

bci Betriebs-AG

Décharge Industrielle de Bonfol (DIB): Impact (immissions) en cas d'incident dans la halle d'excavation

5 mai 2011



Effizienz- und Risiko-Engineering

BMG ENGINEERING AG

Consulting:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 730 66 22
bmg@bmgeng.ch • www.bmgeng.ch

Labors:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 732 92 21
labors@bmgeng.ch

Table des matières

1	Situation initiale	3
2	Documentation et littérature	3
3	Données et considérations : généralités	4
4	Données, hypothèses et considérations : détails Phase 1	4
4.1	Concentration initiale en poussières en suspension	5
4.2	Nuage de poussière dans la halle avant échappement.....	6
4.3	Nuage de poussière après échappement de la halle :	7
4.4	Echappement, dissémination, retombée selon le type de particules (poussière en suspension)	8
4.5	Différents cas de figure modélisés	9
5	Données, hypothèses et considérations : détails Phase 2.....	9
6	Résultats relatifs au devenir des poussières / particules : Phase 1 (Annexe 1)	10
6.1	Particules de diamètre de 2 �m.....	10
6.1.2	En cas de bise (3.0 m/s).....	11
6.2	Particules d'un diamètre de 10 �m	11
6.3	« Particules » sans retombée	11
7	Conversion en charge en polluants et exposition (Annexe 2).....	12
7.1	Dioxines.....	12
7.2	Benzo-[a]-pyrène et benzène	13
8	Résultats pour la Phase 2 (Annexe 4) et exposition totale	14
9	Pollution du sol par la poussière plus lourde.....	15
10	Suite des opérations	16

Liste des figures

Fig. 1	Image de surveillance vidéo juste après l'explosion du 7 juillet 2010	6
--------	---	---

Annexes

- Annexe 1 Représentations graphiques des calculs relatifs aux particules
- Annexe 2 Calculs relatifs à l'exposition : Phase 1 ; et valeurs limites
- Annexe 3 Rapport AFC
- Annexe 4 Calculs relatifs à l'exposition : Phase 2
- Annexe 5 Représentation schématique de la dispersion
- Annexe 6 Calculs relatifs à la déposition des poussières plus lourdes

1 Situation initiale

Les émissions de poussières produites en cas d'incident dans la halle d'excavation de la Décharge Industrielle de Bonfol (DIB), ainsi que l'impact sur l'homme et l'environnement (faune et flore) qui en résulte ne sont pas connus et doivent par conséquent être évalués (par modélisation).

Ainsi, la bci Betriebs-AG a mandaté BMG Engineering AG afin d'élaborer un modèle permettant d'évaluer le « devenir » et l'impact des poussières provoqu es par un incident (explosion) dans la halle d'excavation et donc d'en estimer les potentielles immissions.

Au vu d'une possible mise en danger pour l'homme et l'environnement, l'émission de poussières en suspension, lesquelles peuvent être transport es par le vent sur une distance donn e (par exemple jusqu'au village de Bonfol), a été examin e en premier lieu. Néanmoins, un dépôt de poussières plus lourdes sur le sol aux alentours de la halle d'excavation a également été considéré.

Considérant la dissémination de poussières en suspension et de polluants, deux phases ont été prises en considération et seront discut es en détail aux cours des chapitres 3 à 8.

Phase 1 : En rapport direct avec l'explosion et l'ouverture des dispositifs de délestage, un nuage de poussière est libéré en une seule fois.

Phase 2 : L'air contaminé par les poussières peut s'échapper de manière continue jusqu'à la fermeture des dispositifs de délestage (durée hypothétique d'une heure).

Le dépôt de poussières plus lourdes sur le sol aux alentours de la halle d'excavation et la pollution qui en résulte seront par ailleurs discutés au chapitre 9.

2 Documentation et littérature

Les travaux décrits ici s'appuient sur les documents suivants :

- [1] M. J. Pilat, D. S. Ensor, Plume Opacity and Particulate Mass Concentration, Atmospheric Environment Pergamon Press 1970, Vol. 4, pp. 163-173.
- [2] Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol – Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux, bci Betriebs-AG, 12 Juin 2007.
- [3] Bedeutung von Dioxinen in Deponien der Region Basel, von Prof. Dr. Wolfgang Rotard, Institut für Technischen Umweltschutz der Technischen Universität Berlin, 15.Juni 2006.
- [4] Health Risks from Dioxin and Related Compounds – Evaluation of the EPA Reassessment – National Research Council of the National Academies, The National Academic Press, Washington, 2006.
- [5] Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI), WHO Consultation, May 25-29 1998, Geneva.

- [6] Report on Tolerable Daily Intake (TDI) of Dioxins and Related Compounds (Japan), Environmental Health Committee of the Central Environment Council, June 1999.
- [7] OSHA, Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances: Benzene (Standard Number: 1910.1028) - acc es internet: www.osha.gov.
- [8] Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol. Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux. Etat : permis de construire. Bci Betriebs-AG, 12 juin 2007.
- [9] E.L. Cussler, Mass Transfer in Fluid Systems, Cambridge press, 1997
- [10] Hypothesen zum Explosionsereignis vom 7. Juli 2010 bei der Sanierung der Deponie in Bonfol. swissi, Basel, 10.2.2011

3 Données et considérations : généralités

Lors d'un incident dans la halle d'excavation, le front de l'explosion est suppos e former une demi sphère au sein de la halle avant échappement par les dispositifs de délestage se situant sur le toit. A cet effet, on considère l'ouverture de 5 des dispositifs de délestage (d'une surface de 5 m² chacun).

Au dessus des ouvertures de délestage, la partie du nuage de poussière en suspension s'étant  chapp e est suppos e prendre la forme d'un cylindre, lequel est dispers e de manière horizontale par le vent (modèle en 2 dimensions, la dispersion verticale est négligée). Les particules de poussière en suspension se déposent lentement sur le sol par gravité (selon la loi de Stokes). Le nuage se déplace alors parall ement au sol, lequel est consid er e de manière simplifiée (les reliefs, bâtiments, forêts, arbres ou autres ne sont pas pris en compte). Une description détaillée est donnée au cours du paragraphe 4.4 et une vue d'ensemble schématique se trouve en Annexe 5. Le dépôt des particules de poussières plus lourdes a été  valu e sur la base de raisonnements simplifi es (voir chapitre 9).

Deux cas de figure ont été mod elis es : le cas extrême, critique surtout pour les environs immédiats, se base sur une situation de vent calme (0.2 m/s), alors que le second scénario prend en compte une vitesse de vent d'environ 3.0 m/s, ce qui correspond typiquement à un vent d'est (bise) soufflant en direction de la commune de Bonfol. Dans les deux cas, aussi bien la libération du nuage de poussière provoqu e directement par l'explosion (Phase 1) que l'échappement de la poussière en suspension pendant l'heure qui suit l'explosion (jusqu'à fermeture des dispositifs de délestage, Phase 2) seront consid er es.

4 Données, hypothèses et considérations : détails Phase 1

Pour le calcul de la dispersion d'un nuage de poussière charg e en polluants, les paramètres suivants, définissant la situation de départ, doivent être d etermin es.

- Dans un premier temps, le volume du nuage émergeant ainsi que la concentration en poussières en suspension au sein de ce dernier doivent être évalués. Le terme de poussières en suspension traduit les particules ne pouvant pas s dimer de manière immédiate, c'est-à-dire qui ne peuvent se déposer ni sur le toit de la halle d'excavation, ni aux environs de celle-ci.
- Dans un deuxième temps, la charge en polluants (liés aux particules ou sous forme gazeuse) dans le nuage de poussière doit être  valu e.

4.1 Concentration initiale en poussières en suspension

La quantité de poussières en suspension émises lors d'une explosion dépend de nombreux paramètres (quantité et force de l'explosif, épaisseur de matériau recouvrant le point d'explosion, composition et texture de celui-ci ...), ce qui rend son évaluation très difficile. Par conséquent, nous nous axons ici principalement sur une situation bien spécifique se basant sur l'évaluation de l'explosion survenue le 07 juillet 2010. Les points importants décrivant cette situation peuvent être résumés comme suit :

D'après les connaissances sur l'explosion survenue le 07 juillet 2010, la concentration initiale en poussières dans le nuage émergeant de la halle d'excavation est estim e à 3.7 g/m³ (voir ci après). Cette valeur est déduite de mesures optiques du nuage immédiatement après l'explosion et représente donc une base solide pour l'ensemble des évaluations qui en découlent.

Les caméras de surveillance install es dans la halle d'excavation ont permis de suivre l'évolution (optique) du nuage de poussière (voir Figure 1 ci-dessous).

D'après l'Institut Suisse de Sécurité, à une distance de 15 m, la transmission de la lumière diminue d'un facteur 1'000 environ. D'après la relation suivante :

$$\ln(I/I_0) = -0.125 \times W \times L [1],$$

où I/I_0 = fraction de lumière incidente transmise = 1/1000 dans le cas présent

L = longueur de la voie d'illumination (en m) = 15 m dans le cas présent

W = concentration (C , en g/m³),

il s'en suit que :

$$\ln(1) - \ln(1000) = -0.125 \times C \times L$$

$$\text{donc } C = \ln(1000)/(0.125 \times 15) = 3.68 \text{ g/m}^3.$$

La concentration en poussière dans la partie ovale de couleur verte de la Figure 1 ci avant est alors arrondie à **3.7 g/m³**.

Même si aucune conclusion ne peut être tir e sans équivoque quant à la nature de cette poussière, c'est-à-dire s'il s'agit à 100% de poussières en suspension ou si au contraire cette concentration inclut en partie des poussières pouvant s dimer rapidement (poussières plus lourdes), l'étude pr sent e ici considère, par soucis de « prudence », cette valeur de concentration de 3.7 g/m³ comme étant la concentration en poussières en suspension.



Fig. 1 Image de surveillance vid e juste après l'explosion du 7 juillet 2010

4.2 Nuage de poussière dans la halle avant échappement

- D'après l'image de surveillance vid e (Figure 1), directement après l'explosion (dans la halle), le front de l'explosion paraît former un cylindre - suppositions : environ 5 m de diamètre (le double du diamètre du cratère) et 15 m de hauteur (profondeur d'excavation de 5 m sous le niveau du sol + 10 m de hauteur de la halle). D'après ces valeurs approximées, il s'en suit un volume d'expansion d'environ **300 m³** au sein de la halle.
- Cependant, pour la modélisation dont les résultats sont pr esent es ci-après, il est suppos e que le front d'explosion est plus grand que ce cylindre. Nous supposons que le front d'explosion forme une demi sphère de 15 m de rayon (profondeur d'excavation de 5 m sous le niveau du sol + 10 m de hauteur de la halle), soit d'une surface de **1'400 m²** et d'un volume de **7'000 m³**. La concentration de 3.7 g/m³ évoquée ci avant est alors consid eree comme valable pour la totalité de cette demi sphère et pas seulement pour le cylindre « visible » sur la photo de surveillance (supposition   considérer comme conservative).
- D'après une concentration homogène de 3.7 g/m³ au sein de la demi sphère de 7'000 m³, il en découle une masse totale de poussière dans le nuage d'environ **26 kg**.
- Notons que cette quantité de poussières en suspension est confrontée à la masse totale éjectée du cratère. Lors de l'explosion du 07 juillet 2010, une quantité de chlorates correspondant à une force d'explosion d'environ 2-10 équivalents TNT [10] a provoqu e la formation d'un cratère de diamètre de 2.5 m de

diamètre et d'une profondeur d'environ 0.5 m, c'est-à-dire d'un volume d'environ 0.8 m³. Considérant une densité des matériaux solides éjectés égale à 2, leur masse s'élève alors à environ 1'600 kg. En cas d'explosion plus importante, la masse de matériaux éjectés peut alors être approxim e à 2'000-2'500 kg. La majeure partie (environ 90%) de cette masse correspond à des matériaux fins de la taille d'un grain de sable jusqu'à des morceaux atteignant la taille du poing. Les 10% restants (200 – 250 kg) pourraient être composés de pouss re contenant à 90% des particules d'un diamètre bien supérieur à 10 µm, lesquelles peuvent s dimer relativement rapidement (pouss re lourde). Cela signifierait que la pouss re en suspension représente seulement 1% de la masse  ject e. Si l'on considère les conditions attendues (explosif de faible puissance, recouvrement non compact et mélangé à des matériaux oxydables), cela semble plausible.

- Sur la base des hypothèses conservatives  nonc es ci avant, il est admis que la valeur de 3.7 g/m³ pour la concentration en poussières en suspension dans le front d'explosion peut être consid r e comme constante et serait alors applicable pour des explosions de plus faible ou de plus grande envergure que celle de juillet 2010.

4.3 Nuage de pouss re après échappement de la halle :

- Le volume du nuage de pouss re sortant de la halle d'excavation a été évalué sur la base du rapport entre la surface totale de la demi sphère consid r e (1'400 m²) et celle des 5 dispositifs de délestage (25 m² au total) ; ce qui conduit à un volume de $(25 \text{ m}^2 / 1'400 \text{ m}^2) \times 7'000 \text{ m}^3 = 125 \text{ m}^3$.
- Pour une concentration en pouss re de 3.7 g/m³, la quantité totale de pouss re en suspension  mise est alors de $3.7 \text{ g/m}^3 \times 125 \text{ m}^3 = \mathbf{0.46 \text{ kg}}$.
- Si l'on se réfère à la masse d'environ 2'500 kg correspondant à la quantité totale de matériaux éjectés (voir plus haut), cela signifierait qu'environ 45 kg de matière s'échappent des dispositifs de délestage. Par contre, 90% de cette matière seraient composés de particules assez lourdes (dans le domaine de la taille d'un grain de sable, voir plus grosses) pour que cette fraction puisse retomber sur la halle ou ses environs (asphaltés). D'après les raisonnements exprimés ci avant, la quantité totale de pouss re de 4.5 kg (10% de la masse totale) pourrait être compos e de 0.46 kg de pouss re en suspension et d'environ 4 kg de pouss re plus lourde.
- Au dessus des ouvertures de délestage, on suppose que la partie du nuage de pouss re s'étant  chapp e (125 m³) est sortie par une ouverture circulaire d'une surface de 25 m² puis s'échappe vers tous les côtés avec un angle d'environ 30 . Ainsi se forme un tronc de cône inversé d'un volume de **125 m³**. Pour la suite de la modélisation, cette géométrie est approxim e à un cylindre de même volume (voir Annexe 5).

4.4 *Echappement, dissémination, retombée selon le type de particules (poussière en suspension)*

Après sa sortie de la halle, le nuage cylindrique (colonne) est dispers e de manière horizontale par le vent dans un modèle simplifi e à deux dimensions. On considère la hauteur de 10 m au dessus du sol (correspondant à la hauteur du bas du nuage en situation initiale c'est-à-dire à la cote du toit de la halle) comme hauteur de référence pour l'évaluation de la concentration en particules. Les particules de poussière se déposent lentement sur le sol par gravité. Les principales hypothèses sur lesquelles repose le présent modèle sont brièvement décrites ci-après, une représentation schématique se trouve en Annexe 5.

