroéthylène [13, 12]

autonomes et de combinaisons de protection résistant à ces produits chimiques.
Refroidir par un brouillard d'eau les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

PATHOLOGIE – TOXICOLOGIE

TOXICOCINÉTIQUE – MÉTABOLISME (9, 11)

Le trichloroéthylène est rapidement et intensivement absorbé par toutes les voies d'exposition. Après absorption, il est largement réparti dans l'organisme, en particulier dans les tissus adipeux, sans saturation prolongée. Il est soit éliminé, inchangé, dans l'air expiré soit oxydé, de façon sélective dans toutes les espèces, avec des différences de sensibilité enzymatique, puis éliminé dans les urines.

Absorption

Chez l'animal, le trichloroéthylène est fortement et rapidement absorbé par les poumons; l'équilibre sanguin est atteint après 30 minutes, à environ 70 % de la dose chez le rat et 46 à 54 % chez la souris. Le pourcentage d'absorption pulmonaire est fonction de la durée d'exposition et de la dose (jusqu'à 3 000 ppm chez le rat et 7 000 ppm chez la souris).

L'absorption gastro-intestinale est rapide et atteint 90 % de la dose, mais elle peut être influencée par la nourriture et le véhicule d'exposition.

L'absorption cutanée de vapeur est négligeable; l'absorption de liquide, pur ou dilué, déposé sur la peau est plus importante. Le taux d'absorption est d'environ 1 µg/cm²/min chez la souris et 5 µg/cm²/min chez le cobaye. Le pic sanguin est atteint en 30 minutes.

Chez l'homme, l'absorption pulmonaire est initialement très rapide et l'équilibre sanguin est atteint après environ 2 heures. La dose absorbée (30 à 80 %) est proportionnelle à la concentration inhalée, à la durée de l'exposition et au taux de ventilation alvéolaire; elle augmente avec l'exercice physique et est approximativement doublée si on passe du repos à un travail d'une intensité de 50 W. L'absorption gastro-intestinale est rapide et importante; la mesure de l'absorption cutanée est compliquée par le fait que le trichloroéthylène est un solvant lipophile qui dégraisse la peau et attaque le stratum corneum, augmentant sa propre absorption.

Distribution

Après absorption, le trichloroéthylène est largement distribué dans l'organisme de l'animal ou de l'homme par la circulation sanguine; il passe les barrières méningée et placentaire. Les concentrations les plus importantes sont retrouvées dans le tissu adipeux, suite à sa forte liposolubilité, le foie, les bronches et les reins.
Chez le fœtus de souris, le trichloroéthylène est détecté 1 heure après exposition de la mère, à un taux inférieur à celui du sang maternel. Aux stades précoces de la gestation (11^e jour), le trichloroéthylène se distribue dans tout l'organisme, et aux 15^e-18^e jours de gestation, il s'accumule dans le foie, le sang, le squelette et le tractus urinaire. À tous les stades de la gestation, il y a présence de

trichloroéthylène dans le liquide céphalo-rachidien du fœtus 1 heure après l'exposition, et disparaît après 8 heures.

Métabolisme

Chez l'animal le trichloroéthylène est rapidement métabolisé, surtout dans le foie, par deux voies principales: une voie oxydative par l'intermédiaire des monooxygénases à cytochrome P450, probablement le CYP2E1, et une voie qui implique la conjugaison avec le glutathion (Fig. 1).

Environnementalement, le métabolisme est similaire entre toutes les espèces, y compris l'homme. Trois métabolites urinaires majeurs ont été identifiés: le trichloroéthanol, son conjugué à l'acide glucuronique et l'acide trichloroacétique ainsi que quelques métabolites mineurs tels que la 2-(hydroxyacétyl)éthanolamine, l'acide oxalique et l'acide dichloroacétique; ce dernier n'a été mesuré que chez la souris et l'homme.

Environnementalement, des différences de métabolisme existent entre les espèces:

- chez la souris, la quantité de trichloroéthylène métabolisée est indépendante de la concentration (97-99 % d'une dose de 10 ou 600 ppm par inhalation); le pic sanguin des métabolites est atteint en 2 heures;
- chez le rat, le métabolisme est fonction de la dose (98 % d'une dose de 10 ppm et 79 % de 600 ppm); le trichloroéthylène inchangé est éliminé dans l'air expiré.

Cette saturation entraîne des concentrations sanguines de trichloroéthanol et d'acide trichloroacétique 4 à 7 fois moins importantes que chez la souris. Le pic sanguin des métabolites est atteint en 10 heures;

- chez l'homme, aucune saturation n'a pu être montrée aux concentrations d'exposition expérimentales (jusqu'à 300 ppm); 10 à 28 % de la dose absorbée sont éliminés inchangés dans l'air expiré.

La conjugaison du trichloroéthylène avec le glutathion, bien que quantitativement peu importante, peut jouer un rôle dans sa toxicité.

Élimination

Le taux de disparition sanguine diffère selon les métabolites: le chloral et le trichloroéthanol sont éliminés avec une demi-vie de 1 à 2 heures alors que l'acide trichloroacétique subsiste pendant 300 heures et est ensuite éliminé dans les 48 heures suivantes.

Les voies d'élimination du trichloroéthylène sont identiques chez l'animal et l'homme, sans influence de la voie d'exposition. Le trichloroéthylène non métabolisé (10-28 %) et les métabolites volatils (CO₂, CO, trichlorométhanol) sont éliminés dans l'air expiré.

Les métabolites principaux, trichloroéthanol libre ou conjugué (29-50 %) et acide trichloroacétique (10-24 %), sont éliminés dans l'urine et dans les fèces; les métabolites mineurs (acides dichloroacétique et monochloroacétique conjugués, N-(hydroxyacétyl)aminoéthanol et N-acétyldichlorovinylcystéine) sont éliminés dans l'urine. De faibles quantités de S-(1,2-dichlorovinyl)glutathion ont été détectées dans la bile du rat.

Chez l'homme, après une exposition unique, le trichloroéthylène inchangé (environ 10-28 % de la dose) est éliminé dans l'air expiré pendant 20 heures après l'exposition; le trichloroéthanol atteint sa concentration maximale dans le sang et l'urine (30 à 50 % de la dose) presque

immédiatement après l'exposition, puis la concentration diminue avec une demi-vie de 10 à 15 heures, la concentration sanguine et urinaire d'acide trichloroacétique augmente pendant 20 à 40 heures après l'exposition, jusqu'à 10-30 % de la dose absorbée, puis diminue avec une demi-vie de 70 à 100 heures.

L'élimination du trichloroéthanol dans l'urine est complète 5 jours après l'arrêt de l'exposition, celle de l'acide trichloroacétique après 13 jours. Une élimination fécale (8 %) et biliaire de l'acide trichloroacétique a été montrée.

Les métabolites mineurs apparaissent dans l'urine, le plus important étant l'acide monochloroacétique (4 % de la dose).

Après une exposition répétée, la concentration en composés trichlorés urinaires diminue avec une demi-vie d'élimination de 41 heures, l'acide trichloroacétique étant représentatif de l'exposition des jours précédents.

Bien que les hommes et les femmes absorbent la même quantité de trichloroéthylène, l'élimination est plus faible chez la femme que chez l'homme : trichloroéthylène inchangé 16,7-22,4 %, métabolites : trichloroéthanol 33-44 %, acide trichloroacétique 43-49 % respectivement.

Interaction

L'éthanol potentialise l'action du trichloroéthylène en utilisant les monooxygénases pour son propre métabolisme. Il s'en suit une concentration sanguine et pulmonaire de trichloroéthylène plus élevée et une baisse des métabolites urinaires.

Sensibilisation biochimique de l'exposition [30]

Différents paramètres sont proposés pour évaluer l'exposition au trichloroéthylène : dosage dans le sang du trichloroéthylène ou du trichloroéthanol libre, dosage dans les urines de l'acide trichloroacétique (TCAU), du trichloroéthanol (TCEU) et du trichloroéthylène.

Pour confirmer une exposition récente, on peut utiliser le dosage du trichloroéthylène sanguin dans les premières heures après le début du poste, celui du trichloroéthylène dans les urines au fin de poste et fin de semaine ou du trichloroéthylène dans l'air expiré au fin de poste.

Sont retenues comme BEI de l'ACGIH ou comme valeurs guide françaises : le trichloroéthylène et le trichloroéthanol sanguins ainsi que le TCA urinaire et la somme du TCA + TCE urinaires.

Voir Recommandations § 11.

TOXICITÉ EXPÉRIMENTALE

Toxicité aiguë [9 à 12]

Le principal effet toxique aigu du trichloroéthylène est une altération du système nerveux central avec coma et fièvre dans. C'est un irritant de la peau et des yeux.

Le trichloroéthylène présente une faible toxicité aiguë. La CL50 est de 12 000 ppm/4 h (65 mg/4 h) chez le rat et 8 450 ppm/4 h (46 mg/4 h) chez la souris. Par voie orale, la DL50 est de 5 400-7 200 mg/kg chez le rat et 2 900 mg/kg chez la souris ; par voie cutanée, la DL50 est > 20 000 mg/kg chez le lapin et > 7 800 mg/kg chez le cobaye.

Les principaux symptômes, après exposition orale ou inhalatoire, sont ceux d'une dépression du système nerveux central (sommolence, faible coordination, anesthésie

et arrêt respiratoire) associés à une irritation des yeux et du tractus respiratoire en cas d'exposition par inhalation.

L'anesthésie est complète après 4 heures d'exposition à 5 000 ppm, correspondant à une concentration sanguine en trichloroéthylène > 100 µg/ml. Un prétraitement à l'éthanol potentialise ces effets. La dose sans effet sur le système nerveux central, chez le rat et la souris, est 500 ppm pendant 4 heures.

Un effet hépatique est mis en évidence par une augmentation transitoire des enzymes sériques, alanine aminotransférase et aspartate aminotransférase, et une augmentation de poids du foye par infiltration graisseuse (> 7 000 ppm, 2 à 6 heures, rat et souris, ou > 700 mg/kg par voie orale, souris).

De fortes concentrations (lapin : > 6 000 ppm/1 h, rat : 25 000 ppm/1 h, chien : 10 000 ppm/10 min) induisent une hypersensibilité cardiaque aux catécholamines qui se traduit par des arythmies. Cet effet est potentialisé par l'éthanol.

Des altérations spécifiques de l'espèce sont liées au métabolisme :

- néphrotoxicité transitoire qui s'exprime, chez le rat uniquement, quand le métabolisme est saturé ;
- toxicité pulmonaire qui apparaît, chez la souris uniquement, après exposition par inhalation ; elle est limitée à un seul type cellulaire, les cellules de Clara, et serait liée à l'accumulation d'hydrate de chloral, métabolite intermédiaire du trichloroéthylène, que ces cellules ne peuvent métaboliser.

Le trichloroéthylène est un irritant cutané fort : chez le lapin et le cobaye (0,1 ml/g de substance pure pendant 10 jours), il induit erythème et œdème qui apparaissent après 24 heures, accompagnés de crevasses, de gerçures et d'une augmentation de l'épaisseur de la peau jusqu'à 200 % après 7 jours.

Insoluble dans l'œuf de lapin (0,1 ml de substance pure), il provoque une conjonctivite légère à modérée réversible en 14 jours avec apparition de kératose épithéliale lors de la guérison.

Toxicité chronique, subchronique [9 à 12]

Les principaux effets toxiques, après exposition répétée par inhalation, sont observés sur le système pulmonaire, le système nerveux central, la fièvre, les reins et l'ovulation. Après administration par voie orale, le trichloroéthylène agit sur la fièvre et les reins.

Les animaux survivent à des expositions de 1 000 à 7 000 ppm pendant 90 jours.

Les effets pulmonaires (vacuolisation des cellules de Clara) apparaissent uniquement chez la souris (450 ppm, 6 h/j, 5 j/sem pendant 2 semaines). Ils sont réversibles, disparaissent pendant l'exposition et réapparaissent lors de l'exposition suivante.

Les effets sur le système nerveux sont mis en évidence, chez le rat, par une modification des potentiels évoqués dans le cortex visuel à partir de 800 ppm, une perte d'équilibre et une hyperexcitabilité (3 000 ppm, 2^e semaine) et une narcose profonde (5 000 ppm). Une corrélation a été montrée entre la concentration en trichloroéthylène dans le cerveau et les modifications de comportement et du cycle veille/sommeil. La NOAEL pour la toxicité comportementale est de 250 ppm chez le rat

l'exposition du rat au trichloroéthylène (à partir de 2 500 ppm) induit une ataxotaxie, avec augmentation du seuil de réponse auditive et perte focale de cellules ciliées de la cochlée. Le NOAEL pour ces effets est 800 ppm.

Des modifications hépatiques sont observées chez le rat, la souris, le lapin et le cobaye à partir de 37 ppm en exposition continue pendant 90 jours : augmentation du poids relatif, augmentation d'activité des monooxygénases à cytochrome P450 et des enzymes sériques marqueurs de dysfonctionnement hépatique, infiltration graisseuse, hépatomégalie centrolobulaire et, à très fortes concentrations, nécrose centrolobulaire. La souris est plus sensible que le rat.

Dans les études par voie orale, une prolifération des peroxydases a été montrée dans le foie de la souris mais pas dans celui du rat. La plupart des effets observés, lors d'expositions à des concentrations inférieures à 800 ppm, sont réversibles et correspondent à une adaptation à l'amplification du métabolisme.

Le NOAEL pour la toxicité hépatique est 200 ppm (7 h/j, 5 j/sem, 8 mois) par inhalation et 500 mg/kg/j (5 j/sem, 2 ans) par voie orale.

La toxicité rénale est caractérisée par une augmentation du poids des reins (à partir de 75 ppm), des lésions tubulaires (à partir de 800 ppm, 12 semaines : cytomégalie et dilatation, modifications biochimiques indicatives de dysfonctionnement du tube proximal) et une méganuridéo-cytose chez le rat mâle uniquement (à partir de 300 ppm).

Le NOAEL pour la toxicité rénale est 100 ppm (7 h/j, 5 j/sem, pendant 104 semaines) par inhalation et 50 mg/kg/j (5 j/sem pendant 2 ans) par voie orale.

Au vu des effets d'une exposition répétée au trichloroéthylène, une valeur de 100 ppm par inhalation et 50 mg/kg/j par voie orale peut être préconisée comme NOAEL chez le rongeur.

Effets génotoxiques [9 à 13]

Le trichloroéthylène est mutagène in vitro, mais cette caractéristique ne s'applique pas in vivo.

In vitro, les résultats des tests bactériens effectués avec des vapeurs de trichloroéthylène stabilisé par des époxydes, sont toujours positifs avec ou sans activation métabolique, les époxydes étant mutagènes, il est difficile de différencier l'action des deux substances.

Les vapeurs de trichloroéthylène sans époxyde donnent des résultats mitigés : positifs en présence d'activateurs métaboliques dans les tests de mutation génique, sur *S. typhimurium* TA100 ou sur les cellules de lymphome de souris négatifs, avec ou sans activateurs, dans les tests de synthèse d'ADN non programmée, d'échanges entre chromatides-sœurs ou d'aberrations chromosomiques.

Les résultats des tests utilisant du trichloroéthylène liquide, avec ou sans stabilisateur époxyde, sont généralement négatifs.

In vivo, le trichloroéthylène n'est pas mutagène pour les cellules somatiques (micronoyaux, aberrations chromosomiques, échanges entre chromatides-sœurs dans la moelle osseuse de rat et de souris, synthèse non programmée d'ADN dans les hépatocytes de rat et de souris, test des comètes et mutagenèse sur souris transgéniques). Il n'est pas mutagène pour les cellules germinales chez la

souris (test de létalité dominante et micronoyaux dans les spermatozoïdes).

Quelques résultats positifs ont été obtenus cependant, les fortes doses nécessaires et le manque de corrélation avec les résultats de cancérogenèse sont un point défavorable à une notification comme mutagène.

Effets cancérogènes [9 à 12, 14]

Le trichloroéthylène est cancérogène pour le rat et la souris par voie orale et par inhalation ; les données sont limitées en des sites différents selon l'espèce et le mode d'exposition.

Par voie orale, le trichloroéthylène, avec ou sans stabilisant, augmente le taux de tumeurs hépatiques bénignes et malignes chez la souris (à partir de 1 000 mg/kg/j). Chez le rat mâle, il augmente le taux de tumeurs rénales (adénomes à partir de 500 mg/kg/j).

Par inhalation, chez la souris, il augmente le taux de lymphomes et de tumeurs hépatiques (à partir de 600 ppm, 7 h/j, 5 j/sem, 78 semaines) et pulmonaires (adénomes et adénocarcinomes à des concentrations égales ou supérieures à 150 ppm).

Chez le rat mâle, il augmente les tumeurs des cellules interstitielles testiculaires (cellules de Leydig, 600 ppm, 7 h/j, 5 j/sem, 104 semaines) et marginalement les tumeurs rénales. Le trichloroéthylène n'est pas cancérogène chez le hamster.

Le trichloroéthylène ou son métabolite l'oxyde de trichloroéthylène n'augmentent pas le taux de tumeurs cutanées ou de sarcomes locaux chez la souris après application cutanée ou injection sous cutanée.

Mode d'action

Le trichloroéthylène n'étant pas mutagène in vitro, il a été proposé d'envisager des mécanismes d'induction tumorigène.

Il semble que le développement, chez la souris, de tumeurs hépatiques, après exposition au trichloroéthylène, soit lié à la manière dont celui-ci est métabolisé. Dans cette espèce, la voie préférentielle est l'oxydation, dans le foie, en acide trichloroacétique, inducteur de la prolifération des peroxydases et de la multiplication cellulaire.

Ces effets combinés mènent au développement de tumeurs. In vitro, les hépatocytes de souris métabolisent le trichloroéthylène en acide trichloroacétique en quantités respectivement 40 et 120 fois plus importantes que ceux du rat et de l'homme.

Le rat ne développe pas de tumeur hépatique, bien qu'in vitro, ses hépatocytes présentent une prolifération des peroxydases en réponse à l'acide trichloroacétique, ce qui n'est pas le cas des hépatocytes humains. Le rôle de l'acide dichloroacétique a été moins étudié, mais il semble spécifique à la souris.

La croissance de tumeurs pulmonaires, chez la souris, est de la même façon liée au métabolisme. Les cellules de Clara, qui, in vitro, métabolisent le trichloroéthylène majoritairement en hydrate de chloral, sont relativement incapables de conversion ultérieure. L'hydrate de chloral (mutagène et clastogène) s'accumule dans ces cellules et provoque des cycles répétés de destruction et multiplication cellulaires qui pourraient mener à la formation de tumeurs.

Le métabolisme pulmonaire, chez le rat et le cobaye, ne

s'arrête pas à l'hydrate de chloral, mais continue jusqu'au trichloroéthanol. Chez l'homme, les cellules pulmonaires, *in vitro*, métabolisent, de façon minimale, le trichloroéthylène en hydrate de chloral.

Par voie orale, le métabolisme du trichloroéthylène ayant lieu avant qu'il n'atteigne le poumon, les cellules de Clara ne sont pas soumises à l'effet de l'hydrate de chloral.

Les tumeurs rénales chez le rat ne sont pas liées à une accumulation de gouttelettes hyalines ou d' α_2 - μ -globuline; elles seraient plutôt le résultat d'une cytotoxicité et d'une régénération persistantes.

Un des modes d'action proposés impliquerait la formation de dichlorovinylcystéine, via la voie de conjugaison avec le glutathion, qui serait ensuite activée par la β -phase des tubes rénaux en métabolites réactifs connus comme néphrototoxiques et mutagènes.

Un second mode d'action proposé impliquerait une augmentation, induite par le trichloroéthylène, de l'oxydation d'acide formique suite à un effet sur le métabolisme de la méthionine.

Effets sur la reproduction [9 à 12]

Le trichloroéthylène agit sur la fertilité, en agissant à des doses beaucoup plus faibles; il agit par sur le développement des fœtus à des concentrations inhérentes aux conditions pour les adultes.

Fertilité

Une exposition courte au trichloroéthylène par inhalation (jusqu'à 2 000 ppm, 4 h/j, 5 j) augmente le pourcentage d'anomales du sperme chez la souris; le NOAEL est de 200 ppm. Par voie orale, une exposition sur deux générations (700 mg/kg/j) réduit la mobilité spermatozoïque sans affecter la morphologie et est létale pour les petits pendant la lactation [15].

Chez le rat, bien que la morphologie spermatozoïque et le taux de testostérone ne soient pas affectés par l'exposition au trichloroéthylène, une forte dose (jusqu'à 500 ppm, 7 h/j, 5 jours par inhalation ou 1 000 mg/kg/j, 5 j/sem, 6 semaines par voie orale) agit sur le comportement du mâle (augmentation de la latence d'éjaculation, contact génital incomplet) et diminue la survie des petits.

Chez la souris femelle (100-1 000 mg/kg/j), 2 semaines avant l'accouplement, pendant l'accouplement et la gestation, le trichloroéthylène n'agit ni sur la fertilité, ni sur le cycle oestral, ni sur la taille des portées.

Développement

Par inhalation, à des concentrations non toxiques pour les mères (jusqu'à 1 000 ppm), le trichloroéthylène n'agit pas sur le développement du rat, de la souris ou du lapin.

En revanche, par voie orale, l'exposition maternelle à des doses de 30 à 110 mg/kg/j semble induire, chez le rat, une neurotoxicité du développement caractérisée, chez les petits, par de légères modifications de comportement (augmentation de l'activité exploratoire), de métabolisme cérébral (baisse de l'incorporation de glucose dans les tissus) et de morphologie cérébrale (diminution du nombre de fibres de myéline dans l'hippocampe).

TOXICITÉ SUR L'HOMME

Toxicité aiguë

L'utilisation ancienne du trichloroéthylène comme anesthésique, ainsi que des rapports de cas d'intoxication, des expositions contrôlées chez des volontaires ainsi que son utilisation comme produit de nettoyage en « sniffage » ont fourni de nombreuses données.

L'intoxication aiguë par ingestion est marquée par l'apparition, après un intervalle libre, des signes cliniques suivants :

- **digestifs** : vomissements et diarrhées pouvant être à l'origine d'érosions caustiques;
- **neurologiques** : céphalées, ébriété, abasiation pouvant évoluer vers un coma calme anesthésique parfois entrecoupé d'épisodes hypertoniques;
- **cardiaques** : troubles de l'excitabilité myocardique (extrasystoles ventriculaires isolées ou en salves, fibrillation ou tachycardie ventriculaire), troubles amplifiés par les situations d'hyperadrénergie. Des cas d'arrêts cardiaques ont été décrits;
- **respiratoires** : pneumopathie de déglutition (fausse route) avec possibilité de surinfections broncho-pulmonaires parfois graves.

L'intoxication aiguë par inhalation est à l'origine d'une dépression de la conscience (de la simple ébriété au coma profond), avec atteinte pulmonaire généralement par fausse route se traduisant par une polypnée et des signes d'irritation du trachéobronchique.

Des atteintes cardiaques et de rares cytolyses hépatiques (le plus souvent infra-cliniques) sont également rapportées. Un cas de néphrite interstitielle aiguë avec nécrose secondaire tubulaire a été décrit après une exposition importante au trichloroéthylène pendant 11 heures.

Des atteintes neurologiques périphériques, notamment des nerfs périphériques et optiques, ont été publiées lors d'exposition entraînant des effets neurologiques. Ces atteintes semblent être plus dues à certains produits de décomposition du trichloroéthylène, particulièrement le dichloroacétyle.

Sous l'action de la chaleur et de la lumière ou en présence d'alcalis puissants, le trichloroéthylène peut en effet se décomposer en phosgène ou en dichloroacétyle.

Une neurotoxicité périphérique avait aussi été décrite lors de l'utilisation comme anesthésique, mais uniquement dans des circuits fermés contenant de la saumure, pouvant permettre une décomposition alcaline du produit.

Des irritations cutanées peuvent être observées après un contact massif et prolongé avec le solvant; les projections oculaires entraînent des érosions superficielles de la cornée et de la conjonctive.

Toxicité chronique

L'intoxication chronique est conditionnée notamment par le mode d'exposition et un certain degré de sensibilité individuelle.

Le système nerveux est l'organe cible de l'impregnation. Il est signalé en particulier des atteintes neurologiques : - syndrome psychosomatique avec asthénie, céphalées, inappétence, troubles de la mémoire, de l'humeur, du sommeil...;

- syndrome neurovégétatif avec sueurs profuses, troubles

fonctionnels divers accompagnés de vertiges, de sensations ébriées et de troubles digestifs (nausées, ballonnement abdominal...).

Les études disponibles ne mettent pas en évidence d'atteintes des nerfs périphériques.

Plusieurs cas de mort subite ont été reliés à l'apparition de troubles paroxystiques du rythme cardiaque.

Comme de nombreux solvants, le trichloroéthylène est susceptible de provoquer des dermatoses récidivantes, en particulier de type orthanique; des eczémats ont été signalés mais demeurent très rares.

Des exceptions de syndrome de Stevens Johnson ou de séderose ont été décrits, sans qu'on puisse affirmer le rôle étiologique du trichloroéthylène.

Les atteintes hépatiques, pulmonaires, rénales ou sanguines sont absentes ou très discrètes.

Des syndromes antitoxe peuvent apparaître en cas de consommation simultannée d'alcool.

Une équipe japonaise [21] a signalé un lien épidémiologique entre des pneumopathies lymphocytaires et l'exposition au trichloroéthylène. Une telle relation n'a pas été retrouvée par ailleurs.

Effets mutagènes [9]

Plusieurs études ont été consacrées à l'activité possiblement génotoxique chez l'homme. Trois études ont recherché une augmentation du taux d'échanges des chromatides-sœurs sur des lymphocytes de travailleurs exposés au trichloroéthylène.

Il n'a pas été montré de différence entre les groupes exposés/non exposés après prise en compte du tabagisme, mais la petite taille des groupes ne permet pas de conclure.

Lors d'une étude sur des aberrations chromosomiques chez des personnels exposés, il est montré une augmentation du nombre de métaphases présentant des anomalies incluant les lacunes, ce résultat a donc peu de signification en terme de risque d'autant que le tabagisme n'a pas été pris en compte.

Une étude a montré la présence d'une mutation du médicament 4SA du gène VHL, suppresseur de tumeur dans les cellules cancéreuses rénales dans des populations professionnellement exposées au trichloroéthylène.

Cette mutation n'a pas été retrouvée sur ces mêmes cellules cancéreuses dans des populations non exposées à ce produit. On ne connaît pas actuellement le rôle de cette mutation dans l'apparition d'un cancer.

Effets cancérigènes [9, 17 à 19]

De nombreuses études épidémiologiques ont été consacrées au potentiel cancérigène du trichloroéthylène en milieu professionnel. La plupart de ces nombreuses études négatives présentent des biais (temps de suivi trop court, fortes expositions non prises en compte, données sur l'exposition peu fiables) qui ne permettent pas de conclure à l'absence de risque.

Par contre, Anikka, dans une étude de cohorte en Finlande, montre une augmentation significative des cancers du foie, de l'estomac et des tissus lymphoprolifératifs notamment des lymphomes non Hodgkiniens.

Une augmentation pour ce dernier type de tumeurs est

également retrouvée dans trois autres études mais de manière non statistiquement significative.

Deux autres études montrent également une augmentation des cancers du rein (Henschler, Vanmaki) de manière significative, mais certains biais ne permettent pas d'affirmer le caractère cancérigène du trichloroéthylène chez l'homme.

Effets sur la reproduction [9, 16]

Il n'existe pas d'étude fiable ayant évalué l'impact sur la fertilité du trichloroéthylène.

Plusieurs études ont tenté de démontrer une association entre exposition professionnelle et avortements ou malformations congénitales.

Les résultats sont négatifs, mais l'absence de données sur les niveaux d'exposition ne permet pas de conclure.

Une étude récente (Lorentz) montre un lien significatif entre fortes palatines et exposition au trichloroéthylène. L'interprétation de ces résultats doit être prudente vu le faible effectif étudié.

Les données humaines ne permettent pas de conclure sur les risques vis-à-vis de la reproduction.

RÈGLEMENTATION

Appel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 1^{er} trimestre 2011.

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du Travail et du Code de la Sécurité Sociale. Les rubriques « Protection de la population » et « Protection de l'environnement » ne sont que très partiellement renseignées.

HYGIÈNE ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL

- 1. Mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction)**
 - Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail.
 - Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).
- 2. Atteintes et ressassement des locaux**
 - Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
 - Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
 - Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.
- 3. Valeurs limites d'exposition professionnelle**
 - Circulaire du 1^{er} décembre 1983 modifiant la circulaire du ministère du Travail du 19 juillet 1982 (non parue au JO).
- 4. Maladies à caractère professionnel**
 - Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la Sécurité Sociale : déclaration médicale de ces affections.

5. Maladies professionnelles

– Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 12.

6. Surveillance médicale nominative

– Arrêté du 13 juillet 1977 (JO du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale et circulaire du 29 avril 1980 (non parue au JO).

7. Surveillance médicale post-professionnelle

– Article D. 461-25 du Code de la sécurité sociale et arrêté du 28 février 1995 (JO du 22 mars 1995) fixant le modèle type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen.

8. Classification et étiquetage

L'étiquette doit être conforme au règlement CLP à compter du 1^{er} décembre 2010 pour les substances et du 1^{er} juin 2015 pour les mélanges.

a) trichloroéthylène pur

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le nouveau système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du trichloroéthylène, harmonisés selon les deux systèmes (directive 67/548/CEE et règlement), figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

– selon le règlement (CE) n° 1272/2008 :

Agent cancérogène Cat. 1B, H350
Agent mutagène Cat. 2, H 341
Irritant pour les yeux catégorie 2, H 319
Irritant pour la peau catégorie 2 ; H 315
Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique, catégorie 3 : Effets narcotiques, H336
Dangers pour le milieu aquatique – Danger chronique, catégorie 3 ; H 412.

– selon la directive 67/548/CEE :

Cancérogène Cat. 2, R 45
Mutagène Cat. 3 ; R 68
Irritant ; R 36/38
R 67
Dangereux pour l'environnement, R 52/53.

Se reporter aux étiquettes au début de la fiche toxicologique.

b) mélanges contenant du trichloroéthylène :

– Arrêté du 9 novembre 2004 modifié (JO du 18 novembre 2004) transposant la directive 1999/45/CE ou

– Règlement (CE) n° 1272/2008

9. Emballages emballés

– Arrêté du 18 mars 1983 (JO du 27 mars 1983) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

INTERDICTION/LIMITATION DE MISE SUR LE MARCHÉ ET D'EMPLOI

Produits CMR

– Arrêté du 15 mars 2007 (JO du 27 mars 2007) modifiant l'arrêté du 7 août 1997 (JO du 17 août 1997) relatif aux limitations de mise sur le marché et d'emploi à destination du grand public de certains produits contenant des substances CMR de catégorie 1 ou 2 (JA ou JB selon le règlement CLP).
– Règlement (UE) n° 552/2009 de la Commission du 22 juin 2009 modifiant l'annexe XVII de règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 28 : substances figurant à l'annexe VI du règlement CLP et classées cancérogènes JA ou JB).

PROTECTION DE LA POPULATION

– Article L. 5132-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à R. 1342-12 du Code de la santé publique :
• détention dans des conditions déterminées (art. R. 5132-66) ;
• étiquetage (cf. B) ;
• cessation réglementée (art. R. 5132-58 et R. 5132-59).
– **Limitation d'emploi** : voir § Interdiction/Limitation de mise sur le marché et d'emploi.

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 2001 :

– n° 1174 : fabrication industrielle de composés organohalogénés ;
– n° 1175 : emploi de liquides organohalogénés pour le dégraissage, la mise en solution, l'extraction, etc., à l'exclusion du nettoyage à sec visé par la rubrique 2345 et du nettoyage, dégraissage, décapage visés par la rubrique 2564 ;
– n° 2564 : nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces (métaux, matériaux plastiques, etc.) par des procédés utilisant des liquides organohalogénés ou des solvants organiques.

TRANSPORT

Se reporter éventuellement aux règlements suivants :

1. Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure) :

– ADR, RID, ADN et : Trichloroéthylène
N° ONU : 1710
Classe : 6.1
Groupe d'emballage : III

2. Transport par air

– IATA

3. Transport par mer :

– IMDG

RECOMMANDATIONS

En raison de la toxicité du trichloroéthylène, des mesures sévères de prévention s'imposent et des exigences particulières sont à respecter (notamment, les règles particulières de prévention des risques cancérogènes) lors de son stockage et de sa manipulation.

I. AU POINT DE VUE TECHNIQUE

Stockage

- Stocker le trichloroéthylène dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri des rayons du soleil et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...), à l'écart des acides forts, des bases fortes et des agents oxydants.
- La zone de stockage sera balisée par une signalisation rappelant la nature du produit stocké et des risques qu'il présente. Seul le personnel autorisé et informé pourra y pénétrer. Il conviendra de limiter autant que possible les quantités stockées.
- Le sol de ces locaux sera imperméable et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de débordement accidentel le liquide ne puisse se répandre au-dehors.
- Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement des emballages.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le trichloroéthylène. En outre :

- Instruire le personnel des risques présents par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- Éviter l'inhalation du trichloroéthylène (lorsqu'elle est susceptible de combiner à une exposition) en le remplaçant, quand cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé non ou moins dangereux pour la santé des travailleurs (dans ses conditions d'emploi).
- Empêcher l'inhalation de vapeurs ou de brouillards. Effectuer en appareil clos (équipé d'un système de condensation fonctionnant avec un groupe frigorifique) toutes opérations industrielles. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations exceptionnelles de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil de protection respiratoire isolant autonome est nécessaire.
- Ne pas utiliser le trichloroéthylène à proximité d'un poste de soudage ou en présence de flammes.
- Faire effectuer régulièrement des contrôles d'atmosphère destinés à vérifier le respect des valeurs limites.
- Empêcher le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de

protection, des gants (PVA, Viton®, laminé de polyéthylène ainsi que certains gants caoutchoucs nitrile) [25] et des lunettes de sécurité. Ces effets sont maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.

- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.
- Ne pas fumer, boire ou manger dans les ateliers. Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : passage à la douche, lavage soigneux des mains après manipulation et changement de vêtements après le travail, rangement séparé des vêtements de ville et des vêtements de travail. L'employeur assurera l'entretien et le lavage fréquent des vêtements de travail qui devront rester dans l'entreprise.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du trichloroéthylène sans prendre les précautions d'usage [27].
- En cas de fuite ou de débordement accidentel, récupérer immédiatement le produit après avoir recouvert de matériau absorbant (terre, sable, autre matière morte...). Laver ensuite à grande eau la surface ayant été souillée. Si le débordement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié.
- Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le trichloroéthylène.
- Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation (incinération contrôlée, par exemple).

II. AU POINT DE VUE MÉDICAL

Le trichloroéthylène étant classé cancérogène catégorie 2 (JB selon le règlement CLP), il reste dans le champ d'application de la réglementation française relative à la prévention du risque des produits cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction. Les particularités de cette réglementation ne sont pas reprises dans ce paragraphe.

- À l'embauchage, on recherchera les sujets présentant une dermatose chronique ou récidivante, ceux atteints de lésions hépatiques chroniques, de troubles cardiovasculaires et d'affections neurologiques graves. Éviter d'exposer les sujets atteints d'éthylisme chronique, les toxicomanes et les personnes présentant une maladie psychiatrique.
- Éviter d'exposer les femmes enceintes dès le début de la grossesse.
- Aux visites systématiques, il sera pratiqué un examen clinique complété éventuellement par un électrocardiogramme. Certains médicaments potentialisant les effets neurologiques, d'une part, et l'exposition répétée au trichloroéthylène comme à la plupart des solvants organiques pouvant être à l'origine de troubles neuropsychiques (irritabilité, mémoire...), d'autre part, il en sera tenu compte au cours des visites systématiques.

