

Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol

Projet de construction



Synthèse des réponses aux exigences E1

Commentaires sur les exigences E2

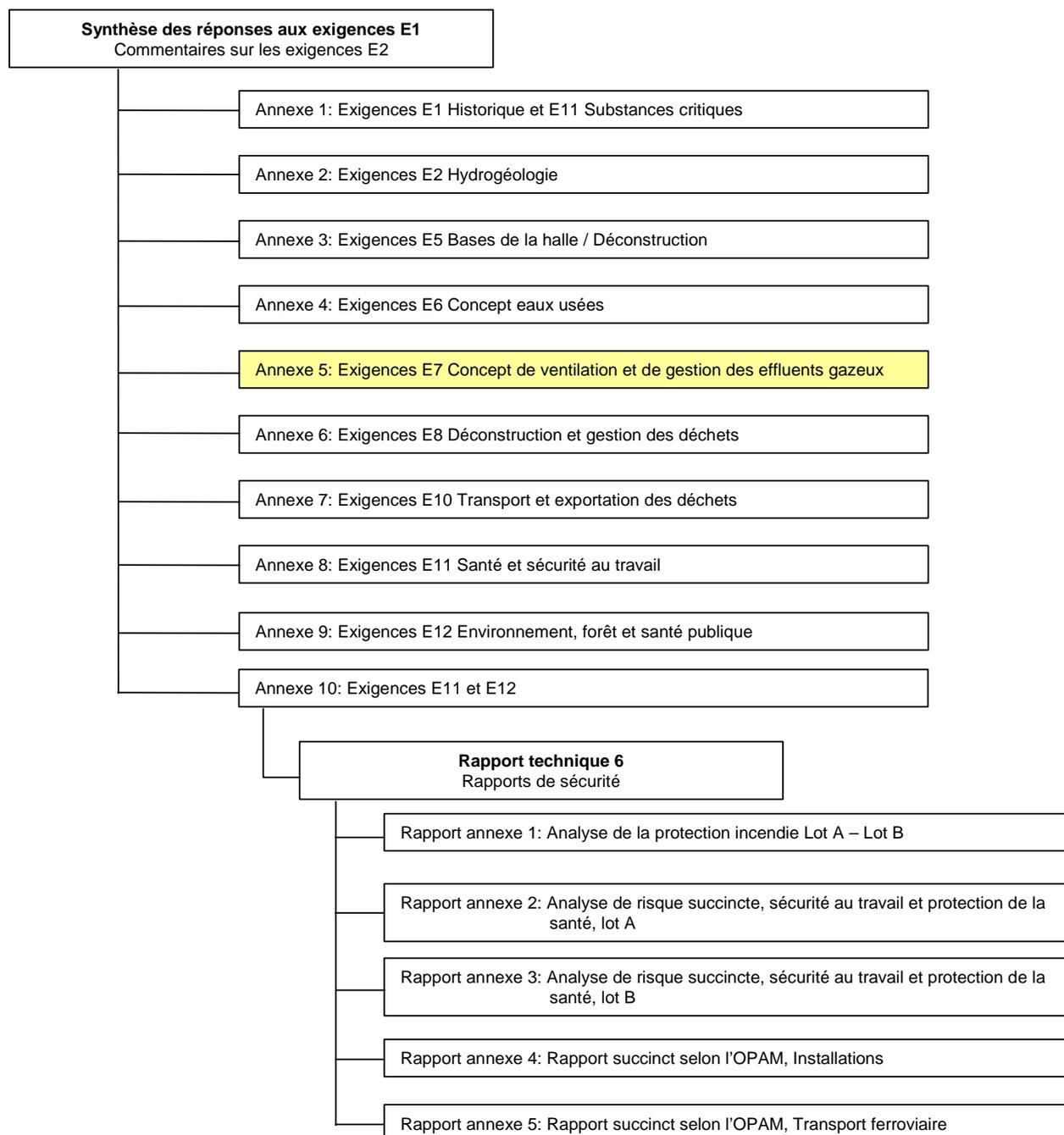
Annexe 5 :

Exigences E7 Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux

15 novembre 2006

Indication pour le lecteur:

Le graphique présenté ci-dessous a été établi afin de clarifier la structure du dossier « Synthèse des réponses aux exigences E1 / Commentaires sur les exigences E2 ». Le présent rapport est indiqué en couleur dans le graphique.



E7.1	Type de demande : E1	Gestion des effluents gazeux
Emissions gazeuses		
Exigences (cf. prise de position de l'OEPN du 08.09.04) :		
<ul style="list-style-type: none"> • Les calculs d'émissions doivent être complétés et documentés. L'évaluation des immissions d'odeurs doit être améliorée, en tenant compte des émissions provenant notamment de la manipulation des déchets. • Les mesures permettant de minimiser les émissions doivent être précisées et leur efficacité doit être démontrée. 		
Informations et réponses fournies:		
<p>Les calculs d'émissions ont été complétés sur la base des essais effectués en 2004/2005 à la chambre principale de la DIB en ce qui concerne des surfaces ouvertes de déchets et sur la base des retours d'expérience de HIM concernant les déchets manipulés. Ils figurent au chapitre 3 du rapport « concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ».</p> <p>L'évaluation des immissions d'odeurs a été faite selon les recommandations des autorités par extrapolation des résultats de la modélisation de la dispersion du benzène. Elle figure en annexe du rapport « concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ». Cette évaluation a été expertisée par le bureau Hertig & Lador SA mandaté par les autorités cantonales. Les conclusions de l'étude sont que l'impact lié aux odeurs ne sera que très faible (perception d'odeurs possible durant quelques minutes par an).</p> <p>Les mesures permettant de réduire les émissions sont décrites dans les rapports techniques 1, 4 et 5 ainsi que dans le rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ». Elles constituent essentiellement en l'utilisation d'un système pont-roulant/grappin en lieu et place d'un système conventionnel pour l'excavation et en l'utilisation d'un shredder off-site sur le site de HIM en lieu et place d'un shredder sur site.</p>		
Position OEPN sur informations et réponses fournies et éléments à prendre en compte:		
L'OEPN a accepté les éléments fournis pour les réponses aux divers points relatifs à la demande, tout en insistant sur le fait qu'ils devront être intégrés dans les rapports techniques qui		

Rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux » ci-joint

Rapports techniques 1, 4 et 5

COUVA_3
(23.10.06)

accompagneront la demande de permis de construire (exigence E2, n° 7.3 et 7.4).	
---	--

E7.2	Type de demande : E1	Gestion des effluents gazeux
Ventilation et traitement de l'air		
Exigences (cf. prise de position de l'OEPN du 08.09.04) :		
<p>Les possibilités d'extraction au plus près des sources d'émission doivent être précisées en tenant compte de la protection de l'air des travailleurs dans une démarche interdisciplinaire.</p>		
Informations et réponses fournies:		<p>Rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux » ci-joint</p>
<p>Les captages à la source prévus dans les halles d'excavation et de préparation sont détaillées dans le rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ».</p> <p>Le concept prévoit une aspiration des émissions à la source dans la halle d'excavation au niveau des zones de transfert grappin/wagonnet et benne du wagonnet/bunker, c'est-à-dire dans les zones de manipulation des déchets. Une aspiration locale dans les zones d'excavation n'est pas possible, car elle perturberait le bon déroulement des opérations d'excavation.</p> <p>Par ailleurs 2 autres aspirations sont prévues dans les points hauts et bas de la halle, afin de capter les vapeurs plus légères respectivement plus lourdes que l'air susceptibles de s'y accumuler si un phénomène de stratification de l'air ambiant se produit.</p> <p>Dans la halle de préparation, un captage à la source se fera dans le local des cribles, là où les émissions les plus importantes sont attendues.</p> <p>Le but primaire du concept de ventilation concernant la sécurité du personnel est d'éviter la formation d'atmosphères explosibles. Le personnel dispose par ailleurs, d'un équipement de protection respiratoire individuel ou effectue les travaux à l'intérieur d'une cabine pressurisée. Il est ainsi en tout temps protégé des polluants présents dans l'air ambiant.</p>		
Position OEPN sur informations et réponses fournit et éléments à prendre en compte:		<p>COUVA_3 (23.10.06)</p>
<p>L'OEPN a validé la présente exigence, en insistant sur le fait qu'ils devront être intégrés dans les rapports techniques qui accompagneront la demande de permis de construire (exigence E2, n° 7.3 et 7.4).</p>		

E7.3	Type de demande : E2	Gestion des effluents gazeux
Traitement et rejet de l'air		
Exigences (cf. prise de position de l'OEPN du 08.09.04) :		
<ul style="list-style-type: none"> • Chaque système d'extraction doit être identifié, de même que chaque point de rejet (y compris la hauteur des cheminées). • Les installations de traitement de l'air doivent être étudiées et dimensionnées en fonction des concentrations en polluants et des volumes d'air extraits. 		
Informations et réponses fournies:		Rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux » ci-joint
<p>Dans le cadre du maintien en dépression des halles, il est prévu un système de ventilation en cascade allant des zones à faibles contaminations vers les zones à fortes contaminations.</p> <p>Il est prévu d'évacuer les captages aux points hauts et bas dans la halle d'excavation ainsi que le captage du local des cribles dans la halle de préparation sont évacués de manière séparés.</p> <p>Après traitement, les effluents gazeux sont rejetés par l'unique cheminée d'évacuation du site. La hauteur de la cheminée a été calculée selon la méthode définie dans l'OPair et s'élève à 48 mètres. Le diamètre de la cheminée a été calculé pour permettre un rejet des effluents dans l'air à une vitesse de 15 m/s. C'est sur cette base que les calculs d'immissions ont été effectués.</p> <p>Les différentes possibilités de traitement des effluents gazeux sont discutées au chapitre 4 du rapport « concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ». Dès la phase pilote au début de l'assainissement, une installation de traitement par adsorption sur charbon actif est prévue, permettant le traitement de la totalité des effluents gazeux émis.</p>		
Position OEPN sur informations et réponses fournit et éléments à prendre en compte:		
<p>Le concept de la gestion et du traitement de l'air a reçu un préavis favorable. Le projet de détail en cours de finalisation sera évalué par les autorités.</p>		

E7.4	Type de demande : E2	Gestion des effluents gazeux
Monitoring et évaluation des émissions et immissions		
Exigences (cf. prise de position de l'OEPN du 08.09.04) :		
<ul style="list-style-type: none"> • Le monitoring de la qualité de l'air avant et après traitement doit être décrit. Les points de mesure principaux, les paramètres à mesurer, les critères d'évaluation et les techniques de mesure doivent être proposés. • Le monitoring de la qualité de l'air extérieur (immissions) au droit du chantier et à l'extérieur de celui-ci doit être décrit. Les points de mesure principaux, les paramètres à mesurer, les critères d'évaluation et les techniques de mesure doivent être précisés. • Le calcul de la dispersion des polluants doit être affiné en tenant compte des situations météorologiques locales. 		
Informations et réponses fournies:		Rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux »
<p>Le monitoring des émissions est décrit au chapitre 4.4 du rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ». Il sera encore affiné dans le cadre de la demande de permis de construire.</p> <p>Le monitoring des immissions fait l'objet du chapitre 5.3 du rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ».</p> <p>Le calcul de dispersion présenté dans le projet d'assainissement a été réactualisé à l'aide d'un nouveau logiciel de modélisation en tenant compte des conditions météorologiques locales (entre autres régime des vents locaux) et des émissions prévisionnelles fournies par le modèle d'émission. La dispersion a été simulée en prenant le benzène comme indicateur. Les estimations des immissions d'odeurs ont été extrapolées à partir des résultats obtenus pour le benzène. L'ensemble fait l'objet d'un rapport « Calcul de dispersion », annexé au rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux ». Ces calculs ont été expertisés et globalement validés par le bureau Hertig & Lador SA mandaté par les autorités cantonales.</p>		
Position OEPN sur informations et réponses fournit et éléments à prendre en compte:		
Le concept de la gestion et du traitement de l'air a reçu un préavis favorable. Le projet de détail en cours de finalisation sera évalué par les autorités.		

Procès-verbal

Projet : DIB	Séance : Groupe air	Séance no : 1
Date : 28.02.05, 9h15 à 12h00	Lieu : OEPN, St-Ursanne	

Participants : Jean Fernex, André Bapst (AB), Jean-Michel Hertig (JMH), Michael Fischer (MF), Rémi Lutzenbacher (RL), Adrian Stucki (AS), Sandrine Choulot (SC) **Excusés :** -

0 Documents de travail utilisés

Prise de position du canton (chapitre 7) : Points 7.1 ; 7.2 ; 7.3

Documents bci :

1. Rapport : Problématiques des effluents gazeux DIB. Aperçu des mesures disponibles – février 2005 – (Version française remise le 28.02.05, version allemande remise le 24.02.05)
2. CD Rom : Problématiques des effluents gazeux DIB. Aperçu des mesures disponibles – février 2005 (remis le 28.02.05)

1 Introduction

Présentation des participants.

Présentation des étapes de la procédure et des lots A et B par MF.

Mention d'un site en Allemagne où la problématique de la gestion de l'air, dans une grande halle, est similaire à celle de la DIB par MF

Présentation des derniers résultats par AS et RL.

No	Points discutés	Décisions	Actions				
			Quoi	Qui	Quand	Suivi	Fait
2	Points discutés						
	<p>Demande 7.1 Emissions gazeuses (E1)</p> <p>Demande 7.2 Ventilation et traitement de l'air (E1)</p> <p>Le canton est satisfaisait des documents reçus et est d'accord avec les propositions du chapitre 6 du rapport.</p> <p>Les exigences 7.1, 7.2 et 7.3 sont liées. Les exigences doivent être satisfaites dans le cadre d'un processus itératif de développement du projet.</p> <p>La qualité des gaz contenus dans la zone non saturée reste une inconnue dont il faudra tenir compte dans l'élaboration du projet.</p> <p>C'est principalement dans le travail sur les méthodes d'excavation qu'il faudra tenir compte des ces éléments.</p>	<p>Des mesures analytiques supplémentaires concernant la situation actuelle nous paraissent peu utiles (point 1 du chapitre 6 du rapport remis)</p> <p>Chlorure de vinyle et CO : Il faut approfondir les analyses pour ces paramètres, car ce sont des substances sensibles pour la protection des travailleurs.</p> <p>Les données devront être analysées sous l'angle de l'établissement des quantités émises en même temps que des concentrations.</p> <p>Dans l'utilisation des données, il sera tenu compte des variations spatio-temporelles lors des phases d'excavation.</p>					
	Demande 7.3 Traitement et rejet de l'air (E2)	Expérience en cours, visite sur place avant fin mars.					

Signatures

OEPN

Jean Fernex

bci

Michael Fischer

Date, visa : 28.02.05, SC

Procès-Verbal / Prise de notes non formalisées

Projet DIB	Séance : OEPN – bci Traitement de l'air	Séance n°1
Date : 5 mai 2006 – 14h00 à 17h30	Lieu : Delémont : Morépont	

Participants	Collaborateurs :	Experts :
Canton :	André Bapst : Chef de projet - OEPN Jean Fernex : OEPN Jean Parrat : Service des arts et métiers Claude Ramseier : Laboratoire cantonal Sandrine Schmidt : OEPN	Jacques Hertig : expert air, génie civil, OPAM
Bci :	Rolf Bentz Rémi Luttenbacher	Marti- Zublin : H.-U. Knehr Balewa : Adrian Stucki

Documents / annexes	
	<ul style="list-style-type: none"> Rapport Abluftproblematik (Balewa – HIM- Marti) du 28.04.06

N°	Points discutés	Décisions	Actions		
			Quoi	Qui	Quand
1	<p>Concept de traitement de l'air :</p> <p>Deux principes sont possibles :</p> <ol style="list-style-type: none"> mélanger et évacuer dans l'atmosphère concentrer et traiter. <p>D'un point de vue environnemental, plus l'on concentre les émanations plus le traitement sera efficace. Par contre, du point de vue de la protection des travailleurs, c'est le contraire. Il faut donc tenir compte de plusieurs facteurs pour définir le concept du traitement de l'air.</p>	<p>Tenir compte des cas particulier, prévoir le cloisonnement (incendie, ...)</p> <p>Fixer des scénarios en considérant les travailleurs (voir si le risque pour les travailleurs est acceptable).</p>	<p>Rapport Air +</p> <p>Sécurité des travailleurs</p>	<p>bci</p>	<p>Fin mai</p>

N°	Points discutés	Décisions	Actions		
			Quoi	Qui	Quand
	Il est prévu de remblayer la fouille de manière simultanée à l'excavation, ce qui implique une entrée de matériaux propres en même temps, d'où beaucoup de circulation. Est-il prévu d'utiliser des SAS ? réponse bci : Le bunker fait office de SAS.				
2	<p>Valeur de dépression dans la halle et systèmes de ventilation/aspiration:</p> <p>Pourquoi une valeur de dépression de 20 Pa a-t-elle été choisie ?</p> <p>Avec les dimensions de la halle (surface 150 X120 m) le système de ventilation retenu, avec un débit minimum 20 ou 30'000 m³ /h, ne peut pas fonctionner sans une vitesse minimale d'environ 35cm/sec. Il y a un risque qu'une stratification se produise. Attention aussi aux températures : soleil sur face Sud en été à midi, refroidissements nocturnes : effets inverses sur les circulations dans la halle.</p> <p>La pression dynamique avec 20 Pa est de 20m/s. Dans la halle il ne faudra aucune ouverture. Les débits d'entrée doivent être parfaitement contrôlés (éviter la stratification thermique) et éviter les flux dans les ouvertures.</p> <p>On pourrait conserver le système tel qu'il est défini dans le rapport. Par contre, il devra être couplé avec un ou deux autres systèmes pour permettre une certaine souplesse au cours de l'exploitation (aspirations dans les zones de fortes concentrations)</p>	<p>Etudier les systèmes push/pull (ventiler / aspirer) en tenant compte des risques de création de poussières.</p> <p>Etudier la possibilité de mettre en place des aspirateurs pour prendre les concentrations fortes et les traiter. Un renouvellement de l'air ponctuel peut alors être envisagé.</p> <p>Prévoir plusieurs systèmes pour pouvoir faire des ajustements dans la pratique.</p> <p>Traiter du risque de condensation de l'eau (risque de brouillard ou de condensation sur les murs et dans les tuyaux).</p>	Rapport Alr	bci	Fin mai
3	<p>Problématique des odeurs :</p> <p>Efficace et nécessaire contre les pluies, la halle permettra aussi d'éviter certains problèmes face aux odeurs.</p> <p>La dilution n'est pas efficace sur les odeurs.</p>	<p>La problématique des odeurs devra être traitée en détail (tenir compte des nouvelles données météo).</p>	Rapport Alr	bci	Fin mai
4	<p>Problématique des poussières :</p> <p>Avec les poussières, il pourra y avoir des retombées de substances, parfois cancérigène (Benzo a pyrène). Le traitement des poussières est plus facile que celui des substances gazeuses.</p> <p>Les zones critiques pour les poussières sont : dans les zones excavation- transport, sur les tamis vibrant, ...</p>	<p>Le traitement des poussières doit être détaillé dans le rapport. Etudier un système de traitement éventuellement avec séparateur de poussières.</p>	Rapport Alr	bci	Fin mai

N°	Points discutés	Décisions	Actions		
			Quoi	Qui	Quand
	Il faut les capter au plus près de leur source.				
5	Hauteur de cheminée :	La cheminée doit tenir compte de la forêt. Elle atteindra environ 45 m. Sur la base des concentrations en benzène de l'OPair (annexe 6) : prendre l'annexe 1 chapitre 7, faire le calcul éventuellement avec un mélange de substances. Intégrer ces données dans la NIE et pour les calculs d'immissions.	Rapport Air + NIE	bci	
6	Modélisation des immissions des substances et des odeurs Calculs de dispersion : Les substances K3 sont déterminantes, ce qui implique de travailler avec les valeurs limites les plus basses. Le benzène est un bon paramètre. La corrélation entre la concentration en benzène et en carbone organique est intéressante. La même modélisation devrait être faite avec les odeurs. La VME est presque respectée dans la halle d'excavation	Définir les paramètres du modèle. A discuter lors de la séance du 16 mai entre les experts	Modélisat.	Expert bci	16.05.06
7	Efficacité des systèmes de traitements proposés dans le rapport : L'adsorption sur charbon actif : comment mesurez-vous la saturation ? réponse bci : elle est contrôlée avec un FID. Le charbon actif n'est plus efficace au bout d'une semaine. Dans les tableaux comparatifs et les écobilans il n'y a pas de régénération sur place : A Bonfol, il n'y a pas assez d'eau pour le lavage des gaz. Il faut envisager de réutiliser l'eau à la sortie de la STEP, comme eau industrielle. Il faut installer un bassin d'eau pour la réserve incendie. La proposition de bci est déjà de résoudre la ventilation pour pouvoir après déterminer en aval le traitement de l'air.	L'efficacité des systèmes de traitement envisagés est à préciser et à étudier. Il faudra probablement établir de nouveaux concepts en tenant compte de la ventilation et des odeurs. Les différentes solutions proposées sont celles qui existent sur le marché. Ne pas écarter trop rapidement les biofiltres. Le critère de base est de regarder la performance (s'assurer que les valeurs d'émissions et d'immission sont garanties). Les méthodes écobilans ne sont pas intéressantes à ce stade de l'étude.	Rapport Air	bci	Fin mai
8	Phase pilote : les systèmes devront être testés in situ.	La phase pilote prévue initialement pendant 2 mois par bci pourra être prolongée si nécessaire.			
9	Prochaines séances	Séance avec les experts du consortium et M. Hertig (le 16 mai à 9h30 à Morges)	air	Bci/experts	16.05.06
		Séance Air: mardi 23 mai 9h30 – 12.00 h à Morépoint (Delémont)	air	Bci/canton	23.05.06

Le 15.05.06 /SS/ AB

Procès-Verbal

Projet DIB	Séance : OEPN – bci Traitement de l'air
Date : 23 mai 2006 – 9h30 à 12h00	Lieu : Delémont : Morépoint
Séance n°2	

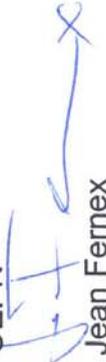
Participants	Collaborateurs :	Experts :	
Canton :	André Bapst : Chef de projet - OEPN Jean Fernex : OEPN Jean Parrat : Service des arts et métiers Sandrine Schmidt : OEPN Excusés : Claude Ramseier : Laboratoire cantonal	Jacques Hertig : expert air, génie civil, OPAM	
Bci :	Rolf Bentz Rémi Luttenbacher	Marti-Zublin : H.-U. Knehr Balewa : Adrian Stucki	

Documents / annexes	
	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport Abluftproblematik (Balewa – HIM- Marti) du 22.05.06

N°	Points discutés	Décisions		
		Quoi	Qui	Quand
1	<p>Système d'émissions : Cinq systèmes sont prévus pour le fractionnement des masses d'air à traiter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ventilateurs mobiles couplés à une détection Ex sur grappin pour éviter les explosions, - Ventilateurs de brassage installés à l'arrière de la digue, fonctionnant uniquement pendant les travaux, - Aspirateurs de la strate concentrée du plafond, - Aspirateurs de la strate concentrée du point bas, - Maintien de la dépression de la halle. 	<p>Rédiger un nouveau rapport avec des esquisses définissant les cinq systèmes de gestion de l'air et les deux phases de travail (normale/repos)</p> <p>Faire des estimations de chacune des masses d'air en vue de mettre en place un traitement différentiel</p>	<p>rapport</p> <p>bci</p>	<p>mi-juin</p>

N°	Points discutés	Décisions			Actions		
		Quoi	Qui	Quand	Quoi	Qui	Quand
2	<p>Simulation des différents systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour dimensionner les débits de ventilation dans chacun des systèmes - Pour voir les influences entre les systèmes - Pour présenter les systèmes à la population (aspect didactique) 	<p>Zublin étudie la possibilité de faire une simulation de ce qui va se passer dans la halle en fonction des phases de travail, de repos, de la saison etc. (faire un cas au début des travaux au milieu et à la fin, sachant que la phase critique sera au milieu : étudier dans la première position de la halle).</p>	bci	-			
3	<p>Principes de ventilation pour la halle de conditionnement:</p> <p>Cf. note de la SUVA : restriction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - maintenir le rapport de concentration toujours très bas, - contrôler, - bloquer le transfert en cas d'incendie, - fixer des valeurs limites. 	<p>bci prendra en compte les remarques de la SUVA</p>	bci	mi-juin			
4	<p>Concassage des pièces de grosses taille : 1 jour/an de fonctionnement sont prévus (activité ponctuelle).</p>	<p>Le nouveau layout sera transmis à l'OEPN</p>	bci	24.05.06			
5	<p>Points d'émission et de dispersion des polluants, 3 facteurs sont à prendre en compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - odeurs, - polluants atmosphérique type benzène, - poussières. <p>Bci a donné le mandat à BMG pour faire des simulations.</p> <p>Le modèle devra tenir compte de situations particulières (simuler par classes de vitesse, tenir compte des inversions de température).</p>	<p>Intégrer la simulation à la NIE. BMG et Hertig restent en contact pour faire des propositions pour l'exploitation du modèle.</p> <p>Un modèle centré sur la problématique des odeurs, la détermination de la température des gaz évacués sera réalisé par Hertig. Expertise neutre de validation.</p>	bci	mi-juin			
6	<p>Bci et OPEN confirme la réalisation d'études complémentaires avec M. Hertig</p>		Hertig	été			

OEPN


Jean Fernex

bci



Rémi Luttenbacher

Procès-Verbal

Projet DIB	Séance : OEPN – bci Objectifs d'assainissement Monitoring et dispersion de l'air	Séance du 8 septembre 2006
Date : 8 septembre 2006 – 08h30 à 13h00	Lieu : Delémont : Morépont	

Participants	Collaborateurs :	Experts :
Canton :	André Bapst : Chef de projet - OEPN Jean Fernex : OEPN Jean Parrat : Service des arts et métiers	Jacques Hertig : expert air, génie civil, OPAM
Bci :	Michael Fischer Anton Aeby	BMG: C. Munz, F. Krieg et C. Braun

Documents / annexes	
	<ul style="list-style-type: none"> Folios, non remis précédemment. Présentés par BMG, en référence aux exigences E3.1 et E3.2 et pour l'air (monitoring et modèle de dispersion) NIE, chap. air et Rapport Hertig du 31.08.06

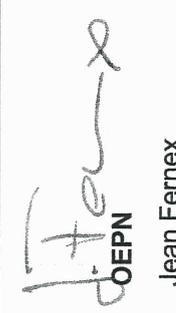
N°	Points discutés	Décisions			Actions		
		Quoi	Qui	Quand	Quoi	Qui	Quand
1	Objectifs d'assainissement : Selon les exigences du chap. 3. Discussion essentiellement basée sur les lentilles sableuses, selon rapport 6.1 et 6.2 du projet d'assainissement et chap. 4 NIE Réponse à E3.1, pt 1 : Estimation des polluants dans les lentilles sableuses : rapport entre contenu des lixiviats de la lentille sableuse AG23 et pollution résiduelle des matériaux qui seront remis en place.						
	Réponse à E3.1, pts 2 à 4 :				Réponse OEPN	OEPN	Fin sept.

N°	Points discutés	Décisions			Actions		
		Quoi	Qui	Quand	Quoi	Qui	Quand
	<p>Concernant le pt 4, l'OEPN demandera une prise de position à D. Hunkeler : la réponse suivra</p>	Réponse OEPN	OEPN	Fin sept.			
	<p>Réponse à E3.2, pts 1 à 4 :</p> <p>Pt 1. plan d'échantillonnage</p> <p>Pt 2. A reprendre au moment de l'ouverture de la décharge, en cours d'assainissement. A reprendre en continuité du pt 1.</p> <p>Pt 3. A comprendre avec le programme « raster » définissant le programme analytique et d'intervention</p> <p>Pt 4 – DNAPL : en fond de fouille, le système de gestion et de récupération des eaux du fond de fouille n'est pas encore totalement satisfaisant pour l'OEPN. A rediscuter dans le projet technique de Marti / Züblin, dans le rapport 4.</p>	<p>Le pt. 2 sera à reprendre en cours d'assainissement.</p> <p>L'OEPN souhaite rediscuter du système de gestion et de récupération des eaux du fond de fouille dans le projet technique de Marti / rapport 4.</p>	rediscuter E3.2 / pt 4	OEPN - bci	De suite, à déterminer		
2	<p>Concept de monitoring de l'air:</p> <p>Surveillance des émissions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesure des émissions par FID. <p>Surveillance des immissions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il y aura 4 stations de mesure des immissions, au lieu des 5 prévues initialement. 2 auront pour but de vérifier le modèle de dispersion, les 2 autres celui de vérifier l'absence de risque pour la population <p>Méthodes d'analyses :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poussières : - PM 10 : RCJU possède un appareil, dans remorque mobile. - Proposition de bci pour les mesures en cas d'accident : par Johnson Controls. Possibilité à définir dans le cadre du système d'alarme. - benzène: une mesure on-line ne présente pas d'intérêt. <p>Les positions de l'OEPN :</p> <ul style="list-style-type: none"> - prévoir la possibilité d'adapter le suivi à la sortie de la cheminée en fonction des résultats des mesures qui seront faites dans les halles. 	<p>Prévoir aussi le screening de toutes les substances trouvées dans les campagnes de mesures précédentes, au moins pendant la phase pilote.</p> <p>Conservier les appareils sans nécessairement faire les analyses. Les analyses pourront être faites en cas d'accident.</p> <p>Décisions :</p> <p>bci adapte p. 60 et ss. NIE, en fonction des discussions. bci remet la carte et les tableaux des pages 84 – 85 NIE à l'OEPN avant le terme de la procédure NIE.</p> <p>Bci mettra en place le monitoring des immissions, par mesures moyennes (capteurs passifs), à partir d'une année avant le début</p>	bci	Phase pilote			

N°	Points discutés	Décisions			Actions		
		Quoi	Qui	Quand	Quoi	Qui	Quand
	<p>- certains paramètres pourraient encore être précisés en fonction des aspects de santé publique.</p> <p>La phase-pilote devra être très bien documentée, pour pouvoir apprécier sous quelle forme le C organique mesuré par FID est émis afin d'établir ensuite la procédure durant l'exploitation</p> <p>RCJU admet que le capteur passif est suffisant pour la moyenne annuelle.</p>	<p>de l'exploitation.</p> <p>RCJU est d'accord avec le nombre de stations de mesure de 4. Bci mettra la station 2 environ 2-300 m plus à l'Ouest, vers les habitations. Pour la station 4, se rapprocher de Pfetterhouse</p> <p>En temps qu'alarme (en cas d'accident) : prévoir mesure en continu par FID sur le site à proximité des halles</p>	bci	de suite	Revoir le chap. NIE	bci	
3	<p>Modèle de dispersion et problématique des odeurs :</p> <p>Présentation par M. Braun. JH OK avec BMG, puis remarque:</p> <p>2 questions de base :</p> <ul style="list-style-type: none"> - section de la cheminée : relation débit – diamètre, avec vitesse. Quelle vitesse a été prise ? d'où différence avec les concentrations. Faire une bonne corrélation - niveau pris en compte : sur les arbres (+ env. 30 m) ou au niveau du sol. D'où surélévation de 18 ou de 48 m. <p>2 questions fondamentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - turbulence, avec adaptation des coefficients de moyenne européenne. JH prend des valeurs locales. Les moyennes annuelles sont comparables. - en cas d'accident et odeur : questions des valeurs critiques, ex pour la vitesse. <p>Présentation du rapport de J. Hertig pour la gestion du problème des odeurs.</p>	<p>Décisions :</p> <p>Refaire différents calculs (ex cheminée) ainsi que le calcul pour le cas accidentel sur Bonfol, en interaction entre MM. Braun et Hertig.</p> <p>Mettre les adaptations dans le rapport NIE p. 78 – 80.</p> <p>Question des odeurs : mettre les conclusions du rapport Hertig dans la NIE et le rapport lui-même en annexe 6 de l'annexe 5 du rapport de synthèse.</p> <p>Intégrer les conclusions dans le rapport NIE, chap. 5.1</p>			Finaliser calculs Revoir le chap. NIE	J. Hertig – C. Braun bci	de suite de suite
4	<p>Suite</p>				NIE	bci	de suite

Le 08.09.06 / AB


bci
Michael Fischer


OEFPN
Jean Fernex

Date, visa : 08.09.06, AB

Procès-Verbal

Projet DIB	Séance : OEPN – bci OPAM, Ventilation, simulation et Traitement air	Séance du 13 septembre 2006
Date : 13 septembre 2006 – 13h30 à 17h30	Lieu : Delémont : Hôtel du Parlement	

Participants	Collaborateurs :	Experts :
Canton :	André Bapst : OEPN Jean Fernex : OEPN Christophe Jeannin: OEPN Jean Parrat : Service des arts et métiers	Jacques Hertig : expert air, génie civil, OPAM
Bci :	Michael Fischer Rémi Luttenbacher Anton Aeby	D. Guignard (Institut de sécurité): 1ère partie A. Stucki (Balewa), Th. Flassak (Lohmeyer), U. Haller (Marti), H.-U. Knehr (Züblin): 2ème partie

Documents / annexes	
	<ul style="list-style-type: none"> • NIE, chap. OPAM et rapport OPAM / Installations • Rapport Lohmeyer

N°	Points discutés	Décisions		
		Quoi	Qui	Quand
1	<p>OPAM - installations</p> <p>Intro par J. Fernex. Réf. aux expertises de MM. J. Hertig et B. Covelli. D'accord avec la démarche OPAM standard adoptée au départ, mais ensuite à transposer au cas particulier de la DIB. Mieux adapter les conséquences.</p>	<p>- Introduire un chap. supplémentaire, en 6.8 : réalisation d'une évaluation avec arbre de défaillance sur les mesures de sécurité proposées. Définition de la probabilité du risque.</p> <p>- faire le rapprochement avec les plans d'intervention (ceci détermine la préparation des premiers points du plan d'intervention).</p>		

N°	Points discutés	Décisions	Actions		
			Quoi	Qui	Quand
	<p>stratification dans la halle.</p> <p>Concentrations des polluants dans l'air en cas de présence de phases: plus élevées que celles prévues. Que faire de ces hautes concentrations, relevées dans un espace limité et dans un temps limité. Ex : utilisation de grappins appropriés, étanches, pour ne pas disperser ces liquides.</p>	<p>phrase.</p> <p>La gestion des eaux de fond de fouille et de substances éventuellement en phase sera rediscutée entre bci et l'OEPN lors d'une séance ad hoc.</p>	Séance	bci /OEPN	à déterminer

Le 13.09.06/AB

Signatures



OEPN

Jean Fernex



bci

Michael Fischer

Date, visa : 13.09.06, AB

**OFFICE DES EAUX ET DE LA PROTECTION
DE LA NATURE**

Office des eaux et de la protection de la nature – Les Champs-Fallat, 2882 Saint-Ursanne

bci Betriebs-AG
c/o Ciba Spezialitätenchemie AG
M. Michael Fischer
K-24.2.27, Postfach
4002 Basel

Les Champs Fallat
CH-2882 Saint-Ursanne

t +41 32 420 48 00
f +41 32 420 48 11
oeprn@jura.ch

St-Ursanne, le 23 octobre 2006

DIB / COUVA_3. Approbation des compléments au projet d'assainissement relatifs à la gestion des effluents gazeux, selon les exigences E7.1 et E7.2 de la prise de position du 08.09.04.

Monsieur,

Sur la base des documents actuellement à sa disposition, l'OEPN est à même de répondre favorablement à l'acceptation des réponses aux 2 exigences E1 citées en marge, soit :

- 7. *Gestion des effluents gazeux*
- E7.1 *Gestion des émissions gazeuses*
- E7.2 *Ventilation et traitement de l'air*

Les données sont tout d'abord fournies dans le rapport intitulé «Synthèse des réponses aux exigences E1 et E2» du 28 juin 2006, et dans l'annexe 5 qui lui est associée.

Cette annexe contient le rapport intitulé « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux », du 28 juin 2006, avec 4 annexes, dont l'annexe 4 sur les calculs de dispersion. Ce rapport est une réadaptation du document du 28 avril 2006 « Abluftproblematik DIB ».

Conjointement à la réactualisation de ce dernier document, il avait été convenu entre RCJU et bci (PV des 5 et 23 mai) que deux études complémentaires seraient réalisées pour préciser les points en suspens, à savoir :

- Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise des odeurs et des effluents atmosphériques, de MM. Drs. J.-A. Hertig et J.-M. Fallot.
- Etude de l'écoulement de l'air dans la halle d'excavation, de MM. Drs-Ing. Th. Flassak et W. Bächlin, du bureau Lohmeyer GmbH & Co.KG.

Les résultats de ces rapports ont été discutés lors des séances bilatérales des 8 et 13 septembre 2006 (voir les PV correspondants) et pris en compte dans la NIE qui sera jointe au dépôt du plan spécial.

En conséquence, sur la base de l'ensemble de ces documents, l'OEPN peut à ce jour accepter les réponses fournies et valider formellement les exigences E1 du domaine traitant de la gestion des effluents gazeux, selon le tableau ci-après.

Synthèse des positions OEPN sur les 2 exigences E1 traitant de la gestion des effluents gazeux.

N°	Position OEPN sur informations et réponses fournies	
E7.1	L'OEPN a accepté les éléments fournis pour les réponses aux divers points relatifs à la demande, tout en insistant sur le fait qu'ils devront être intégrés dans les rapports techniques qui accompagneront la demande de permis de construire (exigence E2, n° 7.3 et 7.4).	
E7.2	L'OEPN a validé la présente exigence, en insistant sur le fait qu'ils devront être intégrés dans les rapports techniques qui accompagneront la demande de permis de construire (exigence E2, n° 7.3 et 7.4).	

Dans ce contexte, nous vous adressons, Monsieur, nos salutations les meilleures.




Jean-Pierre Meusy
Chef de l'OEPN

Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol

Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux

15 novembre 2006

**balewa**

Balewa AG
Grammetstrasse 14 CH-4410 Liestal
Tel. (+ 41) 061 927 18 81
Fax (+ 41) 061 921 22 85
info@balewa.ch www.balewa.ch

**BMG**

BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
CH-8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92
Fax. 044 730 66 22

**HIM**

GmbH
Otto-Hahn-Strasse 1
D-64584 Biebesheim

**DIB Marti ZUBLIN**
DÉCHARGE INDUSTRIELLE BONFOL

Groupement DI Bonfo
c/o Marti Technik AG
Lochackerweg 2
CH-3302 Moosseedorf

Indication pour le lecteur

Le graphique présenté ci-dessous a été établi afin de clarifier la structure du dossier de synthèse des réponses aux exigences E1. Le présent rapport est indiqué en couleur dans le graphique.

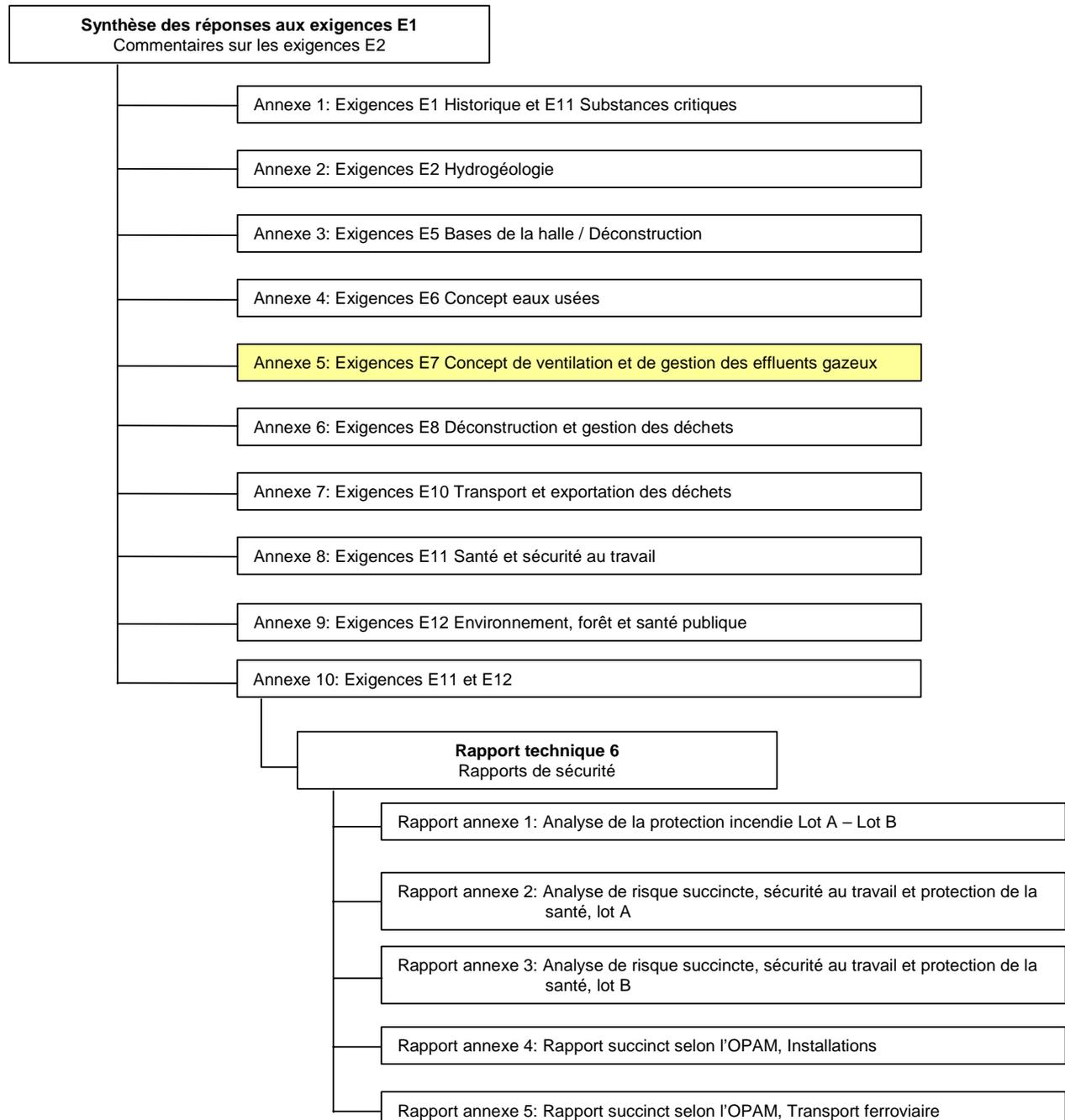


Table des matières

1	Situation initiale	1
2	Concept de ventilation	1
2.1	Exigences.....	1
2.2	Objectifs	2
2.3	Sources d'émissions et fonctions de la ventilation	3
2.3.1	Sources d'émissions.....	3
2.3.2	Fonctions de la ventilation	4
2.4	Techniques de ventilation et conditions d'exploitation dans la halle d'excavation.....	5
2.4.1	Technique de ventilation installée dans la halle d'excavation.....	5
2.4.2	Maintien en dépression	7
2.4.3	Réduction des émissions.....	8
2.4.4	Captage ciblé des émissions	9
2.4.5	Ventilateurs de circulation d'air	9
2.4.6	Empêchement d'une atmosphère explosible (dispositifs de protection Ex).....	10
2.4.7	Expertise "Etude de l'écoulement de l'air dans la halle d'excavaton".....	11
2.4.8	Conditions d'exploitation dans la halle d'excavation.....	12
2.4.9	Volumes d'air dans la halle d'excavation	13
2.5	Techniques de ventilation et conditions d'exploitation dans la halle de préparation.....	15
2.5.1	Maintien en dépression	15
2.5.2	Captage des sources d'émission.....	15
2.5.3	Empêchement d'une atmosphère explosible (dispositifs de protection Ex).....	15
2.5.4	Conditions d'exploitation dans la halle de préparation.....	16
2.5.5	Volumes d'air dans la halle de préparation.....	16
2.5.6	Évacuation des gaz d'échappement des moteurs thermiques.....	17
2.6	Cheminement de l'air	19

2.6.1	Branchement en cascade	19
2.6.2	Cheminement de l'air dans la halle d'excavation	21
2.6.3	Cheminement de l'air dans la halle de préparation.....	23
2.7	Installations	25
2.7.1	Ventilateurs.....	25
2.7.2	Filtre à particules	25
2.7.3	Cheminée	25
2.7.4	Alimentation électrique de secours.....	26
3	Charges et concentrations prévues	27
3.1	Sources d'émission	27
3.2	Base de données pour l'estimation des émissions.....	28
3.2.1	Emissions de surface	28
3.2.2	Emissions dues à la manipulation des déchets	33
3.3	Modèle d'émissions.....	33
3.3.1	Exploitation en activité	36
3.3.2	Exploitation à l'arrêt (nuit et week-end)	36
3.3.3	Conditions particulières	37
3.4	Evaluation des résultats du modèle d'émissions.....	38
4	Traitement des effluents gazeux	40
4.1	Procédés de traitement	40
4.1.1	Adsorption sur charbon actif	40
4.1.2	Procédés par absorption (laveur)	42
4.1.3	Biofiltre.....	44
4.1.4	Condensation	45
4.1.5	Procédés oxydatifs	46
4.1.6	Procédés combinés	49
4.2	Comparaison des procédés	51
4.2.1	Comparaison de différentes variantes	51
4.2.2	Écobilan.....	52
4.3	Procédure proposée.....	56
4.4	Surveillance des émissions	58

5	Impacts sur l'environnement	61
5.1	Calcul de dispersion	61
5.2	Etude complémentaire « Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise des odeurs et des effluents atmosphériques »	61
5.3	Programme de surveillance des immissions	62
5.3.1	Programme de surveillance durant l'assainissement.....	62
5.3.2	Programme de surveillance avant l'assainissement.....	64

Liste des annexes

Annexe 1	Récapitulatif de tous les résultats des mesures
Annexe 2	Modèle d'émissions
Annexe 3	Écobilan
Annexe 4	Calcul de dispersion
Annexe 5	Etude de l'écoulement de l'air dans la halle d'excavation
Annexe 6	Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise des odeurs et des effluents atmosphériques

Liste des figures

Fig. 2.1	Technique de ventilation installée dans la halle d'excavation (plan schématique d'ensemble et coupe).....	6
Fig. 2.2	Détail d'étanchéité des panneaux muraux	7
Fig. 2.3	Exemple halle Trihalde – Env. 25'000 m ³ /h d'air sont déplacés pour une dépression de 30 Pa.....	8
Fig. 2.4	Cheminement de l'air de la halle d'excavation jusqu'à la sortie de la halle de préparation avec branchement en cascade.....	20
Fig. 3.1	Résumé des concentrations en polluants mesurées.....	29
Fig. 3.2	Composition moyenne des polluants dans l'air (matrice des déchets de Bonfol)	29
Fig. 3.3	Taux d'émission en fonction de la quote-part de polluants.....	31
Fig. 3.4	Taux d'émission en fonction du taux de renouvellement de l'air.....	32
Fig. 3.5	Porosité et surface spécifique	35
Fig. 4.1	Adsorption sur charbon actif (avec régénération).....	41
Fig. 4.2	Laveur à étages multiples	43
Fig. 4.3	Biofiltre	45
Fig. 4.4	Oxydation thermique régénérative (PCR)	47
Fig. 4.5	Oxydation thermique récupérative (PCT).....	48
Fig. 4.6	Oxydation catalytique	49
Fig. 4.7	Procédé combiné	50
Fig. 4.8	Résultats de l'écobilan, méthode: Eco Indicator 99 (EI99, points)	54
Fig. 4.9	Résultats de l'écobilan, méthode UBP97 (points)	55
Fig. 5.1	Position approximative des points de mesure prévus pour la surveillance des immissions.....	63

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Sources d'émissions	3
Tableau 2.2	Fonctions de la ventilation des halles d'excavation et de préparation	4
Tableau 2.3	Technique de ventilation installée (halle d'excavation).....	5
Tableau 2.4	Aperçu des conditions d'exploitation dans la halle d'excavation	12
Tableau 2.5	Volumes d'air des différentes techniques de ventilation.....	13
Tableau 2.6	Aperçu des conditions d'exploitation dans la halle de préparation	16
Tableau 2.7	Renouvellement d'air halle de préparation	17
Tableau 2.8	Calcul des gaz d'échappement des moteurs thermiques, halle de préparation.....	18
Tableau 3.1	Taux d'émission par unité de surface.....	30
Tableau 3.2	Composition élémentaire du mélange de polluants.....	34
Tabelle 3.3	Répartition des polluants dans les classes de l'OPair	34
Tabelle 3.4	Estimation de la surface spécifique	35
Tableau 3.5	Résultats du modèle d'émission pour l'exploitation en activité	36
Tableau 3.6	Résultats du modèle d'émission pour l'exploitation à l'arrêt	37
Tableau 3.7	Résultats du modèle d'émission en cas de détection de 25% de la LIE dans la zone de préparation des déchets	38
Tableau 4.1	Dimensionnement d'un traitement par CA.....	42
Tableau 4.2	Dimensionnement du laveur.....	44
Tableau 4.3	Dimensionnement d'un biofiltre	45
Tableau 4.4	Températures de condensation.....	46
Tableau 4.5	Dimensionnement d'une PCR	48

Tableau 4.6	Aperçu des procédés de traitement	52
Tableau 5.1	Programme de surveillance des immissions	64
Tableau 5.2 :	Programme de surveillance des immissions : état initial avant l'assainissement.....	65

Abréviations

bci	Basler Chemische Industrie
CA	Charbon actif
COV	Composé organique volatil
DIB	Décharge industrielle de Bonfol
FID	Flame ionization detector (détecteur à ionisation de flamme)
LIE	Limite inférieure d'explosivité
OETV1	Ordonnance sur les exigences techniques pour les voitures automobiles de transport
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OPair	Ordonnance fédérale sur la protection de l'air
PCR	Postcombustion régénérative
PCT	Postcombustion thermique
US-EPA	Office fédéral de la protection de l'environnement des Etats-Unis
VME	Valeur moyenne limite d'exposition

1 Situation initiale

Le présent concept représente une continuation des travaux tels qu'ils ont été présentés initialement dans le cadre du projet d'assainissement de novembre 2003 au chapitre 7.7.3 ainsi que dans le rapport annexe 7.7 et développés dans le rapport sur la problématique des effluents gazeux DIB (Problématique des effluents gazeux DIB, Aperçu des mesures disponibles) du mois de février 2005.

Les mesures et les essais complémentaires réalisés l'an passé (rapport « Adsorptionsversuch Phase 3 », Chemia Brugg, 13.07.2005), ainsi que les travaux de planification en cours des deux consortiums chargés de l'assainissement permettent aujourd'hui de faire des prévisions plus détaillées concernant les émissions auxquelles on peut s'attendre et sur les conséquences quant aux procédés de gestion et de traitement des effluents gazeux à mettre en œuvre.

2 Concept de ventilation

2.1 Exigences

Pendant la déconstruction de la décharge, des émissions de gaz et de vapeurs pourront se produire, notamment pendant l'excavation des déchets, lors de leur transfert interne et de leur préparation pour le transport vers les installations d'incinération.

En raison de la composition prévisionnelle de ces émissions, le concept d'assainissement prévoit de réaliser l'ensemble des opérations critiques sur ce plan dans des halles fermées.

Les halles dans lesquelles les déchets sont excavés, préparés et stockés seront dotées d'une installation de ventilation appropriée.

Le présent concept de ventilation décrit le captage des effluents gazeux et leur cheminement dans les halles d'excavation et de préparation.

2.2 Objectifs

Le concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux vise à atteindre les objectifs suivants:

- Maintenir une dépression constante dans les halles afin d'éviter les émissions diffuses
- Éviter la formation d'une atmosphère explosible
- Respecter les valeurs-limites prescrites sur les émissions et immissions
- Éviter les impacts dus aux odeurs

Le présent concept de ventilation accorde également de l'importance à/au:

- Captage des principales sources d'émission, de manière à concentrer les charges en polluants afin d'optimiser leur traitement
- La minimisation des émissions par minimisation des zones de déchets à découvert
- La minimisation des quantités d'effluents gazeux par un guidage ciblé de l'air (l'air issu des zones faiblement contaminées est utilisé comme air d'alimentation dans les zones présentant une contamination supérieure, principe de la cascade).
- Découplage des mesures pour la sécurité du travail des concentrations en polluants dans l'air ambiant. Ceci est rendu possible par l'adoption de protections respiratoires appropriées pour les personnels du chantier ou par la conduite des travaux en cabines pressurisées dans toutes les zones avec des sources d'émission potentielles (la ventilation ayant ainsi comme fonctions primaires de maintenir les halles en dépression et d'éviter la formation d'atmosphères explosibles).

2.3 Sources d'émissions et fonctions de la ventilation

2.3.1 Sources d'émissions

Il faut s'attendre à des sources d'émissions de différentes natures dans la halle d'excavation et dans les différentes zones de la halle de préparation:

Tableau 2.1 Sources d'émissions

N°	Source d'émission	Surface (m ²)	Estimation des émissions /taux de renouvellement de l'air requis
A	HALLE D'EXCAVATION		
A1	Zone directe d'excavation du grappin	250	Émission de courte durée lors de la pose et de la fermeture du grappin
A2	Zone de chargement du wagonnet	25	Émission forte de courte durée lors de la vidange du grappin dans le wagonnet
A3	Zone de basculement de la benne du wagonnet dans le bunker de réception	25 (dans la halle d'excavation)	Émission forte de courte durée lors du basculement du contenu de la benne du wagonnet dans le bunker (particulièrement partie haute du bunker dans la halle de préparation)
A4	Zone contenant du lixiviat au pied du talus des déchets	10	Emission moyenne, dégagement d'odeurs
A5	Surface des déchets à découvert	4350	Emission faible
B	HALLE DE PREPARATION*		
B1	Stockage intermédiaire	1134	3 x (conditions particulières** 10 x dans max. 3 compartiments de stockage simultanément)
B1	Stockage intermédiaire, couloir de circulation	420	3 x
B1	Local de réception des fûts et locaux de réserve	108	3 x
B2	Jonction	477	3 x
B3	Préparation, zone de circulation	578	3 x
B3	Zones de criblage	488	6 x (conditions particulières** 10 x)
B3	Sas pour matériel	368	3 x
B3	Sas pour personnel	54	2 x
B3	Stockage de sciure	132	3 x
B4	Bunkers de réception	315	6 x (conditions particulières** 10 x)

* Différentes zones: cf. figure 2.4

** « Conditions particulières » signifie qu'une concentration dépassant 25% de la LIE (limite inférieure d'explosivité) est constatée.

2.3.2 Fonctions de la ventilation

Dans les halles d'excavation et de préparation, le travail s'effectue en règle générale, comme décrit ci-dessus, à l'aide de protections respiratoires appropriées ou dans des cabines pressurisées. La ventilation se limite par conséquent aux fonctions suivantes:

Tableau 2.2 Fonctions de la ventilation des halles d'excavation et de préparation

N°	Objectifs	Mesure
1	Maintien d'une dépression de 20 Pa	Construction étanche des halles avec alimentation en air définie via clapets régulés dans les halles
2	Empêchement d'une atmosphère explosible dans la halle d'excavation	Surveillance LIE et le cas échéant ventilation ciblée dans la zone d'excavation
3	Empêchement d'une atmosphère explosible dans la halle de préparation	Taux de renouvellement de l'air adapté en fonction de la zone de travail, entre 2 et 6 fois Dans les zones présentant des dangers potentiels d'explosion, jusqu'à 10 fois (surveillance LIE)
4	Réduction des sources d'émissions dans la halle d'excavation	Système de pont-roulant/grappin au lieu d'un moyen d'excavation conventionnel
5	Réduction des sources d'émissions dans la halle de préparation	Shredder off-site sur le site de HIM à Biebesheim
6	Captage au niveau des sources d'émission de la halle d'excavation	Les zones de transfert font l'objet de captages ciblés
7	Captage au niveau des sources d'émission de la halle de préparation	Les zones de criblage font l'objet de captages ciblés
8	Pas d'accumulation de gaz dans les points hauts et bas de la halle d'excavation	Aspiration séparée des points hauts et bas de la halle d'excavation
9	Évacuation des gaz d'échappement des moteurs thermiques	Assurée par une ventilation suffisante
10	Destruction de la stratification thermique susceptible de se créer dans la halle d'excavation (par ex. situation estivale)	Ventilateurs axiaux au sol

2.4 Techniques de ventilation et conditions d'exploitation dans la halle d'excavation

2.4.1 Technique de ventilation installée dans la halle d'excavation

Afin de présenter les différentes conditions d'exploitation dans la halle d'excavation, il convient de présenter au préalable la technique de ventilation qui y est installée et de la détailler dans les chapitres 2.4.2 à 2.4.6.

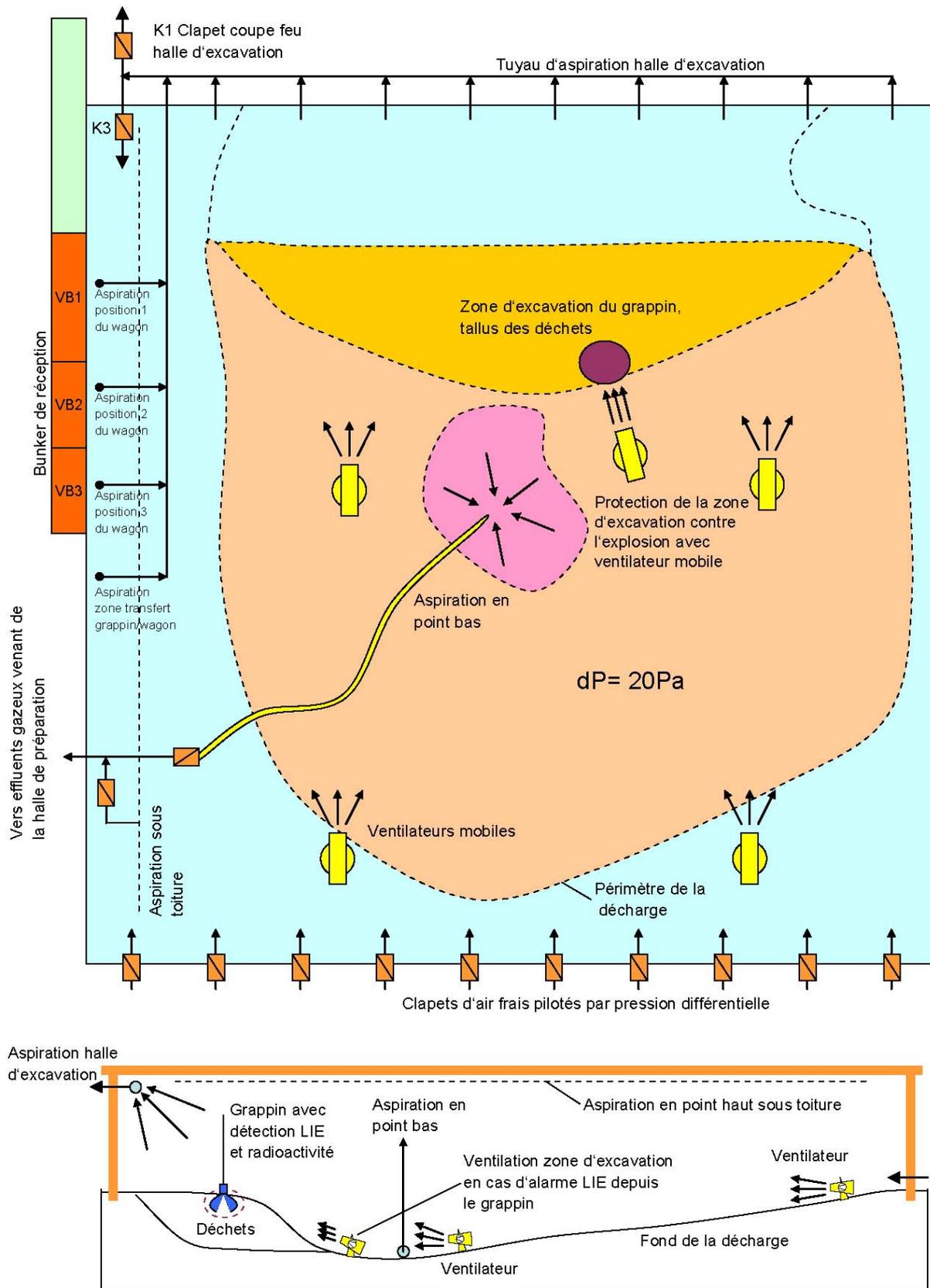
Tableau 2.3 Technique de ventilation installée (halle d'excavation)

N°	Technique de ventilation installée	Objectif
1	Installation principale de ventilation	Maintien d'une dépression, évacuation des émissions
2	Captage à la source : transfert grappin/wagonnet et transfert wagonnet/bunker	Captage ciblé des sources d'émissions
3	Aspiration séparée des points hauts et bas	Captage ciblé des polluants émis, plus légers resp. plus lourds que l'air et qui s'accumulent au point haut de la halle, respectivement dans les points bas de la décharge
4	Ventilateurs axiaux au sol assurant la circulation de l'air dans la halle	Destruction de la stratification de l'air formée par convection au sein de la halle d'excavation
5	Ventilateurs de protection Ex des zones d'excavation	Empêchement d'une atmosphère explosible dans la zone d'excavation du grappin

Les mesures individuelles de ventilation mentionnées dans le tableau 2.3 sont représentées schématiquement sur la figure 2.1.

Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux

Fig. 2.1 Technique de ventilation installée dans la halle d'excavation (plan schématique d'ensemble et coupe)



2.4.2 Maintien en dépression

L'installation principale de ventilation crée une dépression dans les 2 halles concernées par des émissions potentielles (halle d'excavation, halle de préparation). Plus la quantité d'air aspirée est importante, plus l'appoint nécessaire en air sera important. Cette quantité d'air détermine l'importance de la dépression conjointement avec le degré d'étanchéité (faible porosité) des constructions des halles (habillage des murs et de la toiture).

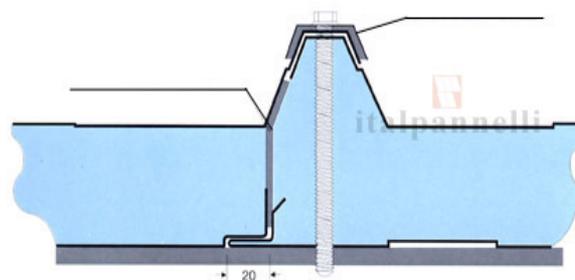
L'étanchéité des enveloppes des bâtiments est réalisée de la manière suivante:

Toit: une étanchéité très élevée peut être obtenue au moyen d'un film de toiture soudé, imperméable à l'air. L'hypothèse de porosité retenue est de 0,01%.

Murs: les murs sont exécutés à l'aide de panneaux expansés ISO, à double coquille. Les panneaux individuels s'élèvent sur toute la hauteur du mur et sont assemblés par un système rainure & languette lors du montage. Des bandes d'étanchéité assurant une étanchéité fiable sont collées au niveau de l'assemblage.

En raison des différents joints et bords de raccordement, une porosité de 0,03% peut être retenue.

Fig. 2.2 Détail d'étanchéité des panneaux muraux



Portes/ portails et fenêtres: L'utilisation de fenêtres, de portes roulantes et d'issues de secours étanchées permet de minimiser les problèmes de non étanchéité liés à leur présence dans l'enveloppe des halles.

Afin d'équilibrer les quantités d'air dépassant les quantités dues aux fuites déterminées de manière théorique et de permettre une adaptation aux variations de la pression atmosphérique, l'alimentation en air extérieur est assurée par des clapets d'amenée d'air régulés.

Afin de maintenir la dépression visée de 20 Pa au sein de la halle d'excavation, une quantité d'air d'environ 30'000 m³/h est requise.

Comparaison pratique: Dans le cadre d'un projet d'assainissement comparable, à savoir l'assainissement de l'ancien site militaire 'Trihalde' à Stadtallendorf (D), les besoins en air frais ont été approximativement de 25'000 m³/h pour atteindre la dépression exigée de 30 Pa avec des dimensions de la halle comparables d'env. 150x70x8m et une exécution de la construction en tôle à coquille simple.

Fig. 2.3 Exemple halle Trihalde – Env. 25'000 m³/h d'air sont déplacés pour une dépression de 30 Pa



2.4.3 Réduction des émissions

Différentes mesures permettent d'atteindre une réduction des sources d'émission. Le but est de ne libérer qu'un minimum de substances volatiles. La réduction des émissions est obtenue de la manière suivante:

- L'utilisation d'un système pont-roulant/grappin pour l'enlèvement et le transfert des déchets permet de limiter au strict minimum les déplacements sur le corps de la décharge.
- Pendant l'excavation, les talus des déchets peuvent être réalisés avec une pente plus raide, ce qui se traduit par une surface de déchets à découvert plus petite.
- Le nombre de véhicules équipés de moteurs thermiques est limité au strict minimum par l'utilisation du système de pont-roulant/grappin dans la halle d'excavation.

2.4.4 Captage ciblé des émissions

Lorsque cela est possible, il convient de capter les émissions au plus près des sources. Ceci est impossible dans les zones d'excavation sans perturber de manière substantielle le bon déroulement de l'excavation.

Zone de la décharge

Dans la zone de la décharge, une aspiration du (des) point(s) bas de la décharge via un dispositif d'aspiration mobile avec flexible est prévue. Ceci permet de capter les gaz éventuellement émis plus lourds que l'air ou les masses d'air qui échapperaient au flux général de circulation d'air en raison de la différence de densité (« lac d'air froid ») et qui pourraient ainsi s'enrichir en polluants. L'aspiration sera déplacée en fonction de l'évolution des points bas au fur et à mesure de la progression de l'excavation des déchets. Cela permet de garantir l'aspiration au(x) point(s) bas actuel(s) de l'ensemble de la zone d'excavation. Le déplacement de l'aspiration des points bas est en principe réalisé à l'aide du grappin.

Zone du point haut de la halle

Un autre captage d'air est prévu dans la zone du point haut de la halle; il est prévu de capter l'air à cet endroit par l'intermédiaire d'une conduite d'aspiration fixe. Ceci permet de capter et d'évacuer les gaz éventuellement présents plus légers que l'air ou les masses d'air qui échapperaient au flux général de circulation d'air en raison de la différence de densité (« tampon d'air chaud » sous le toit).

Zones de transfert des déchets

Les zones de transfert des déchets dans la halle d'excavation font l'objet d'un captage séparé. De cette manière, les principales sources d'émission liées au transfert des déchets peuvent être captées. Cela signifie que la zone de transfert du grappin sur le wagonnet est captée par une hotte et qu'un captage au niveau des emplacements de stationnement et de basculement des bennes des wagonnets chargées devant les bunkers de réception de la halle de préparation est également effectué.

2.4.5 Ventilateurs de circulation d'air

Pour détruire, respectivement éviter la stratification de l'air due à la convection dans la halle d'excavation, des ventilateurs de circulation d'air sont mis en œuvre. Deux systèmes techniquement faisables sont envisageables : soit des ventilateurs de toit,

soit des ventilateurs axiaux placés au sol. Suite aux résultats de la simulation effectuée (cf. chap. 2.4.7 et annexe 5), c'est la deuxième solution qui sera adoptée : plusieurs ventilateurs mobiles (ventilateurs axiaux) sont disposés selon la figure 2.1 dans la halle d'excavation afin d'empêcher ou de détruire la stratification d'air induite par convection. Les ventilateurs soufflent dans la direction du captage des effluents gazeux au nord de la halle d'excavation. Les ventilateurs peuvent être déplacés à l'aide des grappins. Ce dispositif permet l'adaptation à l'évolution des conditions d'excavation.

2.4.6 Empêchement d'une atmosphère explosible (dispositifs de protection Ex)

La probabilité de formation d'un mélange air-gaz explosible est faible. Le phénomène ne se produira le cas échéant que rarement et pour de courtes durées pendant l'assainissement:

- La décharge a été aménagée de manière non-ordonnée, les fûts ont été déversés et non entreposés par couches, la plupart des fûts ont déjà été endommagés lors du stockage
- La décharge était remplie d'eau pendant des années
- Lors de l'assainissement en 1987, aucun fût intact n'a été retrouvé

Toutefois, le dégagement occasionnel de vapeurs ou de gaz lors de l'excavation dans des conditions aux limites défavorables (présence de liquides en phase) ne peut être totalement exclu. Ceci pourrait par exemple donner naissance localement dans la zone de travail du grappin à des mélanges gaz/vapeurs- air critiques. Les estimations (cf. chap. 3.3.3) montrent que les concentrations requises pour donner naissance à une atmosphère explosible sont de 39 g C/m³ (composition selon fig. 3.2).

Empêchement d'une atmosphère explosible dans la zone d'excavation

Les mesures de la LIE sur les grappins permettent de reconnaître de manière précoce des concentrations élevées en gaz lors de la mise à découvert des déchets. Lorsqu'un taux de LIE préalablement défini (p. ex. 25 % LIE - limite inférieure d'explosivité) est atteint, le mécanisme de protection entre automatiquement en action. En cas d'alarme Ex, il est prévu de ventiler les zones d'excavation avec de l'air ambiant provenant de la halle. De cette manière, la quantité totale d'effluents gazeux

n'est pas augmentée, ce qui permet de garantir un maintien en dépression exempt de perturbations, même lorsqu'il est nécessaire de brasser des quantités d'air supplémentaires. A cet effet, pour chaque zone d'excavation, un ventilateur axial d'une capacité d'env. 40'000 m³/h est prévu lorsque l'exploitation est en activité (cf. fig. 2.1). Les ventilateurs sont mobiles et peuvent être déplacés à l'aide des grappins si nécessaire. Ils sont implantés prioritairement au pied des talus, à une distance suffisante de la zone d'excavation. Les ventilateurs sont orientés de manière à ce que le flux d'air balaye directement le dessus de la zone d'excavation. Ceci conduit à une dilution rapide et évite la formation de mélanges gazeux explosifs.

Empêchement d'une atmosphère explosible aux points bas

Outre les mesures de la LIE au niveau des grappins, des instruments de mesure de la LIE mobiles sont également installés aux points bas correspondants des différents états de l'excavation pour permettre de détecter d'éventuelles accumulations de gaz lourds.

Les points bas sont aspirés de manière permanente via une installation d'aspiration mobile avec flexible comme décrit au chapitre 2.4.3, de sorte à minimiser fortement les risques de formation d'une atmosphère explosible.

2.4.7 Expertise "Etude de l'écoulement de l'air dans la halle d'excavation"

Le concept de ventilation et de gestion de l'air de la halle d'excavation présenté ci-dessus a fait l'objet d'une expertise et de différentes simulations par le bureau d'ingénieurs Lohmeyer. Le rapport d'expertise complet figure en annexe 5.

Les principales conclusions de ce rapport sont résumées ci-après :

- Les objectifs primaires fixés pour le concept de ventilation de la halle (maintenir la halle en dépression et éviter la formation d'une atmosphère explosible) sont remplis.
- En été, une stratification thermique stable est susceptible de se former, due à des températures plus basses au niveau du sol et plus élevées sous le toit de la halle. De ce fait, les polluants émis pourraient s'accumuler dans les points bas de la décharge. Dans ce cas, il sera possible de les capter à l'aide de l'aspiration en point bas prévue. A l'inverse, en hiver, une stratification thermique instable pourrait se former. En fonction des conditions météorologiques, il faudra compter avec toute une gamme de phénomènes de stratification thermique dans la halle. Pour

cette raison, le concept de ventilation doit être conçu et employé de manière flexible et devra comporter les 3 éléments suivants :

- Ventilation principale horizontale avec entrée et sortie sur les deux murs opposés
 - Captages en points hauts et bas
 - Système de circulation par ventilateurs axiaux au sol afin d'empêcher une accumulation locale de polluants et la formation d'une atmosphère explosible ainsi que pour détruire la stratification thermique avant toute intervention humaine.
- L'écoulement d'air frais n'est que faiblement influencé par les écoulements à proximité des parois. Il ne faut pas s'attendre à ce que de l'air s'échappe de la halle par les ouvertures d'entrée d'air à cause des écoulements verticaux induits par la chaleur à proximité des murs (situation estivale).

2.4.8 Conditions d'exploitation dans la halle d'excavation

De manière générale les conditions d'exploitation suivantes sont prévues pour la halle d'excavation:

Tableau 2.4 Aperçu des conditions d'exploitation dans la halle d'excavation

N°	Conditions d'exploitation	Activité dans la halle d'excavation	Pourcentage horaire annuel
1	Exploitation en activité	De jour, durant l'excavation	env. 2'500 h = 29%
2	Exploitation à l'arrêt	De nuit et durant le week-end	env. 6'000 h = 69,8%
3	Conditions particulières	En cas de détection de 25% de la LIE Lors de travaux d'entretien et de transformation	env. 100 h = 1,2%

La durée des différentes conditions d'exploitation est basée sur des durées estimées pour la situation Ex et sur une durée d'exploitation moyenne dans la halle d'excavation de 10 h/j à raison de 5 j/semaine.

Exploitation en activité

Lorsque l'exploitation est en activité, la ventilation de la halle est en service. La zone de transfert grappins/wagonnets ainsi que la zone de transfert wagonnets/bunkers font l'objet d'une aspiration séparée. Les points hauts sous le toit et les points bas

dans la fouille sont aspirés séparément. Les ventilateurs de circulation destinés à empêcher la stratification de l'air dans la halle d'excavation sont en service (cf. fig. 2.1).

Exploitation à l'arrêt

La nuit et pendant les week-ends, la ventilation de la halle fonctionne avec un débit d'air réduit. Dans ces périodes, les wagonnets sont vides. Les aspirations locales au niveau des transferts grappins/wagonnets et wagonnets/bunkers ne sont pas en service. Les aspirations aux points hauts sous la toiture de la halle et aux points bas dans la fouille sont en service.

Conditions particulières

En cas de dépassement de la limite de la LIE définie dans la zone d'excavation des grappins lorsque l'exploitation est en activité, un système automatisé de gestion de la ventilation assure la mise en service du ventilateur affecté à la zone d'excavation correspondante afin d'assurer une protection Ex. Lorsque la mesure d'explosibilité se trouve sous la limite de la LIE définie pendant un temps prolongé, le ventilateur est arrêté après écoulement d'une durée de sécurité.

2.4.9 Volumes d'air dans la halle d'excavation

La base pour le calcul, respectivement l'estimation des volumes d'air est constituée par une analyse des conditions d'exploitation prévues dans la halle d'excavation. Lors de la phase d'exploitation, les volumes d'air minimaux réellement nécessaires s'ajusteront automatiquement en raison du système de régulation de la dépression.

Tableau 2.5 Volumes d'air des différentes techniques de ventilation

N°	Technique de ventilation installée	Volumes d'air
1	Installation principale de ventilation (y compris captages d'air point 2 et 3)	Exploitation en activité env. 40'000 m ³ /h Exploitation à l'arrêt env. 36'000 m ³ /h
2	Aspirations locales transfert grappins/wagonnet et wagonnet/bunkers	Chacune env. 2'500 m ³ /h
3	Aspiration séparée des points hauts / bas	Chacune env. 3'000 m ³ /h
4	Ventilateurs de circulation de l'air dans la halle	Au total env. 200'000 m ³ /h
5	Ventilateurs de protection Ex des zones d'excavation	Pour chaque ventilateur env. 40'000 m ³ /h (exploitation en activité)

Des volumes d'air plus importants pour la ventilation principale dans la halle d'excavation résultent de la disposition de la halle d'excavation en tant que premier élément de la cascade dans le concept de ventilation prévu (cf. chap. 2.6.1). Si, en raison de conditions d'exploitations particulières (Ex) dans l'un des éléments suivant de la cascade (dans la halle de préparation) une augmentation des taux de renouvellement de l'air s'avérait nécessaire, le volume d'air ventilé de la halle d'excavation augmenterait automatiquement en conséquence du fait de l'aspiration.

2.5 Techniques de ventilation et conditions d'exploitation dans la halle de préparation

2.5.1 Maintien en dépression

La porosité de la construction de la halle de préparation a été estimée. Une détermination précise sera effectuée après définition du type de construction de la halle. Le volume d'air supplémentaire nécessaire au maintien en dépression de la halle de préparation a été pris en compte dans le concept de ventilation sur la base de l'estimation.

2.5.2 Captage des sources d'émission

Au cours de la préparation des déchets pour le transport, le domaine du criblage (séparation matériau fin/matériau grossier) constitue une source d'émissions.

Les cribles sont installés dans un local distinct. Il est prévu de capter séparément les effluents gazeux de ce local afin de capter séparément les émissions libérées au niveau des cribles.

2.5.3 Empêchement d'une atmosphère explosible (dispositifs de protection Ex)

Dans la halle de préparation, il n'est pas possible d'exclure totalement la survenue d'une atmosphère explosible pendant le traitement des déchets. Dans les zones du stockage intermédiaire, du criblage et dans les bunkers de réception, il est prévu de ce fait des mesures de la LIE en continu, de manière analogue à ce qui se fera au niveau des zones d'excavation de la décharge. L'alarme d'un capteur LIE conduit automatiquement à une augmentation des taux de renouvellement d'air dans la zone concernée. Les taux de renouvellement d'air majorés sont notamment mentionnés dans le tableau 2.7, chap. 2.5.5.

2.5.4 Conditions d'exploitation dans la halle de préparation

Pour la halle de préparation, les conditions d'exploitation suivantes sont prévues:

Tableau 2.6 Aperçu des conditions d'exploitation dans la halle de préparation

N°	Condition d'exploitation	Activité dans la halle de préparation	Pourcentage horaire annuel
1	Exploitation en activité	Préparation durant le jour en 2 équipes	env. 4'160 h = 48%
2	Exploitation à l'arrêt	Nuits et week-ends	env. 4'446 h = 51%
3	Conditions particulières	Dépassement de 25% de la LIE dans les différentes zones	env. 130 h = 1%

La durée des différentes conditions d'exploitation est basée sur des durées estimées pour la situation Ex et sur une durée d'exploitation moyenne dans la halle de préparation de 16 h/j à raison de 5 j/semaine.

Le mode « exploitation à l'arrêt » dans la halle de préparation ne diffère du mode « exploitation en activité » que par une quantité d'air réduite (cf. chap. 2.5.5). Lors de « conditions particulières », le taux de renouvellement d'air et par conséquent le volume d'air est augmenté dans la zone concernée (cf. chap. 2.5.3).

2.5.5 Volumes d'air dans la halle de préparation

La base pour le calcul des volumes d'air dans la halle de préparation est constituée par les taux de renouvellement d'air appliqués dans les différentes zones. Ces taux sont adaptés aux différents processus de l'exploitation. Dans les zones pour lesquelles il n'est pas possible d'exclure la formation potentielle d'une atmosphère explosive, les taux de renouvellement d'air ont été augmentés en conséquence. Les différentes zones de la halle de préparation sont représentées sur la figure 2.4, chapitre 2.6.1.

Tableau 2.7 Renouvellement d'air halle de préparation

N°	Zone	Renouvellement d'air nécessaire
B	HALLE DE PREPARATION*	
B1	Stockage intermédiaire	3 x (conditions particulières** 10 x dans max. 3 compartiments de stockage simultanément)
B1	Stockage intermédiaire, couloir de circulation	3 x
B1	Local de réception des fûts et locaux de réserve	3 x
B2	Jonction	3 x
B3	Préparation, zone de circulation	3 x
B3	Zones de criblage	6 x (conditions particulières** 10 x)
B3	Sas pour matériel	3 x
B3	Sas pour personnel	2 x
B3	Stockage de sciure	3 x
B4	Bunkers de réception	6 x (conditions particulières** 10 x)

* Différentes zones: cf. figure 2.4

** « Conditions particulières » signifie qu'une concentration dépassant 25% de la LIE (limite inférieure d'explosivité) est constatée.

Lorsque l'exploitation est en activité, le volume d'air à la sortie de la halle de préparation s'élève à environ 51'000 m³/h. Exploitation à l'arrêt, le débit d'air est d'environ 47'000 m³/h.

La quantité d'air maximale prévue pour les 3 conditions d'exploitation est d'environ 65'000 m³/h (conditions particulières).

2.5.6 Évacuation des gaz d'échappement des moteurs thermiques

Comme le montre le tableau 2.8, les besoins en air pour la combustion des moteurs thermiques ainsi que leurs rejets de gaz de combustion ont été estimés pour une puissance connue.

Le besoin en air de combustion permettant d'assurer la quantité nécessaire d'oxygène s'élève à 430 m³/h.

À partir d'un débit d'air supérieur à 15'000 m³/h, les VME pour le CO et le CO₂ sont respectées.

Tableau 2.8 Calcul des gaz d'échappement des moteurs thermiques, halle de préparation

Engin	Puissance installée [kW]	Puissance moyenne [kW]	Consommation [l/h]	Nombre [-]	Consommation totale [l/h]
Transporteur de conteneurs	34.1	17.05	4.3	2	8.5
Chargeur frontal	100	50	12.5	3	37.5
Total				5	46.0

Engin	Consommation d'air [m ³ /h]	Gaz d'échappement [Nm ³ /h tr]	Rejet CO ₂ [kg/h]	Rejet CO OETV1 [kg/h]	Rejet CO Opair [kg/h]
Transporteur de conteneurs	79.7	74.4	22.4	0.072	0.048
Chargeur frontal	350.7	327.2	98.6	0.315	0.213
Total			121.0	0.387	0.261

Air de combustion	430 m ³ /h
Dilution CO ₂	13'440 m ³ /h
Dilution CO OETV1	11'715 m ³ /h
Dilution CO Opair	7'910 m ³ /h

Le calcul se base sur l'utilisation des véhicules dans la halle de préparation. Dans la halle d'excavation, des véhicules ne sont utilisés que temporairement et en nombre limité, de sorte que les quantités d'air prévues sont suffisantes.