- Si l'on suppose que le nuage de poussière s'échappe de la halle d'excavation par 5 des dispositifs de délestage présents et ce en l'espace d'une à seconde (125 m^3), cela correspond à une vitesse d'échappement d'environ 10 m/s.
- Dans sa situation initiale (  sa sortie du toit de la halle d'excavation), le nuage de poussière est suppos e former un cylindre (colonne), la dissémination de la poussière débute seulement lorsque la compensation de pression ( quilibre) est de nouveau atteinte.
- Le nuage cylindrique se déplace selon les conditions de vent parall elemment au sol. Le vent souffle à vitesse constante et toujours dans la même direction. Le nuage est transport e le long de la trajectoire du vent, les turbulences n'étant pas prises en ligne de compte. Deux vitesses de vent sont prises en considération :
 - cas de vent calme, vitesse de vent de 0.2 m/s,
 - cas typique de bise, vitesse de vent de 3 m/s.
- Seule la dispersion en direction parallèle au sol a été prise en considération (symétrie radiale). Pour simplifier et afin de pouvoir comparer directement les résultats issus des deux cas de vitesse de vent, tous les calculs ont été effectu es avec le même coefficient de dispersion. Ce dernier a été choisi de telle sorte qu'une dispersion typique d'un cas de vitesse de vent d'environ 2-6 m/s soit décrite. La dispersion en cas de vent calme est alors fortement sous-estimée [9]. De manière conservative, le modèle néglige compl etement la dispersion en direction verticale.
- On suppose que la totalité des particules des poussières en suspension contenues dans le nuage (0.46 kg) présente un diamètre maximal de 10 μm . La vitesse de retombée de la poussière est  valuee d'après la loi de Navier-Stokes. La densité des particules dans la poussière est fixée à $2'500 \text{ kg/m}^3$. Deux types de particules pouvant retomber (de deux dimensions différentes) sont considères :
 - Particules d'un diamètre de 10 μm (valable pour l'ensemble des particules) : dans ce cas, la vitesse de retombée est estimée à 8.0 mm/s.
 - Particules d'un diamètre de 2 μm (valable pour l'ensemble des particules, poussières en suspension) : dans ce cas, la vitesse de retombée (vitesse d'accumulation sur le sol) est estimée à 0.32 mm/s

- Comme on a un modèle à deux dimensions, toutes les particules retombantes passant au dessous d'une frontière fictive situ e à 10 m au dessus du sol (correspondant à la hauteur du bas du nuage en situation de départ, c'est-à-dire à la cote de la halle) sont consid r es comme s diment es et ne sont plus prises en compte dans le modèle de dispersion/transport.
- Dès que des particules « quittent » le nuage via sédimentation, le volume du nuage de poussière en suspension est ajusté en conséquence. Ainsi, dans le modèle, la sédimentation des particules ne provoque pas de décroissance de la concentration (pas de « dilution »).

4.5 Différents cas de figure modélisés

Deux cas de figure dépendants du vent ont été modélisés (vitesse de vent de 0.2 m/s afin d'évaluer les effets à une distance d'environ 50 m du lieu de l'explosion et de 3.0 m/s dans le but d'évaluer les effets environ 1'000 m en aval du point d'explosion soit au niveau de Bonfol), et ce pour les trois types de particules suivants : particules de 2 μm de diamètre, particules de 10 μm et enfin particules ne pouvant pas se déposer (ceci est le cas qui sera utilisé pour le benzène, voir plus loin). Les résultats présentés ci-après se basent sur la situation de départ décrite ci avant (volume d'expansion quittant la halle de 125 m^3 et concentration en poussière dans le nuage de 3.7 g/m^3).

5 Données, hypothèses et considérations : détails Phase 2

- On suppose que les dispositifs de délestage ouverts par l'explosion le restent durant une heure avant de pouvoir être refermés. De plus, on émet l'hypothèse que pendant cette durée, la ventilation de la halle d'excavation reste constante (paramètres de ventilation donnés dans le rapport en Annexe 3).
- La concentration en poussières dans l'air de la halle sur ce laps de temps est estim e comme suit :

Des 7'000 m^3 (volume hypothétique d'expansion du nuage d'explosion) s'en échappent 125 m^3 directement après l'explosion, les 6'875 m^3 restants se répandent de manière homogène au sein de la halle. Des 26 kg de poussière (masse totale) s'en répandent ainsi 25.54 kg dans la halle. Le volume de la halle s'élève à environ 180'000 m^3 (150 x 122 x 10 m), c'est-à-dire environ 275'000 m^3 si l'on considère une profondeur d'excavation de 5 m à partir de la lisière du sol (150 x 122 x 15 m). On suppose que les 6'875 m^3 restants du nuage d'explosion se répandent de manière homogène dans la halle et la concentration en poussières diminue en conséquence (le nuage se « dilue »). Par soucis d'évaluer la « dilution » du nuage de manière conservative, seule la valeur minimale de 180'000 m^3 est prise en considération, ceci conduit à une concentration en poussière de 0.14 g/m^3 (dans la halle).

- Les détails sur le calcul de la quantité d'air s'échappant de la halle en l'espace d'une heure et la quantité de poussière correspondante se trouvent en Annexe 3. Ces calculs ont été effectués par la société Air Flow Consulting Zürich AG (AFC) et se basent sur des conditions limites  voqu es par le document [8]. La température, les mouvements d'air et la concentration en poussière ont été modélisés

pour chaque vitesse de vent (0.2 et 3.0 m/s). Les représentations graphiques correspondantes se trouvent en Annexe 3

- La dissémination de l'air échappé de la halle, c'est-à-dire des particules de poussie re, a été  valu e par analogie à la dissémination du nuage cylindrique de volume de 125 m³. A cet effet, on suppose une teneur en poussie re de 0.14 g/m³ et un mode de transport proportionnel en comparaison à une concentration de 3.7 g/m³. En raison du temps d'exposition élevé (une heure), les concentrations maximales calcul es (concentrations dans l'air et concentrations surfaciques au sol) et non les concentrations moyennes ont été utilis es, et ce pour les deux distances d'éloignement de 50 et 1'000 m. Ainsi, pour la Phase 2, la quantité totale d'air libéré (voir Annexe 3) par seconde est de plusieurs puissances de 10 fois plus faible que celle pour la Phase 1. C'est pourquoi cette estimation est à considérer de manière très conservative.

6 Résultats relatifs au devenir des poussières / particules : Phase 1 (Annexe 1)

Le présent paragraphe décrit les résultats des modélisations des différents cas de figure énoncés ci-dessus et ne concerne que les particules dans la poussie re en suspension. Ces résultats pourront alors être convertis en charge en polluants dans le cas de trois substances potentiellement critiques, à savoir : les dioxines, le benzo-[a]-pyrène (BaP) et le benzène. Ceci sera discuté dans le paragraphe 7. Les représentations graphiques des calculs relatifs aux particules se trouvent en Annexe 1.

Au regard des valeurs indicatives et/ou des seuils de référence pour des polluants non liés à des particules, la concentration de ces derniers (en relation avec la durée d'exposition) représente le critère d'appréciation principal. Ainsi, dans ce qui suit, les concentrations en particules charg es en dioxines et en BaP ainsi qu'en polluant volatil (benzène) sont toujours  valu es en se basant sur les calculs se référant au centre du nuage, là où les concentrations sont les plus  lev es.

6.1 Particules de diamètre de 2  m

D'après le modèle, dans le cas de particules de 2  m de diamètre, même après 10 minutes, seulement environ 5.3% de la poussie re se sont déposés. La concentration maximale en poussières dans l'air au centre du nuage décroît constamment et atteint la valeur de 150 mg/m³ en cas de vent calme après 10 minutes (  une distance d'environ 120 m du point d'explosion) et d'environ 2 mg/m³ en cas de bise après environ 5 minutes (environ 1'000 m en aval du point d'explosion).

6.1.1 En cas de vent calme (0.2 m/s)

Les résultats montrent que même en cas de vent calme, le nuage de poussie re se disperse relativement rapidement. A proximité immédiate de l'endroit de l'incident (distance d'environ 50 m), le dépôt de poussie re est d'environ 15 mg/m², ce qui correspond à une épaisseur de moins de 0.01  m. Dans ce cas, un dépassement des valeurs limites vis-à-vis des personnes et du sol est improbable.

6.1.2 *En cas de bise (3.0 m/s)*

Dans ce cas, le nuage de poussière « survole » très rapidement Bonfol, ce qui exclut toute exposition prolong e vis-à-vis des personnes et de l'environnement. Les taux ingérés par voie respiratoire (concentration moyenne dans l'air de 1.0 mg/m^3), ainsi que les dépôts de poussières attendus ($\ll 1 \text{ mg/m}^2$) environ 1'000 m en aval de la halle d'excavation se situent très nettement au dessous des valeurs seuil. Par conséquent, aucun impact significatif n'est à attendre.

6.2 *Particules d'un diamètre de 10 μm*

D'après le modèle, dans le cas de particules de $10 \mu\text{m}$ de diamètre, après 10 minutes, environ 70% de la poussière se sont déposés (en l'absence de vent). Bien que la concentration en poussière dans le nuage a beaucoup diminué en comparaison avec le cas des particules de $2 \mu\text{m}$, les valeurs de concentration au centre du nuage sont utilis es pour la suite des calculs (de manière conservative). Comme on peut le déduire de l'Annexe 1, ces valeurs correspondent approximativement à celles des particules de $2 \mu\text{m}$.

6.2.1 *En cas de vent calme (0.2 m/s)*

Dans ce cas, le taux de déposition atteint sa valeur maximale aux environs du point d'échappement (environ 0.7 g/m^2). Ceci correspond à une couche de moins de $0.4 \mu\text{m}$ d'épaisseur. Comme le nuage se disperse assez rapidement, ceci étant également le cas à une distance  loign e du point d'explosion, les retombées ne peuvent pas dépasser 0.1 g/m^2 au-delà d'une bande dont la limite se situe à une distance de 10 m perpendiculairement à la direction du vent.   proximité immédiate de l'endroit de l'incident (distance d'environ 50 m), le dépôt de poussière est d'environ 300 mg/m^2 , ce qui correspond à une épaisseur de moins de $0.2 \mu\text{m}$. Dans ce cas, un dépassement des valeurs limites vis-à-vis des personnes et du sol est improbable.

6.2.2 *En cas de bise (3.0 m/s)*

Dans ce cas, le nuage de poussière « vole » très rapidement. Le taux de déposition maximal est attendu à proximité et autour de l'endroit de l'incident. La concentration attendue autour du foyer s'élève alors à 0.06 g/m^2 . Les taux ingérés par voie respiratoire (concentration moyenne dans l'air d'environ 0.5 mg/m^3), ainsi que les dépôts de poussières attendus (5 mg/m^2) environ 1'000 m en aval de la halle d'excavation se situent très nettement au dessous des valeurs seuil. Par conséquent, aucun impact significatif n'est à attendre.

6.3 *« Particules » sans retombée*

Dans le cas d'une substance volatile comme le benzène, on considère que cette « poussière » ne retombe pas. Après 10 minutes et en cas de vent calme, la concentration maximale au centre du nuage décroît de 3.7 g/m^3 (concentration de départ)   0.15 g/m^3 . En cas de bise, cette dernière atteint environ 2 mg/m^3 déjà après 6 minutes.

7 Conversion en charge en polluants et exposition (Annexe 2)

Dans ce qui est décrit dans le paragraphe 6, la poussière est consid r e en tant que particules uniquement. Les résultats issus de la modélisation peuvent alors être convertis en charge en polluants, afin d'évaluer les expositions vis-à-vis de l'homme et de l'environnement. Dans le cas présent, trois polluants possiblement critiques sont examinés : les dioxines, le benzo-[a]-pyrène et le benzène.

- En ce qui concerne les dioxines (Annexe 2a), la conversion en charge en polluants s'effectue avec un facteur de conversion constant de 61 $\mu\text{g TEQ}$ par kilogramme de poussière. Cette valeur a été déduite comme concentration maximale en dioxines pour des déchets de production de chloranile [3] et représente par conséquent une donn e très conservatrice pour la concentration en dioxines dans la poussière.
- Concernant le benzo-[a]-pyrène (Annexe 2b), une analyse des poussière récemment effectu e sur les filtres à poussière de l'installation de traitement d'air a montré une concentration de ce polluant de 5.9 mg par kg de poussière. Les calculs se basent sur le double de cette concentration et sont par conséquent « prudents ».
- La quantité de benzène lib r e en cas d'explosion est estim e à environ 0.15 kg (Annexe 2c). Dans ce cas, le scénario suivant est considéré : un fût rempli de 150 kg de déchets de production contenant 10% de benzène (15 kg) explose, 90% du benzène contenu réagit au moment de l'explosion, donc 1.5 kg de benzène sont encore présents et 10% de cette quantité se répandent dans l'air. Les calculs se basent sur cette quantité de 0.15 kg pour un volume d'expansion au sein de la halle occupant toute la demi sphère soit un volume d'occupation de 7'000 m^3 et par conséquent une concentration en benzène de 0.02 g/m^3 .

7.1 Dioxines

Un être humain adulte inspire environ 20 m^3 d'air par jour et un enfant la moitié. La toxicologie TEQ se réfère presque exclusivement à une exposition chronique. En ce qui concerne de tels  v nements ponctuels comme l'explosion de juillet 2010, les expositions se résument aux impacts de toxicologie aiguë comme par exemple l'acné. Selon une étude japonaise de 1999 [6], il peut être déduit que l'ingestion de 1 à 10 ng TEQ/kg (kg = masse corporelle) provoque déjà des « adverse effects ». Ainsi, on peut supposer qu'une dose seuil d'environ 10 ng TEQ ing r e par voie respiratoire une seule fois ne provoque pas de toxicité aiguë pertinente. Cependant, ceci représente une évaluation provisoire, laquelle necessiterait de plus amples investigations avant d'être valid e. Une autre approche très approximative consistant à utiliser les valeurs du LD50 [3] pour les animaux donnerait un « no effect level » de 2 ng pour une personne adulte.

7.1.1 *En cas de vent calme*

Les résultats relatant ce cas de figure et concernant les dioxines sont regroupés dans le tableau en Annexe 2a, colonne de gauche. Pour résumer, en l'espace de 10 minutes, la dose ingérée sera de 2.5 ng TEQ dans le cas des particules de 2 µm et de 2.1 ng TEQ dans le cas des particules de 10 µm. Ainsi, si l'on se réfère aux 10 ng TEQ évoqués ci-dessus, on peut conclure que les personnes se situant à proximité du point d'émission des poussières ne seront pas intoxiquées. Toutefois, par mesure de prévention, il serait alors conseillé de porter un masque anti-poussière.

En ce qui concerne le sol, la charge en TEQ déposée se situe bien au dessous du seuil d'investigation selon l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols OSol (voir Annexe 2d).