Surveillance biologique de l'exposition

Le dosage urinaire de l'acide trichloroacétique (TCau) en fin de semaine est le reflet de la semaine précédente ; celui du trichloroéthanol (TCEu) en fin de poste et en fin de semaine est le reflet de l'exposition récente (jour même ou jour précédent).

Le dosage du trichloroéthylène sanguin en fin de poste et fin de semaine témoin de l'exposition des heures précédentes et de la veille.

Le dosage du trichloroéthanol sanguin libre (sans hydrolyse) reflète l'exposition du jour même et la charge corporelle.

Dans l'interprétation des résultats, il faudra tenir compte de l'absorption cutanée, des coexpositions, des variations métaboliques, des prises médicamenteuses.

Les BEI (Biological Exposure Indices) de l'ACGIH adoptés en 2000 sont les suivants :

- trichloroéthanol sanguin libre : 0,5 mg/L en fin de poste et fin de semaine ;
- acide trichloroacétique urinaire : 15 mg/L en fin de poste et fin de semaine ;
- trichloroéthylène sanguin en fin de poste et fin de semaine (sans valeur chiffrée définie).

À noter que les valeurs-guides françaises (TCE sanguin, TCAu, TCAu + TCEu) n'ont pas été revues depuis 1997.

■ En cas de contact cutané, laver immédiatement à grande eau. Retirer les vêtements souillés. Si des lésions

apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.

■ En cas de projections oculaires, laver immédiatement et abondamment à l'eau pendant au moins quinze minutes. Consulter un ophtalmologiste.

■ En cas d'inhalation importante, éloigner le sujet de la zone polluée.

■ En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements mais faire absorber du charbon actif si le sujet est conscient.

■ Dans les deux derniers cas, placer la victime en position latérale de sécurité si elle est inconsciente ; même si son état est initialement satisfaisant, transférer en milieu hospitalier, où pourront être entrepris une aspiration gastrique éventuelle, une surveillance des fonctions cardiaques, neurologiques, pulmonaires et hépato-rénales, une surveillance de l'élimination quantitative des métabolites urinaux, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de réanimation si besoin est. Éviter l'administration de médicaments adrénergiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Trichloroéthylène. In : Base de données CESARS. Ontario Ministry of the Environment and Michigan Department of Natural Resources. Hamilton : Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2002.
2. Trichloroéthylène. In : Base de données CHRES. United States Coast Guard Hamilton : Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2000.
3. Trichloroéthylène. In : Base de données MSDS. US National Library of Medicine. Hamilton : Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2002.
4. The Merck Index, 12^e ed. Whitehouse Station : Merck and Co, 1996 : 1643.
5. Kreibothmer - Encyclopedia of chemical technology, 4^e ed. Vol. 6, New York : John Wiley and sons, 1993 : 40-50.
6. SAS'S Dangerous properties of industrial materials, 10^e ed. New York : John Wiley and sons, 2000 : 1527-1528.
7. Yonelson TR - Halogenated aliphatic hydrocarbons. In : Clayton GD, Clayton FE - Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 4^e ed. Vol. 4, Part F. New York : John Wiley and sons, 1994 : 4007-4251.
8. Trichloroéthylène. Environmental Health Criteria n° 56. Genève : OMS, 1985 : 78.
9. Trichloroéthylène. European Union risk assessment report. Final reports, sept. 2001 et 2004 (<http://ecb.jrc.it/easr>).
10. Toxicity Summary for Trichloroethene. Risk Assessment Information System, 1989 (http://risklab.nlm.gov/tox/rasg_toxsummary).
11. Trichloroéthylène : Assessment of Human Carcinogenic Hazard. ECETOC Technical Report n° 68. Bruxelles : European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 1994 : 75.
12. Toxicological Profile for Trichloroethylene (TCE) CAS # 79-01-6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, sept. 1997 (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>).
13. Breneau MT, Schneider O - Indicateurs biologiques d'exposition. Principes de base et valeurs-guides utilisables en France. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1997 ; 149 : 589-596.
14. Trichloroéthylène - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals. Lyon : IARC, 1985, vol. 63 : 75-156.
15. Trichloroethylene (cas # 79-01-6) : reproduction and fertility assessment in CD-1 mice when administered in feed. NTP Report # BACB4113, 1985 (<http://ntp-server.niehs.nih.gov/files/doc/ntr-studies/>).
16. Larocci C, Cordier S, Bergeret A et al. - Maternal occupational risk factors for oral clefts. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 2000, 26 (2) : 137-145.
17. Anttila A, Pukkala E, Sallmen M et al. - Cancer incidence among Finnish workers exposed to halogenated hydrocarbons. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 1995 ; 37 : 790-805.
18. Henschter D, Vainikas S, Lammert M et al. - Increased incidence of renal cell tumors in a cohort of cardboard workers exposed to trichloroethylene. Archives of Toxicology, 1995, 69 : 291-298.
19. Vainikas S, Brining T, Thomason R et al. - Renal cell cancer correlated with occupational exposure to trichloroethylene. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 1988 ; 114 : 374-382.
20. Trichloroéthylène. In : BROTON. Guide biologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (<http://www.inrs.fr/biotox/>).
21. Aiso Sato MD et al. - A new health problem due to trichloroethylene : pneumatozitis cystoides intestinalis. Archives of Environmental Health, 1987 ; 42 : 144-147.
22. Dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques. Fiche 029. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2008 (www.inrs.fr/metropol/).
23. Prélevement passif Badge Cubic. Fiche C. In : Métropol. Métrologie des polluants. INRS, 2007 (www.inrs.fr/metropol/).
24. Trichloroéthylène. Method 1022. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4^e ed. NIOSH, 1994 (www.cdc.gov/niosh/nmam/).
25. Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing, 5^e ed. New York : John Wiley and sons, 2007 : 205 p.
26. Spencer AB, Colonna CR (Eds) - Fire protection guide to hazardous materials, 13^e ed. Quincy : National Fire Protection Association, 2002.
27. Cubes et réservoirs. Recommandation CNAHMS R 435. Paris : INRS, 2000.



Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00 • Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Zinc et composés minéraux (1)


Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS
(N. Bonnard, M.T. Skrandacki, D. Jargot, D. Lalon, J.C. Protais, O. Schreiner, P. Sève)

Numéros CE (EINECS)


N° 231-175-3 (zinc en poudre -
poussières de zinc (pyrophoriques))
N° 231-582-0 (chlorure de zinc)
N° 231-782-3 (sulfate de zinc)
N° 215-244-5 (diphosphure de trizinc)

Numéros INDEX

N° 030-001-00-1 (zinc en poudre -
poussières de zinc (pyrophoriques))
N° 030-002-00-7 (zinc en poudre -
poussières de zinc (stabilisées))
N° 000-003-00-2 (chlorure de zinc)
N° 030-006-00-9 (sulfate de zinc)
N° 015-006-00-9 (diphosphure de trizinc)



II - Contact




III - Absorption par l'inhalation

CHLORURE DE ZINC


R 34 - Provoque des brûlures.
R 60/63 - Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

S 7/8 - Conserver le récipient bien fermé et à l'abri de l'humidité.
S 28 - Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec de l'eau.
S 46 - En cas d'accident ou de maladie, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
S 60 - Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
S 61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales de la fiche de données de sécurité.

231-582-0 - Étiquetage CE.



III - Inhalation



III - Absorption par l'inhalation

SULFATE DE ZINC

R 36/38 - Irritant pour les yeux et la peau.
R 60/63 - Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

S 22 - Ne pas respirer les poussières.
S 25 - Éviter le contact avec les yeux.
S 60 - Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
S 61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales de la fiche de données de sécurité.

231-782-3 - Étiquetage CE.

(1) Cette fiche traite essentiellement des principaux composés minéraux du zinc (historiquement utilisés dans l'industrie (oxyde, chlorure, sulfate, etc.) et à l'exclusion du sixième de zinc dont les dangers sont principalement liés à la présence de l'arsenic VI.

Caractéristiques

Utilisations [1, 3, 4, 7]

Le zinc et ses composés ont de nombreuses applications industrielles :

- Revêtement anti-corrosion des métaux par galvanoplastie, métallisation ou immersion et peintures dites riches en zinc (Zn , $ZnSO_4$) ;
- Revêtement protecteur dans le bâtiment ;
- Préparation d'alliages : par exemple alliages ou alliages de fonderie (du type Zamak) ;
- Fabrication de piles électriques (Zn) ;
- Fabrication de pigments pour peintures, encres, matières plastiques, caoutchouc (ZnO , ZnS) ;
- Industrie textile, papetière ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$) ;
- Flux de soudage, électrolyte pour batteries ($ZnCl_2$) ;
- Conservation du bois ($ZnCl_2$, $ZnSO_4$), des peaux ($ZnSO_4$) ;
- Fabrication des engrais et fongicides ($ZnSO_4$) ;
- Préparation d'insecticides, de produits pharmaceutiques et vétérinaires ($ZnSO_4$, $ZnCl_2$) ;
- Activateur et accélérateur de vulcanisation du caoutchouc (ZnO) ;
- Ampoules électriques à fluorescence, tubes cathodiques (ZnS) ;

Propriétés physiques [1 à 6, 10]

Le zinc est un métal blanc bleuté, brillant lorsqu'il est poli. De dureté faible à moyenne à température ambiante, il devient malléable et ductile lorsqu'il est chauffé (entre 100 °C et 150 °C), fragile, cassant et pulvérisable à 210 °C.

Le zinc est stable à l'air sec, mais se couvre d'une pellicule blanche de carbonate lorsqu'il est exposé à l'air humide.

Les caractéristiques physiques du zinc et de ses principaux composés sont indiquées dans le tableau 1.

Propriétés chimiques [1, 4, 6]

Chauffé à des températures élevées, le zinc brûle avec émission de fumées bleu-vertâtre d'oxyde de zinc. La poudre de zinc peut s'enflammer spontanément en présence d'humidité.

À température ordinaire et en atmosphère parfaitement sèche, le zinc pur est stable. L'oxydation ne commence d'une manière sensible que vers 225 °C.

En présence d'humidité, dès la température ordinaire, le zinc se recouvre d'une mince couche de carbonate basique qui protège le métal contre une corrosion plus poussée.

Il peut être attaqué lentement par l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique dilués avec dégagement d'hydrogène ; la réaction est favorisée par la présence d'impuretés dans le métal telles que le cuivre, le fer, le nickel...

Le zinc réagit lentement avec l'ammoniaque et l'acide acétique, plus rapidement avec l'acide nitrique (avec formation d'oxydes d'azote et parfois d'azote).

Il est insensible à la plupart des substances organiques, à condition que celles-ci soient exemptes d'acidité et d'humidité.

La poudre de zinc peut réagir de manière explosive avec divers produits : soufre, chlorates, chlorures, fluorures, nitrate de potassium...

Méthodes de détection et de détermination dans l'air [23 à 26]

Prélèvement par pompage de l'atmosphère sur filtre en cassette ; traitement du filtre en cassette adapté à la solubilité des composés du zinc présents et à la nature du filtre utilisé.

Dosage par spectrophotométrie d'absorption avec flamme, spectrophotométrie d'absorption atomique avec four graphite, spectrométrie à plasma.

TABLEAU 1

	Zn	ZnCl ₂	ZnO	ZnSO ₄	ZnS
Nom	Zinc	Dichlorure de zinc	Oxyde de zinc	Sulfate de zinc	Sulfure de zinc
N° CAS	7440-66-0	7447-39-1	7440-66-0	7446-11-7	7440-66-0
Masse (g)	65,4	136,3	79,4	161,5	97,4
Solubilités	Insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide acétique et les solutions alcalines.	Soluble dans l'eau (432 g / 100 g d'eau), totalement insoluble à l'acétone, soluble dans le méthanol, l'éthanol et les éthers.	Pratiquement insoluble dans l'eau (< 0,5 mg / 100 g d'eau), insoluble dans les alcools, mais soluble dans les acides minéraux, l'acide acétique dilué, les solutions alcalines.	Soluble dans l'eau (101 g/100 g d'eau à 70 °C), pratiquement insoluble dans l'éthanol.	Pratiquement insoluble dans l'eau (< 0,7 mg/100 g d'eau à 78 °C) et les solutions alcalines, mais soluble dans les acides minéraux dilués.
T fusion (°C)	419,58	730	1.975 (sublimation)	Se décompose à 740	1.185 (sublimation)
T eb à la pres. atm. (°C)	907	732			
P vapeur (kPa)	0,133 à 487 °C	0,333 à 428 °C			
Densité	7,14 (20/4)	2,91 (20/4)	5,47 à 561 (20/4)	3,74 (15/4)	3,98 à 4,10 (20/4)
Température d'auto-inflammation (°C)	570 (en nuage)				
Aspect	Métal blanc bleuté	Poudre cristalline blanche	Poudre cristalline blanche	Cristaux blancs	Cristaux blancs à jaunâtres

7^e Classification et étiquetage

a) du zinc et de ses composés purs

- arrêté du 20 avril 1994 modifié (J.O. du 8 mai 1994) qui prévoit notamment la classification suivante

Zinc en poudre - poussières de zinc (pyrophoriques).
Facilement inflammable, R15 - R17

Zinc en poudre - poussières de zinc (stabilisées).
Facilement inflammable, R15
Inflammable, R10

Chlorure de zinc
Corrosif, R34
Dangereux pour l'environnement, R50/R53

Sulfate de zinc.
Irritant, R36/38
Dangereux pour l'environnement, R51/R53

Diphosphure de zinc.
Facilement inflammable, R15/R29
Très toxique, R28 ; R32
Dangereux pour l'environnement, R50/R53

b) des préparations contenant du zinc ou des composés du zinc

- arrêté du 21 février 1990 modifié (J.O. du 24 mars 1990).

8^e Entreprises extérieures

- Arrêté du 19 mars 1993 (J.O. du 27 mars 1993) fixant en application de l'article R. 237-8 du Code du Travail la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention

Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux Officiels, brochure n° 1001 :

- 206 : Métaux, stockages et activités de récupération de déchets
- 1151 : Solides facilement inflammables
- 1176 : Fabrication industrielle de composés du zinc
- 1172 : Dangereux pour l'environnement - A-, très toxiques pour les organismes aquatiques, stockage et emploi de substances
- 1173 : Dangereux pour l'environnement - B-, toxiques pour les organismes aquatiques, stockage et emploi de substances
- 2515 : Broyage, concassage, criblage, ensilage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels

- 2540 : Houille, minerais, minéraux ou résidus métallurgiques (laouls)
- 2545 : Treusement des minerais non ferreux, élaboration et affinage des métaux et alliages non ferreux, à l'exclusion de la fabrication de métaux et alliages non ferreux par électrolyse ignée lorsque la puissance installée du (des) four(s) est inférieure à 25 kW
- 2552 : Fonderie (fabrication de produits moulés) de métaux et alliages non ferreux
- 2560 : Métaux et alliages, travail mécanique
- 2561 : Métaux et alliages, trompe, recuit ou revenu
- 2565 : Métaux et matières plastiques, traitement
- 2566 : Métaux (décapage ou nettoyage) par traitement thermique
- 2567 : Métaux galvanisation, émaillage

Protection de la population

- Décret du 29 décembre 1998 relatif à certaines substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5170) du Code de la Santé publique, décret du 29 décembre 1998 relatif à certaines substances et préparations dangereuses (J.O. du 31 décembre 1998) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :
- détention dans des conditions déterminées ;
- étiquetage (cf 7^e) ;
- cession réglementée

Transport

Se reporter éventuellement aux réglementations suivantes.

1^{er} Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure)

- ADR, RID, ADN R : Zinc en poudre ou Zinc en poussière
- 4th ONU 1436
- Classe 4.3
- Groupe d'emballage : I, II ou III

2^e Transport par air

- IATA.

3^e Transport par mer

- IMDG.

Recommandations

I - Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le zinc et ses composés en l'absence de toute humidité, dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri des rayons du soleil et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...), à l'écart des acides, des hydrocarbures natogènes, des causes fortes.
- Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où sont utilisés le zinc et ses composés. En outre :

- Instruire le personnel des risques présents par les produits, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- Éviter l'inhalation de poussières, de fumées ou de brouillards. Effectuer en appareil adéquat une aspiration aux sources d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée, à caractère exceptionnel ou pour des interventions d'urgence.
- Éviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des masques, des gants et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.
- Prévoir l'installation de douches.
- Ne pas fumer, boire et manger dans les ateliers.
- Observer une hygiène corporelle très stricte : passage à la douche et changement de vêtements après le travail, lavage des mains et du visage avant les repas.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du zinc et ses composés, sans prendre les précautions d'usage [27].
- En cas de déversement accidentel recouvrir le produit de sable sec, mélanger et procéder à son élimination par balayage.
Si le déversement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant inter-

venir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié

- Conserver les déchets bien secs dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation.

II - Au point de vue médical

- Selon le composé, lors de l'examen d'amblyopie, on recherchera des atteintes respiratoires ou des dermatoses chroniques. L'interrogatoire et l'examen clinique pourront être complétés par une radiographie pulmonaire évou des épreuves fonctionnelles respira-

toires qui serviront de référence. Ces examens pourront être renouvelés de façon périodique selon le type d'utilisation et la mise en évidence à l'interrogatoire de phénomènes d'intolérance (en particulier respiratoire ou cutané).

- En cas d'intoxication aiguë, quelle que soit la voie, on recherchera le composé responsable de l'intoxication, le plus préoccupant étant le chlorure de zinc. Dans ce cas on avisera un médecin et on organisera un transfert en milieu hospitalier.

- En cas d'ingestion, on évitera de faire vomir ou de faire boire. En cas d'inhalation, sortir le sujet de la zone contaminée en prenant des précautions pour les secouristes. Dans les deux cas, placer la victime en position latérale

de sécurité. Effectuer des manœuvres de ramification cardio-respiratoire en cas de besoin.

- En cas de projection cutanée ou oculaire, laver abondamment à l'eau pendant au moins dix minutes. Consulter un médecin ou un ophtalmologiste.

- Pour les autres composés, en cas de projection oculaire ou cutanée, on lavera immédiatement à l'eau. On consultera un ophtalmologiste si des douleurs ou des lésions apparaissent.

- En cas d'inhalation, on retirera le sujet de la zone polluée.

- En cas de fièvre des métaux, le traitement sera symptomatique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] KIRK-OTHMER - Encyclopedia of Chemical Technology, 4^e éd., Vol. 25. New-York, John Wiley and sons, 1996, pp 789-853
- [2] LEWIS R.J. - SAX'S Dangerous Properties of Industrial Materials, 10^e éd. New-York, Van Nostrand Reinhold, 2000, pp 3718-3729.
- [3] The Merck Index, 12^e éd. Whitehouse Station, Merck and Co, 1996, p 1732-1736.
- [4] JAKUBOWSKI M. - Zinc and Cadmium. In : Petty's toxicology, 5^e éd. New York, 2001, vol. 2, pp 257-325.
- [5] Incendies et explosions de métaux en poudre - Rapports scientifiques et techniques RST 01, Verneuil-en-Halatte, Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) 1992, 82 p.
- [6] Zinc (80) - Chemical safety data sheets - Vol. 5 : Flammable chemicals. Royaume-Uni, The Royal Society of Chemistry, 1992, 289 p.
- [7] Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques (minéraux et organiques). Métaux et matériaux, 7^e éd. Paris, Ecole normale supérieure de Chimie et Union des physiciens 1997, 459 p.
- [8] Zinc and zinc oxide - Data sheet I-267 Rev. 01, Inscia, Etats-Unis, National Safety Council, 1991, 3 p.
- [9] Toxicity summary for Zinc and Zinc compounds. RADS Toxicity profiles 1992, consultable sur le site <http://risk.fda.gov/tox/profiles>.
- [10] Zinc, Zinc chloride, Zinc sulfate, Zinc oxide. In : Base de données MSDS. Hamilton, Centre canadien d'hygiène et de sécurité, 2001.
- [11] Toxicological Profile for Zinc ATSDR Toxicological Profile Information Sheet, 1994, consultable sur le site <http://www.cdc.gov/toxprod/TP01>.
- [12] GÖYER R.A. - Toxic effects of metals. In : Casanova & Doull's Toxicology, 5^e éd. New York, McGraw-Hill, 1995, pp 720-721.
- [13] Zinc oxide. In : Base de données ACGIH, TLV[®] and other occupational exposure values. Cincinnati, ACGIH, 1995.
- [14] Contentus report for zinc. Scientific Basis for Swedish Occupational Standards III. Arbets Och Hälso. 1982, 24, pp 99-103.
- [15] LANSKÖMM A.B. - Interspecies variations in response to topical application of selected zinc compounds. Food & Chemical Toxicology, 1991, 29, 1, pp 57-64.
- [16] MARRS T.C. et coll. - The repeated dose toxicity of a zinc oxide/nanochalcogenide smoke. Archives of Toxicology 1998, 62, 2-3, pp 123-132.
- [17] Zinc and compounds In Base de données IRIS. EPA, 1992, consultable sur le site <http://www.epa.gov/iris/subst/>
- [18] GUTHRIE J., GUTHRIE O.A. - Embryonal carcinomas in Syrian hamsters after intratracheal inoculation of zinc chloride during seasonal testicular growth. Cancer Research, 1974, 34, 10, pp 2612-2614.
- [19] LOGUE J., KOONTZ M., HATTWICK A. - Historical prospective mortality study of workers in copper and zinc refineries. Journal of Occupational Medicine, 1992, 24, pp 398-408.
- [20] NEUBERGER J., HOLLOWELL J. - Lung cancer excess in an abandoned lead-zinc mining area. Science of the Total Environment 1982, 25, pp 287-294.
- [21] AMEILLE J., BRECHOT J.M., BROCHARD P. et coll. - Occupational hypersensitivity pneumonitis in a smelter exposed to zinc fumes. Chest, 1992, 101, pp 862-867.
- [22] FARRELL F.J. - Angiodema and urticaria as acute and late phase reactions to zinc fume exposure, with associated metal fume fever-like symptoms. American Journal of Industrial Medicine, 1987, 12, pp 331-337.
- [23] MISH manual of analytical methods, 4^e éd. Cincinnati, NIOSH, 1994, méthodes 7000 et 7030.
- [24] Métallurgie des métaux - Métaux et métalloïdes. Méthode 003, mise à jour septembre 1999. Paris, INRS, CD-ROM, édition 2001.
- [25] NF 150 15020-1, 2, 3 (item X 43-265-1, 2, 3) - Air des lieux de travail. Détermination des métaux et métalloïdes dans les particules en suspension dans l'air par spectrométrie d'émission atomique avec plasma à coupleage inductif.
- partie 1 : échantillonnage (sept. 2000)
- partie 2 : préparation des échantillons (déc. 2001)
- partie 3 : analyse (à paraître)
Paris, AFNOR
- [26] NF X 43-275 - Dosage par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) d'éléments présents dans les particules d'aérosols. Paris, AFNOR, 1992, révision 2002.
- [27] GUES et réseaux. Recommandation CNVVA R 276 - INRS, Paris



Annexe 5-19 : Rapport ARCADIS relatif à la
modélisation de dispersion atmosphérique des rejets du
projet de la Roseraie, référencé FR0110-001447-AFR-
MOD-01-RPT-A03, du 25/02/2013

Pôle de recyclage et d'élimination des déchets non dangereux - Bellegarde (30)

Modélisation de dispersion atmosphérique des rejets du site

Rapport

Emetteur	ARCADIS Agence de Marseille Immeuble CAP AZUR ILôt M3 Euromed 67 Rue Chevalier Paul CS 30321 13236 Marseille cedex 02 Tél. : +33 (0)4 96 14 59 59 Fax : +33 (0)4 91 72 36 84
Réf affaire Emetteur	FR0110-001447
Chef de Projet	Marilou VALE
Auteur principal	A. HERVOUËT
Nombre total de pages	35

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A01	26/04/12	Première diffusion	A.HERVOUËT	F.GARCIN	S. PONCET
A02	25/07/12	Corrections	A.HERVOUËT	F.GARCIN	S. PONCET
A03	25/02/13	Prise en compte d'une source supplémentaire	A.HERVOUËT	F.GARCIN	M. COLLOMP

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.

Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

Emetteur Phase / cat Num Type Indice Statut
AFR MOD 01 RPT A03

Réf Aff. ARCADIS / FR0110-001447 FR0110-001447-MOD-01-RPT-A03_Roseraie_seul.doc



Table des Matières

1	Introduction	4
2	Description du modèle ADMS 4	5
2.1	Généralités et principes fondamentaux.....	5
2.2	Fonctionnalités et domaine de validité	6
3	Hypothèses de modélisation	8
3.1	Domaine d'étude	8
3.2	Topographie	10
3.3	Rugosité	10
3.4	Données météorologiques	11
3.5	Prise en compte du bâti.....	13
3.6	Sources, polluants et émissions modélisées.....	14
3.7	Synthèse des données d'entrée et des hypothèses du modèle	18
4	Résultats de la modélisation	19
4.1	Résultats de la dispersion des rejets du site SITA SUD de la Roseraie.....	19
4.2	Commentaires concernant les incertitudes	19
4.2.1	Incertaines intrinsèques au modèle	19
4.2.2	Incertaines relatives aux données d'entrée.....	20
4.2.3	Conclusion	21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des sources d'émission du projet SITA SUD de la Roseraie	16
Tableau 2 : Emissions des sources modélisées pour le projet SITA SUD de la Roseraie	17
Tableau 3 : Synthèse des hypothèses et des données d'entrée retenues pour la modélisation	18
Tableau 4 : Complexité du site et de son environnement	20
Tableau 5 : Qualité des données d'entrée du modèle	21

Liste des figures

Figure 1: Répartition gaussienne des concentrations autour de l'axe central du vent	5
Figure 2 : Localisation des points spécifiques à proximité du site	9
Figure 3 : Rugosité de surface sur la zone d'étude	10
Figure 4 : Rose des vents réalisée à l'aide du logiciel ADMS 4	11
Figure 5 : Rose des vents décennale de la station Nîmes-Garons de 1998 à 2007 (Source : Meteo France)	12
Figure 6 : Caractéristiques du bâtiment du projet de la Roseraie	13
Figure 7 : Bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD, pris en compte dans la modélisation	14
Figure 8 : Localisation des sources du projet de la Roseraie	15

Liste des annexes

Annexe 1	Cartes d'iso-concentrations modélisées	22
Annexe 2	Tableau de synthèse des teneurs modélisées aux points spécifiques.....	34

1 Introduction

Dans le cadre de son projet « Pôle de Recyclage et d'Élimination des déchets non dangereux de la Roseraie » implanté sur la commune de Bellegarde (30), SITA SUD a mandaté ARCADIS afin de réaliser un Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE), au titre de la réglementation concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Ce dossier comporte une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets du projet à l'aide du logiciel ADMS 4, afin d'évaluer les impacts sanitaires du projet dans le cadre de l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS).

La présente note technique présente les résultats de la modélisation de dispersion atmosphérique, réalisée par François GARCIN, Chargé d'Affaires en Environnement d'ARCADIS, 7 ans d'expérience dans le domaine et spécialisé notamment dans la modélisation atmosphérique.

2 Description du modèle ADMS 4

2.1 Généralités et principes fondamentaux

ADMS 4 est un outil qui modélise les phénomènes naturels de dispersion atmosphérique de façon à estimer l'impact environnemental et sanitaire des émissions industrielles.

Le logiciel ADMS 4 est un modèle dernière génération, issu de l'évolution des modèles « 2D Gaussiens » dits d'ancienne génération, apparus au début des années 70. Il a été développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultant) pour répondre aux nouvelles exigences environnementales et s'impose actuellement comme l'outil européen de référence pour l'évaluation de l'impact et du risque industriel (environnemental et sanitaire) et est également reconnu comme l'un des deux meilleurs modèles de dispersion atmosphérique par l'US EPA, agence de protection de l'environnement des Etats-Unis.

Le principe de base du modèle Gaussien rectiligne, est de calculer pour chaque source et chaque type de polluant émis, les valeurs des concentrations dans l'air en fonction des écarts types de la loi de répartition gaussienne (cf. schéma de principe Figure 1), lesquels dépendent du taux de polluant émis, de la distance par rapport à la source ainsi que de l'état de stabilité de l'atmosphère.

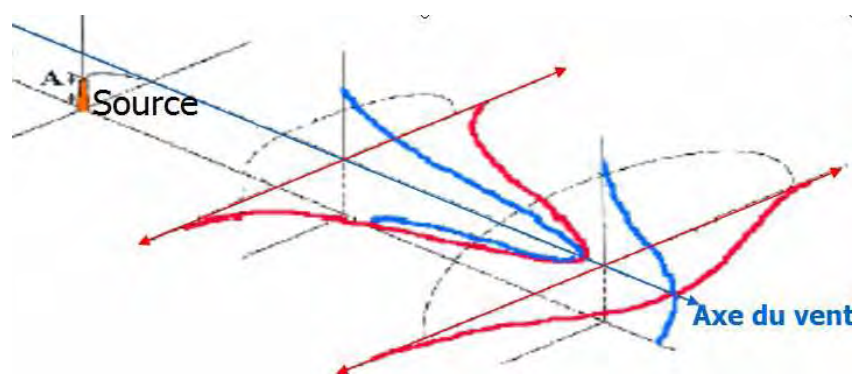


Figure 1: Répartition gaussienne des concentrations autour de l'axe central du vent

Les principales hypothèses de calcul des modèles 2D gaussiens, dont ADMS 4, sont les suivantes :

- La météorologie du site est représentative et uniforme sur l'ensemble du domaine,
- La composante verticale du vent est négligeable devant la composante horizontale,
- Le régime permanent est atteint instantanément,
- La densité des polluants est voisine de celle de l'air.

Chacune des configurations établies (source(s), terrain, etc.) est associée à une situation météorologique. A échelle locale (jusqu'à 30-40 km), les polluants se dispersent dans la partie inférieure de l'atmosphère nommée Couche Limite Atmosphérique (CLA). Au sein de cette CLA, les phénomènes météorologiques turbulents, qui agissent comme le moteur principal de la dispersion atmosphérique, sont communément regroupés sous la notion de stabilité atmosphérique.

La détermination de la stabilité atmosphérique est donc essentielle ; le logiciel ADMS 4 est constitué d'un pré-processeur météo traitant les données météorologiques saisies par le modélisateur et reconstituant

des données plus complexes caractéristiques de la stabilité atmosphérique : champ de vent, turbulences thermiques et mécaniques, hauteur de couche limite atmosphérique, etc.

Le modèle calcule la stabilité de la CLA puis les écarts types de la distribution gaussienne pour chacun des points choisis sur le domaine d'étude. De façon générale (sans option de calcul), chacun des calculs est effectué à partir des mêmes équations. Elles permettent de calculer les valeurs des différents écarts types, lesquels conduisent directement aux valeurs de concentration dans l'air.

L'amélioration des modèles « dernière génération » réside principalement dans la description continue de la stabilité atmosphérique, et non plus discontinue (classes de Pasquill), grâce à la prise en compte des effets de turbulence mécaniques et thermiques avec l'altitude et des effets de la hauteur de couche limite atmosphérique (HCLA ou couche de mélange). Le terme 'Longueur de Monin-Obukhov' (LMO) traduit les modifications des propriétés de la CLA avec l'altitude (proportions des turbulences mécaniques et thermiques).

2.2 Fonctionnalités et domaine de validité

Le modèle ADMS 4 est un modèle gaussien rectiligne valable pour un régime permanent, ou stationnaire, c'est-à-dire pour la modélisation d'un panache établi et lorsque les conditions d'émission peuvent être considérées comme continues par rapport à l'échelle de variation des conditions météorologiques. Il est donc nécessaire que les phases opératoires responsables des émissions, soient suffisamment longues et stables par rapport au temps d'établissement du panache (en général quelques minutes).

ADMS 4 est un modèle de dispersion atmosphérique à échelle locale. Son domaine de validité s'étend du point de rejet jusqu'à 30-40 km. La caractéristique notable d'ADMS 4, est la résolution de l'équation de conservation pour le calcul de la sur-hauteur ΔH_f du panache en sortie de l'exhaure et non pas l'utilisation d'une formule empirique comme souvent dans d'autres modèles. Cette approche permet de valider les concentrations calculées à proximité immédiate des points d'émission c'est-à-dire dans la zone d'établissement du panache.

ADMS 4 est multi-sources, il peut prendre en compte plusieurs sources et plusieurs types de sources (ponctuelles, surfaciques, volumiques, linéiques). Le programme effectue un calcul pour chaque source et somme, pour chaque composé, les concentrations calculées en chaque point du domaine.

Le logiciel est multi-polluants, il permet de modéliser la dispersion de polluants dont 5 sont prédéfinis : NO_x , NO_2 , SO_2 , CO et Particules. Il est possible, de modéliser d'autres composés en ajustant les caractéristiques physiques des composés à disperser. Il est en revanche important de considérer que la théorie gaussienne implique que la densité du panache de polluants s'apparente à celle de l'air.

D'autre part, le modèle est un modèle dit « passif », il ne calcule pas d'interaction chimique ni entre les composés émis et l'air ambiant, ni entre les composés entre eux.

La modélisation prendra en compte les paramètres topographiques et météorologiques du site. Sans être un modèle tridimensionnel (3D), ADMS 4 est considéré comme un modèle « pseudo 3D » car il permet une véritable prise en compte de l'influence du relief (rugosité du site et topographie) en reconstituant un champ de vent à l'intérieur du domaine d'étude. En effet, là où un modèle 3D calculerait l'évolution au cours du temps d'un événement météorologique (modèle prévisionnel), le pré-processeur météo d'ADMS 4, FLOWSTAR, calculera indépendamment l'influence du relief pour chaque situation

météorologique saisie par l'utilisateur. En deçà de 10% de pente, l'influence du relief est jugée négligeable et la limite de validité des calculs de FLOWSTAR est une pente maximum de 50 %.

3 Hypothèses de modélisation

3.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude est défini de façon à intégrer les zones sensibles identifiées au voisinage des installations mais doit également être suffisamment grand pour que les obstacles (arbres, etc.) puissent être considérés comme faisant partie de la rugosité du terrain et pour contenir les panaches calculés.

Ainsi, dans une première approche, les calculs de dispersion ont été réalisés sur une grille centrée sur le site, de dimensions de 10 km x 10 km et de résolution de 100 m.