2.6 Cheminement de l'air

2.6.1 Branchement en cascade

Le but de l'ensemble du cheminement de l'air dans les halles d'excavation et de préparation est, outre de garantir une ventilation suffisante aux différents postes de travail, d'optimiser les volumes d'air. La réduction du volume d'air se traduit par une diminution de l'énergie utilisée et par conséquent une minimisation des rejets polluants dans l'environnement. En outre, elle facilite le traitement subséquent des effluents gazeux.

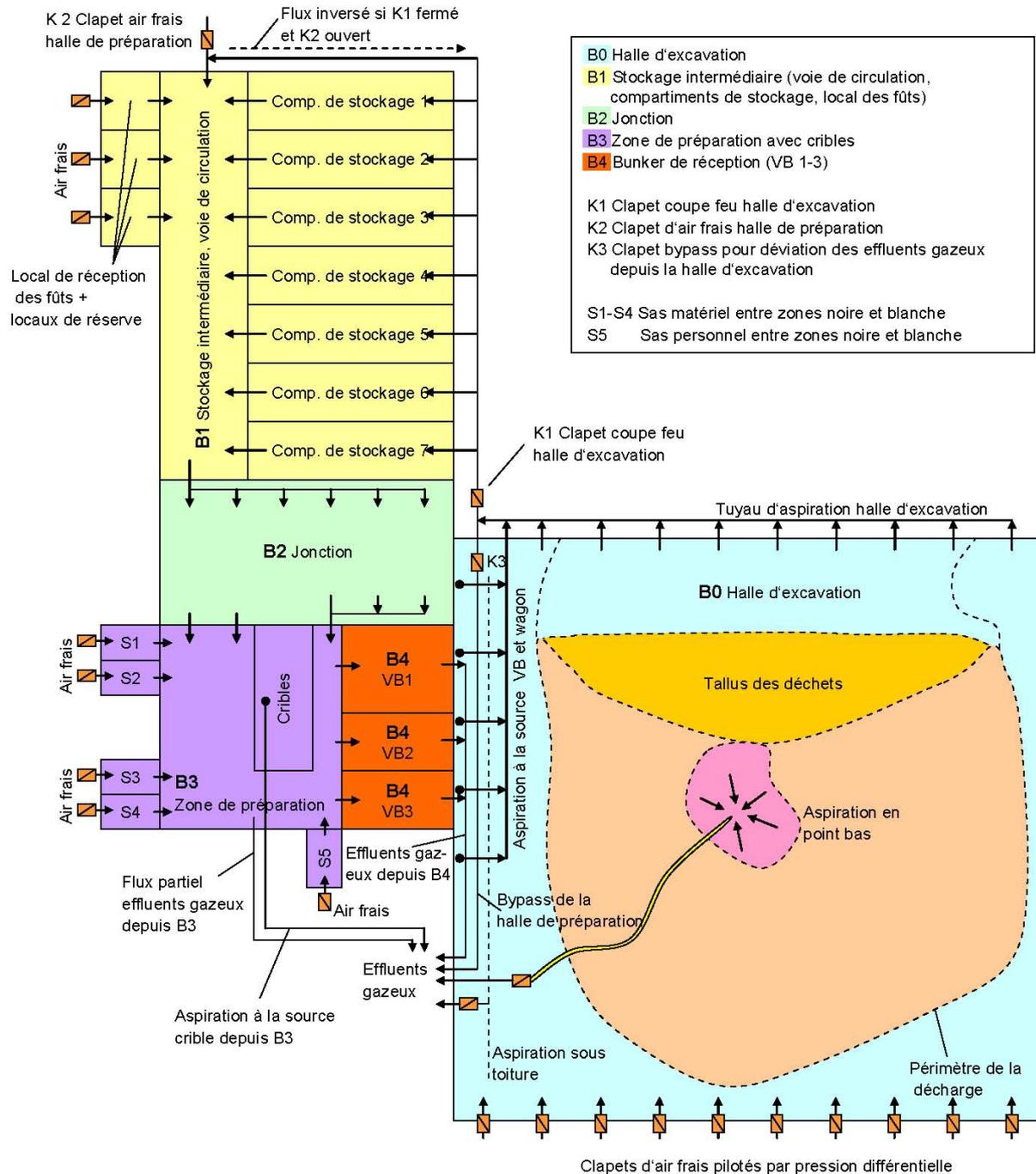
Il est prévu d'utiliser successivement l'air dans plusieurs zones. La figure 2.4 représente le cheminement de l'air de la halle d'excavation jusqu'à la sortie de la halle de préparation avec un branchement en cascade.

Le début de la cascade se situe dans la zone ayant les concentrations en polluants dans l'air les plus faibles de la halle d'excavation (zone B0). L'air traverse alors successivement les zones B1 à B3 de la halle de préparation. Le flux d'air est divisé après la zone B3. Pour la zone B4 (bunkers de réception), seule une partie du flux issu de B3 est nécessaire pour assurer une ventilation optimale. L'autre flux d'air partiel provenant de la zone B3 quitte ici la halle de préparation.

Le cheminement détaillé de l'air ainsi que les cheminements de l'air en cas d'incendie et autres conditions exceptionnelles sont décrits dans les chapitres suivants.

Il est fait référence aux désignations des clapets (K1 à K3) de la figure 2.4 dans les chapitres suivants.

Fig. 2.4 Cheminement de l'air de la halle d'excavation jusqu'à la sortie de la halle de préparation avec branchement en cascade



2.6.2 Cheminement de l'air dans la halle d'excavation

Alimentation en air frais de la halle d'excavation

L'entrée de l'air frais dans la halle d'excavation s'effectue par des clapets d'alimentation en air frais régulés, asservis à la pression différentielle et situés dans la partie inférieure de la paroi sud. Les clapets peuvent être entièrement fermés si nécessaire. Ils sont motorisés et pilotés par le système de gestion des procédés.

Captage des effluents gazeux de la halle d'excavation

Les effluents gazeux sont captés dans un conduit d'évacuation d'air situé sur la paroi nord. Les sections des conduites d'évacuation d'air sont dimensionnées de manière à permettre une vitesse de l'air de 6 à 10 m/s max. Ceci permet de minimiser les pertes liées aux flux et la consommation électrique.

Captage à la source des émissions dans la halle d'excavation

Comme décrit au chapitre 2.4.4, il convient de capter les émissions aussi près que possible des sources. Au total, 4 captages à la source sont prévus dans la halle d'excavation.

Emplacement de chargement des wagonnets

Le captage de la zone de transfert du grappin vers le wagonnet est assuré par une hotte. L'air capté est ajouté aux effluents de la halle d'excavation. Si les analyses effectuées durant la phase pilote montraient des concentrations en polluants dans ce flux d'air nettement plus élevées que celles dans les effluents gazeux provenant de la ventilation générale, une variante pourra être prévue consistant en une gestion et un traitement séparés de ce flux.

Emplacement des wagonnets devant le point de déversement

Les emplacements de stationnement et de basculement des bennes de wagonnets chargées font également l'objet d'un captage ciblé. L'air capté est ajouté aux effluents de la halle d'excavation. Si les analyses effectuées durant la phase pilote montraient des concentrations en polluants dans ce flux d'air nettement plus élevées que celles dans les effluents gazeux provenant de la ventilation générale, une variante pourra être prévue consistant en une gestion et un traitement séparés de ce flux.

Aspiration aux points bas de la fouille

Une aspiration aux points bas de la fouille via un flexible est prévue. L'air capté est géré et traité séparément. Comme variante, l'adjonction de cet air capté aux effluents de la halle d'excavation pourra être prévue. En effet, des analyses pendant la phase pilote détermineront les concentrations présentes dans ce flux d'air. Si l'on ne devait pas constater de teneurs en polluants significativement plus élevées que celles présentes dans les effluents gazeux issus de la halle d'excavation, l'air capté aux points bas de la décharge pourra être ajouté à ces derniers.

Aspiration en point haut – zone la plus élevée du toit

Une aspiration supplémentaire est prévue dans la zone de la toiture de la halle, au point le plus élevé. Une conduite d'aspiration sera installée à cet endroit. L'air capté est géré et traité séparément. La variante d'adjonction de l'air provenant de l'aspiration en point haut aux effluents gazeux issus de la halle d'excavation (cf. aspiration en point bas de la décharge ci-dessus) est également prévue.

Cheminement de l'air durant la phase de déplacement de la halle d'excavation

Dans le cadre de l'assainissement global, la halle d'excavation sera déplacée.

Les conduites d'air de la halle d'excavation vers la halle de préparation seront déconnectées avant le déplacement.

La halle de préparation continuera à être utilisée durant cette phase (chargement de conteneurs avec des matériaux provenant du stockage intermédiaire). L'air nécessaire à la ventilation est alors aspiré par l'intermédiaire d'un clapet d'alimentation séparé (K2) à l'extérieur de la halle de préparation (cf. figure 2.4)

Le cheminement des conduites pour les captages à la source est adapté de manière appropriée à la fin des transformations.

Incendie dans la halle d'excavation

En cas d'incendie dans la halle d'excavation, le conduit de jonction vers la halle de préparation se ferme automatiquement à l'aide d'un clapet (K1). L'alimentation en air de la halle de préparation est alors assurée par l'ouverture du clapet d'alimentation en air frais séparé (K2). Ce dispositif permet de maintenir la sécurité dans la halle de préparation.

Les autres dispositifs concernant l'évacuation/le traitement des fumées sont traités dans le rapport « Analyse de la protection incendie ».

Dépassement des valeurs-limites de l'air provenant de la halle d'excavation

L'air aspiré dans la halle d'excavation est utilisé comme alimentation en air de la halle de préparation. Il est prévu de surveiller en continu l'air provenant de la halle d'excavation afin de détecter d'éventuels pics de concentrations en polluants. Le(s) paramètre(s) mesuré(s) ainsi que les valeurs-limites pour l'adduction de l'air provenant de la halle d'excavation vers la halle de préparation seront précisées dans le cadre des travaux de planification futurs.

En cas de dépassement des valeurs-limites, la jonction vers la halle de préparation se ferme automatiquement à l'aide du clapet K1 et l'air provenant de la halle d'excavation contourne la halle de préparation grâce à l'ouverture simultanée du clapet K3. L'alimentation en air de la halle de préparation est alors assurée par l'ouverture du clapet déjà mentionné K2. Les effluents gazeux de la halle d'excavation viennent s'ajouter à ceux provenant de la halle de préparation.

2.6.3 Cheminement de l'air dans la halle de préparation

La halle de préparation comprend les zones

- B 1 stockage intermédiaire
- B 2 jonction
- B 3 zone de préparation avec cribles
- B 4 bunkers de réception

Les zones B1 à B4 sont traversées dans cet ordre par l'air provenant de la halle d'excavation.

Description du cheminement de l'air (voir figure 2.4)

L'alimentation en air est assurée à partir de la halle d'excavation. Des ouvertures d'alimentation en air sont prévues dans le couloir de circulation devant le stockage intermédiaire ainsi que dans chaque compartiment du stockage intermédiaire. L'air provenant des compartiments de stockage est évacué vers le couloir de circulation. Chaque compartiment de stockage peut être isolé à l'aide d'un clapet du côté de

l'alimentation et du côté de l'évacuation de l'air. Les locaux de réception des fûts et de réserve sont alimentés avec de l'air frais provenant de l'extérieur si nécessaire.

L'air issu de la zone du stockage intermédiaire B1 est envoyé vers la zone de jonction B2, d'où il est transféré vers le secteur B3. Des clapets coupe-feu sont prévus entre les zones B1 et B2.

Un captage séparé du local de criblage est prévu dans la zone B3. L'air capté des cribles est géré et, si nécessaire, traité séparément. Un autre flux partiel est utilisé pour assurer la ventilation des bunkers de réception (zone B4), puis il quitte la halle de préparation. Le flux d'air restant à évacuer de B3, quitte directement la halle de préparation. Un clapet coupe-feu est prévu entre les zones B3 et B4.

Les sas pour le personnel et pour les conteneurs/matériels (S1 à S5) sont ventilés avec de l'air frais. Cet air est ensuite utilisé dans les éléments subséquents de la cascade. La ventilation simultanée de plusieurs sas avec de l'air frais n'est pas nécessaire pour l'exploitation et sera de ce fait limitée.

Incendie dans la halle de préparation

En cas d'incendie dans la halle de préparation, le conduit de jonction provenant de la halle d'excavation se ferme automatiquement à l'aide d'un clapet (K1). Les effluents gazeux de la halle d'excavation contournent la halle de préparation par l'intermédiaire d'un by-pass (ouverture du clapet K3).

Les autres dispositifs concernant l'évacuation/le traitement des fumées sont traités dans le rapport « Analyse de la protection incendie ».

2.7 Installations

2.7.1 Ventilateurs

Les ventilateurs destinés à la ventilation des halles créent le flux d'air nécessaire au maintien en dépression des deux halles.

La technique de ventilation installée fait l'objet d'une exécution redondante de sorte que la quantité d'air nécessaire reste disponible même en cas de défaillance d'un ventilateur.

2.7.2 Filtre à particules

Bien qu'un développement significatif de poussières soit improbable du fait des caractéristiques connues des déchets, il n'est pas possible d'exclure totalement un chargement de l'air en particules dans certaines conditions.

C'est pourquoi, il est prévu de mettre en place un filtre à poussières performant avant la cheminée d'évacuation, respectivement avant l'installation de traitement des effluents gazeux afin d'éviter le rejet de particules dans l'atmosphère, respectivement de protéger le dispositif de traitement des effluents gazeux des éventuelles poussières.

Dans le sens d'une solution économiquement judicieuse (perte de charge supplémentaire due au filtre) un by-pass est prévu, de sorte que le filtre puisse également être contourné le cas échéant.

2.7.3 Cheminée

Les effluents gazeux sont rejetés dans l'atmosphère par l'intermédiaire d'une cheminée.

Le diamètre de la cheminée sera dimensionné pour une vitesse de sortie de l'ordre de 15 m/s ce qui correspondra à un diamètre de 100 cm environ. La tête de la cheminée se situera à environ 48 m du niveau du sol. Cette valeur a été déterminée conformément à l'Opair, annexe 6, chiffre 3.

2.7.4 Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des ventilateurs est réalisée de manière à ce qu'elle puisse être basculée sur un générateur de secours en cas de défaillance du réseau électrique. L'exploitation de l'installation à l'arrêt, avec des volumes de ventilation réduits peut ainsi être garantie.

3 Charges et concentrations prévues

Comme indiqué précédemment dans le rapport „Problématique des effluents gazeux DIB, aperçu des mesures disponibles“ de février 2005, il n'est pas possible d'effectuer des mesures directes de la composition des effluents gazeux dans les déchets. C'est pourquoi les émissions pendant les travaux d'assainissement doivent être évaluées à l'aide de prévisions. Les réflexions présentées ci-après doivent permettre d'évaluer d'une manière aussi détaillée que possible la situation des émissions, et ce également pour des conditions d'exploitation variables.

C'est ainsi que seront tout d'abord examinées les différentes sources d'émissions possibles en se basant sur le concept d'assainissement actuel.

Pour chaque source d'émission relevée, les charges devront être évaluées au mieux. Cette évaluation se base sur les mesures et essais effectués sur le site de la décharge ainsi que sur des valeurs empiriques issues de l'exploitation d'installations de prétraitement pour déchets spéciaux.

3.1 Sources d'émission

Il faut différencier clairement entre deux cas envisageables. Premièrement, les émissions provenant des déchets en place, telles qu'elles se produisent à la surface de séparation des phases déchets/lixiviats et atmosphère. Le plus adéquat pour décrire ce processus est d'établir un taux d'émission par unité de surface. Les émissions sont alors directement proportionnelles à la surface exposée des déchets. Le taux d'émission par unité de surface est une grandeur spécifique aux déchets considérés et leurs composants. Il devrait donc autant que possible être déterminé à partir de la matrice des déchets actuelle. Ces considérations sont globalement valables pour les secteurs de la halle d'excavation et du stockage intermédiaire.

Dans le deuxième cas, les émissions sont engendrées lors de la manipulation des déchets, lorsque ceux-ci sont bougés, retournés, mélangés, criblés et chargés. Ces mécanismes créent de nouvelles surfaces libres et du matériau est nouvellement exposé. Des additifs (sciure, chaux éteinte) peuvent cependant aussi lier et donc fixer différemment les polluants. Les grandeurs déterminantes relatives à la libération de polluants dans l'atmosphère sont à peine chiffrables dans ces conditions. Les surfaces libres sont à peine définissables. Les processus sont de courte durée, de sorte qu'un équilibre thermodynamique ne peut pas être atteint. Pratiquement, la seule façon d'estimer les émissions engendrées consiste à établir une analogie avec des

valeurs empiriques résultant d'installations similaires. Dans ce cas, les caractéristiques spécifiques des déchets de Bonfol ne pourront peut-être pas complètement être prise en compte. Cependant, comme les processus dynamiques lors de la manipulation des déchets représentent les facteurs essentiels, l'influence de la matrice des déchets devrait être minimale.

3.2 Base de données pour l'estimation des émissions

Comme décrit au chapitre précédent, il faut distinguer entre deux catégories d'émissions. Pour ces deux catégories, des valeurs ont été déterminées qui peuvent être utilisées dans la modélisation des émissions pour la prévision des charges et des concentrations potentielles.

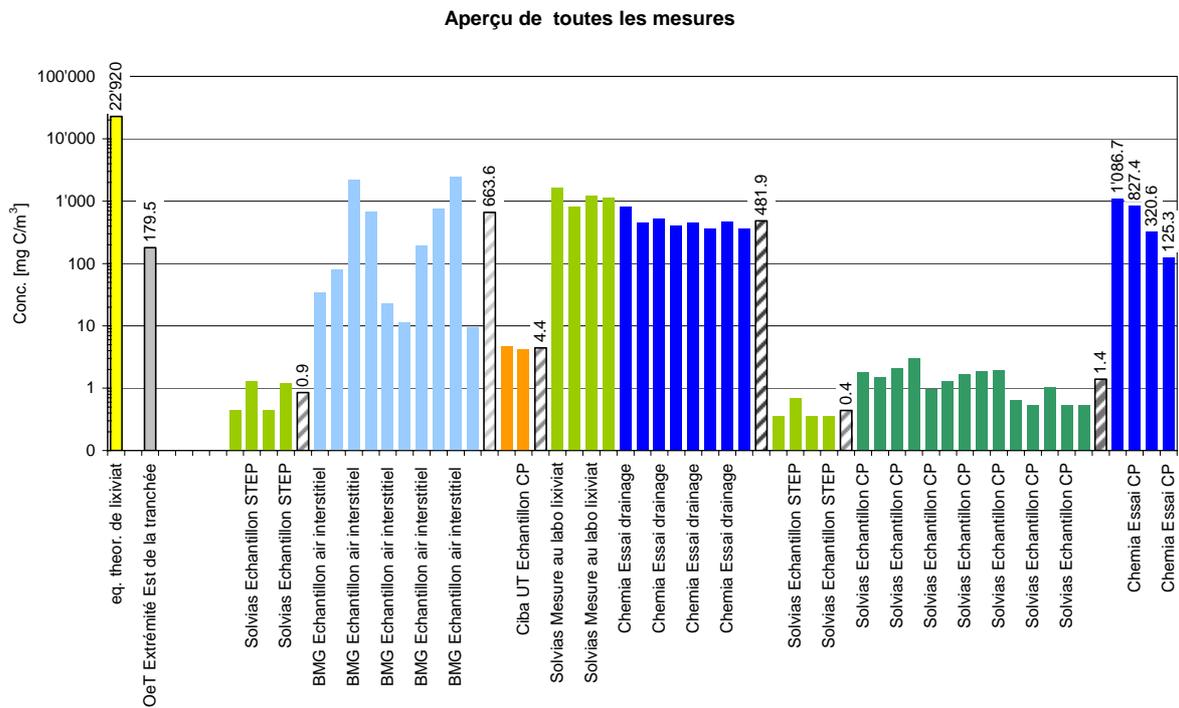
3.2.1 Emissions de surface

Pour l'estimation des émissions de surface spécifiques aux déchets en tant qu'équilibre à la surface de séparation des phases, les données existantes de la décharge ont été utilisées. Ces données comprennent les mesures déjà présentées dans le rapport sur la problématique des effluents gazeux de février 2005 (voir annexe 1), ainsi que les mesures et essais supplémentaires effectués l'année passée (Rapport « Adsorptionsversuch Phase 3 », Chemia Brugg, 13.07.2005).

Les concentrations déterminées au cours de différentes mesures dans différents courants gazeux servent avant tout à l'extrapolation et à la vérification des hypothèses émises lors de la modélisation.

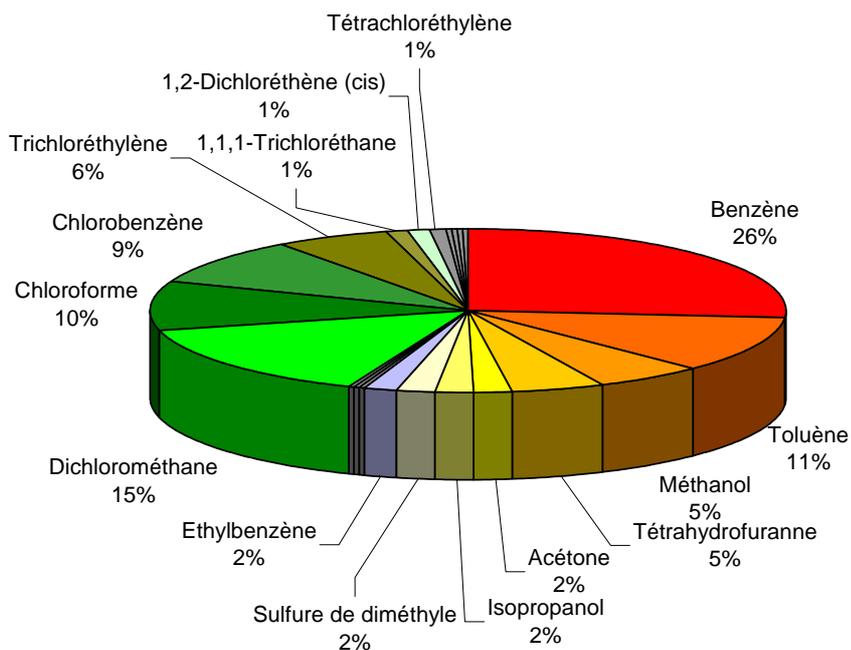
Selon ce qui avait été écrit dans le rapport sur la problématique des effluents gazeux de février 2005, il est possible de différencier deux groupes : « situation d'équilibre avec les lixiviats » et « conditions d'exploitation actuelles ». Ceci est montré clairement dans la figure 3.1 également. Alors que pour l'exploitation actuelle les valeurs dans l'air se situent entre moins de 1 à au maximum 5 mg C/m³, pour la situation d'équilibre avec les lixiviats des valeurs allant de 100 à 1'000 mg C/m³ dans l'air sont mesurables.

Fig. 3.1 Résumé des concentrations en polluants mesurées



La moyenne pondérée des différentes parts de polluants calculée à partir de ces mesures donne la composition des polluants présentée à la figure 3.2.

Fig. 3.2 Composition moyenne des polluants dans l'air (matrice des déchets de Bonfol)



Trente-cinq substances peuvent être identifiées (21 hydrocarbures, 14 hydrocarbures chlorés), sans tenir compte des gaz inorganiques et du méthane. Bien que des concentrations totales différentes aient été constatées, les concentrations relatives des substances prises individuellement est assez homogène.

Les valeurs d'émissions pour les substances individuelles présentées dans le tableau 3.1 sont calculées à partir des mesures et essais effectués dans le courant de l'année dernière dans la chambre principale.

Les résultats d'une modélisation trouvés précédemment au cours de l'élaboration du projet d'assainissement selon l'OSites sont présentés à titre comparatif.

Il faut tenir compte du fait que les essais de la phase 1 dans la chambre principale se sont déroulés avec des taux de renouvellement de l'air variables.

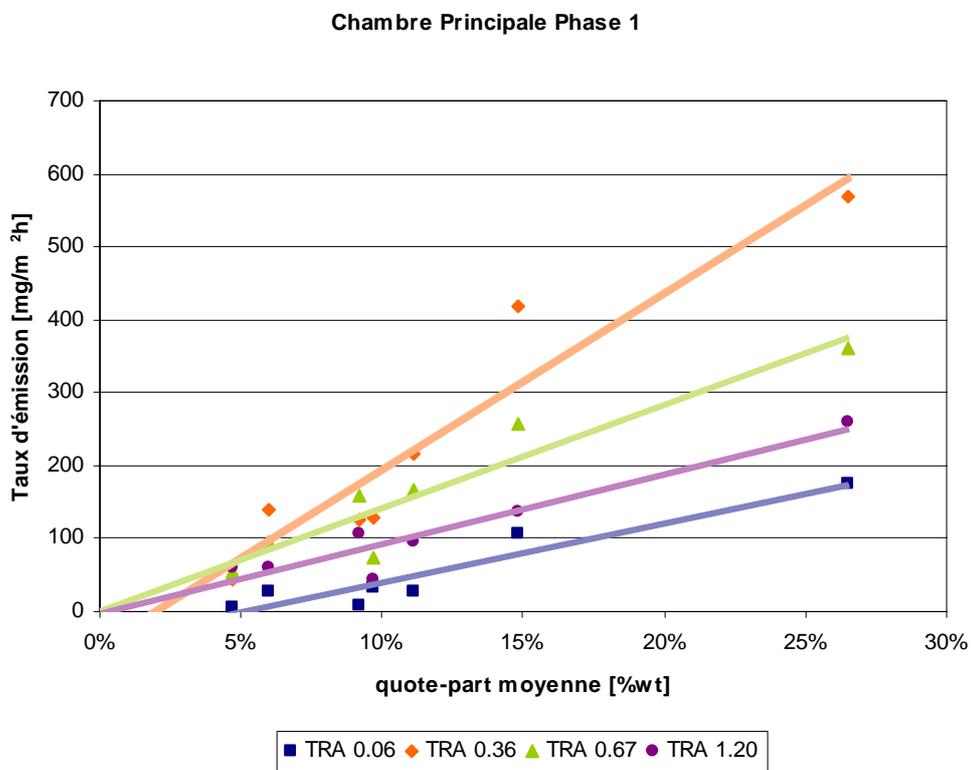
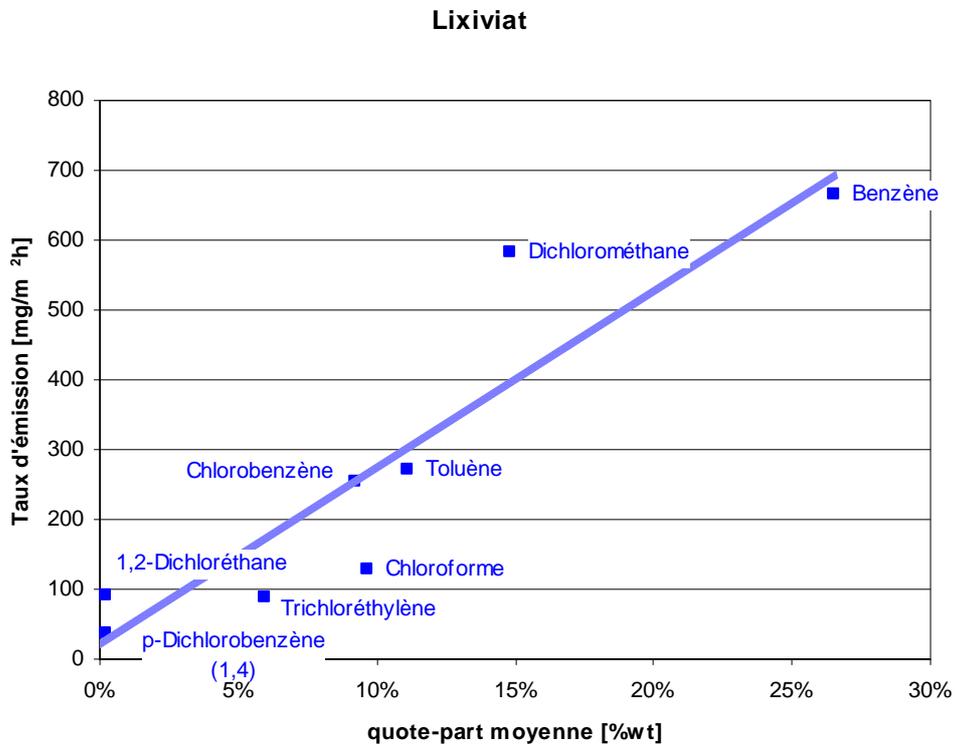
Tableau 3.1 Taux d'émission par unité de surface

Nom	formule chimique	MM [g/mol]	Opair classe	pourcentage massique moyen [%wt]	calcul theor. BMG @ 20°C			valeur mesurée essai CP phase 1				Phase 3	
					lixivié	déchets 1 d	déchets 30 d					début	continu
					Q [m³/h]	TRA [h⁻¹]							
					0	0	0	0.06	0.36	0.67	1.20	0.44	0.44
Benzène	C6H6	78.1	K3	26.49%	667	292	54	175.0	567.7	361.1	260.2		45
Toluène	C7H8	92.1	2	11.09%	271	179	33	26.0	215.5	165.7	96.9		5
Méthanol	CH4O	32.0	3	5.49%									
Tétrahydrofurane	C4H8O	72.1	1	4.68%				6.4	45.0	54.5	60.1		21
Acétone	C3H6O	58.1	3	2.00%									
Isopropanol	C3H8O	60.1	3	1.90%									
Sulfure de diméthyle	C2H6S	62.1	-	1.89%									20
Ethylbenzène	C8H10	106.2	1	1.67%									
Xylènes (Diméthylbenzènes)	C8H10	106.2	2	0.29%									
Dioxane (1,4)	C4H8O2	86.1	1	0.20%									
Ethanol	C2H6O	46.1	3	0.18%									
Picoline (Méthylpyridine)	C6H7N	93.1	-	0.14%									
Butanol n-	C4H10O	74.1	3	0.04%									
Hexane	C6H14	86.2	3	0.03%									
Cyclohexane	C6H12	84.2	-	0.02%									
Décane	C10H22	142.3	3	0.02%									
Méthyléthylcétone (MEC)	C4H8O	72.1	3	0.02%									
Octane	C8H18	114.2	3	0.02%									
1,2,4-Triméthylbenzène	C9H12	120.2	2	0.02%									
Heptane	C7H16	100.2	3	0.01%									
Aniline	C6H7N	93.1	1	0.01%									
Dichlorométhane	CH2Cl2	84.9	1	14.83%	583	67	13	106.0	419.7	258.1	137.0		46
Chloroforme	CHCl3	119.4	1	9.68%	129	42	8	32.0	129.3	73.4	43.8		10
Chlorobenzène	C6H5Cl	112.6	2	9.22%	254	188	33	7.0	125.5	157.5	106.4		3
Trichloréthylène	C2HCl3	131.4	1	5.97%	88	67	13	27.0	140.5	94.7	60.1		8
1,1,1-Trichloréthane	C2H3Cl3	133.4	1	1.14%									
1,2-Dichloréthène (cis)	C2H2Cl2	96.9	3	1.00%									
Tétrachloréthylène	C2Cl4	165.8	1	0.94%									
Tétrachlorométhane	CCl4	153.8	1	0.31%									
p-Dichlorobenzène (1,4)	C6H4Cl2	147.0	K3	0.24%	38	25	4						
1,2-Dichloréthane	C2H4Cl2	99.0	K3	0.23%	92	13	4						
1,1-Dichloréthène	C2H4Cl2	99.0	2	0.12%									
1,1,2,2-Tétrachloréthane	C2H2Cl4	167.9	1	0.06%									
1,2-Dichloréthène (trans)	C2H2Cl2	96.9	3	0.03%									
1,2,4-Trichlorobenzène	C6H3Cl3	181.4	-	0.03%									

TRA : Taux de renouvellement de l'air

Les substances individuelles analysées ne représentent qu'une part de 78% à 84% de la moyenne pondérée. Afin d'en tenir compte, une correction doit être appliquée aux facteurs d'émission pour les adapter à l'ensemble des polluants.

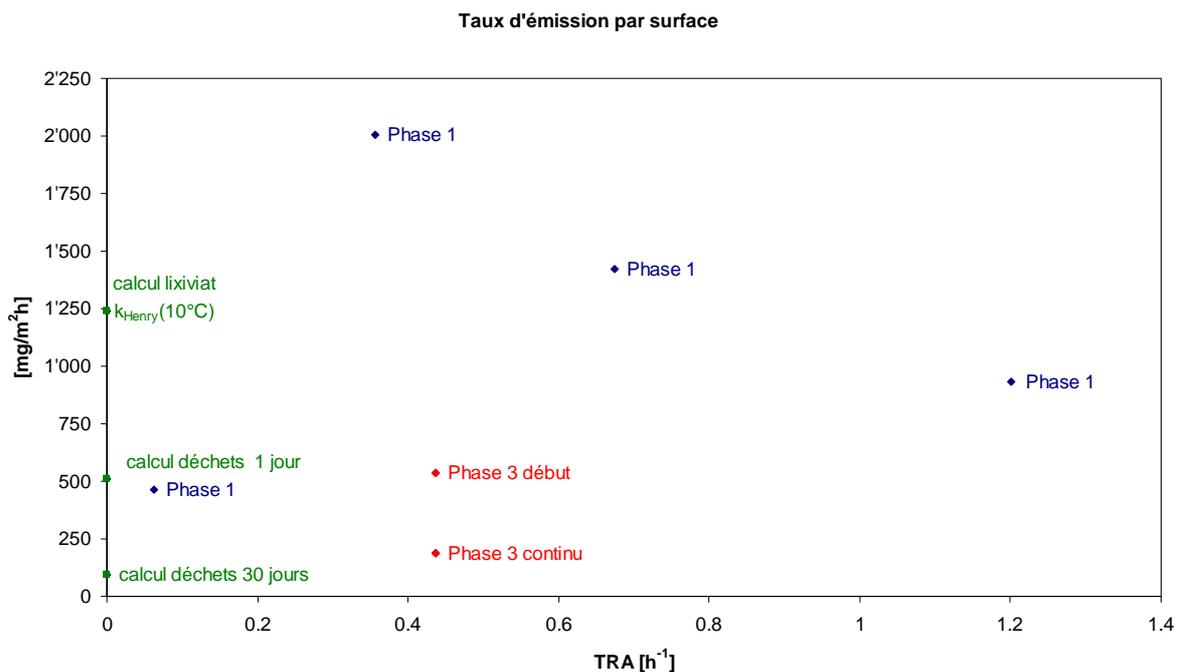
Fig. 3.3 Taux d'émission en fonction de la quote-part de polluants



Les deux diagrammes de la figure 3.3 démontrent que cette correction est linéaire. Les taux d'émission des substances individuelles y sont présentés en fonction de leur quote-part de concentration moyenne par rapport à la totalité des substances.

La figure 3.4 donne un aperçu sous forme graphique de la somme des facteurs d'émission et montre leur relation avec le taux de renouvellement de l'air.

Fig. 3.4 Taux d'émission en fonction du taux de renouvellement de l'air



Il est à constater qu'une corrélation négative entre taux d'émission et renouvellement de l'air ne semble apparaître que pour les taux de renouvellement de l'air élevés lors de la phase 1 des essais dans la chambre principale.

Il faut cependant ajouter à cela que ce secteur comprend également les valeurs les plus élevées jamais mesurées. Ceci peut être interprété de la manière suivante :

Les essais ont débuté avec les renouvellements de l'air les plus faibles, puis la quantité d'air a été augmentée sur plusieurs jours de façon successive. L'utilisation d'une pompe de circulation, a, après une phase de démarrage, provoqué l'apparition d'une couche de mousse importante, ce qui a conduit à une augmentation nette de la surface et donc des émissions. Ce phénomène n'a été constaté que dans le courant des essais et a pu être contenu par des mesures appropriées. L'abaissement des taux d'émission dans la phase 1 n'est donc pas dû au renouvellement de l'air plus élevé, mais plus probablement à la lutte active contre le développement de mousse au

cours des essais. En tenant compte de cela, il ne peut pas être établi de corrélation évidente entre le taux d'émission et le renouvellement de l'air, ce qui correspond à la théorie, tant que la vitesse d'écoulement de l'air ne produit pas de couche limite turbulente, ce qui provoquerait une modification fondamentale du coefficient de transfert des substances.

Pour cette raison, la modélisation se base surtout sur la valeur mesurée dans l'état stationnaire de la phase 3, tout en gardant à l'esprit que cette valeur repose sur un équilibre air – lixiviat et **représente donc certainement un scénario worst case en l'absence de conditions particulières (par exemple, présence de liquides en phase).**

3.2.2 Emissions dues à la manipulation des déchets

Comme expliqué précédemment, des données spécifiques à Bonfol concernant les émissions lors de la manipulation des déchets, notamment l'excavation, le chargement, le criblage etc., manquent. Les déchets ne seront pas accessibles jusqu'à l'ouverture de la décharge.

Pour obtenir des valeurs réalistes, il faut donc s'appuyer sur la comparaison avec des installations existantes et des travaux analogues déjà réalisés.

Ainsi, l'expérience de HIM par exemple, montre que lors du prétraitement et du conditionnement de déchets analogues issus de la chimie et d'entreprises de peintures, il faut compter avec des concentrations en carbone organique de 100 à 200 mg C/m³ d'air dans les locaux d'exploitation. Dans le cadre du projet Bonfol, il faut s'attendre à ce qu'une intensité de travail similaire soit atteinte et que le taux de renouvellement de l'air dans les locaux d'exploitation se situe dans la moyenne habituelle de 3 à 6 par heure. Malgré le fait que ces valeurs empiriques proviennent de déchets relativement récents, elles sont utilisées pour les déchets de Bonfol bien que ces derniers soient stockés depuis plus de 30 ans et devraient de ce fait être moins volatils.

3.3 Modèle d'émissions

Un modèle détaillé, basé sur les subdivisions des locaux d'exploitation du point de vue de la technique de ventilation et sur les processus d'émission différents, a été élaboré. Il permet de prévoir les émissions dans divers cas d'exploitation.

Comme il ressort du tableau 3.1 et de la quote-part massique moyenne des substances individuelles qu'il contient, le mélange de polluants est présenté sommairement dans les tableaux 3.2 et 3.3.

Tableau 3.2 Composition élémentaire du mélange de polluants

Elément		Pourcentage massique
Carbone	C	55.98%
Hydrogène	H	6.10%
Oxygène	O	4.99%
Azote	N	0.02%
Chlore	Cl	31.93%
Soufre	S	0.98%
Total		100.00%

Il en découle un facteur de conversion de 0.5598 pour le calcul de la fraction de C organique à partir de la quantité totale.

A partir de la composition moyenne, une répartition selon les classes de substances définies dans l'OPair peut également être déduite. Cette clé de répartition est représentée dans le tableau 3.

Tabelle 3.3 Répartition des polluants dans les classes de l'OPair

		Pourcentage massique	Limite débit massique	Limite concentration
Substances organiques sous forme de gaz, de vapeur ou de particules (OPair Annexe 1 chiffre 7 et suivants)	1	39.50%	> 0.1 kg/h	> 20 mg/m ³
Substances organiques sous forme de gaz, de vapeur ou de particules (OPair Annexe 1 chiffre 7 et suivants)	2	20.74%	> 2 kg/h	> 100 mg/m ³
Substances organiques sous forme de gaz, de vapeur ou de particules (OPair Annexe 1 chiffre 7 et suivants)	3	12.80%	> 3 kg/h	> 150 mg/m ³
Substances cancérigènes (OPair Annexe 1 chiffre 8 et suivants)	K1	0.00%	> 0.5 g/h	> 0.1 mg/m ³
Substances cancérigènes (OPair Annexe 1 chiffre 8 et suivants)	K2	0.00%	> 5 g/h	> 1 mg/m ³
Substances cancérigènes (OPair Annexe 1 chiffre 8 et suivants)	K3	26.96%	> 25 g/h	> 5 mg/m ³
Total		100.00%		

Mis à part les taux d'émission tels qu'ils ont été décrits dans le chapitre 3.2, la surface efficace constitue un paramètre essentiel dans l'évaluation des émissions. Sur

ce point, les travaux de planification actuels livrent des informations concernant la quantité de déchets manipulés ainsi que la surface nécessaire à l'excavation ou au stockage intermédiaire. A ce sujet, les surfaces au sol ne peuvent en aucun point être considérées comme des surfaces de séparation efficaces pour les échanges de substances. De ce fait, comme indiqué dans le tableau 3.4 et à la figure 3.5, un modèle simplifié a été utilisé pour permettre de chiffrer la surface spécifique efficace pour une porosité connue.

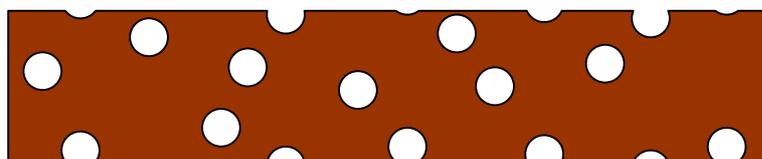
Dans le cas des déchets déposés dans la décharge, il en résulte une valeur de $2 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Tabelle 3.4 Estimation de la surface spécifique

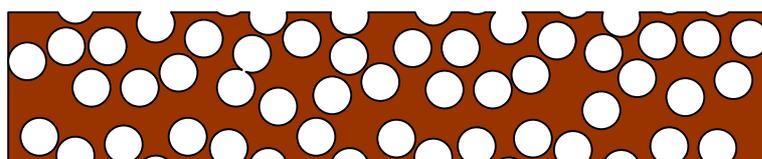
Porosité $\varepsilon = V_L/V$	9%	30%
$D_{\text{Sphère}}$	5 mm	5 mm
$V_{\text{Sphère}}$	65.4 mm^3	65.4 mm^3
$S_{\text{Sphère}}$	78.5 mm^2	78.5 mm^2
Volume libre	0.09 m^3/m^3	0.3 m^3/m^3
Nbre de sphères	1'375'099 $-\text{m}^3$	4'583'662 $-\text{m}^3$
Surface spécifique	108 m^2/m^3	360 m^2/m^3
Epaisseur de la couche	20 mm	20 mm
Surface spécifique	2.16 m^2/m^2	7.2 m^2/m^2

En ce qui concerne les déchets manipulés, il faut compter, du fait d'une porosité plus élevée, avec une surface spécifique plus élevée d'environ $7 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Fig. 3.5 Porosité et surface spécifique



Porosité $\varepsilon = 9\%$
Surface spécifique = $2 \text{ m}^2/\text{m}^2$



Porosité $\varepsilon = 30\%$
Surface spécifique = $7 \text{ m}^2/\text{m}^2$

3.3.1 Exploitation en activité

Le scénario de l'exploitation en activité représente la situation normale durant la phase d'assainissement lorsque des travaux se déroulent dans les halles. Les calculs détaillés y relatifs peuvent être consultés à l'annexe 2.

Tableau 3.5 Résultats du modèle d'émission pour l'exploitation en activité

zone	Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
Débit de l'air [m ³ /h]	29'000	6'000	5'000	36'000	37'000	40'000	13'000	51'000
Émissions [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.131	2.444	7.234	4.103	14.245
Débit massique [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.283	2.726	9.961	7.340	14.245
Concentration [mg/m ³]	3	30	12	8	74	249	565	279
Conc. C org [mg C/m ³]	2	17	6	4	41	139	316	156
Débit massique OPAIR								
Classe 1 [kg/h]	0.037	0.072	0.023	0.112	1.077	3.934	2.899	5.627
Classe 2 [kg/h]	0.019	0.038	0.012	0.059	0.565	2.066	1.522	2.954
Classe 3 [kg/h]	0.012	0.023	0.007	0.036	0.349	1.275	0.939	1.823
Classe K3 [kg/h]	0.025	0.049	0.016	0.076	0.735	2.686	1.979	3.841
Concentration OPAIR								
Classe 1 [mg/m ³]	1.3	12.0	4.6	3.1	29.1	98.4	223.0	110.3
Classe 2 [mg/m ³]	0.7	6.3	2.4	1.6	15.3	51.6	117.1	57.9
Classe 3 [mg/m ³]	0.4	3.9	1.5	1.0	9.4	31.9	72.3	35.8
Classe K3 [mg/m ³]	0.9	8.2	3.1	2.1	19.9	67.1	152.2	75.3

Chiffres sur fond vert: valeur limite OPAir respectée, chiffres sur fond rouge: valeur limite OPAir dépassée

Pour un volume d'air total d'environ 51'000 m³/h il en ressort une charge totale en polluants de 14 kg/h, qui émanent pour 51% de la zone de préparation et pour 29% des bunkers de réception. Les effluents gazeux provenant de la halle d'excavation et du stockage intermédiaire (sans les aspirations à la source points haut et bas) présentent des concentrations en polluants estimées à environ 10 mg/m³ et qui se situent donc en dessous des valeurs limites de l'OPair.

Dans la zone de préparation, les valeurs se situent autour des 200-300 mg C/m³.

3.3.2 Exploitation à l'arrêt (nuit et week-end)

Le scénario de l'exploitation à l'arrêt reflète les conditions présentes durant la nuit et le week-end. Là encore, les calculs détaillés se trouvent à l'annexe 2.

Tableau 3.6 Résultats du modèle d'émission pour l'exploitation à l'arrêt

zone	Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
Débit de l'air [m ³ /h]	30'000	6'000	0	32'000	33'000	36'000	13'000	47'000
Émissions [kg/h]	0.069	0.134	0.000	0.131	1.231	2.322	1.026	
Débit massique [kg/h]	0.069	0.134	0.000	0.200	1.431	3.753	2.381	4.912
Concentration [mg/m ³]	2	22	0	6	43	104	183	105
Conc. C org [mg C/m ³]	1	12	0	3	24	58	103	59
Débit massique OPAIR								
Classe 1 [kg/h]	0.027	0.053	0.000	0.079	0.565	1.482	0.940	1.940
Classe 2 [kg/h]	0.014	0.028	0.000	0.041	0.297	0.778	0.494	1.019
Classe 3 [kg/h]	0.009	0.017	0.000	0.026	0.183	0.480	0.305	0.629
Classe K3 [kg/h]	0.019	0.036	0.000	0.054	0.386	1.012	0.642	1.324
Concentration OPAIR								
Classe 1 [mg/m ³]	0.9	8.8	0.0	2.5	17.1	41.2	72.3	41.3
Classe 2 [mg/m ³]	0.5	4.6	0.0	1.3	9.0	21.6	38.0	21.7
Classe 3 [mg/m ³]	0.3	2.8	0.0	0.8	5.5	13.3	23.4	13.4
Classe K3 [mg/m ³]	0.6	6.0	0.0	1.7	11.7	28.1	49.4	28.2

Le volume d'air est réduit au minimum nécessaire au maintien de la dépression dans les halles et s'élève ainsi à 37'000 m³/h. Les émissions diminuent proportionnellement à l'arrêt des activités de manipulation et la charge évaluée s'élève encore à environ 5 kg/h.

Tandis que la réduction des volumes d'air dans la halle d'excavation ne permet pas une diminution significative des concentrations en polluants (10 mg/m³), les concentrations diminuent de moitié dans la zone de préparation et se situent à présent en dessous de 100 mg C/m³.

3.3.3 Conditions particulières

Le scénario « conditions particulières » décrit le cas où un secteur donné de la halle de préparation présente une concentration en polluants correspondant à 25% de la LIE (limite inférieure d'explosivité). La plausibilité d'un tel scénario ainsi que les conditions nécessaires à sa survenue ne sont pas discutées ici.

Sur la base de la composition moyenne du mélange de substances (tel que représenté au tableau 3.1), il est possible de calculer la limite inférieure d'explosivité (LIE) selon Le Châtelier :

$$LIE_{\text{mélange}} = \frac{1}{\sum \frac{n_i}{LIE_i}}$$

$$LIE_{\text{mélange}} = 68.4 \text{ g/m}^3 \text{ ou } 38.3 \text{ g C/m}^3 \text{ de la matrice des déchets de Bonfol}$$

Cependant, quand un mélange explosif est détecté, des mesures sont déjà prises à partir du moment où 25% de la LIE sont atteints.

$$25\%LIE_{\text{mélange}} = 17 \text{ g/m}^3 \text{ ou } 9.5 \text{ g C/m}^3$$

En appliquant cette concentration au scénario de l'exploitation en activité dans une zone choisie, dans notre exemple à la zone de préparation, et en augmentant le taux de renouvellement de l'air dans cette zone en conséquence, les concentrations résultantes peuvent être observées et évaluées en conséquence. L'ensemble des calculs peuvent être consultés à l'annexe 2, les résultats sont résumés au tableau 3.7 ci-dessous.

Tableau 3.7 Résultats du modèle d'émission en cas de détection de 25% de la LIE dans la zone de préparation des déchets

zone	Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
Débit de l'air [m ³ /h]	42'000	6'000	5'000	49'000	50'000	53'000	13'000	65'000
Émissions [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.131	2.444	441.393	4.103	
Débit massique [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.283	2.726	444.119	113.038	448.404
Concentration [mg/m ³]	2	30	12	6	55	8380	8695	6899
Conc. C org [mg C/m ³]	1	17	6	3	31	4691	4868	3862
Débit massique OPAIR								
Classe 1 [kg/h]	0.037	0.072	0.023	0.112	1.077	175.418	44.648	177.110
Classe 2 [kg/h]	0.019	0.038	0.012	0.059	0.565	92.105	23.443	92.993
Classe 3 [kg/h]	0.012	0.023	0.007	0.036	0.349	56.845	14.468	57.393
Classe K3 [kg/h]	0.025	0.049	0.016	0.076	0.735	119.751	30.479	120.906
Concentration OPAIR								
Classe 1 [mg/m ³]	0.9	12.0	4.6	2.3	21.5	3309.8	3434.4	2724.8
Classe 2 [mg/m ³]	0.5	6.3	2.4	1.2	11.3	1737.8	1803.3	1430.7
Classe 3 [mg/m ³]	0.3	3.9	1.5	0.7	7.0	1072.5	1112.9	883.0
Classe K3 [mg/m ³]	0.6	8.2	3.1	1.6	14.7	2259.5	2344.6	1860.1

Il est intéressant de constater que pour réellement atteindre les concentrations limites dans la zone de préparation (soit 25% de la LIE), l'évaporation de 450 kg/h de substances inflammables de la matrice des déchets de Bonfol serait nécessaire.

En outre, il apparaît qu'une fois le taux de renouvellement de l'air augmenté de façon adéquate, la limite de 25% de la LIE n'est plus atteinte nulle part.

3.4 Evaluation des résultats du modèle d'émissions

Les résultats du modèle d'émission peuvent être résumés et interprétés comme suit.

Les effluents gazeux de la halle d'excavation y compris l'aspiration à la source prévue dans la zone de transfert des wagonnets ainsi que les effluents gazeux du stockage intermédiaire ne présentent pas de dépassement des valeurs limites de l'OPair selon la modélisation. Remarquons à cela que le volume de ventilation pour cette immense halle a été maintenu sciemment bas, à une valeur égale au volume des fuites escompté pour une enveloppe de bâtiment étanche. Le renouvellement de l'air

prévu de seulement 0.12 h^{-1} ne peut donc pas être considéré comme représentant une dilution inadmissible au sens de l'OPair.

De plus, il faut constater à nouveau que la modélisation dans ce secteur se base surtout sur l'équilibre lixiviats / air et qu'elle représente donc un *worst case* en l'absence de conditions particulières (par exemple, présence de liquides en phase).

Dans l'état actuel des connaissances, la modélisation montre, par contre, que dans la halle de préparation les valeurs limites de l'OPair seraient dépassées aussi bien pour les charges que pour les concentrations.

4 Traitement des effluents gazeux

Comme cela a été présenté au chapitre précédent, la modélisation des émissions présente des résultats mitigés. Alors que les effluents gazeux de la halle d'excavation pourraient se situer en dessous des valeurs limites de l'OPair, ceci ne peut pas être garanti pour la halle de préparation selon les prévisions obtenues par modélisation.

En outre, le modèle d'émissions ne permet pas de tenir compte de la problématique des odeurs.

C'est pourquoi des procédés de traitement de l'air ont dès à présent été évalués.

4.1 Procédés de traitement

Il existe de nombreux procédés pour le traitement des effluents gazeux. Tous ne sont pas pareillement appropriés pour remplir les tâches spécifiques demandées lors de l'assainissement de la décharge industrielle de Bonfol.

Les particularités de la problématique des effluents gazeux à Bonfol peuvent être résumées comme suit :

- Faibles concentrations (presque la moitié des substances mesurables sont des hydrocarbures chlorés)
- large éventail de polluants avec des propriétés différentes
- odeur caractéristique

Ceci n'est pas sans conséquence sur la mise en œuvre des différents procédés de traitement, tels qu'ils sont connus dans la pratique ou tels qu'ils ont été évalués par des essais. Les chapitres suivants le démontrent succinctement.

4.1.1 Adsorption sur charbon actif

Les effluents gazeux chargés traversent un lit de charbon actif (CA). Les polluants sont adsorbés et liés sur la grande surface présentée par le CA. Lorsque la surface disponible libre est épuisée, a lieu le « claquage » (c'est-à-dire que les polluants passent à travers le filtre sans être retenus) et l'adsorbant suivant est mis en place. La désorption du charbon usagé peut s'effectuer sur place ou après retour chez le fabri-

cant. Le processus de désorption a lieu la plupart du temps avec de la vapeur et inclut une phase de refroidissement et de séchage.

Le désorbat condensé n'est pratiquement pas recyclable lorsqu'il est issu d'un mélange de substances. Il est donc le plus souvent éliminé.

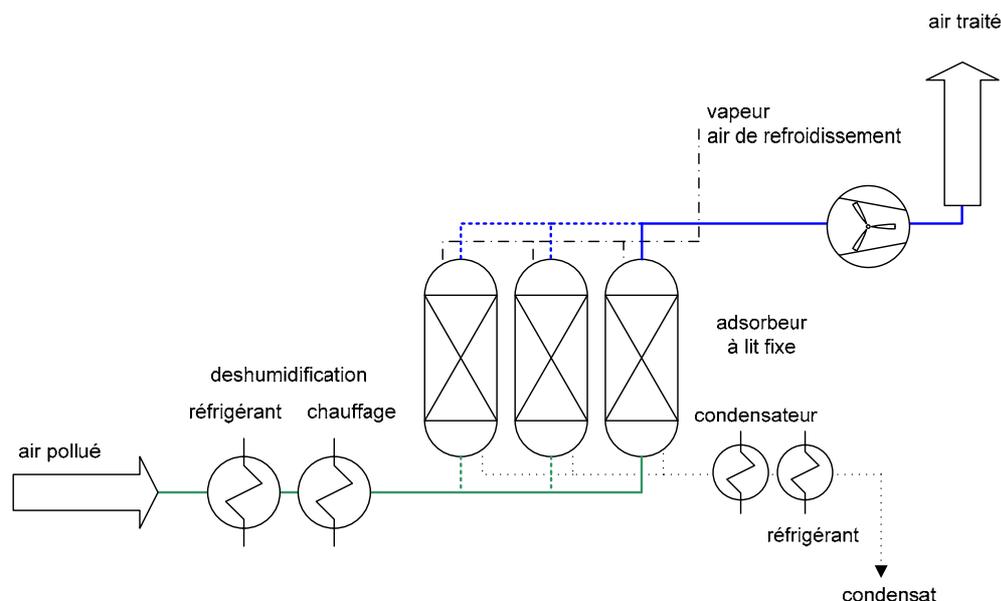
Avantages:

- Technologie éprouvée et relativement simple

Inconvénients:

- Il est très difficile d'obtenir de l'air pur exempt d'odeur et ce, sans garantie;
- Les substances à point d'ébullition bas sont problématiques, car dans des mélanges, ils induisent des processus d'adsorption- désorption.

Fig. 4.1 Adsorption sur charbon actif (avec régénération)



Au premier semestre 2005, des essais ont eu lieu sur la décharge avec une installation pilote. Les résultats sont compilés dans le rapport *Adsorptionsversuche Phase 3*. Lors de ces essais, les charbons utilisés ont eu une durée de vie (c'est-à-dire avant « claquage ») limitée. Le benzène, l'un des traceurs, a passé au travers des filtres à charbon actif après 31 jours déjà. Des odeurs pouvaient être décelées dans l'air traité après 1-2 semaines déjà.

L'élimination des particules odorantes peut cependant être améliorée en utilisant des charbons imprégnés.

La taille approximative d'une installation à CA correspondrait aux dimensionnements du tableau 4.1.

Tableau 4.1 Dimensionnement d'un traitement par CA

Adsorption par CA		
Q_B^* Total	51'000 m ³ /h	65'000 m ³ /h
Débit massique	14.245 kg/h	15.000 kg/h
	7.975 kg C/h	8.397 kg C/h
Nombre d'unités parallèles	4 -	4 -
Vitesse dans le tube vide	0.25 m/s	0.25 m/s
Surface au sol requise	56.7 m ²	72.2 m ²
Diamètre rond d'une unité	4.2 m	4.8 m
<hr/>		
Diamètre effectif	4 m	4 m
Vitesse dans le tube vide effective	0.28 m/s	0.36 m/s
Hauteur de remplissage	1 m	1 m
Volume	50.3 m ³	50.3 m ³
Poids env.	25 t	25 t

4.1.2 Procédés par absorption (laveur)

Dans les procédés par absorption, les polluants sont extraits de la phase gazeuse par absorption sélective dans une phase liquide. Les polluants absorbés doivent ensuite dans une deuxième étape être éliminés ou recyclés. Ceci peut se faire par dégradation biologique, réaction chimique, valorisation thermique ou stripping des polluants absorbés du liquide de lavage.

L'efficacité de ce procédé est contrôlée par le transfert des substances. Les paramètres déterminants pour le transfert des substances sont la surface d'échange disponible ainsi que la constante de Henry et le gradient de concentration utile entre les phases gazeuses et liquides. La surface d'échange est déterminée essentiellement par la géométrie du laveur et sa construction intérieure. Le gradient de concentration résulte de la concentration dans le flux des effluents gazeux et de la solubilité des polluants correspondants dans le milieu absorbant choisi ainsi que de la quantité et du taux d'échange de la phase liquide.

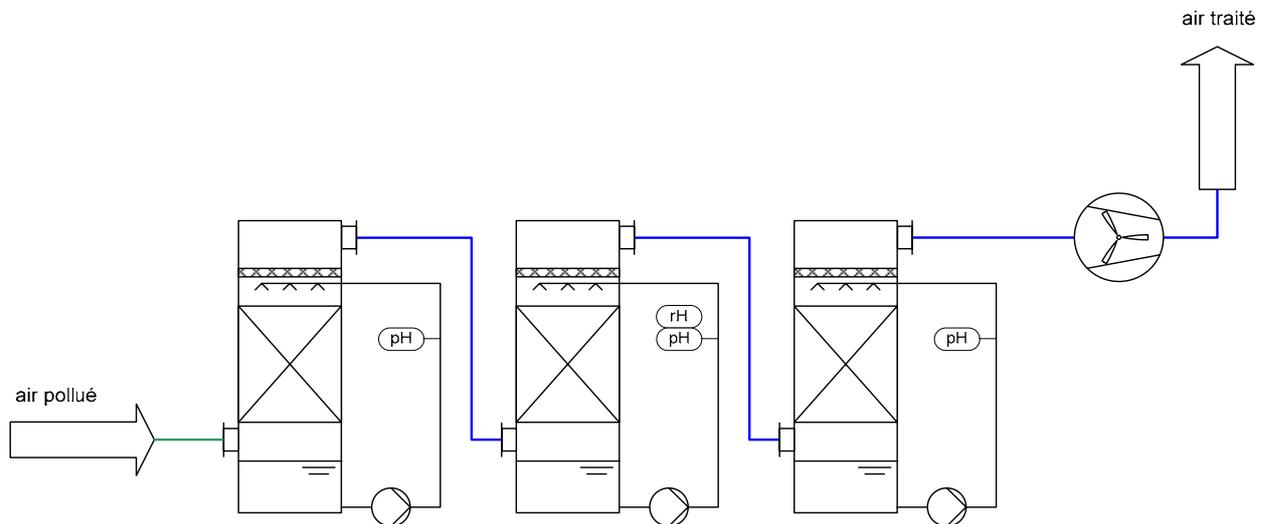
Avantages:

- Dimension des appareils relativement réduite grâce aux échanges de substances intensifs
- Technologie éprouvée et relativement simple

Inconvénients:

- Les polluants doivent être solubles dans l'eau
- Le liquide de lavage doit être traité et éliminé

Fig. 4.2 Laveur à étages multiples



Dans le cas concret d'un traitement des effluents gazeux durant l'assainissement de la décharge industrielle de Bonfol, il faut compter avec de faibles concentrations en diverses substances organiques et avec des composés organiques solubles de même que non ou faiblement solubles et parfois fortement odorants. Pour le milieu absorbant, le choix se porte prioritairement sur un système aqueux dans lequel les concentrations en polluants sont maintenues aussi faibles que possible par une oxydation chimique ciblée. C'est le seul moyen d'obtenir une diminution des substances difficilement solubles jusqu'à de faibles concentrations. Ce lavage oxydatif, analogue à celui appliqué dans le domaine de la lutte contre les odeurs, peut se dérouler selon un procédé à un ou plusieurs étages. Le procédé à étages multiples permet par un réglage ciblé d'un milieu acide ou basique d'obtenir une élimination efficace de composés sélectionnés. L'agent oxydant est le plus souvent un porteur d'oxygène disposant d'une cinétique suffisamment rapide, telle l'eau de Javel (NaOCl) ou le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂).

Tableau 4.2 Dimensionnement du laveur

Laveur		
Q_B^* Total	51'000 m ³ /h	65'000 m ³ /h
Débit massique	14.245 kg/h	15.000 kg/h
	7.975 kg C/h	8.397 kg C/h
Vitesse dans le tube vide	1.5 m/s	1.5 m/s
Diamètre	3.5 m	3.9 m
Diamètre effectif	3.5 m	3.5 m
Vitesse dans le tube vide effective	1.2 m/s	1.6 m/s
Arrosage	20.0 m ³ /m ² h	20.0 m ³ /m ² h
Eau de lavage	192.4 m ³ /h	192.4 m ³ /h

4.1.3 Biofiltre

Un film biologique implanté sur un substrat (tourbe, compost) contient des bactéries qui décomposent directement les polluants organiques. Les effluents gazeux humidifiés sont répartis de façon homogène sur la section transversale et passent à travers la couche filtrante du biofiltre, où un transfert de substances s'opère entre la phase gazeuse et le film biologique. C'est là que des microorganismes transforment les substances polluantes et odorantes en substances non toxiques, inodores et essentiellement à faible poids moléculaire, comme p.ex. CO₂ et H₂O. La dégradation des hétéroatomes tels que Cl ou S produit des composés acides qui doivent être neutralisés par des adjuvants (chaux), car l'acidification engendrerait un milieu inhibiteur.

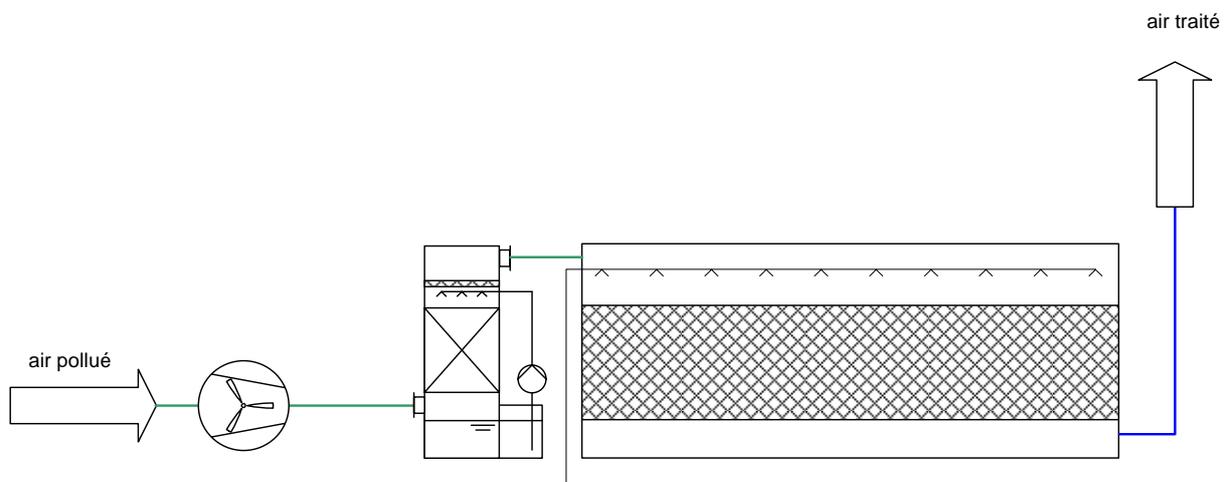
Avantages:

- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- Peu d'entretien
- Longues durées de vie

Inconvénients:

- Grand besoin d'espace
- Limité aux substances biodégradables
- Non approprié pour de fortes concentrations et de grandes fluctuations
- La solubilité dans l'eau des polluants est une condition sine qua non pour obtenir une élimination

Fig. 4.3 Biofiltre



La taille approximative d'un biofiltre découle du tableau 4.3

Tableau 4.3 Dimensionnement d'un biofiltre

Biofiltre		
Q_B^* Total	51'000 m ³ /h	65'000 m ³ /h
Débit massique	14.245 kg/h	15.000 kg/h
	7.975 kg C/h	8.397 kg C/h
Dimensionnement	60 m ³ /m ² h	76 m ³ /m ² h
Surface	850 m ²	850 m ²
Surface au sol	29 x 29 m	29 x 29 m
Hauteur couche filtrante	1 m	1 m
Volume	850 m ³	850 m ³
Temps de séjour	60 s	47 s
Dégradation	9.4 g C/m ³	9.9 g C/m ³

4.1.4 Condensation

Des polluants peuvent être éliminés en abaissant la température des effluents gazeux en dessous du point de rosée. Les températures nécessaires pour atteindre les valeurs limites autorisées dépendent du comportement à l'ébullition des substances respectives.

Avantages:

- Possibilité de récupération (recyclage) des substances présentes en forte concentration
- Flexible et adapté aux fortes fluctuations
- Procédé économique pour de faibles volumes et de fortes concentrations

Inconvénients:

- Forte consommation d'énergie en présence de substances très volatiles et de faibles concentrations
- Formation de givre en présence d'effluents gazeux humides

Comme décrit dans le tableau 4.4, les températures nécessaires se situent entre -60 et -110°C. Ceci se situe déjà en dehors du domaine de fonctionnement d'une installation de refroidissement conventionnelle et exige dès lors la mise en œuvre d'une technique cryogénique conséquente. Les dépenses d'énergie qui en résultent sont disproportionnées.

Tableau 4.4 Températures de condensation

Condensation		
Substance	Saturation	Température
Benzène	5 mg/m ³	-99.9 °C
Toluène	100 mg/m ³	-66.7 °C
Chloroforme	20 mg/m ³	-105.6 °C
Chlorobenzène	100 mg/m ³	-59.0 °C

4.1.5 Procédés oxydatifs

Les effluents gazeux pollués sont conduits vers une chambre de combustion, où des températures de 700-1200°C induisent une destruction thermique complète. Cela requiert la plupart du temps l'utilisation d'un combustible auxiliaire, surtout quand les concentrations sont faibles. La chaleur dégagée peut éventuellement être récupérée. Lorsque les polluants contiennent des hétéroatomes (N, S, Cl, Br, I), la formation de gaz acides rend un traitement des gaz de combustion nécessaire.

Avantages:

- Respect des valeurs limites garanti (également pour substances à point d'ébullition bas)
- Elimination des odeurs garantie
- Système flexible

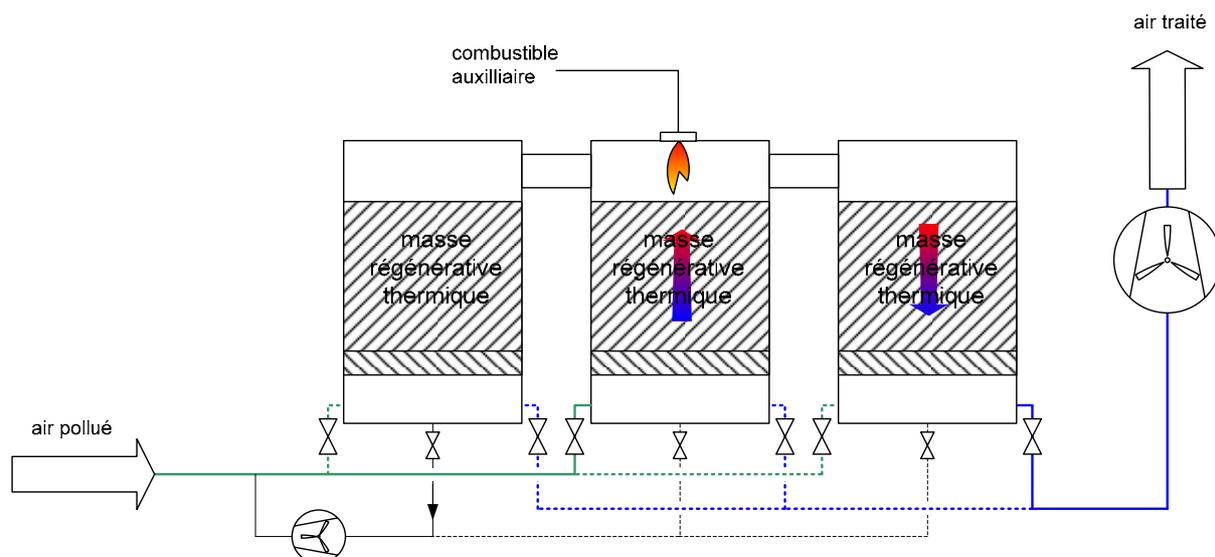
Inconvénients:

- Coûts d'investissement et d'exploitation élevés
- Forte consommation d'énergie
- Risques de corrosion

Différents procédés sont envisageables pour la récupération de la chaleur des gaz de combustion. Les procédés régénératifs (postcombustion régénérative PCR ou RNV en allemand) permettent d'obtenir des rendements thermiques élevés. La chaleur des gaz de combustion y est recueillie dans un accumulateur en céramique, qui est ensuite traversé par l'air non traité et le réchauffe. Le fonctionnement alternatif par cycle des accumulateurs régénératifs permet de chauffer, respectivement refroidir alternativement les effluents gazeux. Des installations à deux ou trois chambres sont utilisées. Elles se différencient principalement par leur mode de commutation lors des changements de cycles.

Le rendement élevé de 95-98% obtenu lors de la récupération de la chaleur dégagée permet une exploitation autotherme, sans devoir utiliser de combustible auxiliaire et ce, à partir d'une concentration de 1.5 – 2 g/m³ déjà.

Fig. 4.4 Oxydation thermique régénérative (PCR)



Les exigences du système d'accumulation de chaleur induisent par nature une certaine inertie du système. Un inconvénient du système réside également dans le fait que des poussières transportées, des résidus de combustion inorganiques ou des dépôts organiques peuvent provoquer des obstructions au niveau des accumulateurs et ainsi entraver l'écoulement des gaz.

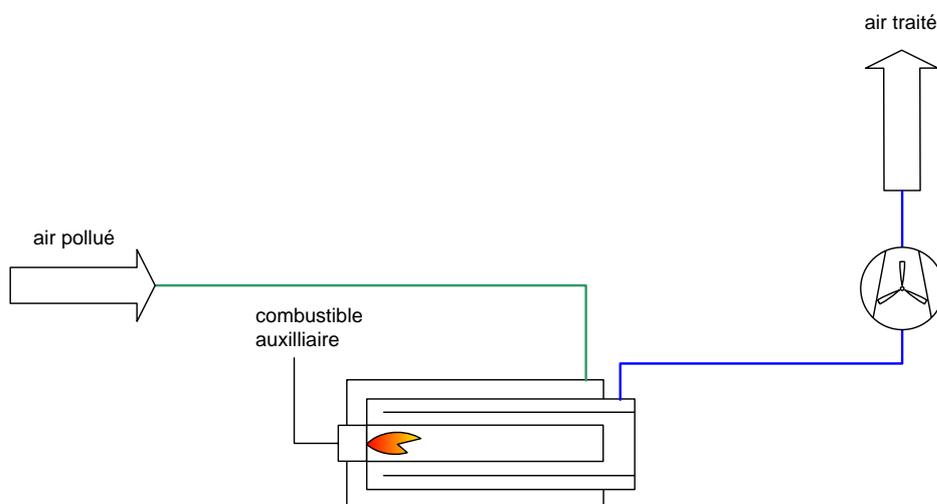
Tableau 4.5 Dimensionnement d'une PCR

PCR	Exploitation en activité	Exploitation avec ventilation maximale
Q_B^* Total	51'000 m ³ /h	65'000 m ³ /h
Débit massique	14.245 kg/h	15.000 kg/h
	7.975 kg C/h	8.397 kg C/h
Température de réaction	850 °C	850 °C
η échangeur de chaleur	96%	96%
Puiss. de chauffage requise	560 kW	740 kW
Combustible auxiliaire fuel extra light	1'350 l/jour	1'800 l/jour

Les systèmes récupératifs (postcombustion thermique PCT ou TNV en allemand) sont moins sensibles de ce point de vue-là. Les gaz de combustion chauds y réchauffent les effluents gazeux non traités froids dans un échangeur de chaleur conventionnel.

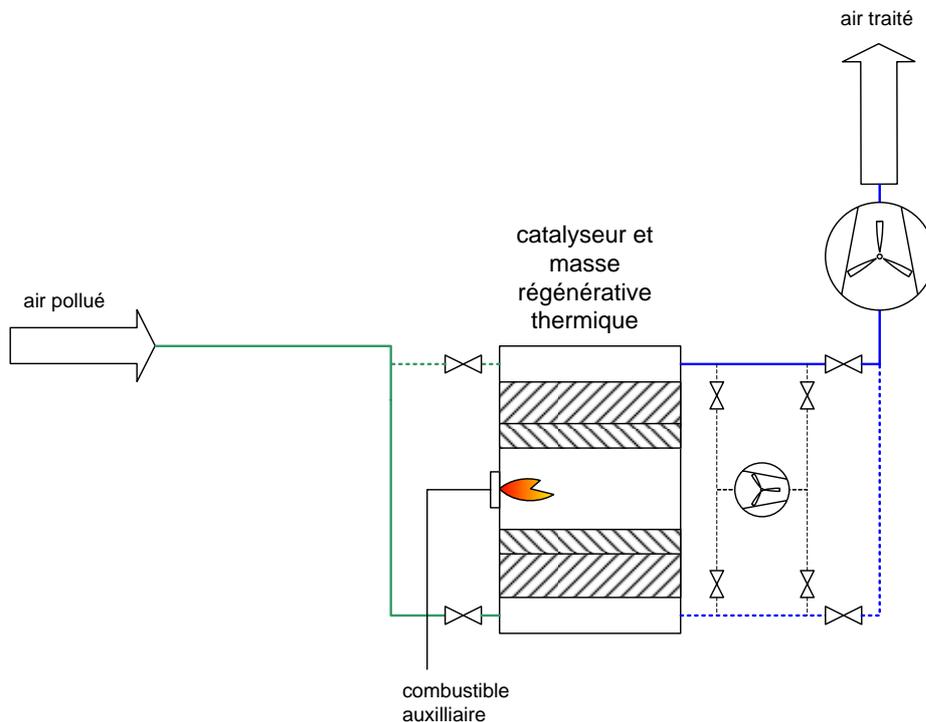
L'inertie de l'installation peut être diminuée en acceptant un rendement de récupération de la chaleur moins élevé.

Fig. 4.5 Oxydation thermique récupérative (PCT)



Une autre variante de procédé consiste à abaisser la température pour une oxydation complète à 250-300°C en utilisant un catalyseur. En réduisant la température, les quantités de chaleur nécessaires sont plus faibles.

Fig. 4.6 Oxydation catalytique



L'avantage d'une température de réaction faible est contrebalancé par le risque que le catalyseur puisse être inactivé par des dépôts de matières solides ou de poussières ainsi que par des substances toxiques pour le catalyseur (phosphore, composés soufrés, métaux lourds)

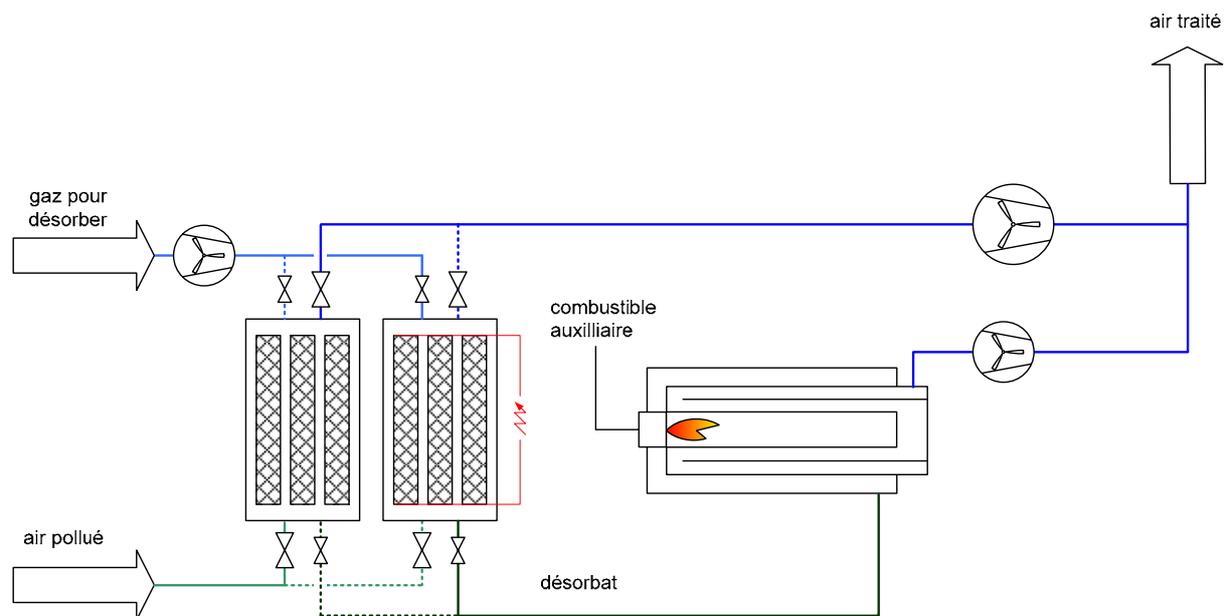
Tous les procédés thermiques ont l'avantage que les polluants organiques sont effectivement détruits et les substances odorantes transformées. Après un traitement thermique, les effluents gazeux peuvent donc être considérés comme inodores. De plus, il n'y a pas d'autres déchets organiques supplémentaires à éliminer. Les réactions incluant des polluants chlorés conduisent à la formation d'HCl. Il faut tenir compte de ce fait lors du choix des matériaux et l'utilisation d'un laveur simple peut s'avérer nécessaire.

4.1.6 Procédés combinés

Afin de répondre à des exigences particulières, différents procédés peuvent également être combinés. Dans le cas présent (faibles concentrations avec une large palette de mélange de substances), il est particulièrement intéressant de combiner l'adsorption et l'oxydation thermique. Une première étape d'adsorption régénérative permet de diminuer fortement les volumes d'air contaminé. Les cycles

d'adsorption/désorption étant courts, les exigences envers cette étape sont moins restrictives que lors d'un procédé d'adsorption simple. Le flux de gaz résultant de la désorption contient les polluants séparés en plus grande concentration et dans un plus faible volume.

Fig. 4.7 Procédé combiné



Ce flux de désorbat peut facilement être oxydé thermiquement. Lorsque l'augmentation de la concentration est suffisante, l'exploitation peut même s'avérer autotherme, c'est à dire que le combustible auxiliaire n'est plus nécessaire.

Pour l'étape d'adsorption, des technologies telles qu'une roue d'adsorption ou des nattes en fibres de carbone avec désorption électrique (procédé Elosorb) sont envisageables.

Avantages:

- Augmentation de la concentration et diminution des volumes
- Meilleure efficacité énergétique

Inconvénients:

- L'élimination des odeurs ne peut pas être garantie
- La durée de vie des absorbants est difficilement prévisible
- Risques de corrosion

4.2 Comparaison des procédés

Afin de définir la solution la plus adaptée à la problématique des effluents gazeux de Bonfol, il faut prendre en considération certains aspects dans les domaines les plus variés. Il faut en particulier tenir compte des points suivants.

- Situation des émissions sur le site
- Immissions dans le voisinage, en particulier des odeurs
- Consommation en énergie et en ressources (eau, consommables)
- Infrastructure requise (besoins en place, eaux usées, matériel), transports nécessaires
- Flexibilité, simplicité et sécurité, sensibilité du procédé
- Coûts d'exploitation et d'investissement

4.2.1 Comparaison de différentes variantes

Parmi la série de procédés présentés, aucun n'est adapté de façon optimale aux conditions de Bonfol. Tous présentent des avantages et des inconvénients, qu'il convient de soupeser. Dans le tableau 4.6, les procédés présentés sont décrits de façon synoptique et sont brièvement évalués.

Tableau 4.6 Aperçu des procédés de traitement

Critères d'évaluation	Adsorption sur charbon actif	Laveur	Biofiltre	Procédés oxydatifs		Procédé combiné
				PCR	PCT	
Rendement d'épuration (sans les odeurs)	+	o	-	+	+	o
Elimination des odeurs	-	o	-	+	+	-
Flexibilité par rapport à la charge	+	o	-	+	+	o
Flexibilité par rapport au volume d'air	o	o	o	+	+	+
Consommation d'énergie	+	+	+	o	-	o
Besoins en place	+	+	-	+	+	+
Substances résiduelles	-	-	-	o	o	o
Sécurité d'exploitation	o	+	o	+	+	o
Consommation d'eau	+	-	+	o	o	o
Coûts d'exploitation	-	o	+	-	-	o
Coûts d'investissement	+	+	+	-	-	o

Légende :

- + : critère plutôt bien rempli
- o : critère moyennement rempli
- : critère plutôt mal rempli

Sur la base de l'évaluation du tableau 4.6, les variantes « laveur » et « biofiltre » n'ont pas été retenues par la suite dans l'écobilan.