7.1.2 *En cas de bise (3.0 m/s)*

Les résultats relatant ce cas de figure et concernant les dioxines sont regroupés dans le tableau en Annexe 2a, colonne de droite. Pour résumer, en l'espace de 5 minutes, la dose ingérée sera de 0.004 ng TEQ dans le cas des particules de 2 µm et de 0.0021 ng TEQ dans le cas des particules de 10 µm. Il est alors évident que l'explosion n'induirait aucun danger pour les personnes au sein de la commune de Bonfol (calculs effectués pour un point situé à environ 1 km en aval de l'explosion).

Au niveau de la commune de Bonfol, le sol n'est également pas mis en danger (comme en cas de vent calme).

7.2 *Benzo-[a]-pyrène et benzène*

7.2.1 *Benzo-[a]-pyrène*

Les résultats concernant le benzo-[a]-pyrène sont regroupés dans le tableau de l'Annexe 2b et se basent sur une concentration de 11.8 mg par kg de poussière (la double concentration récemment mesurée sur les filtres à poussière de l'installation de traitement d'air).

Concernant le benzo-[a]-pyrène, dans les deux cas de figure (vent calme et bise), les quantités ingérées ne peuvent en aucun cas mettre les personnes en danger (voir comparaison avec les valeurs indicatives données en Annexe 2d). Le sol n'est également pas mis en danger.

7.2.2 *Benzène*

Les résultats concernant le benzène, lesquels se basent sur le scénario énoncé plus haut (0.15 kg de benzène pour 7'000 m³ d'air) sont regroupés dans le tableau de l'Annexe 2c. D'après l'Occupational Safety & Health Administration (OSHA, USA), la « short-term exposure limit (STEL) » en matière de concentration en benzène dans l'air s'élève à 16.25 mg/m³ pour une période d'exposition de 15 minutes. En d'autres

termes, il doit être assuré qu'aucune personne ne soit exposée à une concentration moyenne en benzène dans l'air dépassant 16.25 mg/m^3 sur un laps de temps de 15 minutes [7]. D'après le modèle, en cas de vent calme (voir Annexe 2c, colonne de gauche), on obtient une charge moyenne en benzène dans l'air de 2.3 mg/m^3 pour une durée d'exposition de 10 minutes : cette valeur se situe alors bien au dessous de la STEL donnée plus haut (facteur 7 environ).

Par conséquent, aucun danger pertinent pour les personnes exposées se situant à proximité du point de l'incident n'est attendu.

A environ 1 km en aval du point d'explosion c'est-à-dire au niveau de Bonfol (voir Annexe 2c colonne de droite, ce qui correspond à une vitesse du vent de 3.0 m/s), on obtient une charge moyenne en benzène dans l'air de 0.01 mg/m^3 : cette valeur est certes environ 7 fois plus haute que la concentration ambiante « normale », mais compte tenu du court temps d'exposition (environ 5 minutes), aucune mise en danger pour la population de Bonfol n'est à attendre.

Concernant le sol, dans le cas du benzène, l'accumulation de ce dernier n'est pas mesurable et peut être négligée (particules sans retombée).

8 Résultats pour la Phase 2 (Annexe 4) et exposition totale

Les concentrations en poussière estimées pour la Phase 2 (par analogie à la Phase 1) dans l'air et les quantités de poussière déposée correspondantes sont répertoriées en Annexe 4. Les concentrations en dioxine et BaP correspondantes ont été déduites comme décrit au Chapitre 7. Concernant le benzène, les $6'875 \text{ m}^3$ du nuage d'explosion restants contiennent environ 147 g de polluant. Après que cette quantité se soit répandue dans la halle, il s'en suit une concentration en benzène de 0.8 mg/m^3 .

La dose ingérée par voie respiratoire a été calculée pour une durée d'exposition d'une heure. Les résultats présentés en Annexe 4 montrent que malgré une estimation très conservatrice de la dissémination du nuage de poussière s'étant échappé par les dispositifs de délestage et une longue durée d'exposition, la dose ingérée pour la Phase 2 est du même ordre de grandeur que celle pour la Phase 1. Il est important de remarquer que les concentrations dans l'air correspondantes sont approximativement 10 fois plus faibles que pour la Phase 1. La quantité de poussière émise au total en l'espace d'une heure est également plus faible que celle de la Phase 1, et ce pour les deux cas de figure concernant la vitesse du vent.

Dans le cas de polluants liés aux particules, en l'espace d'une heure et pour un point d'éloignement de 50 m, au total, environ la moitié de la dose de la Phase 1 est estimée pour la Phase 2. Ainsi, la dose totale estimée pour les deux cas rassemblés (Phases 1 + 2) se situe dans le même domaine que celle estimée pour la Phase 1 seule, et ce aussi bien pour le BaP ($0.6 \mu\text{g}$ de BaP) que pour les dioxines (4 ng TEQ). A un point d'éloignement de $1'000 \text{ m}$ environ, la dose estimée correspond certes au double de celle de la Phase 1 mais la dose totale calculée reste de plusieurs puissances de 10 fois plus faible que les valeurs seuil de référence correspondantes.

Dans le cas du benzène, à des points d'éloignement de 50 et 1'000 m, les doses estimées sont inférieures à celles estimées pour la Phase 1. A un point d'éloignement de 1'000 m (au niveau de la commune de Bonfol), la concentration en benzène dans l'air calculée se situe au dessous de la concentration en benzène « ambiante » (de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ plus faible).

Si l'on considère les deux phases (Phases 1 + 2), on peut supposer que la poussière s'échappant de la halle ne représente aucun danger pour les personnes se situant à proximité de la DIB et également pour la population de Bonfol. Fondamentalement, le modèle de dispersion présenté ici repose aussi bien sur des suppositions réalistes (comme par exemple la vitesse de sédimentation) que sur des hypothèses pouvant être qualifiées de « prudentes » (par exemple: faible dispersion en cas de vent faible, pas de décroissance de la concentration après sédimentation des particules). Par conséquent, d'après nous, cela conduit à des conclusions pas forcément réalistes mais que l'on pourrait plutôt qualifier de conservatives.

Finalement, de manière préventive, le port d'un masque filtrant anti-poussière est néanmoins conseillé pour le personnel du site.

9 Pollution du sol par la poussière plus lourde

Au cours du paragraphe 4.3 on a estimé que, en plus de la quantité de poussière discutée dans les chapitres précédents, environ 4 kg de poussière plus lourde pourrait être libérés de la halle d'excavation par les dispositifs de délestage. En ce qui concerne les particules présentes dans cette fraction de poussière, on peut leur attribuer une taille allant de $10 \mu\text{m}$ jusqu'à la taille d'un grain de sable, la majeure partie montrant une taille moyenne (c'est-à-dire environ $100 \mu\text{m}$ et plus). Sur la base de la vitesse de sédimentation calculée pour les particules de 2 et $10 \mu\text{m}$ (environ 5% pour les particules de $2 \mu\text{m}$ et environ 70% pour les particules de $10 \mu\text{m}$, voir Annexe 2), on peut supposer de manière générale une vitesse de sédimentation plus rapide pour les poussières plus lourdes. Ainsi, la fraction en poussières plus lourdes n'est pas pertinente en ce qui concerne la qualité de l'air. Néanmoins, dans tous les cas et de manière préventive, le port d'un masque anti-poussière est conseillé aux personnes se situant sur le site. Une éventuelle pertinence concernant la pollution du sol est évaluée ci après.

Les environs proches de la halle d'excavation sont asphaltés. Cette imperméabilisation s'étend sur environ 100 m en direction du village de Bonfol. Par conséquent, un éventuel impact sur le sol dû aux poussières lourdes ne serait possible qu'à partir de cette distance d'éloignement. Dans le cas d'une vitesse de vent de 3 m/s, il est vraisemblable que la majeure partie des poussières soit retombée (par sédimentation) avant d'atteindre cette distance. Dans ce qui suit, par soucis d'illustration, on suppose cependant que la quantité totale de 4 kg se dépose sur le sol à une distance d'éloignement de la halle d'excavation de 100 à 150 m. En raison de la forme du nuage de poussière à cet endroit (voir Annexe 2), on peut évaluer la surface concernée à environ $4'400 \text{ m}^2$. Il en résulte une charge de poussière sur le sol de $0.91 \text{ g}/\text{m}^2$. Les calculs documentés en Annexe 5 montrent que même sous ces conditions irréalistes, le degré de pollution du sol dû aux dioxines et au BaP se situe nettement au dessous des seuils de référence de l'OSol correspondants.

Par conséquent, aucun effet négatif dû aux poussières plus lourdes n'est à prévoir. Au centre du nuage de propagation, la sédimentation des poussières en suspension serait en outre à considérer (voir Annexe 2), mais cette contribution serait négligeable envers le degré de déposition total.

10 Suite des opérations

Le présent rapport sera soumis aux autorités compétentes du Canton du Jura par l'intermédiaire de la bci Betriebs-AG.

Le chef de projet

BMG Engineering AG

Dr. M. Ochs

Dr. C. Munz

Schlieren, le 05 Mai 2011

Projet: Bonfol : Prévision des immissions après explosion; 61.200.51

La société BMG Engineering AG a conduit ces investigations de manière professionnelle et en accord avec la pratique actuelle pour les investigations environnementales. Dans le cadre de ces investigations, les renseignements fournis par des tiers ont été  evalu es, sans que BMG ne puisse garantir l'exactitude de ces indications. Les conclusions présentées dans ce rapport se basent sur les renseignements à disposition lors de sa rédaction. Ces conclusions doivent être vérifiées avant d'être appliquées à une situation postérieure à la rédaction de ce compte-rendu.