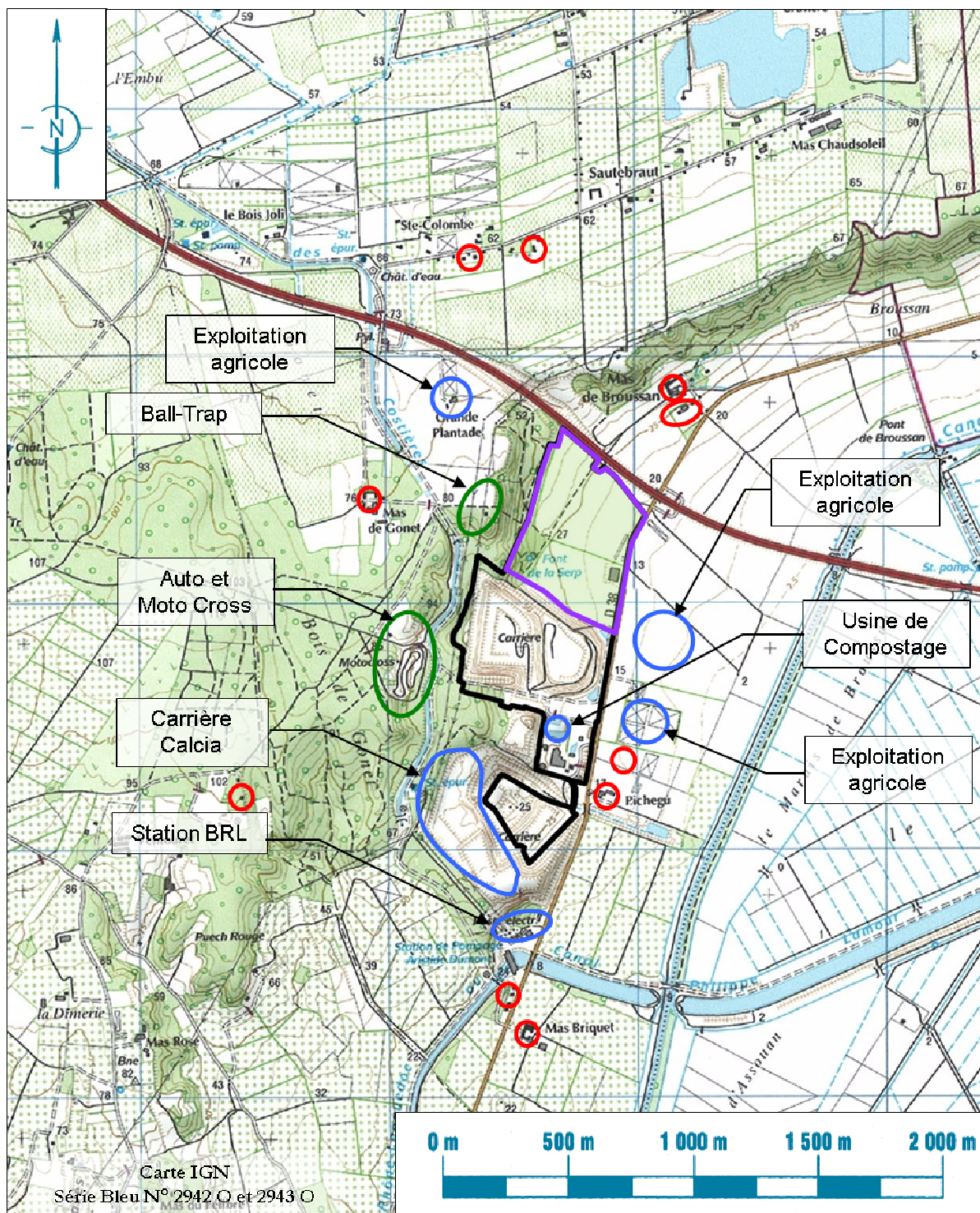
Points spécifiques

Au sein du domaine d'étude précédemment défini, les points spécifiques correspondent aux populations riveraines, vivant ou travaillant à proximité du projet, susceptibles d'être impactées par une éventuelle pollution issue du site.

Dans le cadre de cette étude, les points spécifiques retenus correspondent :

- aux habitations les plus proches du site,
- aux sites SITA FD, CALCIA, à la plateforme de compostage TERRALYS et à la station de pompage BRL,
- aux exploitations agricoles les plus proches du site,
- aux sites du Ball Trap et du Motocross.

Leur localisation est présentée sur la figure ci-après.



Légende



Limite du projet SITA SUD



Site SITA FD



Habitations proches



Activités récréatives



Activités professionnelles

Figure 2 : Localisation des points spécifiques à proximité du site

3.2 Topographie

L'effet local du relief sur les champs de vent a été pris en compte. Le modèle de dispersion a donc été couplé au modèle d'écoulement fluide FLOWSTAR.

3.3 Rugosité

La nature des sols, pouvant influencer la progression des panaches, a été caractérisée grâce à un paramètre de rugosité. Ce paramètre, couramment utilisé dans les modèles de dispersion atmosphérique, représente la nature rugueuse des obstacles occupant le sol. Il a la dimension d'une longueur variant entre 10^{-3} m (surface désertique) et environ 1,5 m pour les sols urbains les plus denses. Ces données sont disponibles sous forme d'une grille dont les valeurs sont issues de la base Corine Land Cover, disponible auprès de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement).

Dans le cadre de cette étude, les rugosités de surface utilisées en entrée du modèle sont réparties sur un intervalle allant de 0.1 m à 1 m. Ces dernières sont représentées dans la figure ci-après.

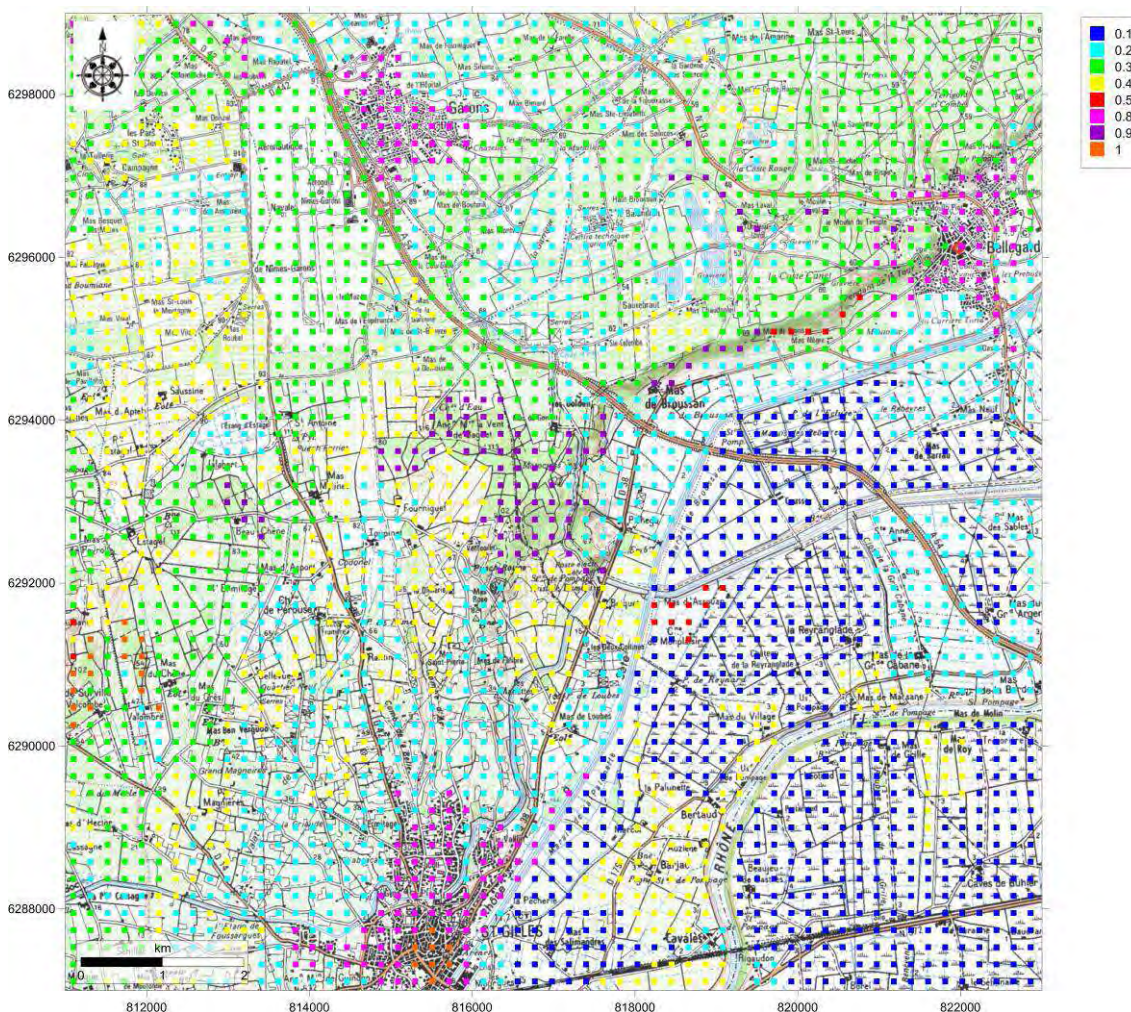


Figure 3 : Rugosité de surface sur la zone d'étude

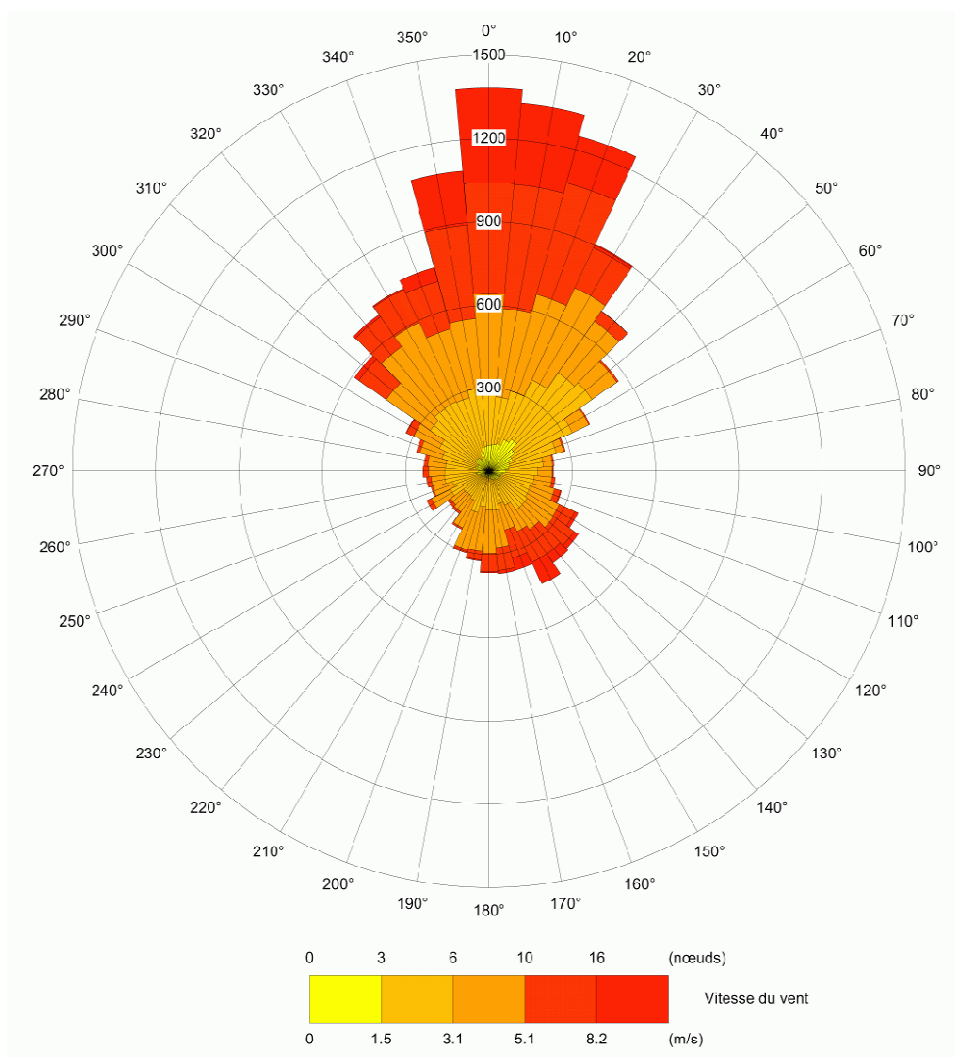
3.4 Données météorologiques

Les calculs prennent en compte la météorologie locale, à savoir les données tri-horaires fournies par Météo-France et qui correspondent à 2 années complètes successives (2006 et 2007) au niveau de la station départementale de Nîmes-Garons concernant les paramètres suivants :

- Température au sol,
- Vitesse et direction du vent moyen à 10 m,
- Précipitations.

Cette station est localisée à moins de 5 km au nord-ouest du site étudié. Du fait de sa proximité, les mesures effectuées sont considérées comme représentatives des conditions météorologiques généralement observées au niveau du projet SITA SUD.

Afin de vérifier la représentativité de ces données, une rose des vents a été réalisée, à l'aide du logiciel ADMS 4 (cf. figure ci-après). Une rose des vents représente les fréquences des moyennes tri-horaires (1 valeur moyenne toutes les trois heures) fournies par Météo-France pour les vents. Les vents sont regroupés par catégories de vitesse et par direction. Ils sont représentés par des segments de longueur proportionnelle à leur fréquence d'occurrence et orientés selon la provenance du vent.



Il apparaît que cette rose des vents est cohérente avec la rose des vents décennale fournie par Météo-France et présentée dans la figure ci-après.

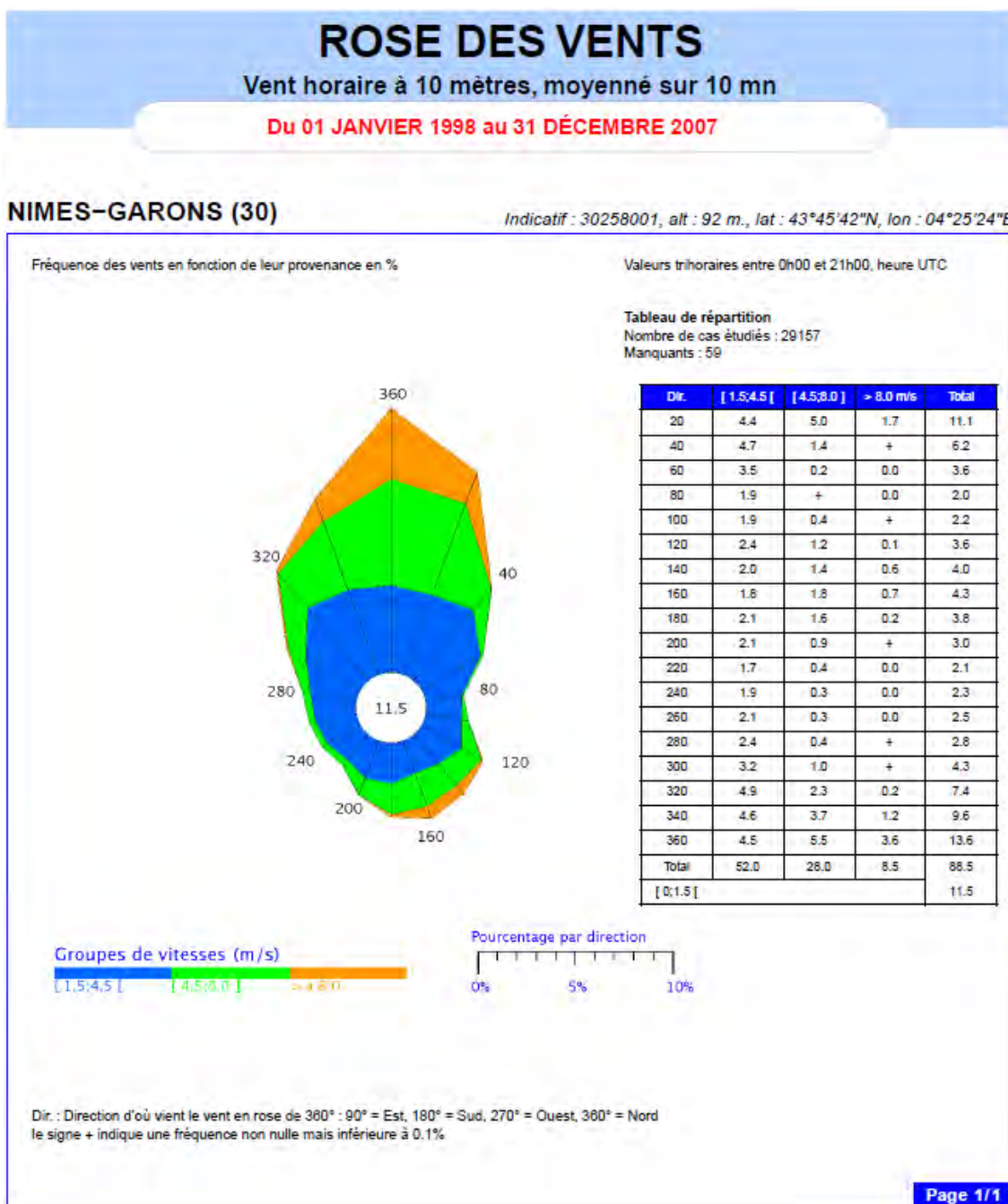


Figure 5 : Rose des vents décennale de la station Nîmes-Garons de 1998 à 2007 (Source : Météo France)

3.5 Prise en compte du bâti

Les bâtiments présents sur ou à proximité immédiate des sources peuvent avoir un effet significatif sur la dispersion des polluants et engendrer une augmentation du maximum des concentrations simulées au niveau du sol.

Le bâtiment du projet de la Roseraie a donc été pris en compte. Les caractéristiques de ce bâtiment sont présentées sur la figure suivante.

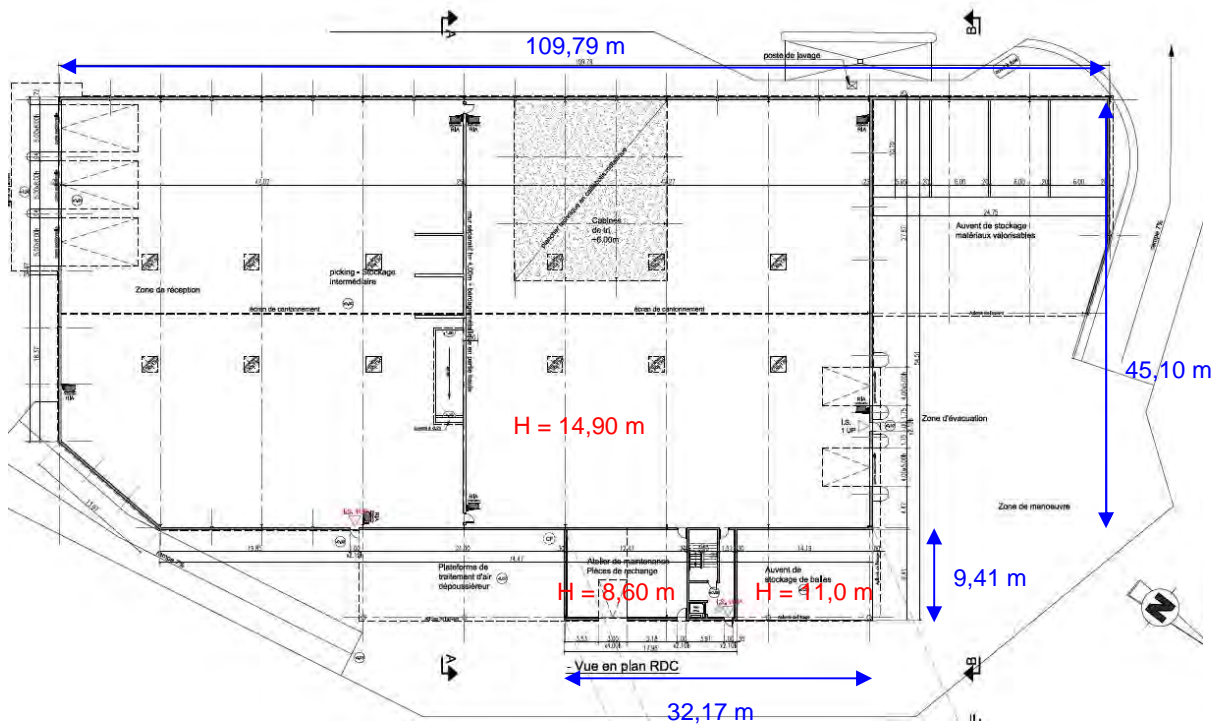


Figure 6 : Caractéristiques du bâtiment du projet de la Roseraie

Les bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD ont également été pris en compte. Ils sont localisés sur la figure ci-après.

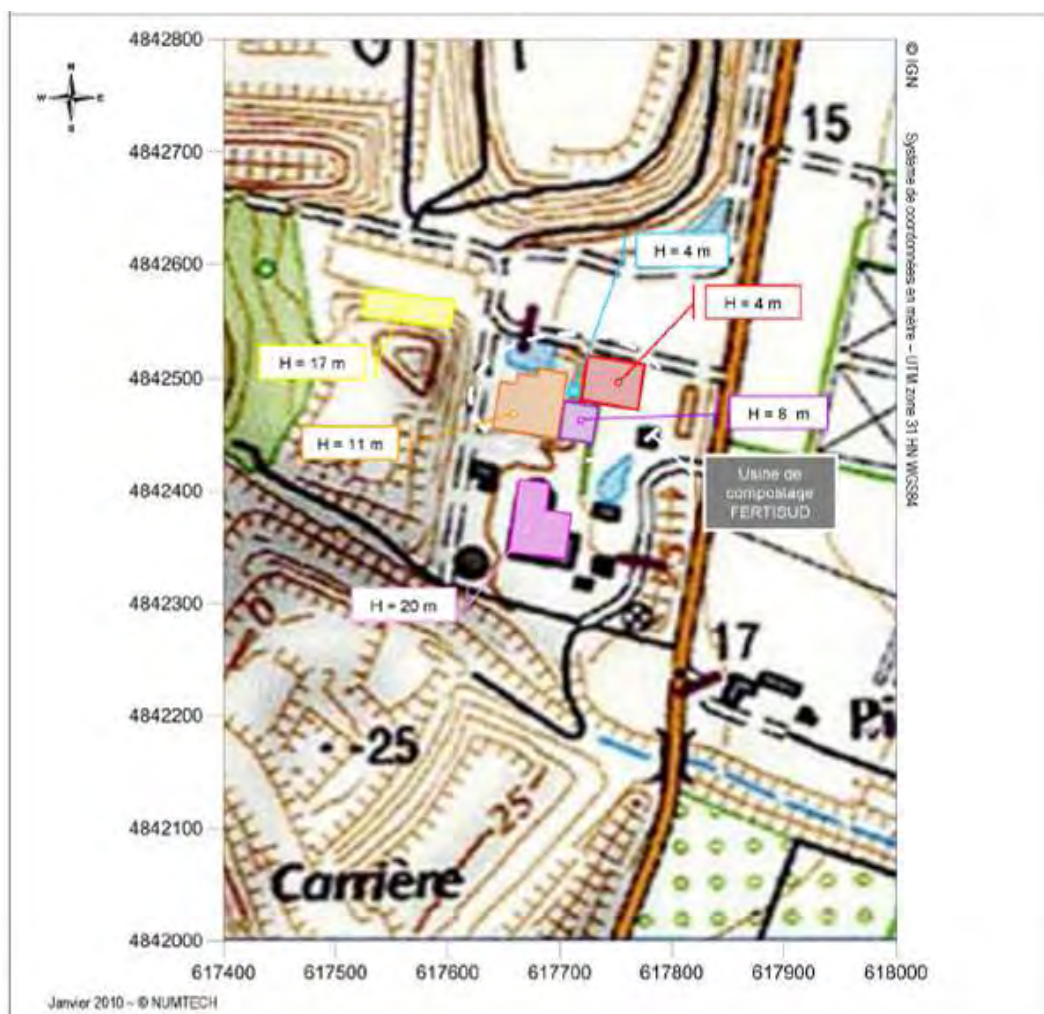


Figure 7 : Bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD, pris en compte dans la modélisation

3.6 Sources, polluants et émissions modélisées

Les sources du projet de la Roseraie prises en compte dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Les rejets diffus de Biogaz au niveau de la zone de stockage,
- Les rejets canalisés des torchères,
- Les rejets canalisés des 2 unités de traitement des lixiviats EVALIX,
- Le rejet canalisé du dépoussiéreur situé au niveau du bâtiment de tri.

Ces sources sont localisées sur la figure ci-après.

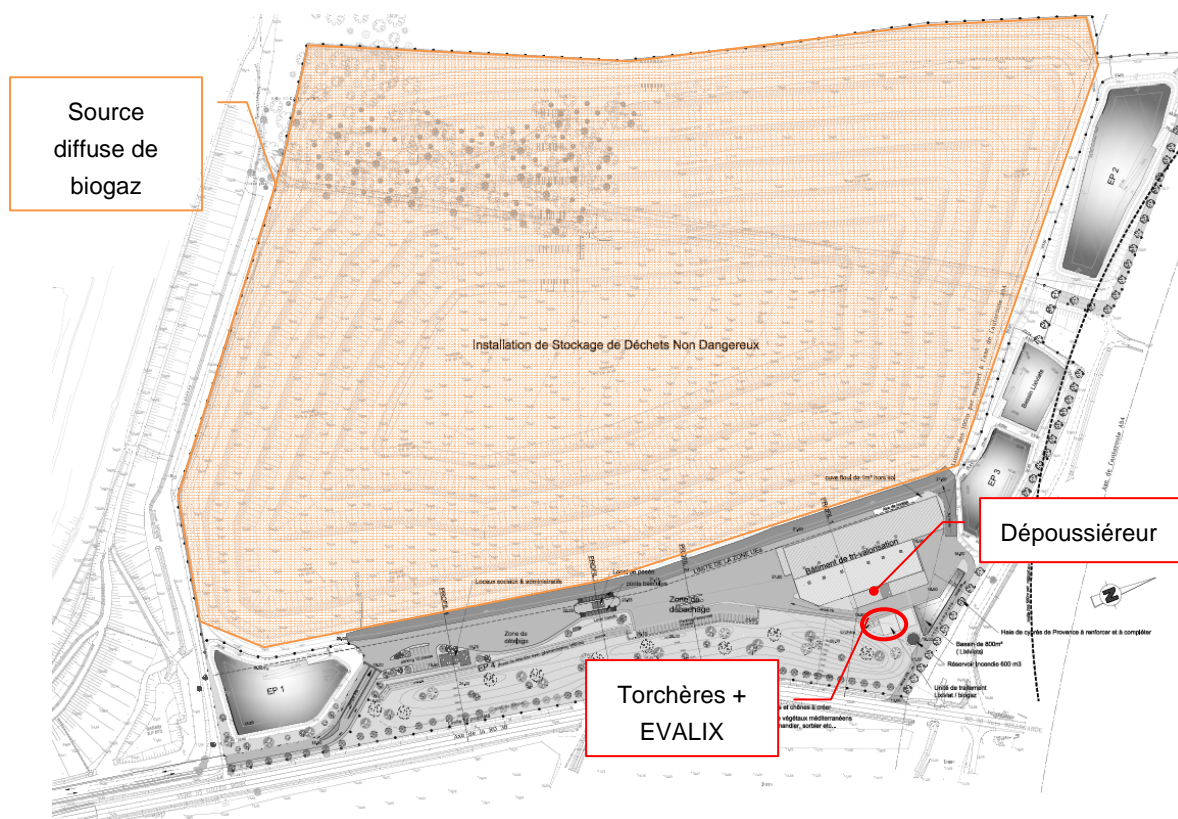


Figure 8 : Localisation des sources du projet de la Roseraie

Les caractéristiques de ces sources sont présentées dans le tableau ci-après.

Sources	Diffus Biogaz	Torchère BG1000		Torchère BG2000	EVALIX 1	EVALIX 2	Dépoussiéreur
		EVALIX en fonctionnement	EVALIX à l'arrêt	EVALIX à l'arrêt			
Type	diffus surfacique	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé
Surface (m ²)	177500	-	-	-	-	-	-
Diamètre (m)	-	1,4	1,4	1,75	0,5	0,5	0,85
Débit (Nm ³ /h)	710	6 270	7 657	8 576	8 000	8 000	30 000
Vitesse d'émission (m/s)	0,001	-	-	-	-	-	-
Hauteur rejet (m)	TN	7	7	8,63	13	13	19,9
Température d'émission (°C)	Ambiante	900	900	1050	360	360	Ambiante
Fonctionnement	continu	7 183 h/an	1 577h/an	1 577h/an	7 183 h/an	7 183 h/an	3 900 h/an

Tableau 1 : Caractéristiques des sources d'émission du projet SITA SUD de la Roseraie

Les polluants modélisés sont soit de type particulaire (poussières assimilées à des PM10), soit de type gazeux (Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H₂S), 1,2-Dichloroéthane, Chlorure d'hydrogène (HCl), Fluorure d'Hydrogène (HF), Naphtalène, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène).

Sources	Diffus Biogaz	Torchère BG1000		Torchère BG2000	EVALIX 1	EVALIX 2	Dépoussiéreur
		EVALIX en fonctionnement	EVALIX à l'arrêt	EVALIX à l'arrêt			
Flux de Composés	en g/s/m2	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s
Benzène	3,43E-08	1,33E-04	3,57E-05	4,00E-05	3,64E-03	3,64E-03	-
H ₂ S	8,66E-09	3,37E-05	9,03E-06	1,01E-05	-	-	-
1,2-dichloroéthane	9,03E-09	2,34E-04	6,27E-05	7,02E-05	3,64E-03	3,64E-03	-
Poussières assimilées à PM10	-	7,14E-04	1,91E-04	2,14E-04	1,82E-02	1,82E-02	7,42 E-02
HCl	-	8,14E-03	2,18E-03	2,44E-03	9,11E-02	9,11E-02	-
HF	-	1,83E-03	4,90E-04	5,49E-04	9,11E-03	9,11E-03	-
Naphtalène	4,62E-10	1,80E-06	4,81E-07	5,39E-07	3,64E-03	3,64E-03	-
Tétrachloroéthylène	6,82E-08	1,77E-03	4,74E-04	5,31E-04	2,73E-03	2,73E-03	-
Trichloroéthylène	5,02E-08	1,30E-03	3,49E-04	3,91E-04	3,64E-03	3,64E-03	-

Tableau 2 : Emissions des sources modélisées pour le projet SITA SUD de la Roseraie

A partir des caractéristiques des sources de rejet, ont été simulés, dans le cadre du fonctionnement normal des installations retenu pour l'étude :

- la contribution du projet aux concentrations en polluants gazeux (Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H₂S), 1,2-Dichloroéthane, Chlorure d'hydrogène (HCl), Fluorure d'Hydrogène (HF), Naphtalène, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène) et en poussières (PM10), exprimée en termes de moyennes annuelles, à une cote de 1.5 m par rapport au TN,
- la contribution du projet aux dépôts moyens annuels au sol des poussières (PM10),
- le percentile 90.4 pour les poussières PM10, correspondant à la valeur moyenne journalière maximale dépassée 35 jours par an, à une cote de 1.5 m par rapport au TN.

3.7 Synthèse des données d'entrée et des hypothèses du modèle

Le tableau suivant synthétise les données d'entrée et les hypothèses retenues pour la modélisation.

Thèmes	Hypothèses / Données d'entrée
Domaine d'étude	10 x 10 km
Points spécifiques	Habitations/entreprises/activités les plus proches du projet
Topographie	Prise en compte du relief. Utilisation du modèle FLOWSTAR
Rugosité	Grille adaptative de 10 x 10 km
Données météorologiques	2 années de données tri-horaires fournies par METEO France : 2006 et 2007 à la station de Nîmes-Garons (30)
Bâtiments	Prise en compte du bâtiment du site et des bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD
Sources	Source diffuse de Biogaz, Torchère BG1000, Torchère BG2000, 2 unités EVALIX, dépoussiéreur
Composés modélisés	Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H ₂ S), 1,2-Dichloroéthane, Chlorure d'hydrogène (HCl), Fluorure d'Hydrogène (HF), Naphtalène, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène Poussières PM10

Tableau 3 : Synthèse des hypothèses et des données d'entrée retenues pour la modélisation

4 Résultats de la modélisation

4.1 Résultats de la dispersion des rejets du site SITA SUD de la Roseraie

Les résultats de la modélisation sont présentés en **Annexe 1** et **Annexe 2**, sous forme de cartographies d'iso-concentrations pour l'ensemble du domaine d'étude et sous la forme d'un tableau regroupant les résultats obtenus au niveau de points spécifiques.

Les principaux résultats de cette modélisation pour le mode de fonctionnement simulé sont :

- En moyenne, les panaches de polluants se dispersent principalement selon un axe nord/sud par rapport aux sources d'émission, en accord avec les directions dominantes des vents observés sur la zone d'étude ;
- Quel que soit le polluant considéré, les concentrations moyennes annuelles les plus élevées sur la zone d'étude sont localisées au droit du site et à proximité des limites de propriété. Ces valeurs diminuent ensuite lorsque l'on s'éloigne des sources ;
- Les teneurs maximales aux niveaux des points spécifiques pour l'ensemble des composés modélisés sont relevées au niveau de l'exploitation agricole située à l'est du projet de la Roseraie.

4.2 Commentaires concernant les incertitudes

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

4.2.1 Incertitudes intrinsèques au modèle

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Plusieurs articles internationaux rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site.

Ces résultats montrent que si les données d'entrée sont bien maîtrisées et en présence de topographie peu marquée, l'incertitude du modèle n'excède pas 50% en moyenne annuelle, 40% sans obstacles majeurs sur site. Pour les sources plus élevées de type cheminée, cette incertitude reste inférieure à 20%.

Le tableau suivant liste les principales composantes du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces composantes est classée selon 3 niveaux : faible, moyenne et modérée.

Modèle	Complexité	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Le relief sur le domaine d'étude est relativement uniforme si ce n'est l'existence d'une plaine (Plaine de Camargue) et d'un plateau d'altitudes différentes.
Obstacles autour de l'installation	Moyenne	Les bâtiments sur et à proximité du site sont de dimensions comparables à la hauteur des sources ponctuelles.
Météorologie	Faible	L'écoulement atmosphérique n'est pas perturbé par des obstacles (relief..., la proportion de vent calme est faible et les phénomènes thermiques limités.
Complexité des sources	Moyenne	Les sources canalisées sont bien définies et ne présentent pas de complexité majeure contrairement à la source diffuse.
Echelles spatiales étudiées	Faible	Les échelles spatiales étudiées (de quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres) sont conformes au domaine de validité du modèle. Maillage de la grille de sortie.

Tableau 4 : Complexité du site et de son environnement

4.2.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée

Un bon modèle peut donner de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité. Les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion ADMS et leur niveau de qualité (mauvaise, moyenne, bonne) sont présentés dans le tableau ci-après.