4.2.2 Écobilan

L'écobilan est une aide supplémentaire pour évaluer les possibilités de traitement dans le domaine de la problématique des effluents gazeux. Pour cela, il faut prendre en considération tous les aspects pouvant avoir une influence sur l'environnement lors de la construction et l'exploitation d'une installation. Ceci se base sur des bilans énergétique et de matière complets. Les différents flux de matières issus aussi bien des émissions directes de l'installation sur site, que de l'approvisionnement énergétique et de la production des matériaux de construction doivent être évalués et additionnés. Pour ce faire, différentes approches sont envisageables.

Les possibilités suivantes concernant la problématique des effluents gazeux ont été évaluées dans le cadre de l'écobilan:

- Variante zéro (**Variante-0**). La totalité des effluents gazeux prévisionnels est évacuée sans traitement par une cheminée.

Cette variante est évaluée ici pour mémoire et à titre de comparaison. Les émissions posées comme hypothèse ne respectent pas les limites de l'OPair.

- Traitement des effluents gazeux par adsorption sur charbon actif avec régénération (**CA régénéré**). Le CA utilisé est régénéré chez le fabricant et peut être réemployé.
- Traitement des effluents gazeux par adsorption sur charbon actif sans régénération (**CA incinération**). Le CA utilisé est éliminé dans une usine d'incinération de déchets spéciaux.
- Postcombustion thermique régénérative (**PCR1** et **PCR2**). Les données de deux fabricants ont été utilisées.
- Postcombustion thermique de volumes de gaz concentrés par roue d'adsorption (**PCT-roue**)
- Postcombustion thermique de volumes de gaz concentrés, type ELOSORB (**PCT-elo**)

Les aspects suivants des variantes ont été évalués:

- Emissions directes de polluants (après le traitement des effluents gazeux) dans les effluents gazeux
- Consommation d'énergie du traitement (courant électrique, y compris approvisionnement du courant électrique, mazout comme source d'énergie thermique, y compris fourniture du mazout)
- Emissions directes dans l'air dues à la combustion du mazout (CO₂, CH₄, SO_x, NO_x, et COV)
- Consommation en acier pour la fabrication de l'installation (y compris les charges dues à l'extraction du minerai et à la transformation du minerai en acier)

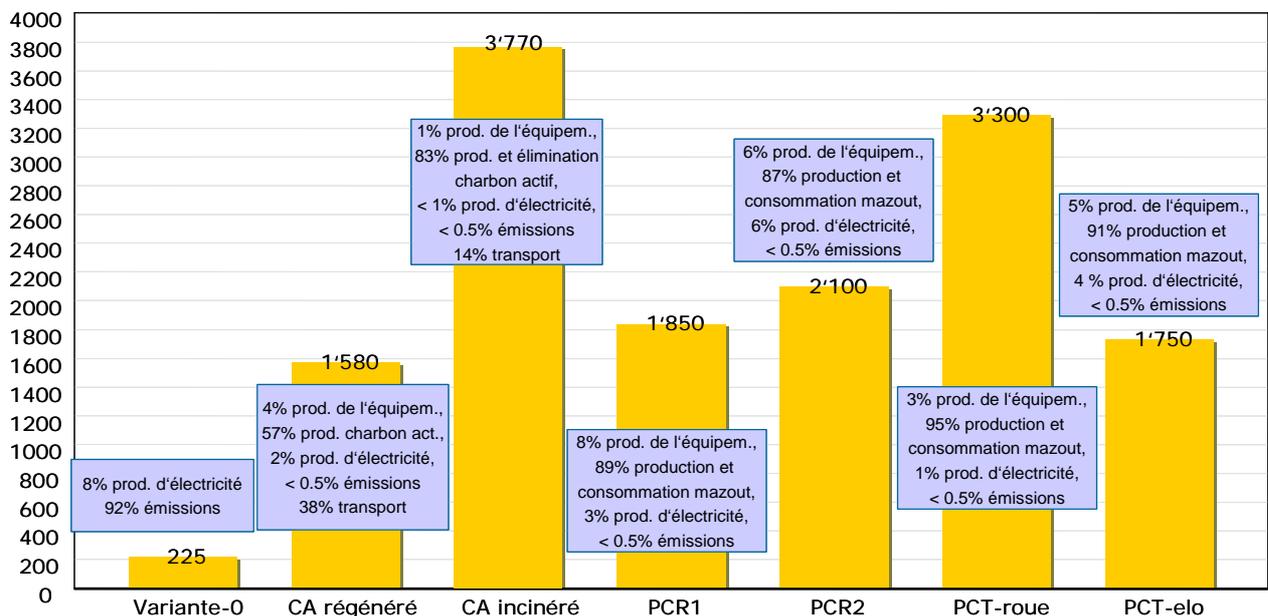
Les explications détaillées relatives à l'écobilan se trouvent à l'annexe 3.

Les résultats selon la méthode Eco Indicator 99 sont présentés à la figure 4.8.

Cette méthode a été choisie pour les raisons suivantes :

La méthode Eco Indicator 99 est la seule permettant une évaluation raisonnable des polluants dans les effluents gazeux avec la pondération « hiérarchique ». La méthode et la pondération permettent d'obtenir une évaluation spécifique pour la majeure partie des substances individuelles présentes dans les effluents gazeux (hormis le sulfure de diméthyle) et tiennent compte le plus des impacts sur la santé des effets cancérigènes et non cancérigènes. L'extraction d'énergie fossile est également très fortement prise en compte (avec une pondération env. 4 fois plus élevée que celle appliquée aux conséquences sur la santé).

Fig. 4.8 Résultats de l'écobilan, méthode: Eco Indicator 99 (EI99, points)



Unité fonctionnelle: 1 semaine

Volume des effluents gazeux: exploitation en activité 50'000 m³/h, exploitation à l'arrêt 37'000 m³/h

Etendue: cycle de vie complet

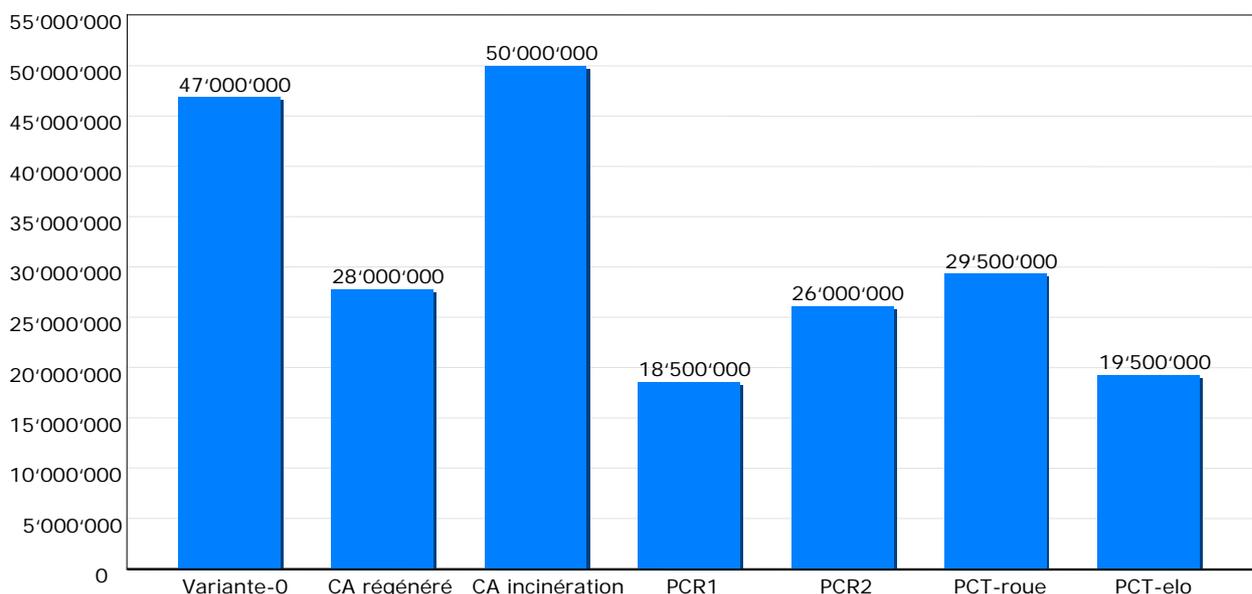
Les résultats peuvent être évalués de la façon suivante:

- Impact sur l'environnement le plus faible pour la variante 0. Malgré le fait qu'elle provoque les émissions de polluants les plus élevées, la variante 0 présente, par cette méthode, l'impact le plus faible.
- Impact sur l'environnement plus élevé avec CA régénéré, PCR1, PCR2 et PCT-elo
Selon les données actuellement disponibles, ces procédés sont à peu près équivalents entre eux, les différences entre les impacts s'élèvent à moins de 30%. L'impact sur l'environnement est environ 7 fois plus important que celui de la variante 0.

- Impact sur l'environnement élevé avec PCT-roue et CA incinération
PCT-roue présente un impact plus élevé que PCR1, PCR2 et PCT-elo en raison de ses besoins en énergie (augmentation de la concentration plus faible que pour le procédé Elosorb). La variante CA avec élimination du charbon actif dans une usine d'incinération pour déchets spéciaux obtient également de mauvais résultats. Dans ce cas, les besoins élevés en charbon actif et l'énergie nécessaire à sa fabrication se répercutent négativement.
- Emissions de polluants:
Seule la variante 0 présente des émissions importantes (91% de la totalité de l'impact). Par comparaison, la part des émissions des polluants de la décharge se situe à moins de 0.5% de la totalité de l'impact pour les autres cas étudiés avec traitement des effluents gazeux.
- Consommation d'énergie:
Pour PCR1 et 2, PCT-elo et PCT-roue, la consommation d'énergie – y compris les émissions directes lors de la combustion du mazout – représente, avec 90%, la part la plus importante de l'impact sur l'environnement.
- Fabrication de l'acier pour la construction de l'installation:
L'impact sur l'environnement de la fabrication de l'acier se situe à moins de 7%.

En vue d'accréditer les résultats de la méthode EI99, la méthode UBP 97 a également été appliquée. Les résultats de cette seconde méthode sont représentés à la figure 4.9.

Fig. 4.9 Résultats de l'écobilan, méthode UBP97 (points)



Les points suivants sont à relever:

L'évaluation de l'impact sur l'environnement des installations de traitement conduit au même classement pour les deux méthodes. Les deux méthodes pondèrent en premier lieu les concentrations présentes dans l'air après traitement et la consommation d'énergie des installations. Les évaluations sont identiques.

Par cette méthode, l'évaluation de la variante 0 comparée aux installations de traitement conduit à un résultat, c. à d. un impact sur l'environnement plus élevé. UBP97 assimile toutes les émissions de polluants dans les effluents gazeux à des COV (à l'exception du sulfure de diméthyle, qui n'est pas non plus pris en compte). L'évaluation s'effectue en premier lieu sur la base des débits massiques maximaux admis pour les émissions de COV-hors méthane découlant de l'OPair. Une différenciation directe des impacts négatifs des différents polluants, p. ex. selon leur toxicité pour les personnes et l'environnement, n'est pas effectuée.

4.3 Procédure proposée

Comme explicité précédemment au chapitre 3, les émissions potentielles ne peuvent être estimées qu'avec des modélisations et des hypothèses de travail correspondantes. Les résultats ainsi obtenus sont donc entachés d'erreurs correspondantes. Il faut constater que les hypothèses retenues sont conservatrices et représentent donc plutôt un *worst case* ou scénario maximaliste en ce qui concerne les quantités de polluants émises en l'absence de conditions particulières (par exemple, présence de liquides en phase).

Pour cette raison et de par la complexité de la problématique, une installation de traitement de l'air robuste et modulable sera prévue dès la phase pilote de l'assainissement. Le choix définitif du type de traitement sera réalisé après la phase pilote. **Il est toutefois assuré que les valeurs limites légales selon l'OPair seront respectées aussi bien durant la phase pilote que durant l'exploitation normale.** Ceci signifie que les substances identifiées seront classées selon leur appartenance respective à une classe de l'OPair ou selon leur analogie par rapport à une substance dont la classe est définie par l'OPair et que leurs charges, resp. concentrations devront respecter les valeurs limites de l'OPair. Pour leur part, les

substances non identifiées seront soumises aux limites prévues par l'Opair pour les substances de classe K3 selon le principe de précaution¹.

Durant la phase pilote prévue, il sera possible de mesurer directement les émissions réelles, rendant ainsi accessibles les paramètres manquants actuellement pour la prise de décisions définitives. Afin de ne pas émettre de charges excessives dans l'environnement, il est prévu de traiter la totalité des effluents gazeux au moyen d'une installation d'adsorption sur charbon actif (CA) pendant la phase pilote.

Le choix d'une adsorption sur CA en tant que traitement possible durant cette phase se base sur les réflexions suivantes :

- L'adsorption sur CA présente en règle générale un bon taux d'épuration
- Ce procédé représente une solution robuste et simple, pouvant être exploitée sur place sans grande infrastructure (pas d'approvisionnement en combustible nécessaire, pas de besoins en eau)
- Sa construction modulaire permet une flexibilité maximale
- L'adsorption sur CA présente un bon écobilan à condition de régénérer le CA

Au cours de la phase pilote, les valeurs d'émissions effectives seront déterminées par un programme de surveillance des émissions adapté et densifié (cf. 4.4). Les observations et mesures effectuées durant la phase pilote seront documentées et compilées dans un document ad hoc. Suivant les résultats du programme de surveillance, une partie des effluents gazeux (selon leur provenance ou selon le mode d'exploitation – en activité ou à l'arrêt) pourra éventuellement être évacuée sans traitement s'ils s'inscrivent dans le cadre fixé par l'Opair. De même, la valeur limite d'émission pour les substances non identifiées pourra être affinée.

L'analyse approfondie des valeurs mesurées et l'expérience acquise avec l'installation existante durant la phase pilote permettront de déterminer la suite de la procédure.

¹ Le choix de la classe K3 s'explique comme suit : dans les mesures effectuées jusqu'à ce jour, aucune substance des classes K1 et K2 pour lesquelles les valeurs limites sont les plus sévères n'a été identifiée. Par ailleurs, les composés appartenant à ces classes étant peu volatils, ils ne peuvent être émis que sous forme de particules adsorbées à de la poussière et seraient ainsi retenus par le filtre à particules dont l'installation est prévue (cf. 2.7.2).

Du point de vue actuel, trois possibilités existeront :

- Les émissions primaires ne respectent pas les valeurs de l'Opair. Dans ce cas, un traitement des effluents gazeux est nécessaire. Deux cas de figure se présentent alors :
 - L'installation par adsorption sur CA fonctionne à satisfaction pendant la phase pilote et permet d'atteindre les objectifs. Cette installation de traitement sera alors conservée de façon permanente.
 - L'installation par adsorption sur CA ne donne pas satisfaction pendant la phase pilote (c'est-à-dire que la fréquence de renouvellement du CA est trop importante et/ou l'élimination des odeurs est insuffisante). Dans ce cas, un autre procédé de traitement plus adéquat doit être évalué et mis en œuvre pendant l'exploitation continue. L'installation d'adsorption sur CA utilisée durant la phase pilote reste à disposition pour des utilisations de courtes durées lors d'une panne ou d'un arrêt du procédé alternatif ou pour lisser les pics d'émissions potentiels.
- Les émissions respectent les valeurs Opair : sur la base d'éléments très bien documentés et d'observations sur une période représentative, la nécessité du traitement complet pourra être reconsidérée. L'installation d'adsorption sur charbon actif sera conservée pour être utilisée dans des cas exceptionnels.

Une telle procédure par étapes permet de définir la meilleure solution relative à la problématique des effluents gazeux en respectant les valeurs limites légales.

Système de gestion et de traitement des effluents gazeux détaillé

Le système de gestion et de traitement des effluents gazeux proposé sera détaillé dans le cadre de la demande de permis de construire.

4.4 Surveillance des émissions

Le concept de mesure des émissions décrit ci-dessous se base sur les articles 13 à 15 de l'Opair ainsi que sur les « Recommandations sur la mesure des émissions de polluants atmosphériques des installations fixes » de l'OFEV.

En raison du volume des effluents gazeux, de la diversité des substances qu'ils peuvent contenir ainsi que des fluctuations possibles (exploitation en activité, exploitation

à l'arrêt, inhomogénéité des déchets, etc.), un contrôle continu de paramètres sélectionnés est prévu.

Un point de mesure sera placé dans la cheminée d'évacuation afin d'évaluer les émissions effectives. A cet effet, une plate-forme de mesure sera installée sur l'extérieur de la cheminée afin de pouvoir exécuter les mesures nécessaires.

Outre les grandeurs physiques comme le volume des effluents gazeux, la température, la pression et l'humidité, la teneur en polluants organiques devra être mesurée. Pour ce faire, une méthode éprouvée telle que la détection par ionisation de flamme (FID) sera privilégiée. Elle permet en effet la mesure avec une grande fiabilité d'un signal continu corrélé à la concentration totale en carbone organique. La combinaison des mesures de débit et de teneur permettra le calcul de la charge totale en carbone organique émis. La mesure FID pourra être complétée par d'autres méthodes.

Étant donné qu'un nombre important de composés organiques sont potentiellement présents et que de surcroît la composition du mélange peut fluctuer, la mesure d'un paramètre total ne permettra pas de déduire les concentrations des polluants individuels avec une précision suffisante.

Il sera dès lors nécessaire d'utiliser d'autres méthodes pour la détermination des polluants individuels. Les substances individuelles sont généralement mesurées à l'aide de méthodes discontinues. Différents procédés d'enrichissement (p. ex. enrichissement sur tubes à charbon actif) sont connus et établis, par lesquels les polluants organiques sont dans un premier temps isolés à partir d'un échantillon de flux gazeux défini, afin de les analyser et de les quantifier dans une étape ultérieure.

Pour ces raisons, la procédure suivante est prévue:

- Dès la phase pilote : détermination en continu des grandeurs caractéristiques physiques (température, débit, etc.) et des émissions globales.
- Au cours de la phase pilote : campagnes de mesures rapprochées au cours desquelles l'ensemble des substances trouvées dans les campagnes de mesures effectuées jusqu'à ce jour pourront être recherchées
- Durant la phase d'exploitation normale : campagnes de mesures associées pour déterminer les substances individuelles (principalement benzène, dichlorométhane, chloroforme ou autres substances identifiées lors de la phase pilote).

Les campagnes de mesures des substances individuelles devront être fixées de manière à prendre en compte, à la fois, les différents modes d'exploitation (exploitation en activité ou à l'arrêt) ainsi que les fluctuations liées à l'excavation et à l'inhomogénéité des déchets (surface des déchets à découvert, déchets secs, déchets humides). L'enregistrement continu du signal FID sera utilisé à ce titre comme base d'évaluation des émissions. La fréquence de ces campagnes pourra ensuite être adaptée, voire réduite au fur et à mesure de l'accumulation des connaissances.

Avec une bonne préparation, le prélèvement d'échantillons pour un enrichissement et une analyse ultérieure pourra être réalisé de manière relativement simple et avec une grande flexibilité, ce qui permettra de procéder rapidement à un prélèvement d'échantillons approprié en cas de comportement anormal du signal FID.

Sur la base des connaissances actuelles concernant la problématique des substances polluantes, une détermination des émissions de poussières et des polluants anorganiques gazeux dans un cadre identique à celui des substances organiques ne paraît pas nécessaire. Toutefois, ces paramètres pourront être déterminés durant la phase pilote. Le programme de monitoring pourra alors être adapté en conséquence.

Les exigences relatives à l'exploitation et à la sécurité de l'installation de traitement des effluents gazeux détermineront si des mesures complémentaires sont nécessaires à l'entrée de l'installation de traitement.

L'exploitation dans les règles de l'art et, par conséquent, la garantie de l'efficacité de l'installation de traitement de l'air peuvent être documentées à l'aide du suivi de paramètres d'exploitation choisis.

Concept de monitoring détaillé

Le système de monitoring des émissions proposé sera détaillé dans le cadre de la demande de permis de construire.

5 Impacts sur l'environnement

5.1 Calcul de dispersion

Sur la base du modèle d'émissions présenté dans ce rapport et des données météorologiques relevées sur le site de la décharge depuis le 9.11.2004, un calcul de dispersion a été effectué avec le programme de modélisation AERMOD. Les résultats et interprétations de ces calculs sont disponibles dans le rapport correspondant à l'annexe 4.

5.2 Etude complémentaire « Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise des odeurs et des effluents atmosphériques »

Dans le but de valider la hauteur de cheminée prévue dans le projet (cf. chap. 2.7.3) ainsi que les résultats des calculs d'immissions obtenus par le programme de modélisation, en particulier dans le domaine des odeurs, le bureau Hertig & Lador SA a été mandaté par les Autorités de la République et Canton du Jura pour une étude complémentaire.

Les principales conclusions de l'étude figurant à l'annexe 6 sont les suivantes :

- L'analyse du risque d'odeur pour les populations résidentes des villages de Bonfol, Pfetterhouse, Beurnevésin et Vendlincourt, situées dans le périmètre d'influence de la DIB montre que les dispositions prises sont efficaces.
- La dispersion des effluents sera, en règle générale, bonne et les concentrations au sol très faibles.
- Dans certaines situations critiques il est possible que des odeurs arrivent jusque dans les zones habitées. Si ces odeurs seront perceptibles, elles ne dureront pas et leur apparition en un point donné sera très rare. Il s'agit de quelques minutes par an.
- Toutefois, il convient de relever que si des dysfonctionnements se produisaient dans le dispositif de mise en dépression de la halle, il y aurait des risques d'odeurs ou d'apparition de concentrations plus élevées.

5.3 Programme de surveillance des immissions

L'impact des émissions des effluents gazeux dans le voisinage élargi de la décharge sera étudié à l'aide d'un programme de surveillance des immissions.

Le respect de l'OPair (valeurs-limites d'émissions) garantit déjà la protection de la population. L'OPair ne définit cependant pas de valeurs limites d'immissions pour les substances organiques. Malgré cela, les immissions effectives seront évaluées par des mesures représentatives et autant que possible également quantifiées.

Les objectifs de la surveillance des immissions de substances gazeuses, de poussières et d'odeur sont les suivants :

En fonctionnement normal de l'exploitation :

- Vérifier que la population n'est pas exposée à des immissions moyennes excessives ni à des pics d'immissions dus à des conditions météorologiques particulières, malgré des valeurs d'émissions respectueuses des valeurs limites de l'OPair.
- Vérifier que les poussières en suspension et les retombées de poussières ne causent pas d'impact à la santé de la population ou à la fertilité des sols.
- Etre utilisé comme dispositif d'alerte. Pour ce faire, une mesure en continu par FID sur le site à proximité des halles sera installée.
- Dans une situation d'accident : protection de la population (définition des mesures de protection à mettre en œuvre), constatation de la nature et de la quantité des retombées sur les sols (atteinte à la fertilité des sols).

5.3.1 Programme de surveillance durant l'assainissement

Le programme de mesures pour la surveillance des immissions prévu est présenté ci-dessous (Tableau 5.1).

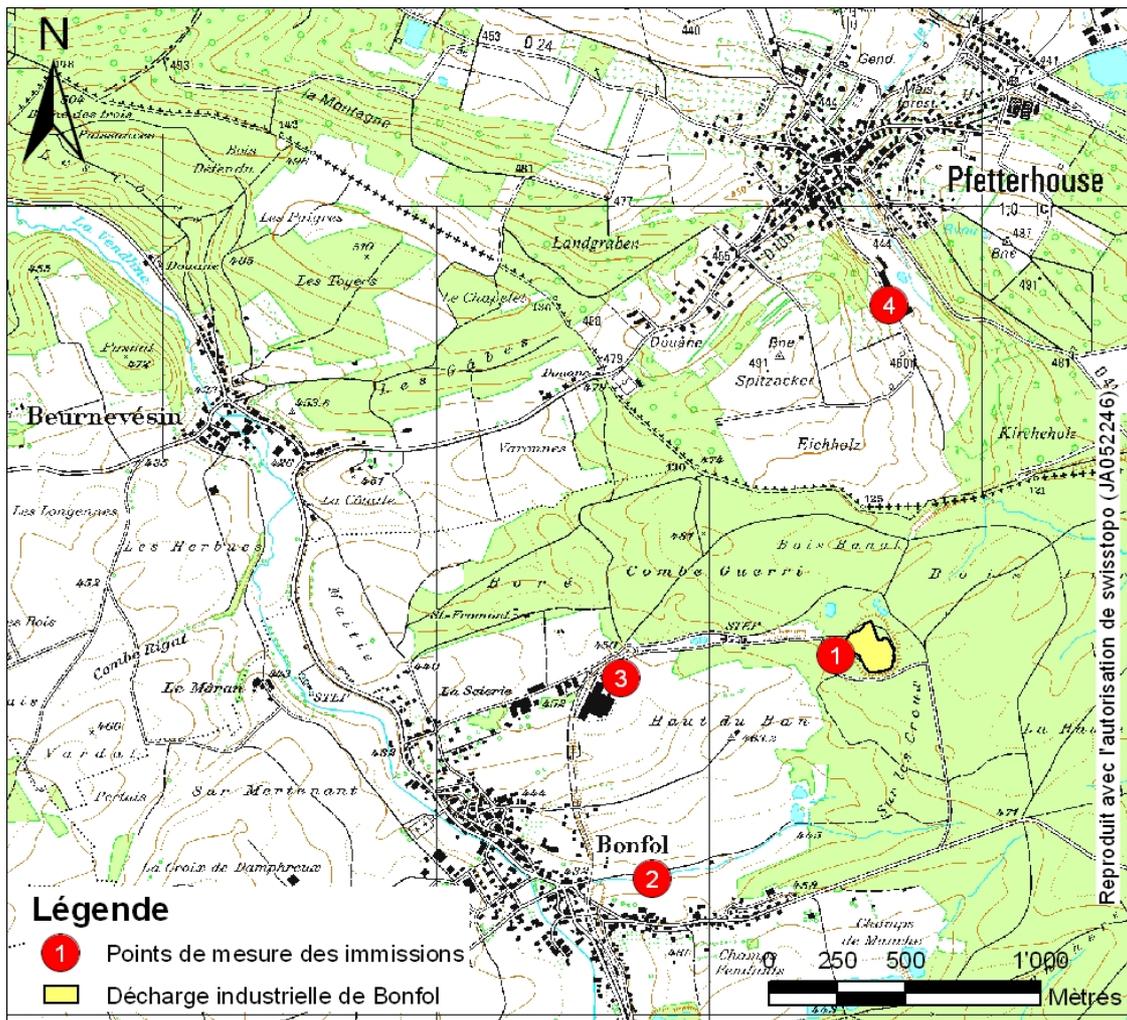


Fig. 5.1 Position approximative des points de mesure prévus pour la surveillance des immissions

La situation approximative des stations de mesures est présentée à la Figure 5.1. Afin de remplir au mieux l'objectif de protection de la population, les emplacements de mesures prévus 2 et 4 ont été rapprochés au plus près des zones d'habitation. La position exacte des emplacements de mesures sera spécifiée ultérieurement en fonction des conditions locales.

Tableau 5.1 Programme de surveillance des immissions

Paramètre mesuré / Méthodes d'analyse	Phase d'assainissement	Accident (incendie etc.)
<p>❶ COVs apolaires: e.a. benzène, chlorobenzène, chloroforme, trichloréthylène, etc. Capteur passifs/GC-MS: Seuil de détection de 0.2-0.3 µg/m³ (substance individuelle) après 14 jours d'exposition. La méthode est éprouvée.</p>	« En continu » (capteurs passifs) aux emplacements 1 à 4; si aucune immission significative n'est relevée durant la première année, le nombre des emplacements de mesures pourra être réduit.	Non prévu
<p>❷ Odeurs: Echantillonnage périodique de l'air avec des « sacs à odeurs ». Evaluation olfactive en laboratoire par des spécialistes.</p>	Durant la phase pilote un échantillon par semaine aux emplacements 2, 3, 4. En cas de réclamation de la part de la population : prise d'échantillon hors programme	Non prévu
<p>❸ Retombées de poussières selon Bergerhoff: Durée d'exposition : 30 jours Détermination gravimétrique des dépôts de poussières (éprouvée) ; détermination des métaux lourds (éprouvée) et composés organiques</p>	Durant la première année, mesures « en continu » aux emplacements 1 à 4. Durant les années suivantes: Conserver les échantillons. Faire les analyses par pointage et en cas d'événement particulier.	Prélèvements après accident sur les stations fixes existantes
<p>❹ Poussières en suspension (PM 10): Durées d'exposition: de quelques heures à un jour. Collecte de poussière active avec appareil Hi-Vol, collecte de poussière sur filtre en fibre de verre; détermination gravimétrique des poussières (éprouvée), détermination des métaux lourds (éprouvée) et composés organiques (partiellement éprouvée, élaboration de la méthodologie souvent nécessaire pouvant conduire à un seuil de détection élevé)</p>	Campagnes de mesures ponctuelles durant l'assainissement, renforcées durant la première année avec unité mobile	Mesures locales selon les besoins avec une unité mobile; Emplacements en fonction de la direction des vents lors de l'accident
<p>❺ Composés typiques (par ex. gaz de combustion inorganiques) : Le détail des composés analysés sera défini dans le cadre des plans d'intervention</p>	Non prévu	Mesures locales selon les besoins avec des unités mobiles. Emplacements en fonction de la direction des vents lors de l'accident
<p>❻ Concentration en carbone total Analyse on-line avec un détecteur FID</p>	« En continu » à l'emplacement de mesures 1	

5.3.2 Programme de surveillance avant l'assainissement

Afin d'obtenir un état initial de la qualité de l'air, les mesures débuteront une année avant le début des travaux d'assainissement.

Stations de mesure

Les stations de mesure prévues pour ce monitoring correspondent à celles utilisées pour le suivi de l'air durant la phase d'assainissement. Elles sont situées sur la Figure 5.1.

Paramètres du monitoring

L'objectif du monitoring avant l'assainissement étant d'établir un état initial pour les polluants chimiques éventuellement émis, les paramètres de ce monitoring durant cette phase seront les mêmes que durant l'assainissement, hormis les mesures d'odeurs et des composés typiques en cas d'accident (voir Tableau 5.1 et Tableau 5.2 ci-dessous).

Tableau 5.2 : Programme de surveillance des immissions : état initial avant l'assainissement

Paramètre mesuré / Méthodes d'analyse	Etat initial avant assainissement
<p>① COVs apolaires: e.a. benzène, chlorobenzène, chloroforme, trichloréthylène, etc. Capteur passifs/GC-MS: Seuil de détection de 0.2-0.3 µg/m³ (substance individuelle) après 14 jours d'exposition. La méthode est éprouvée.</p>	« En continu » (capteurs passifs) aux emplacements 1 à 4
<p>② Retombées de poussières selon Bergerhoff: Durée d'exposition : 30 jours Détermination gravimétrique des dépôts de poussières (éprouvée) ; détermination des métaux lourds (éprouvée) et composés organiques</p>	Mesures « en continu » aux emplacements 1 à 4
<p>④ Poussières en suspension (PM 10): Durées d'exposition: de quelques heures à un jour. Collecte de poussière active avec appareil Hi-Vol, collecte de poussière sur filtre en fibre de verre; détermination gravimétrique des poussières (éprouvée), détermination des métaux lourds (éprouvée) et composés organiques (partiellement éprouvée, élaboration de la méthodologie souvent nécessaire pouvant conduire à un seuil de détection élevé)</p>	Campagnes de mesures ponctuelles avec unité mobile
<p>⑥ Concentration en carbone total Analyse on-line avec un détecteur FID</p>	« En continu » à l'emplacement de mesures 1

Bâle, le 15 novembre 2006

Adrian Stucki

Hans-Ulrich Knehr

Annexe 1

Récapitulatif de tous les résultats des mesures

Substances mesurées

Nom	Formule chimique	N° CAS	Classe Opair	Limite [mg/m³]	VME [mg/m³]	LIE [%vol]	LIE [mg/m³]	(1)	(1)	(2)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	
								Concentrations calculées [mg/m³]	Concentrations max. mesurées [mg/m³]	OeT 07.01.1988 [mg/m3]	Solvias 22.09.2000 Echantillon 1 entrée SBA1 [mg/m3]	Solvias 22.09.2000 Echantillon 1 milieu SBA1 [mg/m3]	Solvias 22.09.2000 Echantillon 2 entrée SBA1 [mg/m3]	Solvias 22.09.2000 Echantillon 2 milieu SBA1 [mg/m3]	Solvias 22.09.2000 Atmosphère SBA1 STEP DIB [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP50 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP51 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP54 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP55 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP57 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP58 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP60 [mg/m3]	BMG 09.03.2001 Echantillon air interstitiel DP61 [mg/m3]
Benzène	C ₆ H ₆	71-43-2	K3	5	3.2	1.2	38'903	9557.1	1400.0	3.0	0.23	0.9	0.23	0.77	0.54	5.6	29.0	160.0	20.0	0.1	0.4	24.0	60.0
Chlorure de vinyle	C ₂ H ₃ Cl	75-01-4	K3	5	5.2			583.4															
1,1-Dichloréthène	CCl ₂ =CH ₂	75-35-4	1	20	8	6.5	262'053	2354.2							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chloroforme / Trichlorométhane	CHCl ₃	67-66-3	1	20	2.5	-	-	1233.9	130.0	60.0					0.5	0.5	57.0	130.0	0.5	0.5	64.0	2.7	
1,2-Dichloréthane	C ₂ H ₄ Cl ₂	107-06-2	K3	5	20	6.2	255'112	232.4		0.3					0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
o-Dichlorobenzène (1,2)	C ₆ H ₄ Cl ₂	95-50-1	1	20	61	2.2	134'414	194.8															
Toluène	C ₇ H ₈	108-88-3	2	100	190	1.2	45'885	4274.2	980.0	30.0	0.17	0.3	0.16	0.30	0.23	3.5	17.0	980.0	380.0	6.5	2.7	12.0	280.0
Chlorobenzène	C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	2	100	46	1.3	61'056	2412.0	1000.0	125.0	< 0.10	0.3	0.10	0.30	0.20	8.3	23.0	200.0	91.0	12.0	7.2	83.0	200.0
Trichloréthylène (TCE) / Trichloréthène	C ₂ HCl ₃	79-01-6	1	20	260	7.9	430'133	2364.9	580.0	9.5						43.0	11.0	580.0	180.0	0.7	0.5	24.0	6.3
Dichlorométhane	CH ₂ Cl ₂	75-09-2	1	20	360	12.8	452'203	2915.8		45.0	< 0.10	0.2	0.16	0.16	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tétrachlorométhane	CCl ₄	56-23-5	1	20	3.2	-	-		290.0	4.0					0.5	0.5	290.0	22.0	0.5	0.5	24.0	0.5	
Tétrachloréthylène (PER) / Tétrachloréthène	Cl ₂ C=CCl ₂	127-18-4	1	20	345	-	-	2112.3	630.0	5.0						30.0	3.4	630.0	110.0	4.8	0.5	19.0	34.0
1,1,2,2-Tétrachloréthane	C ₂ H ₂ Cl ₄	79-34-5	1	20	7	-	-	41.0	67.0						0.5	0.5	9.1	67.0	0.5	0.5	8.3	3.7	
Aniline	C ₆ H ₇ N	62-53-3	1	20	8	1.2	46'384	26.5															
Dioxyde (1,4)	C ₄ H ₆ O ₂	123-91-1	1	20	72	1.9	69'493	14.4															
Xylènes (Diméthylbenzènes)	C ₈ H ₁₀	106-42-3	2	100	435	1.1	48'462	902.8	74.0	12.0					0.2	5.8	19.0	74.0	0.5	0.5	3.5	2.3	
Tétrahydrofurane	C ₄ H ₈ O	109-99-9	1	20	150	1.5	44'888	376.4		13.0													
Ethylbenzène	C ₈ H ₁₀	100-41-4	1	20	435	1	44'057	155.1	720.0	2.0					4.9	12.0	720.0	93.0	8.1	3.4	66.0	190.0	
1,1,1-Trichloréthane	C ₂ H ₃ Cl ₃	71-55-6	1	20	1080	7	386'949	38.8	700.0						9.9	29.0	460.0	130.0	0.5	0.5	68.0	700.0	
1,2-Dichloréthène (cis)	C ₂ H ₂ Cl ₂	156-59-2	3	150	790	6.2	249'958	1756.4							7.9	1.5	290.0	35.0	0.5	0.5	53.0	8.6	
Méthanol	CH ₃ O	67-56-1	3	150	260	6	79'905	1315.6		2.0													
Isopropanol / 2-Propanol	C ₃ H ₈ O	67-63-0	3	150	500	2	49'955	638.4		1.0													
2-Ethoxyéthanol	C ₄ H ₁₀ O ₂	110-80-5	2	100	19			8.6															
n-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	71-36-3	3	150	150	1.5	46'211	49.7		2.0													
Ethanol	C ₂ H ₆ O	64-17-5	3	150	960	3.5	67'016	21.0		10.0													
Acide acétique	C ₂ H ₄ O ₂	64-19-7	2	100	25			14.1															
Acide formique	CH ₂ O ₂	64-18-6	1	20	9.5			5.3															
Acide butyrique	C ₄ H ₈ O ₂	107-92-6	-	-	-			11.9															
Acide propionique	C ₃ H ₆ O ₂	79-09-4	2	100	30			9.5															
Acétone	C ₃ H ₆ O	67-64-1	3	150	1200	2.6	62'763	369.8		20.0													
Picoline (Méthyropyridine)	C ₆ H ₇ N	1333-41-1	-	-	-			55.4															
o-Toluidine (2-Méthylaniline)	C ₇ H ₉ N	95-53-4	K3	5	0.5			7.8															
m-Nitrotoluène	C ₇ H ₇ NO ₂	99-08-1	1	20	11			48.0															
Naphtalène	C ₁₀ H ₈	91-20-3	1	20	50			24.2															
p-Nitrotoluène	C ₇ H ₇ NO ₂	99-99-0	1	20	11			18.0															
1,1,2-Trichloréthane	C ₂ H ₃ Cl ₃	79-00-5	1	20	55			11.2															
Nitrobenzène	C ₆ H ₅ NO ₂	98-95-3	1	20	5	1.8	92'020	6.7															
o-Crésol (2-Méthylphénol)	C ₇ H ₈ O	95-48-7	1	20	-			1.8															
Phénol	C ₆ H ₆ O	108-95-2	1	20	19			1.4															
Cumène (Isopropylbenzène)	C ₉ H ₁₂	98-82-8	2	100	245	0.8	39'967	861.0															
1,2,4-Triméthylbenzène	C ₉ H ₁₂	95-63-6	2	100	-	0.8	39'900	58.4		1.0													
1,1-Dichloréthane	C ₂ H ₄ Cl ₂	75-34-3	2	100	400	5.6	230'424	39.5							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
p-Dichlorobenzène (1,4)	C ₆ H ₄ Cl ₂	106-46-7	K3	5	20 ppm	18	1'099'751	8.0		13.0													
1,2-Dichloréthène (trans)	C ₂ H ₂ Cl ₂	156-60-5	3	150	790	9.7	391'064	1303.7	290.0														
n-Butylbenzène	C ₁₀ H ₁₄	104-51-8	2	100	-	0.8	44'555	6.3															
1,2,4,5-Tétrachlorobenzène	C ₆ H ₂ Cl ₄	95-94-3	-	-	-			6.0															
p-Toluidine (4-Méthylaniline)	C ₇ H ₉ N	106-49-0	-	-	0.2 ppm			3.4															
N,N-Diméthylaniline	C ₈ H ₁₁ N	121-69-7	-	-	25	1.2	60'349	3.1															
m-Dichlorobenzène (1,3)	C ₆ H ₄ Cl ₂	541-73-1	1	20	-			1.9															
Pentachlorobenzène	C ₆ HCl ₅	608-93-5	-	-	-			1.5															
1,2,4-Trichlorobenzène	C ₆ H ₃ Cl ₃	120-82-1	-	-	-	2.6	196'135	1.3		1.5													
n-Propylbenzène	C ₉ H ₁₂	103-65-1	3	150	-	0.8	39'900	12.9															
2-Méthylpyridine (2-Picoline)	C ₆ H ₇ N	109-06-8	-	-	-	1.4	54'190																
Hexane	C ₆ H ₁₄	110-54-3	3	150	180	1.2	42'983			1.5													
Heptane	C ₇ H ₁₆	142-82-5	3	150	1600	1.1	45'813			0.4													
Octane	C ₈ H ₁₈	111-65-9	3	150	1400	0.8	37'983			1.0													
Décane	C ₁₀ H ₂₂	124-18-5	3	150	-	0.7	41'397			1.0													
Méthyléthylcétone (MEC)	C ₄ H ₈ O	78-93-3	3	150	590	1.8	53'948			1.0													
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	110-82-7	-	-	700	1.2	41'975			1.0													
1,2-Dichloropropane	C ₃ H ₆ Cl ₂	78-8																					

(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)					
Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Solvias 26.11.2004	Chemia 4.-6.1.2005	Chemia 4.-6.1.2005	Chemia 4.-6.1.2005	Chemia 4.-6.1.2005	Nombre de val	quote-part pondérée	quote-part moyenne [%wt]	LIE calculée	
Point bas Début V2 arrêté [mg/m3]	Point bas V2 arrêté [mg/m3]	Point bas V2 marche [mg/m3]	Point bas V2 arrêté [mg/m3]	Point haut Début V2 arrêté [mg/m3]	Point haut V2 arrêté [mg/m3]	Point haut V2 marche [mg/m3]	Point haut V2 arrêté [mg/m3]	Point haut V2 arrêté [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point bas après 10 min [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point bas après 20 min [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point bas après 30 min [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point haut après 10 min [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point haut après 20 min [mg/m3]	Porte ouverte V1, V2 marchent Point haut après 30 min [mg/m3]	Moyenne atmosphère Chambre Principale DIB [mg/m3]	Essai CP 1/1 [mg/m3]	Essai CP 2/1 [mg/m3]	Essai CP 3/1 [mg/m3]	Essai CP 4/1 [mg/m3]					
0.77	0.62	0.93	1.20	0.36	0.44	0.65	0.72	0.85	0.16	< 0.10	0.29	< 0.10	< 0.10	0.52	875.0	505.0	169.0	69.0	44	4.00	26.64%	6.85E-06		
																				10	0.00	-%		
																				10	0.00	-%		
0.19	0.16	0.21	0.25	0.09	0.15	0.17	0.18	0.24	< 0.10	< 0.10	0.10	< 0.10	< 0.10	0.15	160.0	115.0	34.0	12.0	40	1.47	9.81%			
																				15	0.04	0.23%	9.20E-09	
																				15	0.00	-%		
0.59	0.46	0.69	0.80	0.23	0.29	0.35	0.36	0.47	< 0.02	< 0.02	0.20	< 0.02	< 0.02	0.32	130.0	192.0	78.0	26.0	44	1.64	10.95%	2.39E-06		
0.37	0.34	0.45	1.10	< 0.10	0.29	0.26	0.23	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	0.44	35.0	112.0	74.0	28.0	30	1.35	9.01%	1.48E-06		
0.59	0.46	0.66	0.87	0.14	0.20	0.26	0.27	0.54	< 0.10	< 0.10	0.10	< 0.10	< 0.10	0.32	135.0	125.0	44.0	16.0	38	0.90	5.99%	1.39E-07		
0.34	0.28	0.36	0.46	0.36	0.29	0.48	0.54	0.47	< 0.10	< 0.10	0.20	< 0.10	< 0.10	0.30	530.0	373.0	121.0	36.0	33	2.23	14.87%	3.29E-07		
																				13	0.05	0.31%		
																				13	0.14	0.94%		
																				12	0.01	0.06%		
																				5	0.00	0.01%	1.56E-09	
																				2	0.03	0.20%	2.91E-08	
																				11	0.04	0.29%	6.03E-08	
0.19	0.19	0.21	0.34	0.41	0.54	0.74	0.86	0.39	0.16	< 0.10	0.29	< 0.10	< 0.10	0.33	32.0	40.0	26.0	16.0	23	0.70	4.70%	1.05E-06		
																				13	0.25	1.67%	3.80E-07	
																				12	0.17	1.14%	2.95E-08	
																				12	0.15	1.00%	4.00E-08	
																				5	0.82	5.49%	6.87E-07	
																				7	0.28	1.90%	3.80E-07	
																				1	0.01	0.04%	7.90E-09	
																				3	0.03	0.18%	2.72E-08	
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				5	0.30	2.00%	3.18E-07	
																				0.00	0.00	-%		
																				4	0.00	0.00%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				1	0.00	0.02%	4.58E-09	
																				16	0.02	0.12%	5.26E-09	
																				1	0.04	0.24%	2.16E-09	
																				2	0.00	0.03%	8.03E-10	
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				0.00	0.00	-%		
																				1	0.00	0.03%	1.40E-09	
																				0.00	0.00	-%		
																				4	0.02	0.14%	2.62E-08	
																				1	0.00	0.03%	6.37E-09	
																				1	0.00	0.01%	1.59E-09	
																				1	0.00	0.02%	4.81E-09	
																				1	0.00	0.02%	4.41E-09	
																				1	0.00	0.02%	3.38E-09	
																				1	0.00	0.02%	4.35E-09	
																				10	0.00	-%		
																				4	0.28	1.89%	3.33E-07	
																				22	3400.0	2000.0	700.0	1800.0
																				14	20100.0	9200.0	5500.0	1800.0
																				3	30.2	16.2	17.4	1.4
																				4	54.0	21.3	8.5	1.4
																				14				
3.04	2.51	3.51	5.02	1.69	2.20	2.91	3.16	3.46	1.14	1.02	1.68	1.02	1.02	2.38	1'897	1'462	546	203	15.0	100.00%	1.46E-05			
1.79	1.48	2.11	3.02	0.97	1.31	1.71	1.86	1.98	0.63	0.54	1.02	0.54	0.54	1.39	1'087	827	321	125						

Annexe 2

Modèle d'émission

Exploitation en activité

B0.1) Halle d'excavation	B0.3) Aspiration à la source point haut et bas	B0.2) Aspiration à la source wagonnet	B1) Stockage intermédiaire	B2) Zone de jonction	B3) Zone de préparation	B4) Bunker de réception	Effluent gazeux totaux
Débit d'air largeur 150 m longueur 92 m hauteur 12 m section balayée 1'800 m ² surface de base 13'800 m ² volume de la halle 165'600 m ³ air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{air} 29'000 m ³ /h Débit total de la halle 40'000 m ³ /h taux renouv. d'air (TAR) 0.24 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.006 m/s	Débit d'air air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{H,T} 6'000 m ³ /h	Débit d'air air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{carre} 5'000 m ³ /h	Débit d'air largeur 43 m longueur 38 m hauteur 6 m section balayée 258 m ² surface de base 1'634 m ² volume 9'804 m ³ air aspiré par zone B0.1 et B0.3 Étanchéité 2'000 m ³ /h TAR 3.67 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.039 m/s	Débit d'air largeur 38 m longueur 20 m hauteur 6 m section balayée 228 m ² surface de base 760 m ² volume 4'560 m ³ air aspiré par zone B1 Étanchéité 1'000 m ³ /h TAR 8.11 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.045 m/s	Débit d'air largeur 34 m longueur 30 m hauteur 6 m section balayée 204 m ² surface de base 1'020 m ² volume 6'120 m ³ air aspiré par zone B2 Étanchéité 3'000 m ³ /h TAR 6.54 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.054 m/s	Débit d'air largeur 29 m longueur 11 m hauteur 6 m section balayée 174 m ² surface de base 319 m ² volume 1'914 m ³ air aspiré par zone B3 Étanchéité 1'000 m ³ /h TAR 6.79 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.016 m/s	Débit d'air I) Zone 0 halle d'excavation 6'000 m ³ /h II) Zone 3 préparation 28'000 m ³ /h III) Zone 4 bunker 13'000 m ³ /h IV) Réserve 4'000 m ³ /h air aspiré par zone B0.2+B3+B4 Débit d'air total 51'000 m ³ /h
Calcul des émissions surface de la décharge ouverte, travaillée surface 250 m ² longueur 15.8 m largeur 15.8 m surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 500 m ² taux d'émission 190 mg/m ² /h débit des émissions 0.095 kg/h (valeur selon taux d'émissions Phase 3) surface de la décharge ouverte, non travaillée surface 4'350 m ² surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 8'700 m ² taux d'émission 20 mg/m ² /h débit des émissions 0.174 kg/h handling des déchets volume zone de handling 75 m ³ TAR 0.5 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 0.007 kg/h émission totale 0.276 kg/h émission air de la halle 0.094 kg/h 3.2 mg/m ³	Calcul des émissions part des émissions captée par aspiration à la source 66% débit des émissions 0.182 kg/h émission totale 0.182 kg/h 30.3 mg/m ³	Calcul des émissions volume zone de handling 54 m ³ largeur 6 m longueur 3 m hauteur 3 m TAR 6 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 0.058 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions longueur compartiment 27 m largeur 6 m nombre compartiments 7 Stk surface de stockage totale 1'134 m ² utilisation 33% surf. spec. 7 m ² /m ² surface effective 2'620 m ² taux d'émission 50 mg/m ³ /h débit des émissions 0.131 kg/h (taux d'émission réduit selon calcul BMG déchets 30jour)	Calcul des émissions volume 4'560 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 2.444 kg/h (valeur réduite selon HIM)	Calcul des émissions zone de criblage surface de base 410 m ³ volume des tamis 2'460 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 200 mgC/m ³ débit des émissions 5.273 kg/h (valeur selon HIM) zone de circulation surface de base 610 m ² volume 3'660 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 1.961 kg/h (valeur réduite selon HIM)	Calcul des émissions volume 1'914 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 200 mgC/m ³ débit des émissions 4.103 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions Halle d'excavation général 0.094 kg/h Asp. source haut+bas 0.182 kg/h Asp. source wagonnet 0.058 kg/h Stockage intermed. 0.131 kg/h Jonction 2.444 kg/h Préparation 9.961 kg/h Bunker de réception 7.340 kg/h Débit massique total 14.245 kg/h (valeur selon HIM)
émission C org 0.052 kg C/h 1.8 mg C/m ³	émission C org 0.102 kg C/h 17.0 mg C/m ³	émission C org 0.032 kg C/h 6.5 mg C/m ³	émission C org 0.073 kg C/h 2.0 mg C/m ³	émission C org 1.368 kg C/h 37.0 mg C/m ³	émission C org 4.050 kg C/h 101.3 mg C/m ³	émission C org 2.297 kg C/h 176.7 mg C/m ³	émission C org 7.975 kg C/h 156.4 mg C/m ³

Aperçu

zone	Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
débit d'air [m ³ /h]	29'000	6'000	5'000	36'000	37'000	40'000	13'000	51'000
émission [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.131	2.444	7.234	4.103	
débit massique total [kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.283	2.726	9.961	7.340	14.245
concentration [mg/m ³]	3	30	12	8	74	249	565	279
conc. C org [mg C/m ³]	2	17	6	4	41	139	316	156
Débit massique OPAIR limite								
Classe 1 < 0.1 kg/h [kg/h]	0.037	0.072	0.023	0.112	1.077	3.934	2.899	5.627
Classe 2 < 2.0 kg/h [kg/h]	0.019	0.038	0.012	0.059	0.565	2.066	1.522	2.954
Classe 3 < 3.0 kg/h [kg/h]	0.012	0.023	0.007	0.036	0.349	1.275	0.939	1.823
Classe K3 < 0.025 kg/h [kg/h]	0.025	0.049	0.016	0.076	0.735	2.686	1.979	3.841
Concentration OPAIR limite								
Classe 1 < 20 mg/m ³ [mg/m ³]	1.3	12.0	4.6	3.1	29.1	98.4	223.0	110.3
Classe 2 < 100 mg/m ³ [mg/m ³]	0.7	6.3	2.4	1.6	15.3	51.6	117.1	57.9
Classe 3 < 150 mg/m ³ [mg/m ³]	0.4	3.9	1.5	1.0	9.4	31.9	72.3	35.8
Classe K3 < 5 mg/m ³ [mg/m ³]	0.9	8.2	3.1	2.1	19.9	67.1	152.2	75.3

Exploitation à l'arrêt (nuit et week-end)

B0.1) Halle d'excavation	B0.3) Aspiration à la source point haut et bas	B0.2) Aspiration à la source wagonnet	B1) Stockage intermédiaire	B2) Zone de jonction	B3) Zone de préparation	B4) Bunker de réception	Effluent gazeux totaux
Débit d'air largeur 150 m longueur 92 m hauteur 12 m section balayée 1'800 m ² surface de base 13'800 m ² volume de la halle 165'600 m ³ air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{Ab} 30'000 m ³ /h Débit total de la halle 36'000 m ³ /h taux renouv. d'air (TAR) 0.22 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.006 m/s	Débit d'air air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{H,T} 6'000 m ³ /h	Débit d'air air frais de l'extérieur Débit d'air Q_{L,org} 0 m ³ /h	Débit d'air largeur 43 m longueur 38 m hauteur 6 m section balayée 258 m ² surface de base 1'634 m ² volume 9'804 m ³ air aspiré par zone B0.1 et B0.3 Étanchéité 2'000 m ³ /h TAR 3.26 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.034 m/s	Débit d'air largeur 38 m longueur 20 m hauteur 6 m section balayée 228 m ² surface de base 760 m ² volume 4'560 m ³ air aspiré par zone B1 Étanchéité 1'000 m ³ /h TAR 7.24 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.040 m/s	Débit d'air largeur 34 m longueur 30 m hauteur 6 m section balayée 204 m ² surface de base 1'020 m ² volume 6'120 m ³ air aspiré par zone B2 Étanchéité 3'000 m ³ /h TAR 5.88 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.049 m/s	Débit d'air largeur 29 m longueur 11 m hauteur 6 m section balayée 174 m ² surface de base 319 m ² volume 1'914 m ³ air aspiré par zone B3 Étanchéité 1'000 m ³ /h TAR 6.79 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.016 m/s	Débit d'air I) Zone 0 halle d'excavation 6'000 m ³ /h II) Zone 3 préparation 24'000 m ³ /h III) Zone 4 bunker 13'000 m ³ /h IV) Réserve 4'000 m ³ /h air aspiré par zone B0.2+B3+B4 Débit d'air total 47'000 m ³ /h
Calcul des émissions surface de la décharge ouverte, travaillée surface 250 m ² longueur 15.8 m largeur 15.8 m surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 500 m ² taux d'émission 50 mg/m ² h débit des émissions 0.025 kg/h (valeur selon taux d'émissions Phase 3) surface de la décharge ouverte, non travaillée surface 4'350 m ² surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 8'700 m ² taux d'émission 20 mg/m ² h débit des émissions 0.174 kg/h handling des déchets volume zone de handling 75 m ³ TAR 0.5 h ⁻¹ conc. attendue 50 mgC/m ³ débit des émissions 0.003 kg/h émission totale 0.202 kg/h émission air de la halle 0.069 kg/h 2.3 mg/m ³ émission C org 0.039 kg C/h 1.3 mg C/m ³	Calcul des émissions part des émissions captée par aspiration à la source 66% débit des émissions 0.134 kg/h	Calcul des émissions volume zone de handling 54 m ³ largeur 6 m longueur 3 m hauteur 3 m TAR 6 h ⁻¹ conc. attendue 0 mgC/m ³ débit des émissions 0.000 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions longueur compartiment 27 m largeur 6 m nombre compartiments 7 Stk surface de stockage totale 1'134 m ² utilisation 33% surf. spec. 7 m ² /m ² surface effective 2'620 m ² taux d'émission 50 mg/m ² h débit des émissions 0.131 kg/h (taux d'émission réduit selon calcul BMG déchets 30jour)	Calcul des émissions volume 4'560 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 50 mgC/m ³ débit des émissions 1.231 kg/h (valeur réduite selon HIM)	Calcul des émissions zone de criblage surface de base 410 m ³ volume des tamis 2'460 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 50 mgC/m ³ débit des émissions 1.331 kg/h (valeur selon HIM) zone de circulation surface de base 610 m ² volume 3'660 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 50 mgC/m ³ débit des émissions 0.990 kg/h (valeur réduite selon HIM)	Calcul des émissions volume 1'914 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 50 mgC/m ³ débit des émissions 1.026 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions Halle d'excavation général 0.069 kg/h Asp. source haut+bas 0.134 kg/h Asp. source wagonnet 0.000 kg/h Stockage intermed. 0.131 kg/h Jonction 1.231 kg/h Préparation 2.322 kg/h Bunker de réception 1.026 kg/h Débit massique total 4.912 kg/h
émission totale 0.134 kg/h 22.3 mg/m ³	émission totale 0.134 kg/h 0.075 kg C/h 12.5 mg C/m ³	émission totale 0.000 kg/h 0.000 kg C/h 0.0 mg C/m ³	émission totale 0.131 kg/h 4.1 mg/m ³	émission totale 1.231 kg/h 37.3 mg/m ³	émission totale 2.322 kg/h 64.5 mg/m ³	émission totale 1.026 kg/h 78.9 mg/m ³	émission totale 4.912 kg/h 104.5 mg/m ³
émission C org 0.039 kg C/h 1.3 mg C/m ³	émission C org 0.075 kg C/h 12.5 mg C/m ³	émission C org 0.000 kg C/h 0.0 mg C/m ³	émission C org 0.073 kg C/h 2.3 mg C/m ³	émission C org 0.689 kg C/h 20.9 mg C/m ³	émission C org 1.300 kg C/h 36.1 mg C/m ³	émission C org 0.574 kg C/h 44.2 mg C/m ³	émission C org 2.750 kg C/h 58.5 mg C/m ³

Aperçu

zone	Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
débit d'air [m ³ /h]	30'000	6'000	0	32'000	33'000	36'000	13'000	47'000
émission [kg/h]	0.069	0.134	0.000	0.131	1.231	2.322	1.026	
débit massique total [kg/h]	0.069	0.134	0.000	0.200	1.431	3.753	2.381	4.912
concentration [mg/m ³]	2	22	0	6	43	104	183	105
conc. C org [mg C/m ³]	1	12	0	3	24	58	103	59
Débit massique OPAIR limite								
Classe 1 < 0.1 kg/h [kg/h]	0.027	0.053	0.000	0.079	0.565	1.482	0.940	1.940
Classe 2 < 2.0 kg/h [kg/h]	0.014	0.028	0.000	0.041	0.297	0.778	0.494	1.019
Classe 3 < 3.0 kg/h [kg/h]	0.009	0.017	0.000	0.026	0.183	0.480	0.305	0.629
Classe K3 < 0.025 kg/h [kg/h]	0.019	0.036	0.000	0.054	0.386	1.012	0.642	1.324
Concentration OPAIR limite								
Classe 1 < 20 mg/m ³ [mg/m ³]	0.9	8.8	0.0	2.5	17.1	41.2	23.3	41.3
Classe 2 < 100 mg/m ³ [mg/m ³]	0.5	4.6	0.0	1.3	9.0	21.6	13.0	21.7
Classe 3 < 150 mg/m ³ [mg/m ³]	0.3	2.8	0.0	0.8	5.5	13.3	8.1	13.4
Classe K3 < 5 mg/m ³ [mg/m ³]	0.6	6.0	0.0	1.7	11.7	28.1	17.4	28.2

Situation Ex préparation

B0.1) Halle d'excavation	B0.3) Aspiration à la source point haut et bas	B0.2) Aspiration à la source wagonnet	B1) Stockage intermédiaire	B2) Zone de jonction	B3) Zone de préparation	B4) Bunker de réception	Effluent gazeux totaux
Débit d'air largeur 150 m longueur 92 m hauteur 12 m section balayée 1'800 m ² surface de base 13'800 m ² volume de la halle 165'600 m ³ air frais de l'extérieur	Débit d'air air frais de l'extérieur	Débit d'air air frais de l'extérieur	Débit d'air largeur 43 m longueur 38 m hauteur 6 m section balayée 258 m ² surface de base 1'634 m ² volume 9'804 m ³ air aspiré par zone B0.1 et B0.3 Étanchéité 2'000 m ³ /h	Débit d'air largeur 38 m longueur 20 m hauteur 6 m section balayée 228 m ² surface de base 760 m ² volume 4'560 m ³ air aspiré par zone B1 Étanchéité 1'000 m ³ /h	Débit d'air largeur 34 m longueur 30 m hauteur 6 m section balayée 204 m ² surface de base 1'020 m ² volume 6'120 m ³ air aspiré par zone B2 Étanchéité 3'000 m ³ /h	Débit d'air largeur 29 m longueur 11 m hauteur 6 m section balayée 174 m ² surface de base 319 m ² volume 1'914 m ³ air aspiré par zone B3 Étanchéité 1'000 m ³ /h	Débit d'air I) Zone 0 halle d'excavation 6'000 m ³ /h II) Zone 3 préparation 41'000 m ³ /h III) Zone 4 bunker 13'000 m ³ /h IV) Réserve 5'000 m ³ /h air aspiré par zone B0.2+B3+B4
Débit d'air Q_{Ab} 42'000 m ³ /h Débit total de la halle 53'000 m ³ /h taux renouv. d'air (TAR) 0.32 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.008 m/s	Débit d'air Q_{H,T} 6'000 m ³ /h	Débit d'air Q_{Car} 5'000 m ³ /h	Débit d'air Q_{ZL} 49'000 m ³ /h TAR 5.00 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.053 m/s	Débit d'air Q_{V8 = Q_{ZL}} 50'000 m ³ /h TAR 10.96 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.061 m/s	Débit d'air Q_{V = Q_{V8}} 53'000 m ³ /h TAR 8.66 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.072 m/s	Débit d'air Q_{P8} 13'000 m ³ /h TAR 6.79 h ⁻¹ vitesse d'écoulement 0.016 m/s	Débit d'air total 65'000 m ³ /h
Calcul des émissions surface de la décharge ouverte, travaillée surface 250 m ² longueur 15.8 m largeur 15.8 m surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 500 m ² taux d'émission 190 mg/m ² h débit des émissions 0.095 kg/h (valeur selon taux d'émissions Phase 3) surface de la décharge ouverte, non travaillée surface 4'350 m ² surface spec. 2 m ² /m ² surface effective 8'700 m ² taux d'émission 20 mg/m ² h débit des émissions 0.174 kg/h handling des déchets volume zone de handling 75 m ³ TAR 0.5 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 0.007 kg/h émission totale 0.276 kg/h émission air de la halle 0.094 kg/h 2.2 mg/m ³	Calcul des émissions part des émissions captée par aspiration à la source 66% débit des émissions 0.182 kg/h	Calcul des émissions volume zone de handling 54 m ³ largeur 6 m longueur 3 m hauteur 3 m TAR 6 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 0.058 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions longueur compartiment 27 m largeur compartiment 6 m nombre compartiments 7 Stk surface de stockage totale 1'134 m ² utilisation 33% surface spec. 7 m ² /m ² surface effective 2'620 m ² taux d'émission 50 mg/m ² h débit des émissions 0.131 kg/h (taux d'émission réduit selon calcul BM3 déchets 30jour)	Calcul des émissions volume 4'560 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 100 mgC/m ³ débit des émissions 2.444 kg/h (valeur réduite selon HIM)	Calcul des émissions Ex zone de criblage surface de base 410 m ² volume des tamis 2'460 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 200 mgC/m ³ débit des émissions 9600 mgC/m ³ 253.106 kg/h (concentration 25% LIE = 9.6 gC/m ³) zone de circulation surface de base 610 m ² volume 3'660 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 3.00 h ⁻¹ conc. attendue 9600 mgC/m ³ débit des émissions 188.286 kg/h (concentration 25% LIE = 9.6 gC/m ³)	Calcul des émissions volume 1'914 m ³ TAR (pour calcul d'émiss) 6.00 h ⁻¹ conc. attendue 200 mgC/m ³ débit des émissions 4.103 kg/h (valeur selon HIM)	Calcul des émissions Halle d'excavation général 0.094 kg/h Asp. source haut+bas 0.182 kg/h Asp. source wagonnet 0.058 kg/h Stockage intermed. 0.131 kg/h Jonction 2.726 kg/h Préparation 444.119 kg/h Bunker de réception 113.038 kg/h Débit massique total 448.404 kg/h
émission totale 0.094 kg/h 2.2 mg/m ³	émission totale 0.182 kg/h 30.3 mg/m ³	émission totale 0.058 kg/h 11.6 mg/m ³	émission totale 0.131 kg/h 2.7 mg/m ³	émission totale 2.444 kg/h 48.9 mg/m ³	émission totale 441.393 kg/h 8328.2 mg/m ³	émission totale 4.103 kg/h 315.6 mg/m ³	émission totale 448.404 kg/h 6898.5 mg/m ³
émission C org 0.052 kg C/h 1.2 mg C/m ³	émission C org 0.102 kg C/h 17.0 mg C/m ³	émission C org 0.032 kg C/h 6.5 mg C/m ³	émission C org 0.073 kg C/h 1.5 mg C/m ³	émission C org 1.368 kg C/h 27.4 mg C/m ³	émission C org 247.104 kg C/h 4662.3 mg C/m ³	émission C org 2.297 kg C/h 176.7 mg C/m ³	émission C org 251.029 kg C/h 3862.0 mg C/m ³

Aperçu		Halle d'excavation	Asp. source haut + bas	Asp. source wagonnet	Stockage intermed.	Jonction	Préparation	Bunker de réception	Effluents gazeux totaux
zone									
débit d'air	[m ³ /h]	42'000	6'000	5'000	49'000	50'000	53'000	13'000	65'000
émission	[kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.131	2.444	441.393	4.103	
débit massique total	[kg/h]	0.094	0.182	0.058	0.283	2.726	444.119	113.038	448.404
concentration	[mg/m ³]	2	30	12	6	55	8380	8695	6899
conc. C org	[mg C/m ³]	1	17	6	3	31	4691	4868	3862
Débit massique OPAIR	limite								
Classe 1	< 0.1 kg/h [kg/h]	0.037	0.072	0.023	0.112	1.077	175.418	44.648	177.110
Classe 2	< 2.0 kg/h [kg/h]	0.019	0.038	0.012	0.059	0.565	92.105	23.443	92.993
Classe 3	< 3.0 kg/h [kg/h]	0.012	0.023	0.007	0.036	0.349	56.845	14.468	57.393
Classe K3	< 0.025 kg/h [kg/h]	0.025	0.049	0.016	0.076	0.735	119.751	30.479	120.906
Concentration OPAIR	limite								
Classe 1	< 20 mg/m ³ [mg/m ³]	0.9	12.0	4.6	2.3	21.5	3309.8	3434.4	2724.8
Classe 2	< 100 mg/m ³ [mg/m ³]	0.5	6.3	2.4	1.2	11.3	1737.8	1803.3	1430.7
Classe 3	< 150 mg/m ³ [mg/m ³]	0.3	3.9	1.5	0.7	7.0	1072.5	1112.9	883.0
Classe K3	< 5 mg/m ³ [mg/m ³]	0.6	8.2	3.1	1.6	14.7	2259.5	2344.6	1860.1

Annexe 3

Écobilan



Anhang zur Ökobilanzierung Behandlung Abluftemissionen DIB



Daten zu Betrieb Anlagen und Emissionen

Anlagebetrieb: Annahmen und Kennzahlen

Anlagenbetrieb

Kennzahlen Sanierung

Sanierungsdauer	4 a	a Jahr
Wochen pro Jahr	52 w	w Woche
Arbeitstage	5 d/w	h Stunde
Wochenende	2 d/w	d Tag
Tagesbetrieb	16 h/d	
Ruhebetrieb	8 h/d	

Wochenstunden

Tagesbetrieb	80 h/w	
Ruhebetrieb	88 h/w	inkl. Wochendende

Luftvolumen

Tagesbetrieb	41'500 m3/h	3'320'000 m3/w
Ruhebetrieb	30'000 m3/h	2'640'000 m3/w

Anlagen: Berechnete Verbräuche

Verbrauch Elektrizität pro Betriebswoche

Anlage	Tagesbetrieb	Ruhebetrieb	Summe	Summe
	[kWh _{el.}]/w	[kWh _{el.}]/w	[kWh _{el.}]/w	[kWh _{el.}]/d
RNV 1	7'719	3'432	11'151	1'593
RNV 2	16'600	11'264	27'864	3'981
TNV-adr	5'644	3'344	8'988	1'284
TNV-elo	8'549	5'544	14'093	2'013
AK	3'320	2'640	5'960	851
0-Variante	2'324	1'056	3'380	483

Verbrauch Heizöl pro Betriebswoche

Anlage	Tagesbetrieb	Ruhebetrieb	Summe	Summe	Summe
	[kWh _{th.}]/w	[kWh _{th.}]/w	[kWh _{th.}]/w	[kg]/w	[kWh _{th.}]/d
RNV 1	44'986	39'600	84'586	7'286	12'084
RNV 2	47'725	46'640	94'365	8'128	13'481
TNV-adr	90'719	72'160	162'879	14'029	23'268
TNV-elo	45'235	35'992	81'227	6'996	11'604
AK	0	0	0	0	0

Bemerkung: es wird angenommen, dass die thermische Energie mit Heizöl bereit gestellt wird (kein Erdgasanschluss verfügbar). Die Tageswerte werden als Vergleich mit den Berechnungen der Züblin AG angegeben.

Verbrauch Aktivkohle

2.5 t/d

Zusammensetzung der Abluft: Ohne Behandlung

		LRV	Tages-	Ruhe-	Ausnahme-	Jahres-	Anteil am
			betriebs-	betriebs-	betriebs-	mittel	
			Abluft tot	Abluft tot	Abluft tot	Abluft tot	Jahresmittel
Luftmenge	[m ³ /h]		41'500	30'000	55'000	35'770	
Totale Fracht	[kg/h]		14.220	4.108	506.697	13.988	
Konzentration	[mg/m ³]		343	137	9213	326	
Konz. C org	[mg C/m ³]		192	77	5158	183	
Zeitlicher Anteil			48%	51%	1%	100%	
Zusammensetzung			Menge	Menge	Menge	Menge	
			[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	
Benzol	C6H6	K3	3.767	1.088	134.233	3.706	26%
Toluol	C7H8	2	1.577	0.455	56.184	1.551	11%
Methanol	CH4O	3	0.781	0.225	27.812	0.768	5%
Tetrahydrofuran	C4H8O	1	0.666	0.192	23.733	0.655	5%
Aceton	C3H6O	3	0.284	0.082	10.112	0.279	2%
Isopropanol	C3H8O	3	0.270	0.078	9.612	0.265	2%
Dimethylsulfid	C2H6S	-	0.269	0.078	9.580	0.264	2%
Ethylbenzol	C8H10	1	0.238	0.069	8.479	0.234	2%
Xylol	C8H10	2	0.042	0.012	1.480	0.041	0%
Dioxan-1,4	C4H8O2	1	0.029	0.008	1.026	0.028	0%
Ethanol	C2H6O	3	0.026	0.007	0.925	0.026	0%
2-Methylpyridin	C6H7N	-	0.020	0.006	0.719	0.020	0%
Butanol n-	C4H10O	3	0.005	0.001	0.185	0.005	0%
Hexan	C6H14	3	0.004	0.001	0.139	0.004	0%
Cyclohexan	C6H12	-	0.003	0.001	0.092	0.003	0%
Dekan	C10H22	3	0.003	0.001	0.092	0.003	0%
MEK	C4H8O	3	0.003	0.001	0.092	0.003	0%
Oktan	C8H18	3	0.003	0.001	0.092	0.003	0%
Trimethylbenzol-1,2,4	C9H12	2	0.003	0.001	0.092	0.003	0%
Heptan	C7H16	3	0.001	0.000	0.037	0.001	0%
Anilin	C6H7N	1	0.001	0.000	0.037	0.001	0%
Dichlormethan	CH2Cl2	1	2.109	0.609	75.158	2.075	15%
Chloroform	CHCl3	1	1.377	0.398	49.069	1.355	10%
Chlorbenzol	C6H5Cl	2	1.311	0.379	46.713	1.290	9%
Trichlorethylen	C2HCl3	1	0.850	0.245	30.271	0.836	6%
1,1,1-Trichlorethan	C2H3Cl3	1	0.162	0.047	5.777	0.159	1%
Dichlorethen-1,2 cis	C2H2Cl2	3	0.142	0.041	5.065	0.140	1%
Tetrachlorethylen	C2Cl4	1	0.133	0.039	4.752	0.131	1%
Tetrachlormethan	CCl4	1	0.043	0.013	1.549	0.043	0%
Dichlorbenzol-1,4	C6H4Cl2	K3	0.034	0.010	1.202	0.033	0%
Dichlorethen 1,2	C2H4Cl2	K3	0.033	0.010	1.189	0.033	0%
Dichlorethen-1,1	C2H4Cl2	2	0.017	0.005	0.614	0.017	0%
Tetrachlorethen-1,1,2,2	C2H2Cl4	1	0.008	0.002	0.284	0.008	0%
Dichlorethen-1,2 trans	C2H2Cl2	3	0.004	0.001	0.159	0.004	0%
1,2,4-Trichlorbenzol	C6H3Cl3	-	0.004	0.001	0.139	0.004	0%

Quelle: A. Stucki, Balewa AG

Abluft: Berechnete Schadstoffemissionen pro Betriebswoche

Emissionen pro Betriebswoche												
Anlage	kg/w Dichlor- methan	kg/w Chlorform	kg/w Tetrahydro- furan	kg/w Benzol	kg/w Trichlor- ethylen	kg/w Toluol	kg/w Chlor-benzol	kg/w Dimethyl- sulfid	kg/w Cyclohexan	kg/w Methanol	kg/w Aceton	kg/w Isopropanol
Rohluft (Tagesbetrieb)	168.75	110.17	53.29	301.38	67.97	126.14	104.88	21.51	0.21	62.44	22.70	21.58
Rohluft (Ruhebetrieb)	53.62	35.00	16.93	95.76	21.59	40.08	33.32	6.83	0.07	19.84	7.21	6.86
Summe	222.36	145.17	70.22	397.14	89.56	166.22	138.20	28.34	0.27	82.28	29.92	28.44
Abreinigungsgrad RNV **	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%
Abreinigungsgrad TNV **	96.0%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%
Abreinigungsgrad AK **	96.0%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	98.5%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%
Anlage	kg/w Dichlor- methan	kg/w Chlorform	kg/w Tetrahydro- furan	kg/w Benzol	kg/w Trichlor- ethylen	kg/w Toluol	kg/w Chlor-benzol	kg/w Dimethyl- sulfid	kg/w Cyclohexan	kg/w Methanol	kg/w Aceton	kg/w Isopropanol
RNV 1 (Tagesbetrieb)	0.844	0.551	0.266	1.507	0.340	0.631	0.524	0.108	0.001	0.312	0.114	0.108
RNV 1 (Ruhebetrieb)	0.268	0.175	0.085	0.479	0.108	0.200	0.167	0.034	0.000	0.099	0.036	0.034
Summe	1.11	0.73	0.35	1.99	0.45	0.83	0.69	0.14	0.00	0.41	0.15	0.14
RNV 2 (Tagesbetrieb)	0.844	0.551	0.266	1.507	0.340	0.631	0.524	0.108	0.001	0.312	0.114	0.108
RNV 2 (Ruhebetrieb)	0.268	0.175	0.085	0.479	0.108	0.200	0.167	0.034	0.000	0.099	0.036	0.034
Summe	1.11	0.73	0.35	1.99	0.45	0.83	0.69	0.14	0.00	0.41	0.15	0.14
TNV-adr (Tagesbetrieb)	6.750	1.653	0.799	4.521	1.019	1.892	1.573	1.075	0.010	3.122	1.135	1.079
TNV-adr (Ruhebetrieb)	2.145	0.525	0.254	1.436	0.324	0.601	0.500	0.342	0.003	0.992	0.361	0.343
Summe	8.89	2.18	1.05	5.96	1.34	2.49	2.07	1.42	0.01	4.11	1.50	1.42
TNV-elo (Tagesbetrieb)	6.750	1.653	0.799	4.521	1.019	1.892	1.573	1.075	0.010	3.122	1.135	1.079
TNV-elo (Ruhebetrieb)	2.145	0.525	0.254	1.436	0.324	0.601	0.500	0.342	0.003	0.992	0.361	0.343
Summe	8.89	2.18	1.05	5.96	1.34	2.49	2.07	1.42	0.01	4.11	1.50	1.42
AK (Tagesbetrieb)	6.750	1.653	0.799	4.521	1.019	1.892	1.573	1.075	0.010	3.122	1.135	1.079
AK (Ruhebetrieb)	2.145	0.525	0.254	1.436	0.324	0.601	0.500	0.342	0.003	0.992	0.361	0.343
Summe	8.89	2.18	1.05	5.96	1.34	2.49	2.07	1.42	0.01	4.11	1.50	1.42

** gem. Angaben Züblin AG

Herstellung der Aktivkohle: Datenquellen, Annahmen und Berechnungen

Kennzahlen	
Hu Heizöl M	
Hu Erdgas	
1 kg HEL = 11 kg steam; calorific value HEL = 41.8 MJ/kg, calorific value natural gas = 46.8; => 1 kg natural gas = 12.3 kg steam	
Herstellung Aktivkohle aus Kokosnuss-Schalen	
Quelle: www.tifac.org.in/offer/tsw/apctt3.htm	
Menge Rohmaterial	absolut
Kokosnuss-Schalen	5'750.0 t
Heizöl	4'603'200.0 kWh
Strom	1'143'000.0 kWh
Aktivkohle	500.0
Menge Rohmaterial	spezifisch
	11.5 t/t Aktivkohle
	9'206.4 kWh/t Aktivkohle
	2'286.0 kWh/t Aktivkohle
	1.0 t/t Aktivkohle
Herstellung Aktivkohle aus Kokosnuss und Baumnuss-Schalen und anderen landw. Abfällen	
Quelle: www.tifac.org.in/offer/tsw/apctt27.htm	
Menge Rohmaterial	absolut
Rohware	2'000.0 t/a
Erdgas	2'781'000.0 kWh/a
Strom	396'000.0 kWh/a
Aktivkohle	650.0 t/a
Menge Rohmaterial	spezifisch
	3.1 t/t Aktivkohle
	4'278.5 kWh/t Aktivkohle
	609.2 kWh/t Aktivkohle
	1.0 t/t Aktivkohle
Summe beider Verfahren	
Menge Rohmaterial	absolut
Rohware	7'750.0 t/a
Erdgas/Heizöl	7'384'200 kWh/a
Strom	1'539'000.0 kWh/a
Aktivkohle	1'150.0 t/a
Menge Rohmaterial	spezifisch
	6'739 kg/t Aktivkohle
	6'421 kWh/t Aktivkohle
	1'338 kWh/t Aktivkohle
	1'000 kg/t Aktivkohle
Regeneration Aktivkohle	
Rohware	6'739 kg/t Aktivkohle
Erdgas/Heizöl	713 kWh/t Aktivkohle
Strom	1'338 kWh/t Aktivkohle
Aktivkohle	1'000 kg/t Aktivkohle
Annahmen:	Temperatur Dampf Neuerzeugung (Aktivierung Kohle): ca. 10'000 °C Temperatur Heissdampf Regeneration: ca. 150 °C -> Energieverbrauch Regeneration ca. Faktor 9 kleiner als bei Neuerstellung
Stromverbrauch primär für Trocknung eingesetzt, dadurch bei Regeneration gleich wie bei Neuerstellung	

Aufgrund fehlender Daten in ecoinvent 2000 wurden die Aufwendungen zur Herstellung von Aktivkohle für diese Arbeit abgeschätzt.

Dazu wurden die Mittelwerte von 2 Verfahren verwendet, wobei nur der Energieverbrauch (Strom und Erdgas oder Heizöl) und die Emissionen durch die Verbrennung von Heizöl berücksichtigt wurden.

Für die Abschätzung wurde zusätzlich ein Transport der Rohstoffe von 100 km angenommen. Diese Distanz dürfte die effektiven Begebenheiten unterschätzen.

Für die Regeneration wurde angenommen, dass eine Heissdampfregeneration durchgeführt wird. Diese hat einen tieferen Energieverbrauch als die Reaktivierung, die Schadstoffe werden aber nicht vollständig desorbiert.

Zuordnung der Ressourcenverbräuche und Prozesse auf Inventardaten

Ressource	Inventardaten in ecoinvent 2000 (V. 1.1)
Strom	electricity, medium voltage, at grid CH
Metall für Anlage	steel, low-alloyed, at plant
Heizöl EL	light fuel oil, at regional storage

Prozesse	Inventardaten in ecoinvent 2000 (V. 1.1)
Transporte	transport, lorry 40t; Location: CH; Infrastructure not incl.
Verbrennung Aktivkohle In Sonderabfallverbrennung*	disposal, used min. oil, to hazardous waste incineration

* In Unkenntnis der effektiven Schadstoffbelastung der Aktivkohle wird derjenige Inventardatensatz zu Sonderabfallverbrennungen verwendet, der die kleinste Umweltbelastung aufweist, da der grösste Anteil der Masse Aktivkohle ist, die brennbar ist.

Bemerkungen zu den verwendeten Inventardaten

- Heizöl
 - Betrachtete Qualität: Heizöl extra leicht
 - umfasst Förderung, Raffinierung und Transport in Regionallager in der Schweiz
 - Emissionen: die Emissionen durch die Nutzung des Heizöls wurden berechnet und umfassen folgende Schadstoffe: CO₂, CH₄, SO_x, NO_x, und VOC; diese Emissionen wurden auch bewertet. Nicht berechnet und bewertet wurden PM₁₀-Emissionen.
- Strom
 - Spannung: Mittelspannung
 - Berücksichtigte Verluste: bis Lieferung an Abnehmer
 - Berücksichtigt wurde der Strommix der Schweiz aus Herstellung Inland und Import.