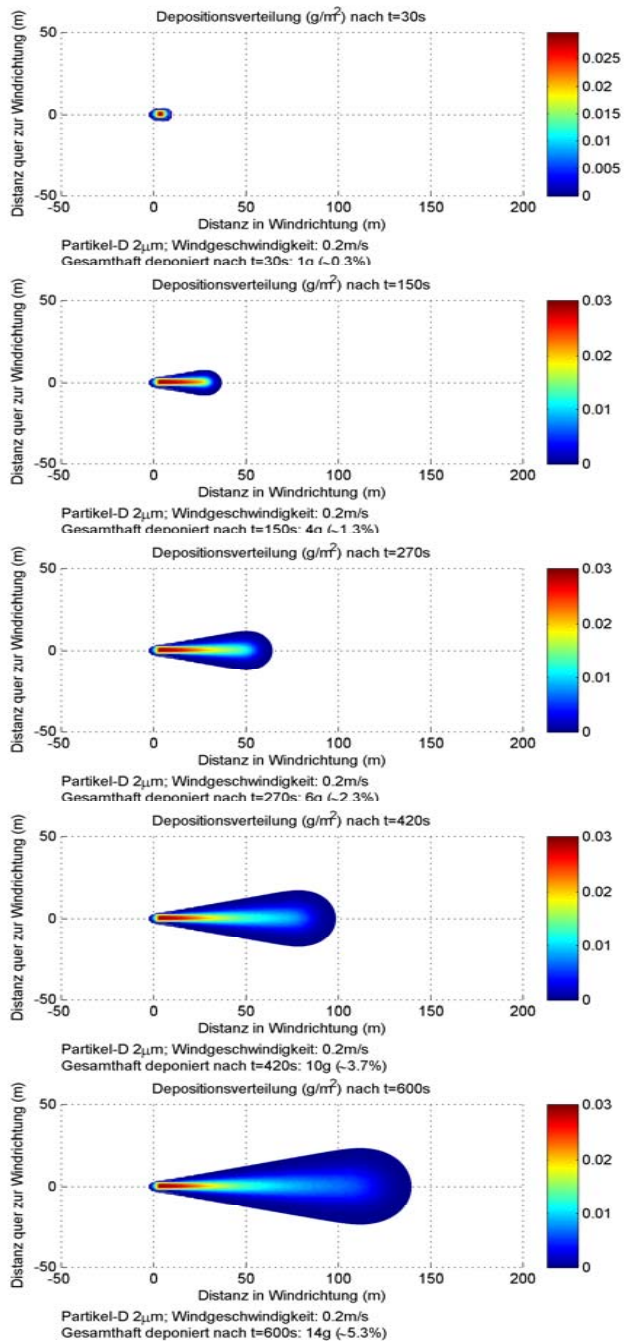
Annexe 1

Représentations graphiques des calculs relatifs aux particules

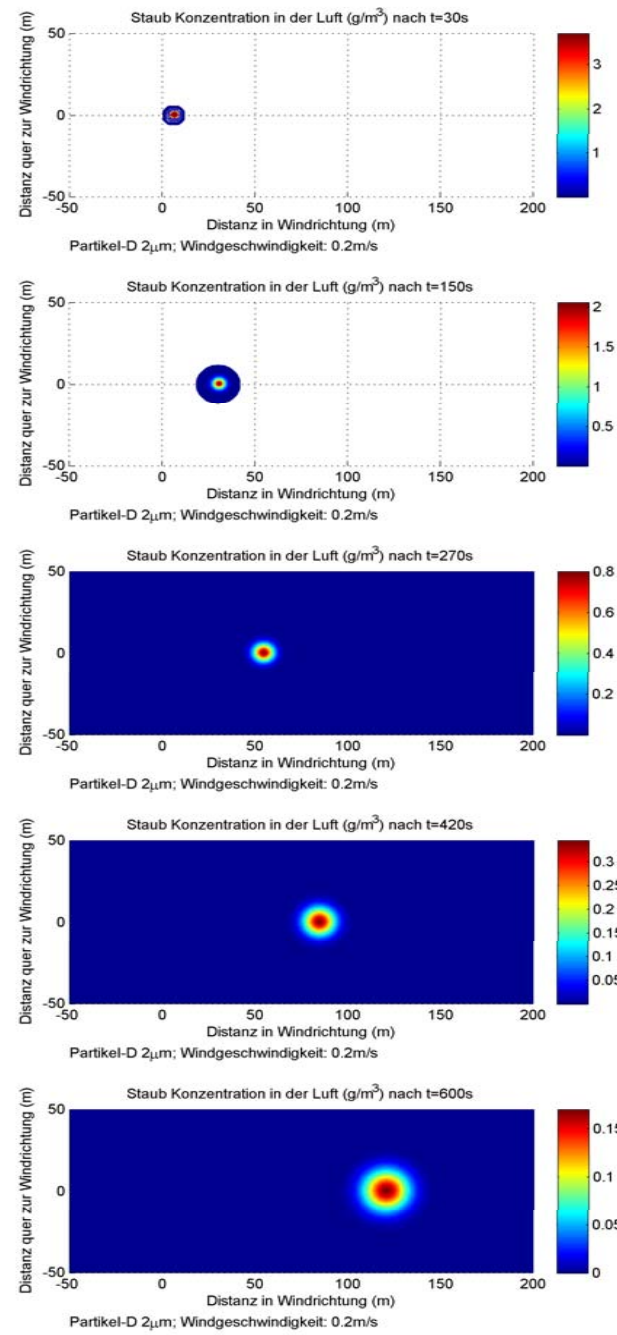
1 Situation en l'absence de vent

Particules de 2µm

Déposition

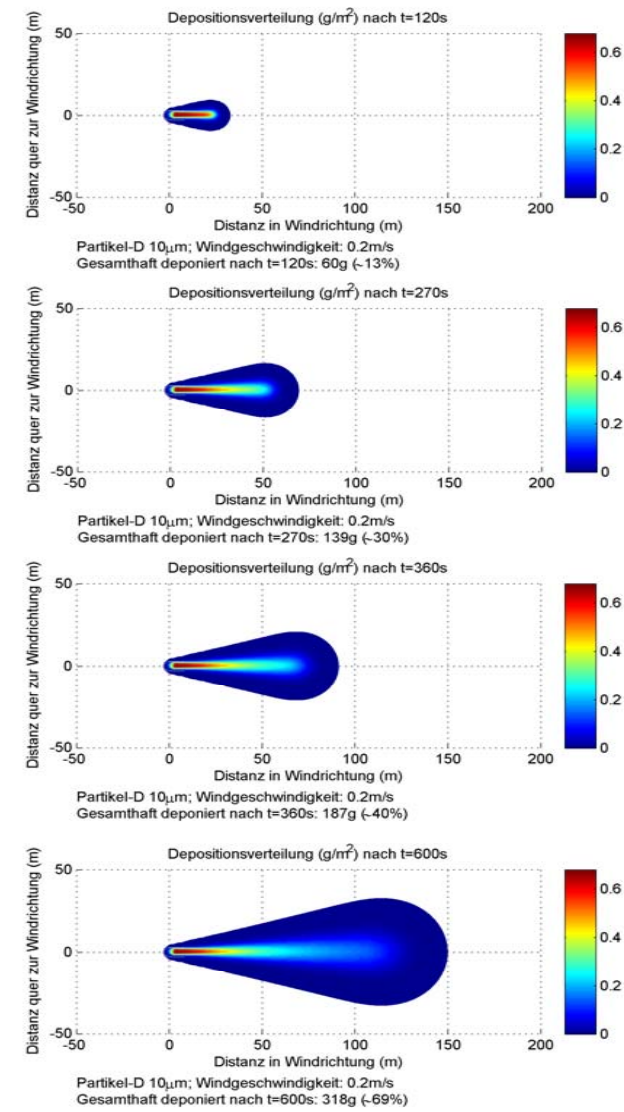


Concentration en poussière dans l'air

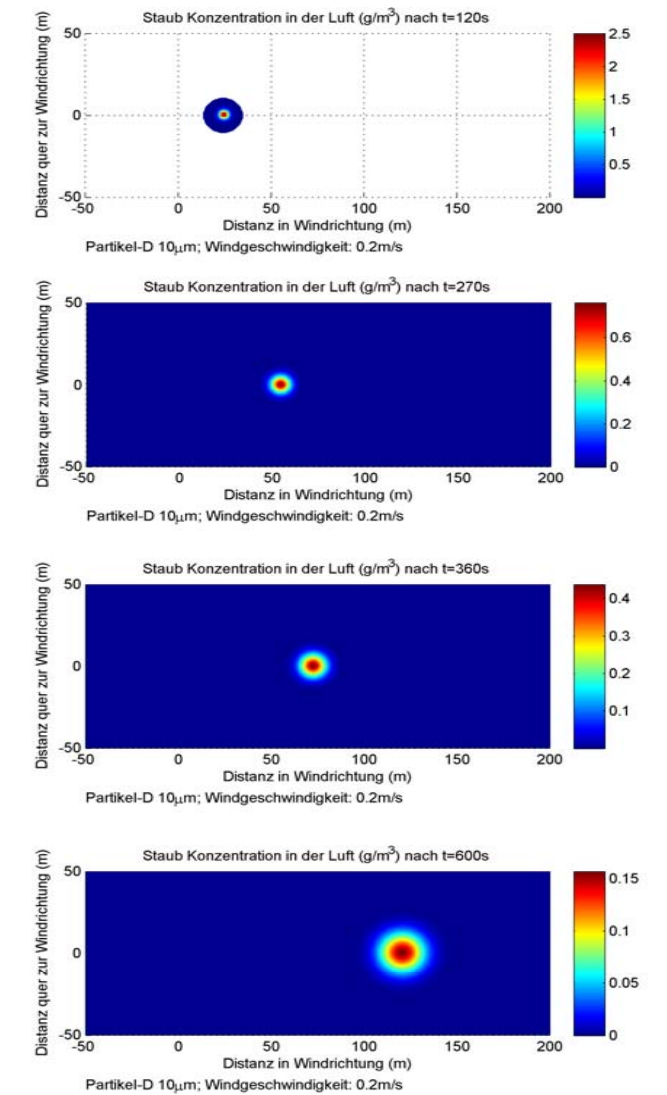


Particules de 10 µm

Déposition



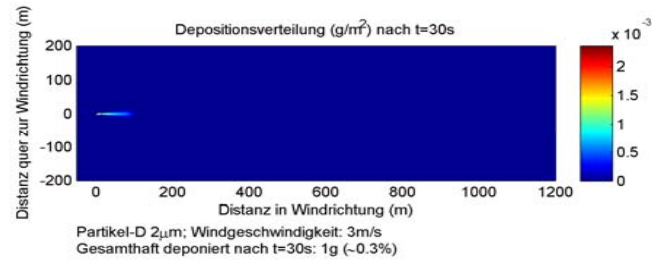
Concentration en poussière dans l'air



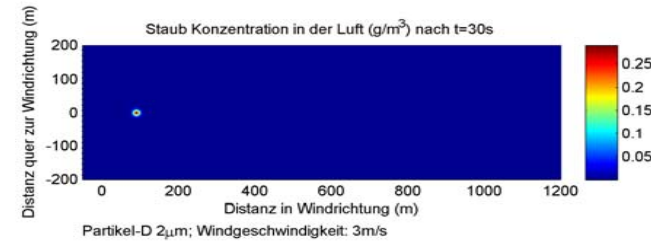
2 Situation en cas de bise (3 m/s)

Particules de 2µm

Déposition

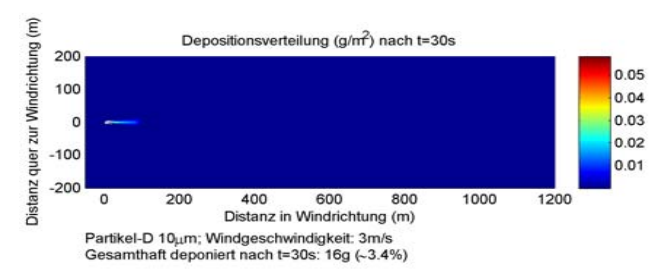


Concentration en poussière dans l'air

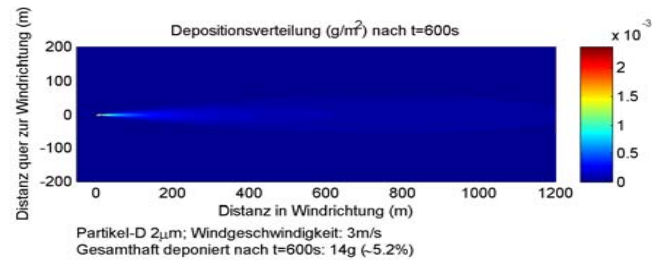
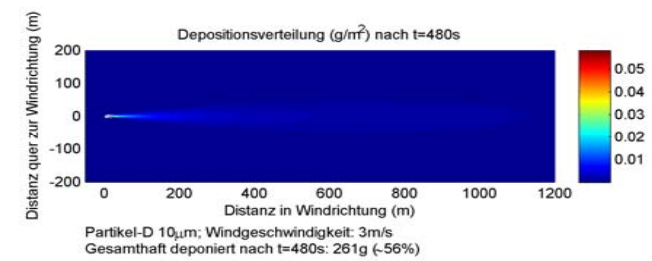
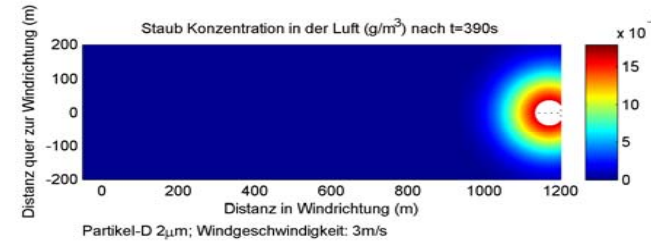
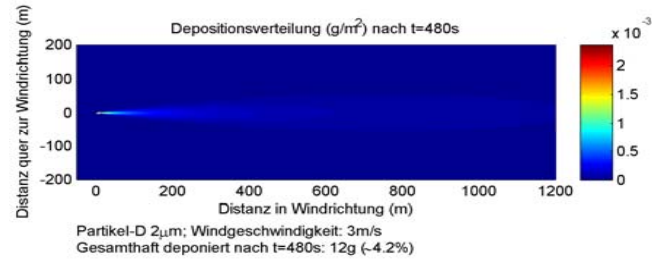
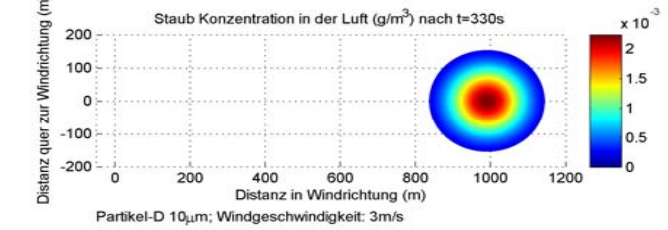
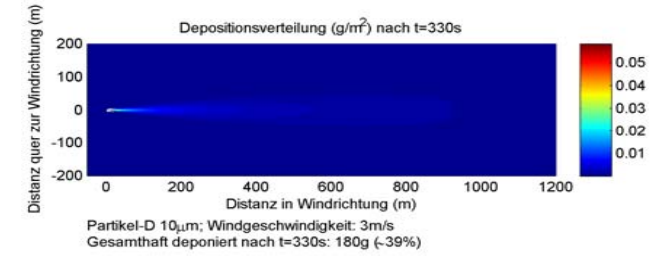
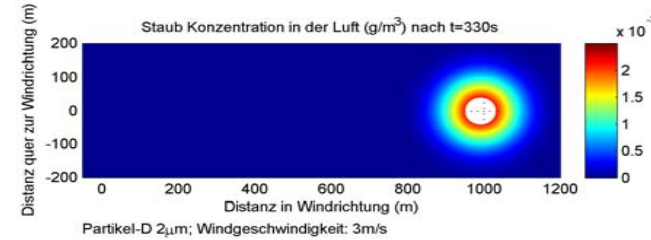
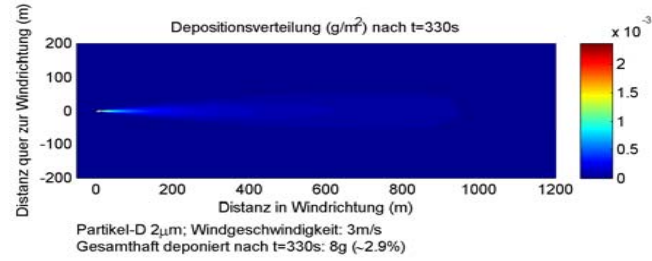
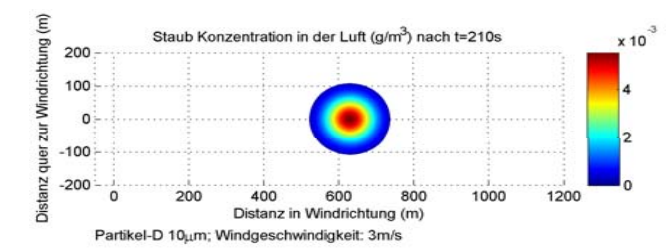
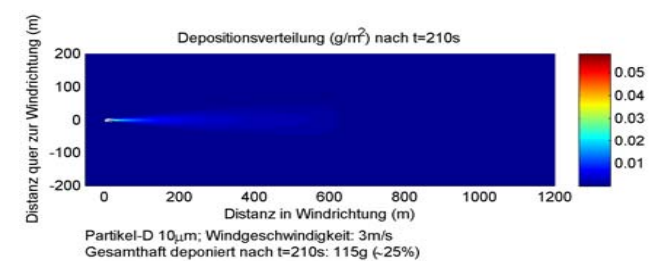
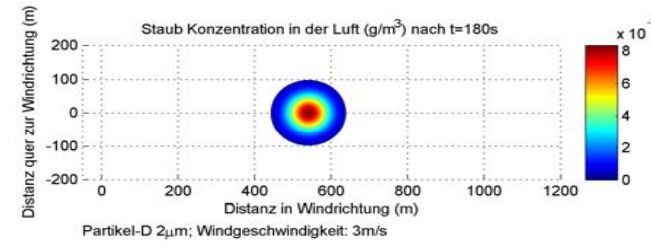
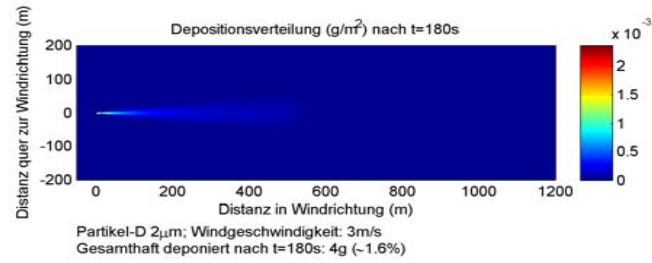
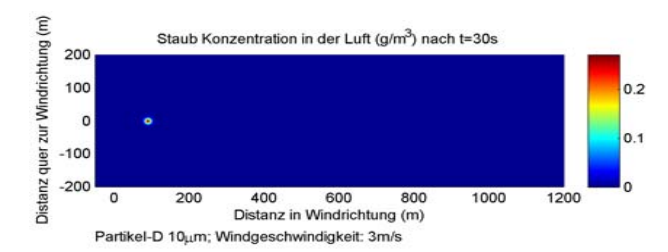