Données d'entrée	Qualité	Commentaires
Relief sur le domaine	Bonne	Imprécision du Modèle Numérique de Terrain (MNT).
Occupation des sols	Bonne	Paramètre de rugosité variable sur le domaine, issu de la base Corine Land Cover. Incertitude liée au maillage de la grille.
Données météorologiques	Bonne	Données de la station Météo France de Nîmes-Garons, située à proximité immédiate du site et donc représentative de la zone d'étude. Très peu de données manquantes. Interpolation des données tri-horaires en données horaires.
Localisation des sources	Bonne	Données fournies par SITA
Caractéristiques physiques des sources	Bonne	Données fournies par SITA

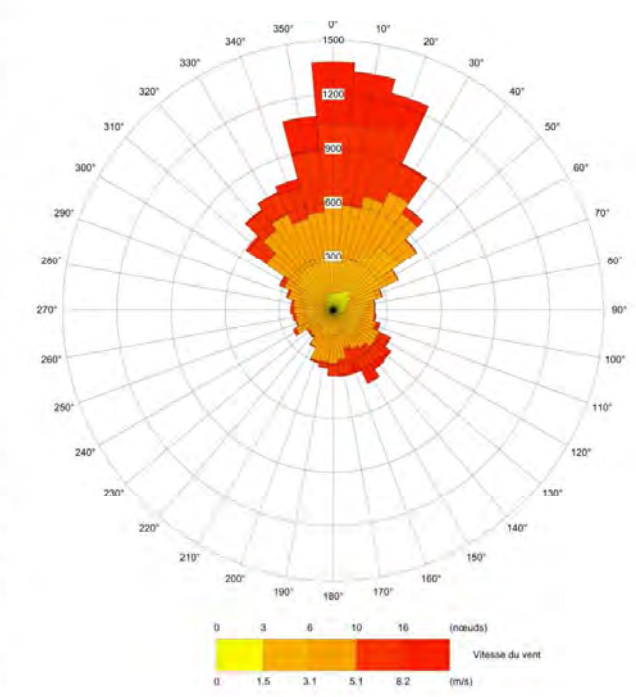
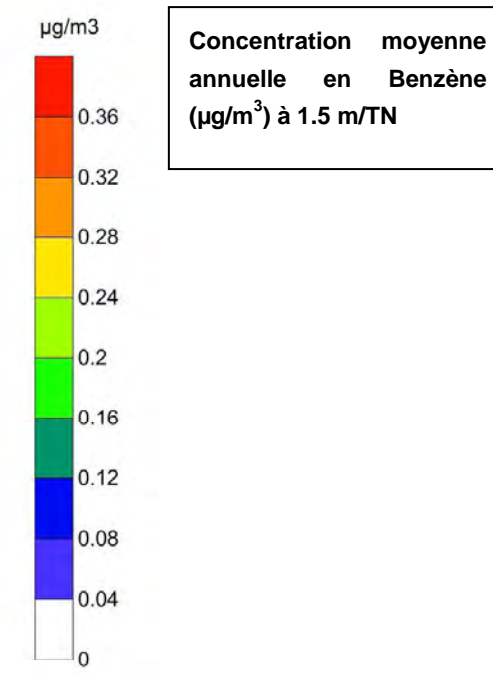
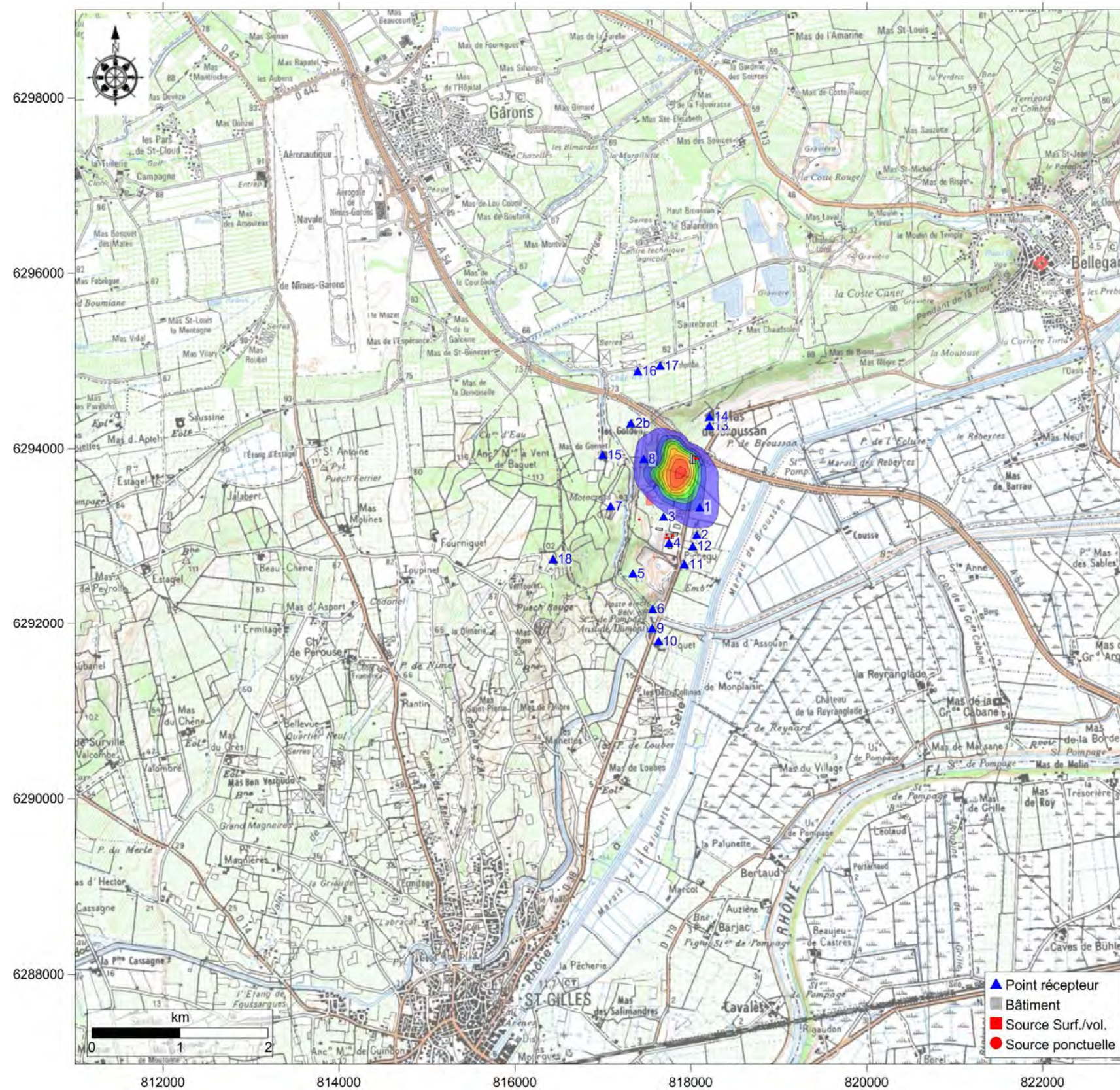
Données d'entrée	Qualité	Commentaires
Valeurs d'émission des sources	Bonne à mauvaise	Données issues de la bibliographie ou du retour d'expérience de SITA
Définition des polluants	Bonne	Hypothèse de dispersion des polluants comme traceurs passifs, réaliste compte tenu des concentrations faibles étudiées.

Tableau 5 : Qualité des données d'entrée du modèle

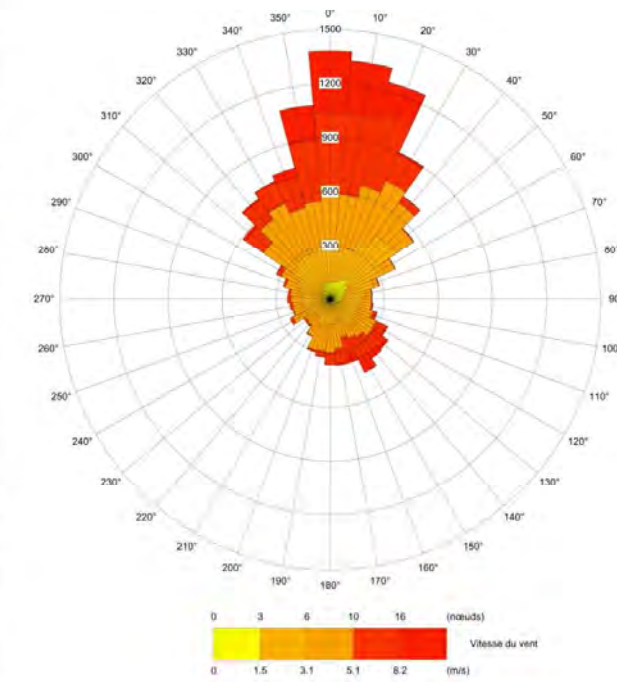
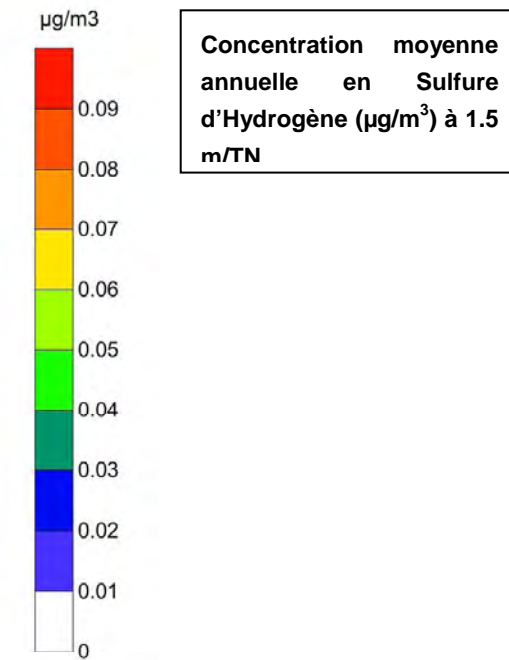
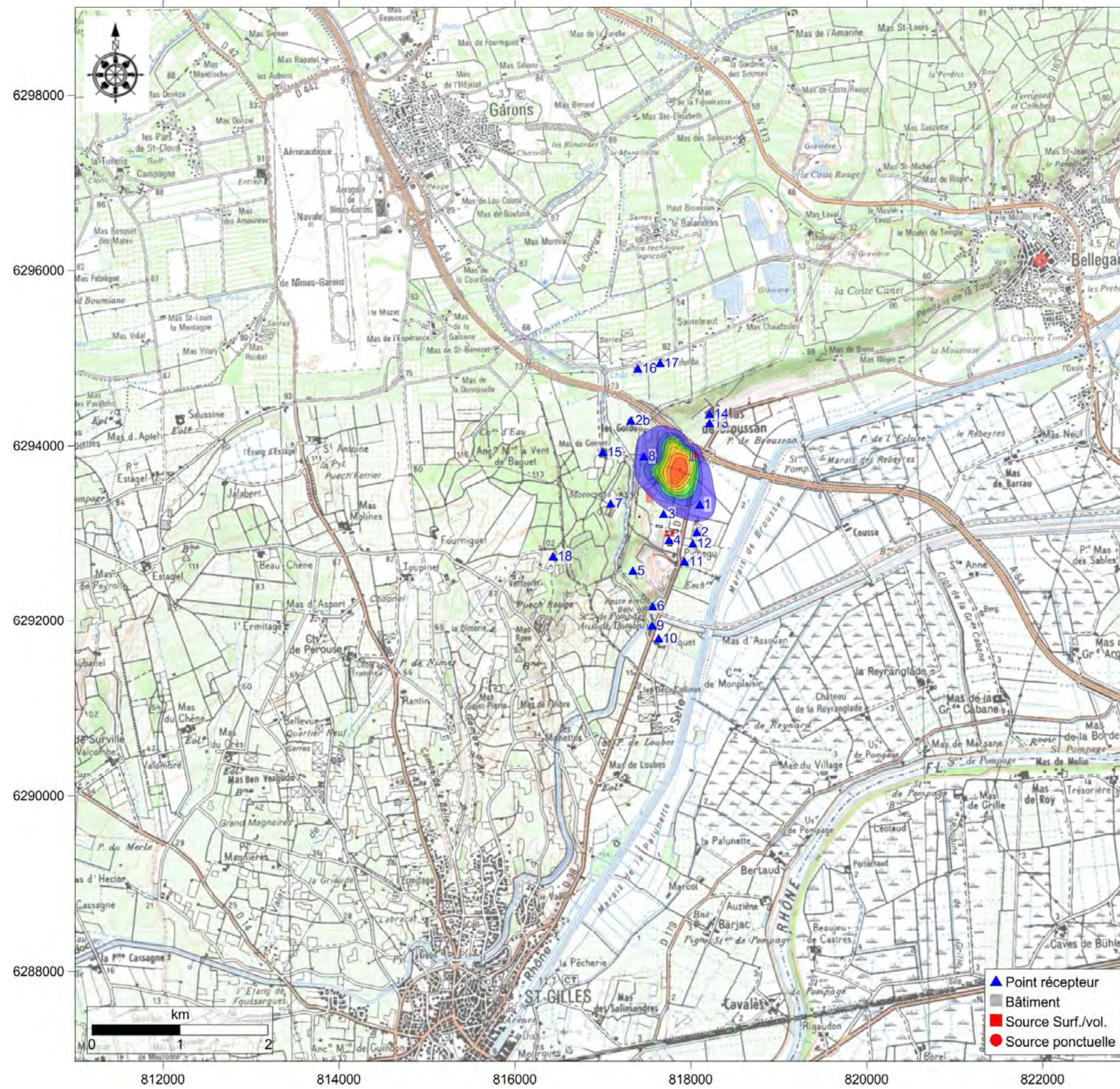
4.2.3 Conclusion

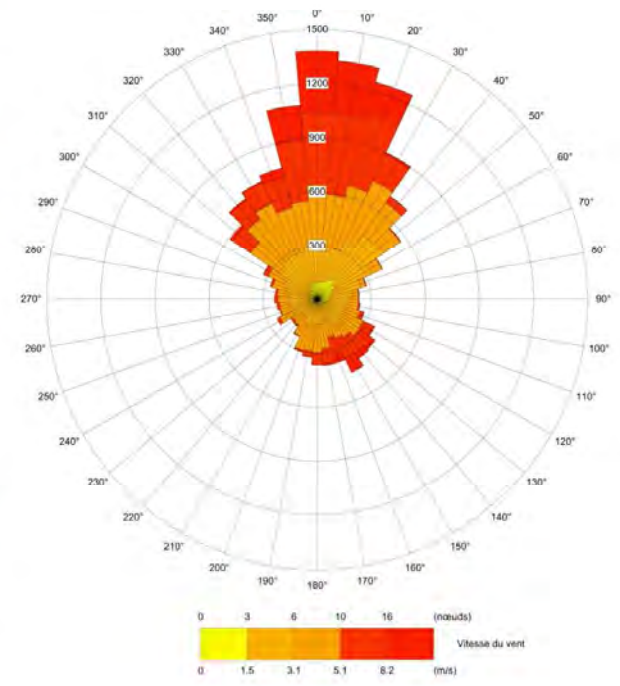
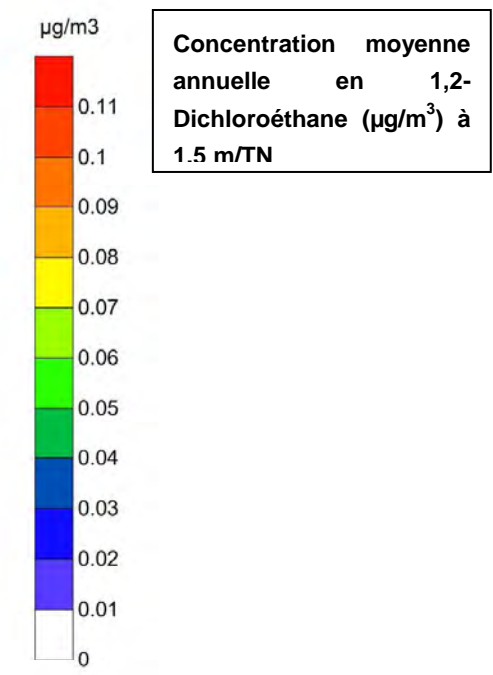
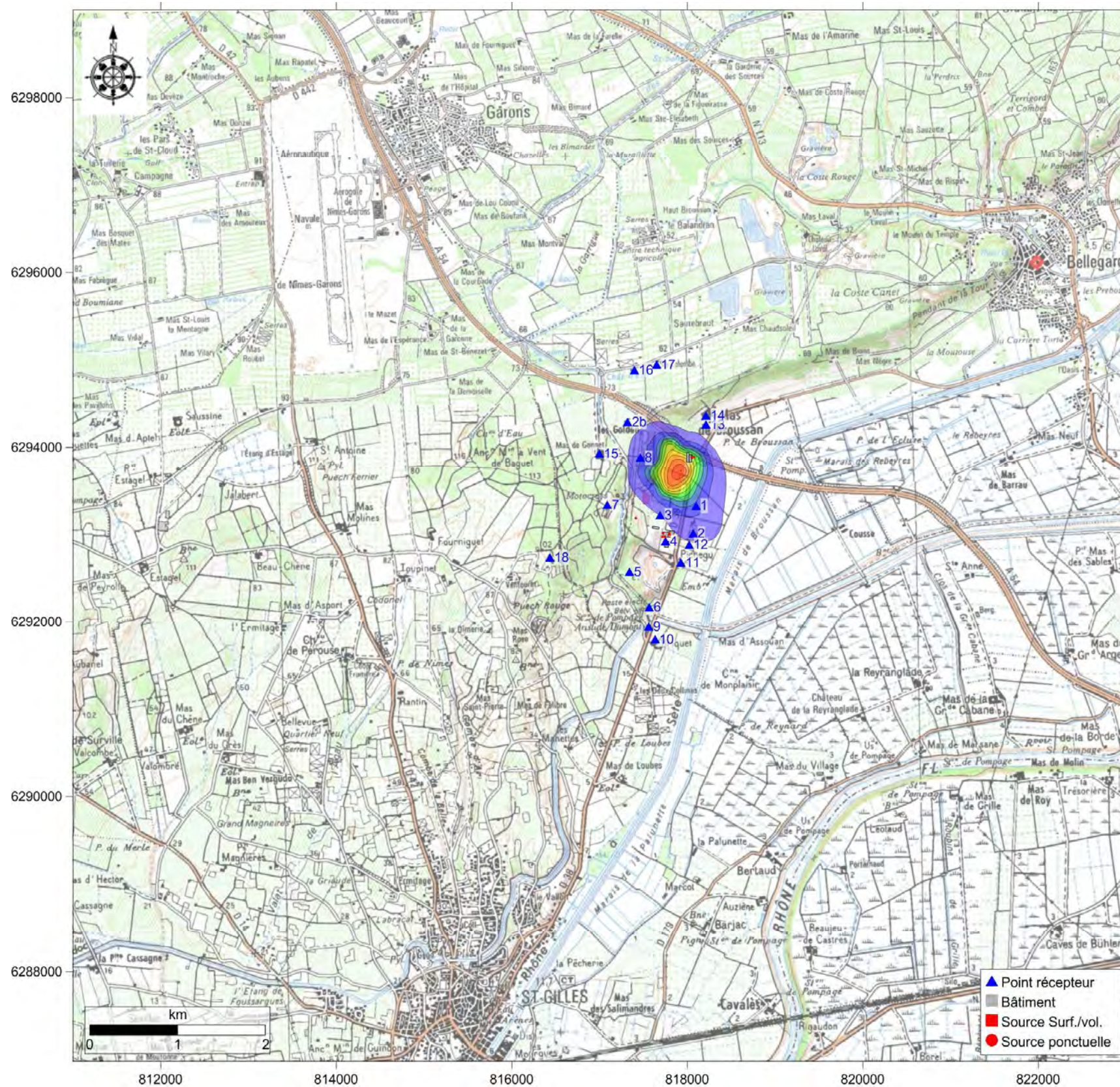
Même si il est difficile de quantifier avec précision l'incertitude sur les résultats, on retiendra globalement que les données du modèle sont de bonne qualité.

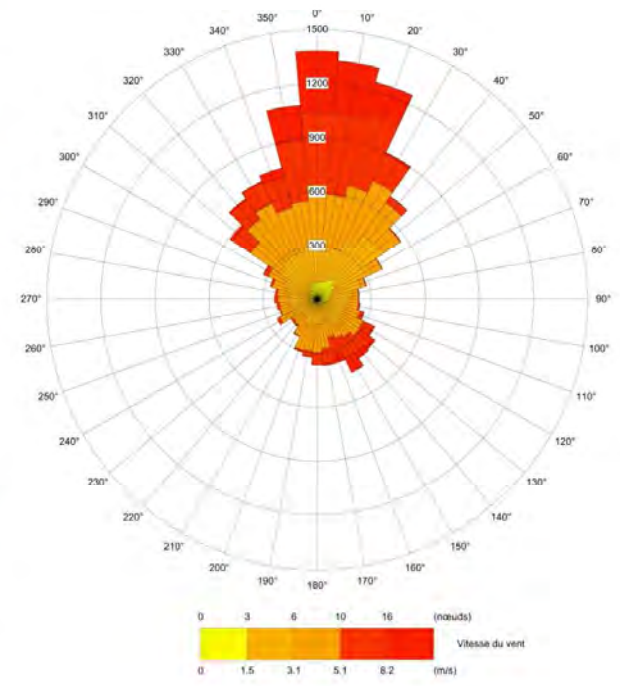
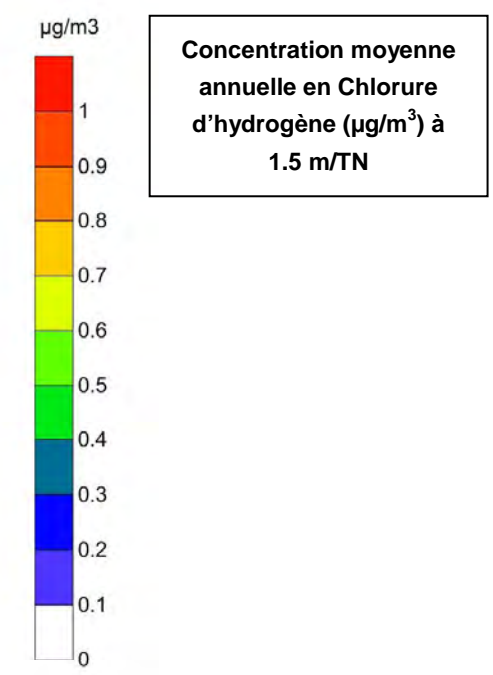
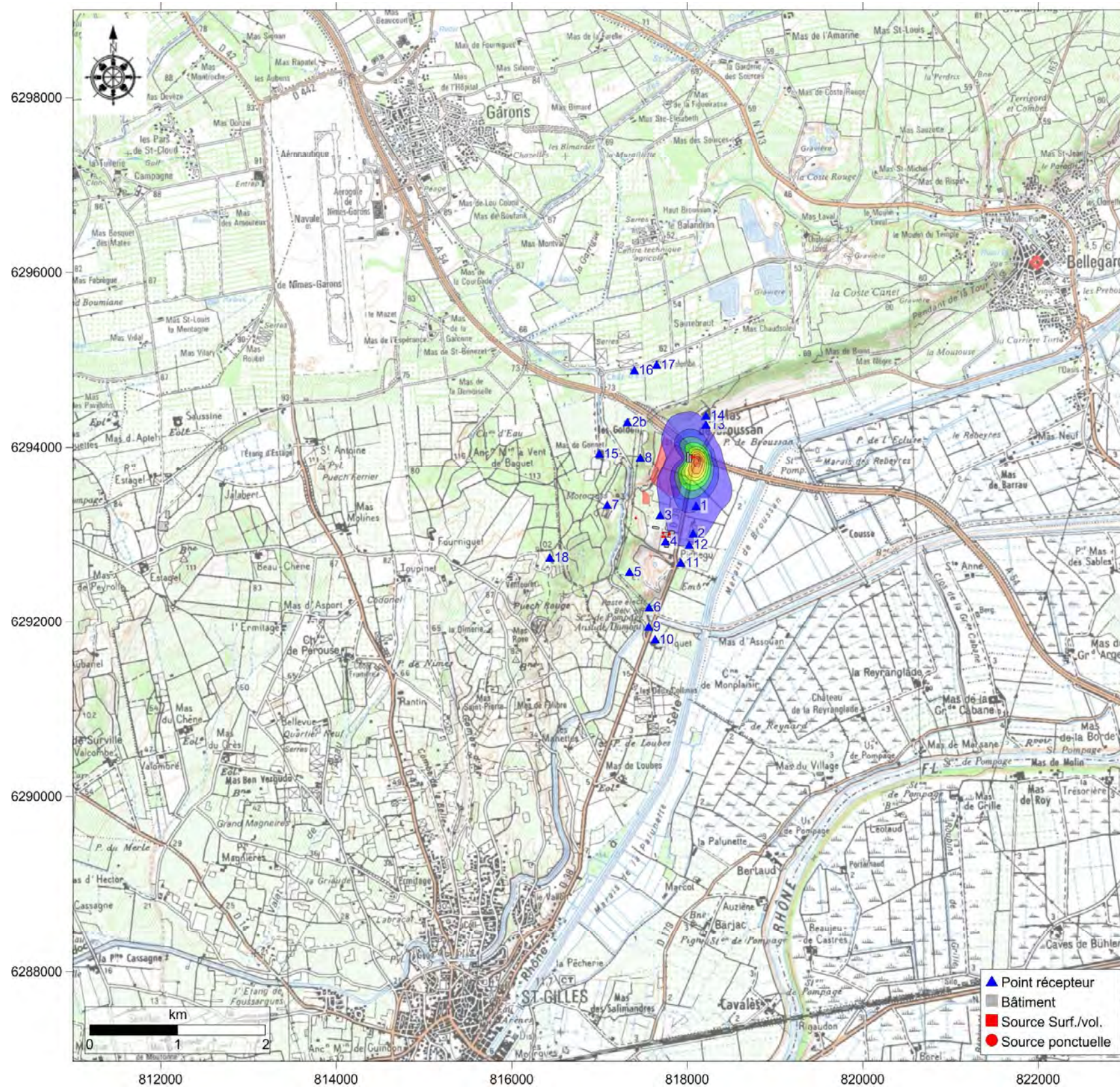
Annexe 1 Cartes d'iso-concentrations modélisées

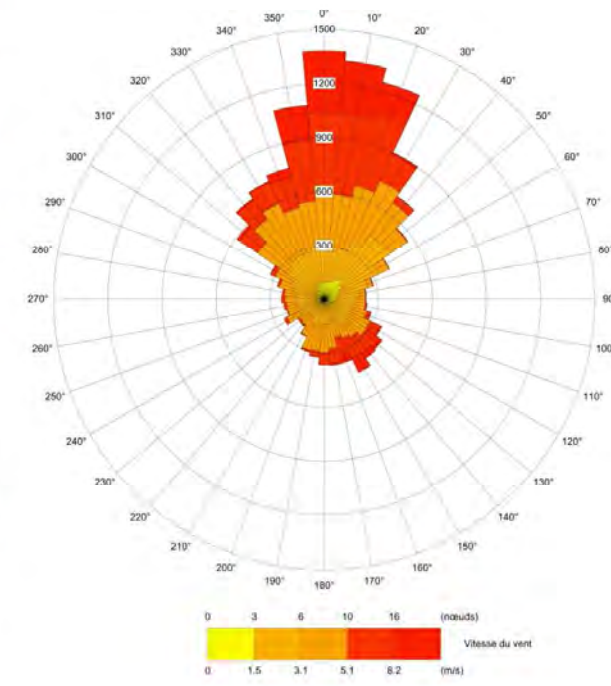
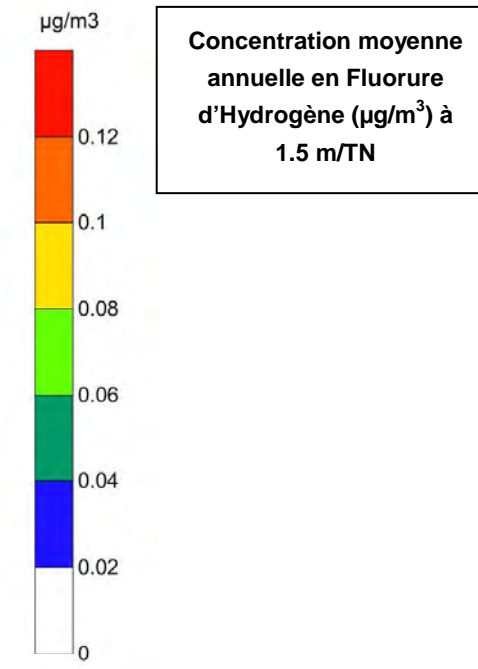
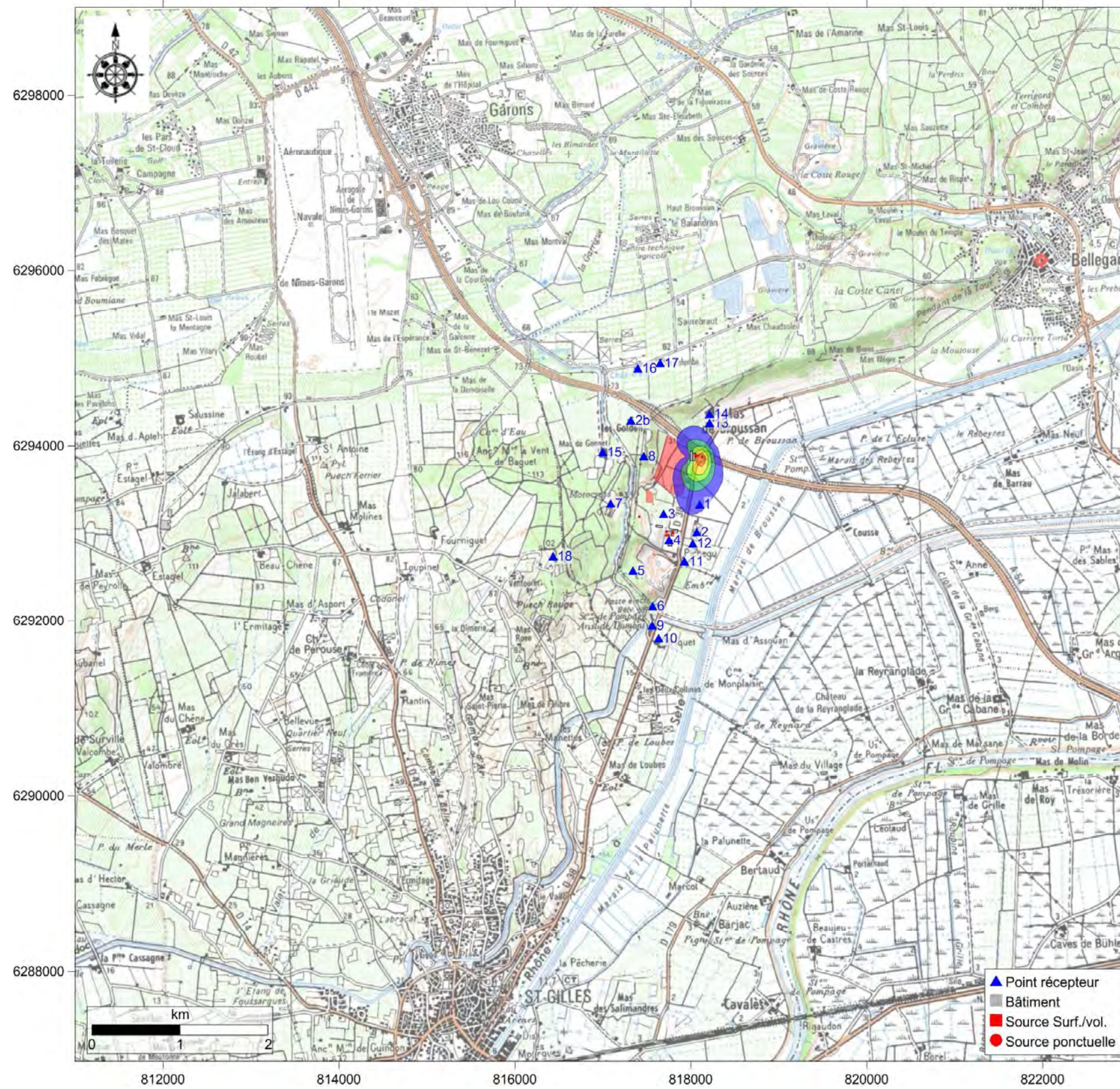


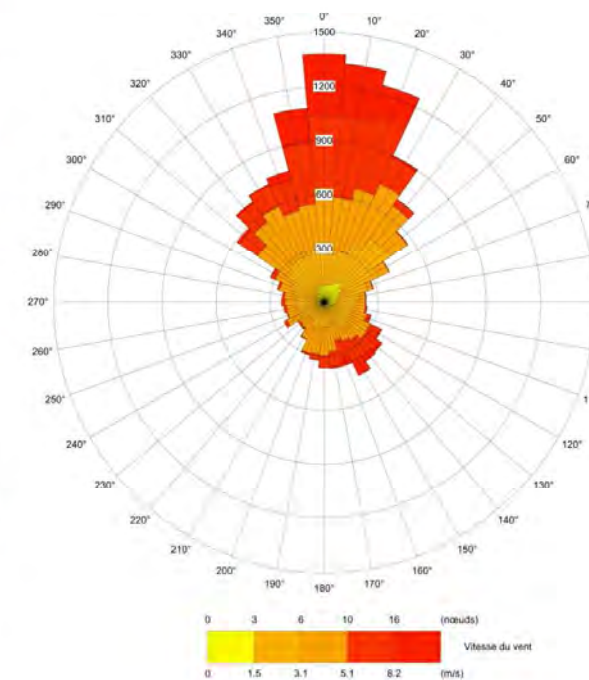
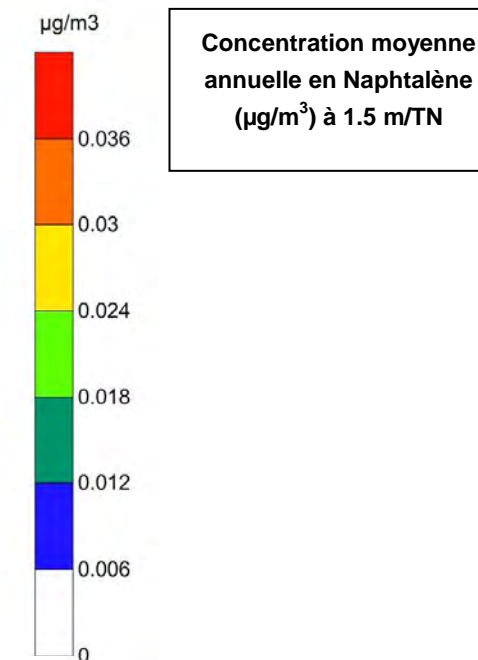
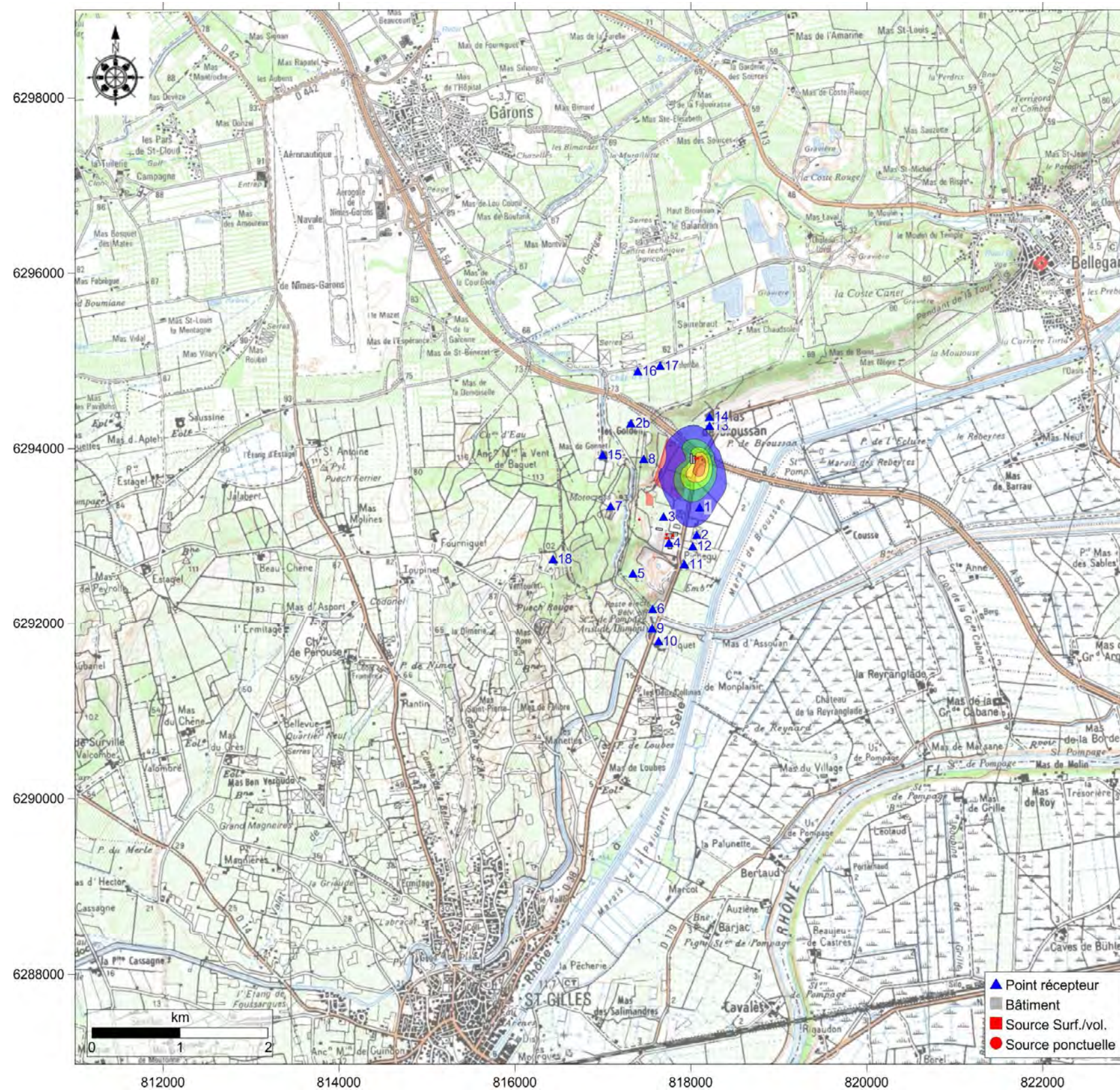
▲ Point récepteur
■ Bâtiment
■ Source Surf./vol.
● Source ponctuelle