Bewertung der Schadstoffe mit Eco Indicator 99 (EI99)

Schadstoff	Bewertung gem. EI99
– Dichlormethan	Dichloromethane
– Chloroform	Chloroform
– Tetrahydrofuran*	VOC
– Benzol	Benzene
– Trichlorethyen	Trichlorethyene
– Toluol	Toluene
– Chlorbenzol*	CxHx chloro
– Dimethylsulfid	nicht bewertet
– Cyclohexan	Cyclohexane
– Methanol	Methanol
– Aceton	Acetone
– Isopropanol*	Alcohols
– Ethylbenzol	Ethylbenzene
– 1,1,1-Trichlorethan	1,1,1-Trichloroethane
– Dichlorethen-1,2 cis	1,2 cis-Dichlorethen

* In EI99 kein Wert vorhanden



Anhang 2 zur Ökobilanzierung Behandlung Abluftemissionen DIB

0-Variante

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (..)	Costs (EURO)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Behandlung			0.00	3400.00	0.00	18	1286560
• electricity, medium voltage, at grid CH	3400 k...		0.00	3400.00	n.a.	18	1286560
Emissionen		1455.30	0.00	0.00	206	45609600	3027
• Dichlormethan (air)	220 kg	220.00	0.00	n.a.	3	7040000	0
• Chloroform (air)	145 kg	145.00	0.00	n.a.	102	4640000	0
• Tetrahydrofuran (air)	70 kg	70.00	0.00	n.a.	2	2240000	0
• Benzol (air)	400 kg	400.00	0.00	n.a.	31	12800000	0
• Trichlorethylen (air)	90 kg	90.00	0.00	n.a.	2	2880000	0
• Toluol (air)	165 kg	165.00	0.00	n.a.	6	5280000	0
• Chlorbenzol (air)	140 kg	140.00	0.00	n.a.	1	4480000	0
• Dimethylsulfid (air)	30 kg	30.00	0.00	n.a.	0	0	0
• Cyclohexane (air)	0.3 kg	0.30	0.00	n.a.	0	9600	5
• Methanol (air)	80 kg	80.00	0.00	n.a.	1	2560000	1240
• Acetone (air)	30 kg	30.00	0.00	n.a.	0	960000	465
• Alcohols (air)	28 kg	28.00	0.00	n.a.	1	896000	434
• Ethylbenzene (air)	25 kg	25.00	0.00	n.a.	1	800000	387
• 1,1,1-trichloroethane (air)	17 kg	17.00	0.00	n.a.	56	5440000	263
• Cis 1,2-dichloroethene (air)	15 kg	15.00	0.00	n.a.	0	480000	232
Lebenszyklus		1455.30	3400.00	0.00	224	46896160	3045

AK – mit neuer Aktivkohle/Entsorgung Aktivkohle in Sonderabfallverbrennung

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	Costs (EURO)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Transport			17500.00	0.00	0.00	292	3342500
• Lastwagen 40 t	17500 t...	17500.00	0.00	n.a.	0.00	292	3342500
Behandlung			17715.00	6000.00	0.00	2900	34598525
• electricity, medium voltage, at grid CH	6000 k...		0.00	6000.00	n.a.	32	2270400
• Herstellung Aktivkohle	17500 kg	17500.00	0.00	n.a.	2812	31597598	6627
• steel, low-alloyed, at plant	215 kg	215.00	0.00	n.a.	56	730527	33
Emissionen		35.51	0.00	0.00	5	1091520	155
• 1,1,1-trichloroethane (air)	0.9 kg	0.90	0.00	n.a.	3	28800	14
• Acetone (air)	1.5 kg	1.50	0.00	n.a.	0	48000	23
• Alcohols (air)	1.4 kg	1.40	0.00	n.a.	0	44800	22
• Benzol (air)	6 kg	6.00	0.00	n.a.	0	192000	0
• Chlorbenzol (air)	2.1 kg	2.10	0.00	n.a.	0	67200	0
• Chloroform (air)	2.2 kg	2.20	0.00	n.a.	2	70400	0
• Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.8 kg	0.80	0.00	n.a.	0	25600	12
• Cyclohexane (air)	0.01 kg	0.01	0.00	n.a.	0	320	0
• Dichlormethan (air)	8.9 kg	8.90	0.00	n.a.	0	284800	0
• Dimethylsulfid (air)	1.4 kg	1.40	0.00	n.a.	0	0	0
• Ethylbenzene (air)	1.3 kg	1.30	0.00	n.a.	0	41600	20
• Methanol (air)	4.1 kg	4.10	0.00	n.a.	0	131200	64
• Tetrahydrofuran (air)	1.1 kg	1.10	0.00	n.a.	0	35200	0
• Toluol (air)	2.5 kg	2.50	0.00	n.a.	0	80000	0
• Trichlorethylen (air)	1.3 kg	1.30	0.00	n.a.	0	41600	0
Transport			17500.00	0.00	0.00	292	3342500
• Lastwagen 40 t	17500 t...	17500.00	0.00	n.a.	0.00	292	3342500
Entsorgung			17500.00	0.00	0.00	284	7612500
• disposal, used min. oil, to hazardous waste incineration	17500 kg	17500.00	0.00	n.a.	0.00	284	7612500
Lebenszyklus			70250.51	6000.00	0.00	3773	49987545

AK- mit Dampfregeneration

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	Costs (EURO)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Transport		17500.00	0.00	0.00	292	3342500	341
Lastwagen 40 t	17500 t...	17500.00	0.00	n.a.	292	3342500	341
Behandlung		17715.00	6000.00	0.00	986	20026922	2409
electricity, medium voltage, at grid CH	6000 k...	0.00	6000.00	n.a.	32	2270400	31
Aktivkohle regeneriert	17500 kg	17500.00	0.00	n.a.	898	17025995	2345
steel, low-alloyed, at plant	215 kg	215.00	0.00	n.a.	56	730527	33
Emissionen		35.51	0.00	0.00	5	1091520	155
Chloroform (air)	2.2 kg	2.20	0.00	n.a.	2	70400	0
Tetrahydrofuran (air)	1.1 kg	1.10	0.00	n.a.	0	35200	0
Benzol (air)	6 kg	6.00	0.00	n.a.	0	192000	0
Trichlorethylen (air)	1.3 kg	1.30	0.00	n.a.	0	41600	0
Toluol (air)	2.5 kg	2.50	0.00	n.a.	0	80000	0
Chlorbenzol (air)	2.1 kg	2.10	0.00	n.a.	0	67200	0
Dimethylsulfid (air)	1.4 kg	1.40	0.00	n.a.	0	0	0
Cyclohexane (air)	0.01 kg	0.01	0.00	n.a.	0	320	0
Methanol (air)	4.1 kg	4.10	0.00	n.a.	0	131200	64
Acetone (air)	1.5 kg	1.50	0.00	n.a.	0	48000	23
Alcohols (air)	1.4 kg	1.40	0.00	n.a.	0	44800	22
Ethylbenzene (air)	1.3 kg	1.30	0.00	n.a.	0	41600	20
1,1,1-trichloroethane (air)	0.9 kg	0.90	0.00	n.a.	3	28800	14
Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.8 kg	0.80	0.00	n.a.	0	25600	12
Dichlormethan (air)	8.9 kg	8.90	0.00	n.a.	0	284800	0
Transport		17500.00	0.00	0.00	292	3342500	341
Lastwagen 40 t	17500 t...	17500.00	0.00	n.a.	292	3342500	341
Lebenszyklus		52750.51	6000.00	0.00	1576	27803442	3245

RNV1

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	Costs (EURO)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Anlagenherstellung		530.00	0.00		139	1800834	83
steel, low-alloyed, at plant	530 kg	530.00	0.00		139	1800834	83
Behandlung		7300.00	95961.11		1510	9803600	704
electricity, medium voltage, at grid CH	11200 k...	0.00	11200.00		59	4238080	57
light fuel oil, at regional storage	7300 kg	7300.00	84761.11		1451	5565520	647
Emissionen		7307.18	0.00		194	7030083	3744
Dichlormethan (air)	1.1 kg	1.10	0.00		0	35200	0
Chloroform (air)	0.7 kg	0.70	0.00		0	22400	0
Tetrahydrofuran (air)	0.35 kg	0.35	0.00		0	11200	0
Benzol (air)	2 kg	2.00	0.00		0	64000	0
Trichlorethylen (air)	0.45 kg	0.45	0.00		0	14400	0
Toluol (air)	0.8 kg	0.80	0.00		0	25600	0
Chlorbenzol (air)	0.7 kg	0.70	0.00		0	22400	0
Dimethylsulfid (air)	0.1 kg	0.10	0.00		0	0	0
Cyclohexane (air)	0 kg	0.00	0.00		0	0	0
Methanol (air)	0.4 kg	0.40	0.00		0	12800	6
Acetone (air)	0.15 kg	0.15	0.00		0	4800	2
Alcohols (air)	0.14 kg	0.14	0.00		0	4480	2
Ethylbenzene (air)	0.13 kg	0.13	0.00		0	4160	2
1,1,1-trichloroethane (air)	0.09 kg	0.09	0.00		0	2880	1
Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.07 kg	0.07	0.00		0	2240	1
Emissionen durch Verbrauch Heizöl EL	7300 kg	7300.00	0.00		193	6803523	3729
Lebenszyklus		15137.18	95961.11		1843	18634517	4531

RNV2

EcoScan life 3.1 - [RN2 (RN2_Update 060425.ep3)]

Functional unit: 1 Woche Betrieb (80 h Normalbetrieb, 88 h Ruhebetrieb)

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Anlagenherstellung		460.00	0.00	121	1562988	72
steel, low-alloyed, at plant	460 kg	460.00	0.00	121	1562988	72
Behandlung		8150.00	122530.56	1767	16770920	865
electricity, medium voltage, at grid CH	27900 kWh	0.00	27900.00	147	10557360	143
light fuel oil, at regional storage	8150 kg	8150.00	94630.56	1620	6213560	722
Emissionen		8157.18	0.00	216	7822275	4179
Dichlormethan (air)	1.1 kg	1.10	0.00	0	35200	0
Chloroform (air)	0.7 kg	0.70	0.00	0	22400	0
Tetrahydrofuran (air)	0.35 kg	0.35	0.00	0	11200	0
Benzol (air)	2 kg	2.00	0.00	0	64000	0
Trichlorethylen (air)	0.45 kg	0.45	0.00	0	14400	0
Toluol (air)	0.8 kg	0.80	0.00	0	25600	0
Chlorbenzol (air)	0.7 kg	0.70	0.00	0	22400	0
Dimethylsulfid (air)	0.1 kg	0.10	0.00	0	0	0
Cyclohexane (air)	0 kg	0.00	0.00	0	0	0
Methanol (air)	0.4 kg	0.40	0.00	0	12800	6
Acetone (air)	0.15 kg	0.15	0.00	0	4800	2
Alcohols (air)	0.14 kg	0.14	0.00	0	4480	2
Ethylbenzene (air)	0.13 kg	0.13	0.00	0	4160	2
1,1,1-trichloroethane (air)	0.09 kg	0.09	0.00	0	2880	1
Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.07 kg	0.07	0.00	0	2240	1
Emissionen durch Verbrauch Heizöl EL	8150 kg	8150.00	0.00	215	7595715	4164
Lebenszyklus		16767.18	122530.56	2104	26156183	5115

TNV-adr

EcoScan life 3.1 - [TNV-adr (TNV-adr_Update 060425.ep3)]

Functional unit: 1 Woche Betrieb (80 h Normalbetrieb, 88 h Ruhebetrieb)

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)
Anlagenherstellung		340.00	0.00	89	1155252	53
steel, low-alloyed, at plant	340 kg	340.00	0.00	89	1155252	53
Behandlung		14000.00	171555.56	2830	14079200	1286
electricity, medium voltage, at grid CH	9000 kWh	0.00	9000.00	47	3405600	46
light fuel oil, at regional storage	14000 kg	14000.00	162555.56	2783	10673600	1240
Emissionen		14035.41	0.00	375	14136173	7306
Dichlormethan (air)	8.9 kg	8.90	0.00	0	284800	0
Chloroform (air)	2.2 kg	2.20	0.00	2	70400	0
Tetrahydrofuran (air)	1.1 kg	1.10	0.00	0	35200	0
Benzol (air)	6 kg	6.00	0.00	0	192000	0
Trichlorethylen (air)	1.3 kg	1.30	0.00	0	41600	0
Toluol (air)	2.5 kg	2.50	0.00	0	80000	0
Chlorbenzol (air)	2.1 kg	2.10	0.00	0	67200	0
Dimethylsulfid (air)	1.4 kg	1.40	0.00	0	0	0
Cyclohexane (air)	0.01 kg	0.01	0.00	0	320	0
Methanol (air)	4.1 kg	4.10	0.00	0	131200	64
Acetone (air)	1.5 kg	1.50	0.00	0	48000	23
Alcohols (air)	1.4 kg	1.40	0.00	0	44800	22
Ethylbenzene (air)	1.25 kg	1.25	0.00	0	40000	19
1,1,1-trichloroethane (air)	0.9 kg	0.90	0.00	3	28800	14
Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.75 kg	0.75	0.00	0	24000	12
Emissionen durch Verbrauch Heizöl EL	14000 kg	14000.00	0.00	370	13047853	7152
Lebenszyklus		28375.41	171555.56	3295	29370625	8645

TNV-elo

EcoScan life 3.1 - [TNV-elo (TNV-elo_Update 060425.ep3)]

File Edit View Wizards Database Tools Window Help

TNV-elo (TNV-elo_Update 060425.ep3)

Anlagenherstellung | Behandlung | Emissionen | Lebenszyklus

Functional unit: 1 Woche Betrieb (80 h Normalbetrieb, 88 h Ruhebetrieb)

Description	Amount	Weight (kg)	Energy (kWh)	EI99-HA total (Pt)	UBP total (Pt)	External Costs (CHF)	
↳ Anlagenherstellung			310.00	0.00	81	1053318	48
• steel, low-alloyed, at plant	310 kg		310.00	0.00	81	1053318	48
↳ Behandlung		7000.00	95377.78	1466	10672240	692	
• electricity, medium voltage, at grid...	14100 k...		0.00	14100.00	74	5335440	72
• light fuel oil, at regional storage	7000 kg	7000.00	81277.78	1391	5336800	620	
↳ Emissionen		7035.41	0.00	190	7612247	3730	
• Dichlormethan (air)	8.9 kg	8.90	0.00	0	284800	0	
• Chloroform (air)	2.2 kg	2.20	0.00	2	70400	0	
• Tetrahydrofuran (air)	1.1 kg	1.10	0.00	0	35200	0	
• Benzol (air)	6 kg	6.00	0.00	0	192000	0	
• Trichlorethylen (air)	1.3 kg	1.30	0.00	0	41600	0	
• Toluol (air)	2.5 kg	2.50	0.00	0	80000	0	
• Chlorbenzol (air)	2.1 kg	2.10	0.00	0	67200	0	
• Dimethylsulfid (air)	1.4 kg	1.40	0.00	0	0	0	
• Cyclohexane (air)	0.01 kg	0.01	0.00	0	320	0	
• Cis 1,2-dichloroethene (air)	0.75 kg	0.75	0.00	0	24000	12	
• 1,1,1-trichloroethane (air)	0.9 kg	0.90	0.00	3	28800	14	
• Ethylbenzene (air)	1.25 kg	1.25	0.00	0	40000	19	
• Alcohols (air)	1.4 kg	1.40	0.00	0	44800	22	
• Acetone (air)	1.5 kg	1.50	0.00	0	48000	23	
• Methanol (air)	4.1 kg	4.10	0.00	0	131200	64	
• Emissionen durch Verbrauch Heizö...	7000 kg	7000.00	0.00	185	6523927	3576	
Lebenszyklus		14345.41	95377.78	1737	19337805	4470	

For Help, press F1

Annexe 4

Calcul de dispersion



Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol

Calcul de dispersion

10 octobre 2006



Effizienz- und Risiko-Engineering

BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
CH-8952 Schlieren/Zürich

Table des matières

Liste des figures	3
1 Calcul de dispersion	4
1.1 Etat initial et objectifs	4
1.2 Méthodologie	4
1.2.1 Préprocesseurs AERMET des données météorologiques.....	5
1.2.2 Préprocesseur AERMAP pour les données de hauteur de terrain	5
1.2.3 Calcul de la concentration en polluants atmosphériques.....	5
1.3 Hypothèses et restrictions	6
1.3.1 Données météorologiques	6
1.3.2 Données du terrain.....	6
1.3.3 Données concernant les émissions	7
1.3.4 Autres données	8
1.4 Résultats	8
1.4.1 Immissions de benzène en cas de respect des valeurs limites de l'OPair.....	9
1.4.2 Immissions de benzène pour les effluents gazeux non traités	10
1.4.3 Scénario d'incident.....	13
1.5 Estimation des immissions d'odeurs	15
1.6 Conclusions	16

Liste des figures

Figure 1	Formalisme pour le calcul du panache des effluents gazeux influencé par le terrain (source: AERMOD User Manual).....	6
Figure 2	Valeurs annuelles moyennes des concentrations de benzène attendues lors de l'exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt) en respectant les valeurs d'émission de l'OPair. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.....	9
Figure 3	Prévisions d'immissions en benzène pour des conditions météorologiques „défavorables“ avec du vent principalement du nord-est (du 9 au 14 décembre 2005) pour l'exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt) en respectant les valeurs d'émission de l'OPair. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.....	9
Figure 4	Valeurs moyennes annuelles des concentrations de benzène attendues. En haut : exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine d'exploitation complètement à l'arrêt), en bas : uniquement exploitation à l'arrêt. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.....	11
Figure 5	Prévisions d'immissions en benzène pour des conditions météorologiques « défavorables » pour le village de Bonfol, avec du vent principalement du nord-est (du 9 au 14 décembre 2005). En haut : exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt), en bas : uniquement exploitation à l'arrêt. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte. ...	12
Figure 6	Concentrations attendues durant la première heure après l'incident (voir texte): Concentrations à 2 m au-dessus du sol.....	14
Figure 7	Calcul de la vitesse de vent critique (en bleu, échelle de gauche) et profil vertical de la concentration en acide cyanhydrique (échelle de droite) pour le point [x = -1000, y = -1000].....	14
Figure 8	Concentrations de benzène attendues en fonction de la hauteur au-dessus du sol dans la localité de Bonfol (coordonnées [x=-1000, y=-1000, z=432], moyennées sur six jours en décembre 2005 avec des vents du nord-est). Une fonction de répartition normale adaptée aux valeurs calculées est également figurée.....	15
Figure 9	Concentrations de benzène en Suisse pour l'année 2000 (Série Cahiers de l'environnement N° 350 « Le benzène en Suisse », édité par l'Office fédéral de l'environnement, OFEV Berne, 2003).....	17
Figure 10	Distributions de la fréquence des vitesses du vent à l'emplacement de Bonfol en pourcent des valeurs horaires mesurées pour les deux hauteurs de mesure. .	19
Figure 11	Comme la figure précédente, mais seulement pour les heures situées dans la période du 9.12.2005, 0:00 heure jusqu'au 14.12.2005, 23:00 heures.....	20
Figure 12	Modèle de terrain utilisé pour le site de Bonfol. Le secteur couvre 4000 m x 4000, la résolution de la trame est de 250 m. Indications de l'altitude en mètres au-dessus du niveau de la mer.	21

1 Calcul de dispersion

1.1 Etat initial et objectifs

Les calculs de dispersion doivent permettre d'estimer la qualité de l'air et les immissions aux alentours de la décharge de Bonfol durant la phase d'assainissement. La répartition de la charge de polluants est calculée sur la base de taux d'émission prévisionnels, des données météorologiques relevées sur place et en tenant compte de la topographie.

1.2 Méthodologie

Le package de modélisation AERMOD a été retenu pour les calculs de dispersion. Il est recommandé par l'agence fédérale de l'environnement des Etats-Unis (EPA) pour les calculs de dispersion des polluants aux alentours de sources de contamination de l'air. AERMOD a été développé dans les années 1991 à 2005 en collaboration avec la société américaine de météorologie (AMS). Dès novembre 2006, il remplacera le programme ISC3 actuellement recommandé, qui a été utilisé pour la modélisation dans le cadre du projet d'assainissement de novembre 2003. Le modèle AERMOD est librement disponible¹.

Pour le calcul des concentrations, il est nécessaire de comprendre les conditions de flux dans la couche limite planétaire, cette couche atmosphérique soumise à des mélanges turbulents dus aux interactions avec la surface terrestre (échanges de chaleur, frottement). La hauteur de cette couche varie en fonction de la radiation solaire et passe de quelques centaines de mètres durant la nuit à jusqu'à 2 km le jour.

AERMOD présente les améliorations suivantes par rapport au modèle ISC3:

- prise en compte de la dispersion, tant dans la couche limite convective que stable
- description correcte de l'élévation du panache des effluents gazeux
- pénétration du panache des effluents gazeux dans les couches d'inversion élevées
- calcul des profils verticaux pour le vent, la turbulence et la température
- prise en compte de la couche limite nocturne au-dessus des secteurs fortement peuplés
- traitement correct de tous les récepteurs sur tous les types de terrain, aussi bien au-dessous du panache des effluents gazeux qu'au-dessus
- prise en compte de l'ombre portée des bâtiments

¹ http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod

- approche améliorée pour le calcul des paramètres fondamentaux de la couche limite
- traitement des panaches d'effluents gazeux sinueux

AERMOD contient deux préprocesseurs pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques.

1.2.1 Préprocesseurs AERMET des données météorologiques

A partir des données météorologiques (vitesse et direction des vents, température et éventuellement présence de nuages) et d'une description des conditions de surface dans le secteur de modélisation (réflectivité et rugosité), le préprocesseur météorologique AERMET calcule les paramètres de la couche limite planétaire nécessaires à AERMOD :

- Vitesse de frottement u^*
- Longueur de Monin-Obukhov L
- Echelle des vitesses de convection w^*
- Echelle de température θ^*
- Hauteur de mélange z_i
- Flux de chaleur du sol H

Ces données servent au modèle AERMOD à calculer le profil vertical des vitesses de vent (u), les fluctuations des turbulences latérale et verticale (σ_v , σ_w), le gradient de température potentielle ($d\theta/dz$) et la température potentielle (θ).

1.2.2 Préprocesseur AERMAP pour les données de hauteur de terrain

Les hauteurs de terrain des nœuds du réseau de récepteurs constituent les données d'entrée pour AERMAP. La hauteur limite entre la couche limite convective et la couche stationnaire est établie à partir de ce maillage,

1.2.3 Calcul de la concentration en polluants atmosphériques

AERMOD calcule les concentrations en considérant les conditions aux limites du panache des effluents gazeux : a) horizontalement avec interaction du terrain et b) en suivant le terrain. A chaque nœud du réseau de récepteurs, la concentration totale est ainsi la somme pondérée de ces deux états :

$$C_{\text{tot}}(x, y, z) = f C_{\text{horiz}} + (1-f) C_{\text{terrain}}$$

$z_p = z_r - z_t$ représente la hauteur du récepteur au-dessus sol, z_t la hauteur du terrain et z_r la hauteur relativement à la hauteur de la source d'émission. Pour les terrains plats ($z_t=0$), $z_p=z_r$ et donc la concentration totale devient $C_{\text{tot}}(x, y, z) = C_{\text{horiz}}(x, y, z_r)$. Pour le calcul du facteur de pondération f il est indispensable de connaître les conditions de surface et la hauteur de la couche limite („ H_c : Dividing Streamline“ dans la figure ci-dessous) qui en résulte.

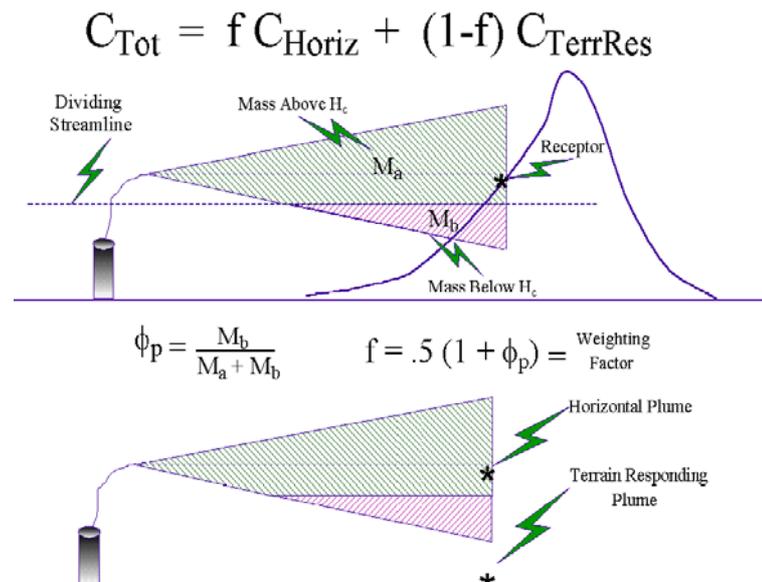


Figure 1 Formalisme pour le calcul du panache des effluents gazeux influencé par le terrain (source: AERMOD User Manual).

1.3 Hypothèses et restrictions

1.3.1 Données météorologiques

Les données météorologiques à disposition (voir annexe) ont servi à générer une série de données complète pour l'année 2005. Les valeurs manquantes ont été soit interpolées (pour des durées de moins de 4 h), reprises des années 2004 ou 2006 (quand elles existent) ou marquées comme étant « manquantes ». Pour 8760 heures comprises dans une année, la série de données ainsi obtenue contient 8000 heures effectives de mesures.

Ont été également choisies des conditions météorologiques particulièrement « défavorables » pour la localité de Bonfol avec vent du nord-est (du 9 au 14 décembre 2005). La répartition des vents durant cet épisode est représentée en annexe.

1.3.2 Données du terrain

Un modèle de terrain simplifié a été construit sur une échelle de 4 km x 4 km. La trame a une résolution de 250 m x 250 m. Le modèle est ainsi constitué de 1089 coordonnées (x, y, z).

La nature du terrain est caractérisée par trois secteurs:

- la géométrie de la halle d'excavation à proximité immédiate de la cheminée,
- la forêt dans le secteur adjacent,
- des champs et des prés dans le voisinage plus éloigné.

Afin de prendre en compte ces secteurs caractéristiques dans les calculs, les dimensions de la halle ont été spécifiées et les rapports de Bowen (rapport entre chaleur perceptible et latente, il caractérise le processus d'évaporation) ainsi que les valeurs d'albédo (réfléchissement de la lumière du soleil) ont été définies séparément pour les trois secteurs en fonction de la nature du sol (et aussi de la saison).

1.3.3 Données concernant les émissions

Le benzène a été retenu comme substance de référence pour les raisons suivantes:

- dans les analyses des effluents gazeux effectuées jusqu'à présent, le benzène présente la plus forte concentration parmi les substances individuelles mesurées.
- selon l'OPair, annexe 1, chiffre 8, le benzène appartient à la classe K3
- le benzène étant classé comme substance cancérigène, les effets chroniques sont pris en compte.

Scénarios „OPair“

Les émissions par la cheminée doivent respecter l'OPair. Pour ces scénarios, l'hypothèse est faite que les concentrations pour les substances de la classe K3 sont $<5 \text{ mg/m}^3$ à la sortie de la cheminée. Pour y parvenir, selon les émissions modélisées, l'installation de traitement des effluents gazeux devra atteindre un taux de purification de 93.4% pour le benzène dans le cas « exploitation en activité » décrit dans le rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux », ce qui permet d'atteindre un taux d'émission de 0.251 kg/h pour l'exploitation en activité, respectivement 0.086 kg/h pour l'exploitation à l'arrêt.

Pour la simulation, la valeur limite supérieure de l'OPair est appliquée de façon conservative.

Scénarios „Exploitation moyenne“

Le débit massique des substances émises par la cheminée sans traitement des effluents gazeux constitue la base pour la modélisation. Les données concernant les émissions ont été reprises du rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux » (voir également annexe).

L'exploitation moyenne découle d'une valeur moyenne de 16h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'arrêt et 2 jours/semaine d'arrêt complet. D'après la modélisation, pour l'exploitation en activité pendant 16 h/jour et 5 jours/semaine, il faut compter avec des émissions de 3.774 kg/h de benzène. Durant le reste du temps, 8h/jour sur 5 jours ainsi qu'en fin de semaine (24h, 2 jours par semaine), la modélisation de l'exploitation à l'arrêt laisse apparaître des émissions réduites à 1.301 kg/h de benzène.

Ces scénarios sont cités pour mémoire et à titre de comparaison. Les émissions posées comme hypothèse ne respectent pas les limites de l'OPair. Ils peuvent tenir lieu de scénario worst-case dans le cas où le traitement des effluents gazeux ne fonctionnerait pas.

Scénarios „Exploitation à l'arrêt“

Le débit massique des substances émises par la cheminée sans traitement des effluents gazeux constitue la base pour la modélisation. Les données concernant les émissions ont été reprises du rapport « Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux » (voir également annexe).

« Exploitation à l'arrêt » signifie qu'aucun travail n'a lieu et que selon la modélisation de l'exploitation à l'arrêt les émissions sont réduites à 1.301 kg/h de benzène.

Ces scénarios sont cités pour mémoire et à titre de comparaison. Les émissions posées comme hypothèse ne respectent pas les limites de l'OPair. Ils peuvent tenir lieu de scénario worst-case dans le cas où le traitement des effluents gazeux ne fonctionnerait pas.

Scénario „Incident“

Ce scénario part de l'hypothèse d'une teneur de 114 ppm HCN (acide cyanhydrique) à la sortie de la cheminée. Les détails sont décrits au chapitre 1.4.3.

1.3.4 Autres données

Cheminée:

Hauteur au-dessus du sol 48 m

Diamètre 1000 mm

Température de sortie 9.8°C (moyenne annuelle 2005)

Vitesse de sortie 15 m/s

Géométrie des bâtiments avoisinants:

Halle d'excavation 150 m x 120 m x 12 m,

Le déplacement de la halle d'excavation durant l'assainissement n'est pas pris en considération

La géométrie de la halle de préparation n'est pas prise en considération

L'emplacement de la cheminée reste le même après le déplacement de la halle d'excavation

1.4 Résultats

Le calcul de dispersion fournit des valeurs prévisionnelles pour les concentrations des immissions sur un réseau de récepteurs. Le réseau de récepteurs retenu suit le terrain, c'est à dire que les diagrammes ci-dessous représentent – sauf avis contraire - les concentrations attendues à 2 m au-dessus du sol et non pas les concentrations à une altitude donnée.

1.4.1 Immissions de benzène en cas de respect des valeurs limites de l'OPair

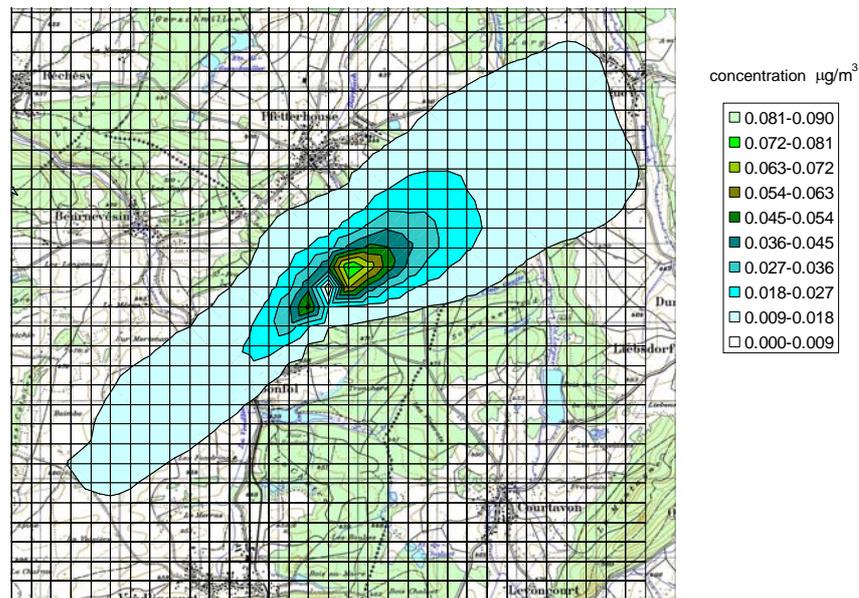


Figure 2

Valeurs annuelles moyennes des concentrations de benzène attendues lors de l'exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt) en respectant les valeurs d'émission de l'OPair. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.

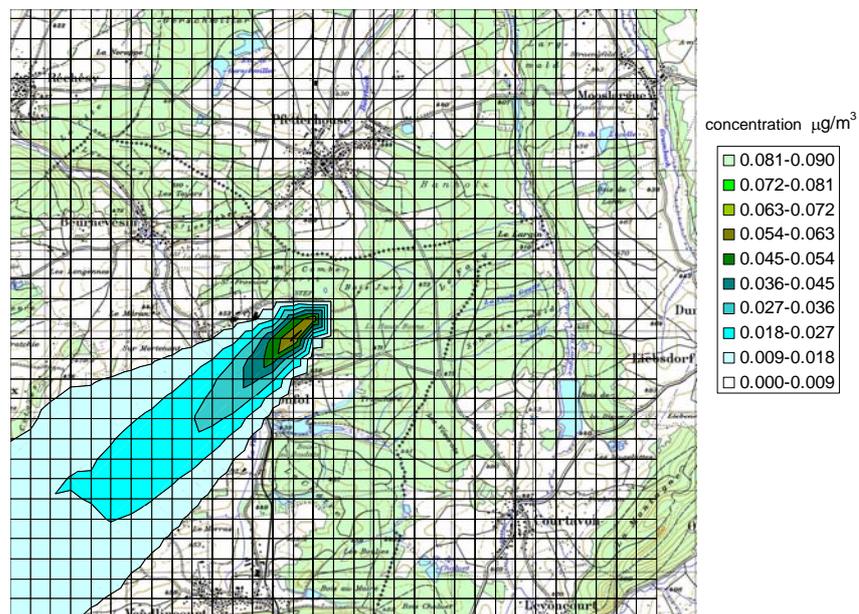


Figure 3

Prévisions d'immissions en benzène pour des conditions météorologiques „défavorables“ avec du vent principalement du nord-est (du 9 au 14 décembre 2005) pour l'exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt) en respectant les valeurs d'émission de l'OPair. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.

Interprétations

- Les valeurs calculées se situent partout, même en cas de conditions météorologiques défavorables, à des valeurs au minimum 10 fois inférieures à l'ordre de grandeur de la pollution de fond pour la région de Bonfol, qui est d'environ $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selon l'OFEV (Série Cahier de l'environnement N° 350 « Le benzène en Suisse », 2003).
- Les valeurs calculées se situent également nettement en dessous de la valeur limite de protection des immissions de l'UE pour le benzène, établie à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (au minimum 50 fois sous cette limite).

1.4.2 Immissions de benzène pour les effluents gazeux non traités

En cas de non-traitement des effluents gazeux (par ex. en cas de panne de l'installation de traitement), les émissions de benzène sont environ 15 fois plus importantes que dans le cas d'un respect des limites de l'Opair. Par conséquent, les immissions sont également plus élevées.

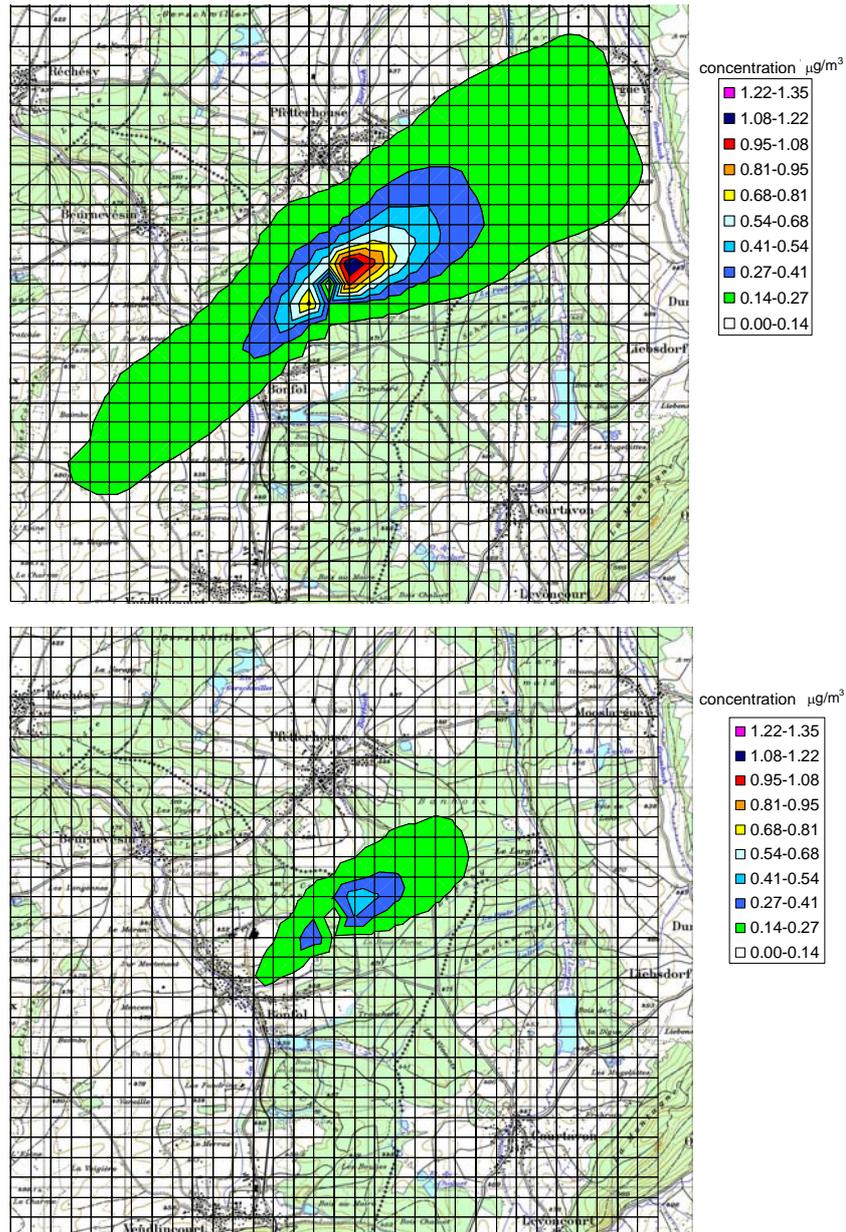


Figure 4

Valeurs moyennes annuelles des concentrations de benzène attendues. En haut : exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine d'exploitation complètement à l'arrêt), en bas : uniquement exploitation à l'arrêt. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.

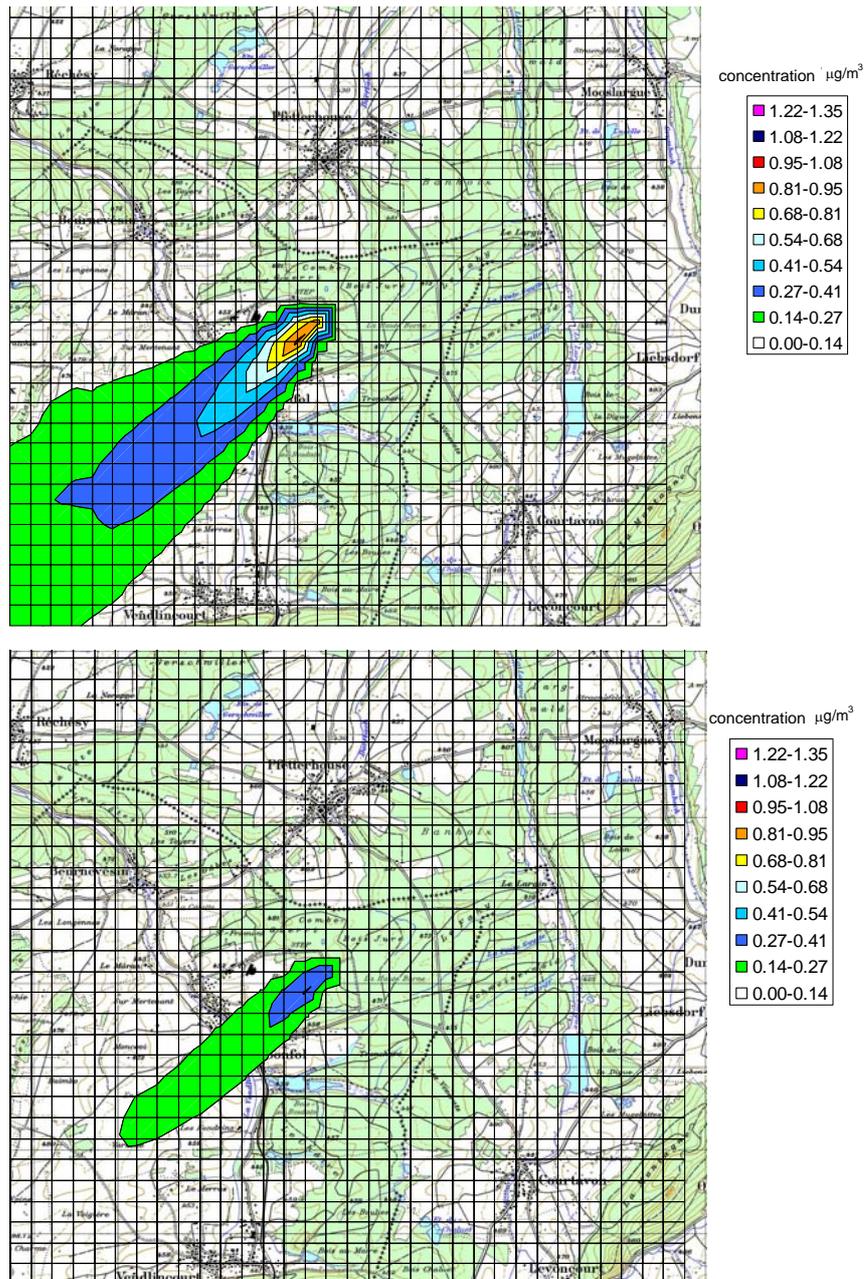


Figure 5 Prévisions d'immissions en benzène pour des conditions météorologiques « défavorables » pour le village de Bonfol, avec du vent principalement du nord-est (du 9 au 14 décembre 2005). En haut : exploitation moyenne (16 h/jour d'exploitation en activité, 8 h/jour d'exploitation à l'arrêt, 2 jours/semaine exploitation complètement à l'arrêt), en bas : uniquement exploitation à l'arrêt. La pollution de fond due au benzène (env. $1\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas prise en compte.

Interprétations

- Les valeurs calculées se situent partout, même en cas de conditions météorologiques défavorables, dans l'ordre de grandeur de la pollution de fond liée au benzène

pour la région de Bonfol, qui se situe à environ $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selon l'OFEV (Série Cahier de l'environnement N° 350 « Le benzène en Suisse », 2003).

- Les valeurs calculées se situent également nettement en dessous de la valeur limite de protection des immissions de l'UE pour le benzène, établie à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (au minimum 4 fois sous cette limite).

1.4.3 Scénario d'incident

Le scénario d'incident modélisé prévoit qu'un récipient de 1 kg de NaCN (cyanure de sodium) se déverse complètement et que celui-ci se transforme totalement en acide cyanhydrique (HCN) en l'espace de 5 minutes. Pendant que l'exploitation est en activité ($51'000 \text{ m}^3/\text{h}$ d'effluents gazeux), de l'air s'échappe alors durant 5 minutes avec une teneur en HCN de 114 ppm (pour le détail des calculs, voir le „Rapport succinct selon l'OPAM, installations“).

Comme cet incident traite d'un évènement unique, le calcul de la dispersion s'est effectué sur un laps de temps limité à 1 heure (dans le sens d'un *worst-case*), des calculs sur un laps de temps plus long ne faisant qu'accentuer la dilution.

Pour les estimations des immissions, une heure avec des conditions météorologiques particulièrement défavorables pour le village de Bonfol a été artificiellement construite :

- Stratification labile de l'atmosphère (correspondant à une classe de Pasquill A)
- Hauteur de la couche d'inversion 180 m
- Vitesse de vent critique pour une concentration maximale en un point du village de Bonfol ($x = -1000\text{m}$, $y = -1000\text{m}$). La Figure 7 montre sur quelles bases la vitesse critique pour ce point est déduite: $v_{\text{krit}} = 1.25 \text{ m/s}$.
- Direction du vent: provenance Nord-Est
- Vitesse de sortie des effluents gazeux: 15 m/s

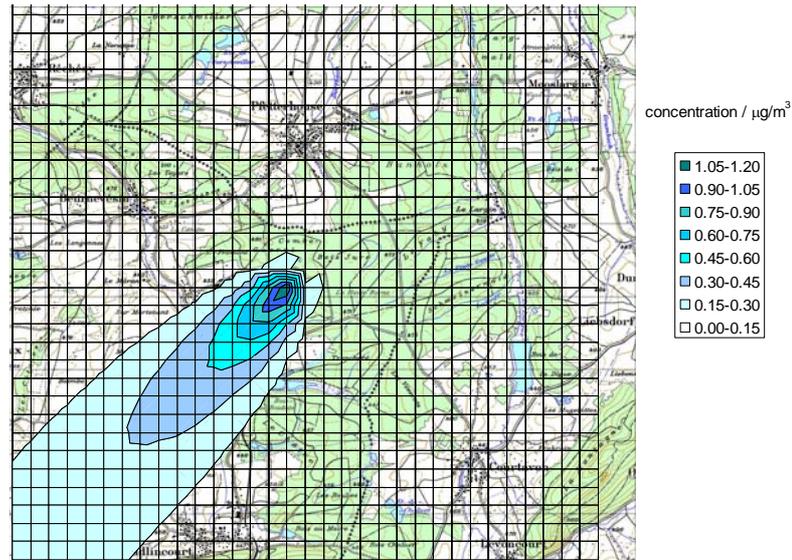


Figure 6 Concentrations attendues durant la première heure après l'incident (voir texte): Concentrations à 2 m au-dessus du sol.

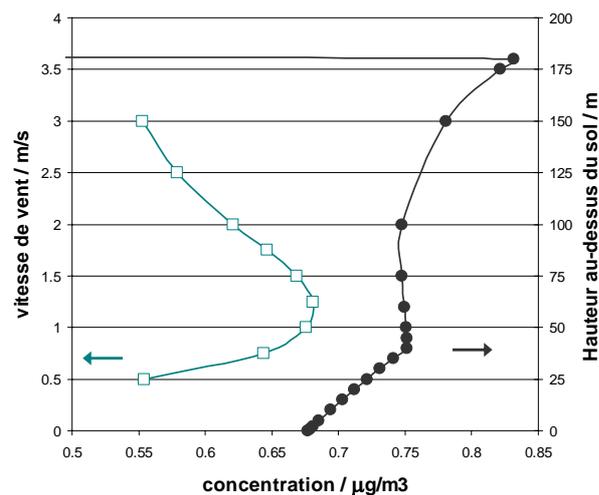


Figure 7 Calcul de la vitesse de vent critique (en bleu, échelle de gauche) et profil vertical de la concentration en acide cyanhydrique (échelle de droite) pour le point $[x = -1000, y = -1000]$.

Interprétations

- A une hauteur de 2 m au-dessus du sol dans les zones habitées du village de Bonfol, la concentration maximale estimée en acide cyanhydrique est inférieure à $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (correspondant à 0.001 ppm HCN). Cette valeur est 7000 fois inférieure à la valeur AEGL2¹ (7.1 ppm).

¹ AEGL2: Acute Exposure Guideline Level (EPA/USA). Concentration à partir de laquelle des dégâts irréversibles ou une entrave de la fuite sont possibles.

- Le profil de concentration vertical (Figure 7) montre que même à des hauteurs supérieures au-dessus de Bonfol aucune valeur de concentration ne s'approche de la valeur AEGL2 pour l'acide cyanhydrique.

1.5 Estimation des immissions d'odeurs

Pour l'estimation des nuisances olfactives, le calcul ne se base pas sur des unités d'odeur standard prévues ou estimées, comme cela s'était fait pour le rapport du projet d'assainissement de novembre 2003. Comme il n'y a pas de données fiables relatives aux odeurs, une estimation de la charge moyenne sera effectuée à partir de la dispersion verticale du panache des effluents gazeux au-dessus du village de Bonfol.

La figure 8 présente le profil vertical (la concentration en fonction de la hauteur) du benzène, la substance de référence – à nouveau pour les jours « défavorables » du 9.12.2005 au 14.12.2005 et sans traitement des effluents gazeux – pour un point situé dans le village de Bonfol [x=-1000, y=-1000: à environ 1400 m de la décharge, croisement à l'ouest du passage sous voie].

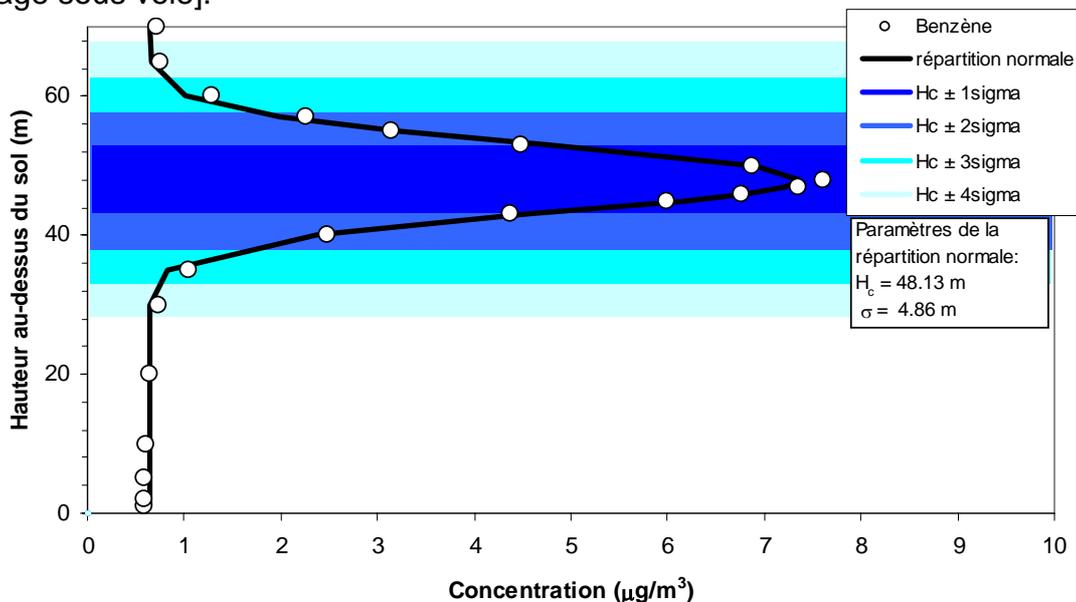


Figure 8 Concentrations de benzène attendues en fonction de la hauteur au-dessus du sol dans la localité de Bonfol (coordonnées [x=-1000, y=-1000, z=432], moyennées sur six jours en décembre 2005 avec des vents du nord-est). Une fonction de répartition normale adaptée aux valeurs calculées est également figurée.

Les valeurs calculées se situent sur la courbe de répartition normale de Gauss en forme de cloche. Cette courbe peut donc être considérée comme une représentation spatiale du panache des effluents gazeux au point d'observation, car elle décrit quelle concentration en polluants peut être attendue à quel endroit. Comme il est établi par les statistiques, cette courbe décrit la probabilité d'occurrence de certains événements. Dans le cas présent, cela signifie donc que la courbe décrit avec quelle probabilité des polluants peuvent être rencontrés à la hauteur considérée durant la période d'observation.

Sur la base de cette constatation, la dispersion calculée du polluant benzène permet aussi une extrapolation sur la répartition des substances odorantes analytiquement peu ou pas mesurables.

La courbe de Gauss, décrite par sa moyenne ($H_c = 48.1\text{m}$) et son écart-type ($\sigma = 4.86\text{m}$) a la particularité qu'un nombre clairement défini d'événements ne surviennent qu'à l'intérieur de certains intervalles de dispersion (appelés « intervalles de confiance »). Ainsi, la zone $H_c \pm \sigma$ (donc de 43.2 m à 53.0 m de hauteur) contient 68%, la zone $H_c \pm 2\sigma$ 95.5%, la zone $H_c \pm 3\sigma$ 99.7% et la zone $H_c \pm 4\sigma$ même 99.99% des événements. Il en découle que dans les zones éloignées de plus de 4σ de la valeur moyenne, dans notre cas donc dans les hauteurs de 0 m à 28.7 m et dans celles au-dessus de 67.5 m, des substances odorantes ne devraient être présentes qu'en cas de conditions extrêmes.

Selon cette modélisation, la présence de nuisances olfactives durant l'exploitation moyenne est pratiquement exclue, même en cas de conditions météorologiques défavorables.

1.6 Conclusions

Les scénarios calculés démontrent qu'aucune concentration de benzène supérieure à $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est à prévoir dans la zone habitée jusqu'à une hauteur d'environ 40 mètres au-dessus du sol. Ceci est aussi valable en cas d'effluents gazeux non traités. Comme il ressort de la Figure 9, ces valeurs se situent ainsi en dessous de la pollution de fond existante, qui se situe à environ $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le secteur considéré.

Des concentrations supérieures à $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne sont atteintes qu'au voisinage immédiat de la cheminée, mais là aussi, il ne faut en aucun cas s'attendre à un dépassement de la valeur critique de $5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur limite de protection contre les immissions en vigueur dans l'UE). Même en cas de conditions météorologiques « défavorables » pour le village de Bonfol (vents principalement du nord-est) et avec des effluents gazeux non traités, les concentrations de benzène attendues restent largement en dessous de cette valeur.

Selon les calculs pour le scénario d'incident, les concentrations attendues se situent largement en dessous de la valeur indicative AEGL2, même en simulant une situation météorologique particulièrement défavorable pour le village de Bonfol.

Sur la base des caractéristiques de dispersion des polluants (développement vertical de la concentration), il résulte qu'en matière d'immissions d'odeur également, il ne faut pas s'attendre à des nuisances olfactives dans les zones habitées.

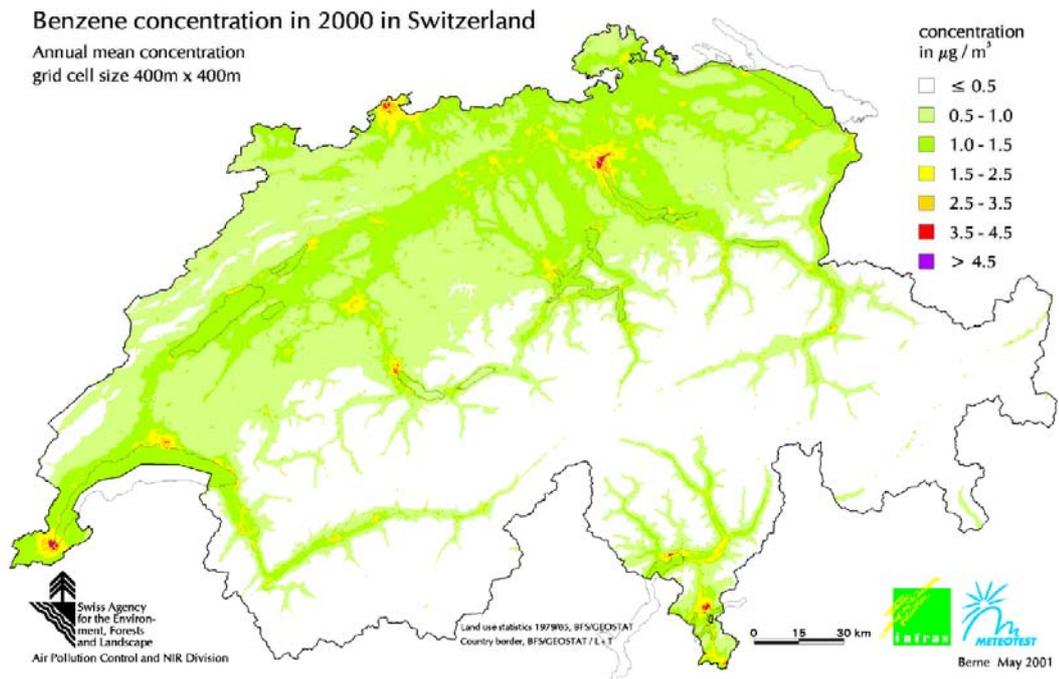


Figure 9 Concentrations de benzène en Suisse pour l'année 2000 (Série Cahiers de l'environnement N° 350 « Le benzène en Suisse », édité par l'Office fédéral de l'environnement, OFEV Berne, 2003)

BMG Engineering AG

Rédaction du rapport:

Christian Braun

Schlieren, 10 octobre 2006

Annexe 1

Mesures météorologiques

Pour les calculs de dispersion, des données météorologiques du site de Bonfol ont été mises à disposition pour la période du 15 novembre 2004 au 29 mars 2006. Ces données comprennent les mesures des moyennes horaires suivantes:

- direction du vent (à 10 m et à 40 m de hauteur)
- vitesse du vent (10 m et 40 m)
- rafales (10 m et 40 m)
- température de l'air (2 m et 40 m)
- humidité de l'air (2 m et 40 m)
- pression atmosphérique (2 m)
- précipitations (2 m)

La Figure 10 et la Figure 11 ont été élaborées sur la base des données relatives au vent. Elles représentent les distributions de la fréquence des directions du vent selon six classes de force du vent (0...1, >1...2, >2...3, >3...4, >4...5 et >5 m/s).

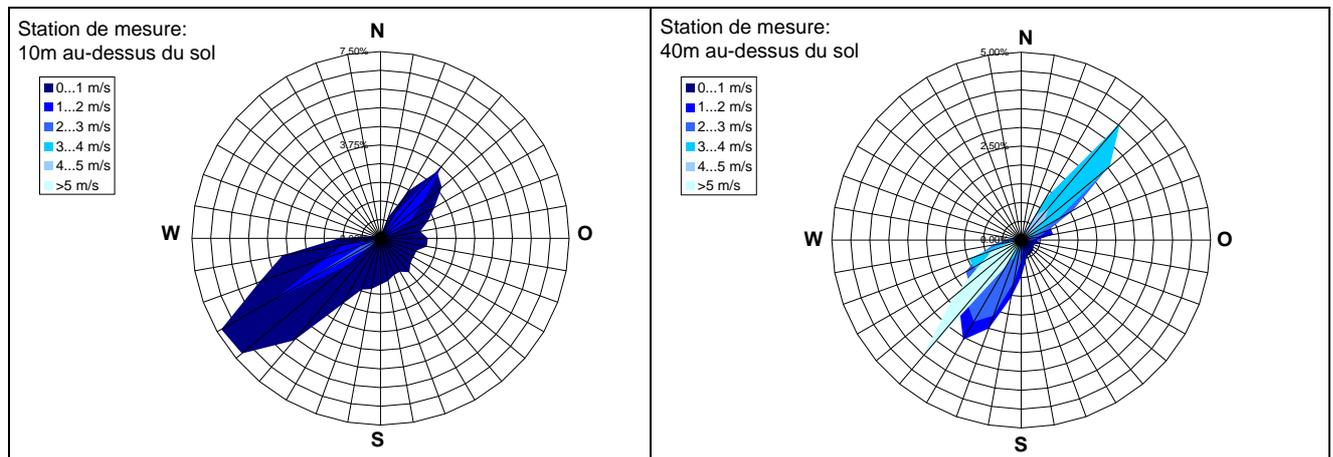


Figure 10 Distributions de la fréquence des vitesses du vent à l'emplacement de Bonfol en pourcent des valeurs horaires mesurées pour les deux hauteurs de mesure.

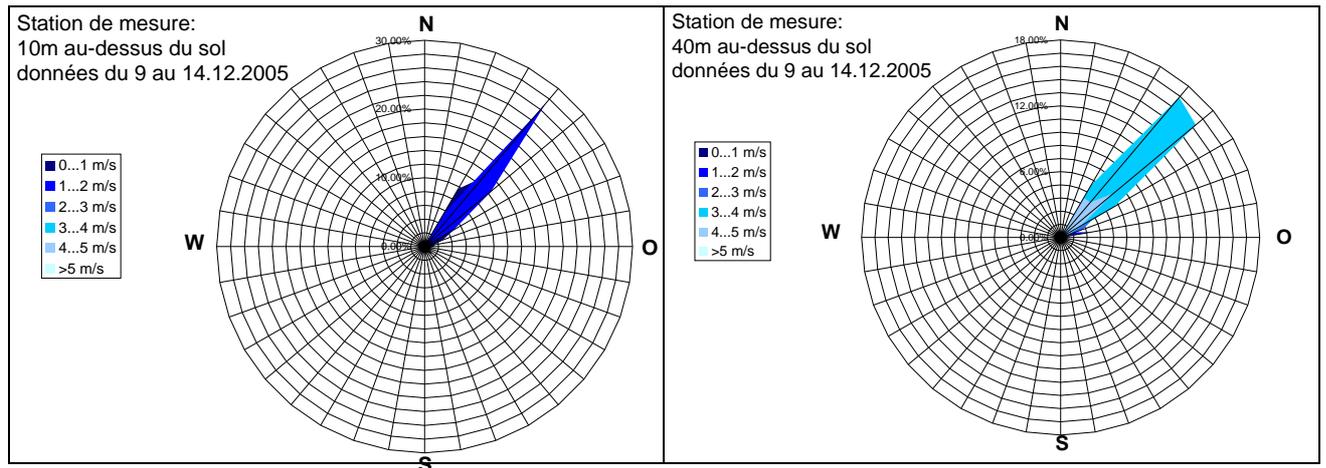


Figure 11 Comme la figure précédente, mais seulement pour les heures situées dans la période du 9.12.2005, 0:00 heure jusqu'au 14.12.2005, 23:00 heures.

Annexe 2

Modélisation du terrain

Le profil du terrain a été établi à partir d'un matériau cartographique digital pour une zone de 4000 m x 4000 m ayant la décharge pour centre.

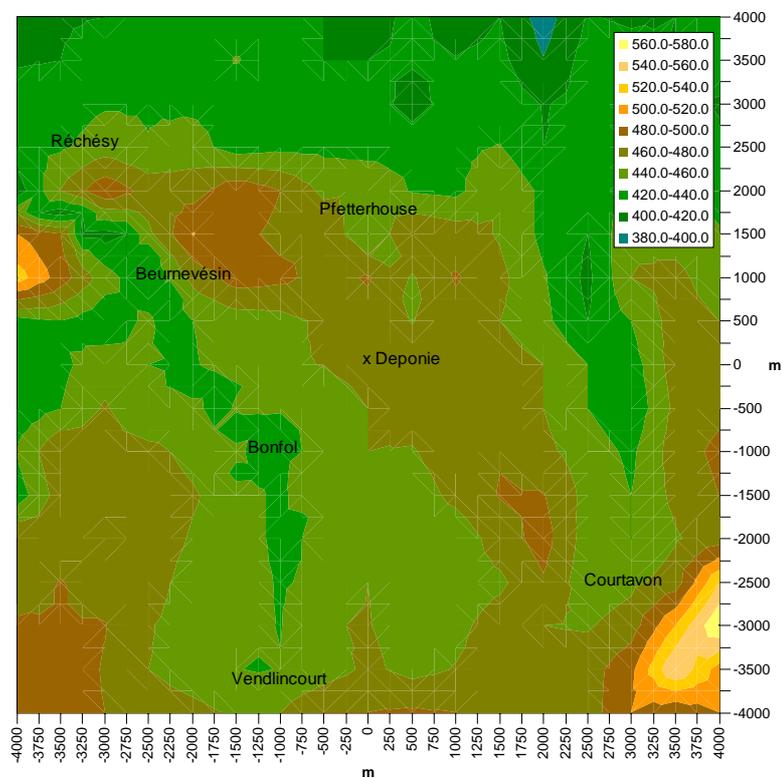


Figure 12

Modèle de terrain utilisé pour le site de Bonfol. Le secteur couvre 4000 m x 4000, la résolution de la trame est de 250 m. Indications de l'altitude en mètres au-dessus du niveau de la mer.

Annexe 3

Données relatives aux émissions

Tableau 1 Données d'émissions pour les calculs de dispersion, avec le benzène comme substance de référence.

Taux d'épuration requis	Emissions selon la modélisation		Emissions en respectant l'OPair	
	Exploitation en activité	Exploitation à l'arrêt	93.4% Exploitation en activité	93.4% Exploitation à l'arrêt
Débit d'air [m ³ /h]	51'000	47'000	51'000	47'000
Débit massique total [kg/h]	14.245	4.912	0.946	0.326
Concentration [mg/m ³]	279	105	16	7
Conc. C organique [mg C/m ³]	156	59	10	4
Débit massique OPair				
Débit massique 1 [kg/h]	5.627	1.940	0.374	0.129
Débit massique 2 [kg/h]	2.954	1.019	0.196	0.068
Débit massique 3 [kg/h]	1.823	0.629	0.121	0.042
Débit massique K3 [kg/h]	3.841	1.324	0.255	0.088
(Benzène 26.5%) [kg/h]	3.774	1.301	0.251	0.086
Concentration OPair				
Concentration 1 [mg/m ³]	110.3	41.3	7.3	2.7
Concentration 2 [mg/m ³]	57.9	21.7	3.8	1.4
Concentration 3 [mg/m ³]	35.8	13.4	2.4	0.9
Concentration K3 [mg/m ³]	75.3	28.2	5.0	1.9

Exploitation en activité:

Pendant 52 semaines, 5 jours/semaine, 16 h/jour

Exploitation à l'arrêt:

Pendant 52 semaines, 5 jours/semaine 8 h/jour et 2 jours/semaine 24 h/jour

Annexe 5

Etude de l'écoulement de l'air dans la halle d'excavation



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

DÉCHARGE INDUSTRIELLE DE BONFOL

ÉTUDE DE L'ÉCOULEMENT DE L'AIR DANS LA HALLE D'EXCAVATION

Dr-Ing. Th. Flassak

Dr-Ing. W. Bächlin

29 septembre 2006
Projet 60670-06-10
Volume du rapport : 56 pages

SOMMAIRE

1	SITUATION INITIALE	1
2	REMARQUES PRÉALABLES SUR LE CONCEPT DE VENTILATION.....	2
3	HALLE D'EXCAVATION.....	4
4	MODES D'EXPLOITATION	8
	4.1 Ventilation lorsque l'exploitation est en activité.....	8
	4.2 Ventilation lorsque l'exploitation est à l'arrêt.....	10
5	DEPRESSION DANS LA HALLE D'EXCAVATION	11
6	TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR DANS LA HALLE D'EXCAVATION.....	14
7	CONCENTRATION DES POLLUANTS DANS LA HALLE D'EXCAVATION	15
8	SIMULATION DES ÉCOULEMENTS DANS LA HALLE D'EXCAVATION.....	18
	8.1 Programme CFD, PHOENICS	18
	8.2 Cas considérés	18
	8.2.1 Exploitation en activité.....	20
	8.2.2 Exploitation à l'arrêt.....	21
	8.2.3 Autres cas	21
9	RESULTATS	22
	9.1 Exploitation en activité.....	22
	9.1.1 Cas T1: sans ventilateurs de circulation, sans stratification thermique.	22
	9.1.2 Cas T2: sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique stable.....	23
	9.1.3 Cas T2S: sans ventilateurs de circulation, stratification thermique stable, température du mur S de 50 °C	25
	9.1.4 Cas T3: Circulation d'air avec ventilateurs au sol, stratification thermique stable.....	30

9.1.5 Cas T4: circulation d'air avec ventilateurs sous toit, stratification thermique stable	31
9.1.6 Cas T5: sans ventilateurs de circulation, stratification thermique instable	33
9.2 Exploitation à l'arrêt	36
9.3 Autres cas.....	40
10 RESUME	42
11 BIBLIOGRAPHIE	48
ANNEXE 1 : DISTRIBUTION DES TEMPERATURES ET DES VITESSES DANS LA HALLE D'EXCAVATION POUR LES CAS T3 ET T4, POUR LES ETATS "EXCAVATION 1" ET "EXCAVATION 2".....	49

Remarques:

Les tableaux et figures sont numérotés par chapitre.

Les indications bibliographiques dans le texte sont notées par le nom et l'année ou par des numéros de référence. Les informations précises se trouvent dans le chapitre bibliographie.

Ce rapport utilise des points décimaux (= présentation scientifique) et non pas des virgules décimales. La séparation des milliers est indiquée par un espace.

1 SITUATION INITIALE

La décharge industrielle de Bonfol (appelée ci-après DIB) en Suisse doit faire l'objet d'un assainissement. Pendant l'assainissement de la décharge, des émissions de gaz et de vapeurs peuvent se produire, notamment pendant l'excavation des déchets et lors de leur transfert interne dans la halle d'excavation.

En raison de la composition prévue de ces émissions, le concept d'assainissement prévoit de réaliser l'ensemble des opérations dans des halles fermées.

Les 2 halles dans lesquelles les déchets sont excavés, préparés et stockés seront dotées d'une installation de ventilation appropriée.

Cette étude a pour but de simuler et d'analyser le concept de ventilation pour la halle d'excavation présenté dans [1] au moyen d'un modèle numérique.

2 REMARQUES PRÉALABLES SUR LE CONCEPT DE VENTILATION

Les deux exigences principales auxquelles la ventilation doit répondre sont :

Exigence 1 (F1) : Maintien de la dépression

Exigence 2 (F2) : Empêcher la formation d'une atmosphère explosible, spécialement localement dans la zone d'excavation et par une accumulation.

Il faut s'attendre à ce qu'**en été**, pendant les heures de jour, une **stratification thermique stable** se forme dans la halle d'excavation, avec des températures plus basses au niveau du sol et plus élevées sous le toit de la halle. "Stable" signifie que les différences de températures verticales ne se réduisent pas d'elles-mêmes et qu'il existe une tendance à ce que cet état demeure, jusqu'à ce que les conditions limites extérieures changent à nouveau (p. ex. la température de l'air extérieur s'abaisse avec la tombée du jour). Dans une telle configuration (stratification thermique stable), les polluants émis **s'accumulent surtout au point le plus bas** de la décharge et peuvent y être captés avec un taux d'extraction élevé.

Comme généralement la température de l'air durant la nuit est moins élevée que pendant le jour, mais que la température du sol dans la halle d'excavation reste à peu près constante, en été, la **stratification thermique stable** dans la halle d'excavation sera **nettement plus réduite** pendant la nuit que le jour. Si la température de l'air frais descend au-dessous de la température du sol de la halle d'excavation, la stratification thermique dans la halle d'excavation devient instable. Une **stratification thermique instable** est une stratification qui se défait d'elle-même (sans l'aide de ventilateurs de circulation d'air), c'est-à-dire que contrairement à la stratification thermique stable, les différences de température verticales s'équilibrent d'elles-mêmes.

Avec une stratification thermique instable, les polluants émis au sol sont relativement plus chauds que la température moyenne de l'air dans la halle; ils s'élèvent donc vers le toit de la halle. Le **taux d'extraction** avec un **captage au point bas** serait **faible**. En conséquence, le taux d'extraction avec un captage au point haut serait plus élevé.

En **hiver**, les différences de température entre le jour et la nuit, et donc les modifications de la stratification thermique dans la halle d'excavation pendant le jour, sont plus petites qu'en été. En hiver, beaucoup plus qu'en été, il faut donc compter avec une stratification thermique instable dans la halle d'excavation. C'est le cas si la température du sol de la halle d'excavation est plus élevée que la température sous le toit de la halle et que la température

de l'air frais. (Les effets d'une stratification thermique instable ont été expliqués ci-dessus.) En hiver, une stratification thermique instable peut se former dans la halle d'excavation, aussi bien le jour que la nuit. Si la température sous le toit de la halle et la température de l'air frais sont plus élevées que la température du sol de la halle d'excavation, une stratification thermique stable peut se former aussi bien le jour que la nuit, même en hiver, mais pas de manière aussi marquée qu'en été.

En été, les cas extrêmes de stratification thermique stable se produiront pendant le jour et, en hiver, les cas extrêmes de stratification thermique instable se produiront pendant la nuit.

En fonction des conditions météorologiques, il faudra donc compter avec **toute une gamme de phénomènes de stratification thermique dans la halle d'excavation**. Pour cette raison, le concept de ventilation doit être conçu et pouvoir être employé de manière flexible.

On peut, dans ce cas, utiliser un système de brassage comprenant les composants suivants :

- Ventilation de la halle avec écoulement principal horizontal, avec entrée et sortie d'air sur les deux murs opposés (principe du piston).
- Captage au point haut et au point bas pour l'évacuation des polluants qui peuvent s'accumuler en ces endroits de par leur densité ou sous les effets de la stratification.
- Système de ventilation (ventilateurs au sol ou sous le toit) pour empêcher des hautes concentrations de polluants allant jusqu'à des atmosphères explosibles dans certains endroits de la halle d'excavation (p. ex. zone de manipulation des déchets ou fouille créée par l'excavation des déchets).

En raison de la gamme de stratifications dans la halle d'excavation, les trois composants mentionnés plus haut doivent être présents.

3 HALLE D'EXCAVATION

La halle d'excavation a une dimension horizontale de 150 m x 120 m. Comme la surface de la décharge est plus grande que celle de la halle, la halle d'excavation doit être déplacée après assainissement de la surface couverte par la halle. Ces deux étapes d'assainissement sont désignées par étape 1 et étape 2. Ce rapport ne traite que de l'étape 1.

La hauteur de la halle d'excavation se situe entre 10.5 m et 12 m au-dessus de l'altitude topographique de 475 m.

La **Fig. 3.1** est une illustration en perspective de la halle d'excavation prévue à l'étape 1 et de la halle de préparation de la DIB, vue depuis l'ouest.

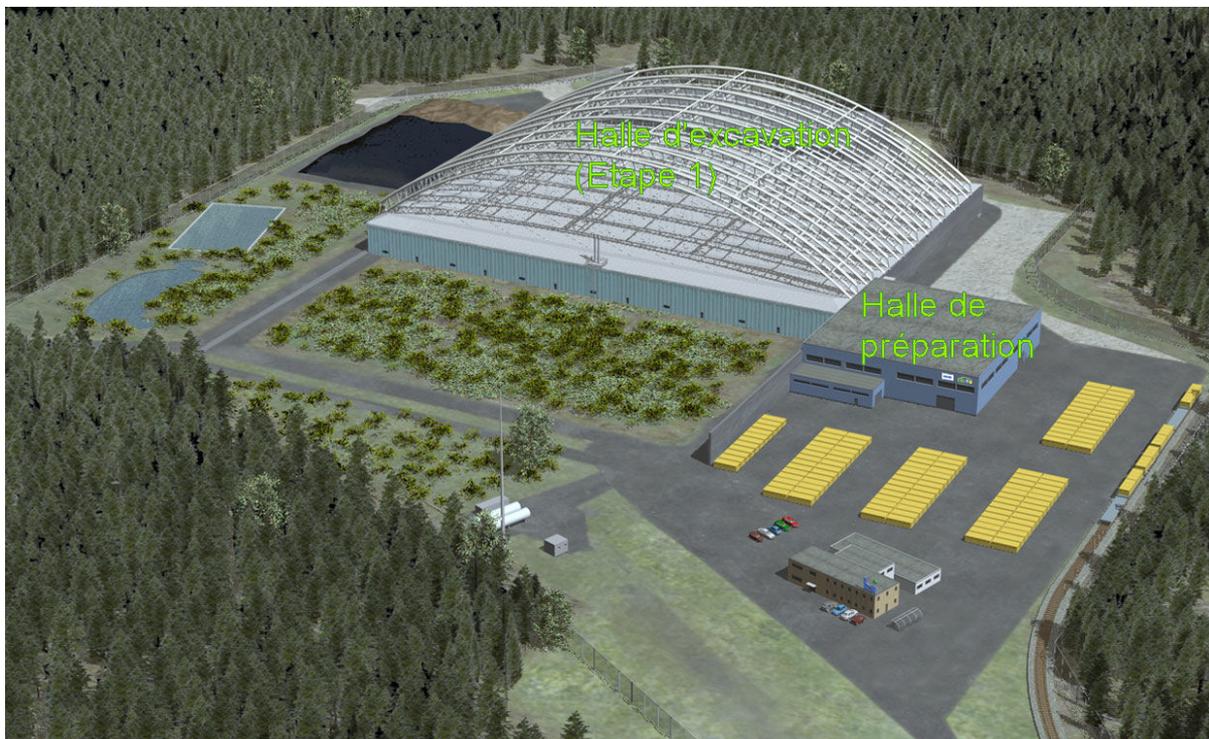


Fig. 3.1: Illustration en perspective de la halle d'excavation prévue (étape 1) et de la halle de préparation de la DIB

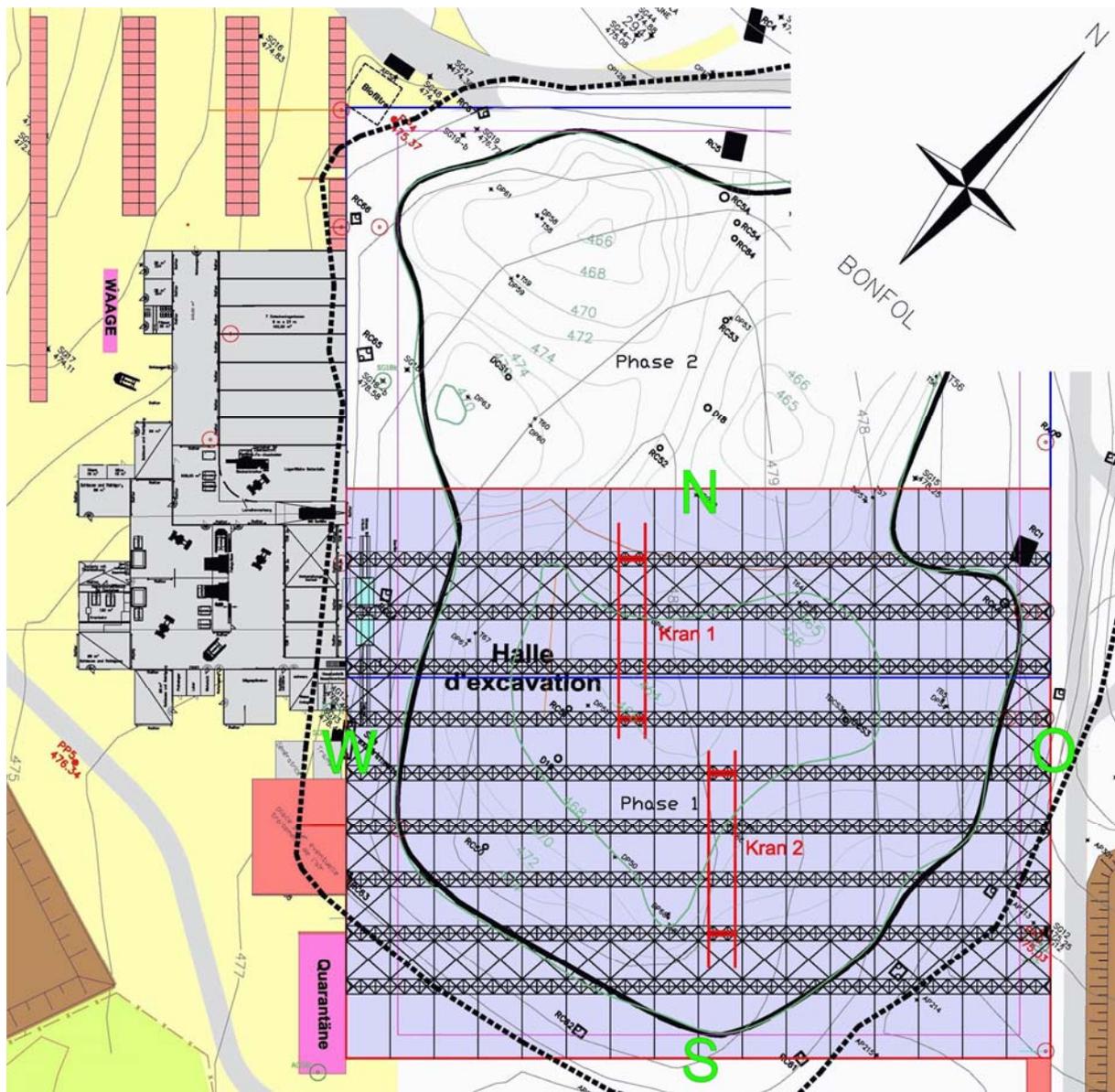


Fig. 3.2: Plan de situation avec la halle d'excavation (étape 1, lilas) et la halle de préparation (gris) de la DIB. Les lignes de niveau du couvercle de la décharge sont représentées en noir, celles de la base de la décharge en vert foncé. Les lettres vertes W, O, N, S désignent les quatre façades de la halle d'excavation.

Le plan de situation de la halle d'excavation et de la halle de préparation est indiqué par la **Fig. 3.2**. Cette figure indique également les lignes de niveau du couvercle de la décharge et celles de la base de la décharge. Les quatre façades de la halle d'excavation sont désignées ci-après par W (ouest), O (est), N, S. Ces indications sont référencées dans la **Fig. 3.2**.

La topographie dans la halle d'excavation est nécessaire pour la modélisation de l'écoulement de l'air. L'excavation des déchets commence côté S et se poursuit en direction

du mur N. Cette étude traite 3 états d'excavation, pour des distances entre le haut du talus du front d'excavation et le mur Sud de 30 m, 60 m et 117 m (état final d'assainissement pour l'étape 1). Ces 3 états sont par la suite désignés par "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3".

La **Fig. 3.3** est une présentation en perspective de la topographie dans la halle d'excavation pour les 3 états d'excavation étudiés (étape 1). La hauteur du couvercle de la décharge a été réduite de 3.5 m.

Le point bas de la base de la décharge se situe à env. 464 m. Le volume d'excavation pour l'étape 1 a été estimé à env. 60 000 m³.