Particules de 10 µm

Déposition

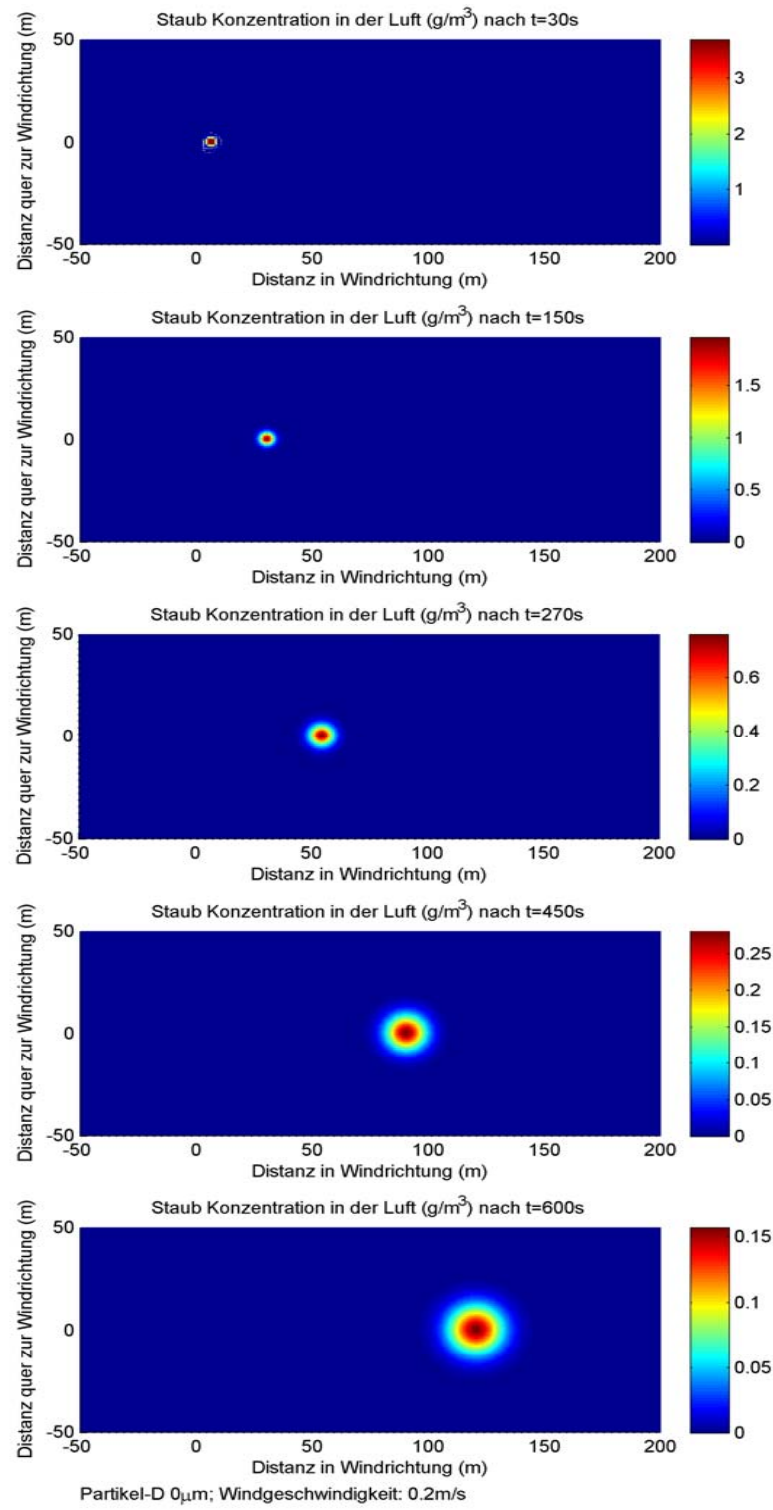


Concentration en poussière dans l'air

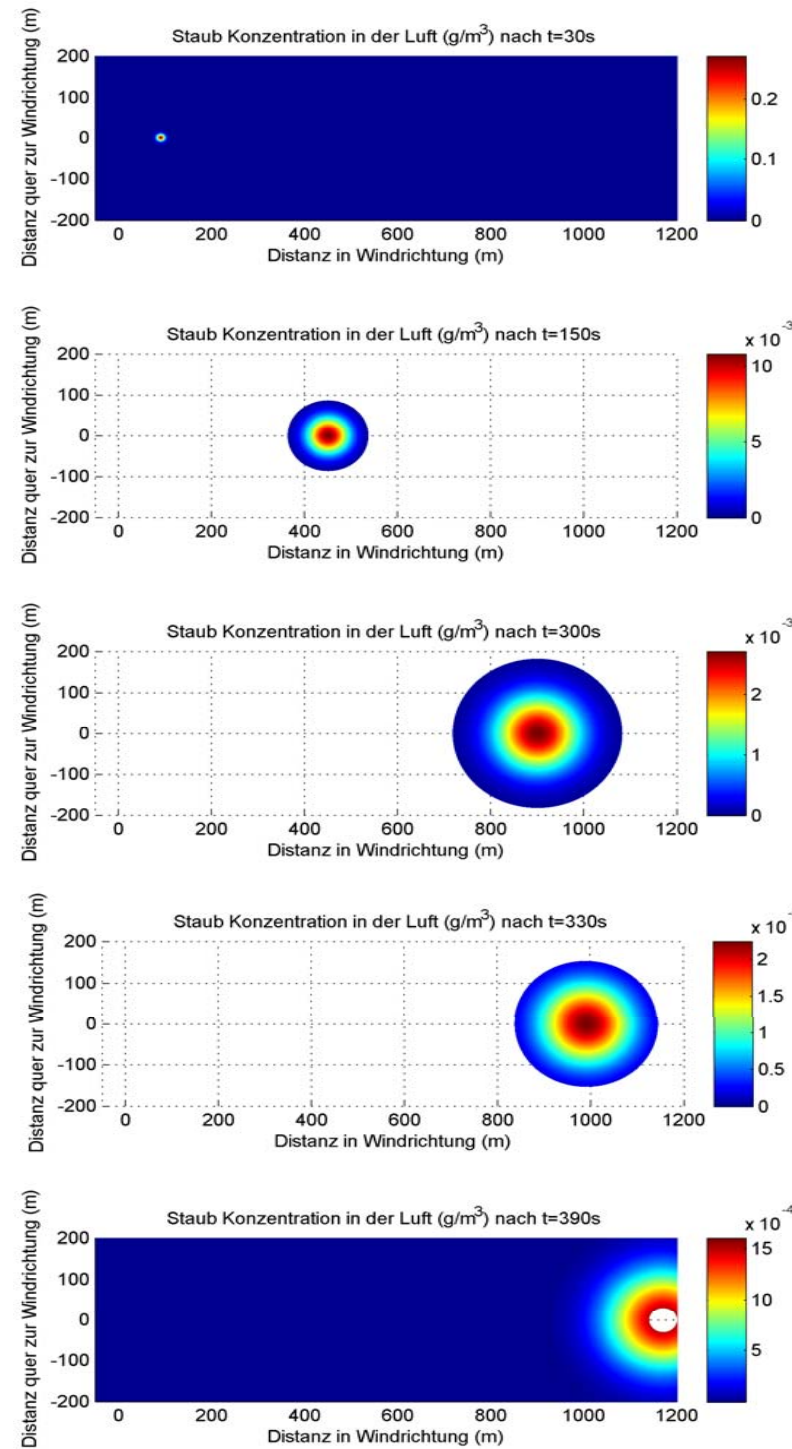


3 Particules sans retombée

En l'absence de vent



En cas de bise (3 m/s)



Annexe 2

**Calculs relatifs à l'exposition : Phase 1;
et Valeur Limites**

Exposition, Aufnahme und Sedimentation von TEQ bei Störfall mit 61 µg TEQ/kg Staub: Phase 1

Partikeldurchmesser = 2 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.30 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	18.3 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.17 h
Staubaufnahme	0.0417 g
aufgenommene Dosis über Atmung	2.5 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.015 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0075 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000075 mm
Belastung pro m ²	0.915 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.004575 ng TEQ / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.001 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	0.061 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.083 h
Staubaufnahme	0.0001 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.004 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.0001 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.00005 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00000005 mm
Belastung pro m ²	0.0061 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.0000305 ng TEQ / kg

Partikeldurchmesser = 10 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.25 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	15.25 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.17 h
Staubaufnahme	0.03 g
aufgenommene Dosis über Atmung	2.1 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.30 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.15 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00015 mm
Belastung pro m ²	18.3 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.0915 ng TEQ / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.0005 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	0.0305 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.083 h
Staubaufnahme	0.000035 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.0021 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.005 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0025 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000025 mm
Belastung pro m ²	0.305 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.001525 ng TEQ / kg

Exposition, Aufnahme und Sedimentation von Benzo(a)pyren bei Störfall mit 11.8 mg BaP/kg Staub: Phase 1

Partikeldurchmesser = 2 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.30 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	3.54 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.17 h
Staubaufnahme	0.0417 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.49 µg BaP

Sedimentierter Staub	0.015 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0075 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000075 mm
Belastung pro m ²	0.177 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000885 µg BaP / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.001 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.0118 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.083 h
Staubaufnahme	0.0001 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.0008 µg BaP

Sedimentierter Staub	0.0001 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.00005 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00000005 mm
Belastung pro m ²	0.00118 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.0000059 µg BaP / kg

Partikeldurchmesser = 10 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.25 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	2.95 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.17 h
Staubaufnahme	0.0347 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.41 µg BaP

Sedimentierter Staub	0.30 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.15 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00015 mm
Belastung pro m ²	3.54 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.0177 µg BaP / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.0005 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.0059 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.083 h
Staubaufnahme	0.0000 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.00041 µg BaP

Sedimentierter Staub	0.005 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0025 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000025 mm
Belastung pro m ²	0.059 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000295 µg BaP / kg

Exposition und Aufnahme von Benzol bei Störfall mit 0.02 g Benzol / m³ Luft: Phase 1

(Anfangsbedingung: 0.15 kg Benzol in 7000 m³ Luft = 0.02 g Benzol / m³ Luft)

Partikeldurchmesser = 0 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)		1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)	
Staubkonzentration in der Luft	0.400 g/m ³	Staubkonzentration in der Luft	0.0015 g/m ³
Benzol Belastung "im Staub"	5800 mg/kg	Benzol Belastung "im Staub"	5800 mg/kg
Atmung	20 m ³ /d	Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	0.17 h	Expositionsdauer	0.083 h
Staubaufnahme	0.056 g	Staubaufnahme	0.00010 g
Benzol Belastung in der Luft	2.3 mg / m ³	Benzol Belastung in der Luft	0.009 mg / m ³
aufgenommene Dosis über Atmung	0.3 mg Benzol	aufgenommene Dosis über Atmung	0.0006 mg Benzol
Sedimentierter Staub	0 g/m ²	Sedimentierter Staub	0 g/m ²
Vol. sed. Staub	0 cm ³ /m ²	Vol. sed. Staub	0 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³	Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0 mm	Dicke der abgelagerten Staubschicht	0 mm
Belastung pro m ²	0 µg Benzol / m ²	Belastung pro m ²	0 µg Benzol / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0 µg Benzol / kg	Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0 µg Benzol / kg

Grenzwerte für Dioxin, Benzo(a)pyren und Benzol

A. Grenzwerte für Luft

Stoff	CAS	MAK-Wert Schweiz ¹⁾	LRV ²⁾ Emissions- grenzwert Stand 2010	USEPA RSL ³⁾ Resident Air Nov. 2010	USEPA RSL ³⁾ Industrial Air Nov. 2010
		2011 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin TEQ ⁴⁾	1746-01-6 -	1.0E-05	1.0E-04	6.4E-07	3.2E-06
Benzo(a)pyren	50-32-8	2.0E+00	1.0E+02	8.7E-03	1.1E-01
Benzol	71-43-2	1.6E+03	5.0E+03	3.1E+00	1.6E+01

B. Boden

Stoff	CAS	VBBö Richtwert	VBBö Prüfwert Nutzung mit direkter Bo- denaufnahme	VBBö Prüfwert Nahrungs- pflanzen- anbau	VBBö Prüfwert Futter- pflanzen- anbau	VBBö Sanierungs- wert Kinder- spielplätze	VBBö Sanierungs- wert Haus- und Fami- liengärten	VBBö Sanierungs- wert Land- wirtschaft + Gartenbau	USEPA RSL ³⁾ Resident Soil	USEPA RSL ³⁾ Industrial Soil
		Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Stand 2008 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Nov. 2010 $\mu\text{g}/\text{kg}$
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin TEQ ⁴⁾	1746-01-6 -	5.0E-03	2.0E-02	2.0E-02	2.0E-02	1.0E-01	1.0E-01	1.0E+00	4.5E-02	1.8E-01
Benzo(a)pyren	50-32-8	2.0E+02	1.0E+03	2.0E+03	2.0E+03	1.0E+04	1.0E+04		1.5E+02	2.1E+03

C. Trinkwasser

Stoff	CAS	USEPA RSL ^{3,5)} Tapwater Nov. 2010	FIV ⁶⁾
		$\mu\text{g}/\text{l}$	$\mu\text{g}/\text{l}$
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin TEQ ⁴⁾	1746-01-6 -	2.7E-06	
Benzo(a)pyren	50-32-8	4.8E-02	2.0E-01
Benzol	71-43-2	6.4E+00	1.0E+00

D. Massgebliche toxikologische Referenzwerte

Stoff	CAS	USEPA ³⁾ Sfo ⁷⁾	USEPA ³⁾ IUR ⁸⁾
		Nov. 2010 (mg/kg-day)-1	Nov. 2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)-1
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin TEQ ⁴⁾	1746-01-6 -	1.3E+05	3.8E+01
Benzo(a)pyren	50-32-8	7.3E+00	1.1E-03
Benzol	71-43-2	5.5E-02	7.8E-06

¹⁾ Suva. Grenzwerte am Arbeitsplatz 2011. Krebsrisiko: 10^5

²⁾ Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 (Stand am 15. Juli 2010), SR 814.318.142.1

³⁾ USEPA. Regional Screening Levels (RSL) for Chemical Contaminants at Superfund Sites, November 2010
(für alle drei Stoffe sind die Werte hinsichtlich eines Krebsrisiko von 10^5 angegeben)

⁴⁾ $1 \mu\text{g}/\text{l TEQ} = 1 \mu\text{g}/\text{l 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin}$

⁵⁾ nur orale Aufnahme berücksichtigt (USEPA würde auch inhalative Aufnahme beim Duschen berücksichtigen)

⁶⁾ Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV), SR 817.021.23

(für Benzo[a]pyren) als Summe von Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren)

⁷⁾ Sfo: "Slope Factor" oral für karzinogene Effekte

⁸⁾ IUR: "Inhalation Unit Risk" für karzinogene Effekte

Annexe 3

Rapport AFC



Strömungssimulation

Störfallszenario Staubausbreitung, Deponie Bonfol



Bauherrschaft: bci Betriebs-AG

Version: 18.03.2011



Beschreibung

Für ein Störfallszenario, bei dem durch eine Explosion Staub in der Halle der Deponie Bonfol verteilt wurde, soll untersucht werden, wie viel Staub zu den durch die Explosion geöffneten Druckentlastungsöffnungen entweichen kann bis diese wieder geschlossen werden. Der unmittelbare Staubausstoss bedingt durch die Explosion wird nicht untersucht. Die Lüftung läuft konstant weiter und wird durch die Explosion nicht beeinflusst.

Randbedingungen

- Halle 150 x 122 x 10 m, quaderförmig, Aushub in der Halle 5 m
- Hallenvolumen 274'500 m³
- Querlüftung mit verteilter Absaugung auf Nord-Westseite 23,380 m³/h
- Verteilte Absaugung bei Loren Kippstelle und Push-pull Übergabe Süd-Westseite 5'000 m³/h
- Tiefenabsaugung 4,600 m³/h
- Hochpunktabsaugung 3'000 m³/h
- Verteilte Nachströmung auf Süd-Ostseite gesteuert durch Unterdruck, 20 Pa
- Staubkonzentration in der Luft 0.14 g/m³ konstant während untersuchtem Zeitraum (worst case)
- Schwebestaub ohne Ablagerung in Halle (worst case für Masse Austritt)
- 5 geöffnete Druckentlastungsöffnungen à je 5 m², total 25 m²
- Temperaturrandbedingungen (Sonneneinstrahlung, Boden) gemäss früher durchgeführten Untersuchung, Bericht von 2007.