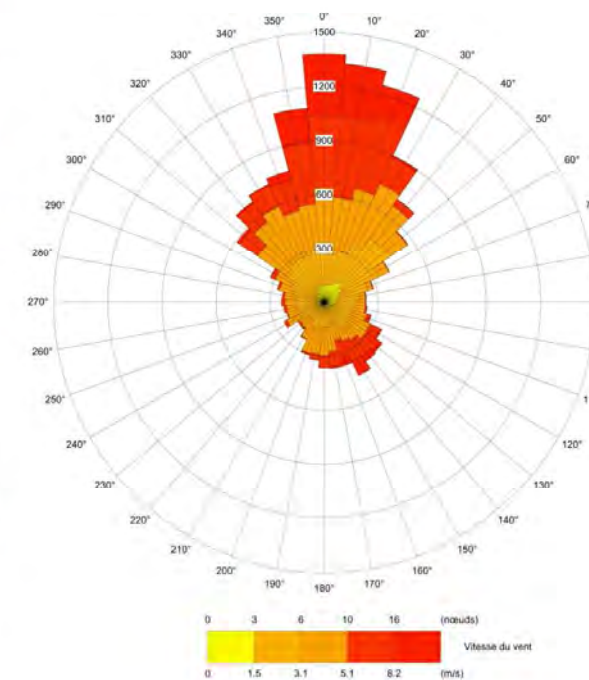
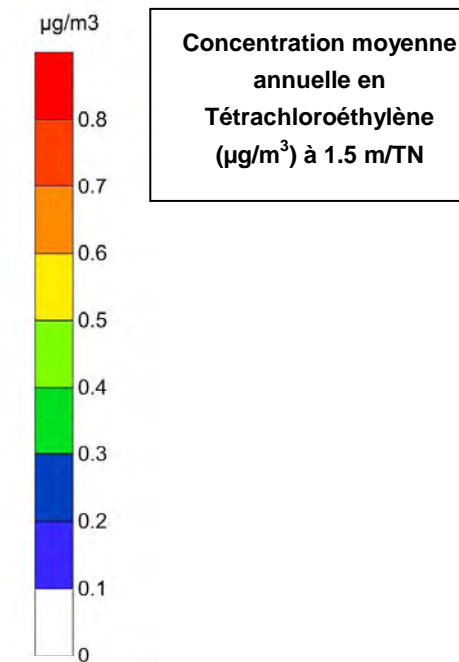
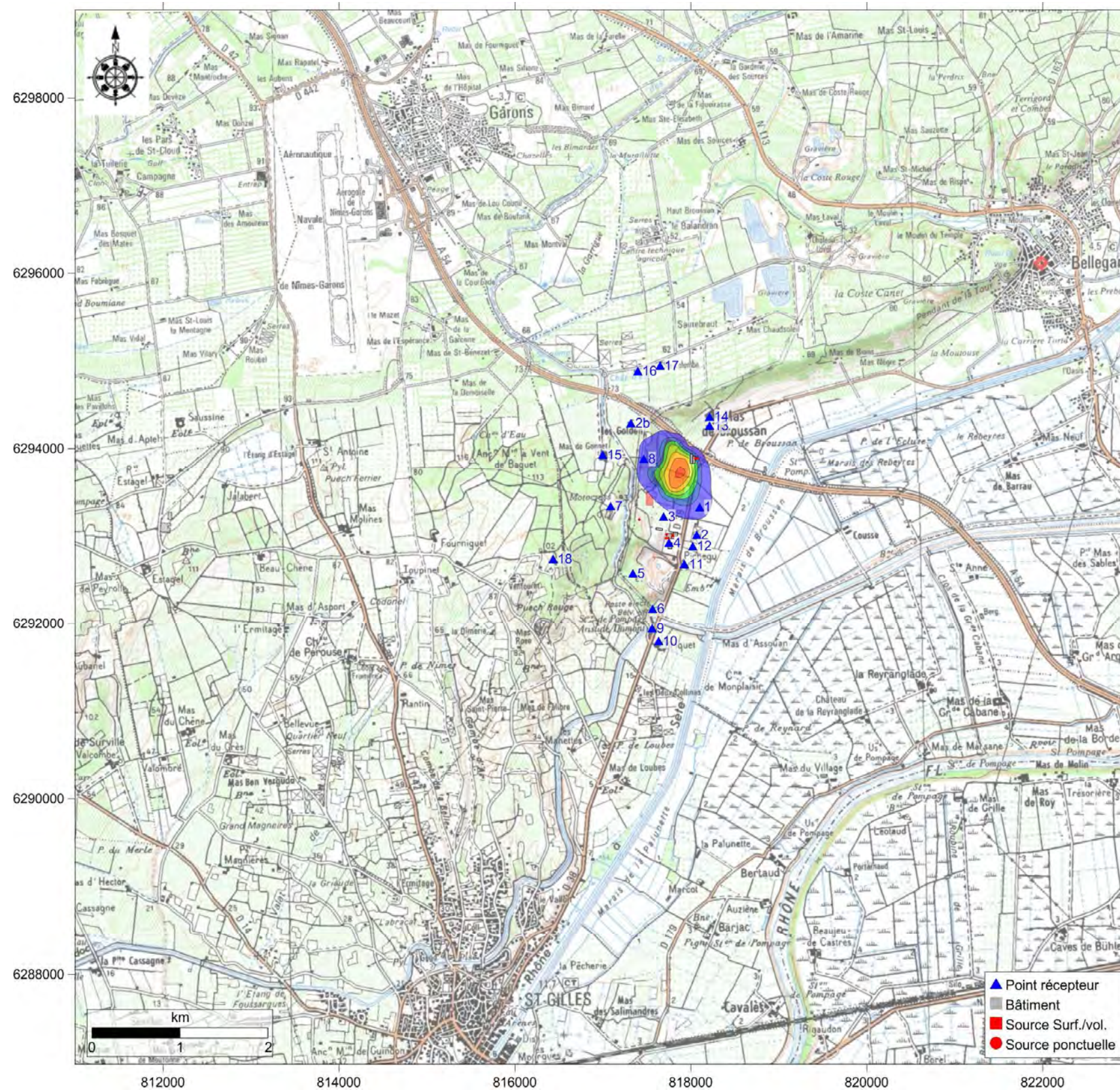


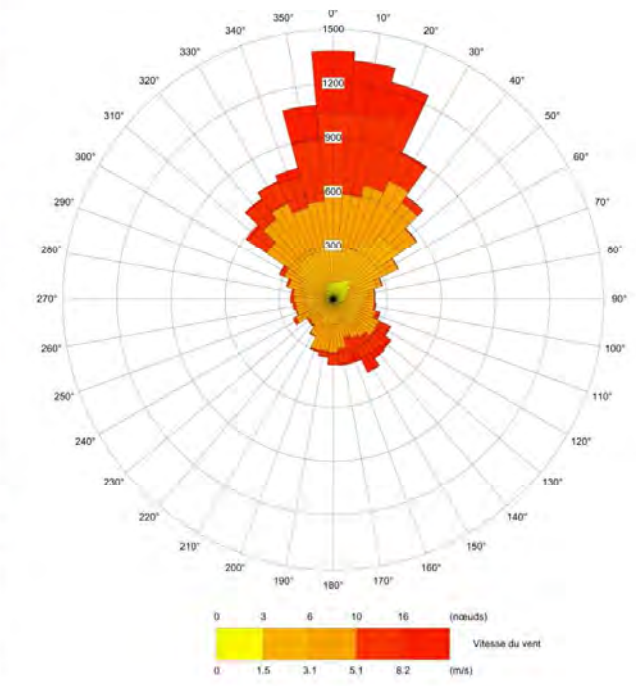
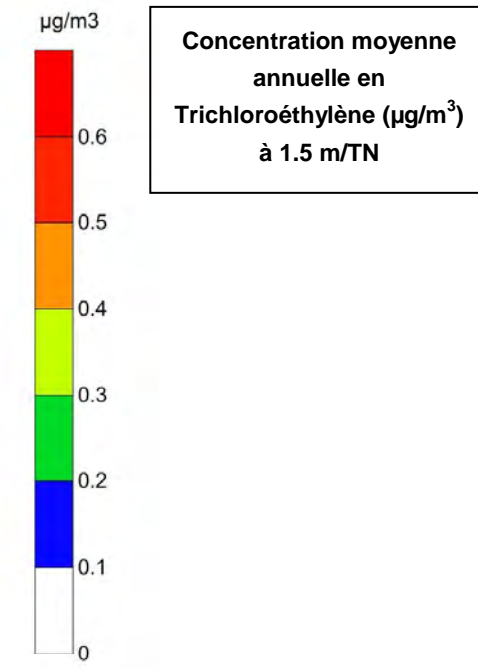
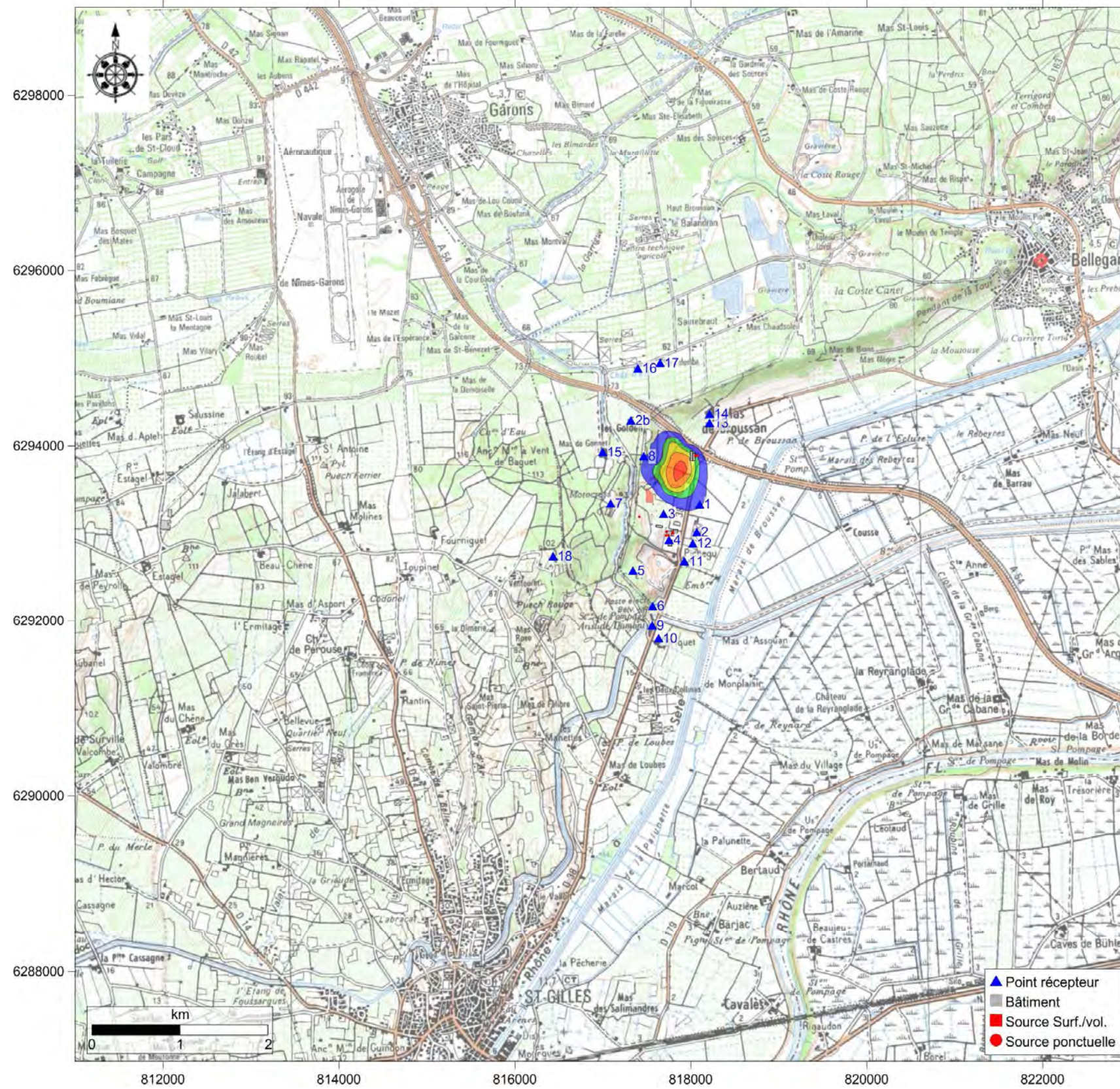


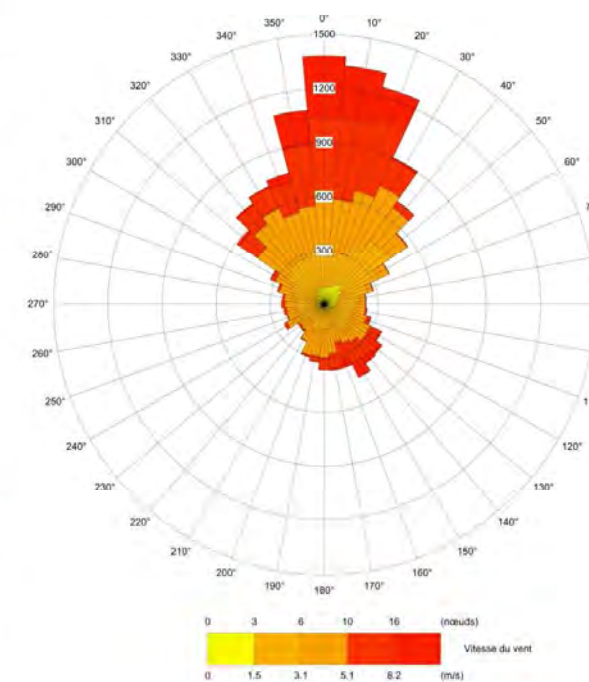
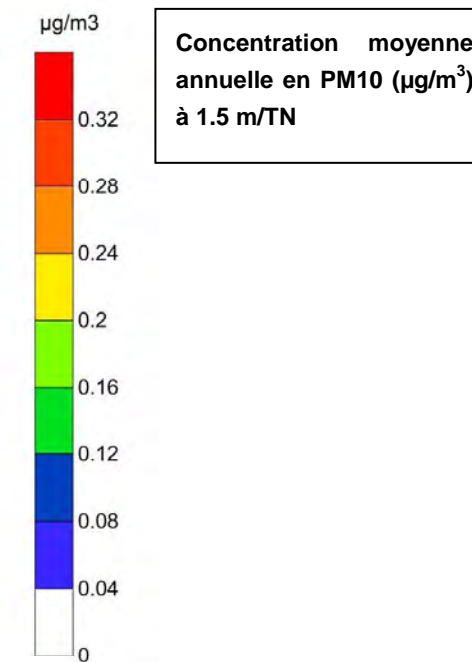
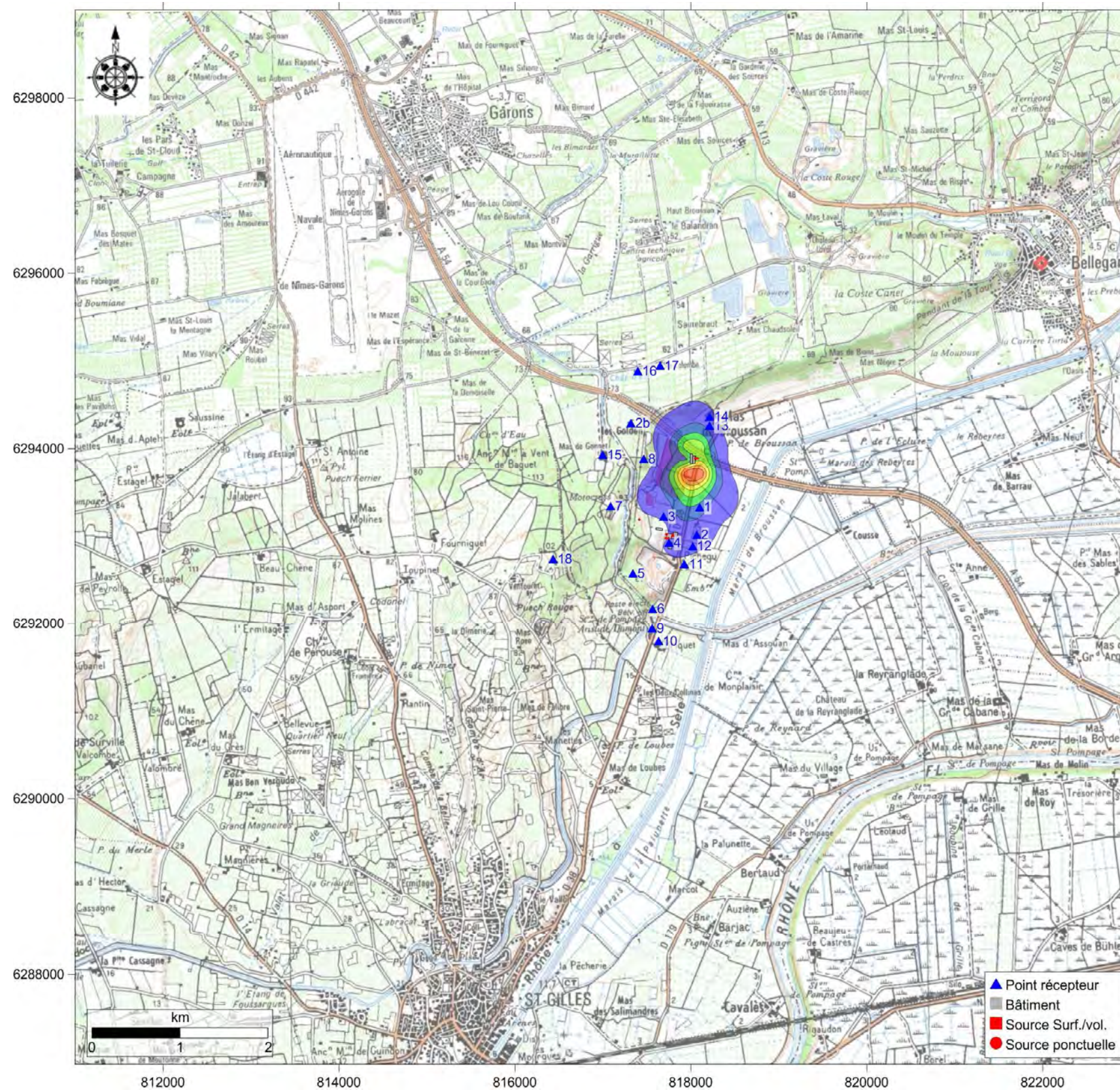


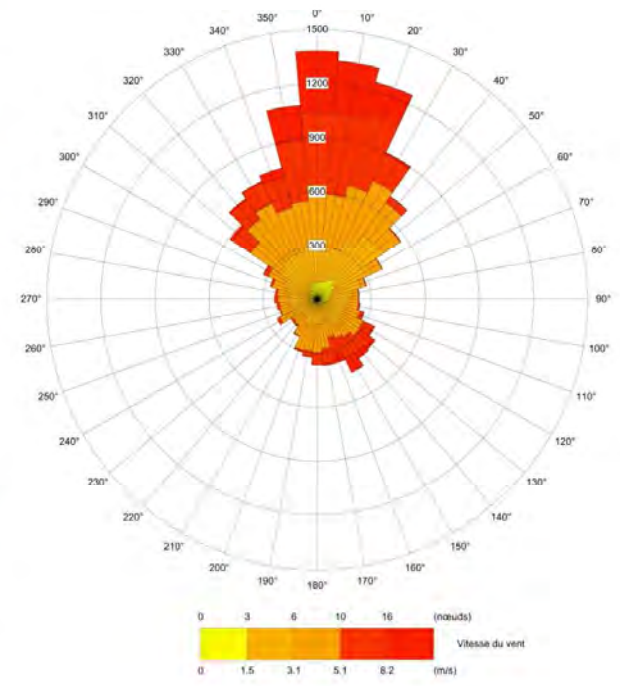
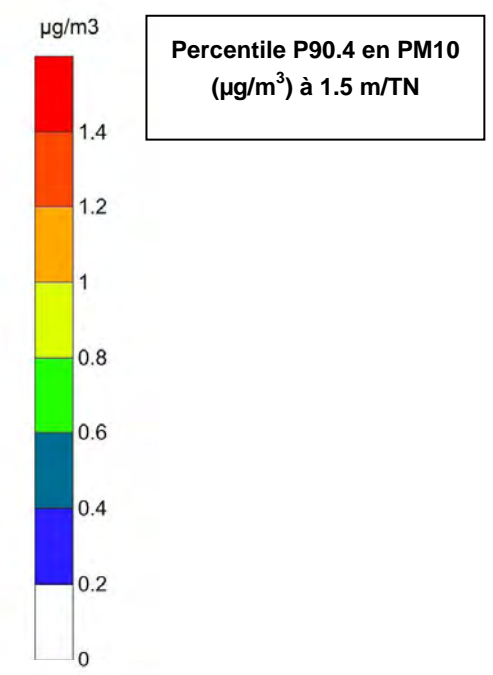
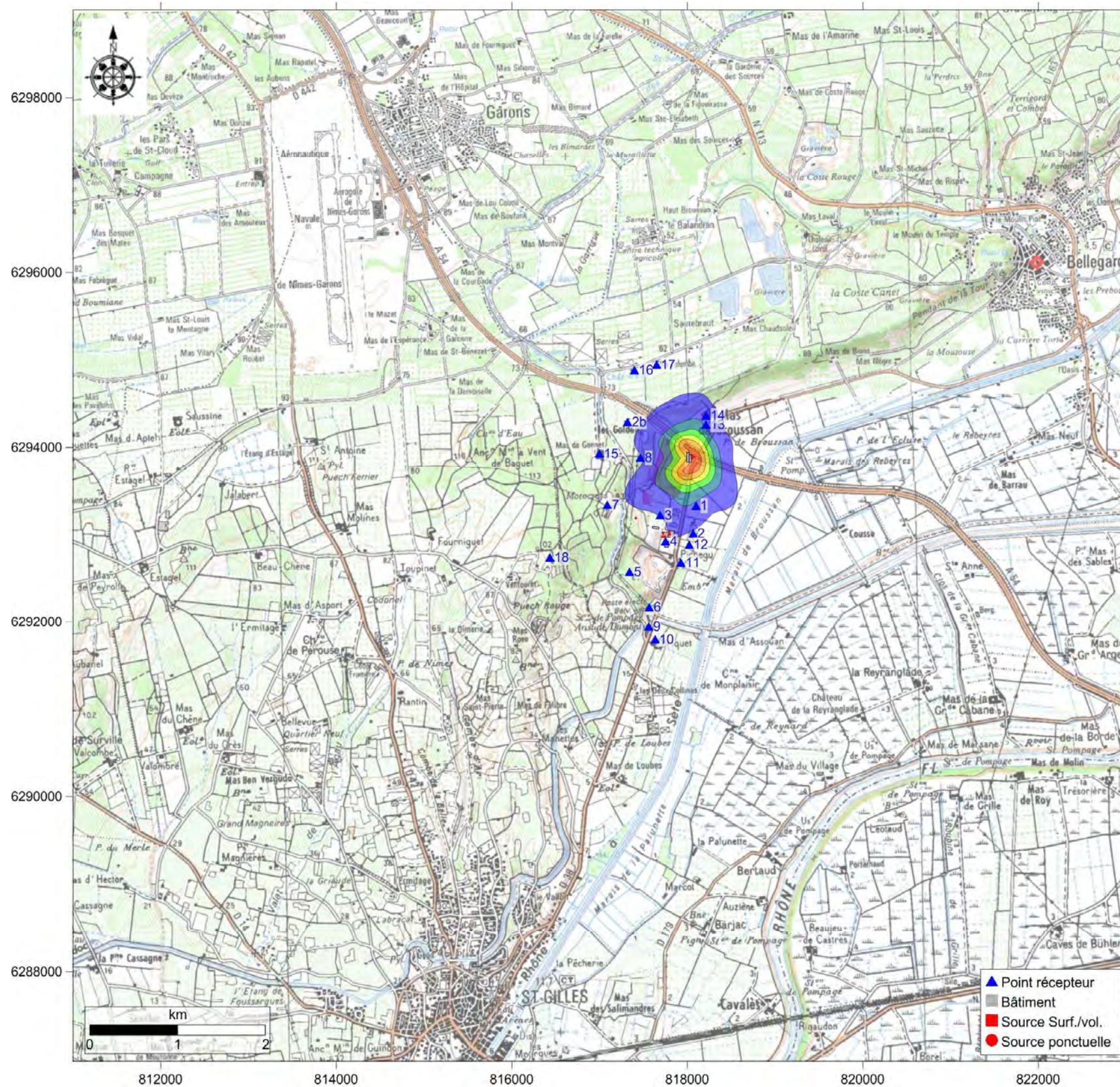


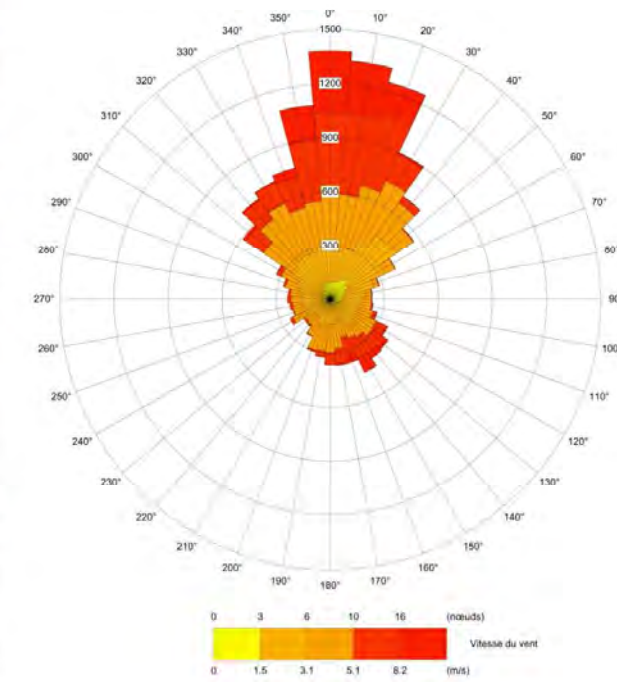
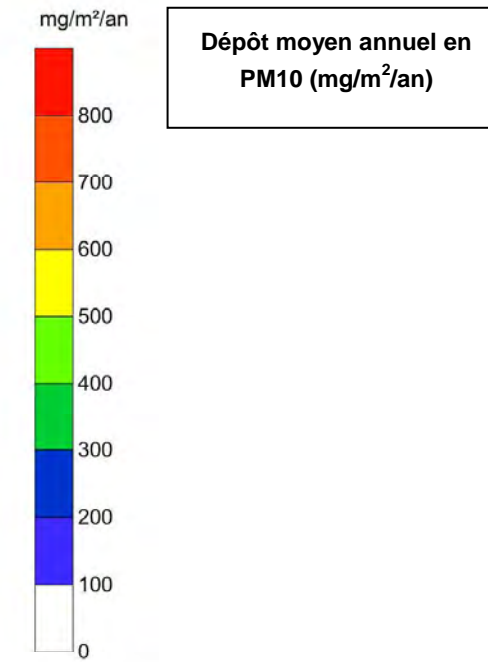
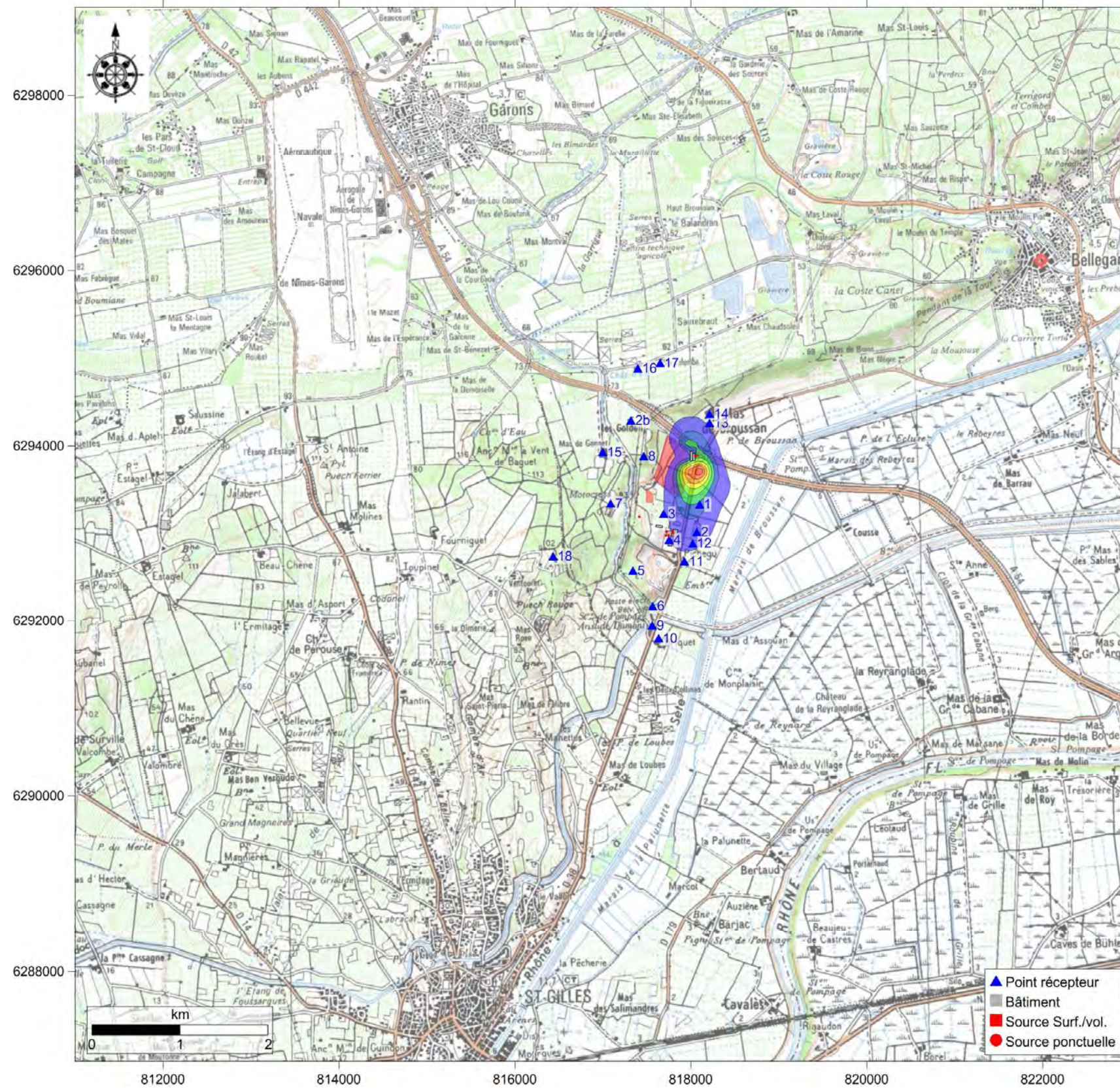












Annexe 2 Tableau de synthèse des teneurs modélisées aux points spécifiques

Points spécifiques	X(m)	Y(m)	PM10			Benzène	H ₂ S	1,2-Dichloroéthane	HCl	HF	Naphtalène	PCE	TCE	
			Concentration [µg/m³]	dépôt [µg/m²/s]	P 90.40 [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	Concentration [µg/m³]	
Exploitations agricoles	1	818097,19	6293330	1,05E-01	8,88E-03	3,55E-01	7,74E-02	1,71E-02	2,70E-02	2,35E-01	2,53E-02	9,73E-03	1,44E-01	1,10E-01
	2	818065,12	6293014	5,49E-02	4,43E-03	1,83E-01	3,15E-02	6,71E-03	1,18E-02	1,22E-01	1,31E-02	4,95E-03	5,76E-02	4,45E-02
	2b	817318,62	6294291	2,22E-02	7,26E-04	1,58E-01	1,57E-02	3,51E-03	5,43E-03	4,51E-02	4,83E-03	1,89E-03	2,94E-02	2,24E-02
	Max			1,05E-01	8,88E-03	3,55E-01	7,74E-02	1,71E-02	2,70E-02	2,35E-01	2,53E-02	9,73E-03	1,44E-01	1,10E-01
SITA Bellegarde	3	817689,62	6293220	5,97E-02	3,16E-03	2,32E-01	2,79E-02	6,40E-03	1,06E-02	9,79E-02	1,06E-02	4,01E-03	5,49E-02	4,21E-02
TERRALYS	4	817753,69	6292922	4,98E-02	3,46E-03	1,91E-01	1,79E-02	3,55E-03	7,53E-03	9,80E-02	1,05E-02	3,87E-03	3,18E-02	2,51E-02
CALCIA	5	817341,5	6292574	2,11E-02	9,78E-04	9,60E-02	4,59E-03	7,87E-04	2,41E-03	4,06E-02	4,37E-03	1,56E-03	7,84E-03	6,46E-03
BRL	6	817565,88	6292171	1,99E-02	1,25E-03	7,58E-02	5,09E-03	8,71E-04	2,56E-03	4,24E-02	4,56E-03	1,64E-03	8,51E-03	6,99E-03
Motocross	7	817089,62	6293339	2,49E-02	5,32E-04	1,54E-01	1,07E-02	2,15E-03	4,38E-03	5,49E-02	5,89E-03	2,18E-03	1,90E-02	1,49E-02
Ball Trap	8	817465,12	6293884	2,77E-02	6,35E-04	1,82E-01	6,79E-02	1,67E-02	1,95E-02	5,56E-02	5,98E-03	2,98E-03	1,33E-01	9,90E-02
Habitations	9	817561,31	6291942	1,67E-02	1,05E-03	6,20E-02	4,37E-03	7,45E-04	2,21E-03	3,68E-02	3,95E-03	1,42E-03	7,30E-03	6,00E-03
	10	817630	6291795	1,49E-02	9,70E-04	5,30E-02	4,41E-03	7,80E-04	2,14E-03	3,40E-02	3,65E-03	1,32E-03	7,47E-03	6,08E-03
	11	817927,69	6292679	3,50E-02	2,66E-03	1,20E-01	1,46E-02	2,90E-03	6,04E-03	7,71E-02	8,28E-03	3,05E-03	2,59E-02	2,04E-02
	12	818019,31	6292885	4,59E-02	3,62E-03	1,50E-01	2,30E-02	4,78E-03	8,93E-03	1,01E-01	1,09E-02	4,05E-03	4,16E-02	3,23E-02
	13	818211,69	6294259	6,07E-02	2,35E-03	3,30E-01	7,46E-03	8,60E-04	5,06E-03	1,07E-01	1,15E-02	4,05E-03	1,10E-02	9,88E-03
	14	818212,81	6294363	5,03E-02	1,82E-03	2,96E-01	5,47E-03	5,86E-04	3,85E-03	8,29E-02	8,90E-03	3,15E-03	7,83E-03	7,18E-03
	15	816998	6293930	1,25E-02	2,68E-04	9,10E-02	8,07E-03	1,71E-03	3,07E-03	3,30E-02	3,54E-03	1,33E-03	1,48E-02	1,14E-02
	16	817396,5	6294882	1,63E-02	7,09E-04	9,95E-02	5,52E-03	1,05E-03	2,50E-03	3,60E-02	3,87E-03	1,41E-03	9,69E-03	7,74E-03
	17	817648,31	6294942	1,64E-02	7,14E-04	9,82E-02	4,78E-03	8,65E-04	2,33E-03	3,66E-02	3,94E-03	1,42E-03	8,25E-03	6,70E-03
	18	816434,69	6292739	1,23E-02	2,62E-04	7,92E-02	3,08E-03	4,60E-04	1,73E-03	3,22E-02	3,47E-03	1,23E-03	4,87E-03	4,14E-03
Max			6,07E-02	3,62E-03	3,30E-01	2,30E-02	4,78E-03	8,93E-03	1,07E-01	1,15E-02	4,05E-03	4,16E-02	3,23E-02	