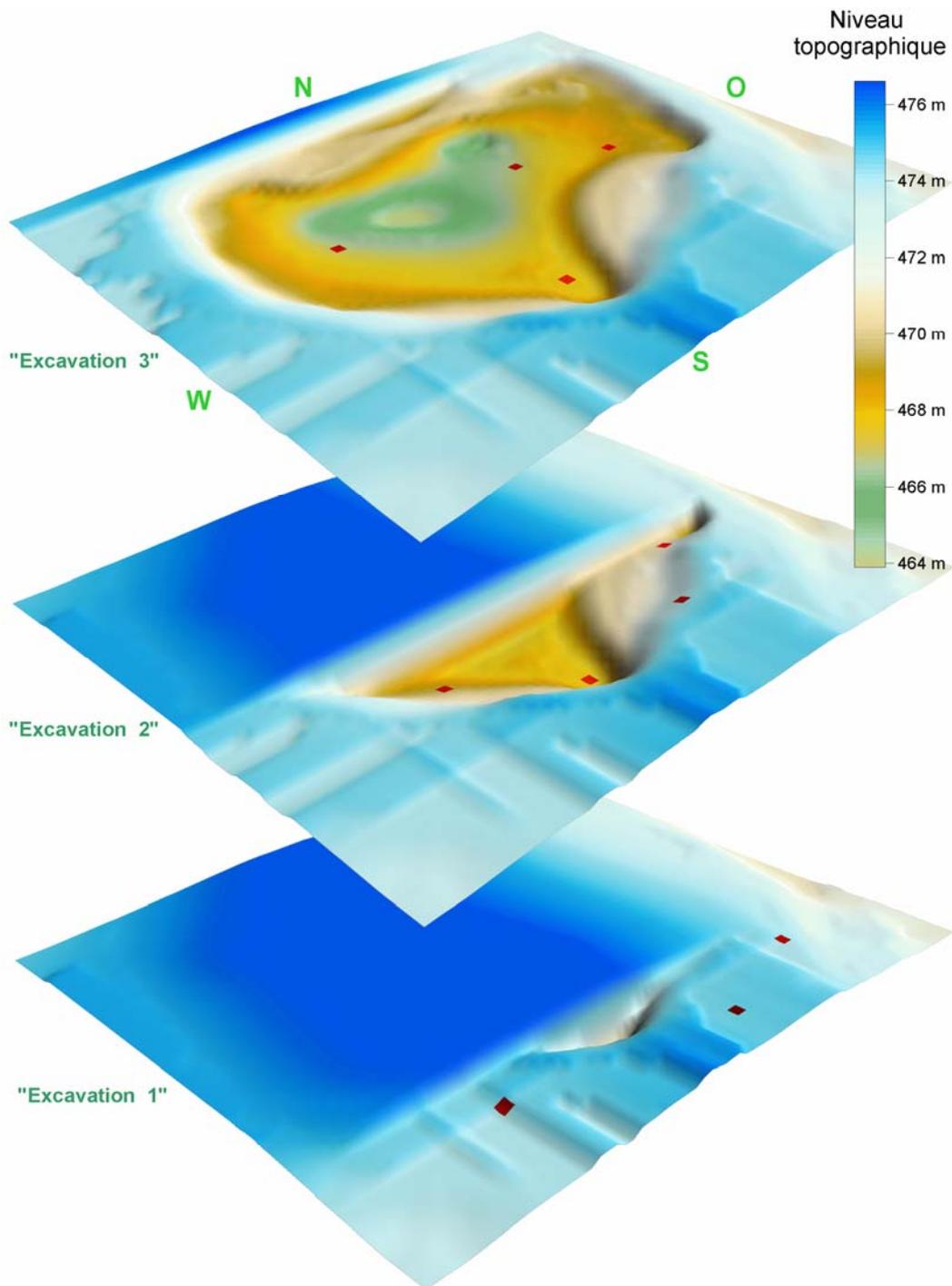


Fig. 3.3: Présentation en perspective de la topographie de la halle d'excavation (étape 1) pour les 3 états d'excavation étudiés (désignés par "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3"). Lettres vertes W, O, N, S: désignent les quatre faces de la halle d'excavation, voir **Fig. 3.2**. Carrés rouges: lieux d'installation des ventilateurs au sol admis pour la simulation (à l'état "Excavation 1" le quatrième ventilateur au sol se trouve dans la base de la décharge et n'est pas représenté sur la figure).

4 MODES D'EXPLOITATION

Dans la halle d'excavation, les modes d'exploitation sont différenciés entre exploitation en activité, conditions particulières et exploitation à l'arrêt. L'exploitation en activité caractérise les périodes d'excavation, les conditions particulières caractérisent les périodes pendant lesquelles du gaz est détecté à une concentration supérieure à 25 % de la LIE et pendant les travaux d'entretien et de transformation. L'exploitation à l'arrêt caractérise les nuits et les fins de semaine.

4.1 Ventilation lorsque l'exploitation est en activité

Il est prévu qu'un débit d'air de 40 000 m³/h est aspiré de la halle, dont 5 000 m³/h dans la zone des wagonnets et 6 000 m³/h dans les captages du point haut et du point bas. Ce débit doit permettre d'assurer une dépression de 20 Pa (voir chapitre 5).

3 000 m³/h doivent être aspirés respectivement au point bas de la fouille et sous le toit de la halle. Ceci permet de capter les polluants qui pourraient éventuellement s'accumuler en fond de fouille ou sous le toit de la halle, afin d'empêcher la formation d'une atmosphère explosible.

En plus des entrées et des sorties d'air dans la halle, il est prévu de faire circuler l'air à l'intérieur de la halle d'excavation (circulation de l'air dans la halle). Ceci est nécessaire afin d'empêcher la formation de stratifications thermiques dans la halle d'excavation, qui pourraient conduire à une accumulation de polluants, surtout en fond de fouille, sous l'effet d'une stratification thermique stable. Il existe deux concepts pour la circulation de l'air dans la halle :

Concept 1: 2 à 4 ventilateurs axiaux au sol avec un débit de 50 000 m³/h chacun, avec, éventuellement, un mouvement oscillant horizontal.

Concept 2: 52 ventilateurs sous toit avec un débit de 8 000 m³/h chacun.

Les **Fig. 4.1** et **Fig. 4.2** illustrent, schématiquement et de manière fortement simplifiée, les directions de l'écoulement de l'air entrant dans et sortant de la halle pour le concept 1 et le concept 2, ainsi que la circulation d'air dans la halle avec un ventilateur au sol ou avec un ventilateur sous toit (sans prise en compte des captages au point haut et au point bas ni du captage dans la zone des wagonnets).

En outre, afin d'empêcher la formation d'une atmosphère explosible, deux ventilateurs supplémentaires pour deux zones d'excavation sont prévus. Ces ventilateurs sont mis en service si les détecteurs Ex fixés sur les grappins détectent une concentration de 25% ou plus de la LIE. Cette situation constitue alors le mode d'exploitation « conditions particulières ». Les deux ventilateurs de protection anti-explosion ne sont pas en service dans le mode de fonctionnement normal de l'exploitation est en activité.

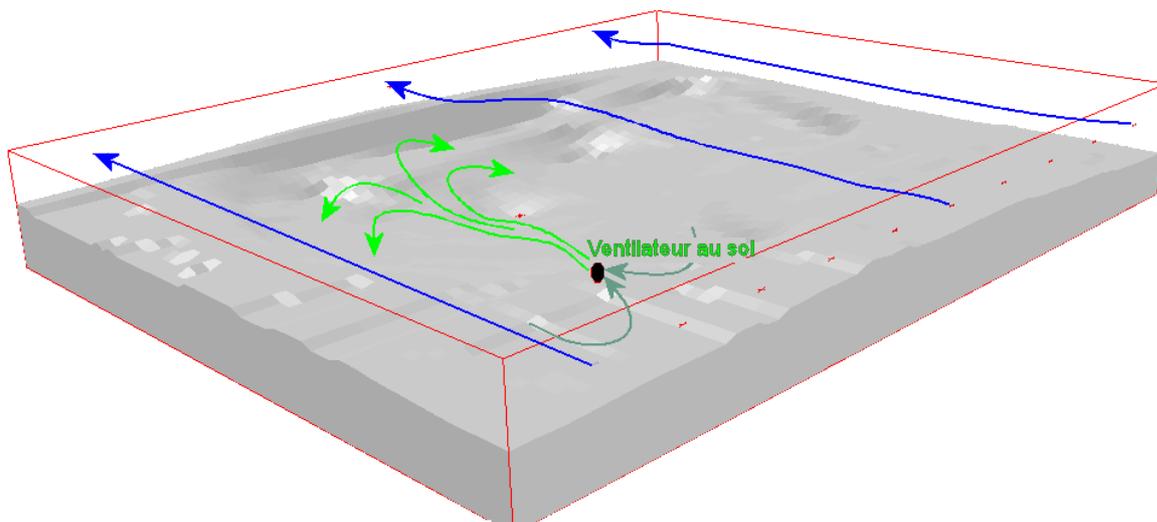


Fig. 4.1 Schéma de principe de la ventilation de la halle pour le concept 1 (sans tenir compte des captages au point haut et au point bas ni du captage dans la zone des wagonnets): **Ventilateur au sol**. La figure ne montre qu'un seul des 2 à 4 ventilateurs prévus au sol. Vert clair : zone de soufflage. Vert foncé : zone de captage. Bleu : direction de l'écoulement d'air entrant et sortant de la halle.

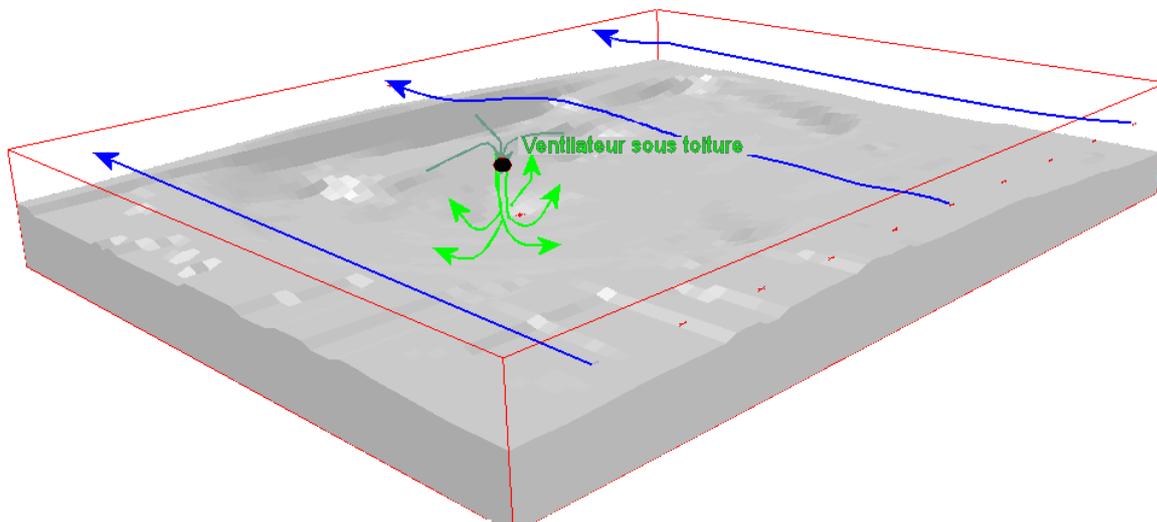


Fig. 4.2 Schéma de principe de la ventilation de la halle pour le concept 2 (sans tenir compte des captages au point haut et au point bas, ni du captage dans la zone des wagonnets): **Ventilateur sous toit**. La figure ne montre qu'un seul des 52 ventilateurs prévus sous toit. Vert clair: zone de soufflage. Vert foncé: zone de captage. Bleu: direction de l'écoulement d'air entrant et sortant de la halle.

4.2 Ventilation lorsque l'exploitation est à l'arrêt

Il est prévu qu'un débit d'air de 36 000 m³/h soit aspiré de la halle, dont 6 000 m³/h dans les captages du point haut et du point bas. Le captage dans la zone des wagonnets est arrêté. Les ventilateurs de circulation au sol ou sous toit sont arrêtés.

Ce débit doit permettre d'assurer une dépression de 20 Pa (voir chapitre 5).

5 DEPRESSION DANS LA HALLE D'EXCAVATION

Dans la halle d'excavation il est prévu de maintenir une dépression de 20 Pa. Cette valeur de dépression est indiquée, par exemple, dans les prescriptions et directives techniques allemandes ou suisses prévues pour le désamiantage (TRGS 519, 2003 [3] et CFST, 2005 [4]). Cette valeur semble ainsi être raisonnable.

La dépression est atteinte par l'air pénétrant dans la halle d'excavation par les ouvertures d'entrées d'air à une certaine vitesse w_e . La dépression dans la halle d'excavation correspond alors à la pression dynamique

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} w_e^2$$

C'est-à-dire que pour atteindre 20 Pa, la vitesse d'entrée doit être d'env. 5.8 m/s. Sans tenir compte de la porosité (trous) et des fuites dans l'enveloppe de la halle, la surface d'entrée d'air devrait être de 1.44 m² pour un débit de 30 000 m³/h (voir [1]). Toutefois, la halle n'est pas complètement étanche. Le toit et les murs de la halle ont des joints et des porosités (trous) non étanches qui peuvent être minimisés de manière constructive, mais qui ne sont pas nuls. Les porosités (trous) et les joints non étanches (les deux seront par la suite nommés porosité totale) de l'enveloppe de la halle font qu'une partie du volume d'air aspiré s'introduit dans la halle d'excavation par ces trous et ces joints non étanches et que, par conséquent, le débit par les ouvertures d'entrée d'air est réduit. A surface d'entrée constante (p. ex. 1.44 m²), la vitesse d'entrée et donc la dépression sont ainsi réduites. Pour maintenir la dépression, la surface de l'ouverture d'entrée d'air doit être diminuée.

Dans [1], la porosité totale admise du toit de la halle est de 0.01 % et la porosité totale des murs est de 0.03 %. Ceci correspond à une surface de fuite d'env. 1.8 m² (= 0.01 % x 150 m x 120 m) dans le toit de la halle et d'env. 1.4 m² (= 0.03 % x (2 x 150 m + 120 m) x 11 m) sur les murs nord et sud, et le mur est. Le mur ouest est un mur massif en béton. On admet que le béton n'a aucune porosité. Au total, la surface de fuite théorique est de 3.2 m². Cette surface est deux fois plus grande que la surface d'entrée de 1.44 m² indiquée plus haut. Toutefois, ces deux surfaces ne peuvent être comparées directement. En raison de la friction, le débit qui traverse les surfaces de fuite est nettement plus petit que le débit dans les ouvertures d'entrée d'air.

La surface de fuite théorique comprend, d'une part, des joints non étanches et, d'autre part, les porosités (trous) de l'enveloppe de la halle. Les murs nord, sud et est de la halle d'excavation sont construits en panneaux sandwich, d'une largeur d'environ 1.12 m. La

longueur des joints qui en résulte est de 4.6 km. On admet qu'il existe d'autres joints d'une longueur totale de 1.4 km. La longueur totale des joints est donc de 6 km. Avec une largeur de joint de 0.4 mm, la même valeur que celle appliquée dans Lohmeyer (2004) [2], la surface de fuite totale due aux joints est de 2.4 m². La surface de fuite due à d'autres défauts d'étanchéités (porosités/trous) est donc de 0.8 m² (= 3.2 m² – 2.4 m²). En admettant un "diamètre de trou" de 0.5 cm, cela correspond à environ 40 000 trous !

Pour les joints et les trous, la relation entre le débit et la différence de pression est modélisée comme en [2]. La **Fig. 5.1** indique la dépression calculée dans la halle d'excavation en fonction du degré d'ouverture des ouvertures d'entrée d'air. Pour le calcul, nous avons admis une surface maximale de 2 m² pour les ouvertures d'entrée d'air (= 100% dans la figure). Les calculs indiquent qu'avec un débit de 30 000 m³/h, la dépression visée est atteinte avec un taux d'ouverture de 30 %, ce qui correspond à une surface de 0.6 m². Avec les ouvertures d'entrée d'air complètement fermées et en tenant compte des hypothèses faites pour la longueur et la largeur des joints, le nombre et la dimension des porosités, une dépression de près de 100 Pa pouvait être atteinte.

Comparé à un débit de 30 000 m³/h et une même dépression, les ouvertures d'entrée d'air doivent être plus ouvertes pour un débit de 40 000 m³/h. (p. ex. env. 63 % au lieu de 30 % pour une dépression de 20 Pa).

Il est supposé, en comparant également d'autres projets en voie de réalisation (Lohmeyer, 2004), que la porosité totale estimée de 0.01 %, respectivement 0.03 % est plutôt surévaluée et qu'elle se situera à des valeurs plus faibles. C'est à dire que dans la **Fig. 5.1** on se situera alors au-dessus des courbes correspondantes avec des dépressions plus importantes. La **Fig. 5.1** (courbe orange) indique le cas extrême, pour un débit de 30 000 m³/h sans porosité. Dans ce cas, la surface nécessaire pour une dépression de 20 Pa, comme déjà indiqué plus haut, est de 1.44 m².

On estime qu'une fois la halle construite, et en fonction de l'exécution de l'ouvrage, le degré d'ouverture nécessaire pour une dépression de 20 Pa se situe dans une zone délimitée dans la **Fig. 5.1** par les lignes rouge et orange.

En prenant pour base les hypothèses ci-dessus, on peut estimer que l'exigence F1 (maintien en dépression) est atteinte aussi bien pour l'exploitation en activité que pour l'exploitation à l'arrêt. En outre, le rapport [1] indique qu'il est possible d'atteindre une dépression de 30 Pa avec un débit d'environ 25 000 m³/h pour une halle comparable.

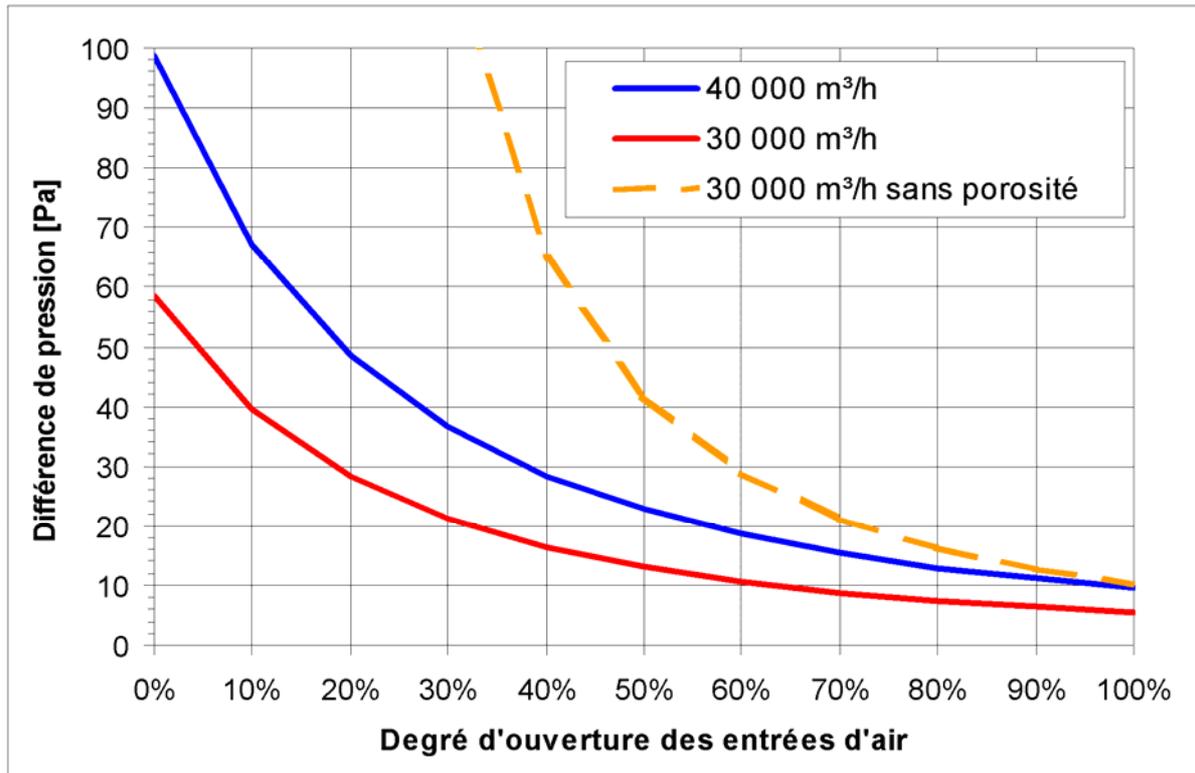


Fig. 5.1: Dépression dans la halle d'excavation en fonction du degré d'ouverture des ouvertures d'entrée d'air. (100 % = 2 m²)

6 TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR DANS LA HALLE D'EXCAVATION

Le volume de la halle jusqu'à la base de la décharge lorsqu'elle est entièrement excavée est d'env. 267 000 m³ (volume maximal). Avec un débit d'air frais de 40 000 m³/h, le taux de renouvellement d'air est d'environ 1/7 par heure. Cela signifie que l'air dans la halle est renouvelé une fois environ toutes les 6.5 heures. C.-à-d. que les émissions ont une **durée de séjour moyenne d'environ 7 h** dans la halle d'excavation.

Il faut s'attendre à ce que, dans certaines conditions météorologiques, surtout en été, une stratification thermique stable se forme dans la halle d'excavation, avec des températures plus basses au niveau du sol et plus élevées sous le toit de la halle. Si une telle stratification thermique stable n'est pas détruite, les polluants émis pourraient s'accumuler au point le plus bas de la fouille, où ils pourraient être aspirés.

Le volume d'excavation maximal dans l'étape 1 est estimé à environ 60 000 m³. Il est prévu un débit d'aspiration au point bas de 3 000 m³/h.

Si l'on **admet** que la stratification thermique provoque une accumulation de tous les polluants à la base de la décharge, le taux de renouvellement d'air dans cette zone résultant du captage au point bas serait de 1/20 par heure pour une excavation maximale. C.-à-d. que les émissions ont au maximum une **durée de séjour moyenne d'environ 20 h**.

En réalité, la durée de séjour moyenne des polluants dans la halle d'excavation se situera environ entre 7 et 20 heures.

7 CONCENTRATION DES POLLUANTS DANS LA HALLE D'EXCAVATION

Ce chapitre traite des concentrations en polluants auxquelles on peut s'attendre dans la halle d'excavation.

Les concentrations de polluants indiquées dans [1], ont été mesurées directement au-dessus du lixiviat de la décharge, au niveau où le lixiviat et l'air sont en équilibre thermodynamique. Ces concentrations s'élèvent jusqu'à 3.5 g/m^3 ou 5 % de la limite inférieure d'explosivité du mélange de polluants émis ($=\text{LIE}_{\text{mélange}}$). Si l'on admet qu'aucune phase de grande surface n'apparaît, **ces valeurs représentent le maximum atteignable thermodynamiquement**. Ces concentrations ne déclencheraient pas le mode d'exploitation « conditions particulières ». Ces concentrations doivent être considérées comme des **limites de concentration théoriques**, qui ne peuvent être dépassées en aucun endroit de la halle d'excavation, **ni lorsque l'exploitation est en activité, ni lorsque l'exploitation est à l'arrêt**. Une accumulation, c.-à-d. des formations de concentrations supérieures à ces concentrations limites en état d'équilibre, n'apparaît pas dans la halle d'excavation. Sur la base de ces réflexions théoriques, **l'exigence F2 est atteinte pour chaque conception de ventilation, aussi bien lorsque l'exploitation est en activité qu'à l'arrêt**. Il faut remarquer qu'en règle générale, les concentrations dans la halle d'excavation seront de plusieurs ordres de grandeur inférieures (estimations, voir ci-dessous), car de l'air s'écoule au-dessus des polluants émis et les émissions seront emportées. De ce fait, le système ne se trouve pas dans un état d'équilibre comme mentionné précédemment. Les concentrations effectives auxquelles on peut s'attendre résultent ainsi d'un bilan de masse des polluants, qui tient compte des taux d'émission et des débits d'air locaux.

Le taux d'émission prévu dans la halle d'excavation lorsque l'exploitation est en activité pour les zones "Surface de la décharge, ouverte manipulée", "Surface de la décharge, ouverte non manipulée" et "manipulation des déchets", est de 0.276 kg/h comme indiqué dans [1]. Le taux d'émission dans la zone des wagonnets lorsque l'exploitation est en activité est de 0.058 kg/h . Un captage spécial est prévu pour ces émissions.

Dans [1] sont indiquées les concentrations lorsque l'exploitation est en activité et à l'arrêt. Pour l'exploitation en activité, on admet que le taux d'extraction aux points haut et bas se situe à 66 %. Les concentrations vont de 3 à 30 mg/m^3 ou jusqu'à un maximum de 0.04 % de la $\text{LIE}_{\text{mélange}}$.

Les débits admis semblent donc suffisants pour répondre à l'exigence 2 (F2, voir chapitre 2). Lorsque l'exploitation est à l'arrêt, les émissions, et donc aussi les concentrations, sont moins élevées. Ainsi cette affirmation est également valable pour l'exploitation à l'arrêt.

Notre expérience nous montre que la valeur de 66 % admise pour le taux d'extraction aux points haut et bas, est trop élevée. Lorsque l'exploitation est en activité (avec les ventilateurs de circulation d'air dans la halle en marche) nous admettons plutôt une valeur plus petite. Le cas avec un taux d'extraction de 0 % est traité ci-dessous comme cas extrême E2.

Deux cas extrêmes sont étudiés ci-après.

Cas extrême 1 (E1) : La stratification thermique stable empêche complètement le brassage vertical des polluants émis et les ventilateurs pour la circulation d'air dans la halle sont arrêtés ou ne suffisent pas à détruire cette stratification. On admet de manière **pessimiste**, que toutes les émissions (hormis les émissions de manipulation dans la zone des wagonnets) sont évacuées uniquement par le captage du point bas de la halle d'excavation. Le taux d'extraction au point bas serait alors de 100 %. La ventilation de la halle n'emporte aucun polluant (la concentration serait nulle). Pour le cas E1, la concentration au captage du point bas serait de :

$$C_{E1} = 0,276 \text{ kg/h} / 3\,000 \text{ m}^3/\text{h} = 92 \text{ mg/m}^3.$$

Cette concentration correspond à 0.1 % de la $LIE_{\text{mélange}}$. Ces concentrations ne déclencheraient pas le mode d'exploitation « conditions particulières ». La concentration est environ la moitié de celle estimée dans la zone de préparation. Il ne faut pas s'attendre à des concentrations plus élevées dans la halle d'excavation, aussi lorsque l'exploitation est à l'arrêt. Il est à remarquer que la halle d'excavation, dans ce cas théorique extrême, ne peut se remplir avec cette concentration que jusqu'au niveau où se trouvent les ouvertures de sortie d'air pour la ventilation de la halle, mais pas jusqu'au toit. Pour cette raison, la hauteur des ouvertures de sortie d'air devrait être aussi basse que possible.

Cas extrême 2 (E2) : la ventilation de la halle fonctionne de manière optimale et fait en sorte que toutes les émissions (hormis les émissions de manipulation dans la zone des wagonnets) soient distribuées uniformément dans toute la halle d'excavation. Dans ce cas E2, la concentration serait de

$$C_{E2} = 0,276 \text{ kg/h} / 40\,000 \text{ m}^3/\text{h} = 7 \text{ mg/m}^3.$$

Cette concentration correspond à 0,01 % de la $LIE_{\text{mélange}}$. Cette valeur de concentration se retrouverait également aux captages des points haut et bas.

La plage de concentration des polluants se situe ainsi entre 0 et 7 mg/m³ pour l'air extrait de la halle et entre 7 et 92 mg/m³ pour le captage au point bas.

Il n'est pas possible d'indiquer une plage correspondante pour le captage au point haut. Mais la concentration n'est pas supérieure à 92 mg/m³ (cas extrême E1 inverse). Un captage au point haut devrait cependant être installé dans tous les cas, afin d'empêcher que les émissions ne s'accumulent sous le toit de la halle. Par analogie avec le captage au point bas, un débit de 3 000 m³/h devrait convenir.

Pour conclure, on constate que même en tenant compte du cas extrême E1, les débits admis pour l'aération de la halle et spécialement pour les captages aux points haut et bas sont suffisants pour répondre à l'exigence 2, (F2, voir chapitre 2).

Les résultats des simulations, effectuées spécialement pour la stratification thermique stable, sont présentés ci-dessous. L'aspect principal est le mode d'action des ventilateurs au sol et sous toit.

8 SIMULATION DES ÉCOULEMENTS DANS LA HALLE D'EXCAVATION

8.1 Programme CFD, PHOENICS

La simulation des écoulements dans la halle d'excavation a été réalisée avec le programme PHOENICS (voir www.cham.co.uk).

PHOENICS ("P"arabolic, "H"yperbolic "O"r "E"lliptic "N"umerical "I"ntegration "C"ode "S"eries) est un système de programme pour la simulation des processus de transport des masses et des chaleurs dans des liquides et des gaz. Ce programme a été développé dans le but de créer un programme standard fiable, qui intègre les lois physiques parfaitement définies de la mécanique des fluides, afin de permettre une simulation numérique.

Les processus d'écoulements tridimensionnels complexes qui se produisent p. ex. dans les chambres de combustion des moteurs ou des turbines, lors d'écoulements autour d'obstacles, mais aussi en météorologie et en hydrologie peuvent être modélisés avec PHOENICS.

Le programme PHOENICS doit permettre à l'utilisateur de ne pas devoir entièrement programmer la physique de son objet d'étude. La création d'une entrée de données est assistée par des données prédéfinies et une interface utilisateur par menu. Pour l'utilisateur avancé, il existe en outre la possibilité d'introduire ses propres lois dans le code programme (p. ex. des modèles de turbulence propres à l'utilisateur). Le programme PHEONICS est capable, entre autres, de prendre en compte les propriétés d'écoulement suivantes :

- laminaire ou turbulent,
- compressible ou non compressible,
- constant ou intermittent,
- chimiquement inerte ou réactif,
- une phase ou multi-phase.

8.2 Cas considérés

Pour la simulation de l'écoulement dans la halle d'excavation avec PHOENICS, un quadrillage avec une taille de maille de 1 m en direction horizontale et, en moyenne, de

0.5 m en direction verticale a été choisi. En direction verticale, la taille de maille dans la zone des ouvertures d'entrée d'air et des ventilateurs de circulation est en partie réduite.

Pour la simulation, il a été admis que l'air extérieur est aspiré dans la halle par dix ouvertures d'entrée d'air, placées régulièrement à même hauteur sur le mur sud. La vitesse d'entrée moyenne est de 6 m/s. Trois ouvertures sur le mur nord sont prévues pour l'évacuation de l'air de la halle d'excavation.

Il faut remarquer que le nombre d'ouvertures d'entrée d'air doit être élevé, afin de parvenir à un phénomène d'écoulement en piston, du mur sud au mur nord.

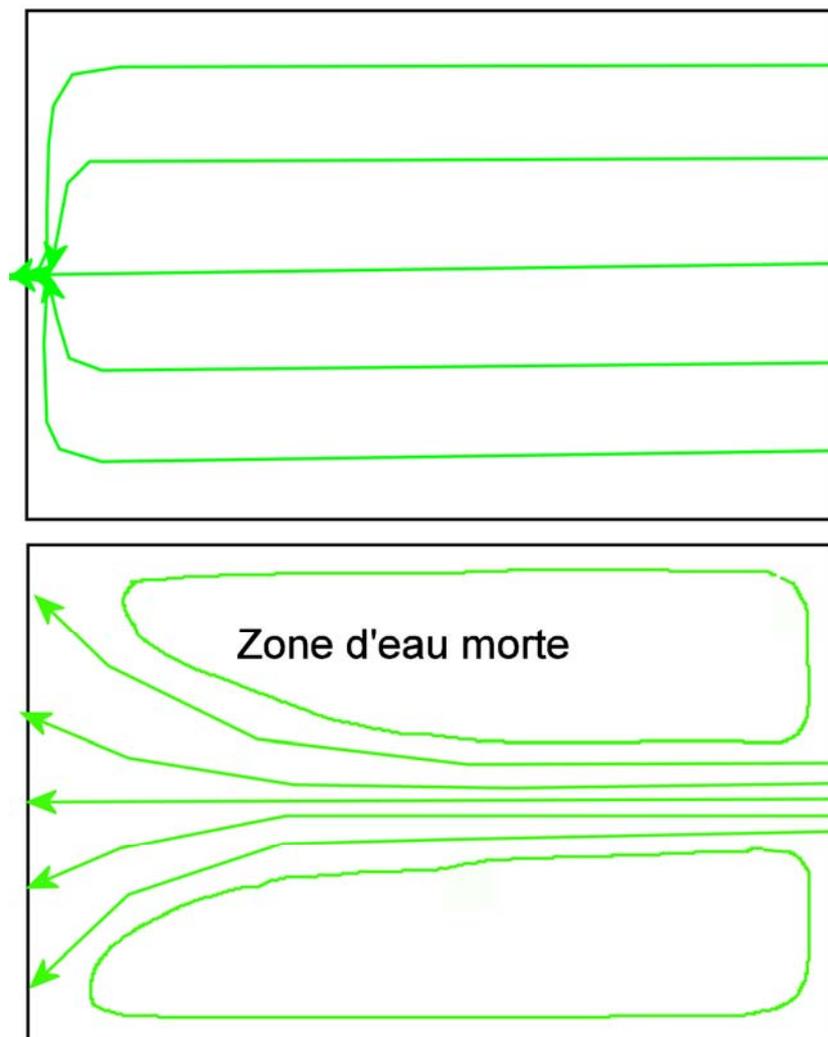


Fig. 8.1 Schéma de principe de l'écoulement dans la halle, avec, en haut, de nombreuses ouvertures d'entrée d'air et peu d'ouvertures de sortie d'air et, en bas, peu d'ouvertures d'entrée d'air et de nombreuses ouverture de sortie d'air.

Le nombre d'ouvertures de sortie d'air sur le mur nord peut par contre être inférieur au nombre d'ouvertures d'entrée d'air (voir **Fig. 8.1**). Si le nombre d'ouvertures d'entrée d'air est petit par rapport aux ouvertures de sortie d'air, des zones d'eaux mortes non souhaitées peuvent se former. Nous recommandons de ne pas choisir un nombre d'ouvertures de sortie d'air inférieur à trois.

La hauteur des ouvertures de sortie d'air de la halle doit être aussi basse que possible. (Voir les raisons au chapitre 7, remarque pour cas extrême E1). De même, la hauteur des ouvertures d'entrée d'air doit être basse, afin que le flux d'air frais puisse emporter les polluants qui se retrouvent principalement à proximité du sol à cause de la stratification thermique stable.

Pour simuler la **stratification thermique stable** dans la halle d'excavation, on admet une température au sol de 15 °C, une température de l'air frais de 25 °C et une température sous toit de 50 °C. Cette situation apparaît pendant **les jours d'été**, mais **pas en hiver**. Une variante a été testée avec une température du mur sud de 50 °C (voir **Fig. 3.2**). A par cela, les murs de la halle ont été admis comme étant adiabatiques (c.-à-d. qu'il n'y a pas d'apport d'énergie dans la halle par les murs).

Pour simuler la **stratification thermique instable** dans la halle d'excavation, on admet une température au sol de 15 °C, une température de l'air frais de 0 °C et une température sous toit de 0 °C. C'est une situation qui, **en hiver**, peut apparaître pendant toute la journée (c.-à-d. aussi bien lorsque l'exploitation est en activité qu'à l'arrêt), mais **pas en été**.

8.2.1 Exploitation en activité

Les cas suivants ont été simulés lorsque l'exploitation est en activité:

- T1: Sans ventilateurs de circulation, sans stratification thermique, uniquement pour l'état "Excavation 3".
- T2: Sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique stable, uniquement pour l'état "Excavation 3".
- T2S: Comme pour T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C.
- T3: Concept de circulation d'air avec quatre ventilateurs au sol, avec stratification thermique stable, position d'installation voir **Fig. 3.3**, pour les états "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3".
- T4: Concept de circulation d'air avec 52 ventilateurs sous toit, avec stratification thermique stable, pour les états "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3".

T5: Sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique instable, uniquement pour l'état "Excavation 3".

Dix simulations ont été réalisées pour l'exploitation en activité. Les résultats sont traités pour l'état final de l'étape 1 (= "Excavation 3"), les résultats pour les deux autres états d'excavation ("Excavation 1" et "Excavation 2"), pour les cas T3 et T4, se trouvent en annexe.

Il est prévu que le flux des ventilateurs au sol change de direction en fonction du temps (c.-à-d. qu'ils oscillent). Comme dans le programme PHOENICS la direction du flux des ventilateurs ne peut être modifiée en fonction du temps, la surface de sortie a été augmentée en conséquence, afin de pouvoir modéliser cet effet. Pour la simulation, les ventilateurs au sol ont été positionnés dans la fouille de la décharge (voir **Fig. 3.3**).

8.2.2 Exploitation à l'arrêt

Pour simuler l'exploitation à l'arrêt, une simulation non stationnaire (= fonction du temps) a été effectuée. Comme situation initiale, il a été admis que la température de l'air dans la halle d'excavation était constante à 25 °C. La température de l'air frais aspiré dans la halle et la température sous toit sont également de 25 °C. La température au sol est de 15 °C. Les températures de l'air frais, du sol et sous toit sont gardées constantes pendant la simulation. Les ventilateurs de circulation ne sont pas en marche. L'entrée et la sortie d'air de la halle ainsi que les captages aux points haut et bas sont définis comme il est décrit dans le chapitre. 4.2. Un épisode de huit heures a été calculé.

Le but de la simulation est de déterminer la durée nécessaire pour qu'une stratification thermique stable s'établisse dans la halle d'excavation.

Le cas T5 est également important pour l'exploitation à l'arrêt. Ce qui est intéressant ici, c'est, entre autres, l'ordre de grandeur des écoulements verticaux, surtout à proximité des murs et l'influence de ces écoulements verticaux sur le flux d'air frais.

8.2.3 Autres cas

Une simulation supplémentaire a été effectuée, dans laquelle un ventilateur de protection Ex est en marche. A part cela, le cas est identique au cas T2 pour l'état "Excavation 3". La distance entre le ventilateur de protection Ex et le bas du talus du front de déchets est d'environ 10 m.

9 RESULTATS

Les figures suivantes montrent la distribution calculée de la température (sauf pour le cas T1) et la vitesse dans plusieurs plans verticaux pour l'état "Excavation 3" (= état final d'assainissement dans l'étape 1). Deux plans verticaux, du mur ouest au mur est, et 4 plans verticaux, du mur sud au mur nord, sont représentés à chaque fois.

Les températures sont représentées dans la plage de 15 à 25 °C (resp. de 15 à 30 °C pour le cas T2S et de 0 à 15 °C pour le cas T5) et les vitesses dans la plage de 0 à 1 m/s. Dans les figures, les plages avec des températures supérieures à 25 °C et des vitesses supérieures à 1 m/s ne sont pas colorées et sont transparentes.

Les résultats pour les deux autres états d'excavation étudiés, "Excavation 1" et "Excavation 2", pour les cas T3 et T4, se trouvent en annexe.

Pour le cas T2S, en plus de la présentation des températures et des vitesses mentionnée précédemment, la distribution des vitesses est également présentée sous forme de vecteurs (= flèches de vitesse) à proximité du mur sud.

9.1 Exploitation en activité

9.1.1 Cas T1: sans ventilateurs de circulation, sans stratification thermique

La **Fig. 9.1** montre la distribution calculée de la vitesse pour le cas T1 (sans ventilateurs de circulation, sans stratification thermique).

Les vitesses dans la halle d'excavation sont très faibles, sauf dans les zones où le flux d'air frais agit. La vitesse moyenne dans les plans verticaux, du mur ouest au mur est, est de quelques millimètres par seconde. Aucune augmentation significative de la vitesse n'est constatée près des talus.

Ce cas ne montre pas la distribution des températures, car on suppose que toutes les températures (au sol, de l'air frais, sous toit et des murs) sont égales. Il n'y a ainsi pas d'influence d'une quelconque stratification.

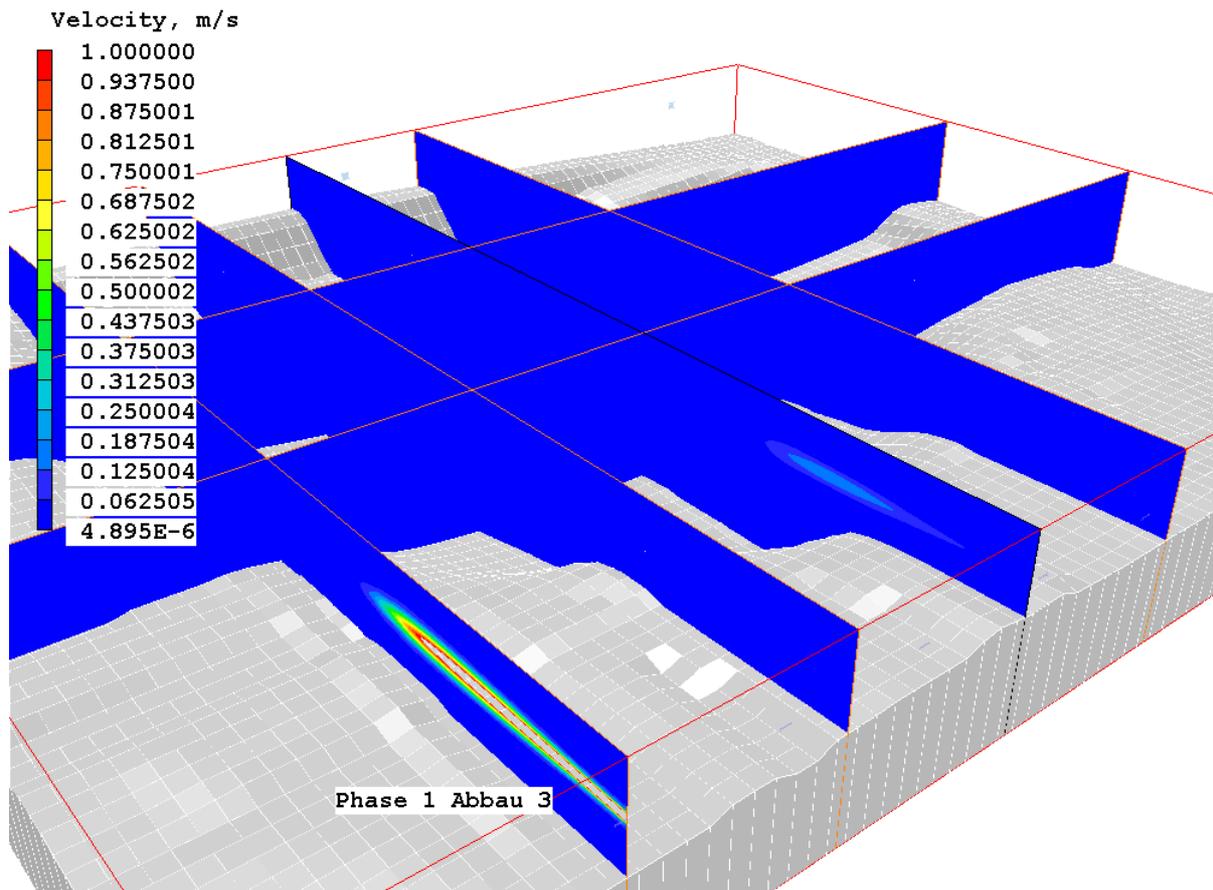


Fig. 9.1: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T1.

9.1.2 Cas T2: sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique stable

Le cas T2 sert de référence pour la comparaison des cas T3 et T4 (stratification thermique stable, sans circulation d'air dans la halle). **Fig. 9.2** resp. **Fig. 9.3** indiquent la distribution théorique des températures et des vitesses pour ce cas. Une stratification thermique stable importante se forme. Au-dessus des cuvettes, on peut remarquer des écoulements locaux induits par de l'air refroidi, qui perturbent la stratification de température localement et à proximité du sol mais ne la défont pas.

La portée du flux d'air frais est plus grande, car la stratification thermique stable amortit les turbulences dans la halle d'excavation. La diminution de vitesse dans un flux d'air frais a été comparée en [2] avec une solution analytique; elles correspondent bien. Comparé au cas T1, le flux d'air frais s'écoule plus haut à cause du mouvement ascendant (c.-à-d. qu'il se rapproche du toit de la halle).

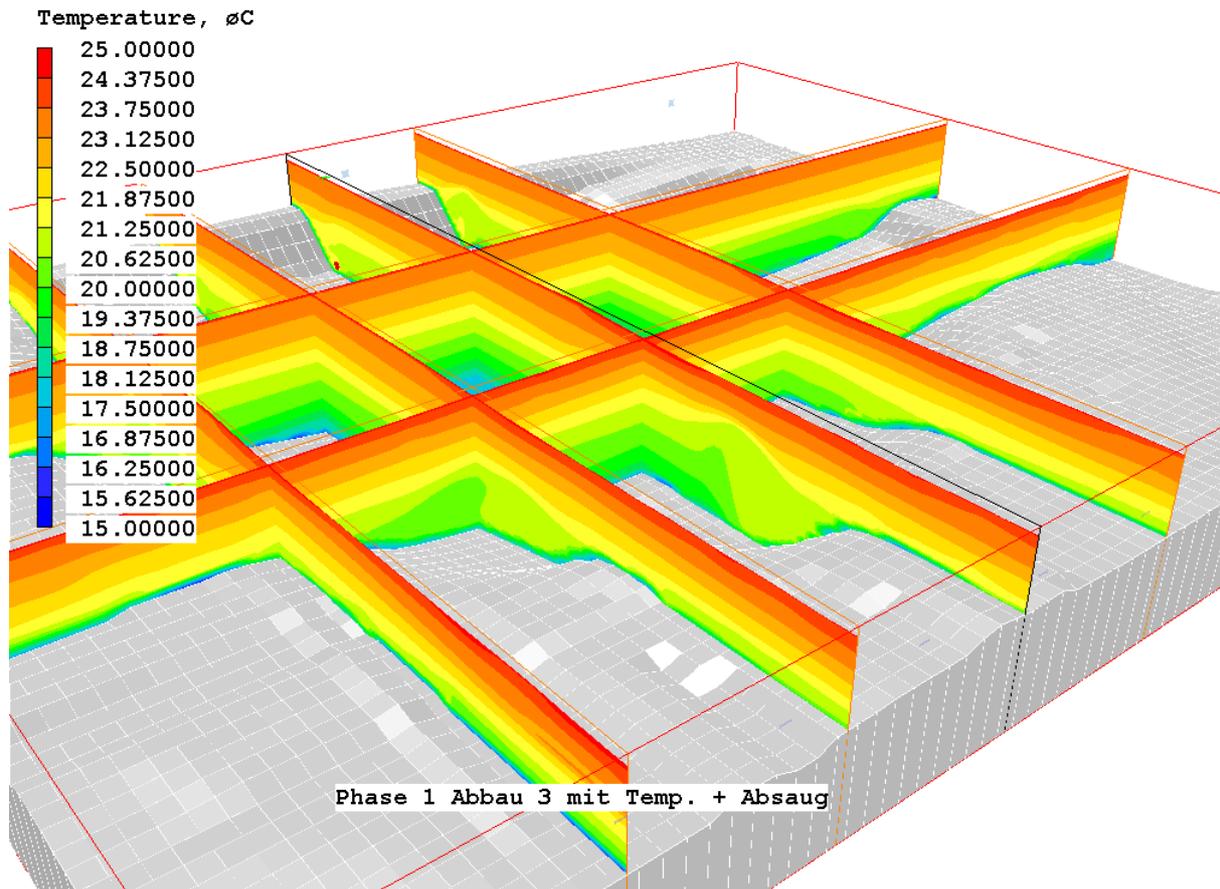


Fig. 9.2: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T2.

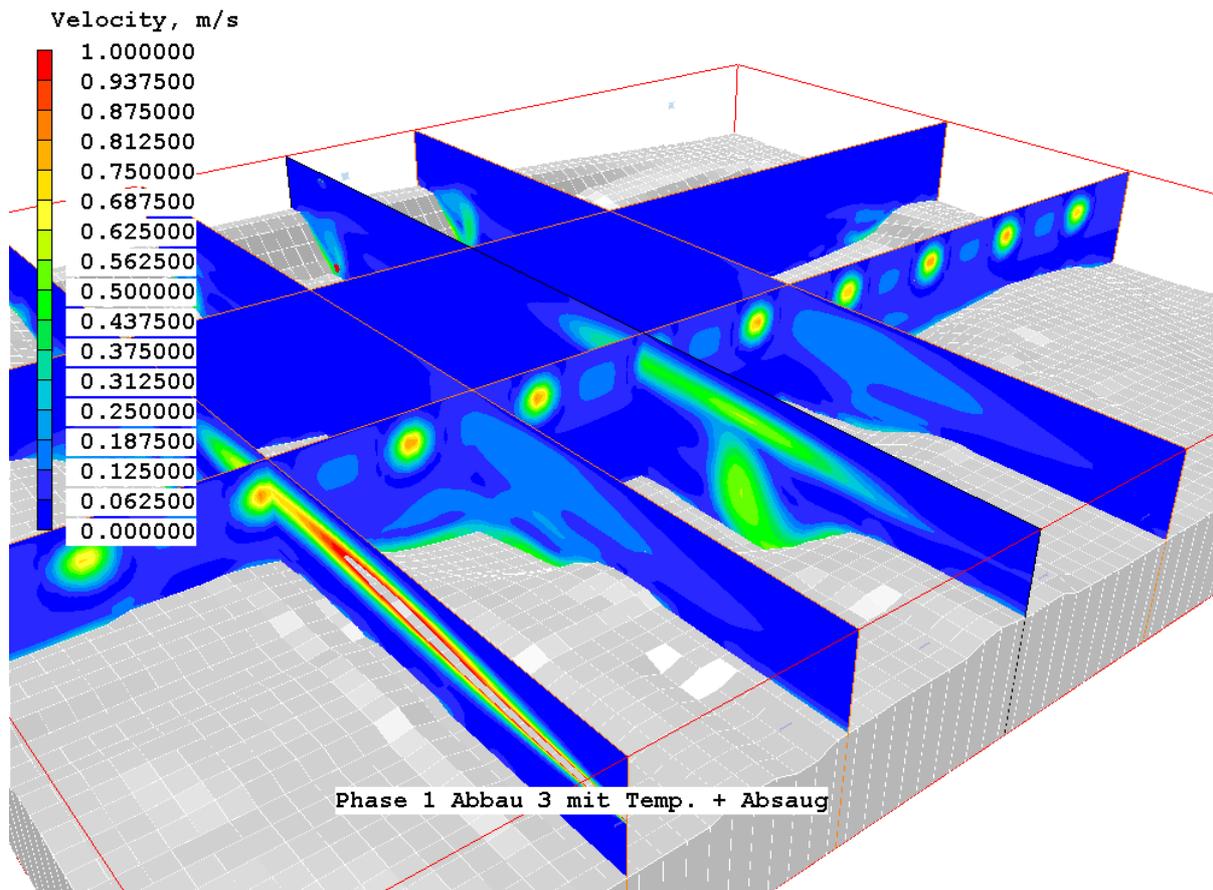


Fig. 9.3: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T2.

9.1.3 Cas T2S: sans ventilateurs de circulation, stratification thermique stable, température du mur S de 50 °C

Fig. 9.4 et **Fig. 9.5** indiquant la distribution théorique des températures et des vitesses pour ce cas. Comparé au cas T2, il y a peu de différences dans la distribution des vitesses, sauf quelques écarts locaux. Comme pour le cas T2, une stratification thermique stable très marquée se forme dans la halle d'excavation. La stratification thermique stable est plus fortement marquée que dans le cas T2. La raison en est qu'une plus grande quantité "d'air chaud" est produite (par un apport énergétique supplémentaire du mur sud) et qu'elle s'accumule sous le toit.

L'influence du mur sud chaud sur l'écoulement dans la halle est mise en évidence dans les **Fig. 9.6** et **Fig. 9.7**. Ces deux figures indiquent la distribution des vitesses au moyen de vecteurs à proximité du mur sud, une fois dans la zone d'une ouverture d'entrée d'air et

l'autre fois dans la zone située entre 2 ouvertures d'entrée d'air. On peut remarquer que jusqu'à une distance d'env. 20 cm, le mur chaud induit une vitesse verticale allant jusqu'à 0.5 m/s, mais que plus loin il n'exerce aucune influence significative sur l'écoulement dans la halle d'excavation. Le flux d'air frais n'est pas influencé de manière significative par l'air chaud montant.

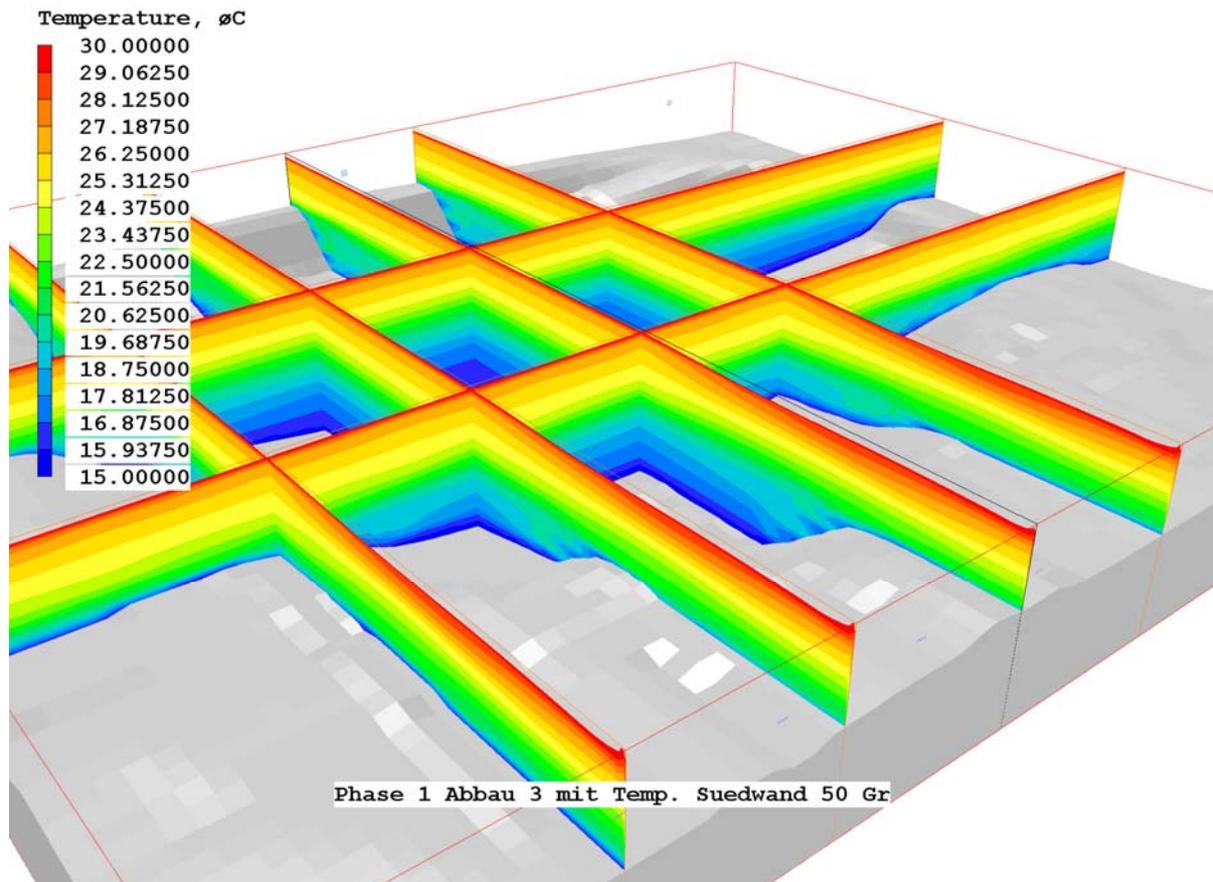


Fig. 9.4: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 30 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T2S (comme pour le cas T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C).

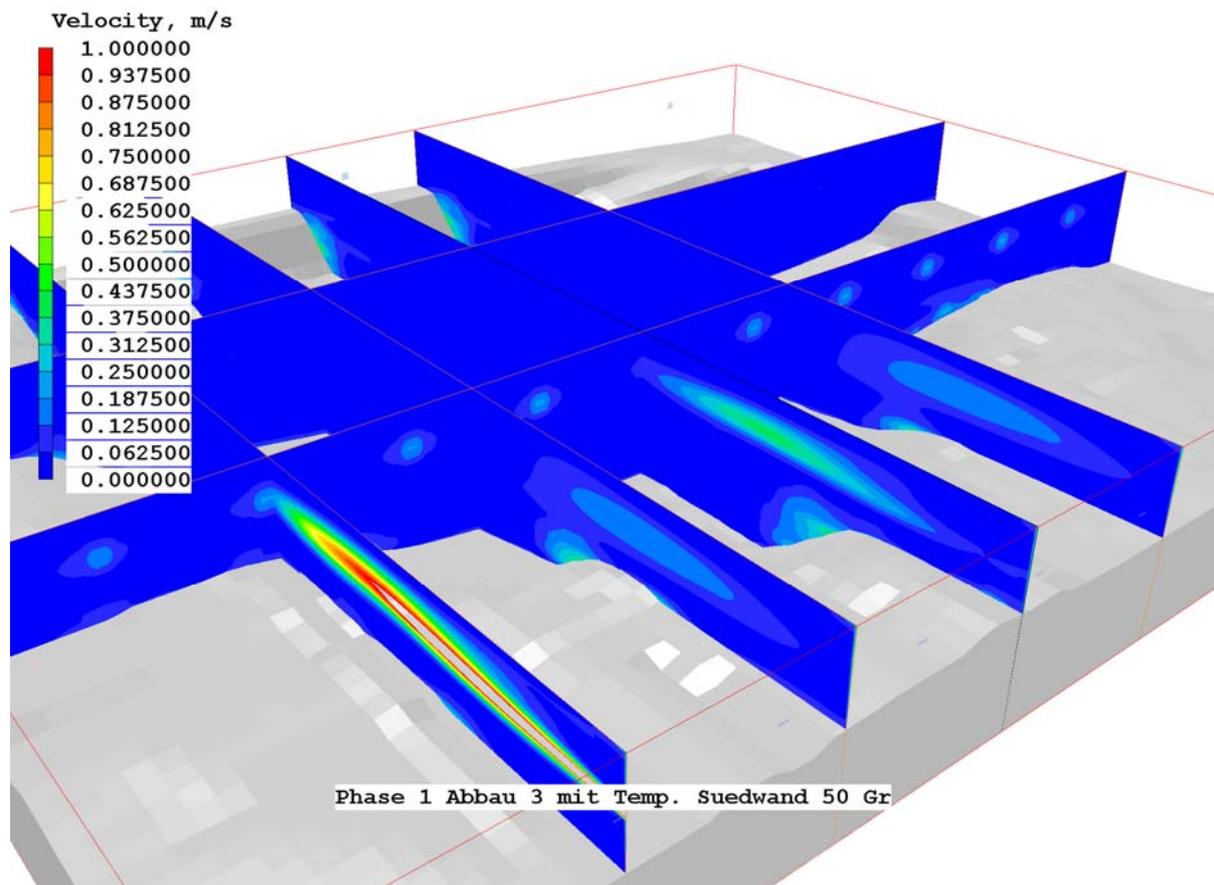


Fig. 9.5: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T2S (comme pour le cas T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C).

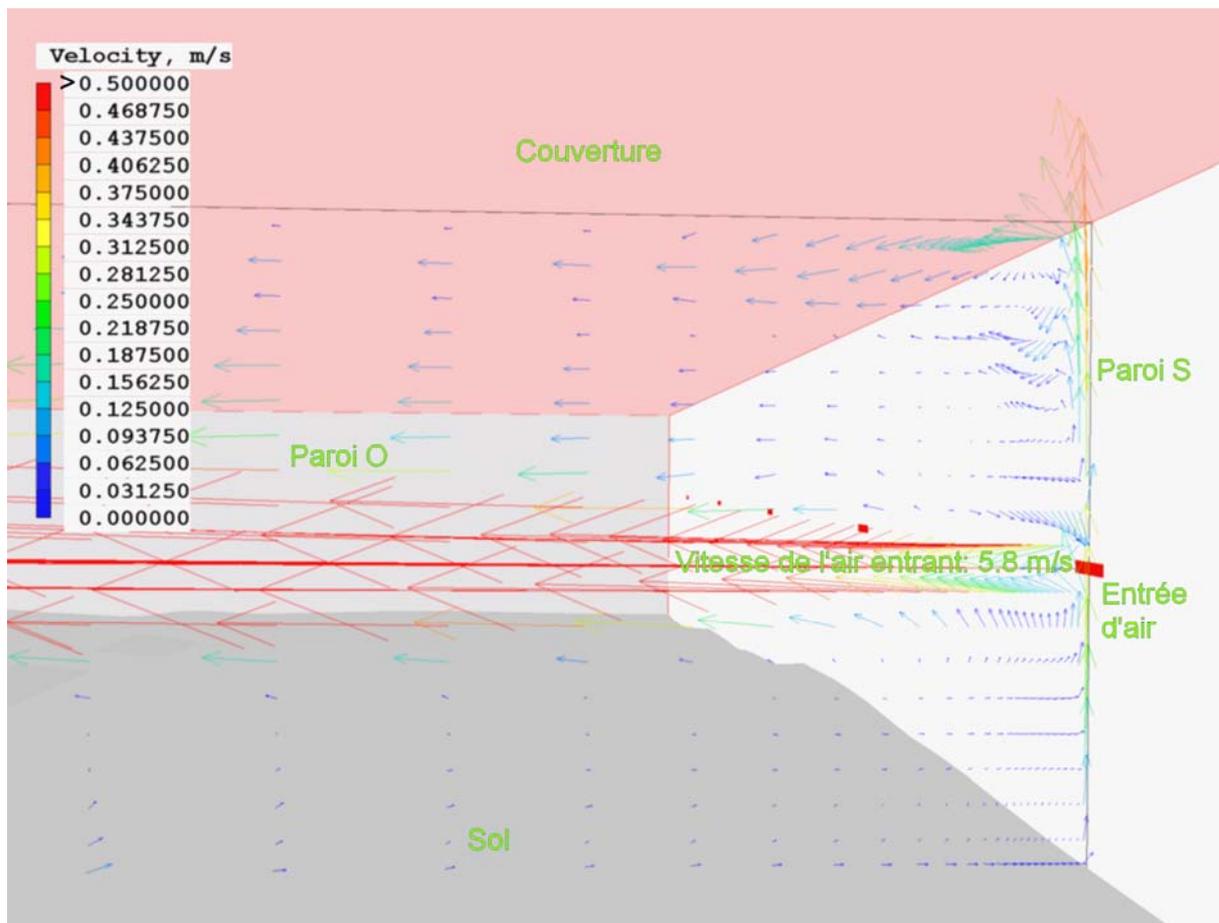


Fig. 9.6: Distribution des vitesses sur un plan vertical de la halle d'excavation **représentée en trois dimensions**, à proximité du mur sud (indiqué en blanc sur la figure) et dans la zone d'une ouverture d'entrée d'air. Les flèches de vitesse indiquant une vitesse supérieure à 0.5 m/s sont représentées en rouge. Cas T2S (comme pour le cas T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C). Paroi O signifie paroi Est.

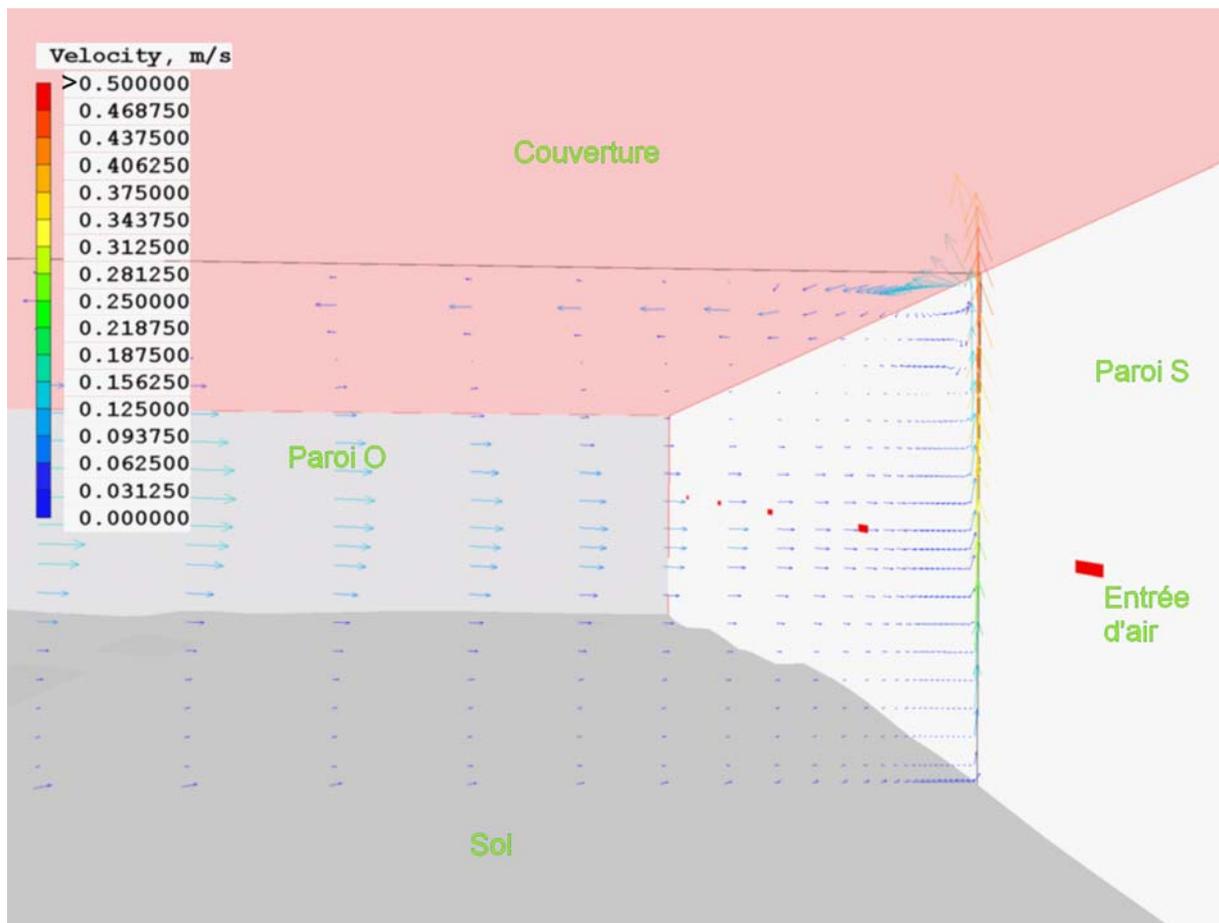


Fig. 9.7: Distribution des vitesses sur un plan vertical de la halle d'excavation **représentée en trois dimensions**, à proximité du mur sud (indiqué en blanc sur la figure) et dans la zone située entre deux ouvertures d'entrée d'air. Les flèches de vitesse indiquant une vitesse supérieure à 0.5 m/s sont représentées en rouge. Cas T2S (comme pour le cas T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C). Paroi O signifie paroi Est.

9.1.4 Cas T3: Circulation d'air avec ventilateurs au sol, stratification thermique stable

Les Fig. 9.8 resp. Fig. 9.9 indiquent la distribution calculée des températures et des vitesses pour le cas T3. Les ventilateurs au sol agissent de telle manière que la stratification dans la fouille créée par l'excavation des déchets est diminuée. Mais au dessus, une stratification thermique stable très marquée demeure dans la halle d'excavation. Les ventilateurs au sol ne sont donc pas en mesure de détruire complètement la stratification thermique stable dans la halle d'excavation. Le taux d'extraction au captage du point bas ne sera que légèrement inférieur à celui du cas T2. Toutefois, des pointes de concentration locales dans la fouille seront dissipées.

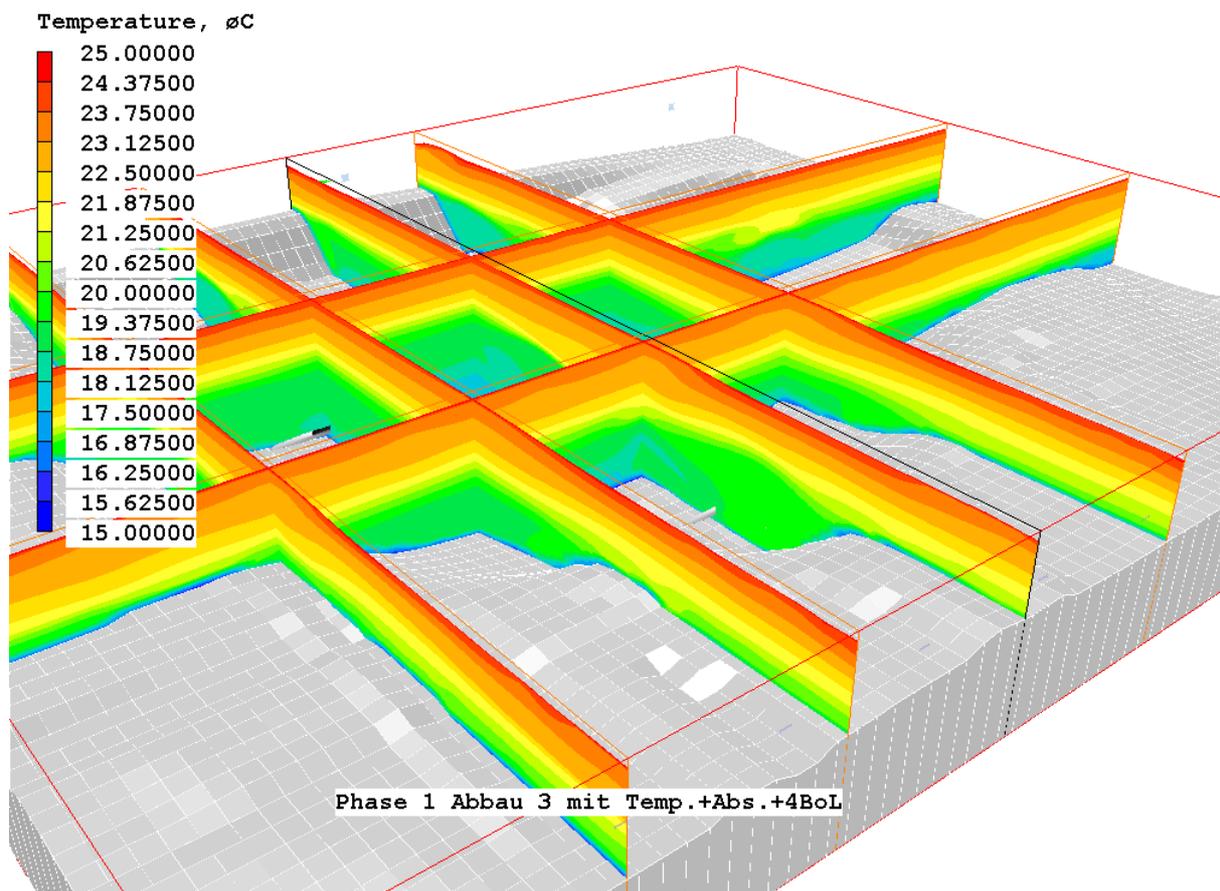


Fig. 9.8: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3.

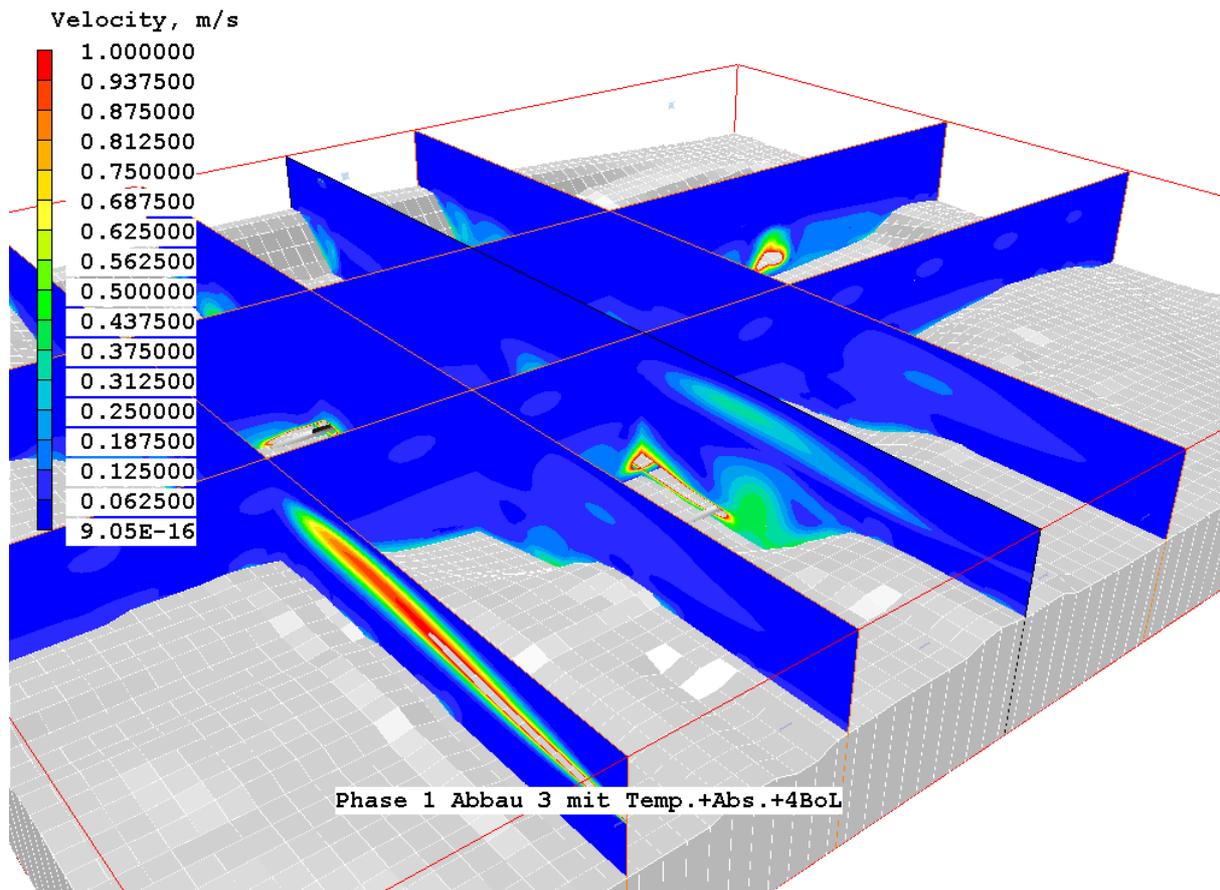


Fig. 9.9: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3.

9.1.5 Cas T4: circulation d'air avec ventilateurs sous toit, stratification thermique stable

Les **Fig. 9.10** resp. **Fig. 9.11** indiquent la distribution calculée des températures et des vitesses pour le cas T4. Les ventilateurs sous toit permettent d'établir une température uniforme, sauf directement au sol et directement sous le toit de la halle. Cela signifie que les ventilateurs sous toit sont en mesure de détruire complètement la stratification thermique stable. La distribution des vitesses indique clairement les flux de vitesse verticaux des ventilateurs, qui ont un effet jusqu'au sol.

Le taux d'extraction du captage au point bas est inférieur à celui du cas T2.

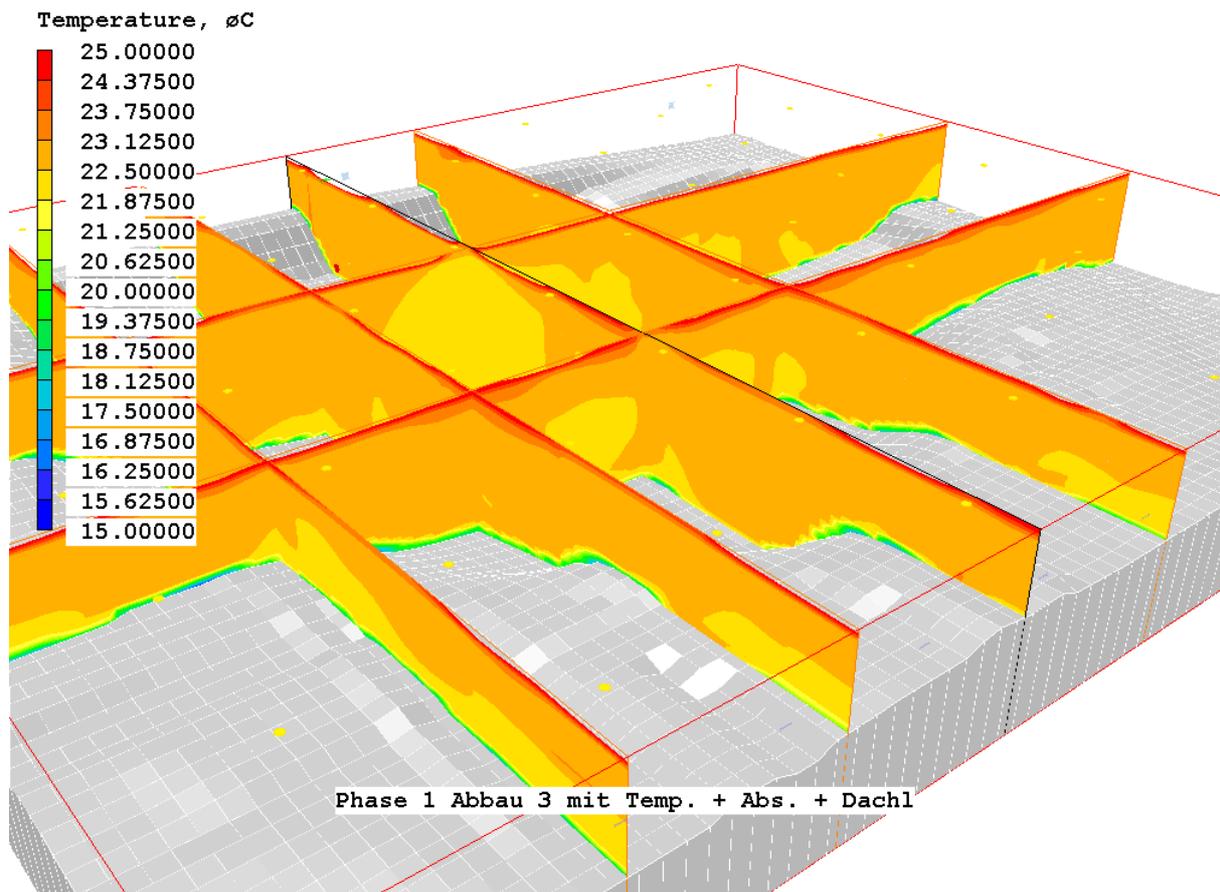


Fig. 9.10: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4.

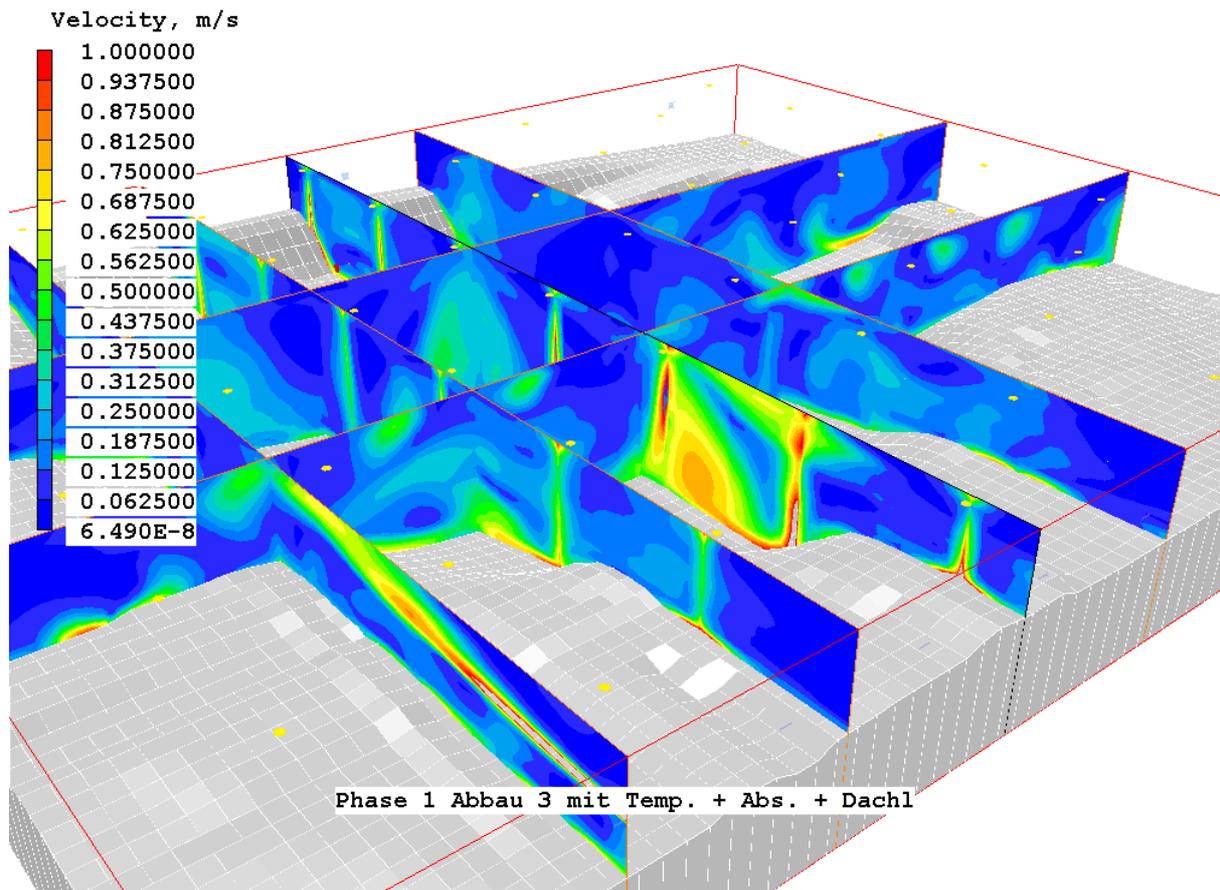


Fig. 9.11: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4.