Nord
↑

1. Zuluft Aushubhalle



2. Absaugung Aushubhalle



3a) Absaugung Loren Kippstelle



3b) Push-pull Übergabe



Randbedingungen der Zu- und Abluft

	Anzahl Oeffnungen	Groesse der Oeffnungen	Positionierung	Volumenstrom
1) Zuluft Aushubhalle	5 5 2	Motorklappen Handklappen Unterdruckklappen	Südwand, 1.5 m über Boden	druckgesteuert 20 Pa Handeinstellung Gewichtsbelastet
2) Absaugung Aushubhalle	4	Volumenstromregler	Nordwand, 1.5 m über Boden	23'380 m3/h
3a) Absaugung Loren Kippste	3	Motorklappen	Nordwestwand, unter Decke	gesamt 5'000 m3/h
3b) Push-pull Übergabe	2	Volumenstromregler		
Tiefpunktabsaugung	1	Volumenstromregler	Boden, Mitte Halle	4'600 m3/h
Hochpunktabsaugung	1	Volumenstromregler	4 Stränge alternierend unter Decke	3'000 m3/h
wird direkt zur Abluftbehandlung geführt (Sammelbalken)				

Absaugung aus Aushubhalle via Vorbereitung

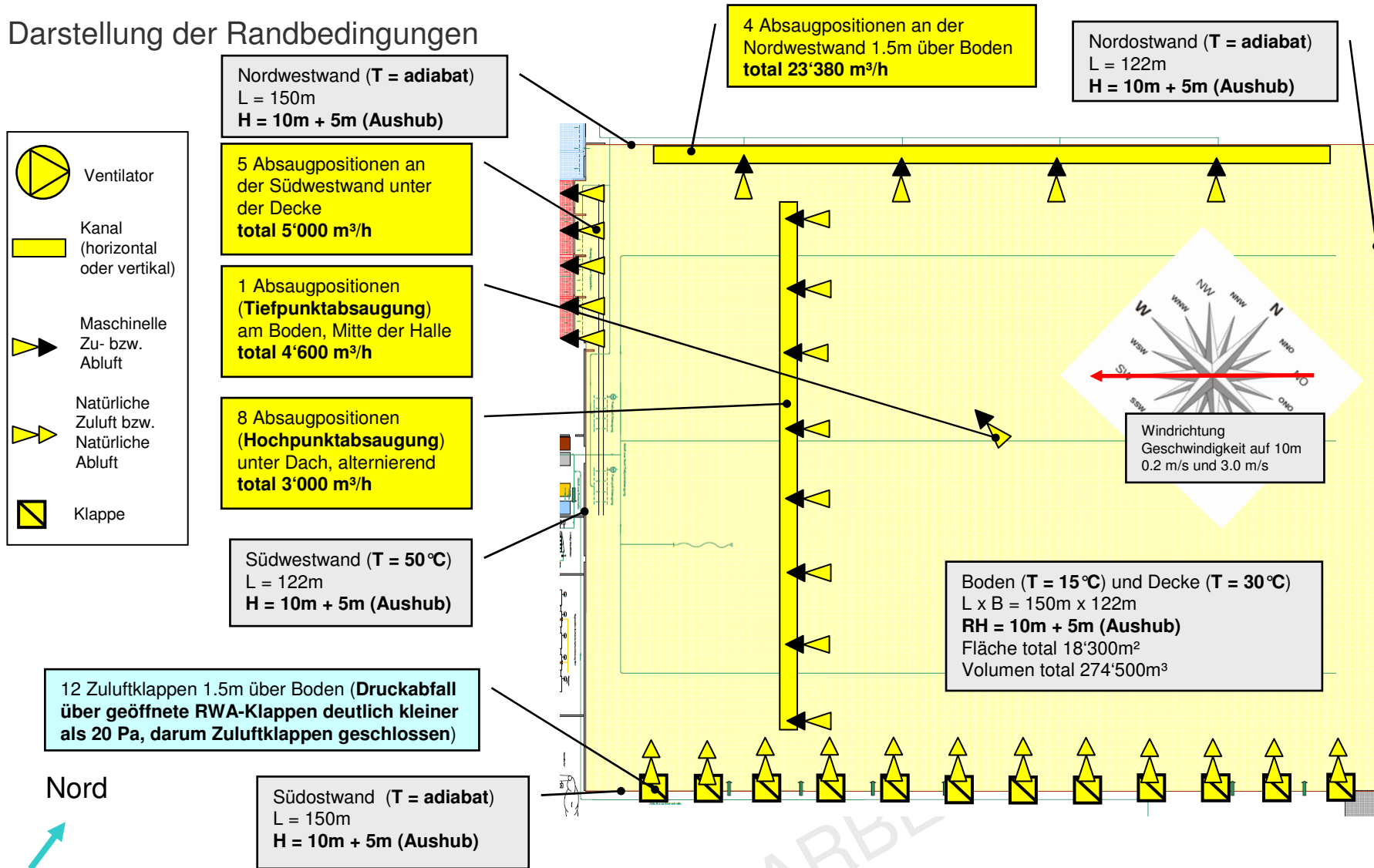
28'380 m3/h

Absaugung aus Aushubhalle total

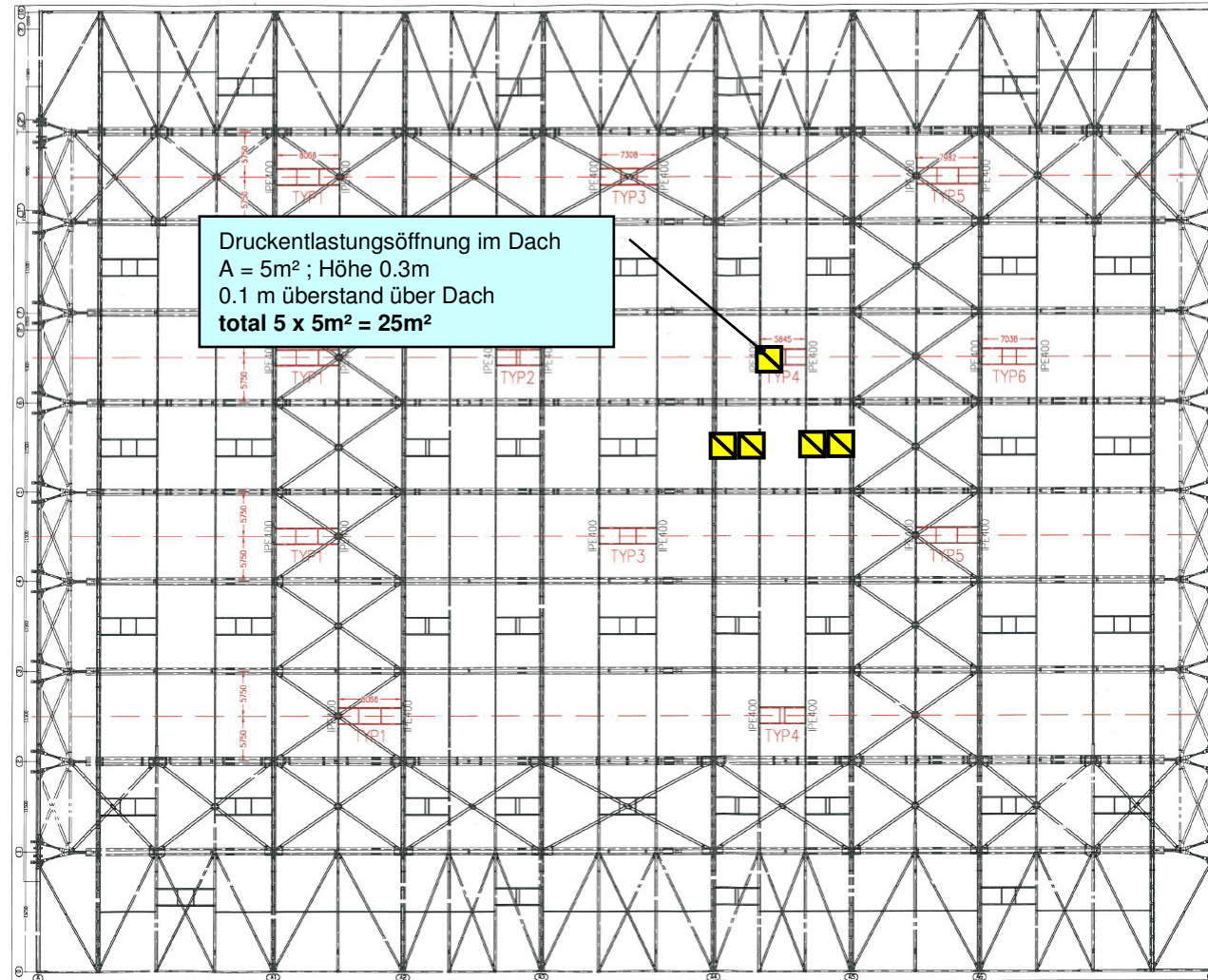
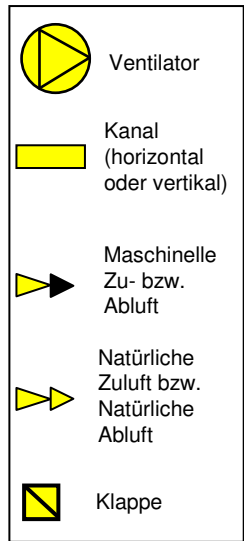
36'000 m3/h

ARBEITSDOKUMENT

Darstellung der Randbedingungen



Position der offenen Druckentlastungsöffnungen



Ergebnisse:

Bei einer Windgeschwindigkeit von 3.0 m/s entweichen im Worst Case 340 g/h Feinstaub in 2'450 m³/h Luft.

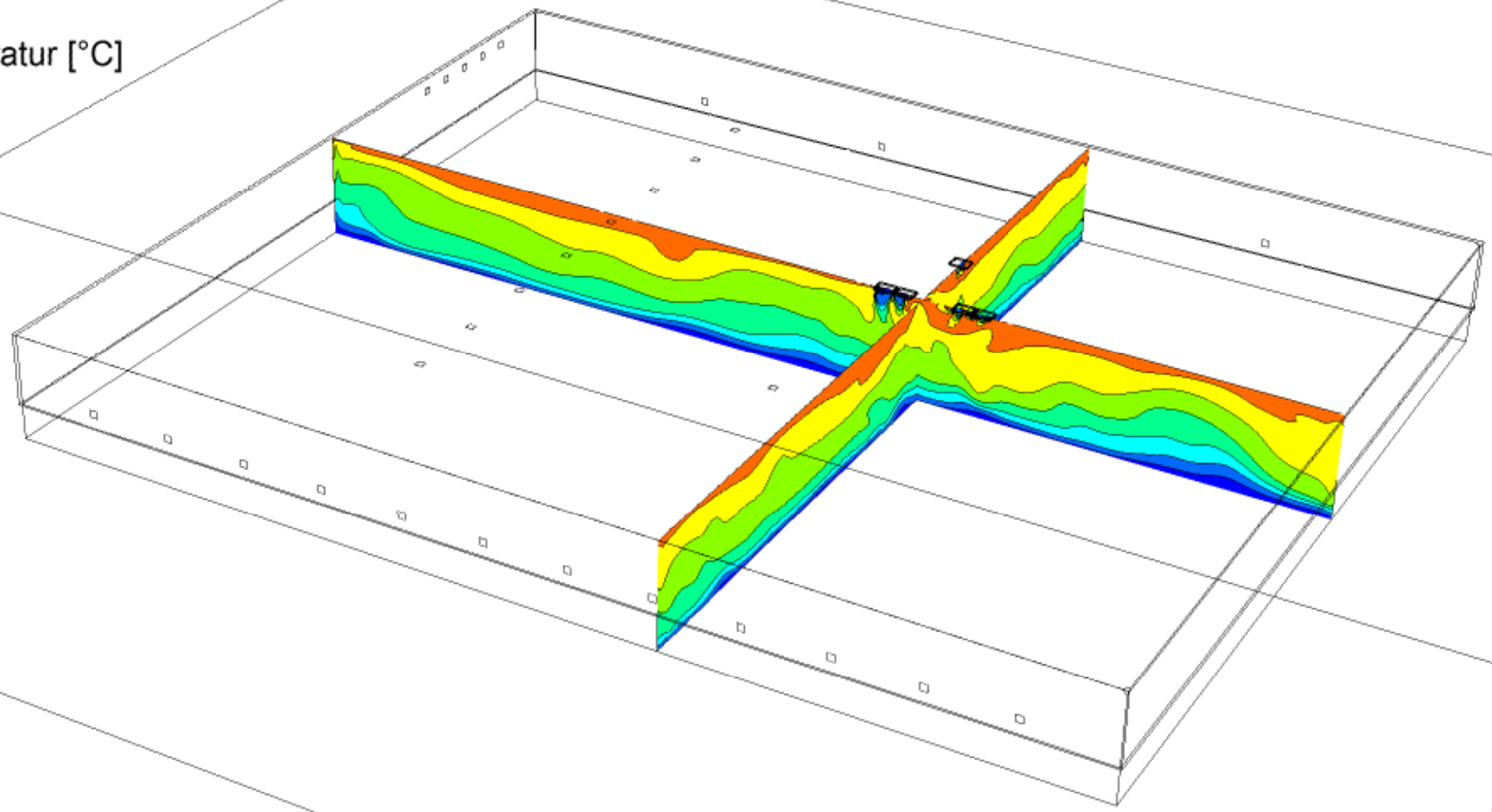
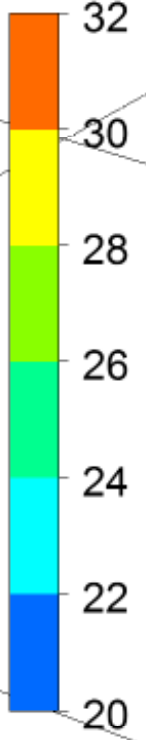
Bei einer Windgeschwindigkeit von 0.2 m/s entweichen im Worst Case 180 g/h Feinstaub in 1'300 m³/h Luft.

Die detaillierten Ergebnisse der Simulationen sind in separaten *.html Dateien Dargestellt.