Annexe 5-20 : Rapport ARCADIS - Modélisation de la
dispersion des rejets cumulés, référencé FR0110-
001447-AFR-MOD-02-RPT-A03, du 25/02/2013

Pôle de recyclage et d'élimination de déchets non dangereux de la Roseraie - Bellegarde (30)

Modélisation de dispersion atmosphérique des rejets cumulés

Rapport

Emetteur	ARCADIS Agence de Marseille Immeuble CAP AZUR ILôt M3 Euromed 67 Rue Chevalier Paul CS 30321 13236 Marseille cedex 02 Tél. : +33 (0)4 96 14 59 59 Fax : +33 (0)4 91 72 36 84
Réf affaire Emetteur	FR0110-001447
Chef de Projet	Marilou VALE
Auteur principal	A. HERVOUËT
Nombre total de pages	37

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A01	26/04/12	Première diffusion	A.HERVOUËT	F.GARCIN	S. PONCET
A02	25/07/12	Corrections	A.HERVOUËT	F.GARCIN	S. PONCET
A03	25/02/13	Prise en compte d'une source supplémentaire	A.HERVOUËT	F.GARCIN	M. COLLOMP

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.
Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

Table des Matières

1	Introduction.....	4
2	Description du modèle ADMS 4.....	5
2.1	Généralités et principes fondamentaux.....	5
2.2	Fonctionnalités et domaine de validité	6
3	Hypothèses de modélisation	8
3.1	Domaine d'étude	8
3.2	Topographie	10
3.3	Rugosité.....	10
3.4	Données météorologiques	11
3.5	Prise en compte du bâti.....	12
3.6	Sources, polluants et émissions modélisées.....	14
3.6.1	Projet SITA SUD de la Roseraie.....	15
3.6.2	Plate-forme de compostage TERRALYS	18
3.6.3	SITA FD - Bellegarde 1.....	19
3.6.4	SITA FD Bellegarde 2.....	21
3.7	Synthèse des données d'entrée et des hypothèses du modèle	24
4	Résultats de la modélisation	25
4.1	Résultats de la dispersion des rejets cumulés	25
4.2	Commentaires concernant les incertitudes	25
4.2.1	Incertitudes intrinsèques au modèle	25
4.2.2	Incertitudes relatives aux données d'entrée.....	26
4.2.3	Conclusion.....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des sources d'émission du projet SITA SUD de la Roseraie	16
Tableau 2 : Emissions des sources modélisées pour le projet SITA SUD de la Roseraie	17
Tableau 3 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées de la plate-forme de compostage (source NUMTECH)	19
Tableau 4 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées au site SITA FD Bellegarde 1 (Source NUMTECH)	20
Tableau 5 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées au site FD Bellegarde 2 (source NUMTECH)	23
Tableau 6 : Synthèse des hypothèses et des données d'entrée retenues pour la modélisation	24
Tableau 7 : Complexité du site et de son environnement	26
Tableau 8 : Qualité des données d'entrée du modèle	27

Liste des figures

Figure 1: Répartition gaussienne des concentrations autour de l'axe central du vent	5
Figure 2 : Localisation des points spécifiques à proximité du site	9
Figure 3 : Rugosité de surface sur la zone d'étude	10
Figure 4 : Rose des vents réalisée à l'aide du logiciel ADMS 4	11
Figure 5 : Rose des vents décennale de la station Nîmes-Garons de 1998 à 2007 (Source : Meteo France)	12
Figure 6 : Caractéristiques du bâtiment du projet de la Roseraie	13
Figure 7 : Bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD, pris en compte dans la modélisation	14
Figure 8 : Localisation des sources du projet de la Roseraie	15
Figure 9 : Localisation des sources de la plate-forme de compostage TERRALYS (source NUMTECH)	18
Figure 10 : Localisation des sources du site SITA FD Bellegarde 1 (source NUMTECH)	20
Figure 11 : Localisation des sources du site SITA FD Bellegarde 2 (source NUMTECH)	22

Liste des annexes

Annexe 1 Cartes d'iso-concentrations modélisées	28
Annexe 2 Tableau de synthèse des teneurs modélisées aux points spécifiques.....	36

1 Introduction

Dans le cadre de son projet « Pôle de Recyclage et d'Élimination des déchets non dangereux de la Roseraie » implanté sur la commune de Bellegarde (30), SITA SUD a mandaté ARCADIS afin de réaliser un Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE), au titre de la réglementation concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Ce dossier comporte une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets du projet à l'aide du logiciel ADMS 4, afin d'évaluer les impacts sanitaires du projet dans le cadre de l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS). Ce dernier comprend également l'étude des impacts cumulés des rejets atmosphériques du projet et des sites localisés à proximité immédiate présentant dans leurs rejets des composés similaires, à savoir la plate-forme de compostage TERRALYS et le site SITA FD (Bellegarde 1 correspondant à la plate-forme multi-modale de traitement des terres polluées, et Bellegarde 2 aux installations de stockage des déchets).

La présente note technique présente les résultats de la modélisation de dispersion atmosphérique des rejets cumulés, réalisée par François GARCIN, Chargé d'Affaires en Environnement d'ARCADIS, 7 ans d'expérience dans le domaine et spécialisé notamment dans la modélisation atmosphérique.

2 Description du modèle ADMS 4

2.1 Généralités et principes fondamentaux

ADMS 4 est un outil qui modélise les phénomènes naturels de dispersion atmosphérique de façon à estimer l'impact environnemental et sanitaire des émissions industrielles.

Le logiciel ADMS 4 est un modèle dernière génération, issu de l'évolution des modèles « 2D Gaussiens » dits d'ancienne génération, apparus au début des années 70. Il a été développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultant) pour répondre aux nouvelles exigences environnementales et s'impose actuellement comme l'outil européen de référence pour l'évaluation de l'impact et du risque industriel (environnemental et sanitaire) et est également reconnu comme l'un des deux meilleurs modèles de dispersion atmosphérique par l'US EPA, agence de protection de l'environnement des Etats-Unis.

Le principe de base du modèle Gaussien rectiligne, est de calculer pour chaque source et chaque type de polluant émis, les valeurs des concentrations dans l'air en fonction des écarts types de la loi de répartition gaussienne (cf. schéma de principe Figure 1), lesquels dépendent du taux de polluant émis, de la distance par rapport à la source ainsi que de l'état de stabilité de l'atmosphère.

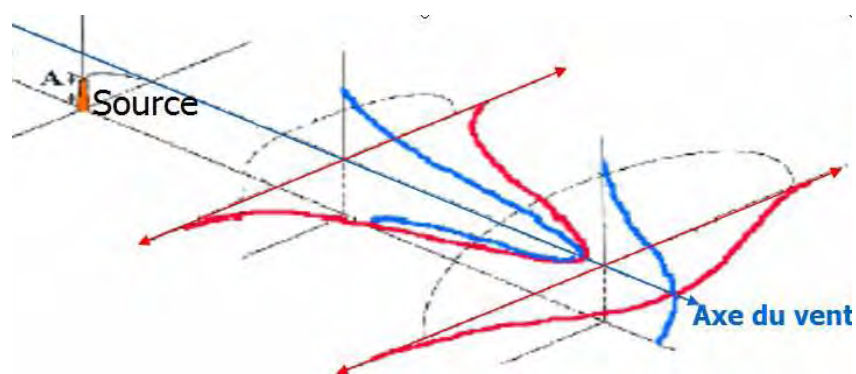


Figure 1: Répartition gaussienne des concentrations autour de l'axe central du vent

Les principales hypothèses de calcul des modèles 2D gaussiens, dont ADMS 4, sont les suivantes :

- La météorologie du site est représentative et uniforme sur l'ensemble du domaine,
- La composante verticale du vent est négligeable devant la composante horizontale,
- Le régime permanent est atteint instantanément,
- La densité des polluants est voisine de celle de l'air.

Chacune des configurations établies (source(s), terrain, etc.) est associée à une situation météorologique. A échelle locale (jusqu'à 30-40 km), les polluants se dispersent dans la partie inférieure de l'atmosphère nommée Couche Limite Atmosphérique (CLA). Au sein de cette CLA, les phénomènes météorologiques turbulents, qui agissent comme le moteur principal de la dispersion atmosphérique, sont communément regroupés sous la notion de stabilité atmosphérique.

La détermination de la stabilité atmosphérique est donc essentielle ; le logiciel ADMS 4 est constitué d'un pré-processeur météo traitant les données météorologiques saisies par le modélisateur et reconstituant

des données plus complexes caractéristiques de la stabilité atmosphérique : champ de vent, turbulences thermiques et mécaniques, hauteur de couche limite atmosphérique, etc.

Le modèle calcule la stabilité de la CLA puis les écarts types de la distribution gaussienne pour chacun des points choisis sur le domaine d'étude. De façon générale (sans option de calcul), chacun des calculs est effectué à partir des mêmes équations. Elles permettent de calculer les valeurs des différents écarts types, lesquels conduisent directement aux valeurs de concentration dans l'air.

L'amélioration des modèles « dernière génération » réside principalement dans la description continue de la stabilité atmosphérique, et non plus discontinue (classes de Pasquill), grâce à la prise en compte des effets de turbulence mécaniques et thermiques avec l'altitude et des effets de la hauteur de couche limite atmosphérique (HCLA ou couche de mélange). Le terme 'Longueur de Monin-Obukhov' (LMO) traduit les modifications des propriétés de la CLA avec l'altitude (proportions des turbulences mécaniques et thermiques).

2.2 Fonctionnalités et domaine de validité

Le modèle ADMS 4 est un modèle gaussien rectiligne valable pour un régime permanent, ou stationnaire, c'est-à-dire pour la modélisation d'un panache établi et lorsque les conditions d'émission peuvent être considérées comme continues par rapport à l'échelle de variation des conditions météorologiques. Il est donc nécessaire que les phases opératoires responsables des émissions, soient suffisamment longues et stables par rapport au temps d'établissement du panache (en général quelques minutes).

ADMS 4 est un modèle de dispersion atmosphérique à échelle locale. Son domaine de validité s'étend du point de rejet jusqu'à 30-40 km. La caractéristique notable d'ADMS 4, est la résolution de l'équation de conservation pour le calcul de la sur-hauteur ΔH_f du panache en sortie de l'exhaure et non pas l'utilisation d'une formule empirique comme souvent dans d'autres modèles. Cette approche permet de valider les concentrations calculées à proximité immédiate des points d'émission c'est-à-dire dans la zone d'établissement du panache.

ADMS 4 est multi-sources, il peut prendre en compte plusieurs sources et plusieurs types de sources (ponctuelles, surfaciques, volumiques, linéiques). Le programme effectue un calcul pour chaque source et somme, pour chaque composé, les concentrations calculées en chaque point du domaine.

Le logiciel est multi-polluants, il permet de modéliser la dispersion de polluants dont 5 sont prédéfinis : NO_x , NO_2 , SO_2 , CO et Particules. Il est possible, de modéliser d'autres composés en ajustant les caractéristiques physiques des composés à disperser. Il est en revanche important de considérer que la théorie gaussienne implique que la densité du panache de polluants s'apparente à celle de l'air.

D'autre part, le modèle est un modèle dit « passif », il ne calcule pas d'interaction chimique ni entre les composés émis et l'air ambiant, ni entre les composés entre eux.

La modélisation prendra en compte les paramètres topographiques et météorologiques du site. Sans être un modèle tridimensionnel (3D), ADMS 4 est considéré comme un modèle « pseudo 3D » car il permet une véritable prise en compte de l'influence du relief (rugosité du site et topographie) en reconstituant un champ de vent à l'intérieur du domaine d'étude. En effet, là où un modèle 3D calculerait l'évolution au cours du temps d'un événement météorologique (modèle prévisionnel), le pré-processeur météo d'ADMS 4, FLOWSTAR, calculera indépendamment l'influence du relief pour chaque situation

météorologique saisie par l'utilisateur. En deçà de 10% de pente, l'influence du relief est jugée négligeable et la limite de validité des calculs de FLOWSTAR est une pente maximum de 50 %.

3 Hypothèses de modélisation

3.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude est défini de façon à intégrer les zones sensibles identifiées au voisinage des installations mais doit également être suffisamment grand pour que les obstacles (arbres, etc.) puissent être considérés comme faisant partie de la rugosité du terrain et pour contenir les panaches calculés.

Ainsi, dans une première approche, les calculs de dispersion ont été réalisés sur une grille centrée sur le site, de dimensions de 10 km x 10 km et de résolution de 100 m.

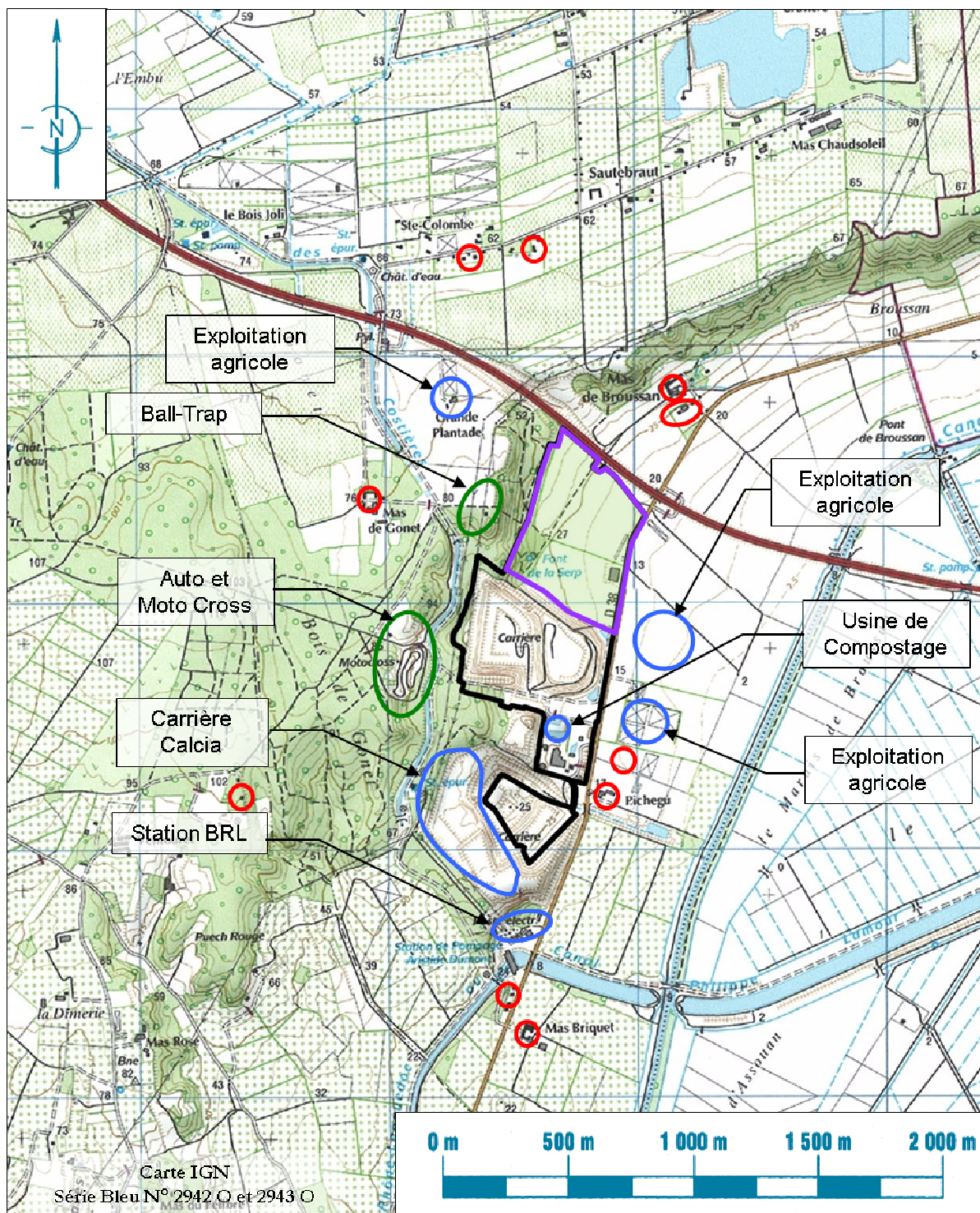
Points spécifiques

Au sein du domaine d'étude précédemment défini, les points spécifiques correspondent aux populations riveraines, vivant ou travaillant à proximité du projet, susceptibles d'être impactées par une éventuelle pollution issue du site.

Dans le cadre de cette étude, les points spécifiques retenus correspondent :

- aux habitations les plus proches du site,
- aux sites SITA FD, CALCIA, à la plateforme de compostage TERRALYS et à la station de pompage BRL,
- aux exploitations agricoles les plus proches du site,
- aux sites du Ball Trap et du Motocross.

Leur localisation est présentée sur la figure ci-après.



Légende

- Limite du projet SITA SUD
- Site SITA FD
- Habitations proches
- Activités récréatives
- Activités professionnelles

Figure 2 : Localisation des points spécifiques à proximité du site

3.2 Topographie

L'effet local du relief sur les champs de vent a été pris en compte. Le modèle de dispersion a donc été couplé au modèle d'écoulement fluide FLOWSTAR.

3.3 Rugosité

La nature des sols, pouvant influencer la progression des panaches, a été caractérisée grâce à un paramètre de rugosité. Ce paramètre, couramment utilisé dans les modèles de dispersion atmosphérique, représente la nature rugueuse des obstacles occupant le sol. Il a la dimension d'une longueur variant entre 10^{-3} m (surface désertique) et environ 1,5 m pour les sols urbains les plus denses. Ces données sont disponibles sous forme d'une grille dont les valeurs sont issues de la base Corine Land Cover, disponible auprès de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement).

Dans le cadre de cette étude, les rugosités de surface utilisées en entrée du modèle sont réparties sur un intervalle allant de 0.1 m à 1 m. Ces dernières sont représentées dans la figure ci-après.

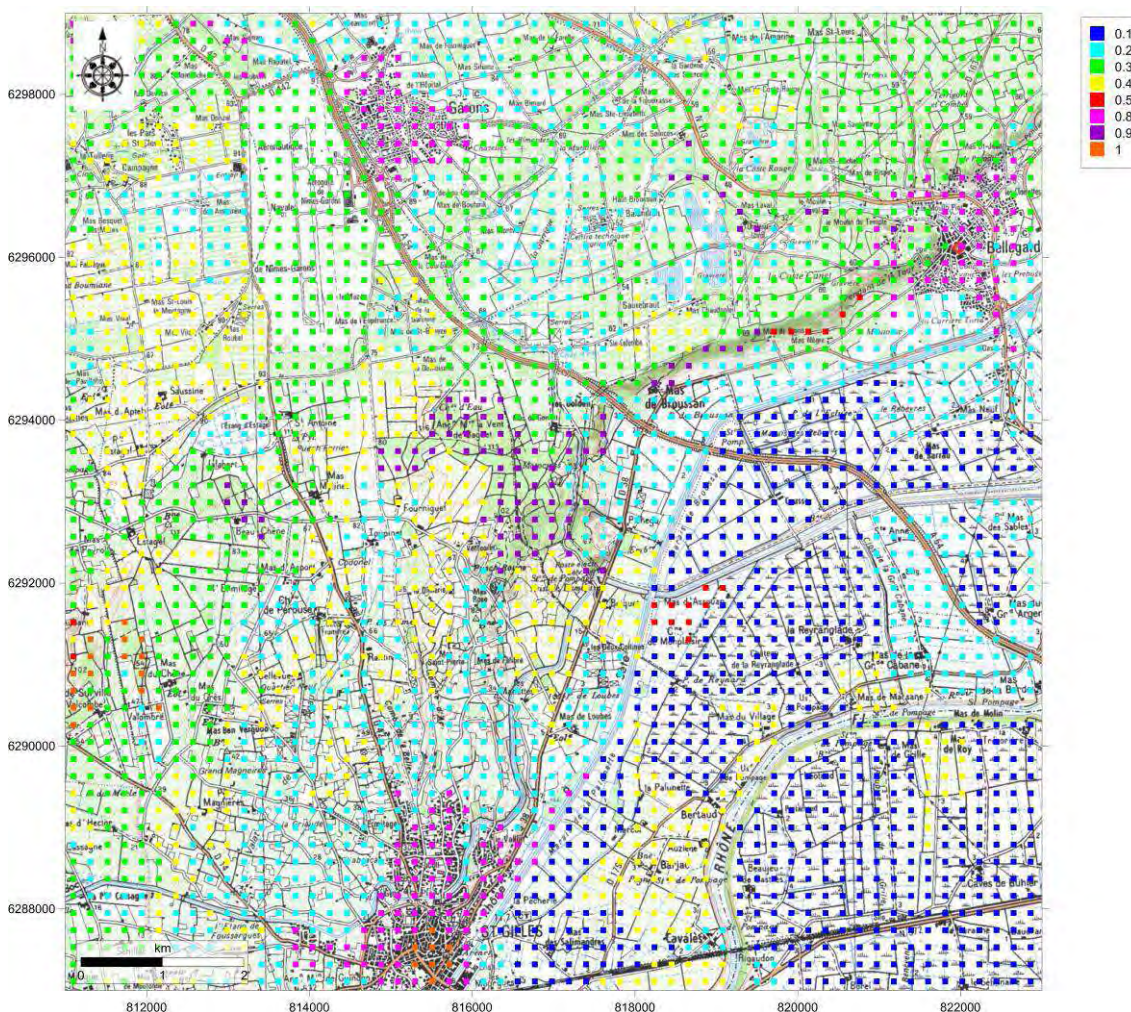


Figure 3 : Rugosité de surface sur la zone d'étude

3.4 Données météorologiques

Les calculs prennent en compte la météorologie locale, à savoir les données tri-horaires fournies par Météo-France et qui correspondent à 2 années complètes successives (2006 et 2007) au niveau de la station départementale de Nîmes-Garons concernant les paramètres suivants :

- Température au sol,
- Vitesse et direction du vent moyen à 10 m,
- Précipitations.

Cette station est localisée à moins de 5 km au nord-ouest du site étudié. Du fait de sa proximité, les mesures effectuées sont considérées comme représentatives des conditions météorologiques généralement observées au niveau du projet SITA SUD.

Afin de vérifier la représentativité de ces données, une rose des vents a été réalisée, à l'aide du logiciel ADMS 4 (cf. figure ci-après). Une rose des vents représente les fréquences des moyennes tri-horaires (1 valeur moyenne toutes les trois heures) fournies par Météo-France pour les vents. Les vents sont regroupés par catégories de vitesse et par direction. Ils sont représentés par des segments de longueur proportionnelle à leur fréquence d'occurrence et orientés selon la provenance du vent.

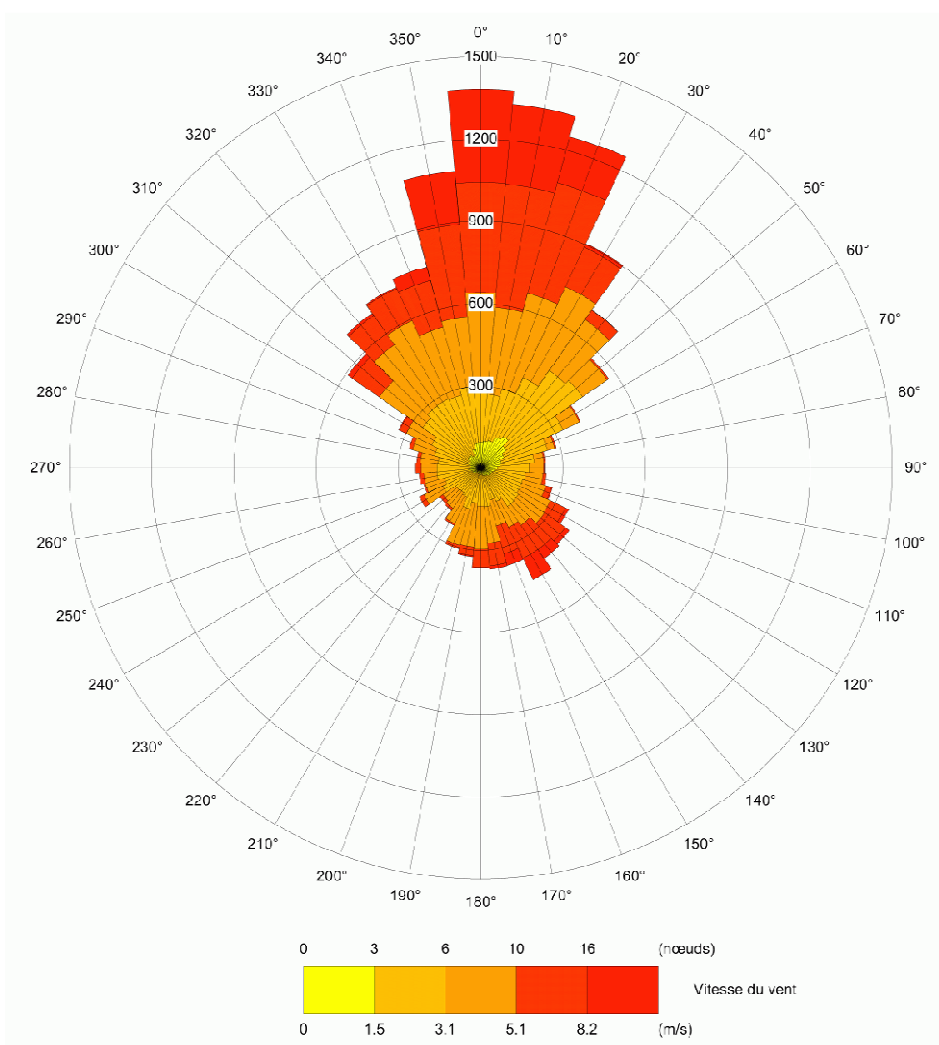


Figure 4 : Rose des vents réalisée à l'aide du logiciel ADMS 4

Il apparaît que cette rose des vents est cohérente avec la rose des vents décennale fournie par Météo-France et présentée dans la figure ci-après.

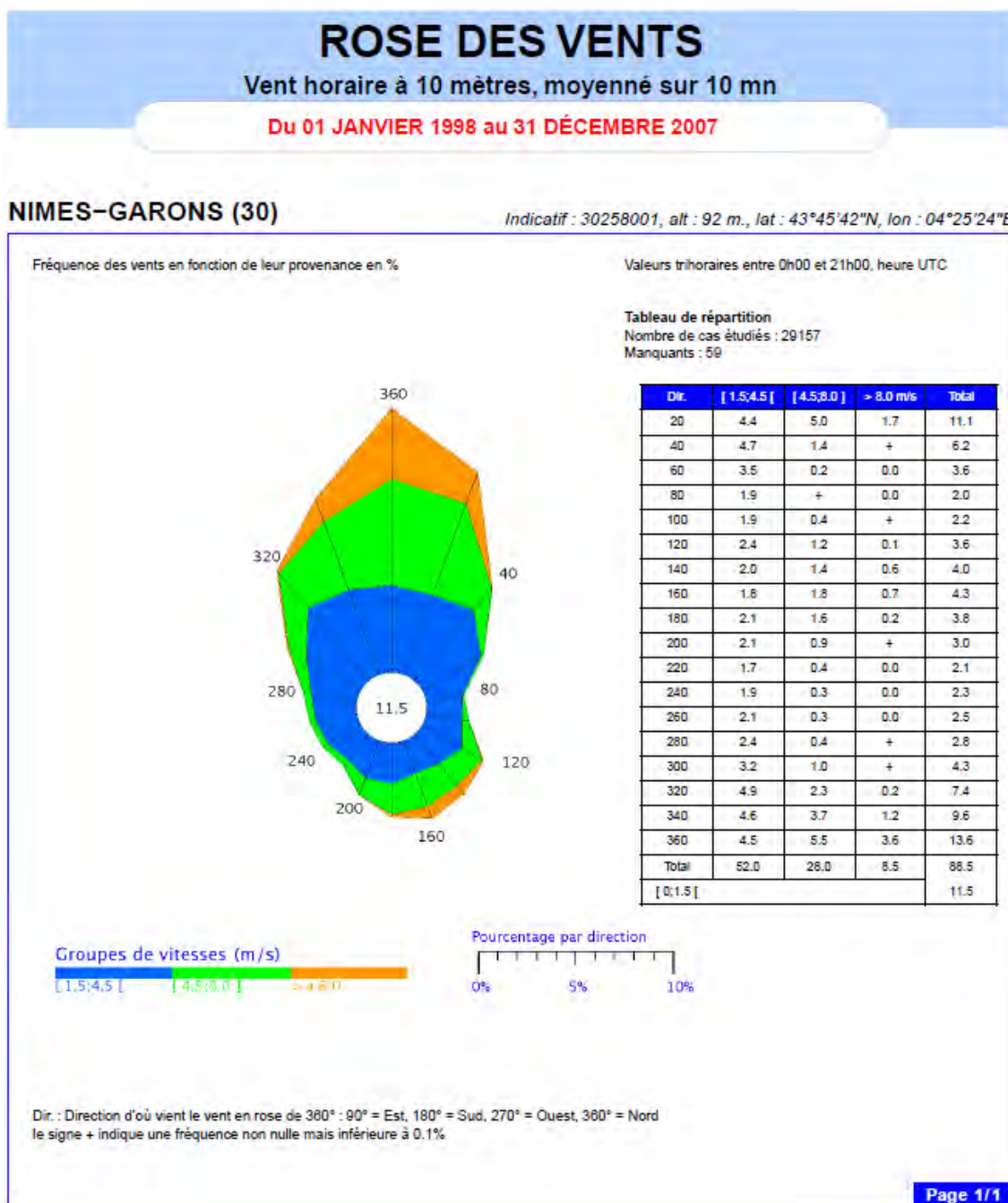


Figure 5 : Rose des vents décennale de la station Nîmes-Garons de 1998 à 2007 (Source : Météo France)

3.5 Prise en compte du bâti

Les bâtiments présents sur ou à proximité immédiate des sources peuvent avoir un effet significatif sur la dispersion des polluants et engendrer une augmentation du maximum des concentrations simulées au niveau du sol.

Le bâtiment du projet de la Roseraie a donc été pris en compte. Les caractéristiques de ce bâtiment sont présentées sur la figure suivante.

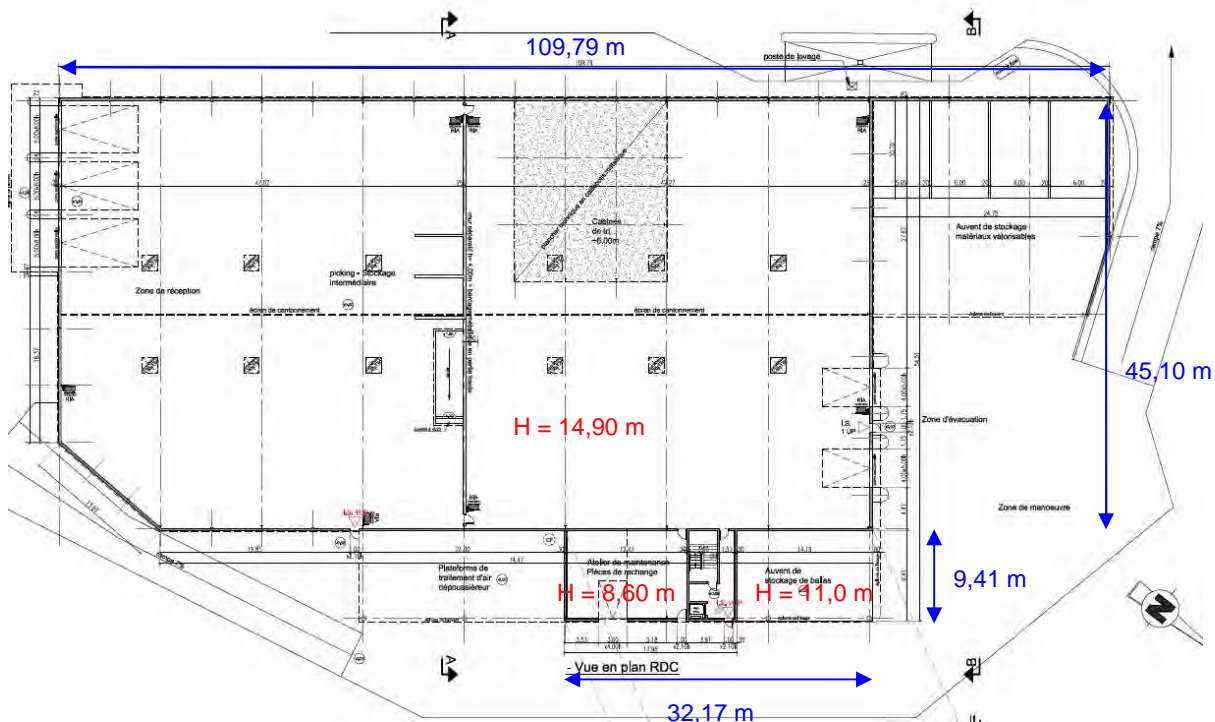


Figure 6 : Caractéristiques du bâtiment du projet de la Roseraie

Les bâtiments de la plate-forme de compostage TERRALYS (FERTISUD) et du site SITA FD ont également été pris en compte. Ils sont localisés sur la figure ci-après.



Figure 7 : Bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD, pris en compte dans la modélisation

3.6 Sources, polluants et émissions modélisées

Les caractéristiques des sources et des émissions sont issues :

- Pour le projet SITA SUD de la Roseraie, du rapport ARCADIS relatif à la modélisation de dispersion atmosphérique des rejets du projet de la Roseraie, référencé FR0110-001447- AFR-MOD-01-RPT-A03, en date du 26/02/13 ;
- Pour la plate-forme de compostage TERRALYS et pour le site SITA FD, du rapport NUMTECH relatif à la modélisation de l'impact cumulé des rejets atmosphériques des sites SITA FD et de l'usine de compostage TERRALYS, référencé R/231.1011 & 486.1208/ECI en date de décembre 2011.

Les composés modélisés correspondent aux polluants communs des différents sites, à savoir :

- Pour les composés gazeux : Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H_2S), 1,2-Dichloroéthane, Naphtalène ;
- Pour les composés particulaires : poussières assimilées à des PM10.