9.1.6 Cas T5: sans ventilateurs de circulation, stratification thermique instable

Une **stratification thermique instable** est une stratification qui se désintègre d'elle-même (sans l'aide des ventilateurs de circulation d'air). Les polluants émis au sol sont relativement plus chauds que la température moyenne de l'air dans la halle; ils s'élèvent donc vers le toit de la halle. Cet écoulement dans la halle se distingue ainsi nettement des cas précédents avec une stratification thermique stable, qui apparaissent surtout en été.

Les **Fig. 9.12** et **Fig. 9.13** indiquent la distribution calculée des températures et des vitesses pour le cas T5. Comme prévu, la stratification thermique instable agit de telle manière qu'une température uniforme s'installe, sauf directement au sol et directement sous le toit de la halle. La distribution des vitesses montre une structure irrégulière, typique d'une stratification instable. Les vitesses verticales dans la halle d'excavation vont de - 0.8 m/s à 1.1 m/s. A proximité des murs se créent des zones dans lesquelles les vitesses d'écoulement verticales

sont aussi bien positives que négatives, c.-à-d. qu'elles sont dirigées vers le haut et vers le bas. Ce phénomène est provoqué par les "rouleaux de convection" qui se forment dans une stratification thermique instable. Dans ce cas, la direction des rouleaux de convection est déterminée principalement par la pente du sol de la halle d'excavation et moins par les murs froids. L'écoulement à proximité du mur est donc différent du cas T2S (mur "chaud"), dans lequel un écoulement dirigé vers le haut se forme sur toute la face du mur "chaud". Il est à remarquer que le flux d'air frais s'abaisse en raison de sa température relativement basse par rapport à la température moyenne de la halle. Le flux d'air frais n'est que faiblement influencé par les directions montantes et descendantes des écoulements à proximité du mur.

Il faut également remarquer que dans ce cas, ni les ventilateurs au sol, ni ceux sous toit ne sont en marche, mais que la circulation de l'air dans la halle est auto-induite en raison des différences de température.

Le taux d'extraction du captage au point bas est plus faible qu'avec une stratification thermique stable; le taux d'extraction du captage au point haut est par conséquent plus grand.

Les affirmations faites pour la stratification thermique instable sont valables aussi bien pour l'exploitation en activité qu'à l'arrêt.

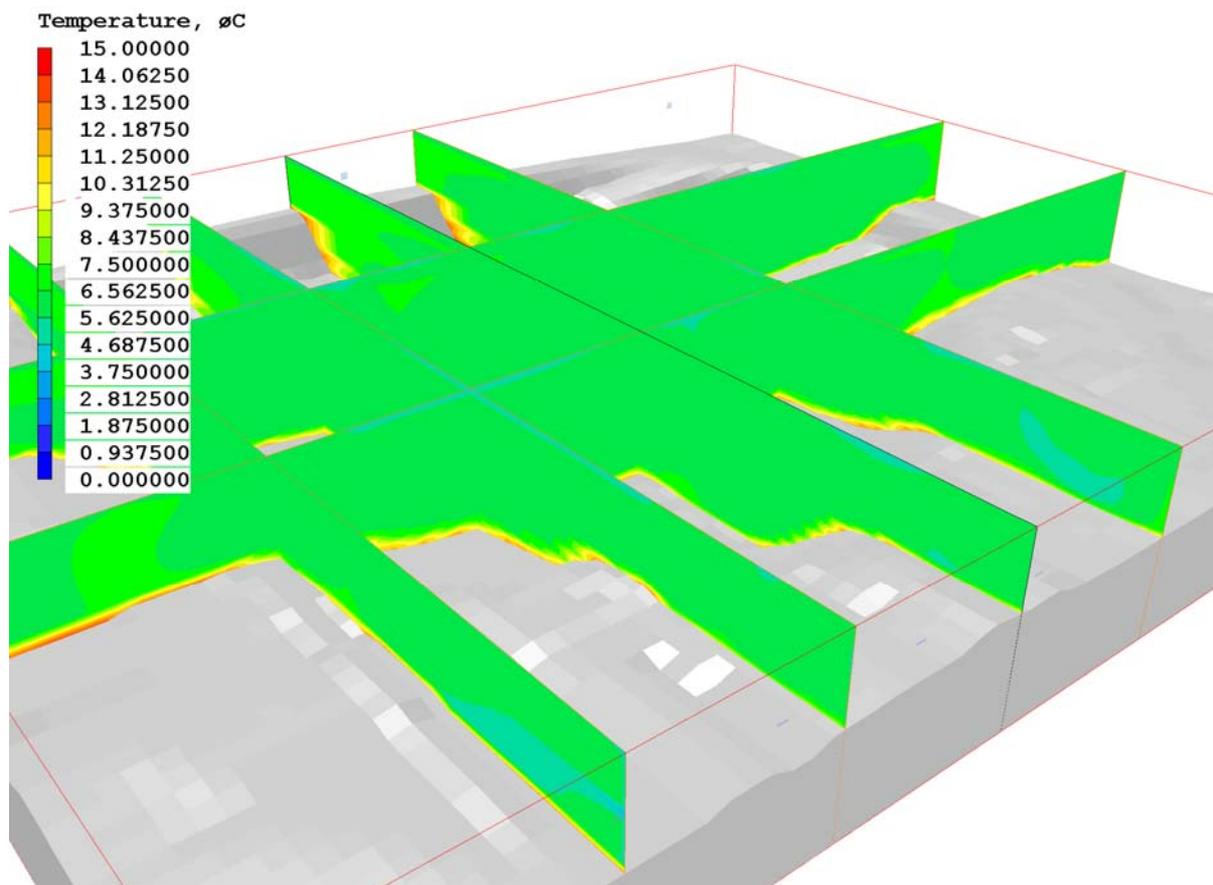


Fig. 9.12: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 15 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T5.

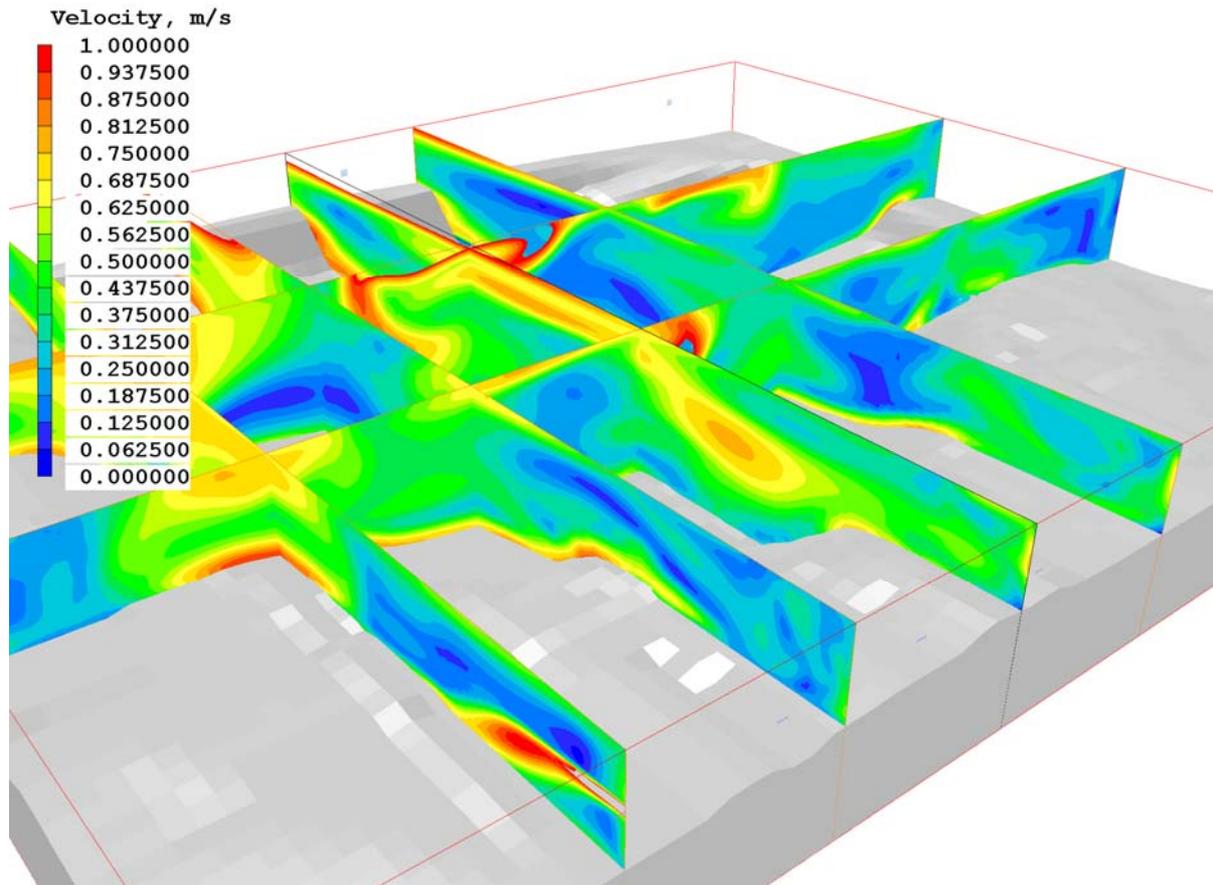


Fig. 9.13: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T5.

9.2 Exploitation à l'arrêt

Les **Fig. 9.14** à **Fig. 9.17** indiquent les distributions de températures quand l'exploitation est à l'arrêt, après 2, 4, 6 et 8 heures. Au début, la température était de 25 °C. On peut voir qu'après 2 heures déjà, une stratification thermique stable se forme dans la zone de la fouille. Elle augmente dans les heures suivantes pour atteindre le toit de la halle, alors que l'écart de température diminue avec le temps. En principe, la distribution des températures est très semblable à celle du cas T2. Le niveau de température est plus élevé dans le cas T2, car la température de l'air sous toit avait été admise à 50 °C, alors qu'elle est admise à 25 °C quand l'exploitation est à l'arrêt. Il faut également noter la différence des volumes d'entrée et de sortie d'air.

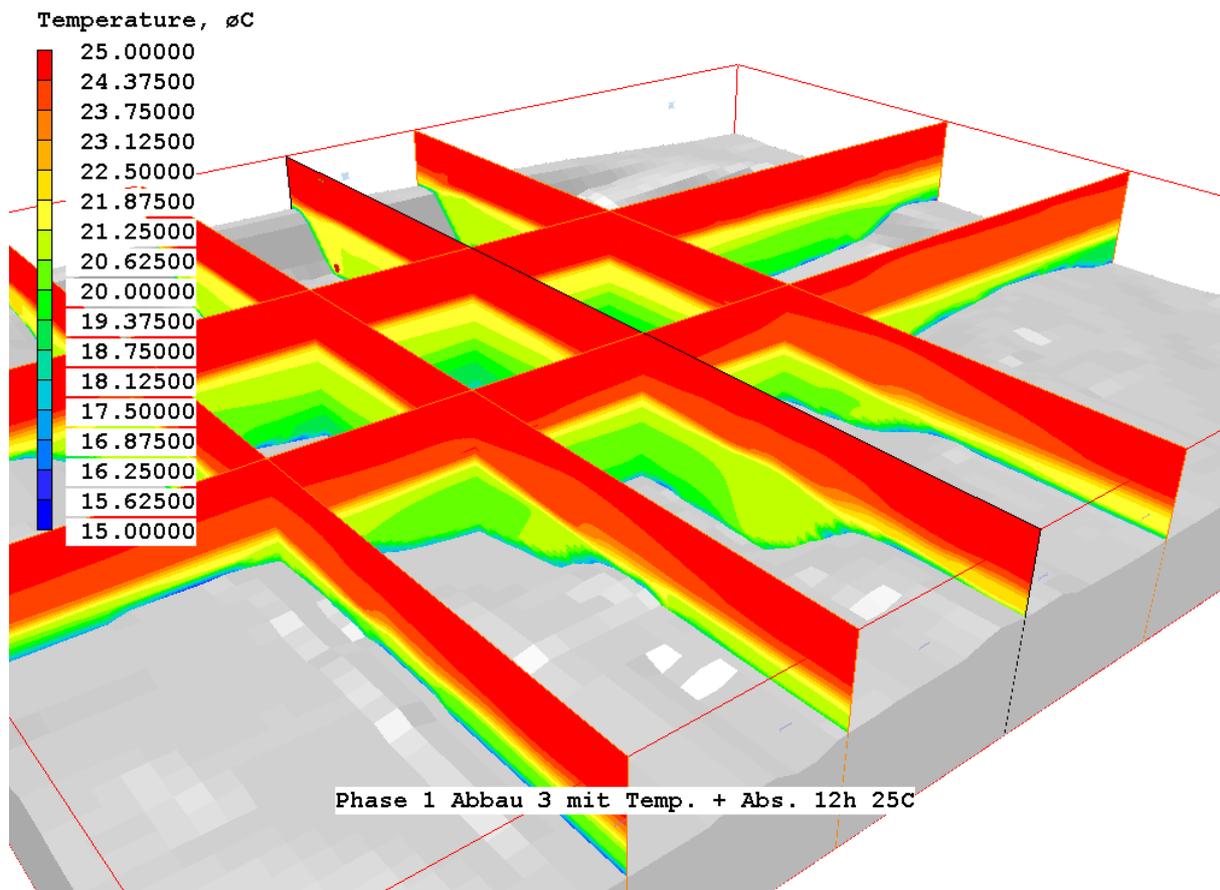


Fig. 9.14: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas R1, après 2 heures.

Pour évaluer les écoulements à proximité des murs quand l'exploitation est à l'arrêt, il est possible de se référer aux cas T2S (stratification thermique stable qui peut apparaître les jours d'été) et T5 (stratification thermique instable, qui apparaît principalement pendant les nuits d'hiver).

On peut constater que le flux d'air frais n'est que faiblement influencé par les écoulements à proximité des murs. **Il ne faut pas s'attendre à ce que de l'air de la halle s'échappe par les ouvertures d'entrée d'air du fait des écoulements verticaux, induits par la chaleur, à proximité des murs.**

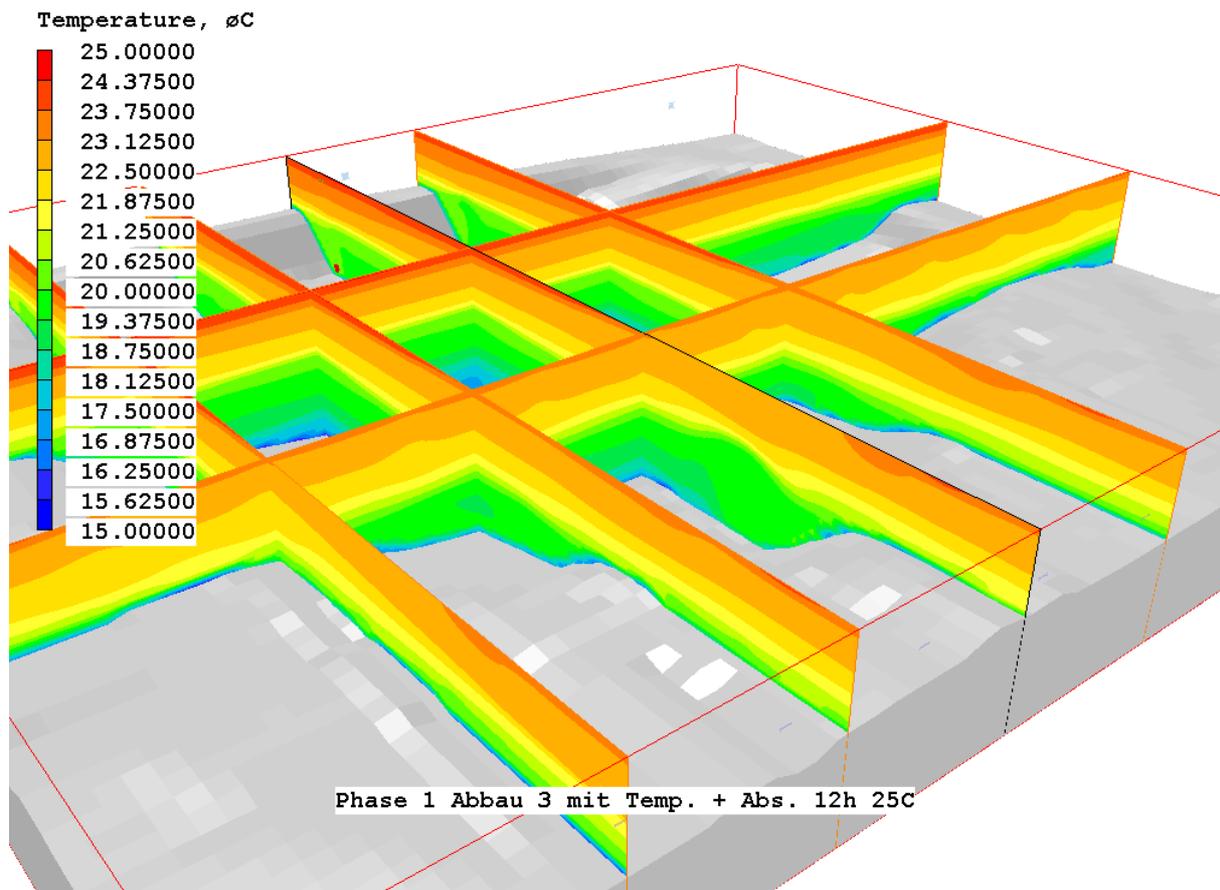


Fig. 9.15: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas R1, après 4 heures.

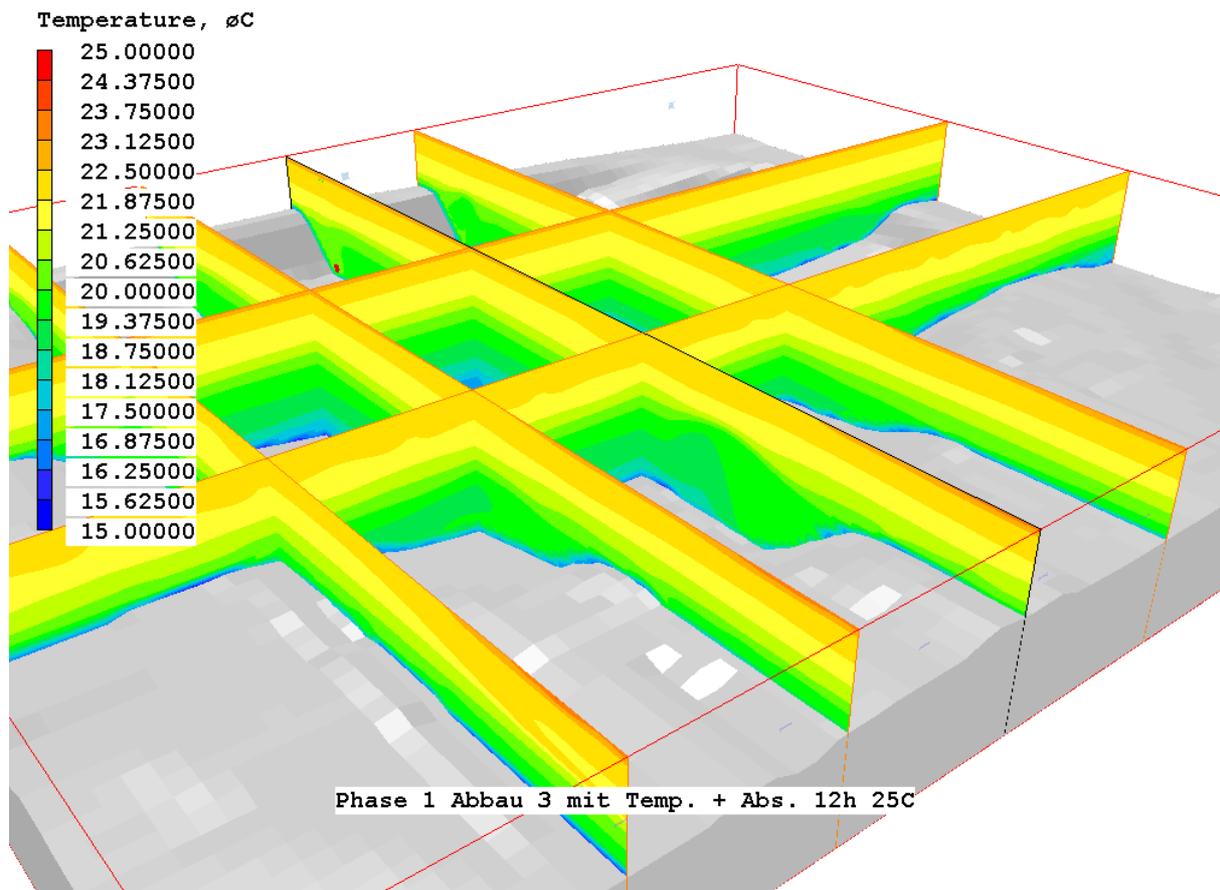


Fig. 9.16: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas R1, après 6 heures.

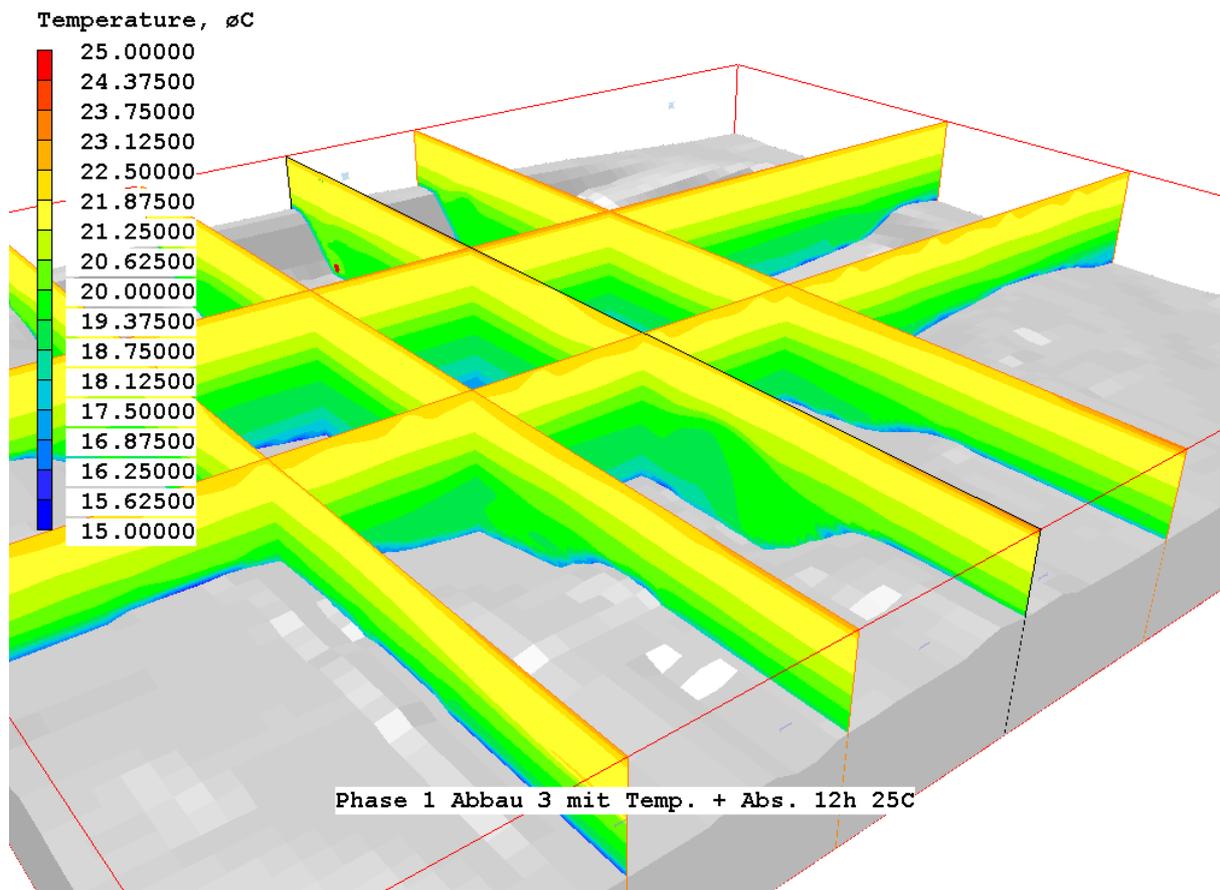


Fig. 9.17: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas R1, après 8 heures.

9.3 Autres cas

La **Fig. 9.18** indique la portée d'un ventilateur de protection Ex. La figure indique la direction de l'écoulement par des flèches, ainsi que la distribution des vitesses situées entre 0 et 8 m/s par des surfaces colorées. Les zones avec des vitesses supérieures à 8 m/s sont représentées en transparence. L'effet du ventilateur de protection anti-explosion se fait sentir jusqu'en haut du talus du front des déchets.

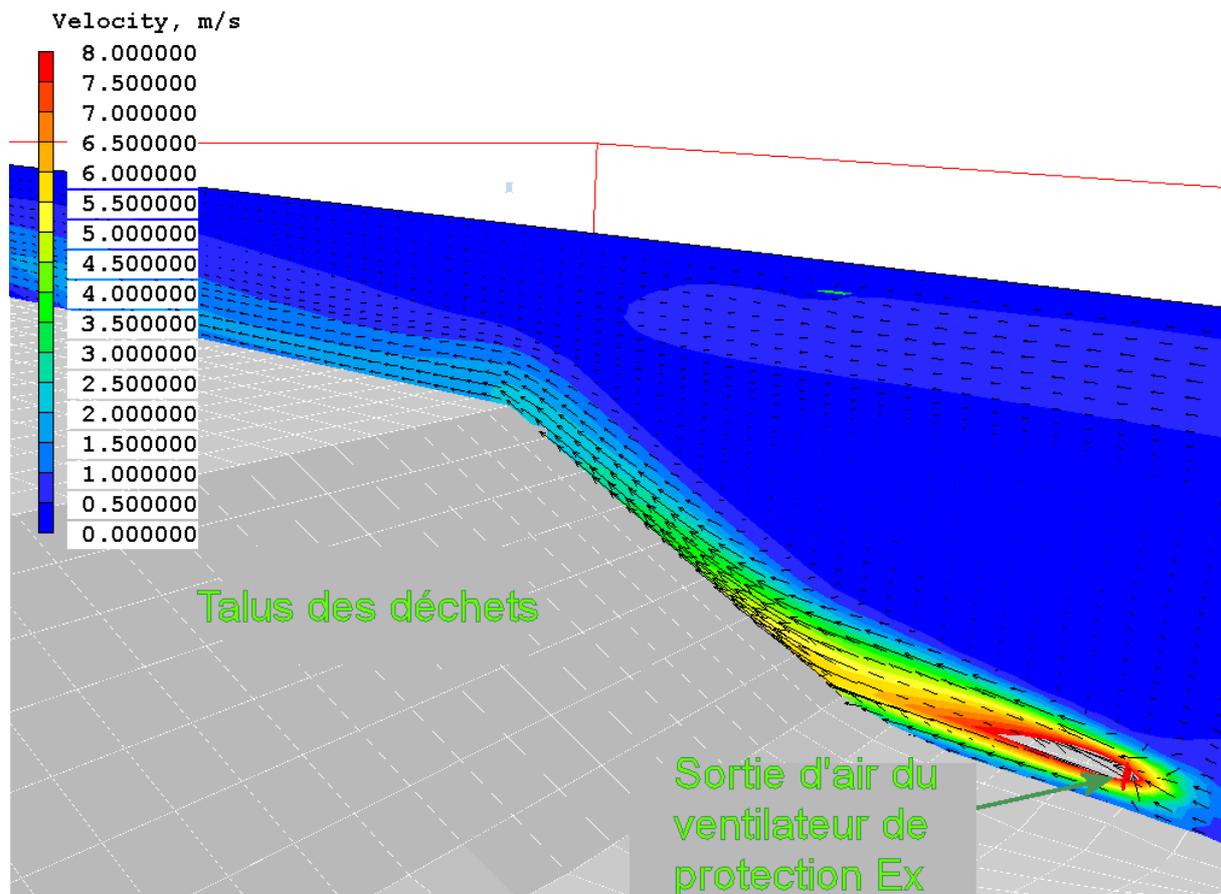


Fig. 9.18: Portée du ventilateur de protection Ex. La figure indique la direction de l'écoulement par des flèches, ainsi que la distribution des vitesses situées entre 0 et 8 m/s par des surfaces colorées. Les zones avec des vitesses supérieures à 8 m/s sont représentées en transparence.

10 RESUME

Les deux exigences principales auxquelles la ventilation de la halle d'excavation de la DIB doit répondre sont :

Exigence 1 (F1) : maintien de la dépression

Exigence 2 (F2) : empêcher la formation d'une atmosphère explosible, spécialement localement dans la zone d'excavation, et par une accumulation.

Comme indiqué dans le chapitre 5, on peut estimer que l'exigence F1, maintien de la dépression, est remplie aussi bien lorsque l'exploitation est en activité qu'à l'arrêt.

Il faut s'attendre à ce qu'**en été**, pendant les heures de jour, une **stratification thermique stable** se forme dans la halle d'excavation, avec des températures plus basses au niveau du sol et plus élevées sous le toit de la halle. Avec une stratification thermique stable, les polluants émis **s'accumuleraient au point le plus bas** de la décharge, d'où il serait possible de les capter avec un taux d'extraction élevé.

En été, la **stratification thermique stable** dans la halle d'excavation est **nettement plus réduite la nuit** que le jour. Si la température de l'air frais descend au-dessous de la température du sol de la halle d'excavation, il s'établit dans la halle d'excavation une stratification thermique instable. Une **stratification thermique instable** est une stratification qui se défait d'elle-même (sans l'aide de ventilateurs de circulation d'air). Avec une stratification thermique instable, les polluants émis au sol sont relativement plus chauds que la température moyenne de l'air dans la halle ; ils s'élèvent donc vers le toit de la halle. Le **taux d'extraction du captage au point bas** serait **faible**. En conséquence, le taux d'extraction du captage au point haut serait plus élevé.

En **hiver**, les différences de température entre le jour et la nuit, et donc les changements de stratification thermique dans la halle d'excavation pendant le jour, sont plus faibles qu'en été. En hiver, beaucoup plus qu'en été, il faut donc compter avec une stratification thermique instable dans la halle d'excavation. En hiver, une stratification thermique instable peut se former dans la halle d'excavation, aussi bien le jour que la nuit. En hiver, une stratification thermique stable peut se former aussi bien le jour que la nuit, mais pas de façon aussi marquante qu'en été.

En été, les cas extrêmes de stratification thermique stable se produiront pendant le jour et, en hiver, les cas extrêmes de stratification thermique instable se produiront pendant la nuit.

En fonction des conditions météorologiques, il faudra donc compter avec **toute une gamme de phénomènes de stratification thermique dans la halle d'excavation**. Pour cette raison, le concept de ventilation doit être conçu et pouvoir être employé de manière flexible.

On peut, dans ce cas, utiliser un système de brassage comprenant les composants suivants :

- Ventilation de la halle avec écoulement principal horizontal, avec entrée et sortie d'air sur les deux murs opposés (principe du piston).
- Captage au point haut et au point bas pour l'évacuation des polluants qui peuvent s'accumuler en ces endroits de par leur densité ou sous les effets de la stratification.
- Système de ventilation (ventilateurs au sol ou sous le toit) pour empêcher des hautes concentrations de polluants allant jusqu'à des atmosphères explosibles dans certains endroits de la halle d'excavation (p. ex. zone de manipulation des déchets ou fouille créée par l'excavation des déchets).

En raison de la gamme de stratifications dans la halle d'excavation, les trois composants mentionnés plus haut doivent être présents.

Les concentrations de polluants indiquées dans [1], ont été mesurées directement au-dessus du lixiviat de la décharge, au niveau où le lixiviat et l'air sont en équilibre thermodynamique. Ces concentrations s'élèvent jusqu'à 3.5 g/m^3 ou 5 % de la limite inférieure d'explosivité du mélange de polluants émis (=LIE_{mélange}). Si l'on admet qu'aucune phase de grande surface n'apparaît, **ces valeurs représentent le maximum atteignable thermodynamiquement**. Ces concentrations ne déclencheraient pas le mode d'exploitation « conditions particulières ». Ces concentrations doivent être considérées comme des **limites de concentration théoriques**, qui ne peuvent être dépassées en aucun endroit de la halle d'excavation, **ni lorsque l'exploitation est en activité, ni lorsque l'exploitation est à l'arrêt**. Une accumulation, c.-à-d. des formations de concentrations supérieures à ces concentrations limites en état d'équilibre, n'apparaît pas dans la halle d'excavation. Sur la base de ces réflexions théoriques, **l'exigence F2 est atteinte pour chaque conception de ventilation, aussi bien lorsque l'exploitation est en activité qu'à l'arrêt**. Il faut remarquer qu'en règle générale, les concentrations dans la halle d'excavation seront de plusieurs ordres de grandeur inférieures (estimations, voir ci-dessous), car de l'air s'écoule au-dessus des polluants émis et les émissions seront emportées. De ce fait, le système ne se trouve pas dans un état d'équilibre comme mentionné précédemment. Les concentrations effectives

auxquelles on peut s'attendre résultent ainsi d'un bilan de masse des polluants, qui tient compte des taux d'émission et des débits d'air locaux.

Dans [1] sont indiquées les concentrations lorsque l'exploitation est en activité et à l'arrêt. Deux cas extrêmes sont en outre étudiés ici, afin d'analyser l'exigence F2.

Dans le cas extrême 1 (E1), on admet que la stratification thermique stable empêche complètement le brassage vertical des polluants émis et que les ventilateurs pour la circulation d'air dans la halle sont arrêtés ou ne suffisent pas à détruire cette stratification. On admet de manière **pessimiste**, que toutes les émissions (hormis les émissions de manipulation dans la zone des wagonnets) sont évacuées uniquement par le captage du point bas de la halle d'excavation. Pour le cas E1, la concentration au captage du point bas serait de : $C_{E1} = 92 \text{ mg/m}^3$. Cette concentration correspond à 0.1 % de la $LIE_{\text{mélange}}$. Cette concentration ne déclencherait pas le mode d'exploitation « conditions particulières ». La concentration est environ la moitié de la concentration estimée dans la zone de préparation. Il ne faut pas s'attendre à des concentrations plus élevées dans la halle d'excavation, aussi quand l'exploitation est à l'arrêt. Il est à remarquer que la halle d'excavation, dans ce **cas théorique extrême**, ne peut se remplir avec cette concentration que jusqu'au niveau où se trouvent les ouvertures de sortie d'air pour la ventilation de la halle, mais pas jusqu'au toit.

Dans le cas extrême 2 (E2) on admet que la ventilation de la halle fonctionne de manière optimale et fait en sorte que toutes les émissions (hormis les émissions de manipulation dans la zone des wagonnets) soient distribuées uniformément dans toute la halle d'excavation. Dans ce cas E2, la concentration serait de $C_{E2} = 7 \text{ mg/m}^3$. Cette concentration correspond à 0,01 % de la $LIE_{\text{mélange}}$. Cette valeur de concentration se retrouverait également aux captages des points haut et bas.

La plage de concentration des polluants se situerait ainsi entre 0 et 7 mg/m^3 pour l'air extrait de la halle et entre 7 et 92 mg/m^3 pour le captage au point bas. Il n'est pas possible d'indiquer une plage correspondante pour le captage au point haut. Mais la concentration n'est pas supérieure à 92 mg/m^3 (cas extrême E1 inverse).

Pour conclure, on constate que même en tenant compte du cas extrême E1, les débits admis pour l'aération de la halle et spécialement pour les captages aux points haut et bas sont suffisants pour répondre à l'exigence 2, (F2, voir chapitre 2).

Pour la modélisation des écoulements dans la halle d'excavation lorsque l'exploitation est en activité (débit d'air frais de $40\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, captages aux points hauts et bas avec chacun un

débit de 3 000 m³/h), on étudie trois états d'excavation, pour des distances du haut du talus du front d'excavation de 30 m, 60 m, et 117 m (état final d'assainissement de l'étape 1).

En plus des entrées et des sorties d'air dans la halle, il est prévu de faire circuler l'air à l'intérieur de la halle d'excavation (circulation de l'air dans la halle). Il existe deux concepts pour la circulation de l'air dans la halle :

Concept 1: 2 à 4 ventilateurs axiaux au sol avec un débit de 50 000 m³/h chacun, avec, éventuellement, un mouvement oscillant horizontal.

Concept 2: 52 ventilateurs sous toit avec un débit de 8 000 m³/h chacun.

Le volume de la halle, jusqu'à la base de la décharge entièrement excavée, est d'env. 267 000 m³. Lorsque l'exploitation est en activité, le taux de renouvellement d'air pour cet état maximal est d'env. 1/7 par heure, c.-à-d. que les émissions ont une **durée de séjour moyenne d'env. 7 h** dans la halle d'excavation.

Si l'on **admet** que la stratification thermique provoque une accumulation de tous les polluants à la base de la décharge, le taux de renouvellement d'air dans cette zone résultant du captage au point bas serait de 1/20 par heure pour une excavation maximale. C.-à-d. que les émissions ont au maximum une **durée de séjour moyenne d'environ 20 h**.

En réalité, la durée de séjour moyenne des polluants dans la halle d'excavation se situera environ entre 6 et 20 heures.

Les cas suivants ont été simulés lorsque l'exploitation est en activité:

- T1: Sans ventilateurs de circulation, sans stratification thermique, uniquement pour l'état "Excavation 3".
- T2: Sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique stable, uniquement pour l'état "Excavation 3".
- T2S: Comme pour T2, mais avec une température du mur sud de 50 °C.
- T3: Concept de circulation d'air avec quatre ventilateurs au sol, avec stratification thermique stable, position d'installation voir **Fig. 3.3**, pour les états "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3".
- T4: Concept de circulation d'air avec 52 ventilateurs sous toit, avec stratification thermique stable, pour les états "Excavation 1", "Excavation 2" et "Excavation 3".
- T5: Sans ventilateurs de circulation, avec stratification thermique instable, uniquement pour l'état "Excavation 3".

Si aucune stratification thermique ne se forme dans la halle d'excavation, les vitesses dans la halle sont faibles, sauf dans les zones où l'écoulement d'air frais agit. La vitesse moyenne dans les plans verticaux perpendiculaires à la direction d'excavation est de quelques millimètres par seconde. Aucune augmentation significative de la vitesse n'est constatée près des talus.

Si les conditions météorologiques provoquent une stratification thermique stable dans la halle d'excavation, la situation est nettement différente comparée au cas T1. Au niveau des talus, on peut remarquer des écoulements locaux induits par de l'air refroidi, qui perturbent la stratification de température localement et à proximité du sol mais ne la détruisent pas.

Les murs "chauds" (cas T2S, seulement le mur sud) induisent, jusqu'à une distance de 20 cm du mur, une vitesse verticale allant jusqu'à 0.5 m/s. A plus grande distance ils n'ont par contre plus d'influence significative sur l'écoulement dans la halle d'excavation. Le flux d'air frais n'est pas influencé de manière significative par l'air chaud montant.

Les deux concepts de ventilation (cas T3 et T4) agissent de telle manière que la stratification thermique stable dans la halle d'excavation est réduite. Les ventilateurs sous toit sont ici plus efficaces.

Les ventilateurs au sol agissent de telle manière que la stratification dans la fouille créée par l'excavation des déchets, est diminuée. Mais une stratification thermique stable demeure dans la halle d'excavation.

Les ventilateurs sous toit, par contre, permettent d'établir une température uniforme, sauf directement au sol et directement sous le toit de la halle. Cela signifie que les ventilateurs sous toit sont en mesure de détruire complètement la stratification thermique stable. Le taux d'extraction du captage au point bas est inférieur à celui du cas T2, c.-à-d. sans ventilateurs de circulation d'air.

Il est à remarquer qu'il faut également tenir compte d'autres aspects, comme la sécurité au travail ou l'analyse des risques pour prendre la décision finale d'utiliser des ventilateurs au sol ou sous toit.

Si les conditions météorologiques provoquent une stratification thermique instable dans la halle d'excavation (cas T5), la situation est nettement différente comparée à la stratification thermique stable (p.ex. cas T2). Comme prévu, la stratification thermique instable agit de telle manière qu'une température uniforme s'installe, sauf directement au sol et directement sous le toit de la halle. La distribution des vitesses montre une structure irrégulière, typique

d'une stratification instable. Une stratification thermique instable provoque une intense circulation d'air auto-induite dans la halle. Des zones apparaissent à proximité des murs, dans lesquels les vitesses d'écoulement verticales sont dirigées aussi bien vers le haut que vers le bas. Ce phénomène est provoqué par les "rouleaux de convection" qui se forment dans une stratification thermique instable. Dans ce cas, la direction des rouleaux de convection est déterminée principalement par la pente du sol de la halle d'excavation et moins par les murs froids. L'écoulement à proximité des murs est donc différent du cas T2S (mur "chaud"), dans lequel un écoulement dirigé vers le haut se forme sur toute la face du mur "chaud". Il est à remarquer que l'écoulement d'air frais s'abaisse en raison de sa température relativement basse par rapport à la température moyenne de la halle. Le flux d'air frais n'est que faiblement influencé par les directions montantes et descendantes des écoulements à proximité du mur.

Avec une stratification thermique instable, le taux d'extraction du captage au point bas est plus faible qu'avec une stratification thermique stable; le taux d'extraction du captage au point haut est en conséquence plus grand.

Les affirmations faites pour la stratification thermique instable sont valables aussi bien pour l'exploitation en activité qu'à l'arrêt.

Pour déterminer les écoulements à proximité des murs quand l'exploitation est à l'arrêt, il est possible de se référer aux cas T2S (stratification thermique stable qui peut apparaître les jours d'été) et T5 (stratification thermique instable, qui apparaît principalement pendant les nuits d'hiver). On peut constater que le flux d'air frais n'est que faiblement influencé par les écoulements à proximité des murs. **Il ne faut pas s'attendre à ce que de l'air de la halle s'échappe par les ouvertures d'entrée d'air du fait des écoulements verticaux, induits par la chaleur, à proximité des murs.**

11 BIBLIOGRAPHIE

- [1] bci (2006): Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol. Concept de ventilation et de gestion des effluents gazeux, 28.06.2006. Balewa AG, Liestal (CH), BMG Engineering AG, Schlieren (CH), HIM GmbH, Biebesheim (D), Groupement DI Bonfol (DIB) c/o Marti Technik AG, Moosseedorf (CH).
- [2] Lohmeyer (2004): Deponie Kölliken – Simulation der Hallenströmung. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der ProVis GmbH, Stuttgart (Projekt 5016, April 2004).
- [3] TRGS 519 (2003): Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 519, Asbest, Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, Ausgabe September 2001, BArbBl. 2001-09 S. 64, ber. 2001-11 S. 113, 2003-01 S. 110. Bundesarbeitsblatt. Amtliche Monatschrift des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit.
- [4] CFST (2005), Amiante, Directive Nr. 6503 en projet, draft du 1er décembre 2005, Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail.

ANNEXE 1 : DISTRIBUTION DES TEMPERATURES ET DES VITESSES DANS LA HALLE D'EXCAVATION POUR LES CAS T3 ET T4, POUR LES ETATS "EXCAVATION 1" ET "EXCAVATION 2".

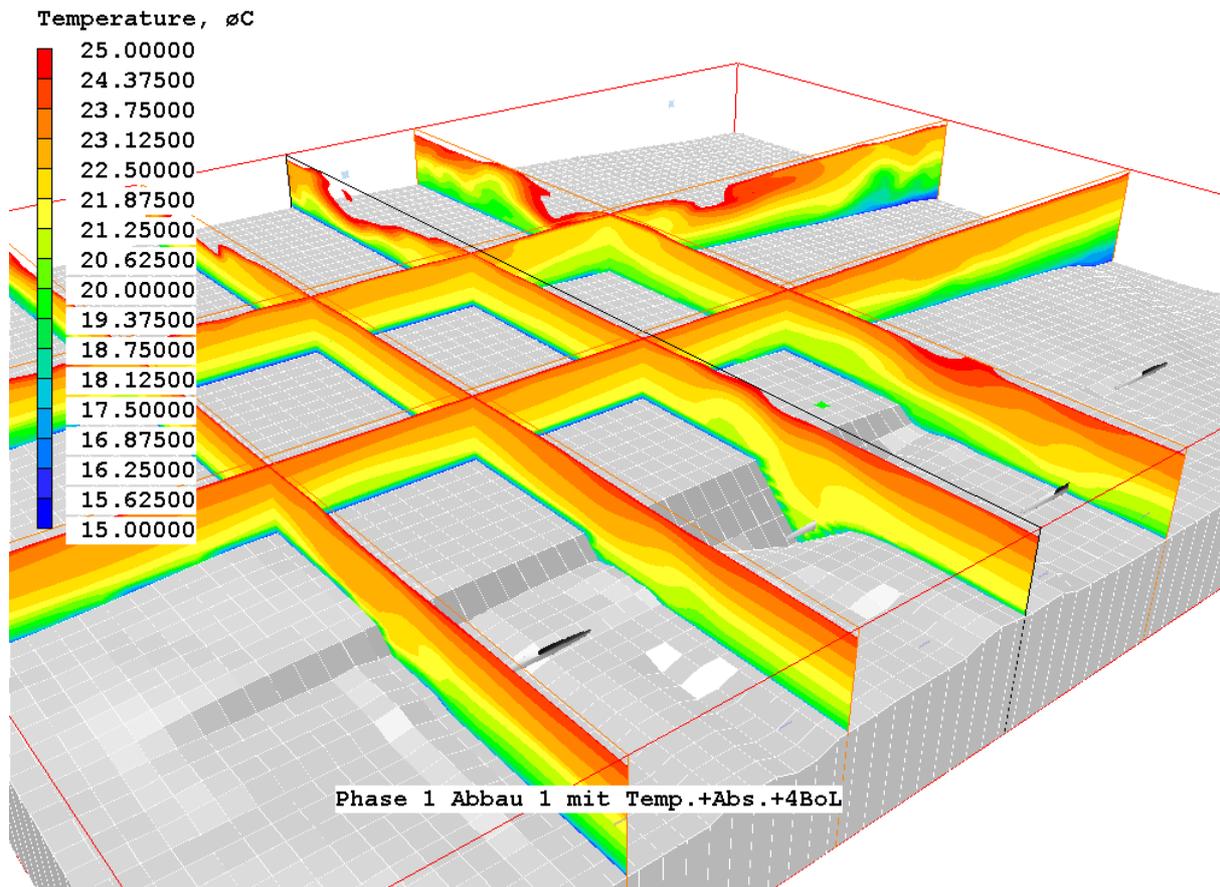


Fig. A1.1: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3, état "Excavation 1".

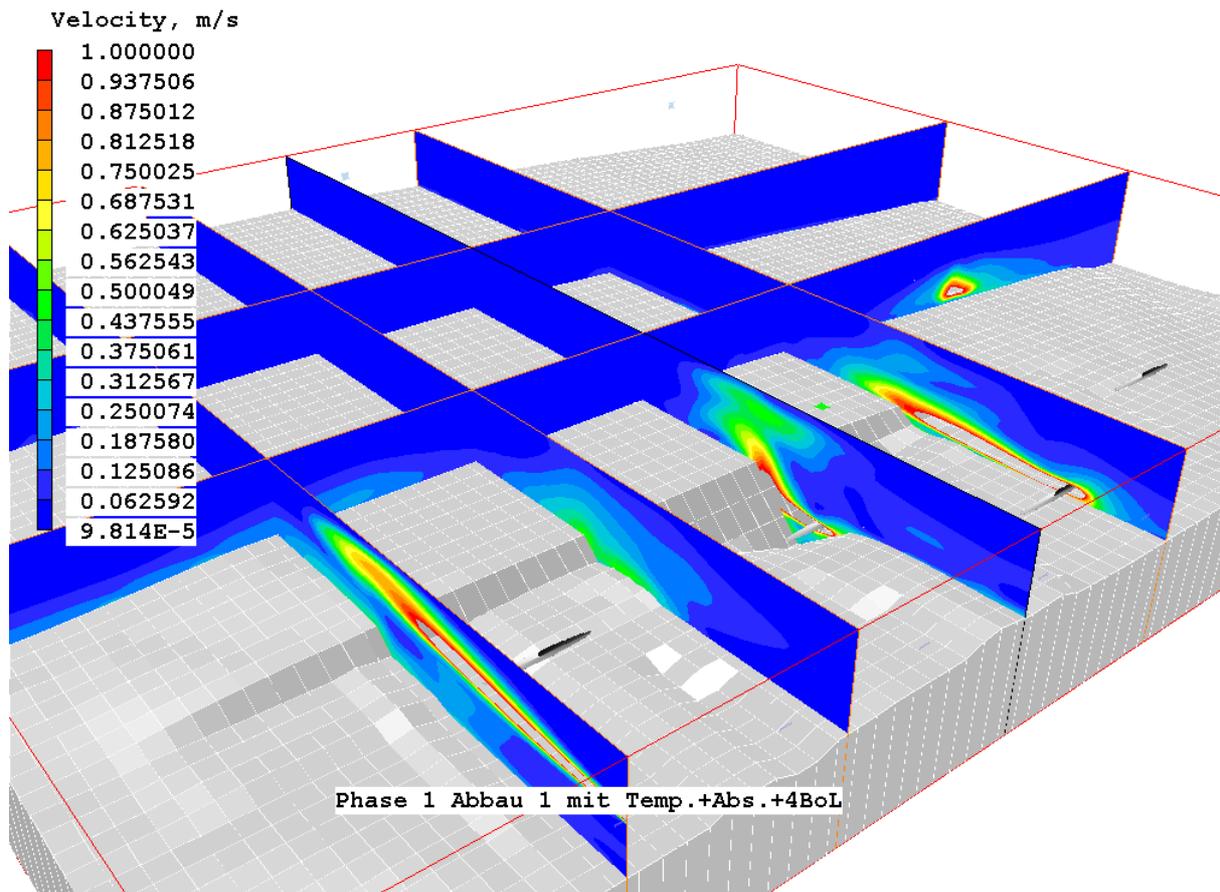


Fig. A1.2: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3, état "Excavation 1".

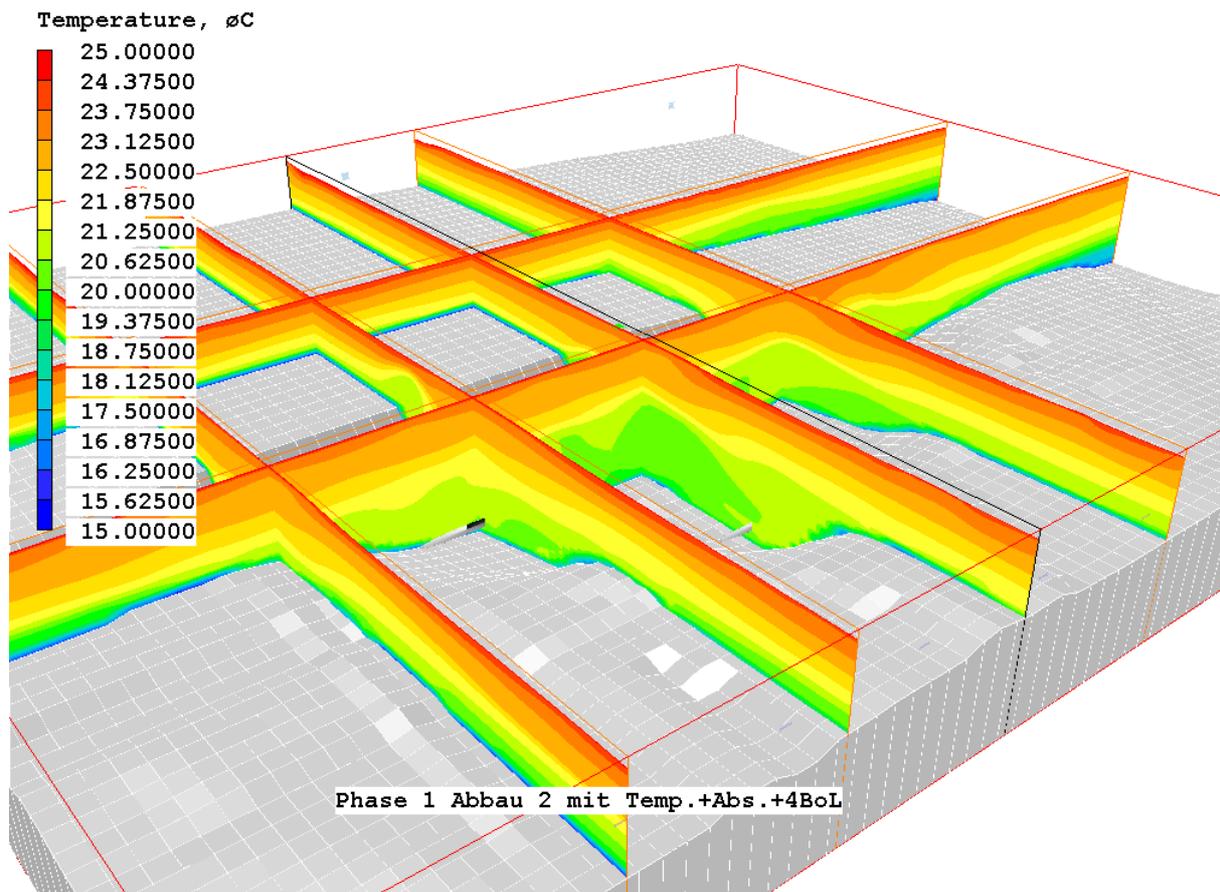


Fig. A1.3: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3, état "Excavation 2".

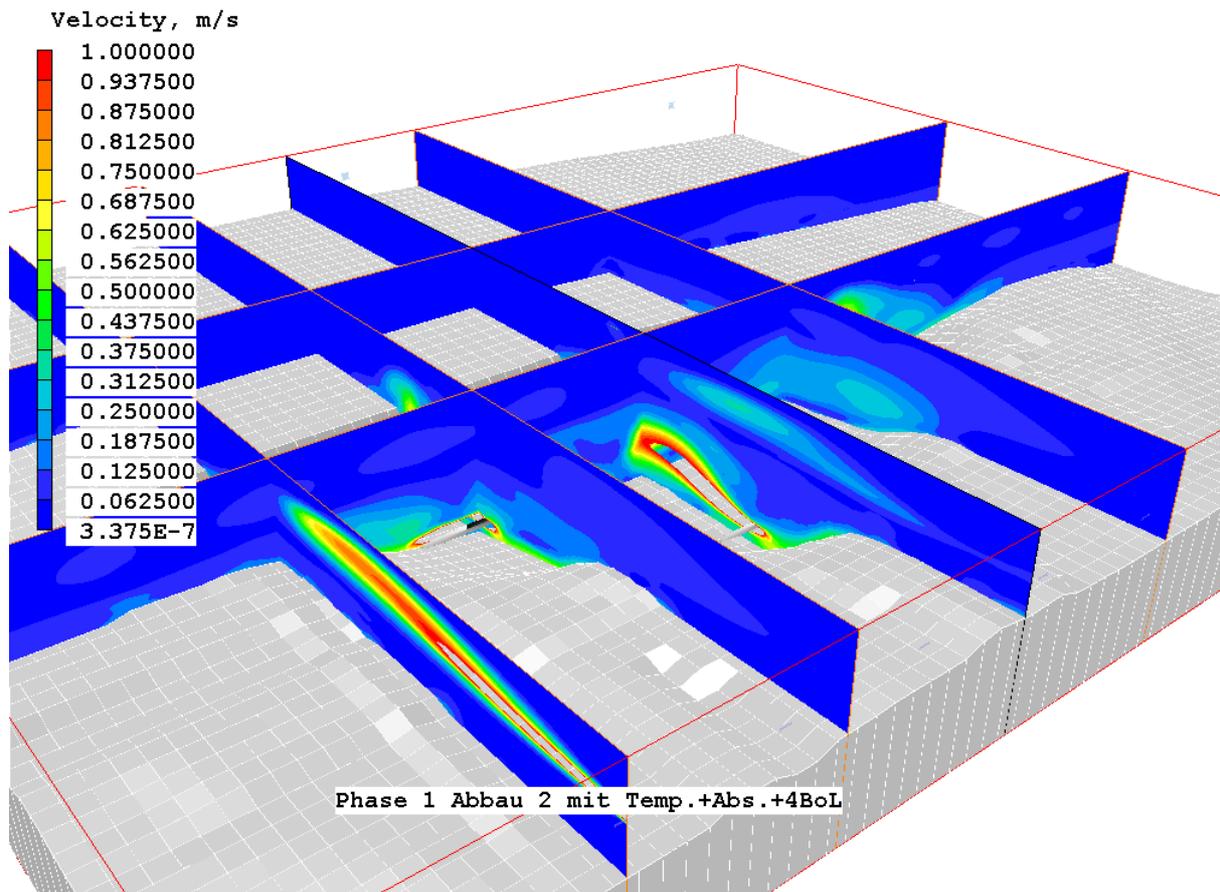


Fig. A1.4: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T3, état "Excavation 2".

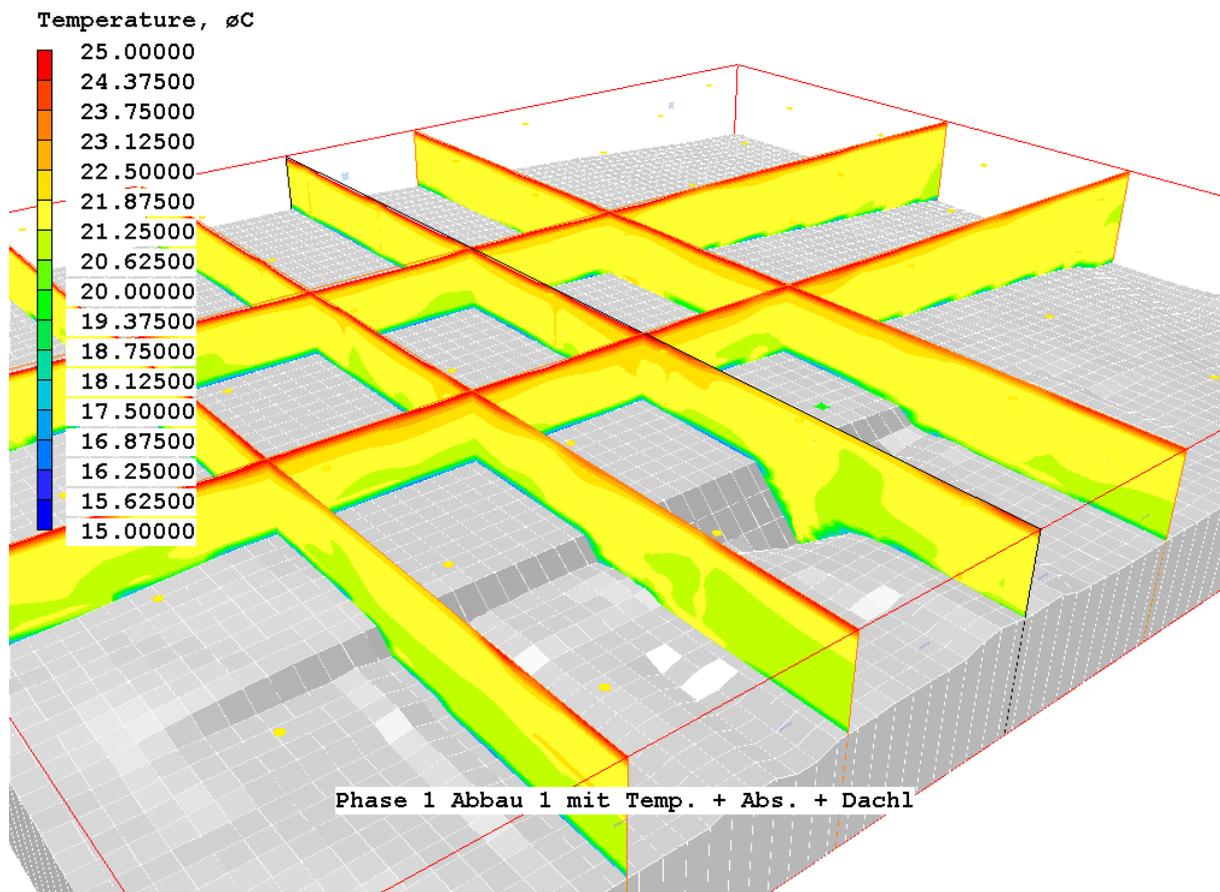


Fig. A1.5: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4, état "Excavation 1".

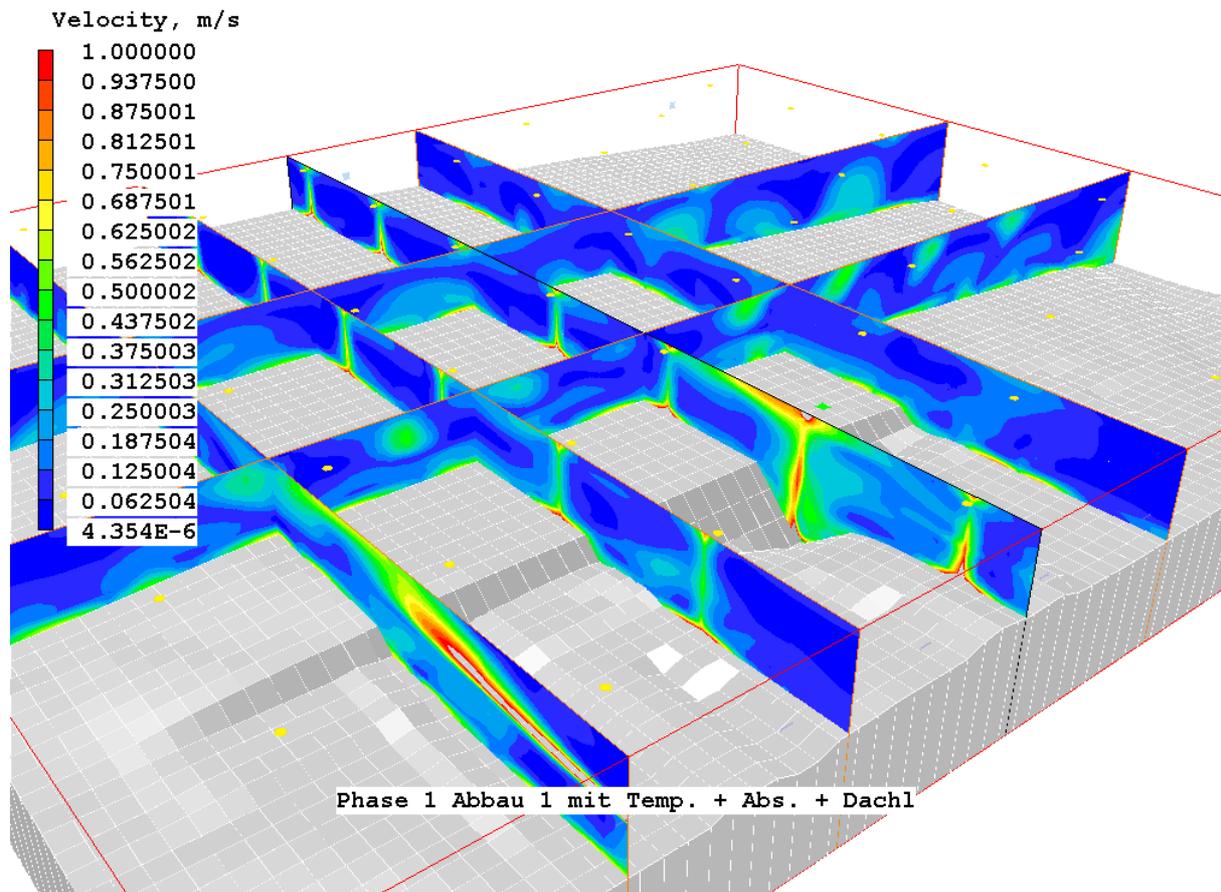


Fig. A1.6: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4, état "Excavation 1".

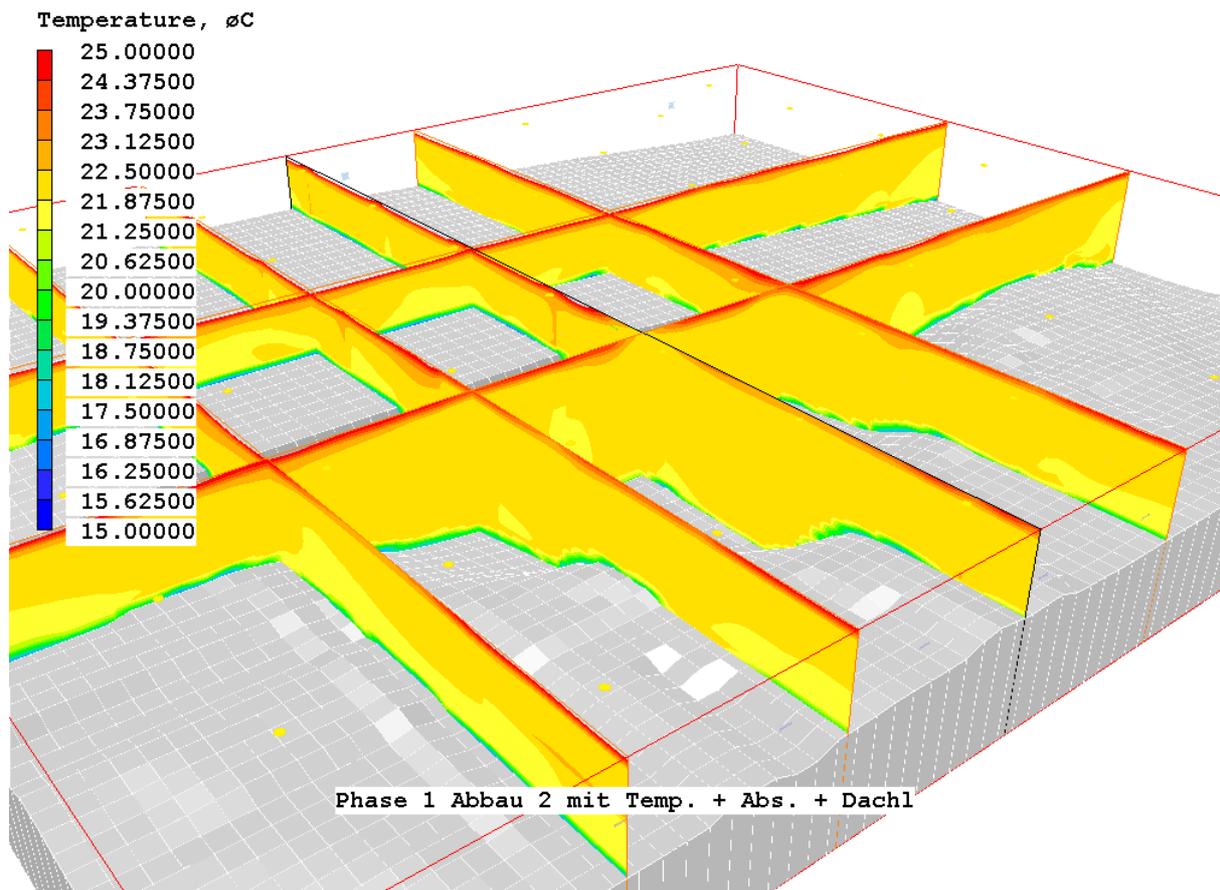


Fig. A1.7: Représentation de la distribution des températures dans la halle d'excavation, dans la plage de 15 à 25 °C, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4, état "Excavation 2".

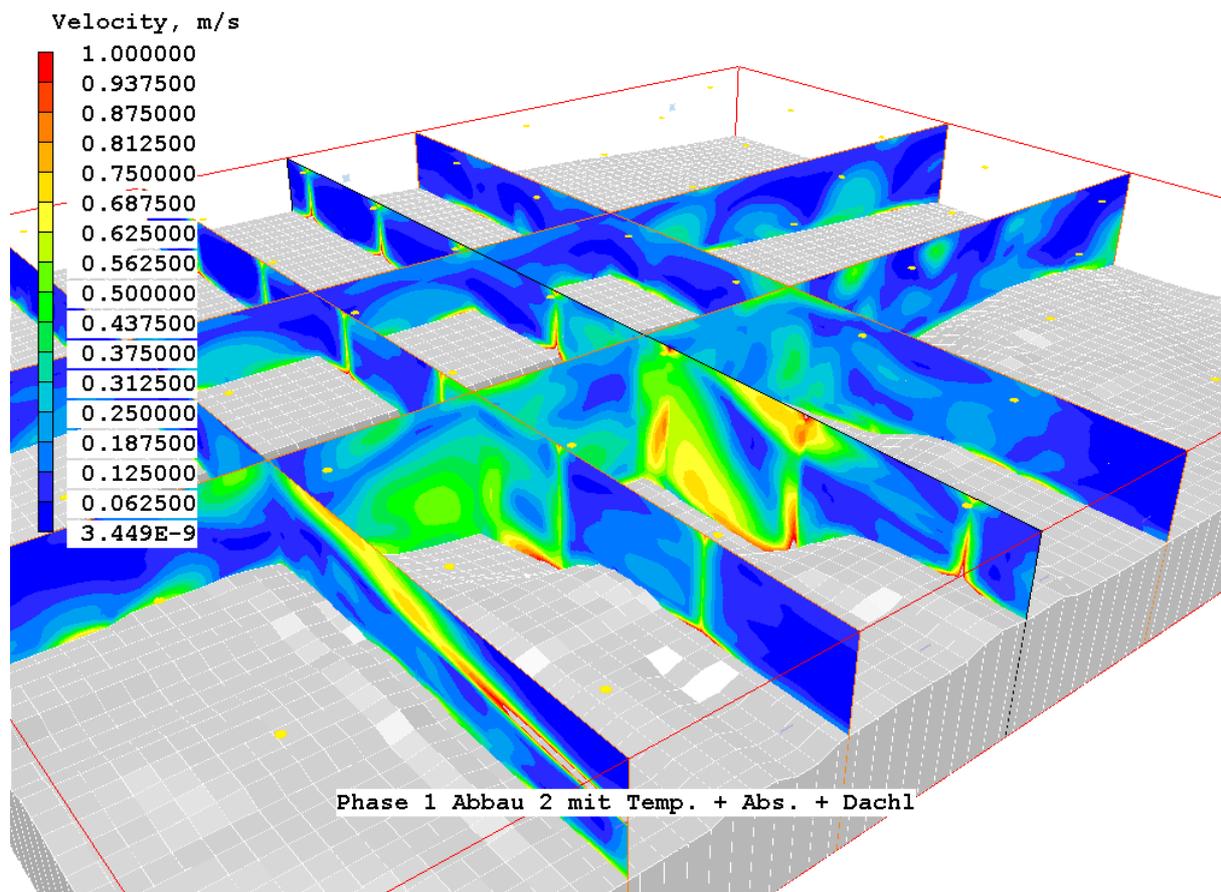


Fig. A1.8: Représentation de la distribution des vitesses dans la halle d'excavation, dans la plage de 0 à 1 m/s, dans plusieurs plans verticaux. Cas T4, état "Excavation 2".

Annexe 6

**Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise
des odeurs et des effluents atmosphériques**



Hertig & Lador SA

Projet d'assainissement de la décharge industrielle de Bonfol

Contrôle de la hauteur de cheminée pour la maîtrise des odeurs et des effluents atmosphériques

**Dr J.-A. Hertig
Dr J.-M. Fallot**

Saint Livres, le 31.08. 2006 /Hr,

Hertig & Lador sa
Grand rue
1176 St Livres
Tel 021 312 70 77
Fax 021 312 70 07

Table des matières

1	Introduction	3
2	Démarche	4
3	Analyse des données météorologiques et ventilation moyenne sur le site de la décharge de Bonfol	4
3.1	Introduction	4
3.2	Cadre géographique	4
3.3	Résultats des mesures du vent.....	5
3.4	Evaluation de l'épaisseur des brises nocturnes et de l'inversion de température.....	7
3.5	Situation météorologique à simuler.....	7
3.5.1	Vitesse critique.....	7
3.5.2	Caractéristiques des situations météorologiques à simuler	8
4	Calcul des vents	9
4.1	Description des champs de vent.....	11
5	Calcul des concentrations	12
5.1.1	Situation de référence : calcul à la valeur de la vitesse critique (1m/s) pour une cheminée froide.....	14
5.1.2	Influence de l'augmentation de la vitesse à 4m/s	17
5.1.3	Influence de l'augmentation de la température de 1°K.	20
6	Conclusions.....	23
7	Références	23
A.1.	Mesures du vent sur le site de la décharge de Bonfol.....	25
A.2.	Description du modèle micro	37
A.2.1.	Introduction	37
A.2.2.	La turbulence et la dispersion	37
A.2.3.	Différents types d'émetteurs	38
A.2.4.	Émissions et immissions.....	40
A.2.5.	Exemples de calculs de panaches.....	41
A.3.	Champs de vent.....	43
	Zielsetzungen	56
	Modellpaket AERMOD	56
	Meteorologiedaten-Präprozessor AERMET	56
	Geländedaten-Präprozessor AERMAP.....	57
	Berechnung der Luftschadstoffkonzentration	57

1 Introduction

Dans le cadre de l'établissement du projet d'assainissement de la décharge industrielle de Bonfol, une des questions que se pose la population concerne les nuisances provoquées par la propagation potentielle des odeurs et des effluents. En effet, la population voisine, particulièrement celle du village de Bonfol, craint que la situation ayant prévalu il y a quelques années se reproduise. Il convient de relever que le projet d'assainissement prévoit la réalisation d'une grande halle couvrant toutes les surfaces ouvertes de la décharge. Cette halle sera en plus maintenue en dépression. De ce fait, il n'y a plus de risques d'émission de gaz et d'odeur par l'enveloppe des bâtiments. Les éventuelles odeurs proviendront essentiellement de la cheminée de rejet de l'air de ventilation de la halle et des locaux.

La principale question qui se pose est donc de limiter au maximum la propagation de ces odeurs. Ceci est particulièrement important pour les sites habités voisins.

En effet, la qualité de l'air au sol dans le voisinage dépendra de la hauteur de cette cheminée. Cette hauteur est fixée en fonction des conditions physiques des gaz émis ainsi que des conditions météorologiques. Si cette hauteur de cheminée est insuffisante, ses émissions risquent d'être rabattues au sol dans les zones habitées voisines. Ces rabattements pourraient se produire pour certaines directions du vent. Le but de la présente analyse est de contrôler que la hauteur de cheminée est suffisante pour que ces rabattements ne se produisent que très rarement.

La présente étude est un complément aux études réalisées par BCI dans le cadre du plan spécial, notamment dans la Notice d'impact sur l'environnement (NIE). Ce groupement a effectué une première évaluation de la hauteur de cheminée en fonction de l'annexe 6 de l'OPair. Un premier contrôle de cette hauteur a été fait par le calcul des concentrations de benzène à l'aide d'un modèle gaussien et des mesures météorologiques faites sur le site de la DIB. Ce calcul est effectué par le requérant (BCI) dans le cadre de la notice d'impact en préparation. Il a permis de s'assurer que les valeurs limites fixées par l'OPair sont respectées. Ces calculs ont été effectués par un modèle de dispersion commercial à disposition des bureaux d'ingénieur. Il s'agit du modèle AERMOD de l'EPA décrit dans l'appendice A4.

La question de la propagation des odeurs est plus délicate et une étude complémentaire indépendante a été demandée à Hertig & Lador SA afin de permettre au canton du Jura de s'assurer qu'aucune odeur incommodante ne viendra gêner les habitants des villages voisins de la décharge.

La présente étude complémentaire a pour but de répondre aux trois questions suivantes :

- Quelle est la hauteur minimale pour assurer que les gaz ne soient pas rabattus dans le cas de situations météorologiques défavorables?
- Quelle est la contribution de la température des gaz sur le comportement du panache. Est-elle suffisante pour assurer une bonne dispersion sans créer des concentrations trop fortes dans le voisinage ?
- Existe-t-il des secteurs de vent plus critiques que d'autres pour lesquels la hauteur retenue serait encore insuffisante ?

2 Démarche

La démarche proposée pour répondre à ces questions consiste à :

- Analyser les données météorologiques et climatologiques pour déterminer les fréquences d'apparition des situations critiques pour le rabattement du panache. Il convient de relever que des mesures ont été effectuées sur le site qui permettront de déterminer les caractéristiques des situations potentiellement critiques. Une première analyse de ces données sera effectuée par le mandataire de la BCI. Il s'agit donc ici d'effectuer une analyse complémentaire des mêmes données, faite en fonction des questions de dispersion des effluents et des odeurs.
- Simulation des champs de vent en haute Ajoie. Des simulations ont déjà été faites pour cette région, mais le domaine était centré sur l'A16, Bonfol se trouve dans un bord des simulations et les champs de vent sont affectés par des effets locaux dus à la proximité des limites du domaine. D'autre part, la modélisation a été faite en 1990 avec une ancienne version du modèle de vent. La dernière version fournit des champs de vent de meilleure qualité.
- Calculer les concentrations de polluants dans les régions voisines sur la base des champs de vent calculés précédemment. Cette méthode de calcul utilisant deux modèles est rendue nécessaire en raison de la différence de finesse du maillage. Les champs de vent sont calculés sur une topographie ayant une maille de 250 m alors que le calcul des concentrations se fait sur une maille de taille plus faible. D'autre part, le calcul des vents se fait avec une méthode eulérienne, c'est à dire aux noeuds d'un maillage fixe. Cette méthode n'est pas appropriée pour traiter des émissions très locales d'une cheminée. C'est pourquoi on utilise pour le calcul des concentrations un modèle de particules lagrangien, c'est-à-dire que l'on calcul la trajectoire de très nombreuses particules représentant le dispersion turbulente des effluents. Par cette méthode, on peut aisément tenir compte des détails de la topographie, des caractéristiques propres du panache et des obstacles. Ce modèle a été spécialement développé pour les conditions particulières de la Suisse. Ce modèle est aussi bien adapté au traitement des odeurs puisque les trajectoires des particules situées au bord du panache représentent des petites quantités de gaz odorant et peuvent être localisées précisément. On trouve ainsi une limite claire à la dispersion latérale des odeurs.

3 Analyse des données météorologiques et ventilation moyenne sur le site de la décharge de Bonfol

3.1 Introduction

Dans le cadre de la NIE pour l'assainissement de la décharge de Bonfol, le bureau BCI a procédé à des mesures in situ des vents durant plus d'une année (15.11.2004 au 29.03.2006) à 10 et 40 m/sol, afin de documenter la ventilation locale dans la tranchée de la forêt (10 m/sol) et régionale juste au-dessus de la forêt (40 m/sol) à cet endroit. Ces mesures doivent notamment permettre d'initialiser les modèles de dispersion des polluants atmosphériques.

3.2 Cadre géographique

Cette décharge se situe au sommet d'une colline boisée (481 m/mer) à l'Est de Bonfol (432 m/mer). Ce village est situé dans le Nord-Est de l'Ajoie, dans une vallée peu profonde (Vendline) orientée en gros Nord-Sud. La dénivellation entre le fond de cette vallée et les collines environnantes ne dépasse pas 100 m. L'Ajoie, localisé sur le pied Nord du Jura, constitue un piémont incliné vers le Nord en direction du territoire de Belfort et découpé par des

vallées peu profondes. L'altitude du fond de ces vallées avoisine 400 m, alors qu'elle dépasse rarement 600 m pour les collines et les plateaux environnants. Une chaîne de montagne plus élevée (Mont Terri – Les Rangiers : 800 à 1000 m/mer) orientée Ouest-Est et correspondant aux premiers reliefs du Jura ferme le piémont de l'Ajoie au Sud. Le territoire de Belfort est un vaste plateau situé à une altitude de 300 à 400 m entre les Vosges au Nord et le Jura au Sud. Ce plateau relie les plaines de la Franche-Comté au Sud-Ouest et de l'Alsace au Nord-Est.

3.3 Résultats des mesures du vent

La figure 1 présente les roses des vents obtenues pour l'ensemble de la période (15.11.2004 au 29.03.2006) et l'appendice A1 les directions et les vitesses horaires des vents mesurés à 10 et 40 m/sol sur le site de la décharge de Bonfol pour les mois de janvier à décembre 2005. Les roses des vents montrent que les flux sont fortement canalisés par la topographie régionale (Jura, Vosges, Alpes) avec une prédominance des courants du Sud-Ouest et du Nord-Est (bise) sur le site de la décharge à 10 et 40 m/sol. Ces courants soufflent en moyenne 4 fois plus fortement au-dessus de la forêt à 40 m/sol que dans la tranchée à 10 m/sol : la vitesse moyenne annuelle des vents tous secteurs confondus atteint 2.7 m/s à 40 m/sol contre seulement 0,6 m/s à 10 m/sol. On mesure également une fréquence plus grande des vents faibles du Sud-Ouest et du Sud à Sud-Est à 10 m/sol à l'échelle annuelle.