- Report_Staubentweichung_3p0_2011-03-18.htm für Windgeschwindigkeit von 3.0 m/s
- Report_Staubentweichung_0p2_2011-03-18.htm für Windgeschwindigkeit von 0.2 m/s

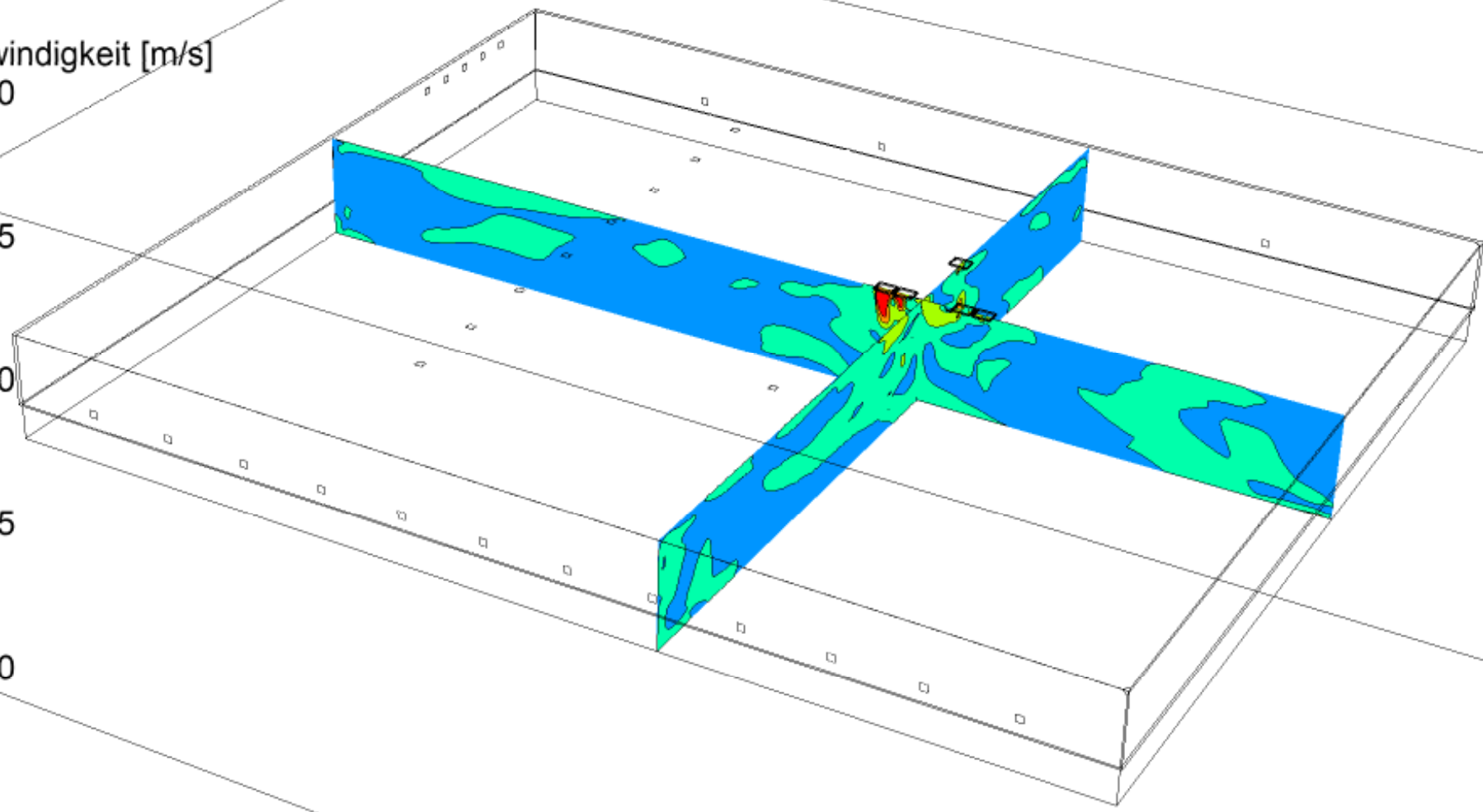
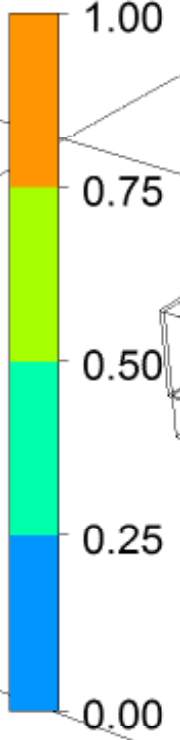
Vitesse du vent: 0.2 m/s

Temperatur [°C]

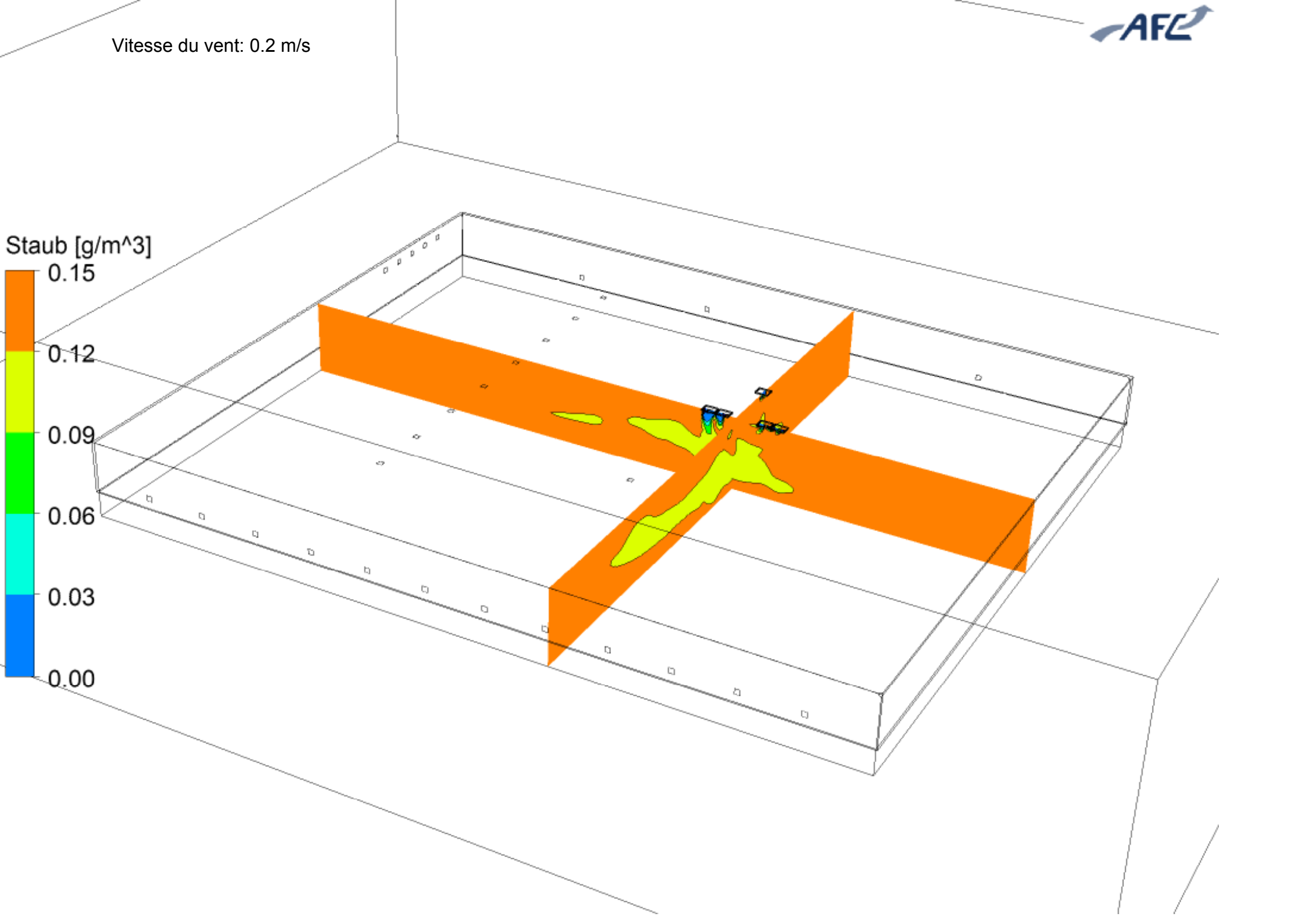
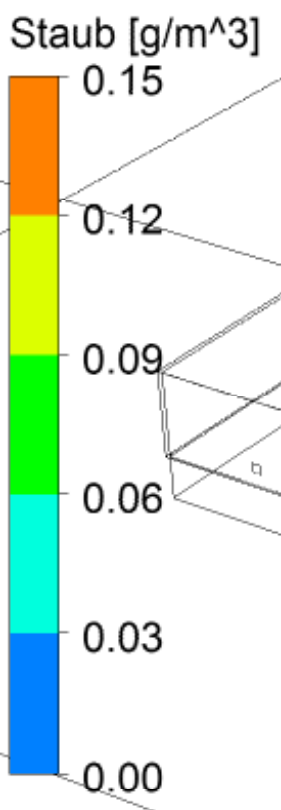


Vitesse du vent: 0.2 m/s

Geschwindigkeit [m/s]



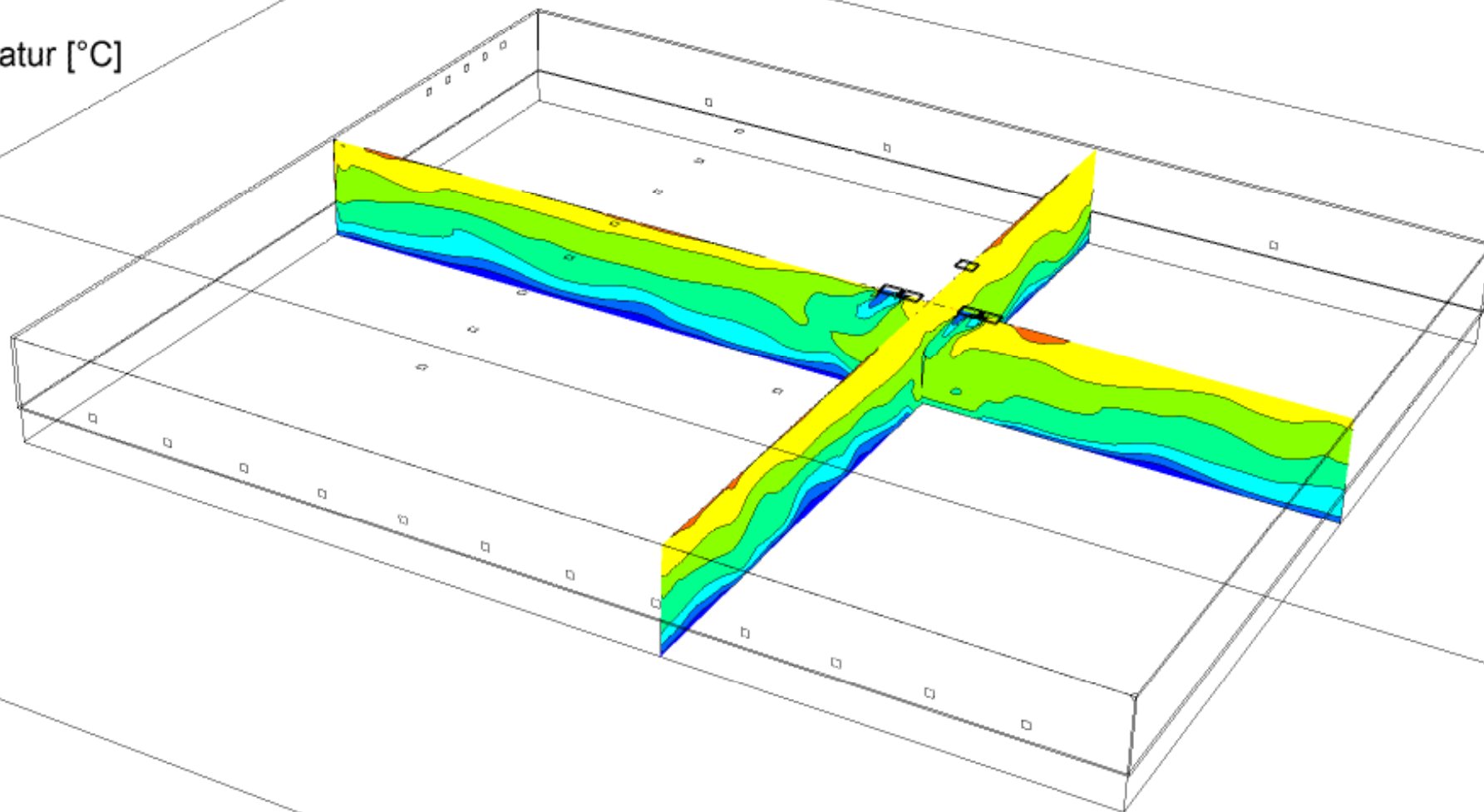
Vitesse du vent: 0.2 m/s



Vitesse de vent: 3.0 m/s



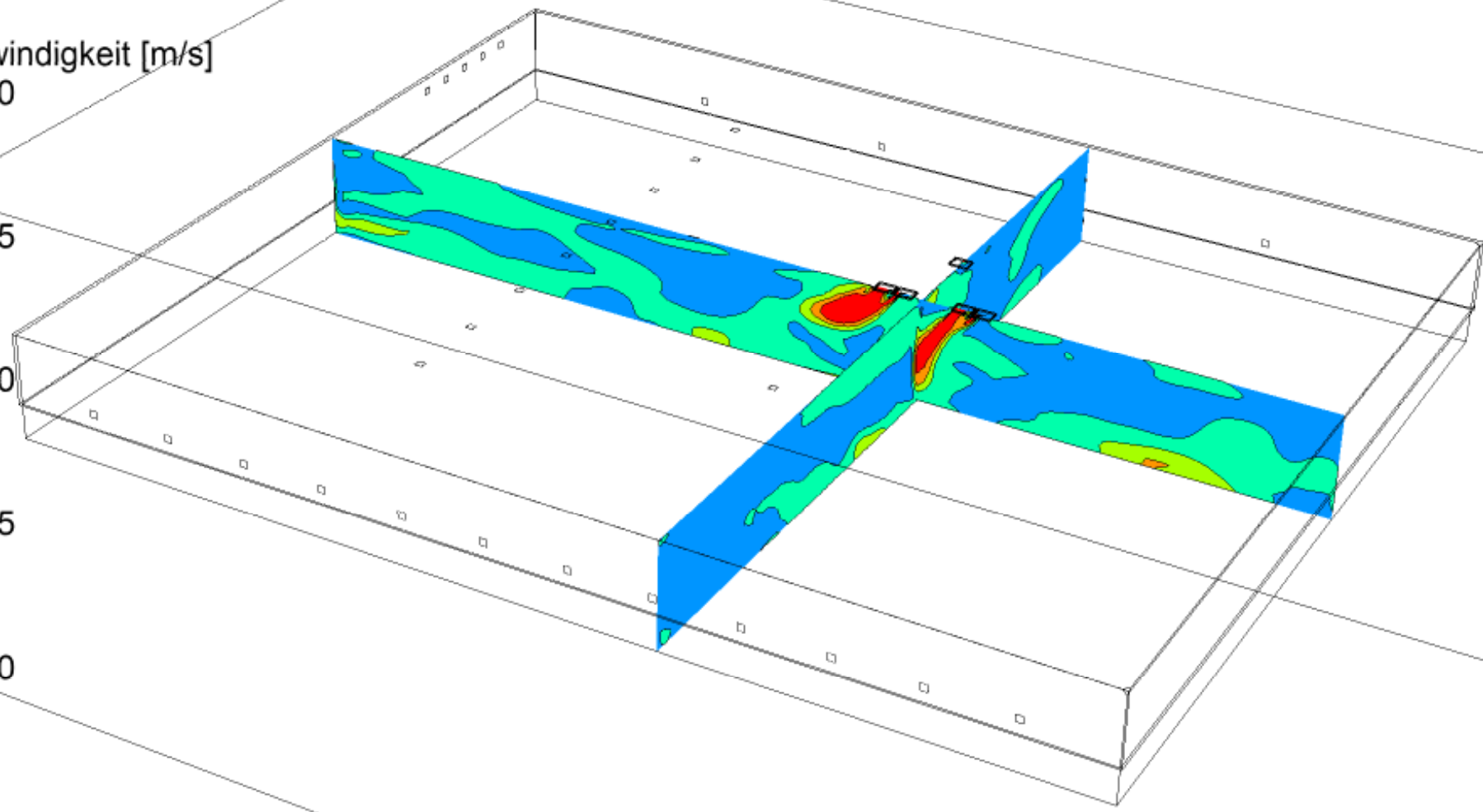
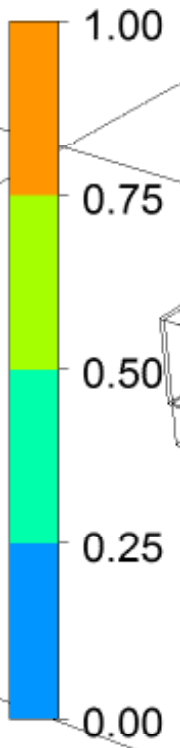
Temperatur [°C]