A partir des caractéristiques des sources de rejet (présentées dans les paragraphes ci-après), ont été simulés, dans le cadre du fonctionnement normal des installations retenu pour l'étude :

- la contribution des différents sites aux concentrations en polluants gazeux (Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H₂S), 1,2-Dichloroéthane, Naphtalène) et en poussières (PM10), exprimée en termes de moyennes annuelles, à la cote 1.5 m par rapport au TN,
- la contribution des différents sites aux dépôts moyens annuels au sol des poussières (PM10),
- le percentile 90.4 pour les poussières PM10, correspondant à la valeur moyenne journalière maximale dépassée 35 jours par an, à la cote 1.5 m par rapport au TN.

3.6.1 Projet SITA SUD de la Roseraie

Les sources du projet de la Roseraie prises en compte dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Les rejets diffus de Biogaz au niveau de la zone de stockage,
- Les rejets canalisés des torchères,
- Les rejets canalisés des 2 unités de traitement des lixiviats EVALIX,
- Le rejet canalisé du dépoussiéreur situé au niveau du bâtiment de tri.

Ces sources sont localisées sur la figure ci-après.

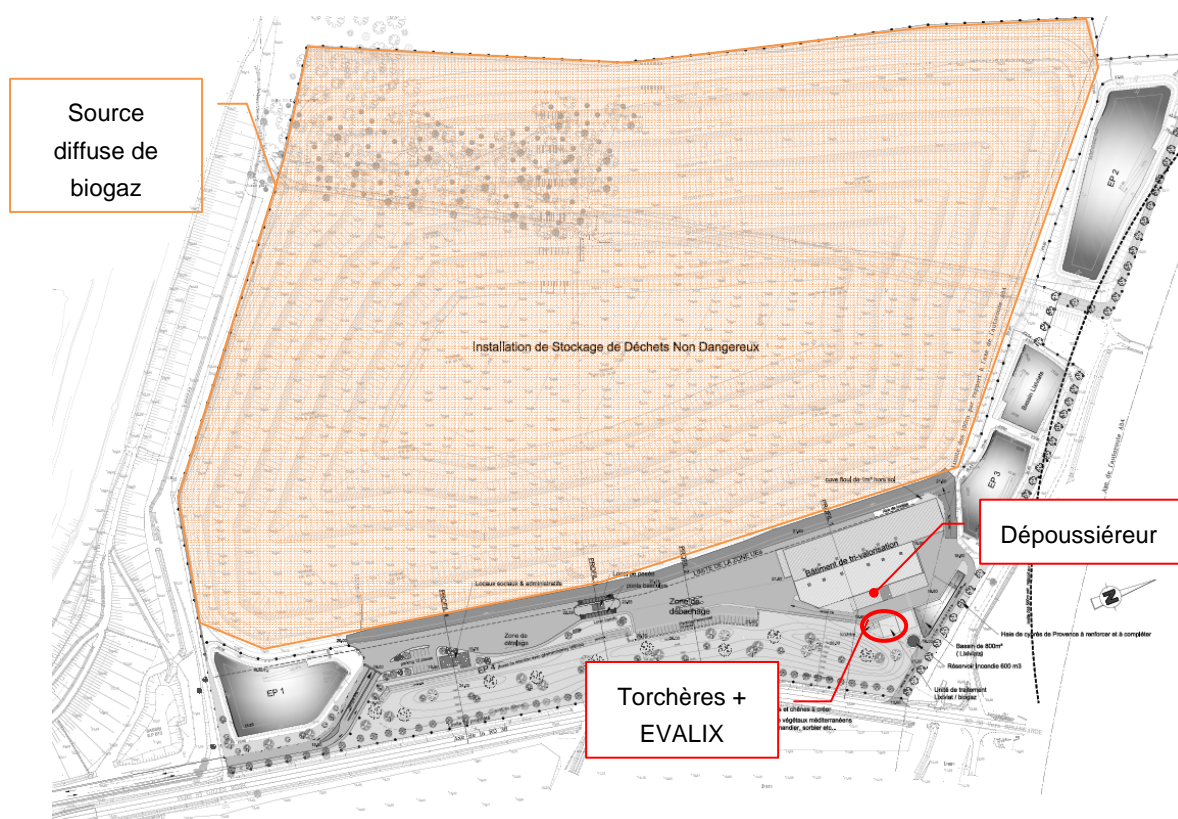


Figure 8 : Localisation des sources du projet de la Roseraie

Les caractéristiques de ces sources sont présentées dans le tableau ci-après.

Sources	Diffus Biogaz	Torchère BG1000		Torchère BG2000	EVALIX 1	EVALIX 2	Dépoussiéreur
		EVALIX en fonctionnement	EVALIX à l'arrêt	EVALIX à l'arrêt			
Type	diffus surfacique	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé	canalisé
Surface (m ²)	177500	-	-	-	-	-	-
Diamètre (m)	-	1,4	1,4	1,75	0,5	0,5	0,85
Débit (Nm ³ /h)	710	6 270	7 657	8 576	8 000	8 000	30 000
Vitesse d'émission (m/s)	0,001	-	-	-	-	-	-
Hauteur rejet (m)	TN	7	7	8,63	13	13	19,9
Température d'émission (°C)	Ambiante	900	900	1050	360	360	Ambiante
Fonctionnement	continu	7 183 h/an	1 577h/an	1 577h/an	7 183 h/an	7 183 h/an	3 900 h/an

Tableau 1 : Caractéristiques des sources d'émission du projet SITA SUD de la Roseraie

Les caractéristiques des émissions pour les polluants modélisés du projet SITA de la Roseraie sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Sources	Diffus Biogaz	Torchère BG1000		Torchère BG2000	EVALIX 1	EVALIX 2	Dépoussiéreur
		EVALIX en fonctionnement	EVALIX à l'arrêt	EVALIX à l'arrêt			
Flux de Composés	en g/s/m2	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s	en g/s
Benzène	3,43E-08	1,33E-04	3,57E-05	4,00E-05	3,64E-03	3,64E-03	-
H ₂ S	8,66E-09	3,37E-05	9,03E-06	1,01E-05	-	-	-
1,2-dichloroéthane	9,03E-09	2,34E-04	6,27E-05	7,02E-05	3,64E-03	3,64E-03	-
Poussières assimilées à PM10	-	7,14E-04	1,91E-04	2,14E-04	1,82E-02	1,82E-02	7,42 E-02
HCl	-	8,14E-03	2,18E-03	2,44E-03	9,11E-02	9,11E-02	-
HF	-	1,83E-03	4,90E-04	5,49E-04	9,11E-03	9,11E-03	-
Naphtalène	4,62E-10	1,80E-06	4,81E-07	5,39E-07	3,64E-03	3,64E-03	-
Tétrachloroéthylène	6,82E-08	1,77E-03	4,74E-04	5,31E-04	2,73E-03	2,73E-03	-
Trichloroéthylène	5,02E-08	1,30E-03	3,49E-04	3,91E-04	3,64E-03	3,64E-03	-

Tableau 2 : Emissions des sources modélisées pour le projet SITA SUD de la Roseraie

3.6.2 Plate-forme de compostage TERRALYS

Les sources de la plate-forme de compostage TERRALYS prises en compte dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Les rejets diffus des andains de maturation,
- Les rejets canalisés des tours de lavage.

La localisation de ces sources est présentée sur la figure ci-après.

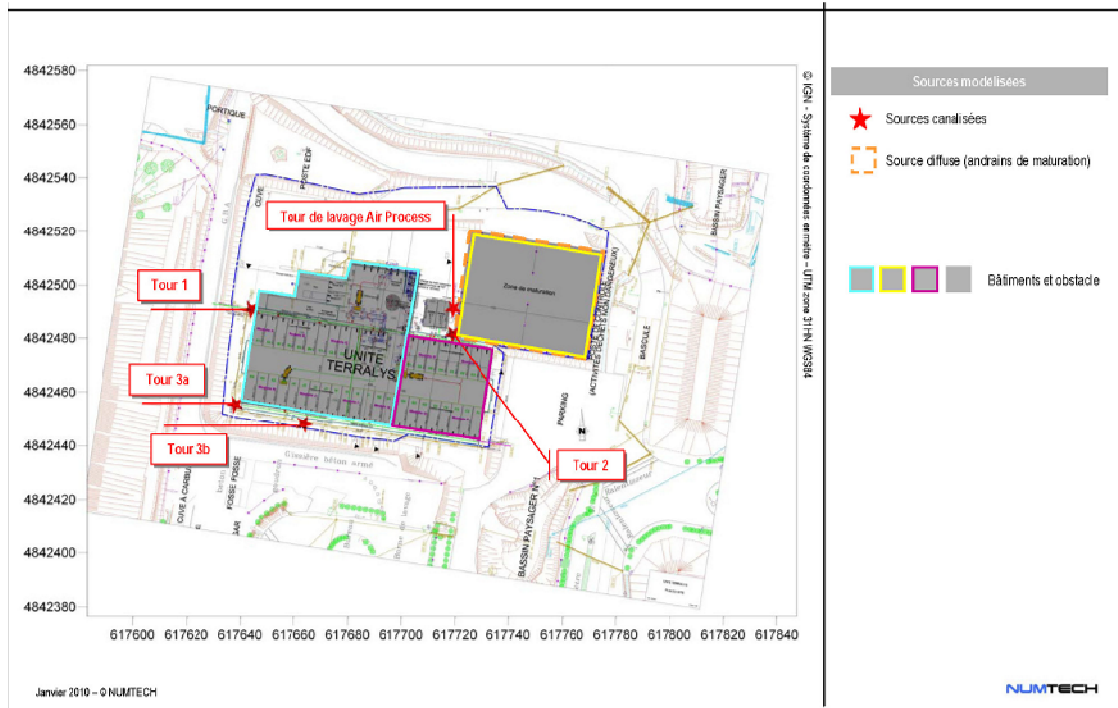


Figure 9 : Localisation des sources de la plate-forme de compostage TERRALYS (source NUMTECH)

Les caractéristiques de ces sources ainsi que les émissions de polluants associées à ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Sources	TOUR 1	TOUR 2	TOUR 3a	TOUR 3b	Tour de lavage Air Process	Andains de maturation
Caractéristiques						
Type	Canalisé	Canalisé	Canalisé	Canalisé	Canalisé	Diffus surfacique
Surface (m ²)	-	-	-	-	-	2275
Diamètre (m)	0,9	0,9	1,12	0,9	0,8	-
Débit (Nm ³ /h)	20540	16790	37350	21280	18550	5230
Vitesse d'émission (m/s)	9,4	7,3	10,44	9,2	8,93	0,001
Hauteur rejet (m)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,2	3 (murs enceinte 4 m)
Température émission (°C)	20,7	22	20,5	16,8	41,8	Ambiante
Fonctionnement	Continu	Continu	Continu	Continu	Continu	Continu
Composés (mg/Nm³)						
Benzène	0,01	0,002	0,002	0,002	0,017	0,006
H ₂ S	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
1,2-dichloroéthane	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	0,002	0,118	0,002	0,002	0,27	0,002

Tableau 3 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées de la plate-forme de compostage (source NUMTECH)

3.6.3 SITA FD - Bellegarde 1

Les sources du site SITA FD Bellegarde 1 prises en compte dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Les rejets diffus de la biopile en cours de montage,
- Les rejets diffus du poste de criblage de l'UPMT (Unité de Préparation Mécanique des Terres),
- Les rejets diffus des aires de stockage de terres polluées de l'UPMT.

La localisation de ces sources est présentée sur la figure ci-après.

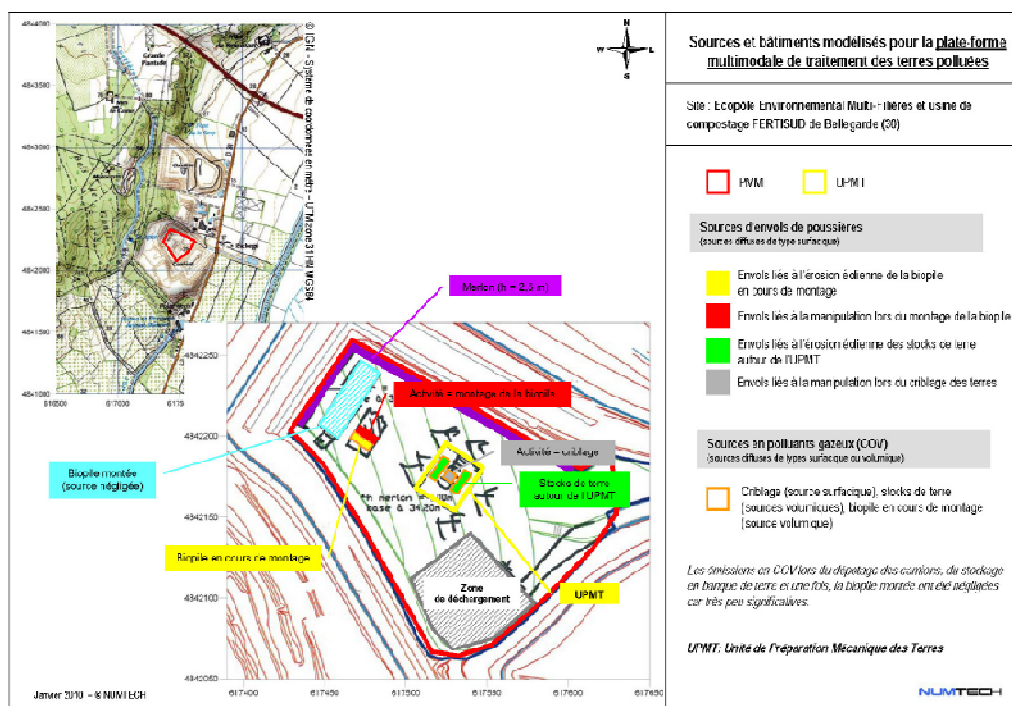


Figure 10 : Localisation des sources du site SITA FD Bellegarde 1 (source NUMTECH)

Les caractéristiques de ces sources ainsi que les émissions de polluants associées à ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Sources	Biopile en cours de montage	Criblage UPMT	Stockage de terre UPMT (2 aires)
Caractéristiques			
Type	Diffus volumique (pour les composés gazeux) et diffus surfacique pour les poussières	Diffus surfacique	Diffus volumique (pour les composés gazeux) et diffus surfacique pour les poussières
Surface (m ²)	15	16	150
Volume (m ³)	75	-	450
Vitesse d'émission (m/s)	-	0,001	-
Hauteur rejet ou hauteur total du volume (m)	5	5	3
Température émission (°C)	Ambiante	Ambiante	Ambiante
Fonctionnement	Continu	2 à 3 j tous les 15 jours (soit 60j/an) 9h/j	Continu
Composés	en g/s	en g/s	en g/s annuel
Benzène	1,111E-06	1,598E-11	2,778E-06
Poussières assimilées à des PM10	1,332E-05	1,427E-05	1,268E-06

Tableau 4 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées au site SITA FD Bellegarde 1 (Source NUMTECH)

3.6.4 SITA FD Bellegarde 2

Les sources du site SITA FD Bellegarde 2 prises en compte dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

- Les rejets diffus de Biogaz au niveau de la zone de stockage,
- Les rejets canalisés de la torchère,
- Les rejets diffus de la biopile en cours de montage.

La localisation de ces sources est présentée sur la figure ci-après.

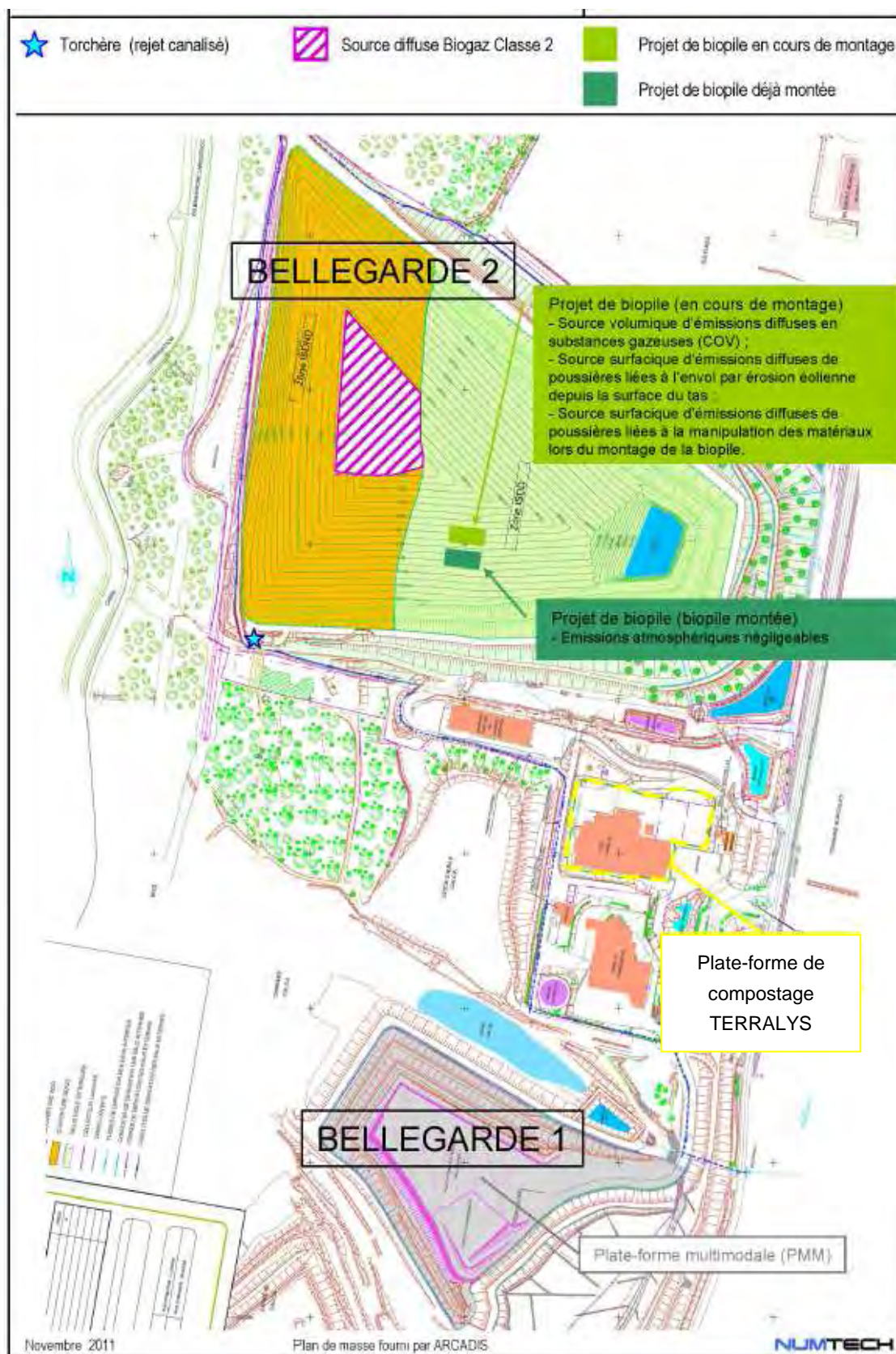


Figure 11 : Localisation des sources du site SITA FD Bellegarde 2 (source NUMTECH)

Les caractéristiques de ces sources ainsi que les émissions de polluants associées à ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Sources	Torchère	Biogaz classe 2	Biopile en cours de montage	
Caractéristiques				
Type	Canalisée	Diffus surfacique	Diffus volumique (pour les composés gazeux) et diffus surfacique pour les poussières	
Surface (m ²)	-	10000	60	
Volume (m ³)	-	-	420	
Diamètre (m)	1,74	-	-	
Débit (Nm ³ /h)	10720	1100	-	
Vitesse d'émission (m/s)	11,9	0,001	-	
Hauteur rejet ou hauteur total du volume (m)	10.5 m	59 mNGF	7 m	
Température émission (°C)	900	Ambiante	Ambiante	
Fonctionnement	continu	continu	continu	
Composés	en g/s	en g/s/m²	en g/s/m³	en g/s/m²
Benzène	2,78E-04	9,50E-07	2,65E-09	-
H ₂ S	7,02E-05	2,40E-07	-	-
1,2-dichloroéthane	4,88E-04	2,50E-07	-	-
Poussières assimilées à des PM ₁₀	1,49E-03	-	-	2,48E-07

Tableau 5 : Caractéristiques des sources d'émission et émissions associées au site FD Bellegarde 2 (source NUMTECH)

3.7 Synthèse des données d'entrée et des hypothèses du modèle

Le tableau suivant synthétise les données d'entrée et les hypothèses retenues pour la modélisation.

Thèmes	Hypothèses / Données d'entrée
Domaine d'étude	10 x 10 km
Points spécifiques	Habitations/entreprises/activités les plus proches du projet
Topographie	Prise en compte du relief. Utilisation du modèle FLOWSTAR
Rugosité	Grille adaptative de 10 x 10 km
Données météorologiques	2 années de données tri-horaires fournies par METEO France : 2006 et 2007 à la station de Nîmes-Garons (30)
Bâtiments	Prise en compte du bâtiment du projet SITA SUD de la Roseraie et des bâtiments de la plate-forme de compostage et du site SITA FD Bellegarde 2
Sources	Sources du projet SITA SUD de la Roseraie, de la plate-forme de compostage TERRALYS, des sites SITA FD Bellegarde 1 et 2
Composés modélisés	Benzène, Sulfure d'Hydrogène (H ₂ S), 1,2-Dichloroéthane, Naphtalène, Poussières PM10

Tableau 6 : Synthèse des hypothèses et des données d'entrée retenues pour la modélisation

4 Résultats de la modélisation

4.1 Résultats de la dispersion des rejets cumulés

Les résultats de la modélisation sont présentés en **Annexe 1** et **Annexe 2**, sous forme de cartographies d'iso-concentrations pour l'ensemble du domaine d'étude et sous la forme d'un tableau regroupant les résultats obtenus au niveau de points spécifiques.

Les principaux résultats de cette modélisation pour le mode de fonctionnement simulé sont :

- En moyenne, les panaches de polluants se dispersent principalement selon un axe nord/sud par rapport aux sources d'émission, en accord avec les directions dominantes des vents observés sur la zone d'étude ;
- Quel que soit le polluant considéré, les concentrations moyennes annuelles les plus élevées sur la zone d'étude sont localisées au droit du site et à proximité des limites de propriété. Ces valeurs diminuent ensuite lorsque l'on s'éloigne des sources.
- Les teneurs maximales aux niveaux des points spécifiques pour les l'ensemble des composés modélisés sont relevées au niveau de l'exploitation agricole située à l'est du projet de la Roseaie.

4.2 Commentaires concernant les incertitudes

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

4.2.1 Incertitudes intrinsèques au modèle

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Plusieurs articles internationaux rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site.

Ces résultats montrent que si les données d'entrée sont bien maîtrisées et en présence de topographie peu marquée, l'incertitude du modèle n'excède pas 50% en moyenne annuelle, 40% sans obstacles majeurs sur site. Pour les sources plus élevées de type cheminée, cette incertitude reste inférieure à 20%.

Le tableau suivant liste les principales composantes du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces composantes est classée selon 3 niveaux : faible, moyenne et modérée.

Modèle	Complexité	Commentaires
Relief sur le domaine	Faible	Le relief sur le domaine d'étude est relativement uniforme si ce n'est l'existence d'une plaine (Plaine de Camargue) et d'un plateau d'altitudes différentes.
Obstacles autour de l'installation	Moyenne	Les bâtiments sur et à proximité du site sont de dimensions comparables à la hauteur des sources ponctuelles.
Météorologie	Faible	L'écoulement atmosphérique n'est pas perturbé par des obstacles (relief..., la proportion de vent calme est faible et les phénomènes thermiques limités.
Complexité des sources	Moyenne	Les sources canalisées sont bien définies et ne présentent pas de complexité majeure contrairement aux sources diffuses, notamment les sources d'envol de poussières au niveau des sites SITA FD Bellegarde 1 et 2.
Echelles spatiales étudiées	Faible	Les échelles spatiales étudiées (de quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres) sont conformes au domaine de validité du modèle. Maillage de la grille de sortie.

Tableau 7 : Complexité du site et de son environnement

4.2.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée

Un bon modèle peut donner de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité. Les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion ADMS et leur niveau de qualité (mauvaise, moyenne, bonne) sont présentés dans le tableau ci-après.

Données d'entrée	Qualité	Commentaires
Relief sur le domaine	Bonne	Imprécision du Modèle Numérique de Terrain (MNT).
Occupation des sols	Bonne	Paramètre de rugosité variable sur le domaine issu de la base Corine Land Cover. Incertitude liée au maillage de la grille.

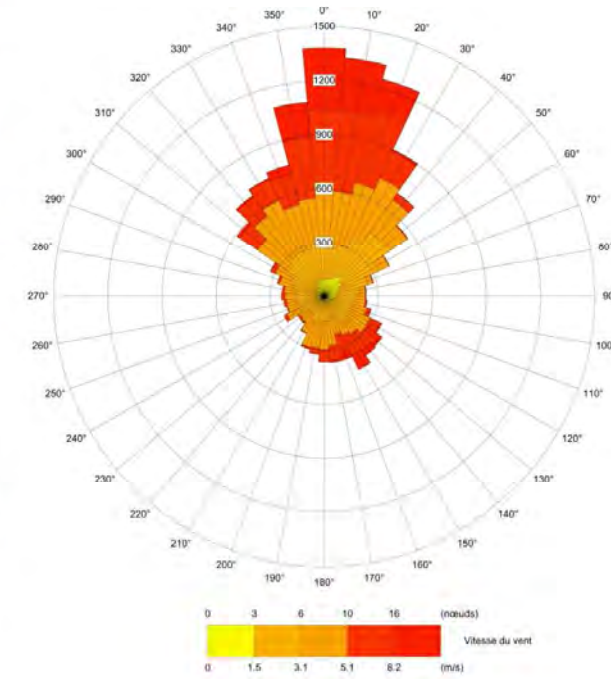
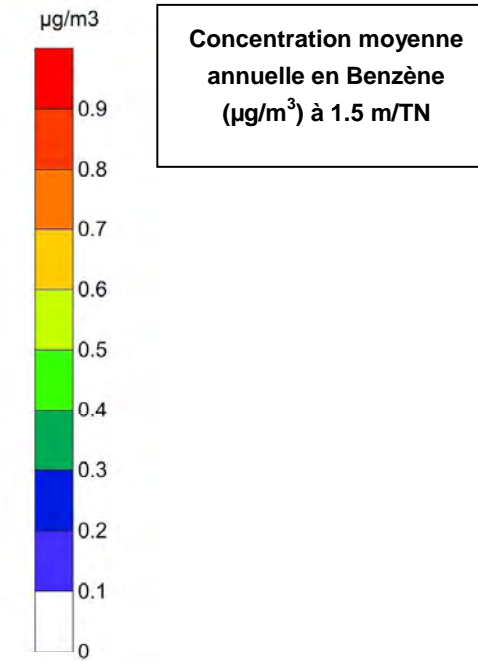
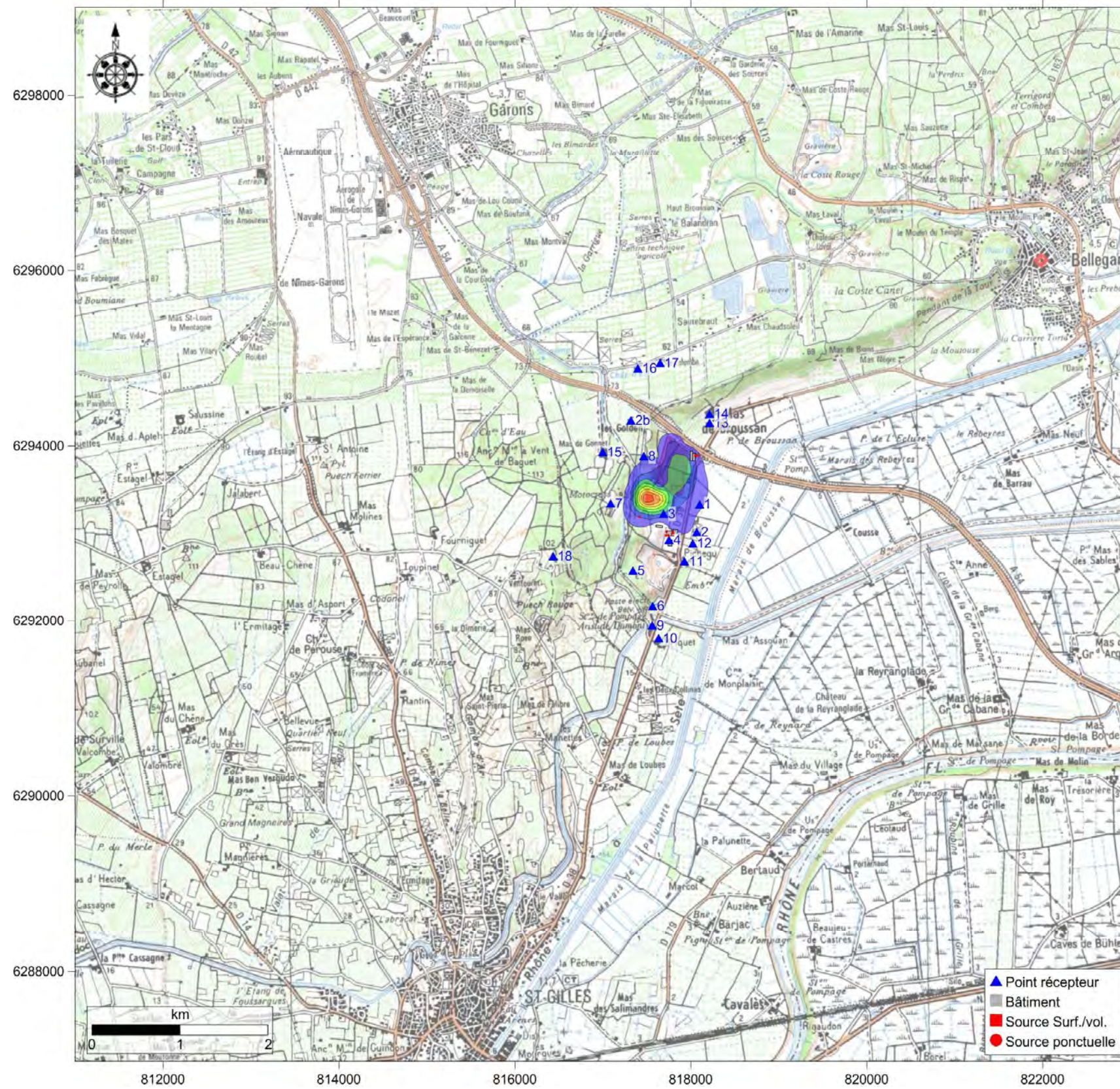
Données d'entrée	Qualité	Commentaires
Données météorologiques	Bonne	Données de la station Météo France de Nîmes-Garons, située à proximité immédiate du site et donc représentative de la zone d'étude. Très peu de données manquantes. Interpolation des données tri-horaires en données horaires.
Localisation des sources	Bonne	Données fournies par SITA
Caractéristiques physiques des sources	Bonne	Données fournies par SITA
Valeurs d'émission des sources	Bonne à mauvaise	Données issues de la bibliographie ou du retour d'expérience de SITA. Hypothèse concernant le projet de biopile de Bellegarde 2. Pour les émissions diffuses liées aux envols de poussières, évaluation théorique des taux d'émission basée sur des hypothèses majorantes.
Définition des polluants	Bonne	Hypothèse de dispersion des polluants comme traceurs passifs, réaliste compte tenu des concentrations faibles étudiées.