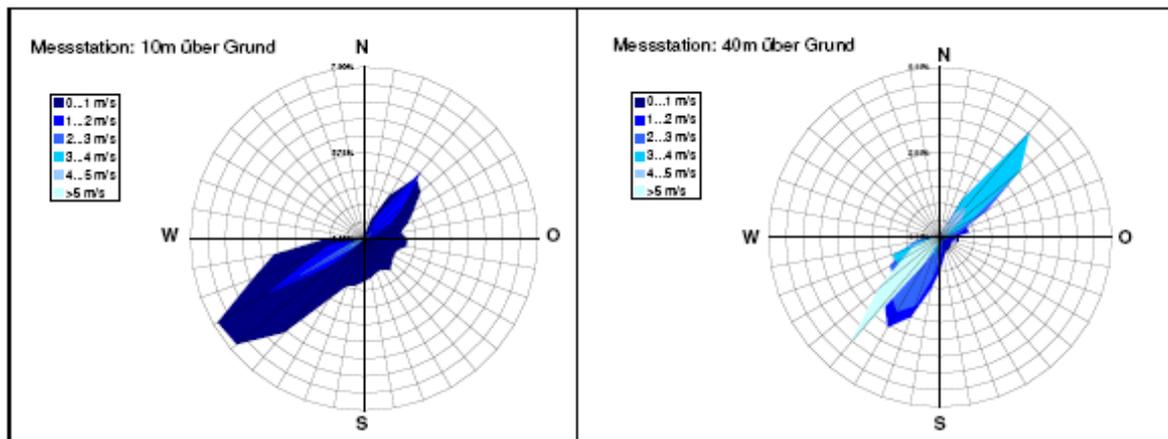


Figure 1 : Roses des vents annuelles mesurées à 10 m/sol et à 40 m/sol sur le site de la décharge de Bonfol du 15.11.2004 au 29.03.2006. Roses des vents calculées par BCI. Document tiré de la NIE

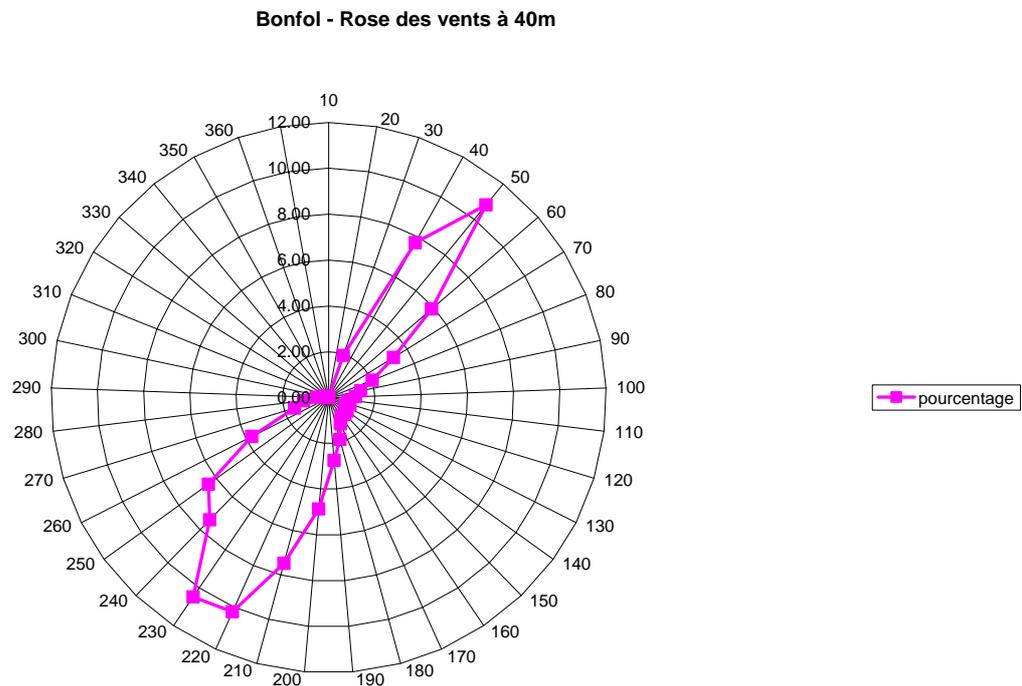


Figure 2 Rose des vents à 40 calculées pour toutes les vitesses confondues.

Les mesures du vent effectuées en d'autres endroits de l'Ajoie¹ dans le cadre de l'EIE du projet général des sections 1 à 3 de l'A16 (Zace Services, 1991 ; Fallot & Hertig, 1991) ont également mis en évidence une prédominance des courants du Sud-Ouest et du Nord-Est (ou d'Ouest et d'Est suivant l'endroit) à l'échelle annuelle. Cette prédominance résulte d'une canalisation des vents généraux par la topographie régionale, en particulier par les chaînes du Jura, des Vosges et des Alpes. On retrouve aussi une prédominance des courants du Sud-Ouest et du Nord-Est sur le Plateau suisse, mais pas sur les sommets jurassiens (Chasseral) ou alpins.

Ces mesures in situ ont également révélé la présence de brises nocturnes, notamment pour les stations situées au fond des vallées ou des dépressions (Boncourt Queue-au-Loup, Bottenier à l'Est de Courgenay). Ces brises soufflent le plus souvent du Sud-Est en descendant la vallée de l'Allaine (à Boncourt) ou les pentes de la chaîne de montagne du Mont Terri (à Bottenier). Ces brises nocturnes existent probablement aussi dans d'autres vallées de l'Ajoie comme celles de la Coeuvalte (Coeuve) ou de la Vendline (Bonfol). Mais elles sont peu épaisses, puisqu'on les ressent assez rarement sur les collines (Banné à Porrentruy) et les hauts plateaux (Fahy, Bure) où elles sont souvent perturbées par les vents du Sud-Ouest à Ouest ou du Nord-Est. On peut faire le même constat pour le site de la décharge de Bonfol situé sur une colline.

Les brises diurnes sont plus rarement ressenties en Ajoie, car les vallées sont peu prononcées. Leur direction dépend largement de celle des vents en altitude. Ces brises soufflent le plus souvent :

- du Nord-Est lorsque les vents en altitude viennent du Nord à Sud-Est,
- du Sud-Ouest à Nord-Ouest lorsque les vents en altitude viennent du Sud-Ouest à Nord.

¹ Fahy, Bure, Boncourt Queue-au-Loup, colline du Banné à Porrentruy, Bottenier à l'Est de Courgenay près du portail Nord du tunnel A16 du Mont-Terri, Derrière Mont-Terri à l'emplacement de la cheminée de ventilation du tunnel du Mont Terri.

Etant donné que les reliefs sont peu prononcés en Ajoie, ces courants diurnes ne correspondent pas à des brises de vallée proprement dites remontant l'Allaine et ses affluents, mais plutôt à un vent synoptique² canalisé par la topographie régionale en un flux du Nord-Est ou du Sud-Ouest : ce flux est plus souvent ressenti au sol durant le jour et en saison chaude en raison de la plus grande instabilité de l'air. Durant la nuit, par vent faible, les brises de montagne parviennent le plus souvent à s'installer au fond des vallées et à repousser le vent synoptique en altitude (jusque sur les collines et les hauts plateaux de l'Ajoie, voire plus haut).

Les brises diurnes sont également rarement ressenties sur le site de la décharge de Bonfol et on mesure alors des vents du Nord-Est ou du Sud-Ouest durant la journée. On enregistre aussi parfois des courants d'Ouest à Nord-Ouest sur ce site à 10 m/sol comme ailleurs en Ajoie, mais très rarement à 40 m/sol où les flux restent orientés au Sud-Ouest.

Par situation anticyclonique notamment en saison chaude, on peut observer une alternance des courants, mais sans horaire régulier comme dans les vallées alpines : ils soufflent néanmoins plus souvent du Sud-Ouest la nuit et du Nord-Est le jour (cf. appendice A1). Des divergences peuvent également apparaître entre les 2 postes dans ce genre de situation. On mesure ainsi parfois des écoulements croisés durant quelques heures avec des vents faibles du Nord-Est à 40 m/sol et du Sud-Ouest à 10 m/sol durant le jour : l'inverse se produit plus rarement. Dans d'autres cas, on observe durant quelques heures :

- des vents du Sud-Ouest à 40 m/sol et d'Ouest à Nord-Ouest à 10 m/sol durant la nuit,
- des vents du Nord-Est à 40 m/sol et d'Est à Sud-Est, voire Sud à 10 m/sol durant le jour.

Les courants divergent ainsi paradoxalement davantage à 10 m/sol dans ce genre de situation, mais ils soufflent aussi très faiblement. Pour cette raison, la rose des vents annuelle est plus étalée à 10 m/sol qu'à 40 m/sol.

3.4 Evaluation de l'épaisseur des brises nocturnes et de l'inversion de température

Comme mentionné plus haut, les brises nocturnes sont assez rarement ressenties sur les collines (Banné, décharge de Bonfol) et les hauts plateaux de l'Ajoie (Fahy, Bure). On peut donc évaluer l'épaisseur de ces brises et de la couche d'air froid (inversion) à 50 ou 100 mètres dans les vallées de l'Ajoie par situation anticyclonique. En cas d'afflux d'air froid du Nord à Nord-Est (bise), l'inversion de température atteint une plus grande épaisseur, notamment en saison froide, car l'air froid est poussé contre le Jura et les Alpes. Vu l'altitude des reliefs environnants, en particulier celle de la première chaîne du Jura au Sud (800 à 1000 m/mer), la couche d'air froid ne doit pas dépasser une altitude de 1000 m/mer en Ajoie dans ce genre de situation.

3.5 Situation météorologique à simuler

3.5.1 Vitesse critique

Pour la présente étude, il s'est agi de rechercher les situations météorologiques critiques pour la dispersion. En principe ces situations correspondent aux cas de vent faibles. Toutefois il convient de rappeler que si le vent est faible, la surélévation d'un panache chaud sera très importante et la concentration au sol nulle. A l'opposé si la vitesse du vent est très forte, la surélévation du panache sera faible et la concentration au sol sera aussi faible en raison de la dilution par les grandes quantités d'air passant au dessus de la cheminée.

² Le vent synoptique correspond au vent général non influencé par la topographie ou la rugosité du sol.

Il existe donc une vitesse du vent particulière, ni trop grande, ni trop faible qui entraîne la concentration maximale au sol. Cette vitesse est appelée vitesse critique.

Dans le cas d'un panache non chauffé, comme c'est le cas pour la cheminée d'aération de la DIB, cette vitesse critique peut être très faible voir nulle si le panache est formé de gaz froids ou lourds.

La connaissance de cette vitesse critique est donc déterminante pour le choix des situations météorologiques pouvant produire des odeurs. En effet, la rose des vents et l'analyse climatologique permettent de déterminer les situations météorologiques typiques de la région. Il s'agit des tendances dominantes permettant entre autre de calculer les moyennes annuelles de concentrations.

Pour le cas des odeurs, ce sont des situations particulières entraînant les concentrations les plus fortes au sol, qui sont intéressantes. Ces situations sont appelées situations critiques. Il s'agira donc de simuler aussi bien les cas typiques que les cas critiques. Pour ces derniers, il est nécessaire de déterminer la vitesse critique.

Calcul de la vitesse critique pour les conditions d'émissions de la cheminée de la DIB

En prenant comme base les conditions d'émission données dans la NIE, soit une vitesse de sortie de 15m/s, un diamètre de la cheminée de 1700 mm, la vitesse critique calculée pour un tel jet est de 1.59 m/s, ce qui est relativement faible.

Il convient de relever que ces conditions conduisent à un débit de 122'568 m³/s ce qui est trop élevé. Avec le débit indiqué dans le rapport ABLUFTPROBLEMATIK, de 40'000 m³/h pour la période de travail et de 36'000 m³/h pour la période de repos, les vitesses de sortie sont de 4.9 respectivement 4.4m/s.

La vitesse critique pour ces vitesses tombe à 0.52, respectivement 0.46 m/s. Ces vitesses critiques faibles montre que ce sont les situations sans vent, soit les plus fréquentes qui sont susceptibles de créer des odeurs dans les zones habitées.

3.5.2 Caractéristiques des situations météorologiques à simuler

3.5.2.1 Situations typiques

La rose des vents montre deux secteurs principaux. Le secteur du vent compris entre 200° et 250° à 40 m/s et le secteur de bise compris entre 40° à 50°. La vitesse des vents est de 4 à 5 m/s pour le secteur 220° alors que dans le secteur 200° la vitesse est plus basse avec une forte fréquence à 1 m/s.

Pour la bise les fréquences des différentes classes de vitesse se superposent autour du secteur 45°.

La simulation des situations typiques de bise se fera de manière à obtenir au sol des vents du secteur 45° ayant une force comprise entre 1 et 5 m/s. La condition aux limites correspondante, pour le modèle de vent, est un vent synoptique du secteur 75° avec une vitesse comprise entre 3 et 5 m/s. Il faut relever que le modèle de vent est initialisé par le vent synoptique (vent en altitude) qui est dévié par l'accélération de Coriolis dans la couche limite. En effet, le modèle reproduit bien la couche d'Eckman et de ce fait il faut tenir compte de la déviations des vent entre les mesure au sol et les conditions au bord supérieur du modèle. Notre expérience montre que cette déviation est de l'ordre de 30° à gauche.

La simulation des situations typiques de vent devrait se faire de manière à obtenir au sol des vents du secteur 220° ayant une force comprise entre 4 et 5 m/s. Toutefois ce secteur n'est pas intéressant dans le cadre de la problématique des odeurs car le panache est transporté dans une zone de forêt inhabitée.

3.5.2.2 Situations critiques

En ce qui concerne les situations critiques, différentes situations doivent être analysées.

Il s'agit des situations critiques de bise rabattant le panache sur Bonfol et Berneuvesin. Elles englobent des vents au sol ayant des secteurs compris entre 345° et 110° , ce qui correspond à des vents synoptiques de secteurs 15° à 140° .

Il faut aussi considérer les situations critiques transportant le panache en direction de Pfetterhouse. Il s'agit des vents au sol de secteurs 160° à 170° ayant une force comprise entre 1 et 3 m/s, ce qui correspond à des vents synoptiques de secteurs 190° à 200° avec des vitesses comprises entre 1 et 5 m/s.

La stratification thermique de l'atmosphère³ joue un rôle déterminant sur les champs de vent. Il s'agit de tenir compte de la différence de stratification entre les vents du Sud-Ouest et la bise. De plus, une inversion peut être imposée au modèle. Une analyse de sensibilité des simulations à ces différents paramètres est toujours effectuée.

4 Calcul des vents

Un domaine de calcul pour le modèle méso - météorologique a été défini. Ce domaine est formé par un maillage de 30, 38 et 19 cellules. Le maillage horizontal est de 250 m et couvre une région de 7.5 km par 9.5 km centré sur la décharge. Ce domaine est présenté sur la Figure 3

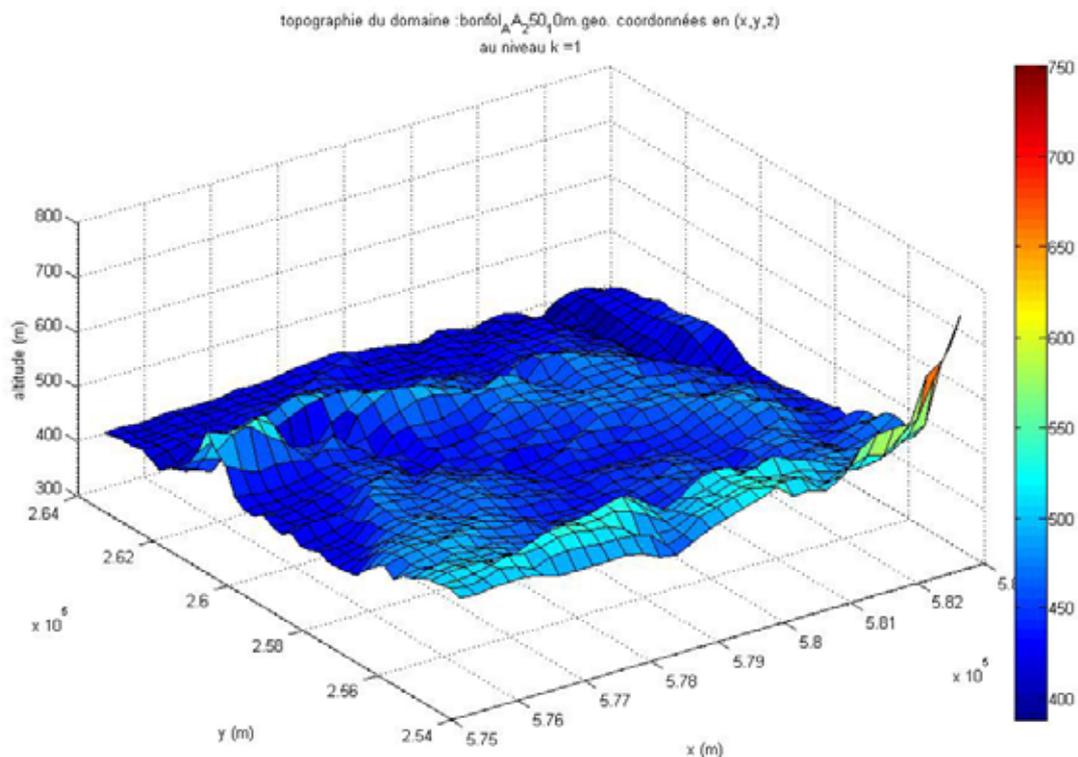


Figure 3 Topographie définie pour le calcul des vents.

³ La stratification thermique de l'atmosphère et la stabilité de l'air dépendent des gradients verticaux de température. La stratification thermique de l'atmosphère et la stabilité de l'air diminuent lorsque le refroidissement de l'air avec l'altitude augmente.

Dans une première série de calculs, le niveau de la première maille était à 25 m. Ce domaine a permis de simuler valablement les cas de vents stratifiés sans refroidissement ni réchauffement du sol.

Pour les simulations des cas nocturnes avec refroidissement du sol, il a fallu créer un deuxième maillage avec le premier niveau de grille à 10 m.

Trois stratifications thermiques ont été testées. Ces stratifications sont présentées aux Figure 4 et Figure 5. Les résultats des simulations ont montré que la stratification 3 donnait les champs de vents les plus cohérents, avec les vitesses les plus faibles. Il convient de relever que le calcul des champs de vent doit se faire avec des conditions compatibles avec la taille du maillage. Par contre, le calcul des concentrations se fait avec des conditions de dispersions qui peuvent s'éloigner de celles retenues pour le calcul des vents.

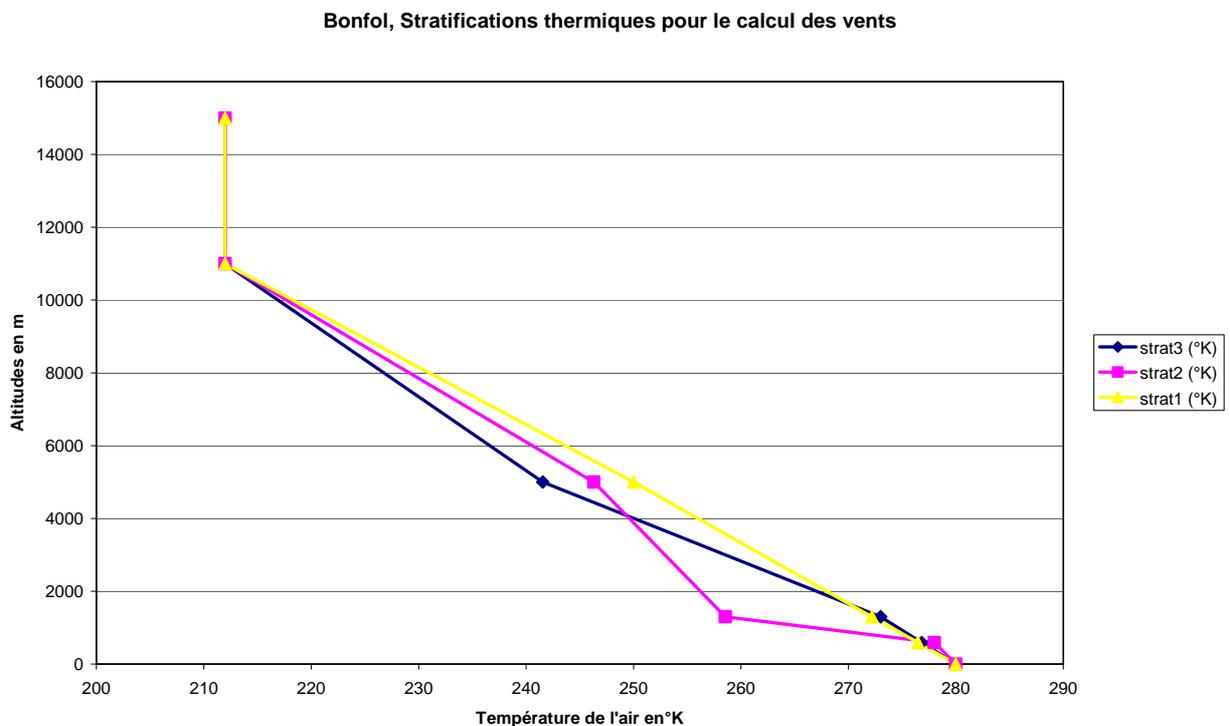


Figure 4 Stratifications thermiques retenues pour le calcul des vents

Z (m)	strat3 (°K)	strat2 (°K)	strat1 (°K)
15000	212	212	212
11000	212	212	212
5000	242	246	250
1300	273	259	272
590	277	278	276
0	280	280	280

Figure 5 Tableau des valeurs des stratifications thermiques

4.1 Description des champs de vent

Plusieurs dizaines de champs de vent ont été calculés. Les analyses de sensibilité faites ne sont pas toutes présentées dans ce rapport. Il ressort de ces simulations que la région de Bonfol n'est pas soumise à des régimes de brises thermiques avec un cycle journalier bien marqué.

Ceci était déjà visible dans l'analyse des données météorologiques. Les simulations numériques des vents ont permis de comprendre que cette partie vallonnée de l'Ajoie n'est plus soumise à l'influence du Jura car les vents provenant de cette chaîne de montagne ne sont pas canalisés par une vallée. En effet, la topographie générale de l'Ajoie est formée d'un plateau vallonné dont la pente générale est en direction du nord. Cette topographie se distingue de celle des grandes vallées alpines (Rhône et Rhin) ou des vallées du Jura (Haut-Rhin, Birse, Doubs, Vallon de St Imier, Allaine, etc) pour ne choisir que des exemples proches du Jura.

Cette configuration topographique n'est donc pas propice aux brises de pentes. Celles qui se produisent sont d'extensions limitées et le modèle montre une formation rapide de zones calmes et de lacs d'air froids de quelques mètres d'épaisseur. Cette situation est heureuse dans le contexte de la problématique des odeurs de la DIB lorsque les émissions se font à la cheminée de 48m. Par contre, si les émissions sont au sol, il est possible que les polluants et les odeurs s'accumulent dans ces zones.

Dans l'ensemble des champs de vents calculés, nous avons retenus 12 cas typiques intéressants car ramenant les polluants en direction des situations habitées.

Il s'agit des situations mentionnées au tableau de la Figure 6.

NOM du fichier	Vent au sol	Réduction de vitesse	Vent synoptique		Stratification	Flux	Pas de temps	Maillage
	Secteur		Secteur	Vitesse				
Bonfol200v3st3f50_200-10	170		200	3	3	-50	165	10
Bonfol200V3ST3TA	170	1	200	3	3	T273	80	25
Bonfol190V4st1	160	0.25	190	4	1	0	80	25
Bonfol140v3st1t0	110	0.33	140	3	1	0	80	25
Bonfol90v3st3f50_3600-10	60	0.33	90	3	3	-50	3000	10
Bonfol75v3st3f50_3600-10	45	0.33	75	3	3	-50	3000	10
Bonfol75V3st	45	1	75	3	1		80	25
Bonfol70v1s3T273	40	1	70	4	3	T273	80	25
Bonfol70v4st3f50_3600-10	40	0.25	70	4	3	-50	3000	10
Bonfol20v4st1t0	350	0.25	20	4	1	0	80	10
bonfol20v4st3t273	350	0.25	20	4	3	T273	80	10
Bonfol15v3st1t0	345	0.33	15	3	1	0	80	10

Figure 6 Tableau des caractéristiques des champs de vent retenus pour le calcul des concentrations et des odeurs

Ce tableau présente de manière synthétique les calculs de vent. La première colonne contient la dénomination de la situation, qui est aussi le nom résumé des fichiers. La deuxième colonne donne la direction au sol typique, il s'agit d'une direction théorique à Bonfol. La troisième colonne donne le coefficient de réduction (amplification) appliqué au champ de vent pour le rendre compatible avec la vitesse critique au sommet de la cheminée. Le modèle est initialisé par des vents en altitude (4^{ème} et 5^{ème} colonne) par un secteur et une vitesse. Ces conditions sont appelées « vent synoptique ». L'influence de l'accélération de Coriolis et l'effet de la couche limite modifient, dans la simulation, la direction et la force des vents en approchant du sol. Il faut donc prendre comme base de comparaison les vents calculés au niveau 40 m sur sol correspondant aux mesures et non les vents donnés en condition de bord du modèle numérique.

Les champs de vent calculés et utilisés pour le calcul de la dispersion sont présentés à l'appendice A3.

5 Calcul des concentrations

Le calcul des concentrations s'est fait avec la nouvelle version du code de dispersion lagrangienne (Appendice A2).

Ce calcul a été fait avec les émissions retenues par BCI pour la NIE de la DIB (décharge industrielle de Bonfol). Il s'agit des émissions de benzène. La raison de ce choix est de permettre une comparaison entre les résultats entre les différents documents. Pour les concentrations moyennes, la comparaison peut bien entendu porter sur le benzène.

En ce qui concerne les odeurs, il s'agit en fait de considérer le rapport entre la concentration calculée et la concentration à l'émission. En effet, le modèle calcule l'atténuation en fonction du temps qui s'écoule entre le moment de l'émission et le moment de l'arrivée de la particule au point de réception. Durant cette période, le volume dans lequel la masse émise se dilue augmente sous l'effet de la turbulence propre du panache qui augmente la taille des paquets de polluants.

Si cette augmentation de volume est grande, l'intensité des odeurs diminue. Elles deviennent finalement imperceptibles. Le calcul de cette concentration montre donc des concentrations très importantes, car l'atténuation lagrangienne (le long de la trajectoire) est très faible en comparaison de la dispersion par la turbulence atmosphérique qui découpe l'émission en paquets et disperse ces paquets dans un beaucoup plus grand volume. Il est donc possible de tirer des conclusions sur les odeurs sans vraiment les simuler, ni en connaître la nature et la concentration à l'émission. Le raisonnement est le suivant : si la concentration à l'émission a une odeur, cette odeur persistera dans les paquets jusqu'à une atténuation (dilution) représentant des concentrations de l'ordre de 1 à 5% de la concentration initiale.

La probabilité associée à la concentration calculée est aussi un indicateur de la persistance de l'odeur. Cette probabilité est celle de rencontrer un paquet mais elle est aussi le rapport entre la concentration du paquet et la concentration moyenne dans l'air à l'endroit considéré. Ainsi si la probabilité décroît rapidement en fonction de la distance, cela signifie que l'odeur persiste. Par contre, si la probabilité est plus forte à grande distance, ceci signifie que l'odeur s'atténue rapidement et que la concentration d'odeur est proportionnellement plus faible que la concentration moyenne. Les figures du chapitre 5.1.1 illustrent bien cette propriété particulière.

Cette propriété a permis le calage du modèle lors des tests. Il ne faut pas que la concentration d'odeur devienne, au bord du modèle plus faible que la concentration moyenne.

Les calculs ont tout d'abord été faits secteurs par secteurs et il a été possible de constater qu'il y avait localement des concentrations importantes avec des limites marquées. On a vu que les valeurs extrêmes sont concentrées dans une bande étroite pour chaque épisode. Ainsi pour un épisode donné, une partie d'un village est exposée mais pas les autres. Il suffit de changer légèrement la direction du vent pour que la localisation des zones touchées change. Pour obtenir une image globale il faut présenter de très nombreux cas, soit 108 figures au minimum.

Pour alléger la présentation, les résultats ont été superposés dans trois cartes pour chaque condition analysée. Ces conditions sont principalement les conditions d'émission telles que la hauteur de cheminée et la température de sortie à la cheminée.

Ces trois cartes sont la concentration moyenne, la concentration extrême appelée odeur et la probabilité de l'extrême. Chaque carte représente la superposition des 12 épisodes retenus multipliés par trois. En effet, pour ce calcul, chaque champ de vent a été pris en considération trois fois en variant la direction de +/- 10°

Les calculs sont faits pour des conditions d'émission correspondant à des gaz froid (même température que l'air ambiant) et avec des conditions de stratification plutôt stables, conformément au calcul des vents. Il s'agit de conditions extrêmes en ce sens que les épisodes ne concernent que la nuit et le matin. Les cas instables de jour et les vents forts ne sont pas pris en considération. Les concentrations de benzène les plus fortes atteignent 4 ug/m^3 (microgrammes/m³).

Le modèle gaussien Aeromod » utilisé montre des concentrations à Bonfol de 0.3 ug/m^3 en moyenne annuelle pour les situations de vent du Nord-Est. Un rapport de 12 entre la moyenne annuelle et la valeur extrême de l'épisode le pire n'est pas exceptionnel.

En effet, un épisode unique est associé à une probabilité de 100%. L'épisode de vent du Nord inclus dans la moyenne est associé à une probabilité de 4% pour les vents les plus forts et de moins de 2 % pour les vents proches de la vitesse critique. La moyenne annuelle superpose plusieurs secteurs et plusieurs vitesses, soit avec une probabilité de 5 à 10%. Par conséquent, la concentration de l'épisode doit être entre 5 et 20 fois plus élevées que la moyenne annuelle. Notre calcul est donc raisonnable.

En ce qui concerne les odeurs, la concentration dans la cheminée est de $30'790 \text{ ug/m}^3$, soit environ 31 mg/m^3 . Par conséquent les concentrations extrêmes calculées pour les zones habitées qui varient entre 0.5 mg/m^3 et 5 mg/m^3 sont indicatrices de la présence d'odeur, principalement à Bonfol.

La probabilité associée à ces odeurs est par contre très faible. Elle est comprise entre 10^{-4} et 10^{-5} .

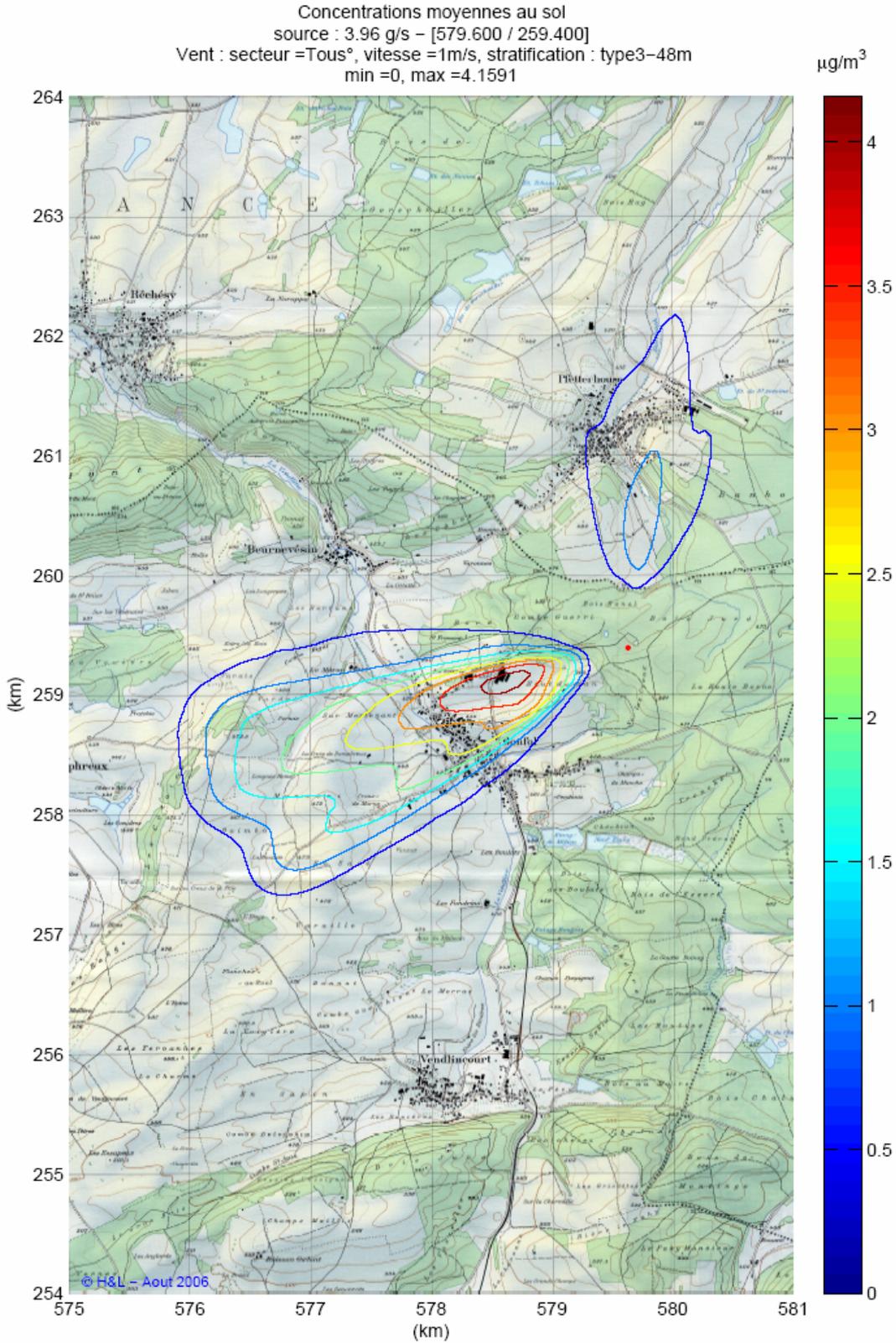
Ceci signifie que la durées de ces odeurs serait de 3 minutes par an si l'on prend comme base que la situation météorologique a une probabilité d'occurrence de 7%.

Par contre, nos concentrations moyennes sont ici de près de 5 fois celle calculées par BCI pour la situation dite « ungunstige Wetterlage ». Il semble s'agir d'une situation d'une durée de 4 jours dont la vitesse moyenne est de 4 m/s le premier jour et de 2.2 m/s si l'on prend en considération la période du 9 au 12 décembre 2005. Ensuite, les données présentent de nombreuses valeurs nulles. La moyenne de l'épisode complet tombe alors à 1.5 m/s.

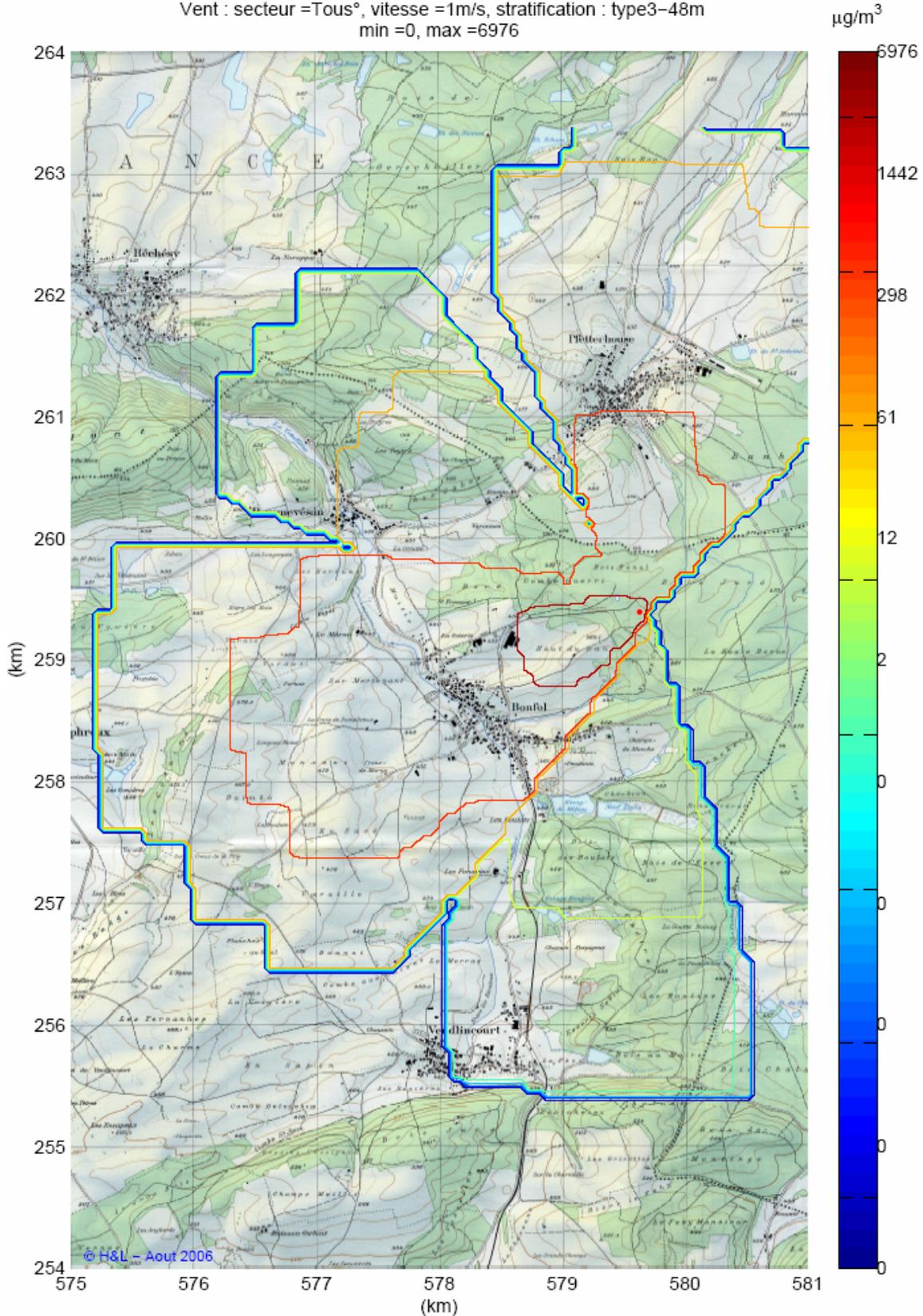
Nous avons donc refait les calculs avec une vitesse plus grande. Avec une vitesse de 4 m/s (ici 4 fois plus grande), les concentrations au sol diminuent très fortement, la dispersion des extrêmes occupe un espace plus grand, mais les concentrations sont plus faibles et la probabilité d'odeur baisse d'un facteur de 100 à 1000. Cette petite analyse confirme que le premier facteur à considérer dans le cas de la dispersion est bien la vitesse. C'est normal puisque la vitesse est au dénominateur et dans le cas des vitesses faibles, l'augmentation des concentrations avec la diminution de la vitesse est hyperbolique.

De point de vue de l'analyse de sensibilité, nous avons aussi varié la hauteur de cheminée. Cette dernière n'a que peu d'effet sur les concentrations extrêmes au sol. Par contre, un chauffage de 1°K est très efficace.

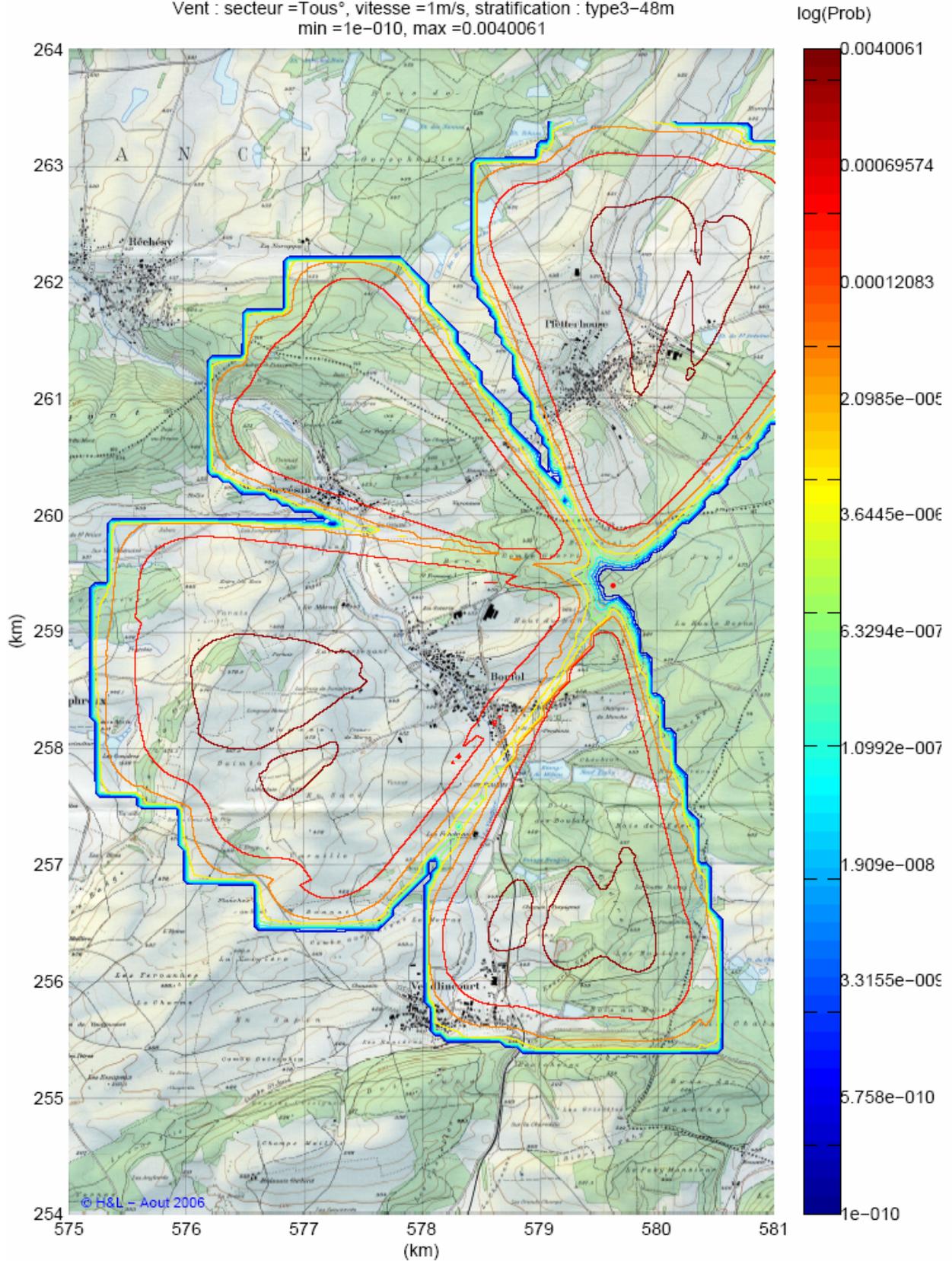
5.1.1 Situation de référence : calcul à la valeur de la vitesse critique (1m/s) pour une cheminée froide



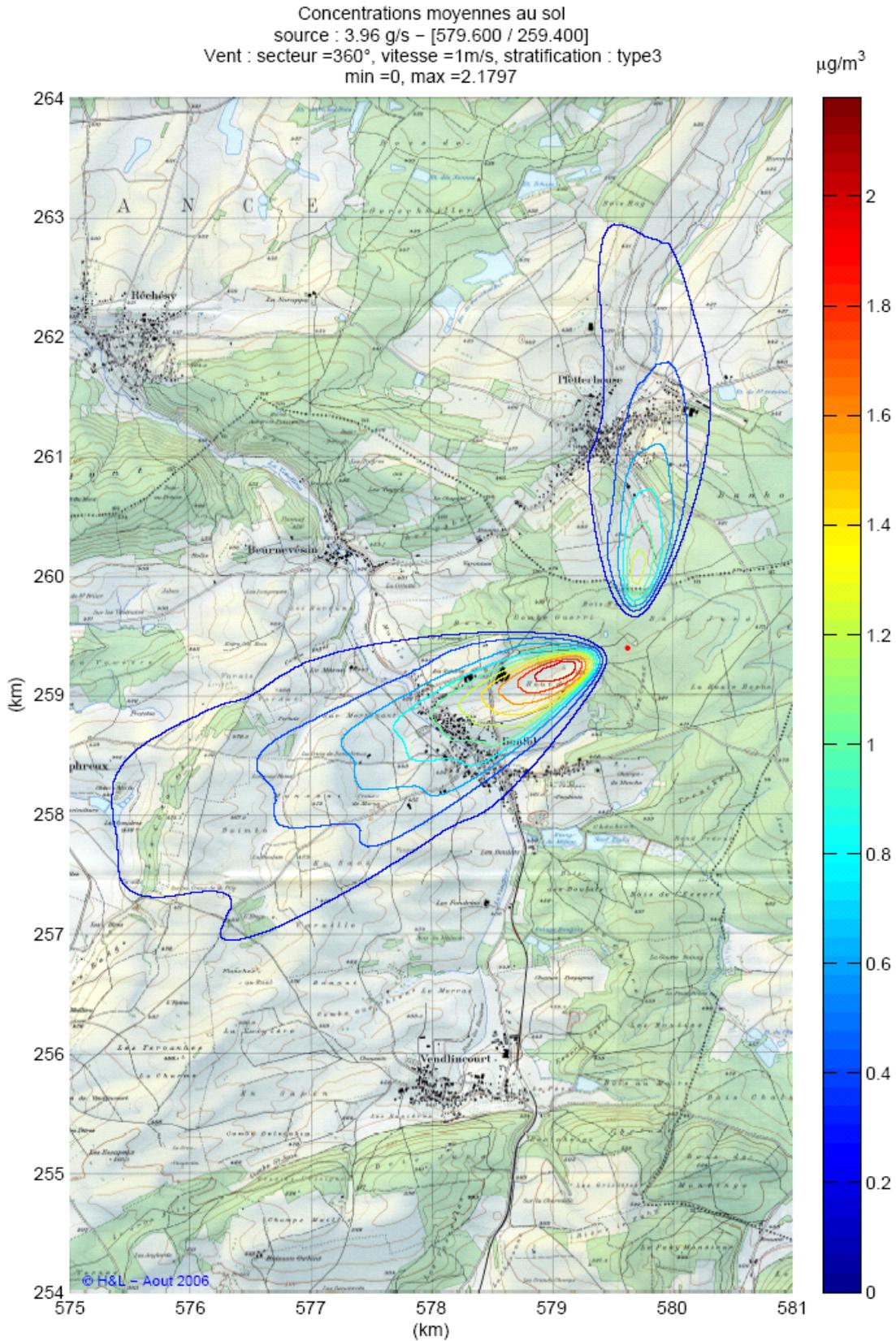
Concentrations extrêmes au sol – échelle logarithmique
 source : 3.96 g/s – [579.600 / 259.400]
 Vent : secteur =Tous°, vitesse =1m/s, stratification : type3-48m
 min =0, max =6976

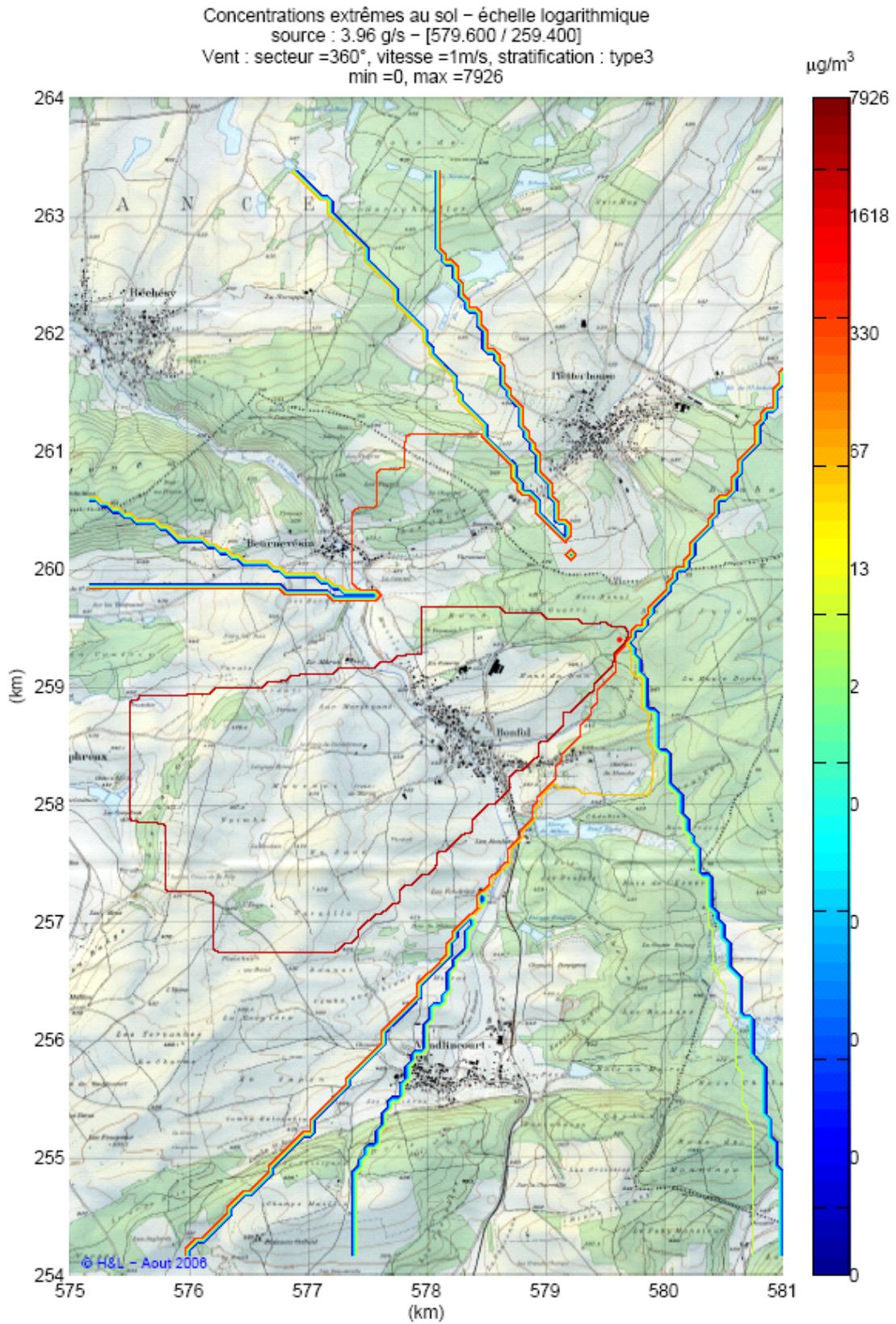


Probabilité d'occurrence des Concentrations extrêmes au sol – échelle logarithmique
 source : 3.96 g/s – [579.600 / 259.400]
 Vent : secteur =Tous°, vitesse =1m/s, stratification : type3-48m
 min =1e-010, max =0.0040061

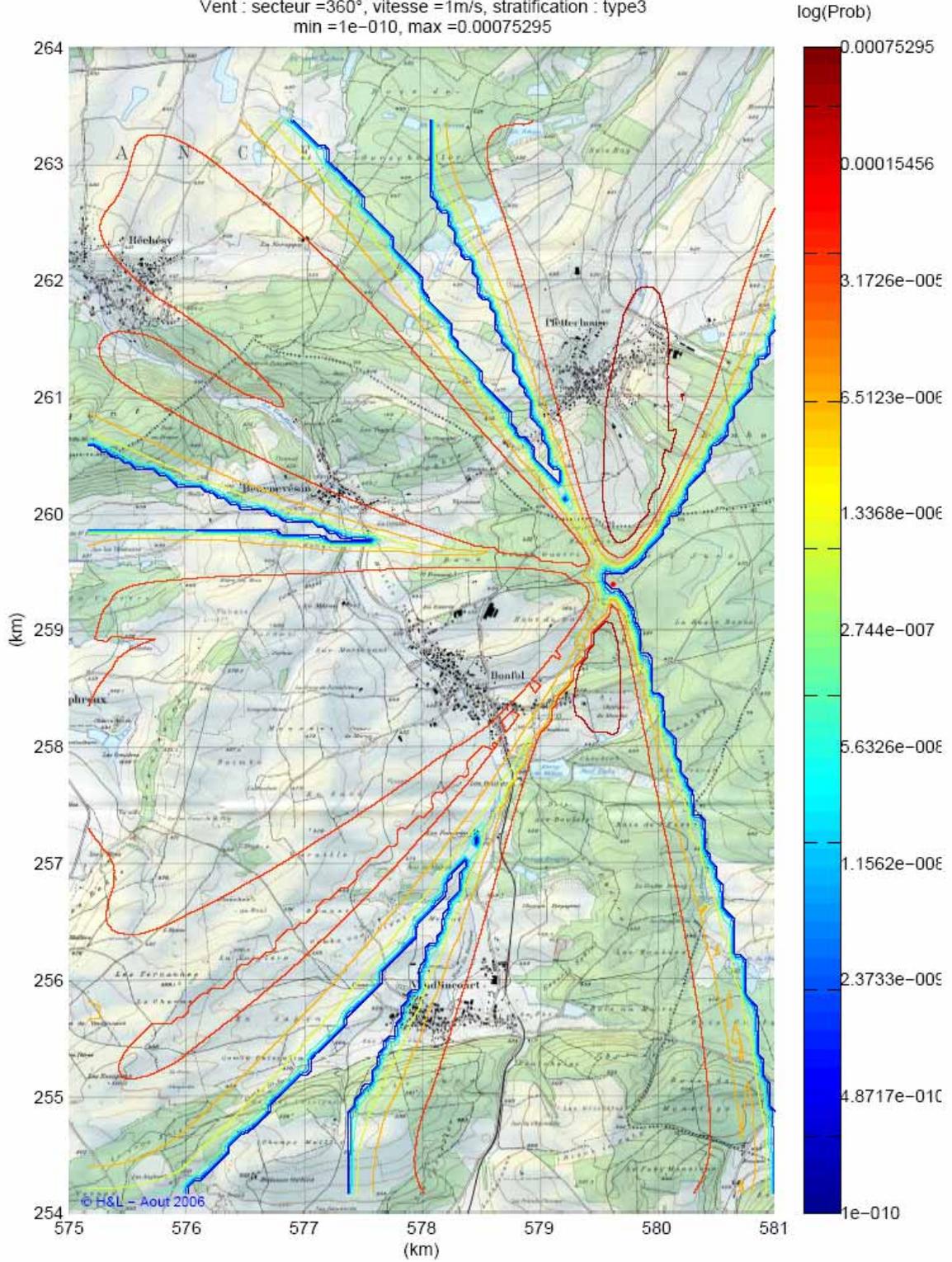


5.1.2 Influence de l'augmentation de la vitesse à 4m/s

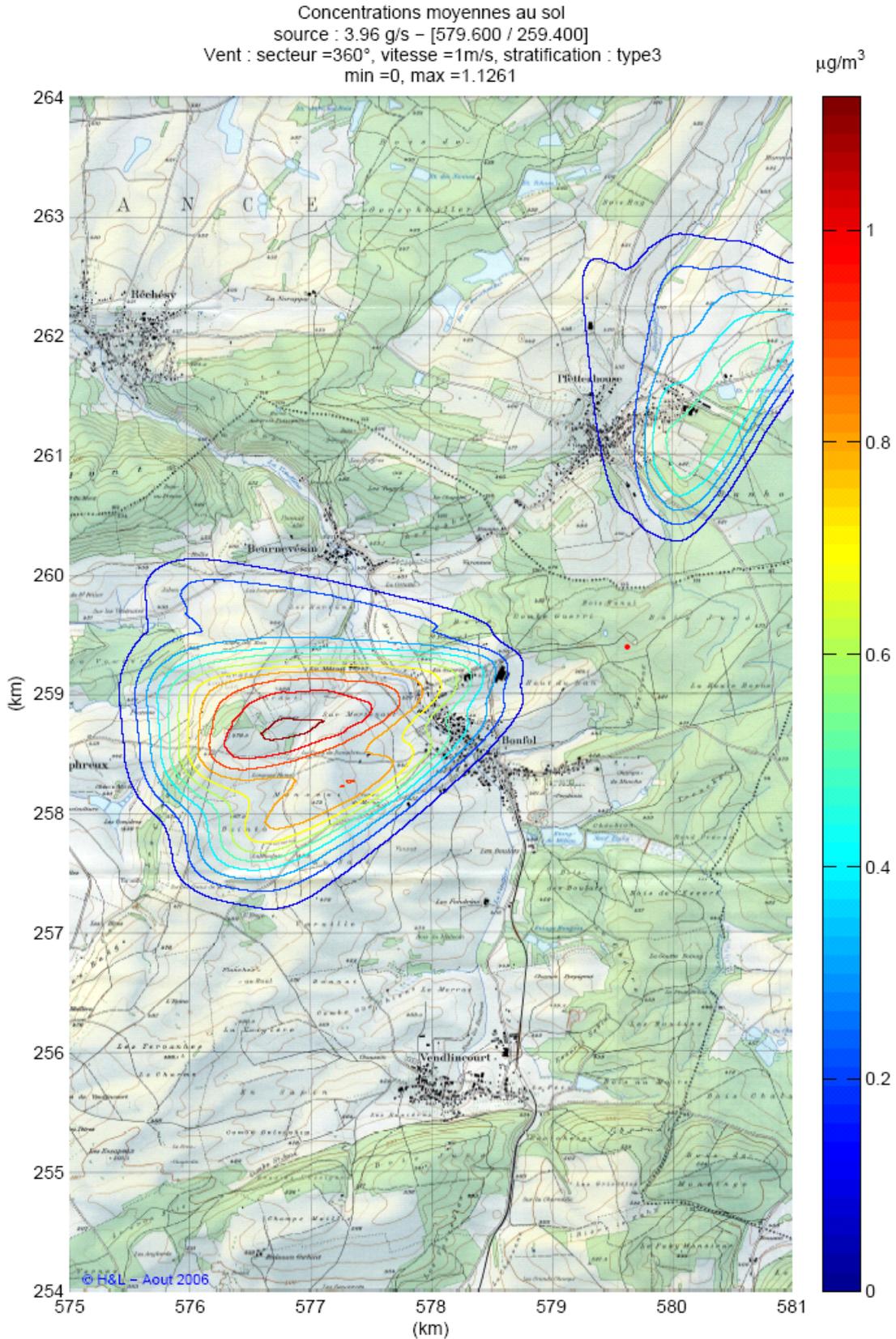




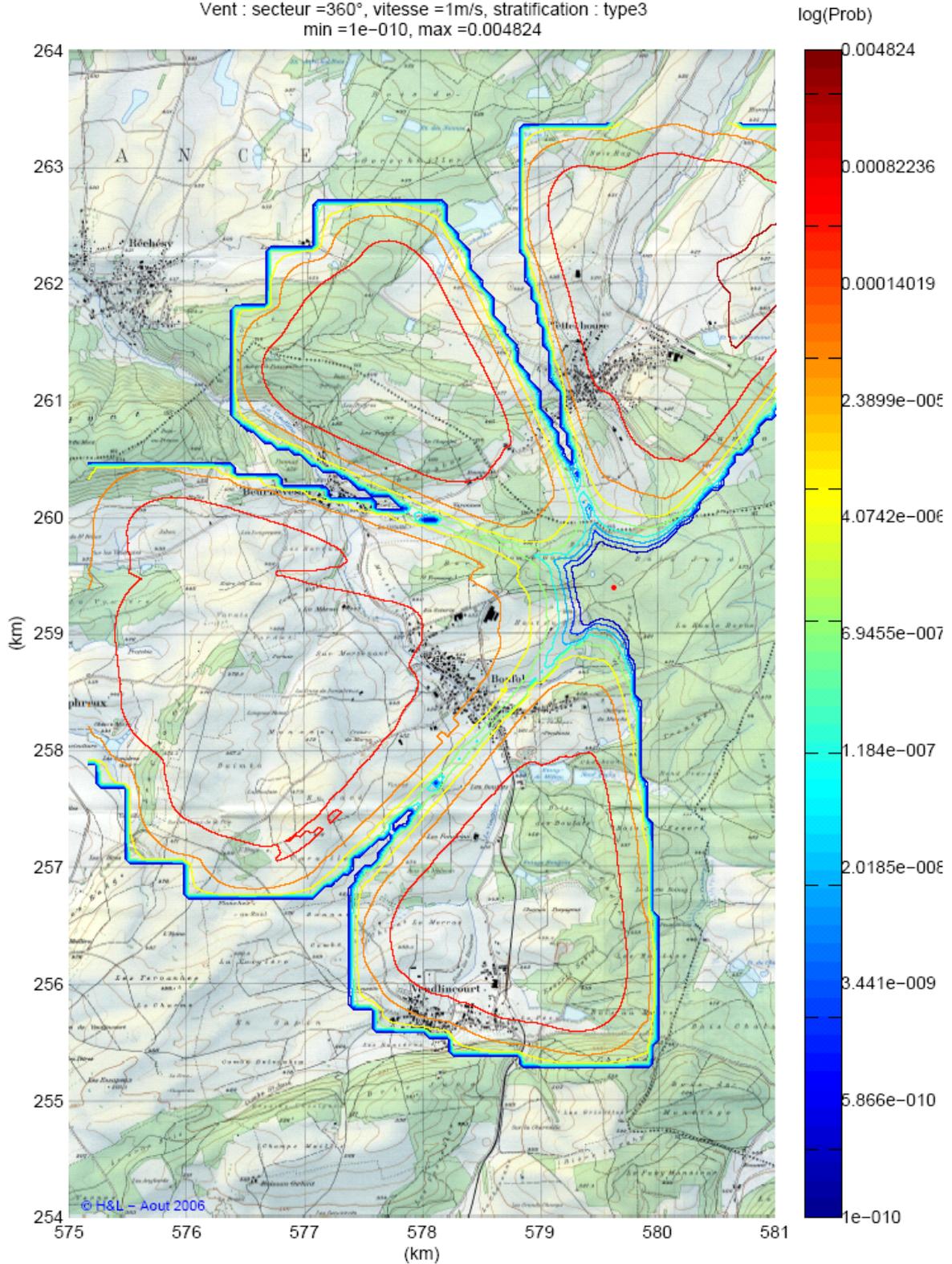
Probabilité d'occurrence des Concentrations extrêmes au sol – échelle logarithmique
 source : 3.96 g/s – [579.600 / 259.400]
 Vent : secteur =360°, vitesse =1m/s, stratification : type3
 min =1e-010, max =0.00075295



5.1.3 Influence de l'augmentation de la température de 1°K.



Probabilité d'occurrence des Concentrations extrêmes au sol – échelle logarithmique
source : 3.96 g/s – [579.600 / 259.400]
Vent : secteur =360°, vitesse =1m/s, stratification : type3
min =1e-010, max =0.004824



6 Conclusions

L'analyse du risque d'odeur pour les populations résidentes des villages de Bonfol, Pfetterhouse, Berneuvesin et Vindlincourt, situées dans le périmètre d'influence de la DIB montre que les dispositions prises sont efficaces.

Ces dispositions sont la réalisation d'une halle autour de la décharge, la mise en dépression de celle-ci et le rejet des effluents par une cheminée de 48 m après que les gaz aient été filtrés.

La dispersion des effluents sera, en règle générale, bonne et les concentrations au sol très faibles.

Dans certaines situations critiques il est possible que des odeurs arrivent jusque dans les zones habitées. Si ces odeurs seront perceptibles, elles ne dureront pas et leur apparition en un point donnée sera très rare. Il s'agit de quelques minutes par an.

Toutefois, il convient de relever que si des dysfonctionnements se produisaient dans le dispositif de mise en dépression de la halle, il y aurait des risques d'odeurs ou d'apparition de concentrations plus élevées.

Le point critique reste le cas d'émissions au niveau du sol par des ouvertures de la halle ou des locaux attenants. Pour ce cas, un réglage très précis et délicat du système de ventilation des locaux devra être effectué. En cas d'ouverture accidentelle ou occasionnelle de la halle, seul une intervention rapide visant à la refermer est envisageable.

Il est proposé ici, comme mesure complémentaire, de prévoir un dispositif permettant de chauffer les gaz à la sortie de la cheminée de 1 à 3°C au-dessus de la température à ce niveau afin d'éviter que des gaz froids ne se dispersent au niveau du sol. Ce dispositif serait aussi utile en cas de dysfonctionnement des filtres ou de concentrations accidentelles trop élevées. D'autres dispositifs susceptibles de neutraliser les odeurs sont aussi envisageables.

7 Références

Fallot J.-M., Hertig, 1991 : Prévisions d'immissions atmosphériques pour les sections 1 à 3 (Queue-au-Loup à Porrentruy-Est) de la route nationale N16 (Transjurane). Rapport destiné au Service des Ponts et Chaussées du canton du Jura, Lausanne, 183 p.

Zace Services SA, 1991 : Etude d'impact sur l'environnement pour le projet général de la section 3 de l'A16. Rapport destiné au canton du Jura, Lausanne, août 1991, 320 p. + appendices.

CSD Ingénieurs Conseils SA Assainissement de la décharge industrielle de Bonfol, notice d'impact sur l'environnement, version provisoire du 28 juin 2006, avec annexes.



Appendice A1

A.1. Mesures du vent sur le site de la décharge de Bonfol

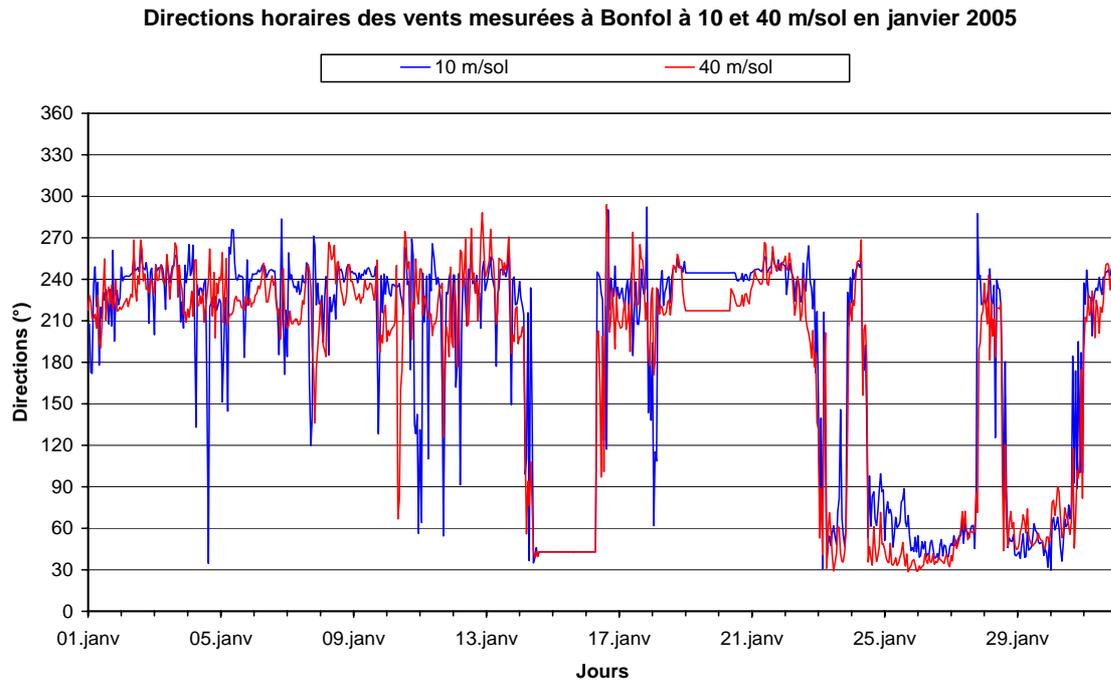


Figure A 1 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en janvier 2005

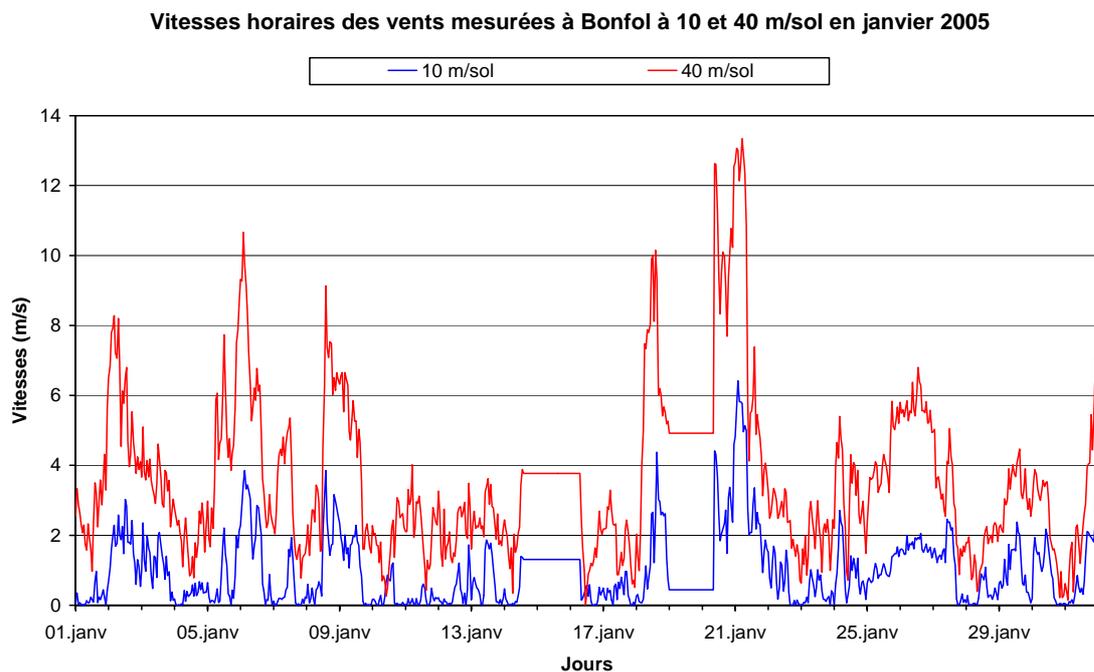


Figure A 2 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en février 2005

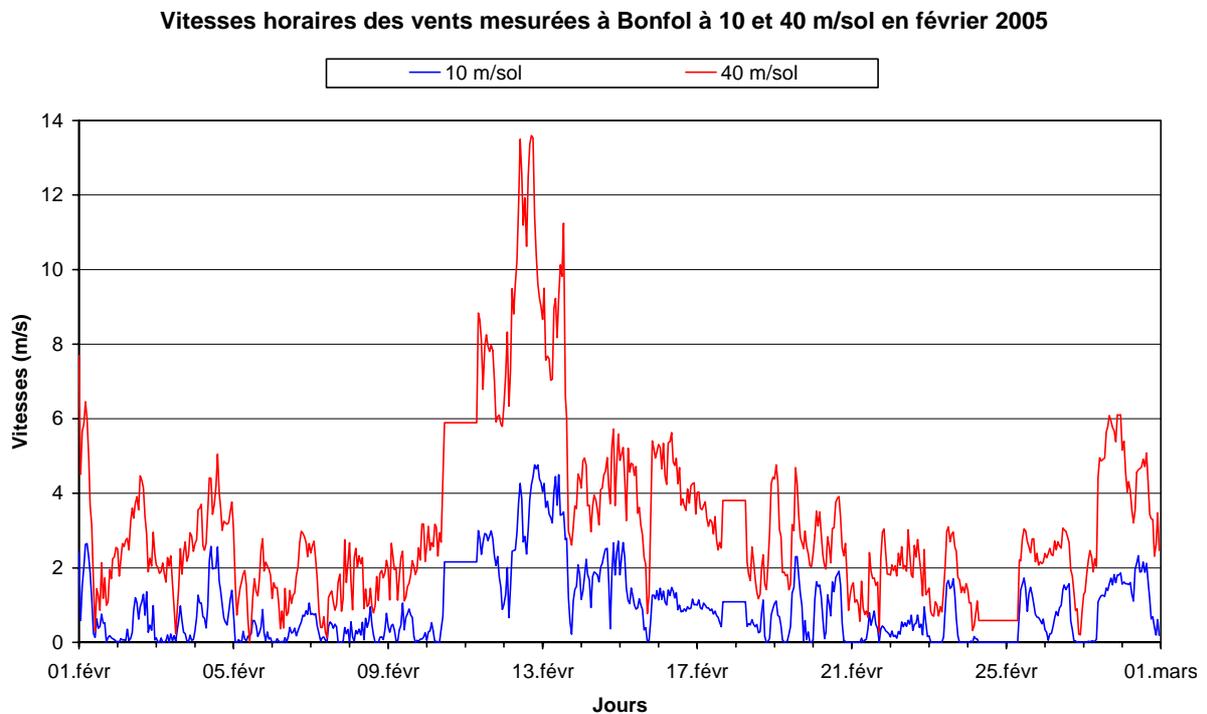
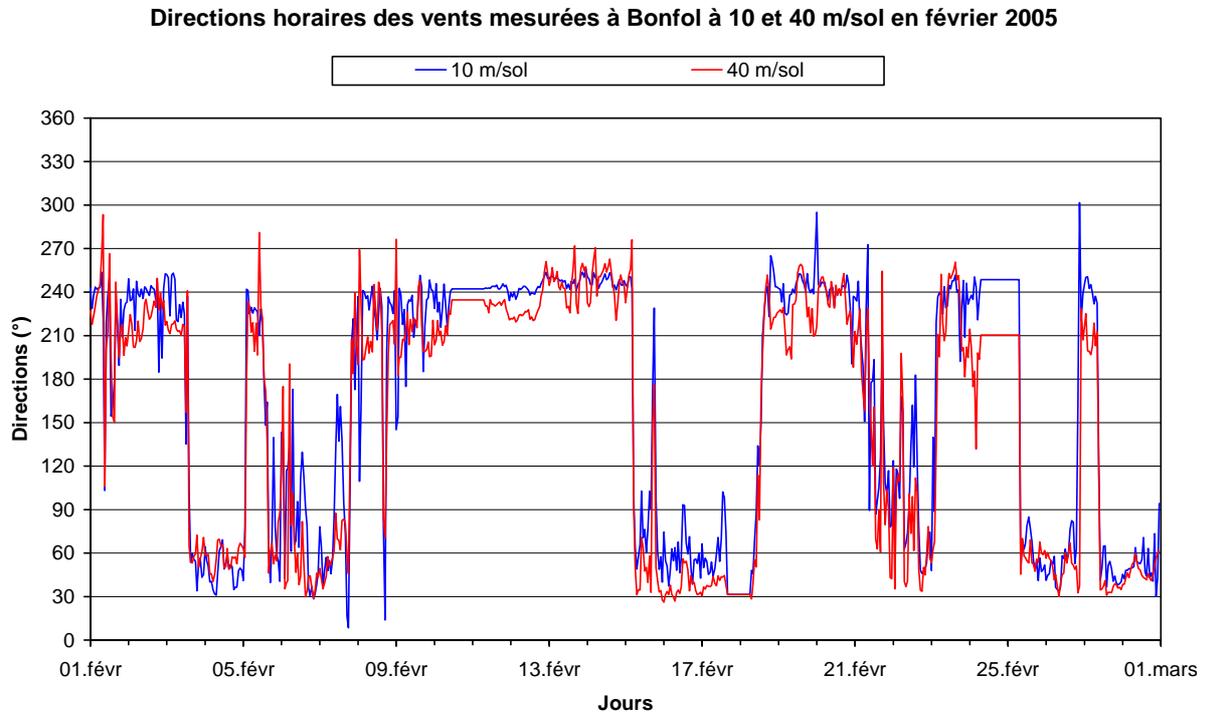


Figure A 3 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en mars 2005

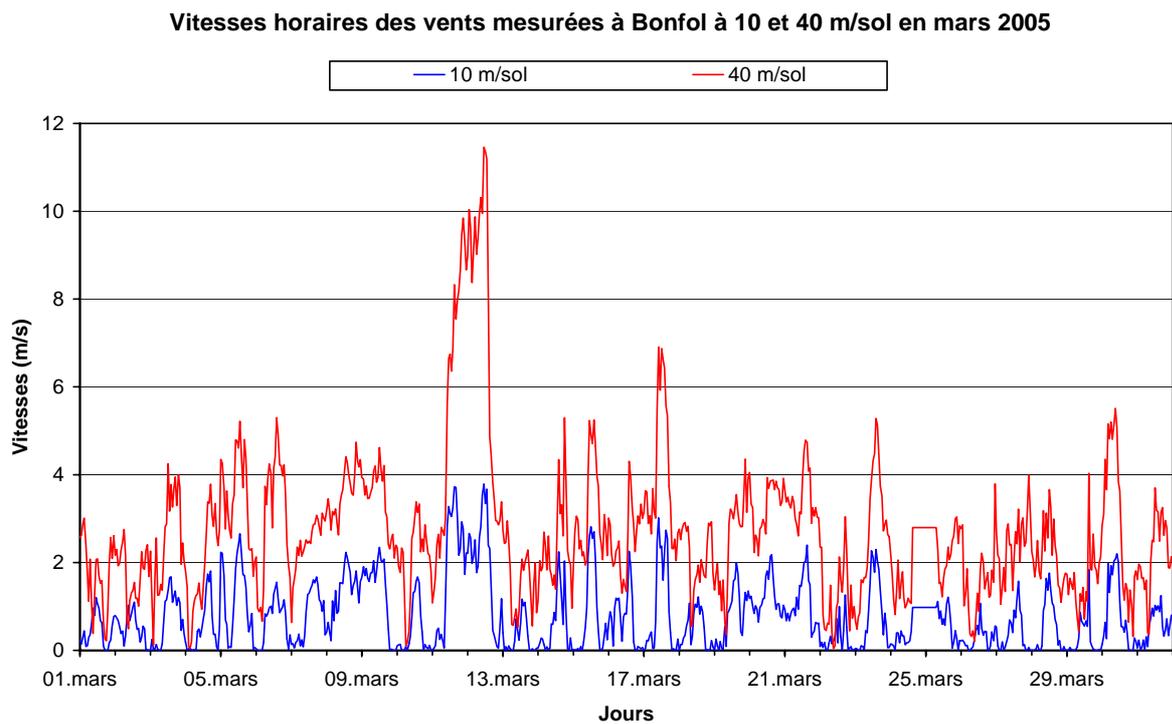
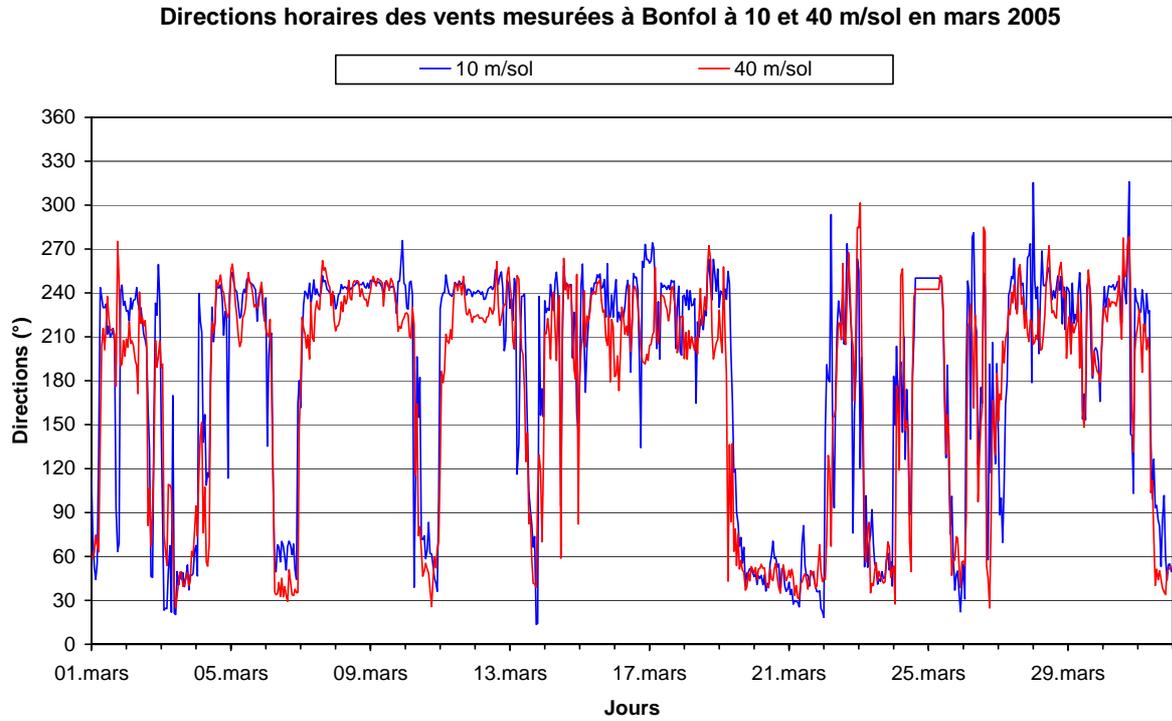