Vitesse de vent: 3.0 m/s



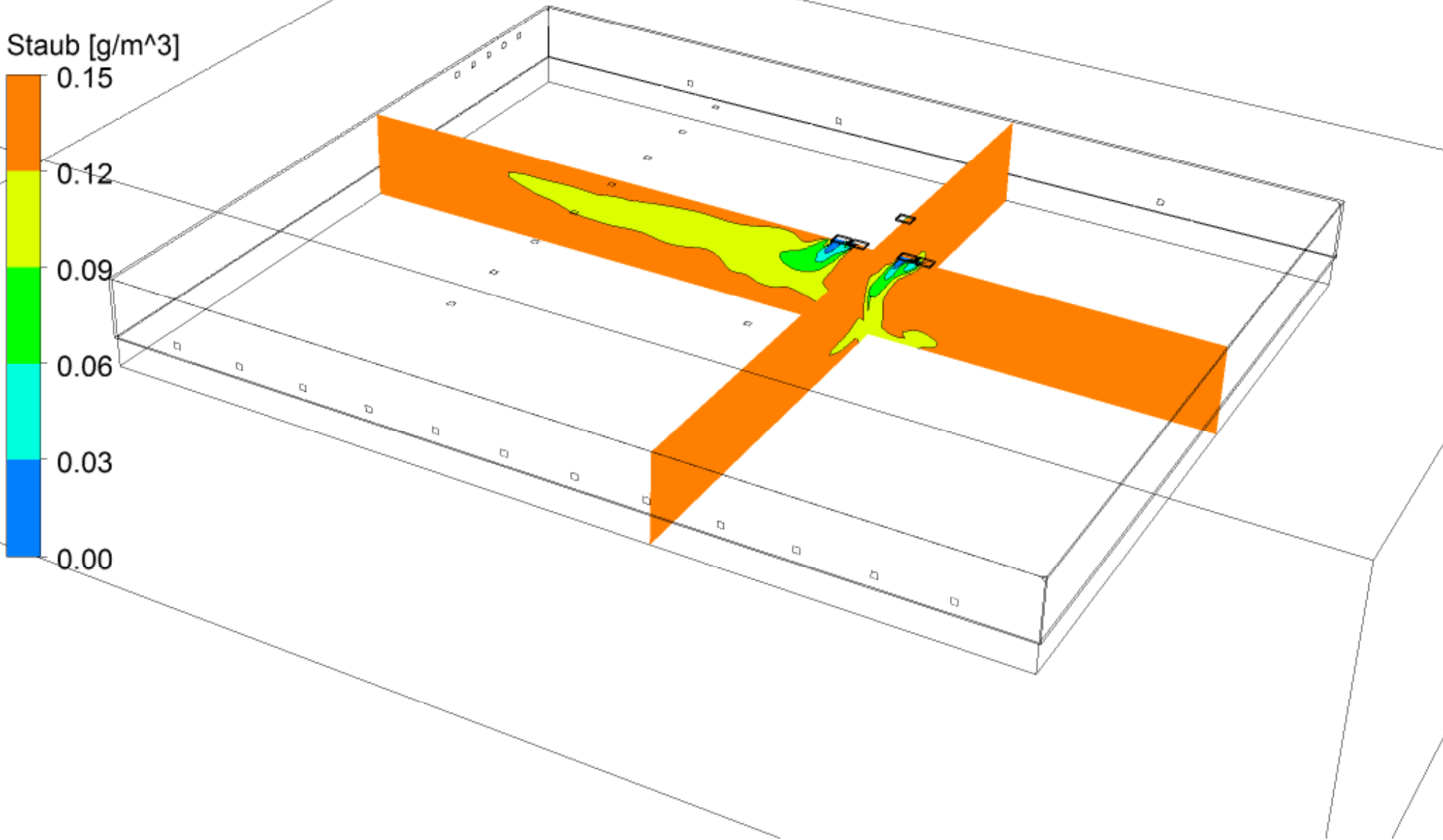
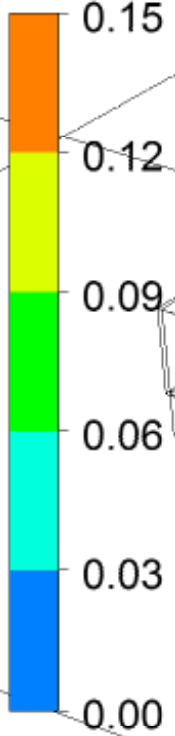
Geschwindigkeit [m/s]



Vitesse de vent: 3.0 m/s



Staub [g/m³]



Annexe 4

Calculs relatifs à l'exposition : Phase 2

Exposition, Aufnahme und Sedimentation von TEQ bei Störfall mit 61 µg TEQ/kg Staub: Phase 2**Partikeldurchmesser = 2 µm****Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)**

Staubkonzentration in der Luft	0.03 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	1.83 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.00 h
Staubaufnahme	0.0250 g
aufgenommene Dosis über Atmung	1.5 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.001 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0005 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000005 mm
Belastung pro m ²	0.061 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000305 ng TEQ / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	9.5E-05 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	0.005795 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.000 h
Staubaufnahme	0.0001 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.005 ng TEQ

Sedimentierter Staub	9.5E-05 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0000475 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	4.75E-08 mm
Belastung pro m ²	0.006 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.00003 ng TEQ / kg

Partikeldurchmesser = 10 µm**Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)**

Staubkonzentration in der Luft	0.03 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	1.708 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.00 h
Staubaufnahme	0.02 g
aufgenommene Dosis über Atmung	1.4 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.025 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0125 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000125 mm
Belastung pro m ²	1.525 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.007625 ng TEQ / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	8.3E-05 g/m ³
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
TEQ Belastung in der Luft	0.0050813 ng TEQ /m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.000 h
Staubaufnahme	0.000069 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.0042 ng TEQ

Sedimentierter Staub	0.002 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.001 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.000001 mm
Belastung pro m ²	0.122 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.00061 ng TEQ / kg

Exposition, Aufnahme und Sedimentation von Benzo(a)pyren bei Störfall mit 11.8 mg BaP/kg Staub: Phase 2

Partikeldurchmesser = 2 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.03 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.354 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.00 h
Staubaufnahme	0.0250 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.30 µg BaP
Sedimentierter Staub	0.001 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0005 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000005 mm
Belastung pro m ²	0.0118 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000059 µg BaP / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	9.5E-05 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.001121 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.000 h
Staubaufnahme	0.0001 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.0009 µg BaP
Sedimentierter Staub	9.5E-05 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0000475 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	4.75E-08 mm
Belastung pro m ²	0.001121 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000005605 µg BaP / kg

Partikeldurchmesser = 10 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.03 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.3304 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.00 h
Staubaufnahme	0.0233 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.3 µg BaP
Sedimentierter Staub	0.03 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.0125 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.0000125 mm
Belastung pro m ²	0.295 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.001475 µg BaP / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	8.3E-05 g/m ³
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
BaP Belastung in der Luft	0.00098294 µg/m ³
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.000 h
Staubaufnahme	0.0001 g
aufgenommene Dosis über Atmung	0.00082 µg BaP
Sedimentierter Staub	0.002 g/m ²
Vol. sed. Staub	0.001 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.000001 mm
Belastung pro m ²	0.0236 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.000118 µg BaP / kg

Exposition und Aufnahme von Benzol bei Störfall mit 0.8 mg Benzol / m³ Luft: Phase 2

(Anfangsbedingung: 0.147 kg Benzol in 183'000 m³ Luft = 0.8 mg Benzol / m³ Luft)

Partikeldurchmesser = 0 µm

Nähere Umgebung (Szenario: v=0.2 m/s)

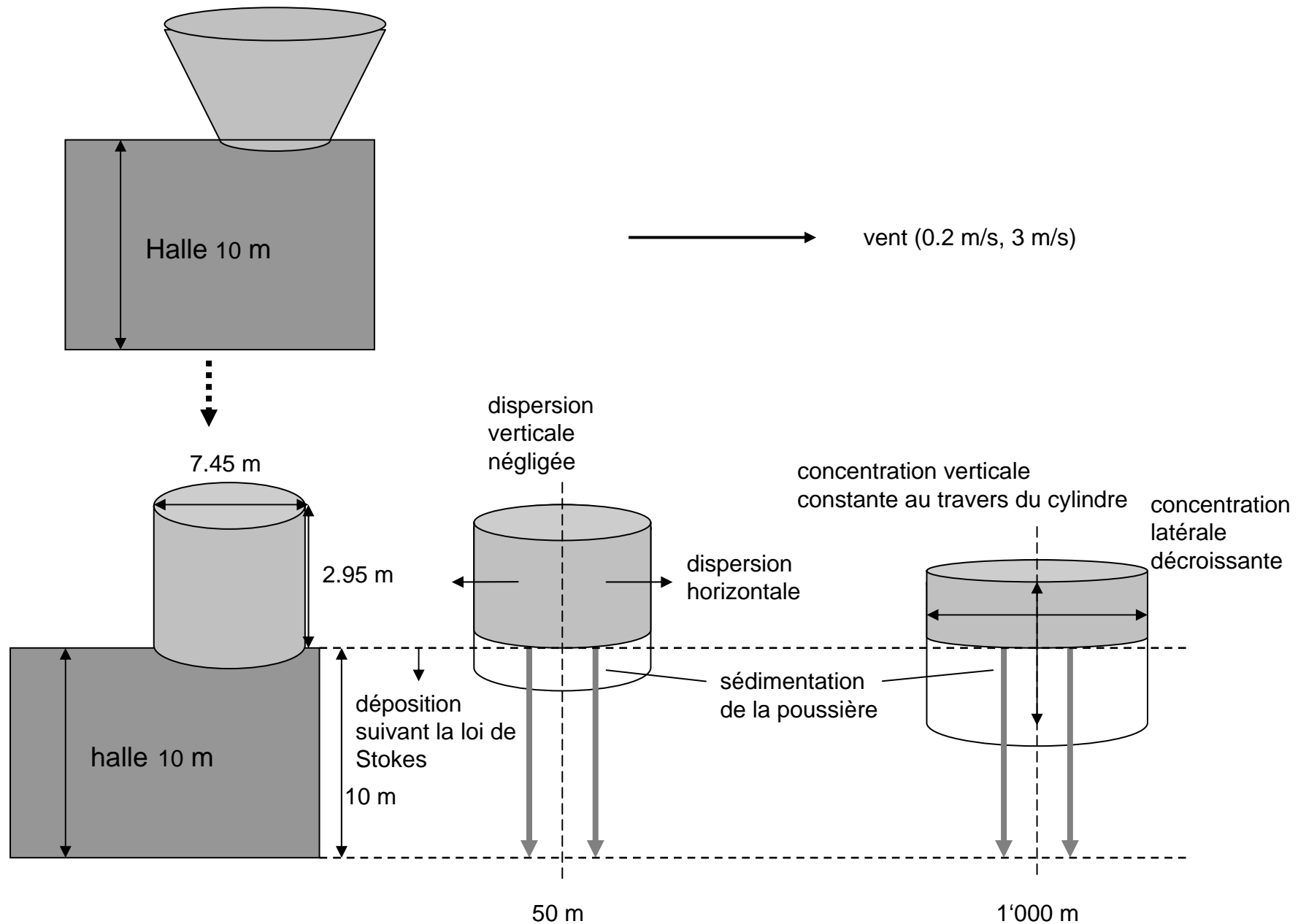
Staubkonzentration in der Luft	0.030 g/m ³
Benzol Belastung "im Staub"	5800 mg/kg
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.00 h
Staubaufnahme	0.025 g
Benzol Belastung in der Luft	0.2 mg / m ³
aufgenommene Dosis über Atmung	0.1 mg Benzol
Sedimentierter Staub	0 g/m ²
Vol. sed. Staub	0 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0 mm
Belastung pro m ²	0 µg Benzol / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0 µg Benzol / kg

1 km Abstrom (Szenario: v=3.0 m/s)

Staubkonzentration in der Luft	0.0001 g/m ³
Benzol Belastung "im Staub"	5800 mg/kg
Atmung	20 m ³ /d
Expositionsdauer	1.000 h
Staubaufnahme	0.00007 g
Benzol Belastung in der Luft	0.0005 mg / m ³
aufgenommene Dosis über Atmung	0.0004 mg Benzol
Sedimentierter Staub	0 g/m ²
Vol. sed. Staub	0 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0 mm
Belastung pro m ²	0 µg Benzol / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0 µg Benzol / kg

Annexe 5

Représentation schématique de la dispersion



Annexe 6

Calculs relatifs à la déposition des poussières plus lourdes

Sedimentation von Grobstaub, Bereich 100 - 150 m Entfernung

1/3 der emittierten Masse an Grobstaub

Dioxin (61 µg TEQ/kg Staub)

Sedimentierter Staub	0.303 g/m ²
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
Vol. sed. Staub	0.15 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00015 mm
Belastung pro m ²	18.5 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.0925 ng TEQ / kg

gesamte emittierte Masse an Grobstaub

Dioxin (61 µg TEQ/kg Staub)

Sedimentierter Staub	0.91 g/m ²
TEQ Belastung im Staub	61 µg TEQ /kg
Vol. sed. Staub	0.455 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.000455 mm
Belastung pro m ²	55.51 ng TEQ / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.28 ng TEQ / kg

PAK (5.9 mg BaP/kg Staub)

Sedimentierter Staub	0.303 g/m ²
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
Vol. sed. Staub	0.15 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00015 mm
Belastung pro m ²	3.58 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.018 µg BaP / kg

PAK (5.9 mg BaP/kg Staub)

Sedimentierter Staub	0.91 g/m ²
BaP Belastung im Staub	11.8 mg/kg
Vol. sed. Staub	0.46 cm ³ /m ²
Dichte	2 g/cm ³
Dicke der abgelagerten Staubschicht	0.00046 mm
Belastung pro m ²	10.74 µg BaP / m ²
Belastung bezogen auf 10 cm Boden	0.054 µg BaP / kg