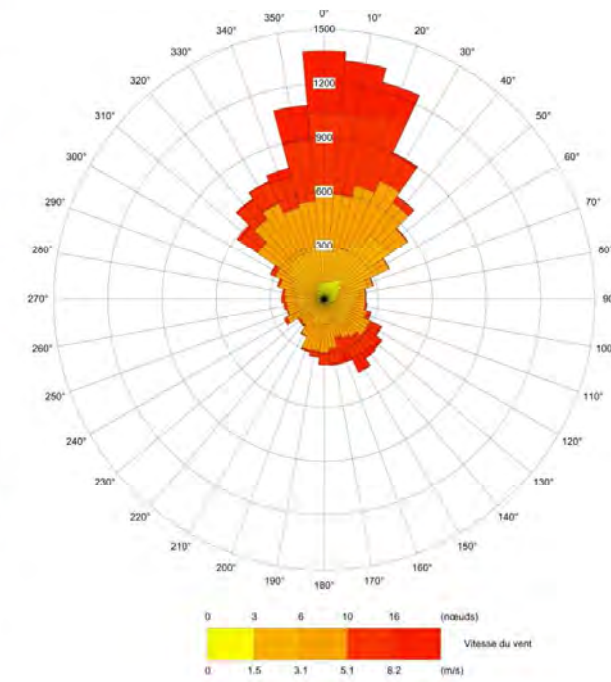
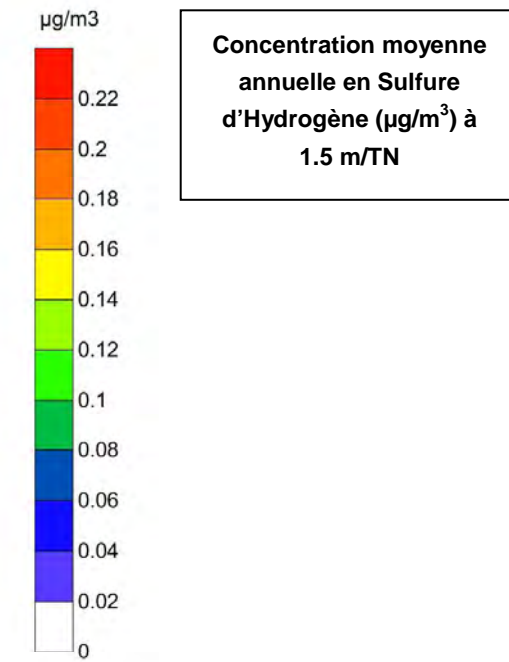
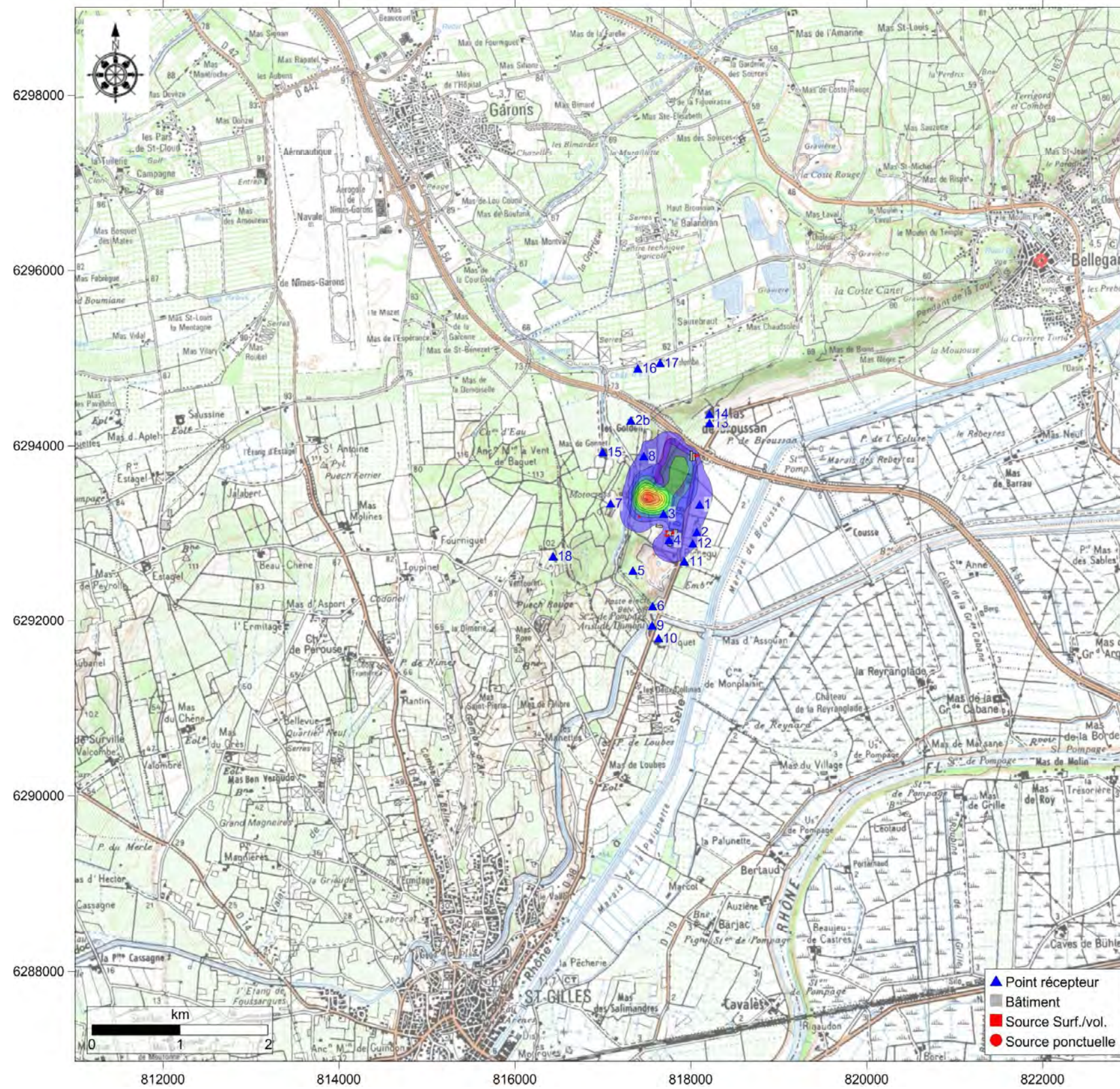
Tableau 8 : Qualité des données d'entrée du modèle

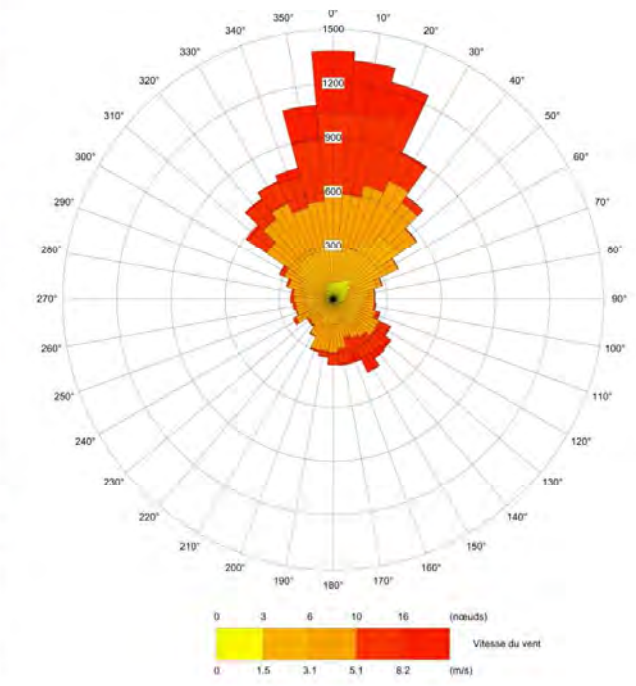
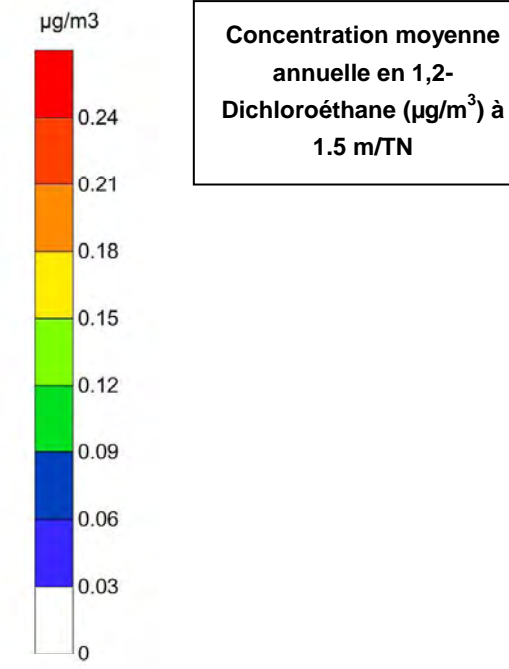
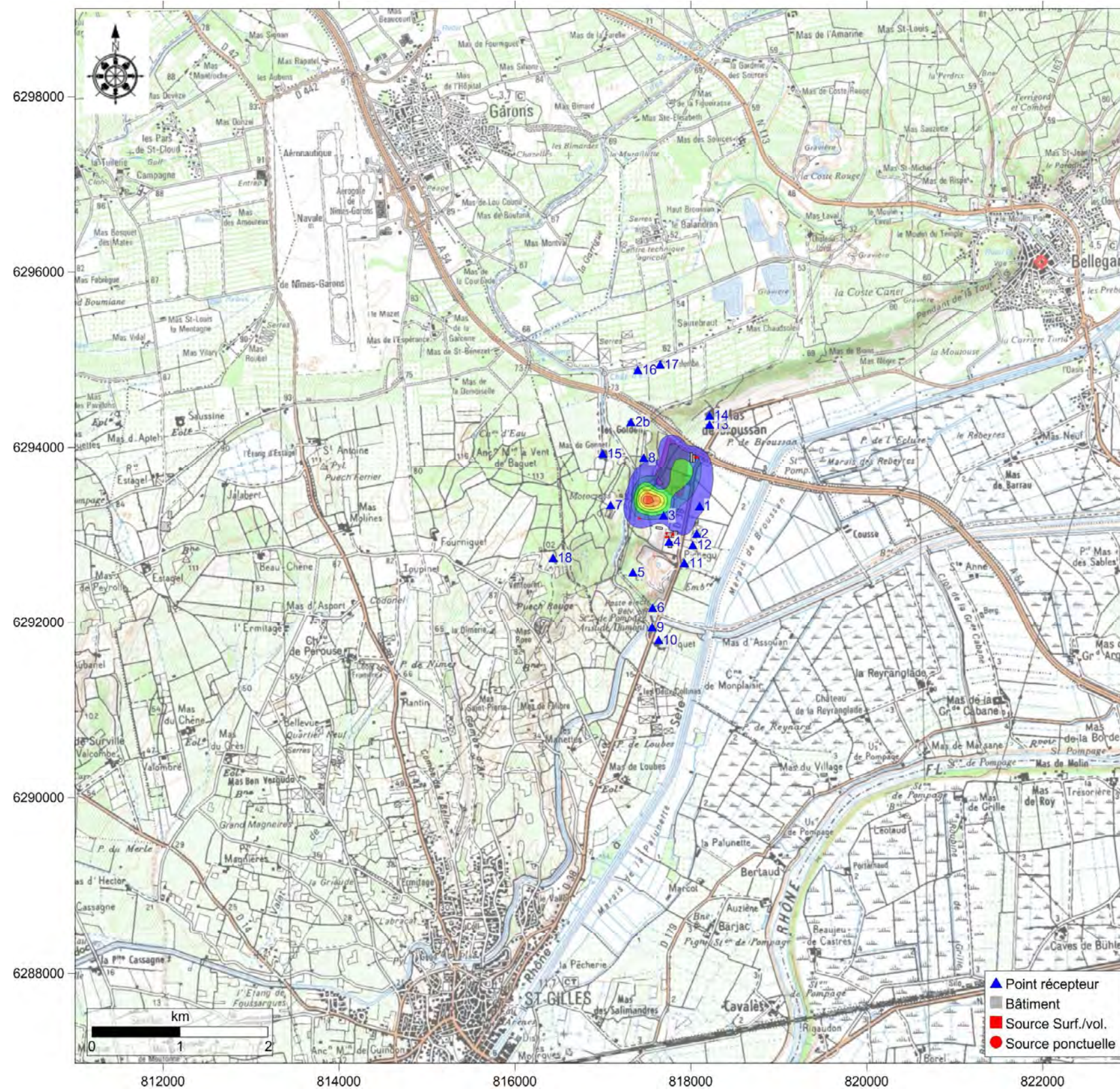
4.2.3 Conclusion

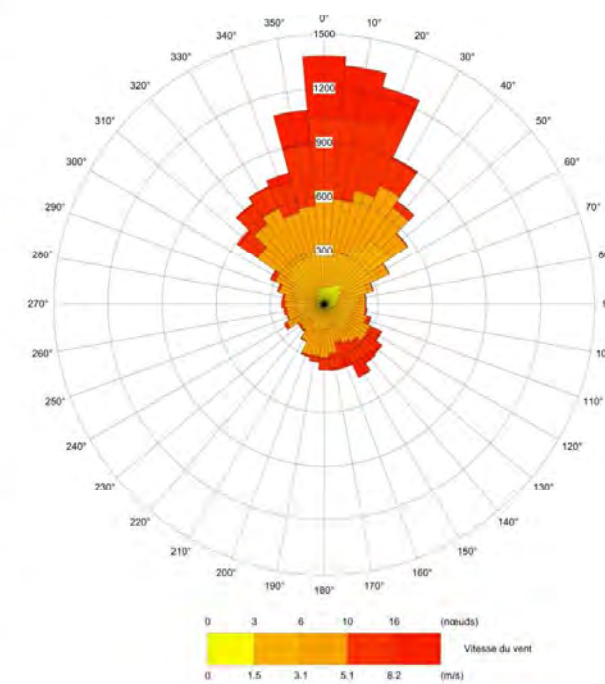
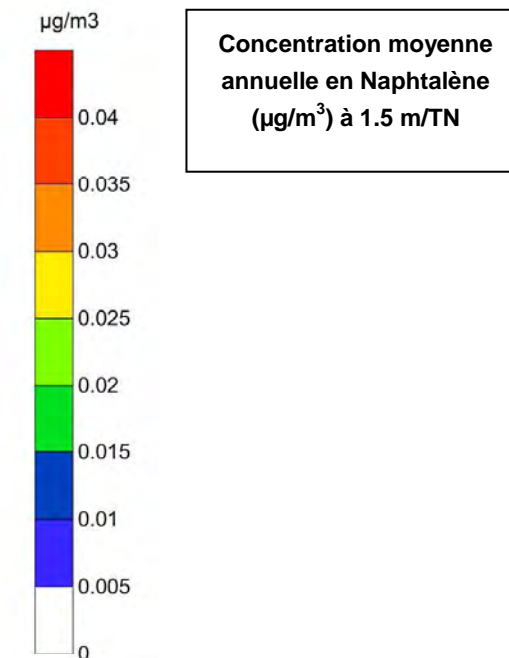
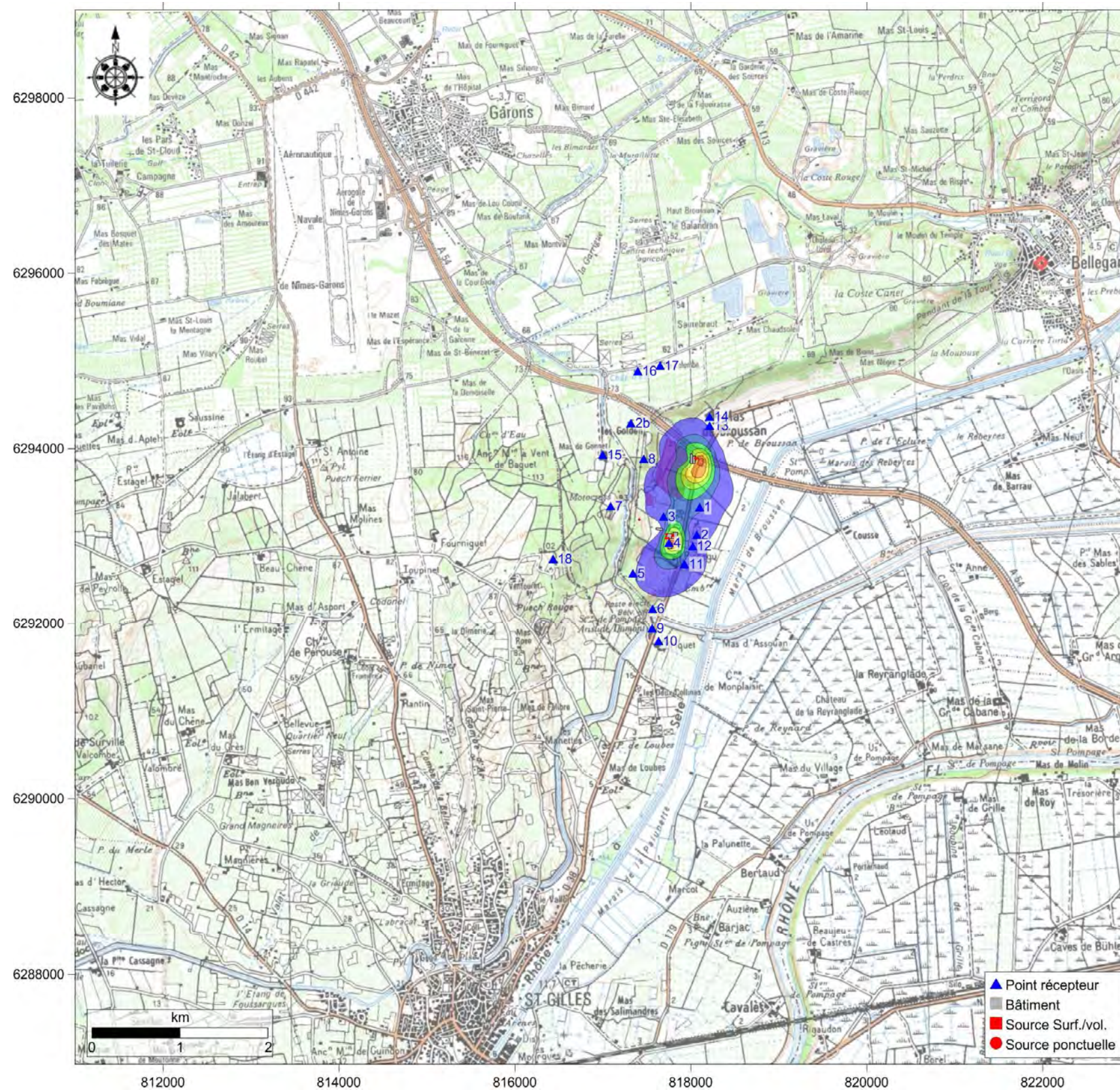
Même si il est difficile de quantifier avec précision l'incertitude sur les résultats, on retiendra globalement que les données du modèle sont de bonne qualité.

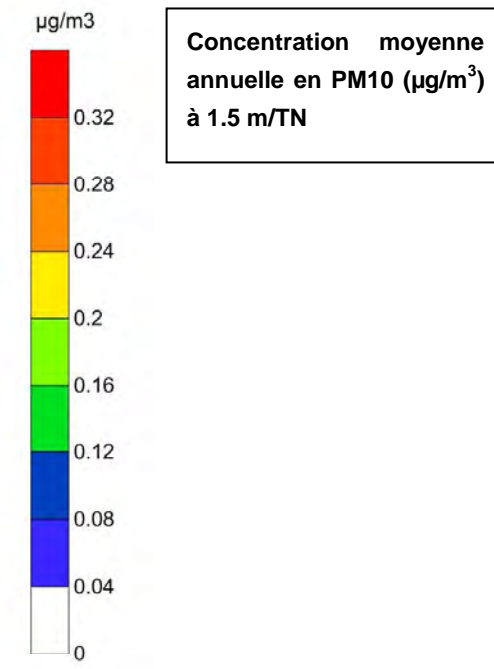
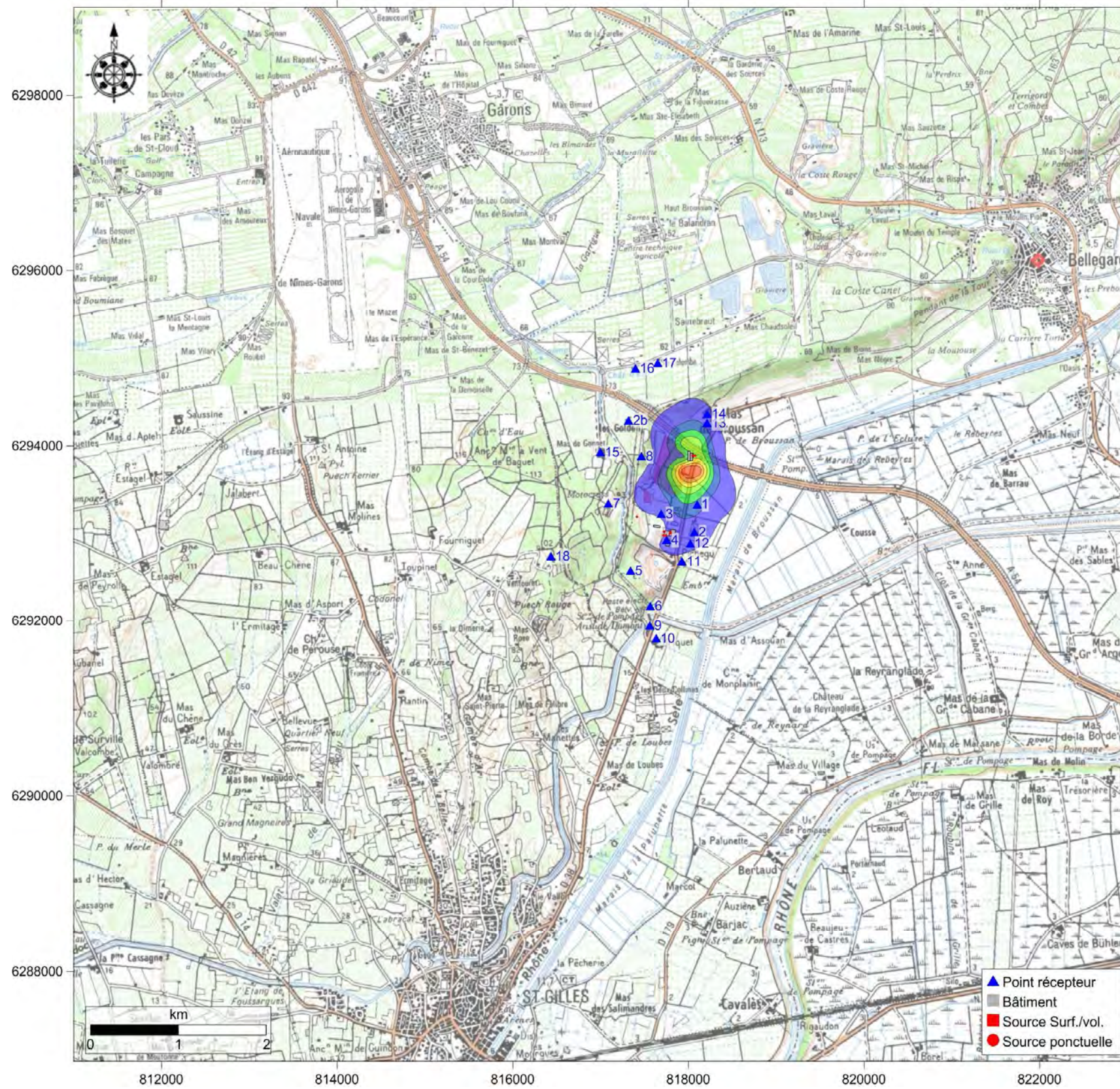
Annexe 1 Cartes d'iso-concentrations modélisées



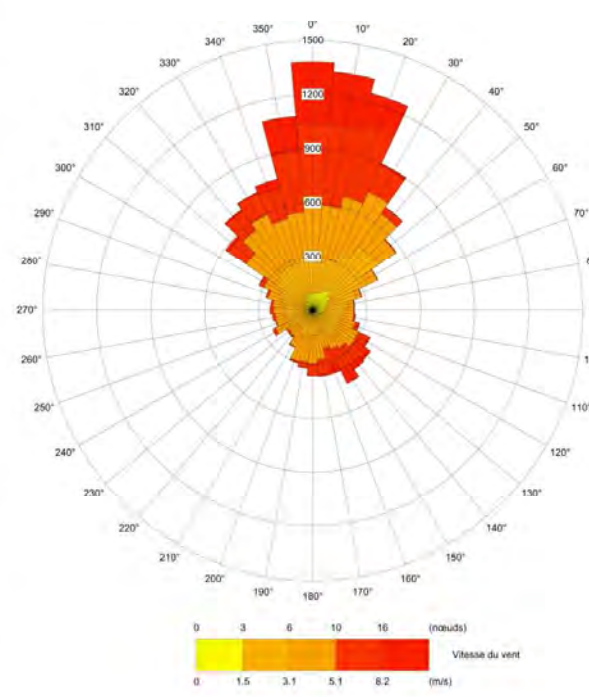


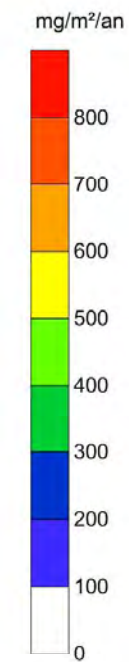
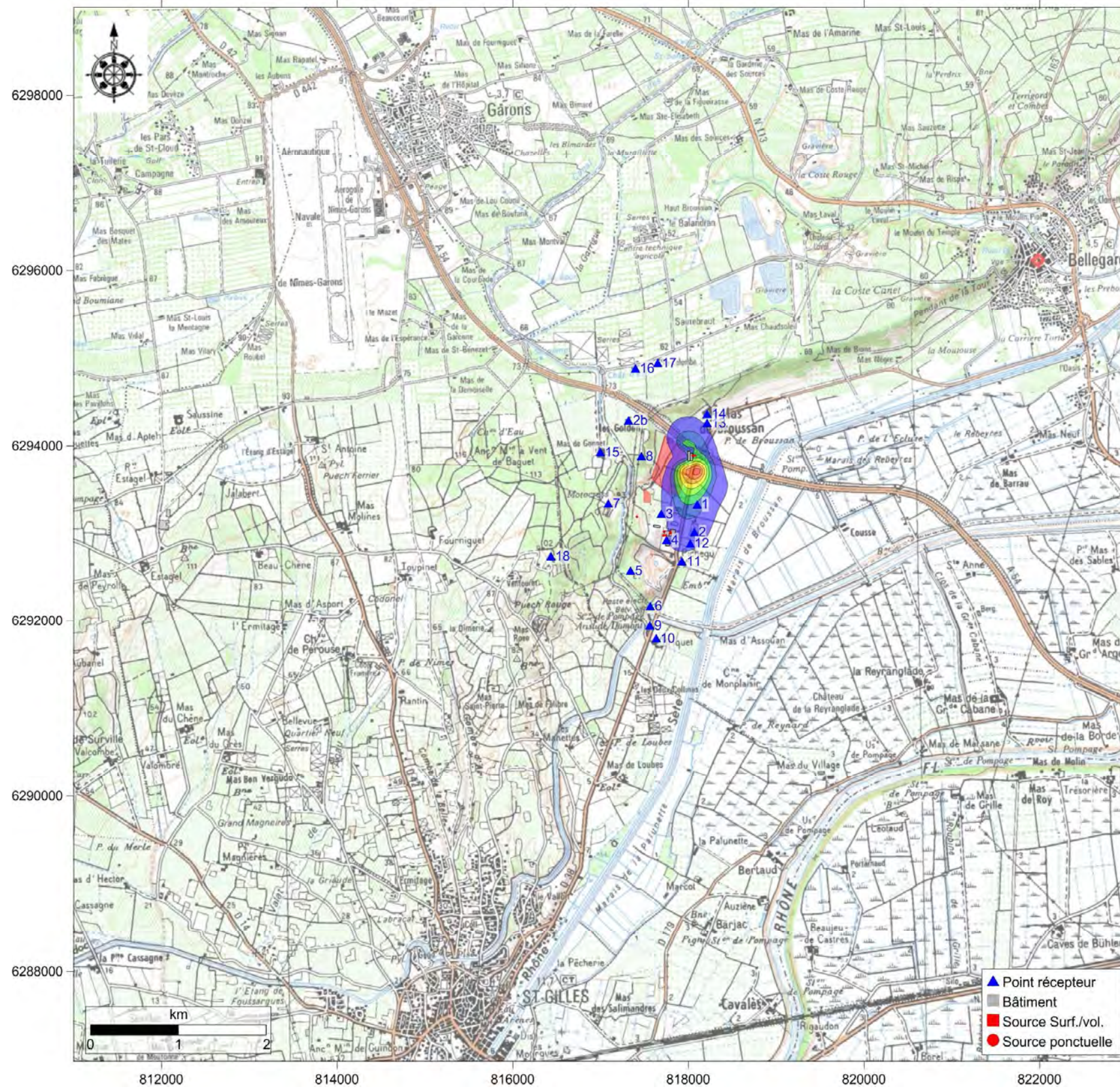




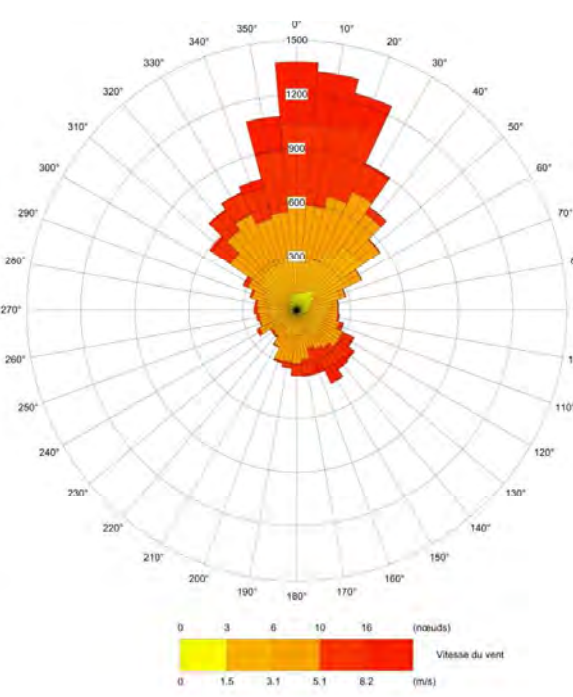


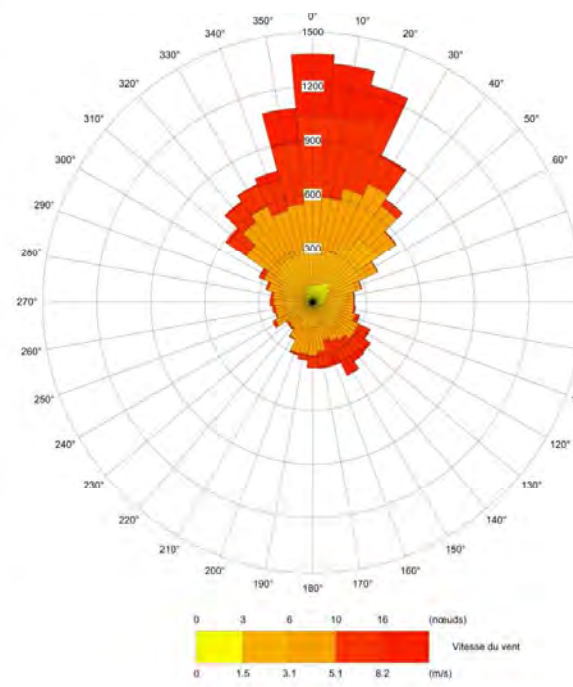
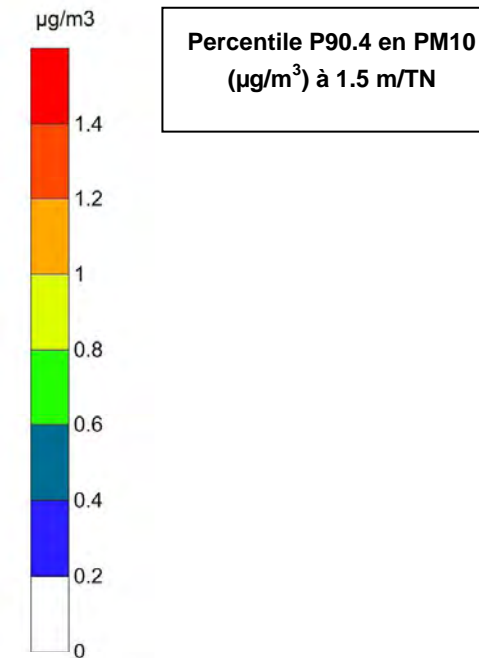
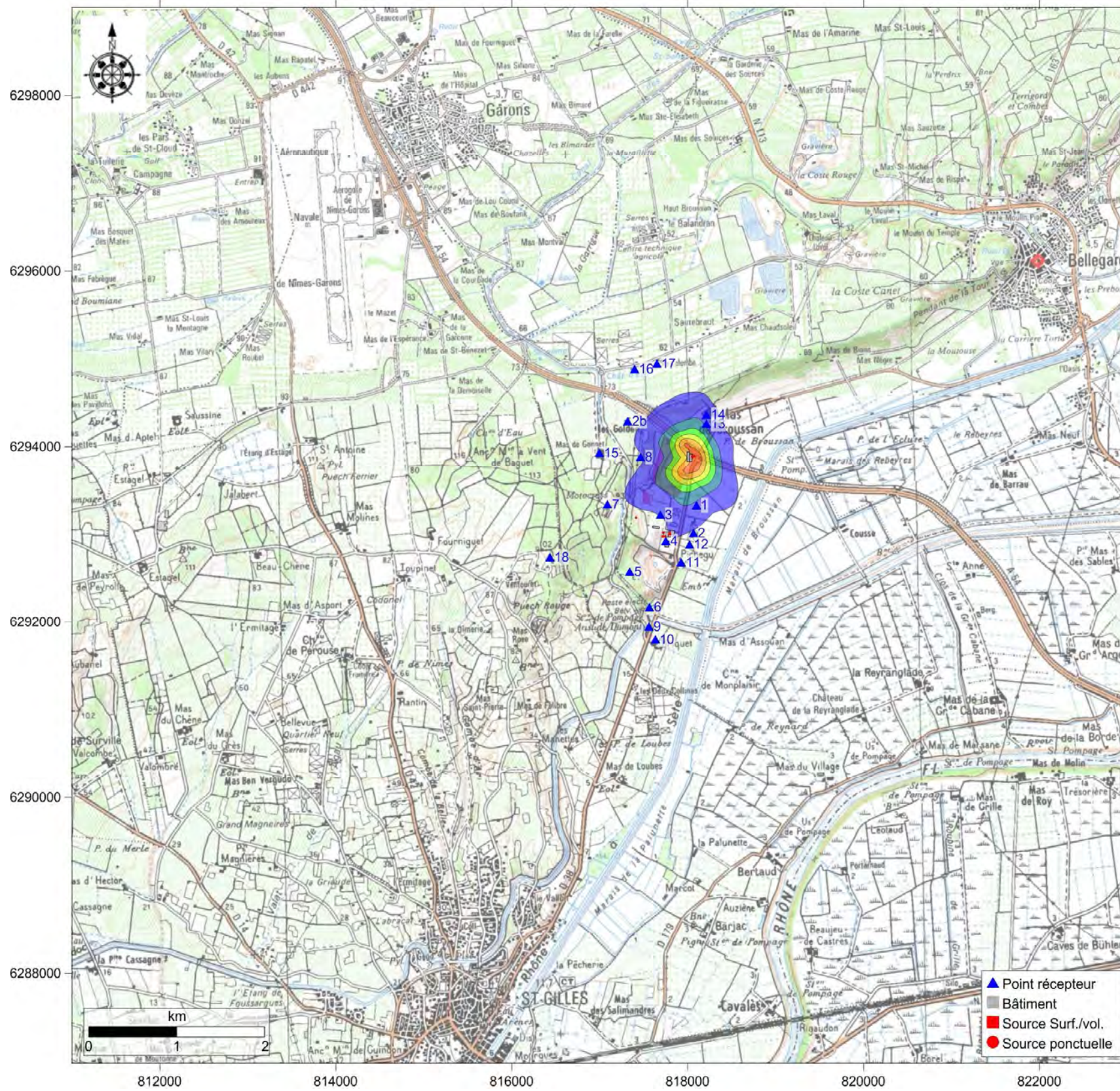
Concentration moyenne annuelle en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à 1.5 m/TN





Dépôt moyen annuel en
PM10 (mg/m²/an)





Annexe 2 Tableau de synthèse des teneurs modélisées aux points spécifiques

Points spécifiques		X(m)	Y(m)	PM10			Benzène	H ₂ S	1,2-dichloroéthane	Naphtalène
				Concentration [µg/m ³]	P 90.40 [µg/m ³]	Dépôt [µg/m ² /s]	Concentration [µg/m ³]	Concentration [µg/m ³]	Concentration [µg/m ³]	Concentration [µg/m ³]
Exploitations agricoles	1	818097,19	6293330	1,05E-01	3,55E-01	8,98E-03	1,13E-01	2,84E-02	3,63E-02	1,13E-02
	2	818065,12	6293014	5,50E-02	1,83E-01	4,48E-03	8,58E-02	2,33E-02	2,60E-02	6,99E-03
	2b	817318,62	6294291	2,23E-02	1,58E-01	7,43E-04	2,38E-02	5,98E-03	7,57E-03	2,32E-03
	Maximum	-	-	1,05E-01	3,55E-01	8,98E-03	1,13E-01	2,84E-02	3,63E-02	1,13E-02
CALCIA	5	817341,5	6292574	2,19E-02	9,66E-02	1,07E-03	2,14E-02	9,18E-03	7,00E-03	4,65E-03
BRL	6	817565,88	6292171	2,03E-02	7,62E-02	1,29E-03	1,29E-02	5,77E-03	4,63E-03	4,06E-03
Motocross	7	817089,62	6293339	2,51E-02	1,55E-01	5,47E-04	3,68E-02	9,58E-03	1,13E-02	2,92E-03
Ball Trap	8	817465,12	6293884	2,79E-02	1,82E-01	6,29E-04	9,75E-02	2,51E-02	2,75E-02	3,81E-03
Habitations	9	817561,31	6291942	1,69E-02	6,26E-02	1,08E-03	1,02E-02	4,27E-03	3,76E-03	3,14E-03
	10	817630	6291795	1,51E-02	5,33E-02	9,97E-04	9,66E-03	3,75E-03	3,54E-03	2,72E-03
	11	817927,69	6292679	3,53E-02	1,20E-01	2,70E-03	4,62E-02	1,71E-02	1,43E-02	8,63E-03
	12	818019,31	6292885	4,61E-02	1,50E-01	3,67E-03	7,57E-02	2,21E-02	2,27E-02	7,75E-03
	13	818211,69	6294259	6,07E-02	3,30E-01	2,22E-03	8,45E-03	1,66E-03	5,32E-03	4,54E-03
	14	818212,81	6294363	5,03E-02	2,96E-01	1,72E-03	6,33E-03	1,28E-03	4,07E-03	3,59E-03
	15	816998	6293930	1,26E-02	9,13E-02	2,73E-04	2,14E-02	5,62E-03	6,63E-03	1,84E-03
	16	817396,5	6294882	1,64E-02	9,98E-02	7,16E-04	8,25E-03	2,00E-03	3,23E-03	1,66E-03
	17	817648,31	6294942	1,64E-02	9,82E-02	7,17E-04	6,53E-03	1,58E-03	2,80E-03	1,68E-03
	18	816434,69	6292739	1,24E-02	7,95E-02	2,65E-04	7,92E-03	2,01E-03	3,04E-03	1,54E-03
Maximum	-	-	6,07E-02	3,30E-01	3,67E-03	7,57E-02	2,21E-02	2,27E-02	8,63E-03	