Figure A 4 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en avril 2005

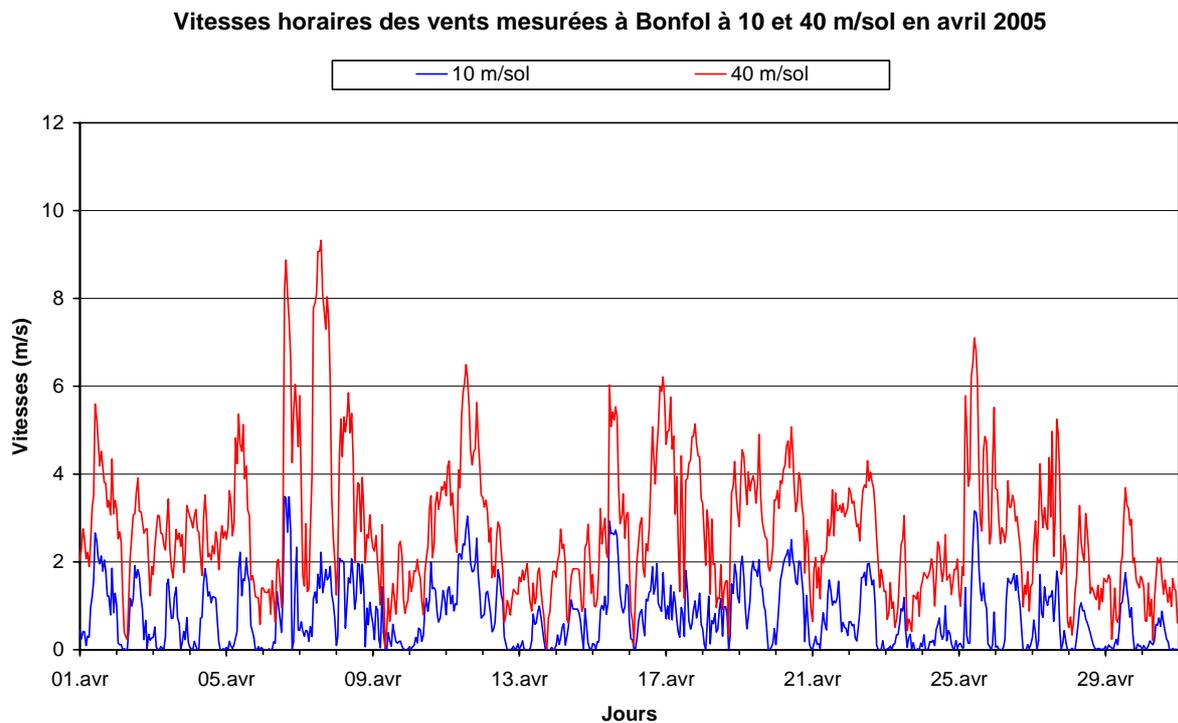
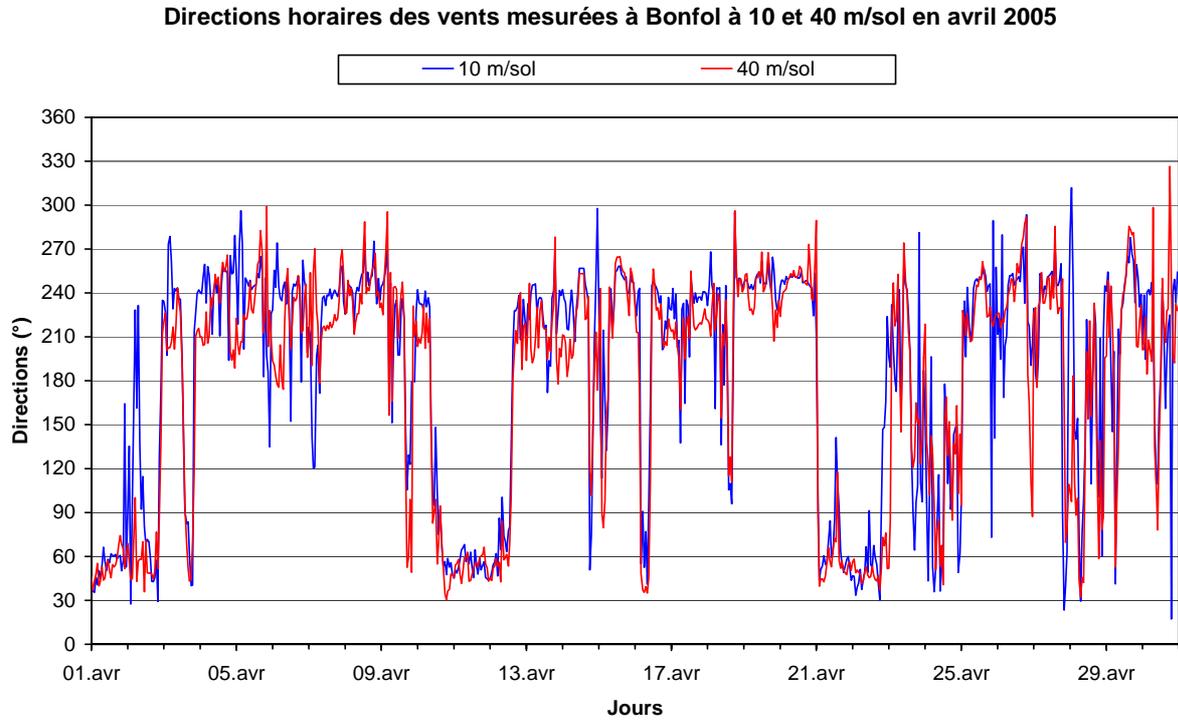


Figure A 5 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en mai 2005

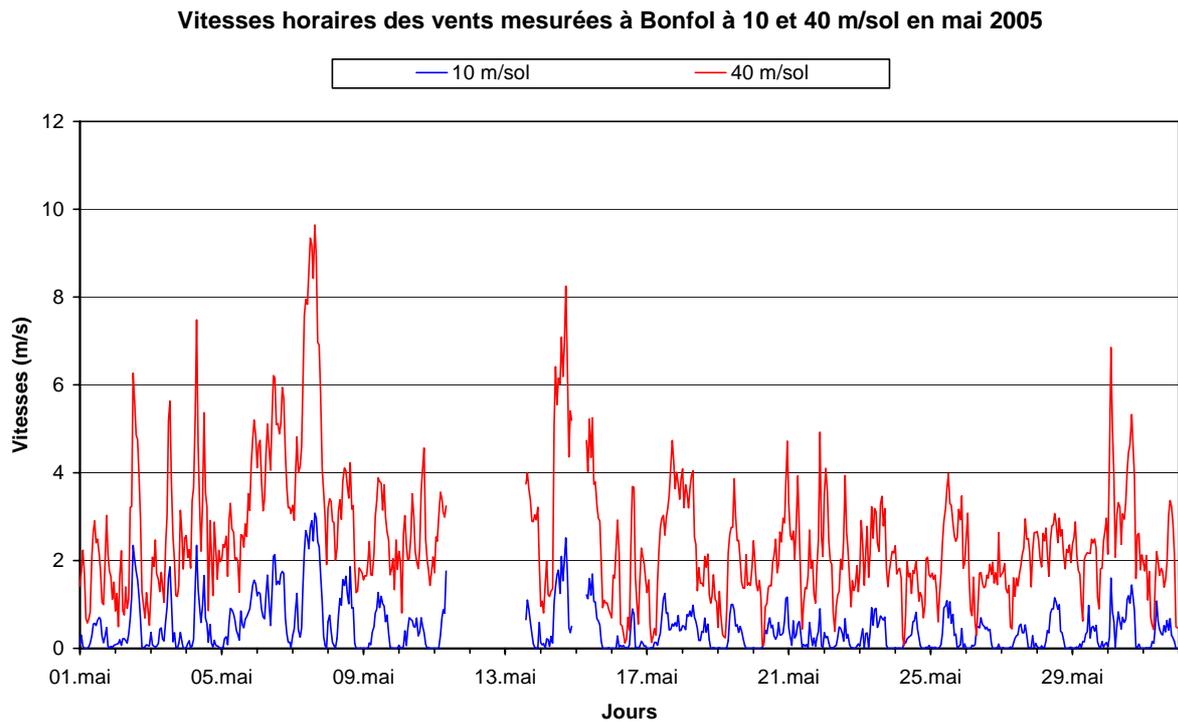
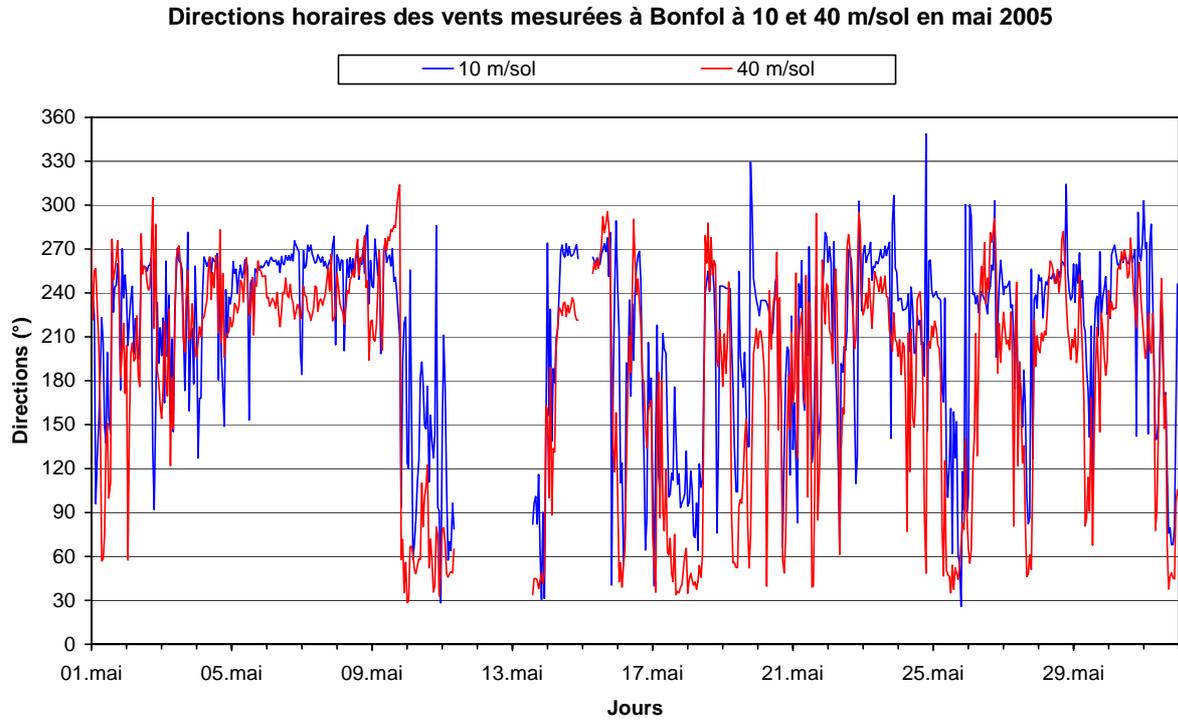


Figure A 6 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en juin 2005

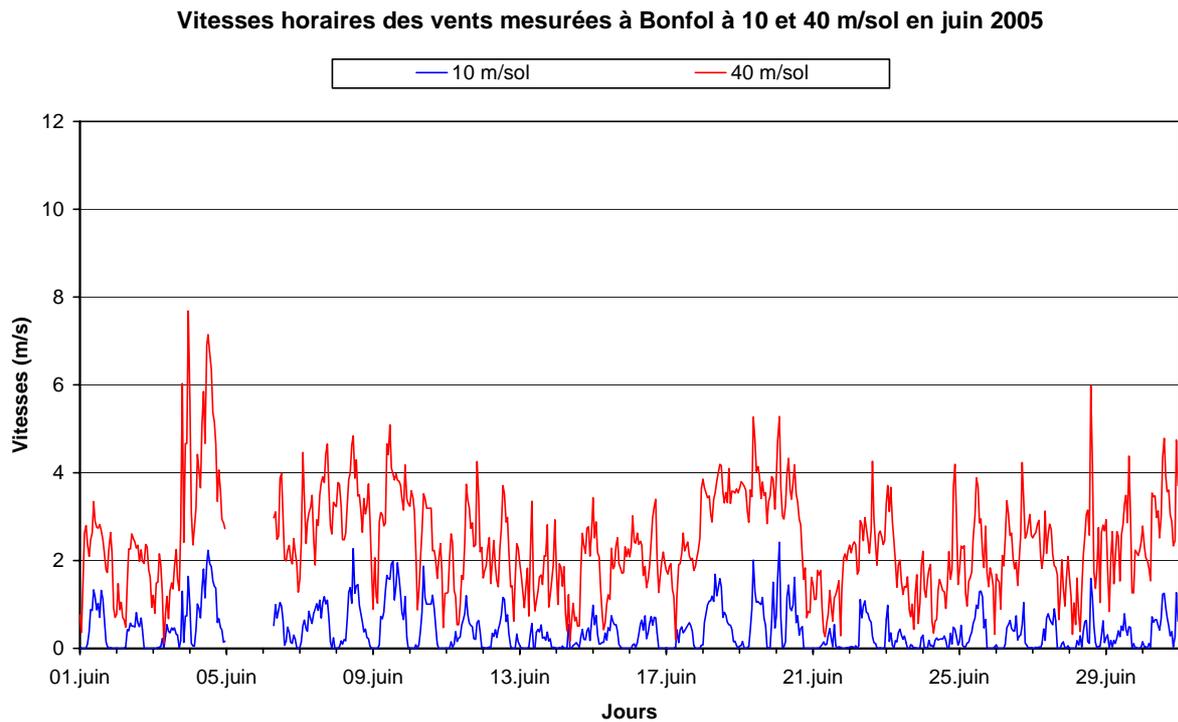
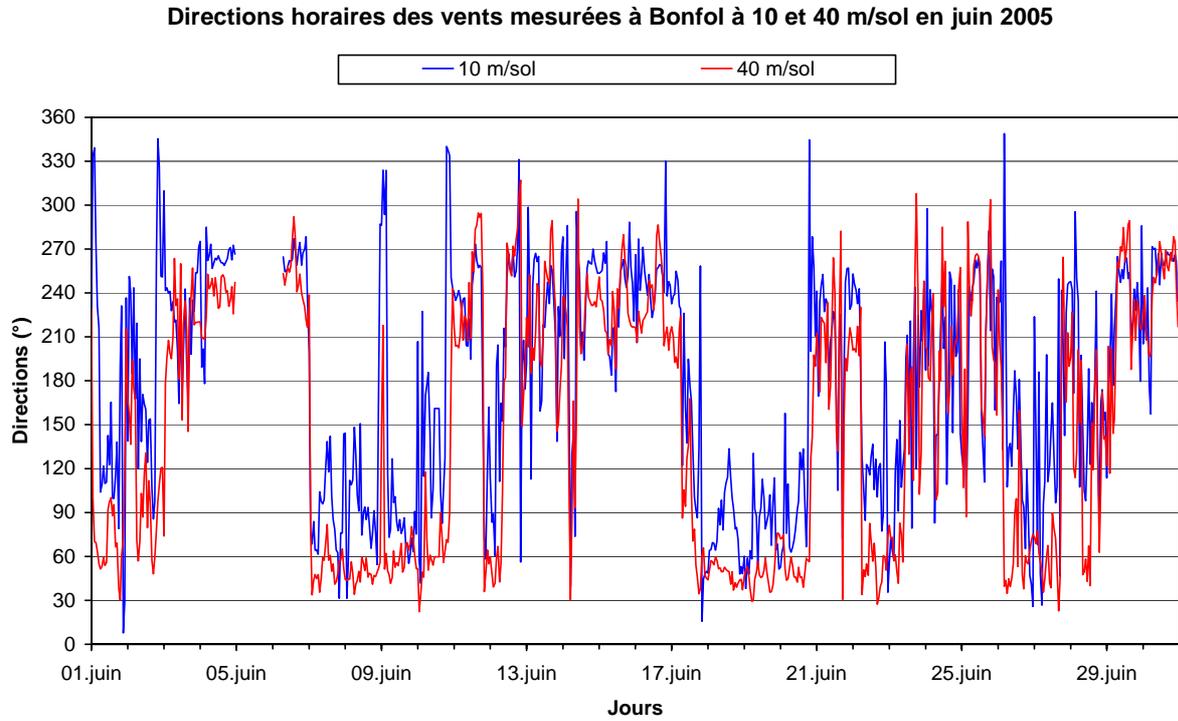


Figure A 7 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en juillet 2005

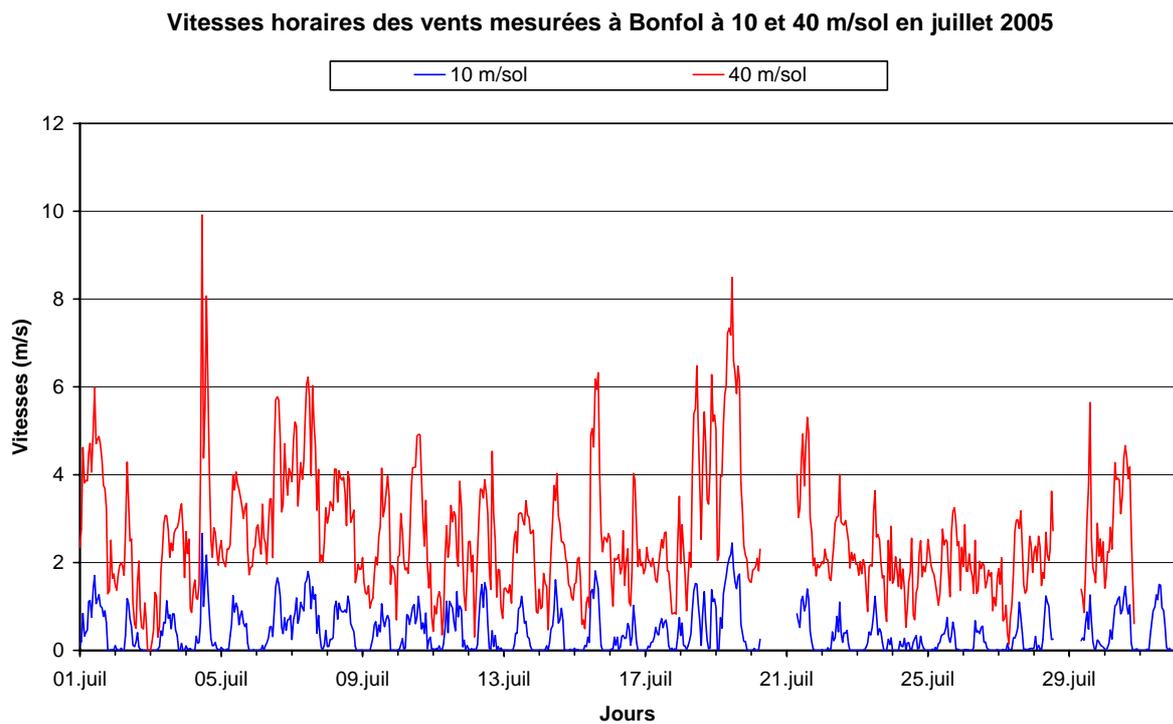
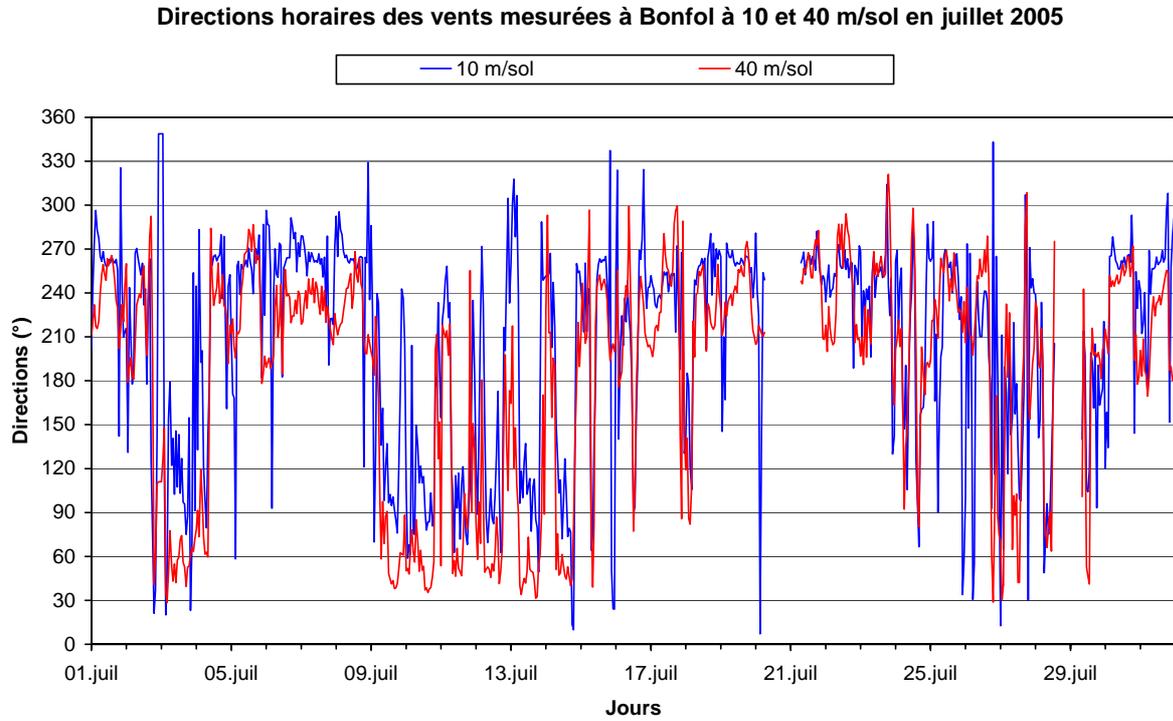


Figure A 8 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en août 2005

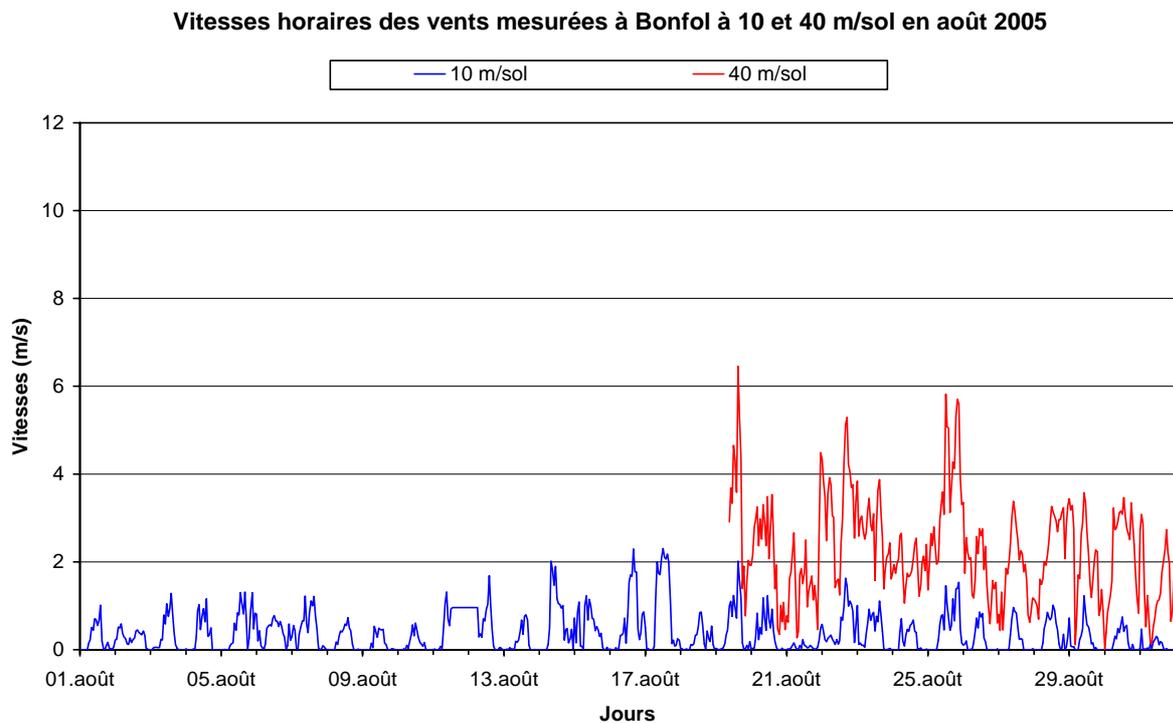
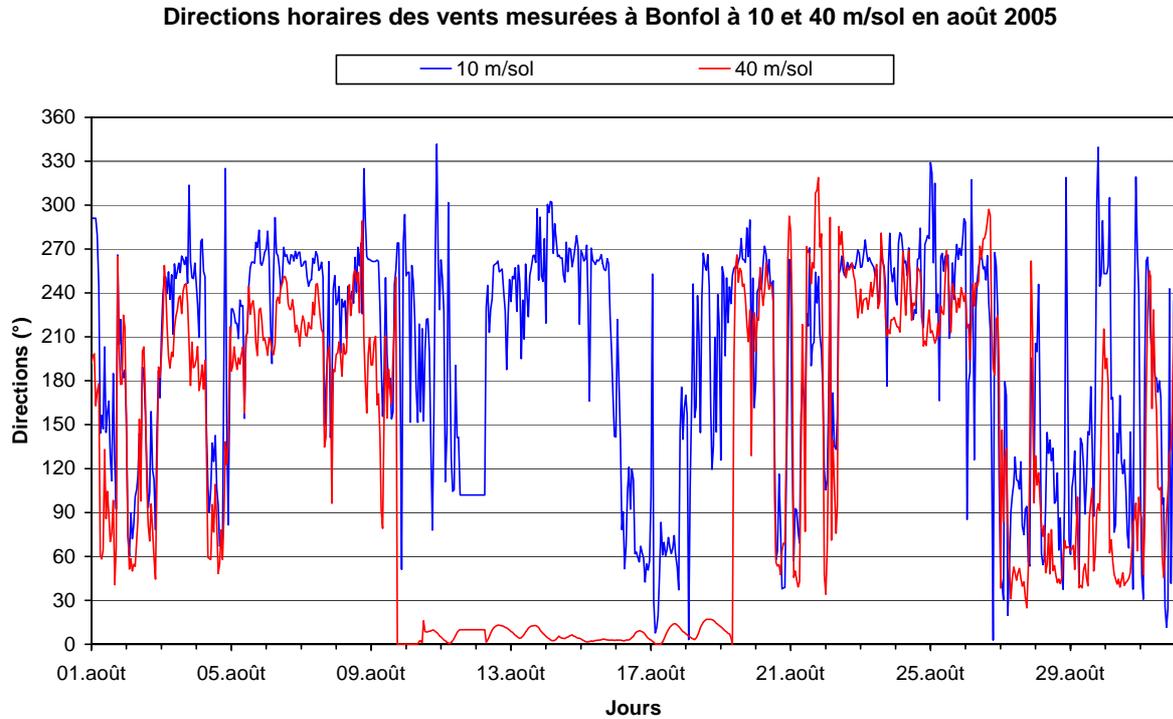


Figure A 9 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en septembre 2005

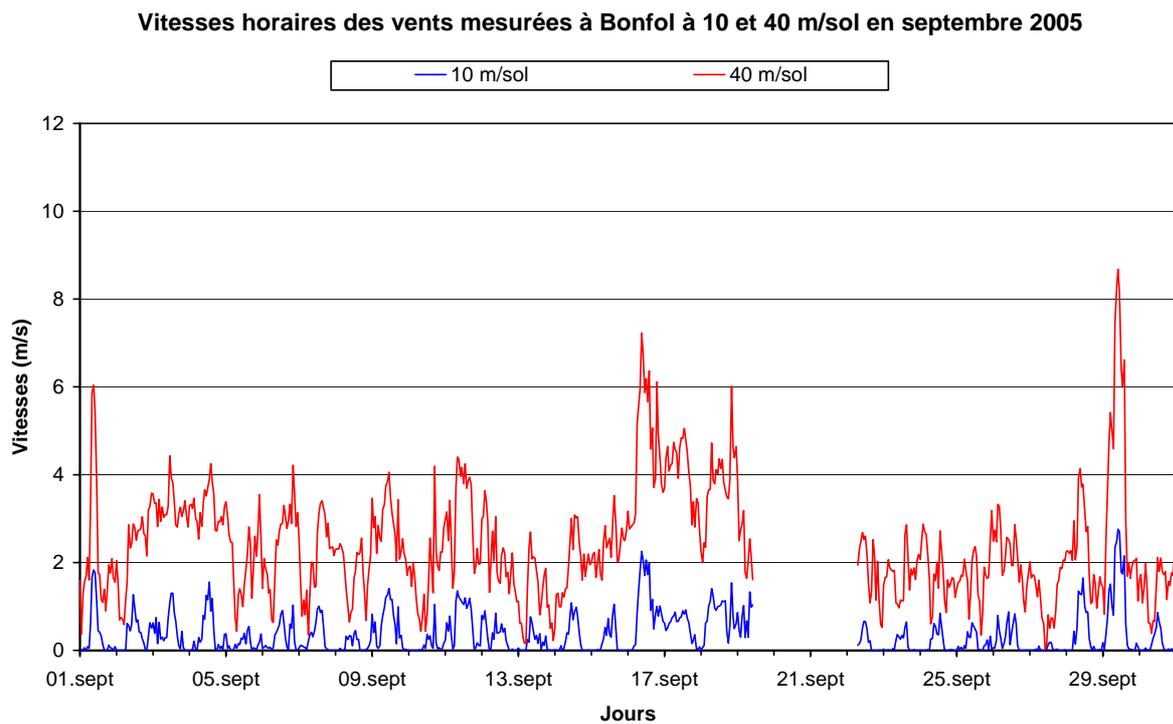
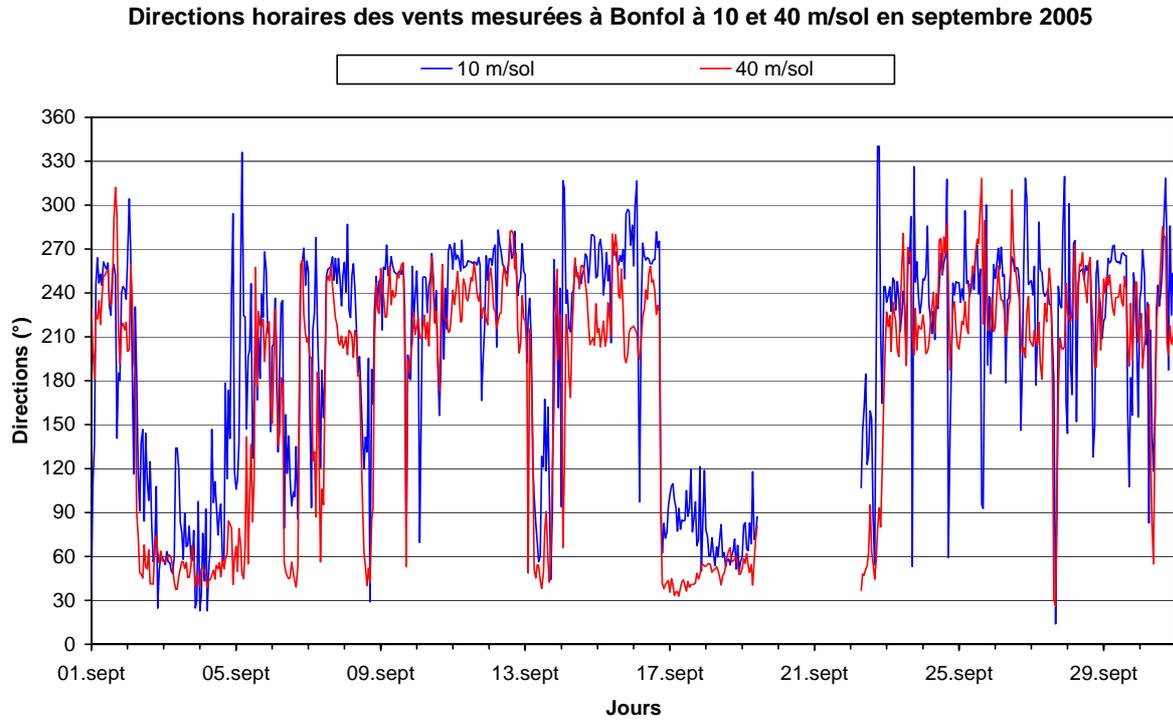


Figure A 10 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en octobre 2005

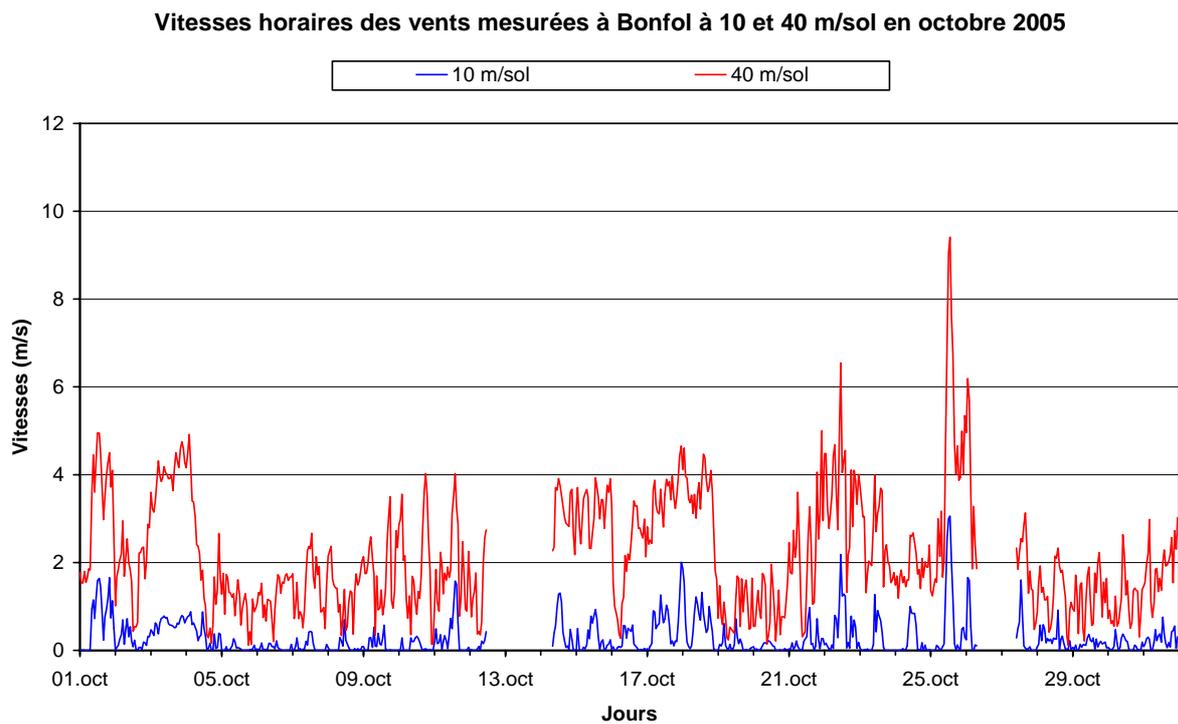
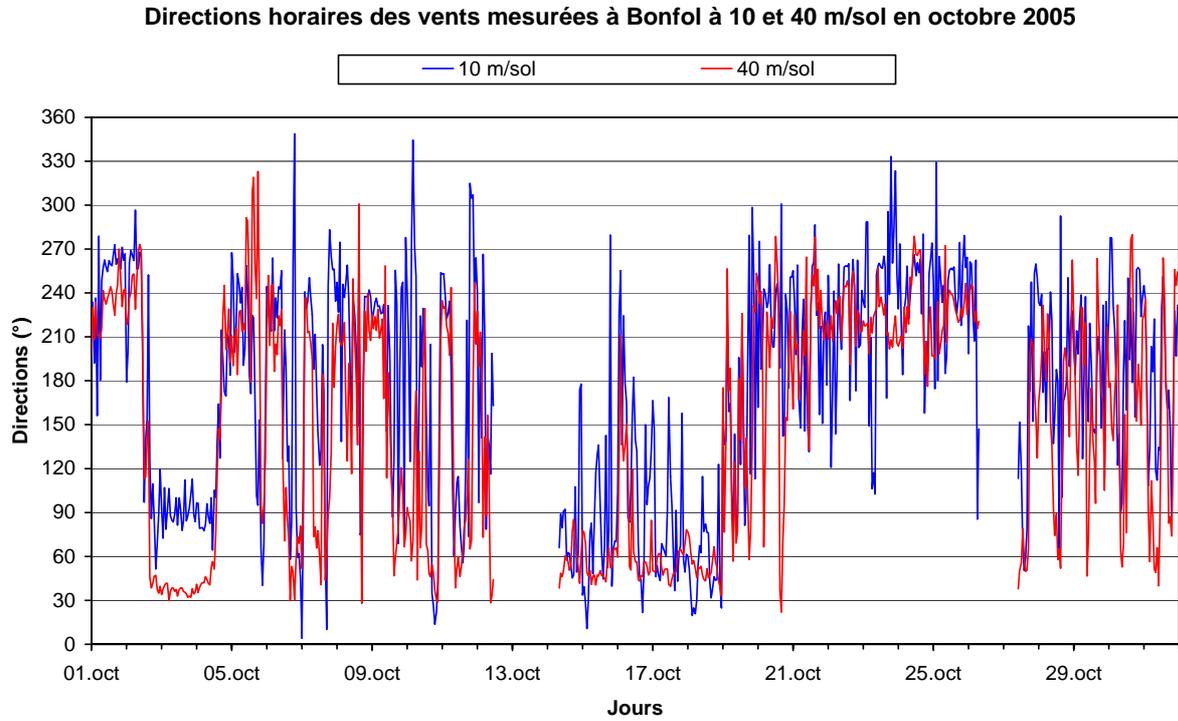


Figure A 11 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en novembre 2005

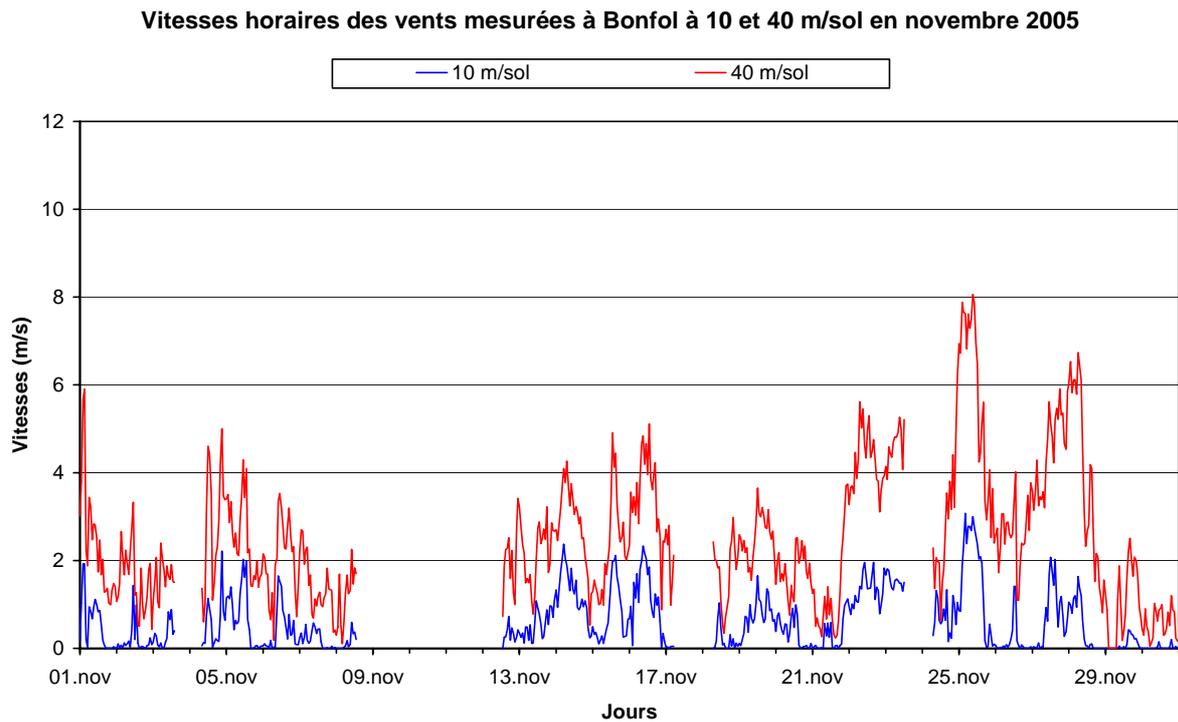
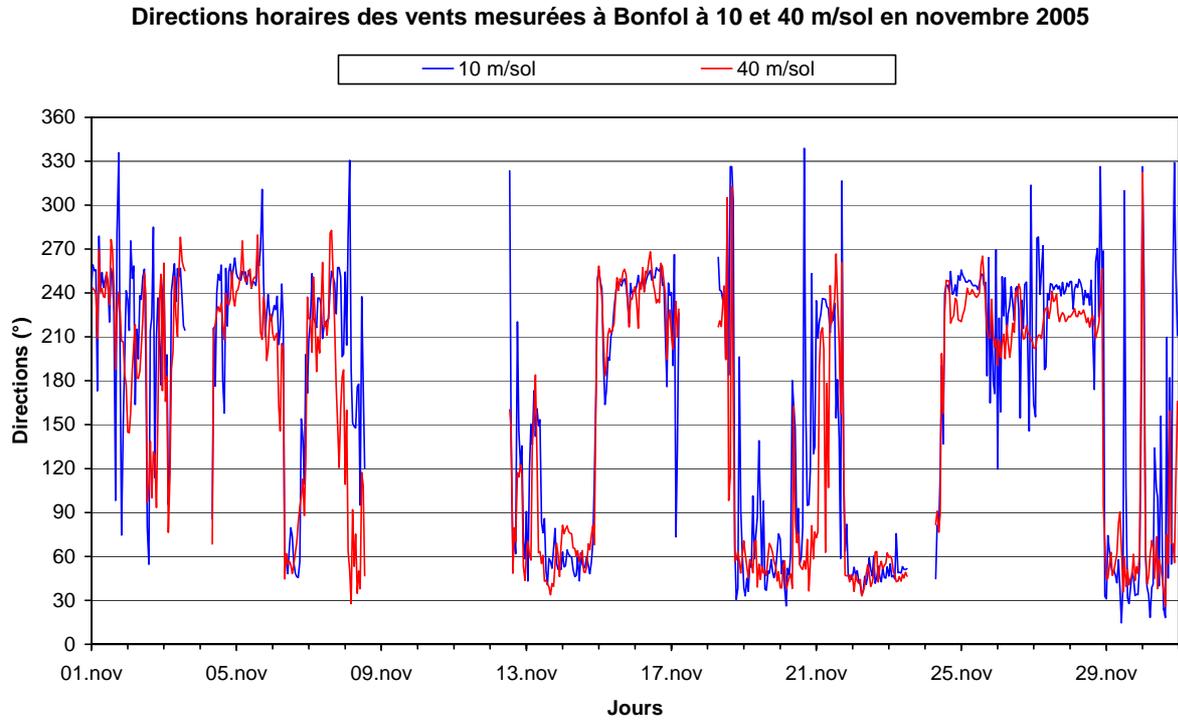
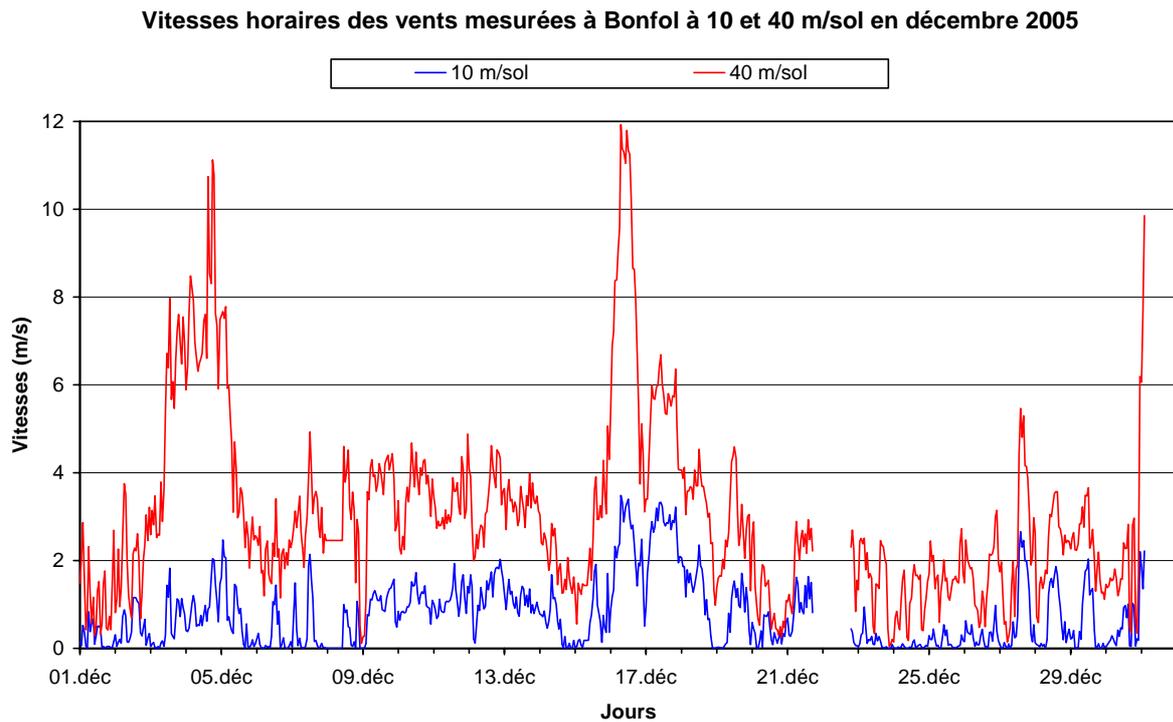
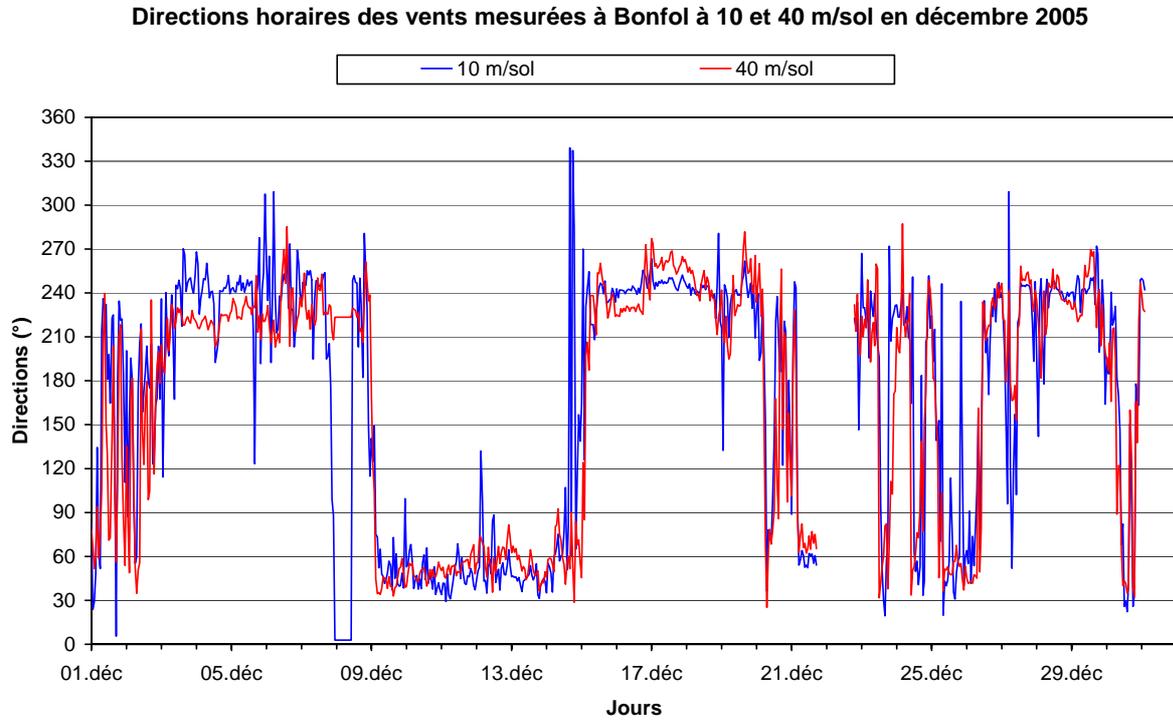


Figure A 12 Directions et vitesses horaires des vents mesurées sur le site de la décharge de Bonfol à 10 et 40 m/sol en décembre 2005



Appendice A2

A.2. Description du modèle micro

A.2.1. Introduction

Le modèle de calcul MICRO développé par le LASEN est un modèle lagrangien de calcul du transport et de la dispersion de la pollution atmosphérique. Ceci veut dire que ce modèle calcule le déplacement et la dispersion de paquets de polluants le long de trajectoires déterminées par le champ de vent et les conditions d'équilibre hydrostatique de ces paquets. Un tel modèle se distingue des modèles eulériens par la possibilité de suivre un paquet de polluant de petite dimension, indépendamment de la taille de la maille de calcul du champ de vent. Le fait de suivre la trajectoire de chaque paquet permet de tenir compte aussi des changements de direction et de la vitesse du vent qui agissent sélectivement sur chaque paquet et non uniquement sur le centre du panache.

Le concept de base de ce modèle consiste dans le calcul des concentrations liées à une masse de polluants en mouvement qui diffuse, de manière gaussienne, autour de son centre. Cette masse de polluants est distribuée dans l'espace et se déplace pas à pas, le long de trajectoires induites par la vitesse du vent ainsi que par les conditions de forces ascensionnelles dues à la température de cette masse de polluants. A chaque pas de temps, la taille du paquet est modifiée. Au fur et à mesure du mouvement du paquet, un réseau de récepteurs situés au niveau du sol enregistre les concentrations qui sont proportionnelles à la concentration du panache touchant le récepteur au moment du pas de temps. Lorsque la distance à la source augmente, le panache représenté par le diamètre du paquet s'élargit. Pour améliorer la définition des bords et pour tenir compte des variations de vitesses, le paquet est divisé en trois paquets lorsqu'il atteint un diamètre prédéfini. Les règles de division peuvent être modifiées à volonté.

Ce modèle requiert la définition de la source, de la topographie et une description des conditions atmosphériques des vitesses et des températures. Comme solution, ce modèle produit des cartes et des profils de concentrations à différents points du domaine spécifié préalablement.

A.2.2. La turbulence et la dispersion

La dispersion du nuage émis est le point essentiel du modèle MICRO. D'une manière générale, les conditions de vitesse et l'intensité de turbulence sont données par un modèle méso-météorologique qui calcule les champs de vent. Toutefois, le modèle méso-météorologique ne calcule pas les écoulements au-dessus du sol à une altitude inférieure à 100, voire même à 200 m. De ce fait, le modèle MICRO contient une formulation empirique qui calcule le profil de vitesse moyenne, l'intensité de turbulence, en fonction de la hauteur au-dessus du sol. Ces profils sont basés sur les équations de la couche limite turbulente, de la loi logarithmique, modifiées pour tenir compte des effets thermiques par la formulation bien connue de Monin Obukov. Cette formulation est basée sur des facteurs tels que l'épaisseur de la couche limite turbulente, la rugosité du terrain et la stabilité atmosphérique. Il permet de calculer la vitesse du vent, l'intensité de turbulence et le profil des températures au-dessus du sol dans la couche limite.

Il existe, dans le code MICRO, deux modèles de dispersion.

Le premier est basé sur la théorie de la dispersion. Il permet de calculer (pronostic) les paramètres de dispersion du nuage tant verticalement qu'horizontalement, à chaque pas de temps, à partir de la valeur RMS (écart-type) de la vitesse. Cette valeur RMS est elle-même déduite du modèle de turbulence du modèle méso-météorologique. Dans ce cas, il est aussi possible de déterminer la dispersion des polluants en fonction de la taille du nuage.

Le deuxième modèle est plus classique, il est utilisé dans ce travail. Il est basé sur les formulations paramétriques, décrivant la taille de dispersion d'un panache gaussien en fonction de la distance sous le vent de la source. Ces formulations ont été largement utilisées et améliorées au cours des dernières années. Elles sont basées sur la définition de classes de dispersion. L'identification de ces classes de dispersion sont disponibles pour les différentes stations ANETZ du réseau météorologique de MétéoSuisse. Elles tiennent compte des conditions de vent et de la topographie locale. Outre les conditions de dispersion, ces paramétrisations permettent de tenir compte des conditions d'émissions et de leur influence sur la surélévation du panache. Ces formulations sont utilisées dans MICRO pour déterminer l'évolution de l'écart-type de dispersion en fonction de la distance à la source, la surélévation du panache en fonction de la turbulence atmosphérique, de la température et du débit d'air chaud de la source, ainsi que du diamètre de la source et de la vitesse initiale de sortie. Pour la présente étude nous utilisons les coefficients de dispersion définis par MétéoSuisse à Payerne, en fonction des classes de stabilité classique. Quatre classes de stabilité sont considérées ici :

Classe B, instable, hautement turbulente,

Classe D, neutre, modérément turbulente,

Classe E, stable, faiblement turbulente,

Classe F, très stable, très faiblement turbulente.

A.2.3. Différents types d'émetteurs

Simulation des cheminées et des émissions de gaz lourd

Le panache peut être légèrement froid, il peut avoir la même température que de l'air ambiant, ou être chaud, voire très chaud et créer ainsi une forte surélévation, fonction de cette température. Comme un panache froid aura tendance à descendre, il tendra à rejoindre le sol après un certain temps.

Le cas des panaches froids très denses n'est pas encore considéré. Il devra être introduit car il est très intéressant pour les accidents faisant intervenir des gaz lourds ou des fluides cryogéniques.

Simulation du cas de l'incendie

Le cas des gaz d'incendie formés d'une fumée refroidie à la température ambiante, est celui qui nous intéresse le plus ici. Si la fumée est suffisamment refroidie après sa sortie du bâtiment, sa trajectoire restera horizontale au même niveau que le sommet du toit du bâtiment et il n'y aura pas de mouvement vertical dû à la différence de température avec l'air ambiant. On comprend ici qu'un tel panache puisse entraîner des concentrations au sol très importantes, si la vitesse du vent et la dispersion sont faibles. Le cas d'un panache très chaud est quant à lui totalement différent. Un tel panache aura une vitesse d'élévation qui décroîtra au fur et à mesure que le panache grandira. La surélévation sera fonction de la distance du centre du panache à la source. La vitesse ascensionnelle est fonction de la différence de température entre le panache et l'air ambiant d'une part et de la vitesse initiale ainsi que du diamètre de l'émetteur d'autre part.

Dans le cas de l'incendie d'un bâtiment, on suppose que la vitesse initiale est nulle et que le diamètre du panache est donné par la dimension du bâtiment. Si le vent est faible, la

surélévation du panache sera très importante et la concentration au sol nulle. Par contre, si la vitesse du vent est très forte, la surélévation du panache sera plus faible et la concentration au sol pourra augmenter. Parallèlement, une augmentation de la vitesse du vent réduit la concentration dans le panache. Il existe donc une vitesse particulière qui entraîne une concentration plus forte au sol. Cette vitesse est appelée vitesse critique. Comme les paramètres décrivant la surélévation du panache ont été établis pour le cas des cheminées industrielles, les différents paramètres décrivant le cas de l'incendie doivent être adaptés. Cette adaptation se fait en variant les paramètres tels que le diamètre initial du nuage et sa turbulence initiale. On suppose que la vitesse initiale verticale du panache est nulle.

La détermination de la taille du nuage de fumée que l'incendie a initialement dispersé peut se faire en partant du fait que l'incendie se produit à l'intérieur d'un bâtiment, et que la fumée est éjectée par les fenêtres et l'air de combustion aspiré par les portes.

Ceci nous a conduit à modifier sensiblement la conception de la phase initiale de la propagation des fumées dans l'atmosphère.

Dans le cas d'une cheminée, le gaz chaud est émis avec une vitesse verticale à la sortie de la cheminée, sous la forme d'un paquet homogène. Dans le cas de l'incendie, les fumées et les polluants provenant de la combustion sont émis à relativement grande vitesse à travers les fenêtres. Cette vitesse est horizontale et entraîne de l'air le long de la paroi extérieure du bâtiment. Le mélange entre le jet d'air et de fumée chaude sortant du bâtiment avec de l'air plus froid de la rue va provoquer une séparation du panache en deux parties, l'une formée d'air refroidi et un noyau formé d'air plus chaud. Un tel phénomène est fréquemment observé dans les incendies réels et a des conséquences importantes sur les mécanismes de transport et de dispersion des polluants.

Dans notre cas, on considère le départ de la dispersion du nuage juste après le mélange avec l'air de la rue. On suppose qu'une partie du panache est refroidie à la température ambiante. Le diamètre du panache initial froid est déterminé par les dimensions de la rue et la hauteur de l'émission au-dessus du sol. Elle est comprise entre 7 et 20 m de diamètre.

Le diamètre du panache chaud est par contre fonction de la vitesse du vent. Comme décrit à la page 12, lorsque le vent souffle en direction du bâtiment, le panache chaud est emporté au-dessus des toits et sa dimension est fonction de la forme l'écoulement autour du bâtiment. La partie du panache provenant des fenêtres situées à l'amont est mélangée avec une partie des fumées chaudes provenant des fenêtres avales. Pour les présents calculs, le panache ainsi formé par l'interaction entre le vent et l'émission chaude est décrit par une gaussienne à trois dimensions dont les paramètres de dispersion initiaux sont différents entre la valeur transversale aux vents et la valeur verticale.

Cas de la simulation des odeurs

Le modèle a été adapté pour permettre la simulation de la propagation des odeurs.

Cette adaptation repose sur les considérations suivantes :

La dispersion turbulente se fait par paquet. En effet, une cheminée (ou un émetteur en général) projette dans l'atmosphère des nuages successifs dont la concentration initiale est la concentration à l'émission.

Ces nuages sont tout d'abord formés de structures turbulentes internes uniformisant la concentration. Cette turbulence interagit avec la turbulence atmosphérique qui par contre découpe les nuages en plus petites structures mais mal mélangée à l'air ambiant. Chacun de ces petits paquets conserve sa concentration. Au sein de ces paquets la concentration ne diminue que lentement.

Ainsi chaque point de l'espace touché par le panache est exposé aléatoirement à des concentrations très fortes, voisines de celles de l'émission.

La durée de cette exposition varie en fonction de la distance à la source, de la position latérale par rapport à l'axe du panache et des propriétés de la turbulence. La durée est plus faible au bord du panache et plus grande à l'axe. Par conséquent, les concentrations moyennes mesurées en un point sont le produit de la concentration dans un paquet par la durée d'exposition divisé par le temps de moyennage.

Ce rapport de durées peut être représenté par la probabilité de l'exposition à la concentration maximale. Cette probabilité est en fait prise directement en compte par les modèles de dispersion.

Ceci est montré dans le chapitre A.2.5.

Le concept associé à cette réflexion est ainsi le suivant :

Dans un modèle gaussien, ce n'est pas la concentration moyenne qui se répartit selon une distribution gaussienne mais la concentration est le produit d'une concentration forte par la probabilité d'occurrence ou de durée.

Comme le modèle Micro calcule les trajectoires de petites particules dont le diamètre et la masse sont connus, il est relativement facile de calculer l'évolution de la concentration en fonction du temps depuis l'émission. On admet ici une diminution exponentielle de la concentration en fonction du temps. Le coefficient d'atténuation est déduit des conditions de dispersion.

Ce modèle peut être contrôlé aux deux limites, à l'origine la concentration doit être égale à la concentration de l'émission et à la sortie (à l'infini) elle ne doit pas être inférieure à celle de la concentration moyenne calculée par le modèle.

Avec les deux données, soit la concentration du paquet, représentant l'odeur et la concentration moyenne calculée par le modèle de dispersion, il est facile de déduire la probabilité d'occurrence de la concentration forte, à savoir l'odeur.

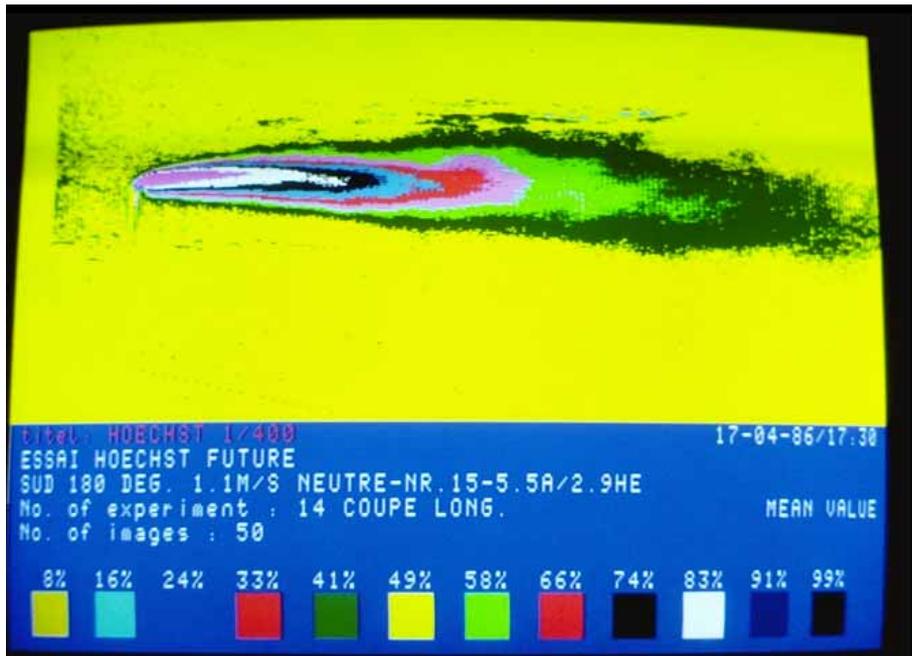
A.2.4. Émissions et immissions

Le modèle permet la simulation de configurations complexes comprenant de nombreux émetteurs. Le but de la première estimation des immissions, loin à l'aval de la source, est poursuivi ici. Dans le cas d'un bâtiment en feu, il est suffisant, pour le calcul de la dispersion à relativement longue distance, par exemple quelques kilomètres, de ne considérer qu'un seul émetteur dont les conditions de masse émise et de dispersion initiale sont définies en fonction de la taille du bâtiment et de l'intensité de l'incendie. Il est ainsi possible de simuler plusieurs cas dont les émissions ne sont pas identiques.

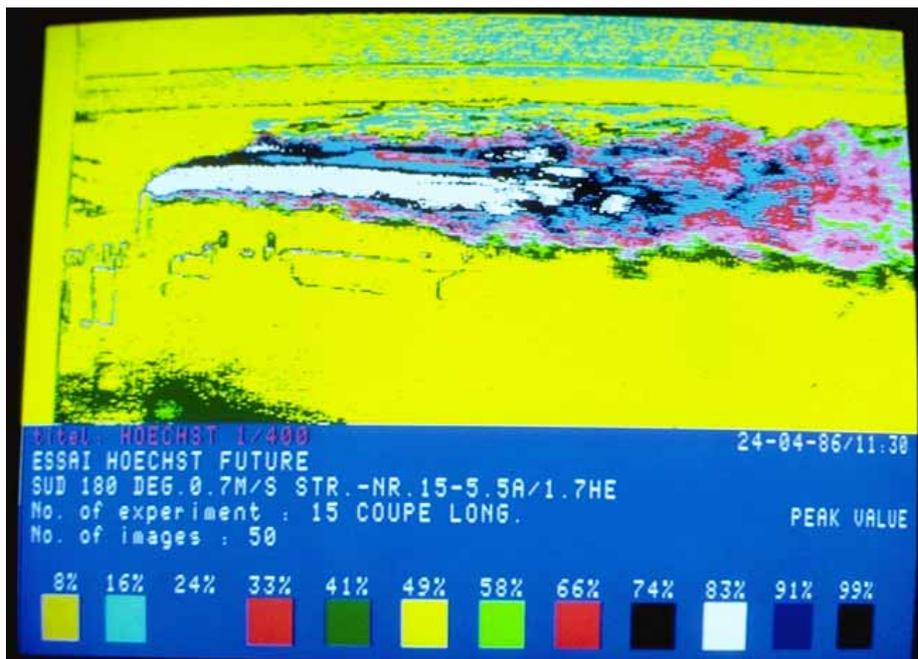
Si toutefois les quantités émises représentent la seule différence entre les cas, il n'est pas nécessaire de répéter les calculs ; une simple mise à l'échelle est suffisante. En effet, les émissions au sol pour un émetteur donné sont proportionnelles à la quantité émise. C'est pourquoi il est de pratique courante d'effectuer les calculs pour une quantité constante et de mettre les résultats à l'échelle, pour tenir compte des différentes quantités émises. En effet, les immissions des gaz sont calculées en masse par unité de volume et les émissions sont données en masse par unité de temps (seconde). Comme les immissions au sol sont très petites face aux émissions ; dans la pratique, pour simplifier les unités, on choisit en général une émission de 10^9 unités/sec. Comme le résultat sera des unités par mètre cube, on voit que ceci correspond à une émission de 1 kg/s et à des immissions ayant pour unité des microgrammes / mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A.2.5. Exemples de calculs de panaches

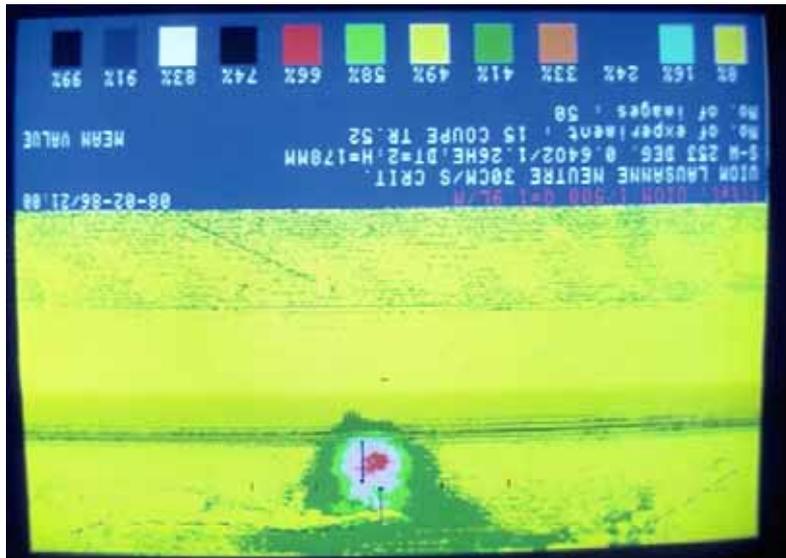
Exemple de coupes longitudinales d'un panache montrant la différence entre les concentrations extrêmes (Peak value) et les concentrations moyennes. Cet exemple démontre que les valeurs extrêmes peuvent se trouver partout dans la zone du panache.



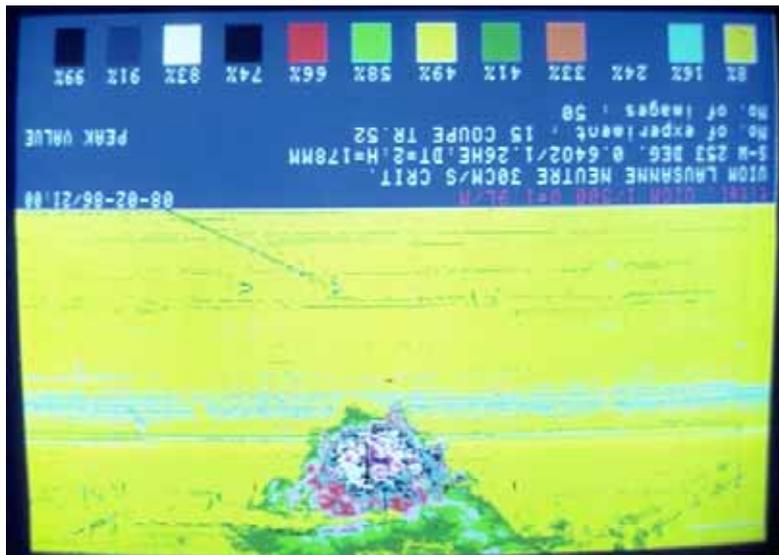
Coupe longitudinale d'un panache, valeurs moyennes des concentrations, répartition gaussienne.



Coupe longitudinale d'un panache, valeurs extrêmes des concentrations, même palette de couleurs que pour l'image précédente. Les concentrations sont très fortes dans toute l'image.



Coupe transversale d'un panache, valeurs moyennes des concentrations, répartition gaussienne.



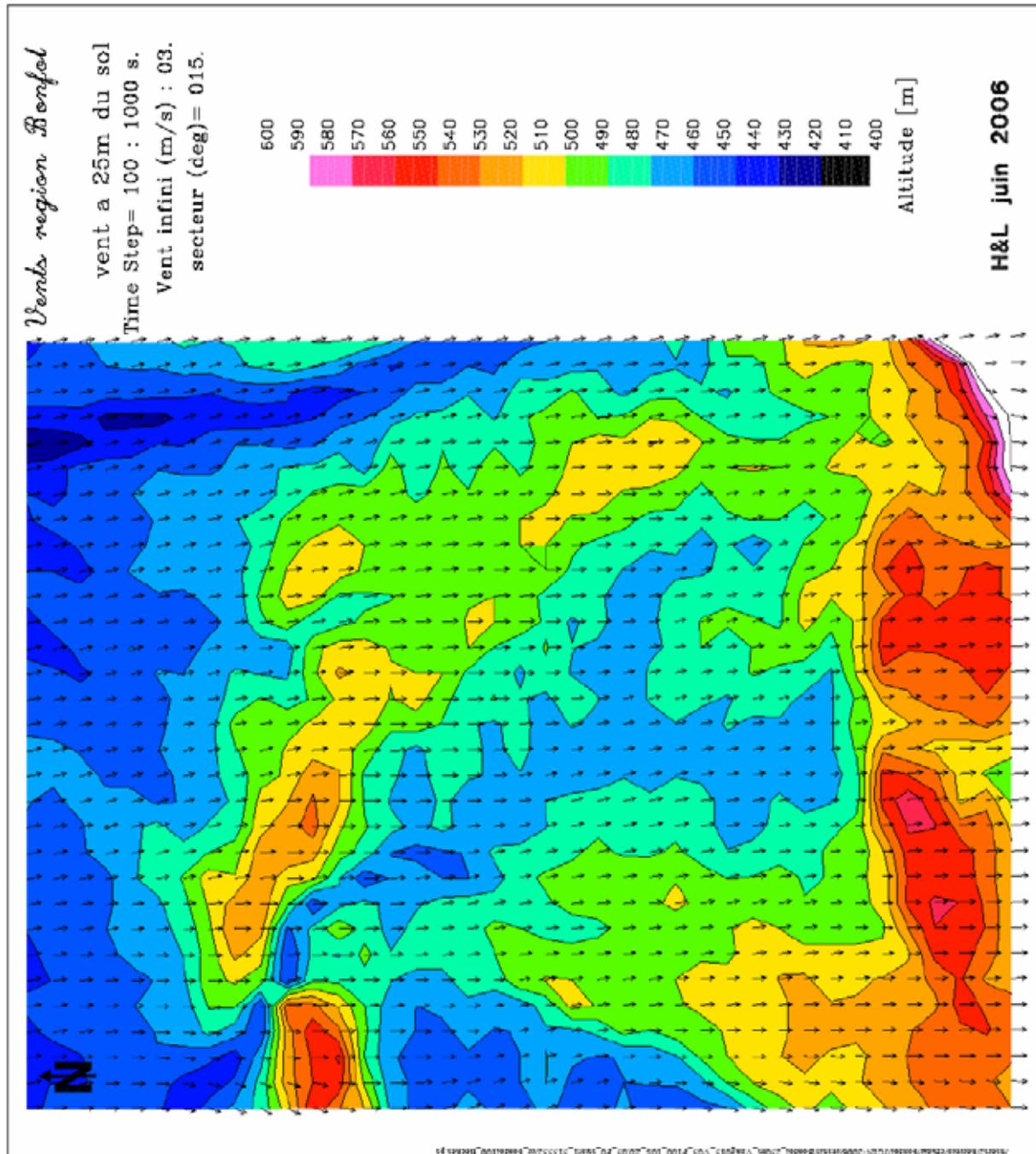
Coupe transversale d'un panache, valeurs extrêmes des concentrations, même palette de couleurs que pour l'image précédente. Les concentrations sont très fortes dans toute la zone de la coupe du panache.



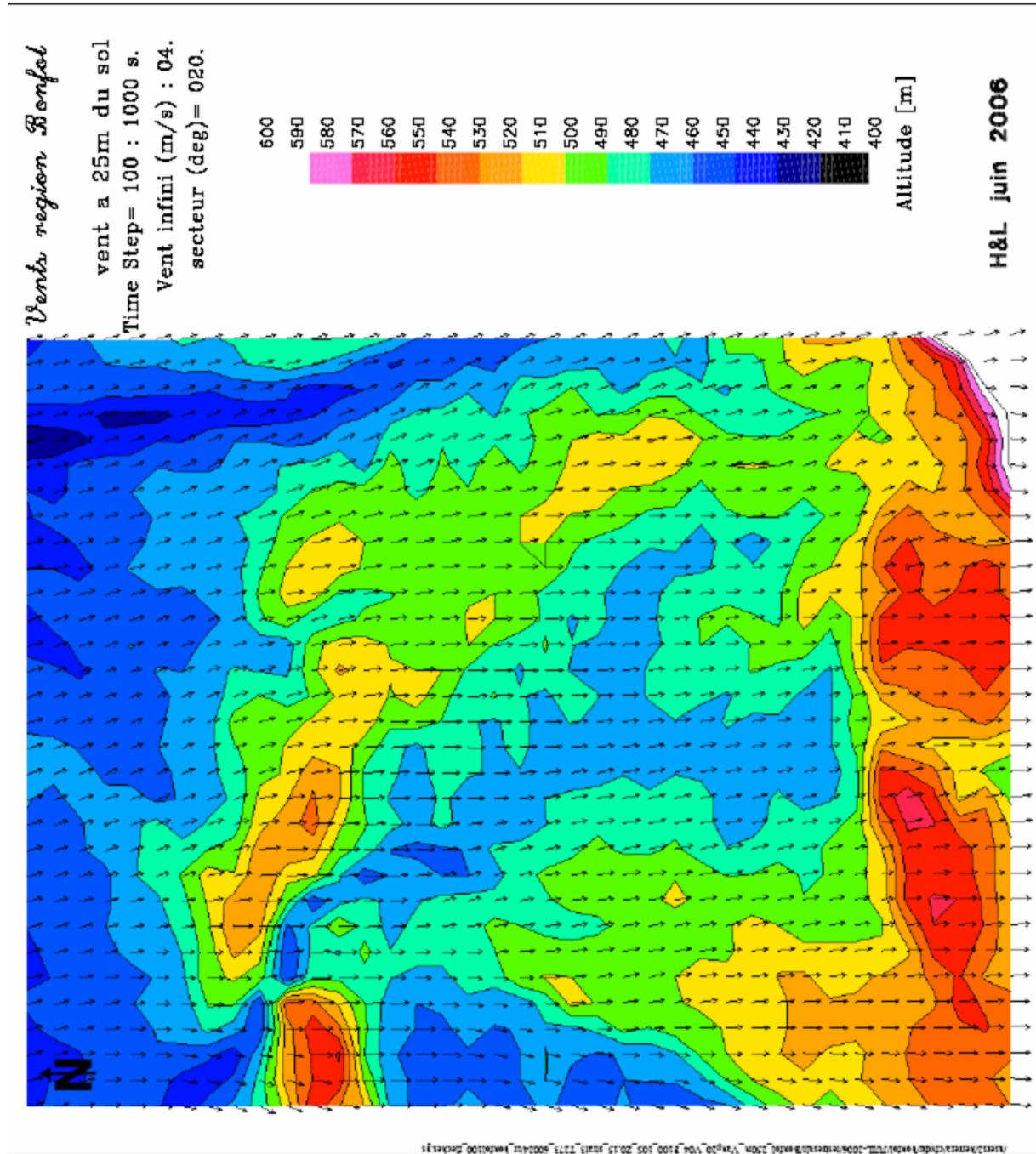
Appendice A3

A.3. Champs de vent

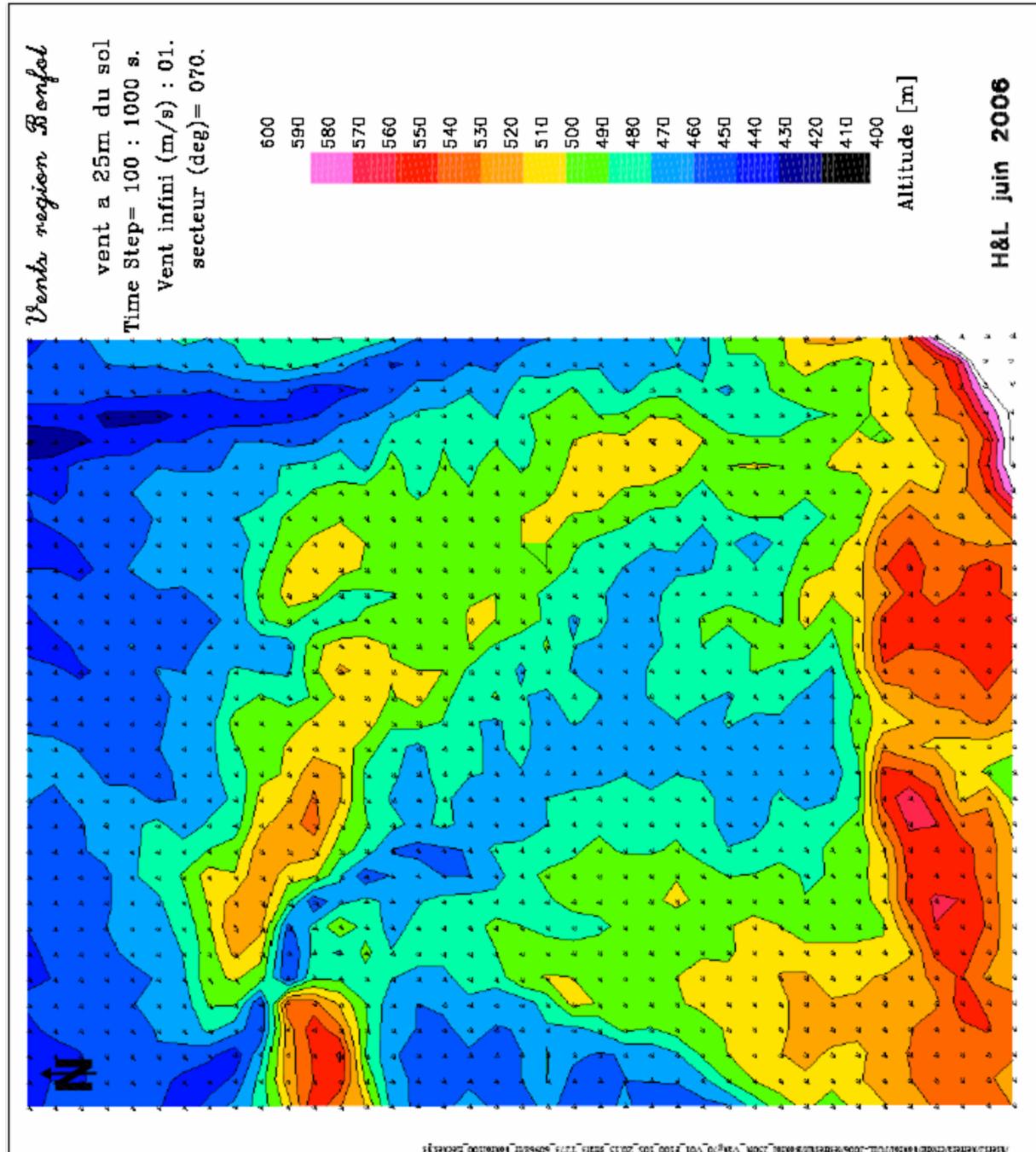
Bonfol15v3st1t0-100_fleches.pdf



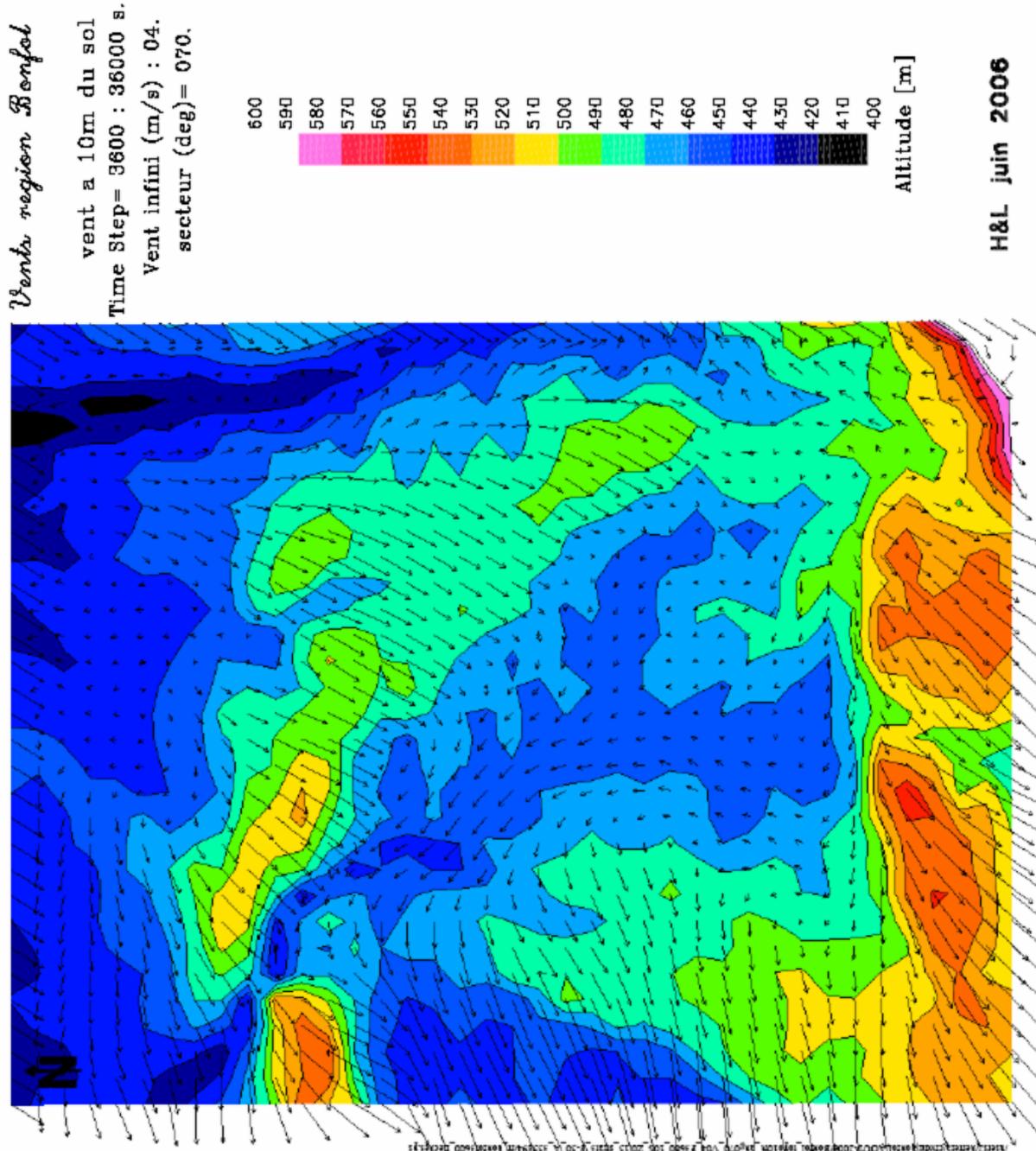
Bonfol20v4st3t273_fleches100.pdf



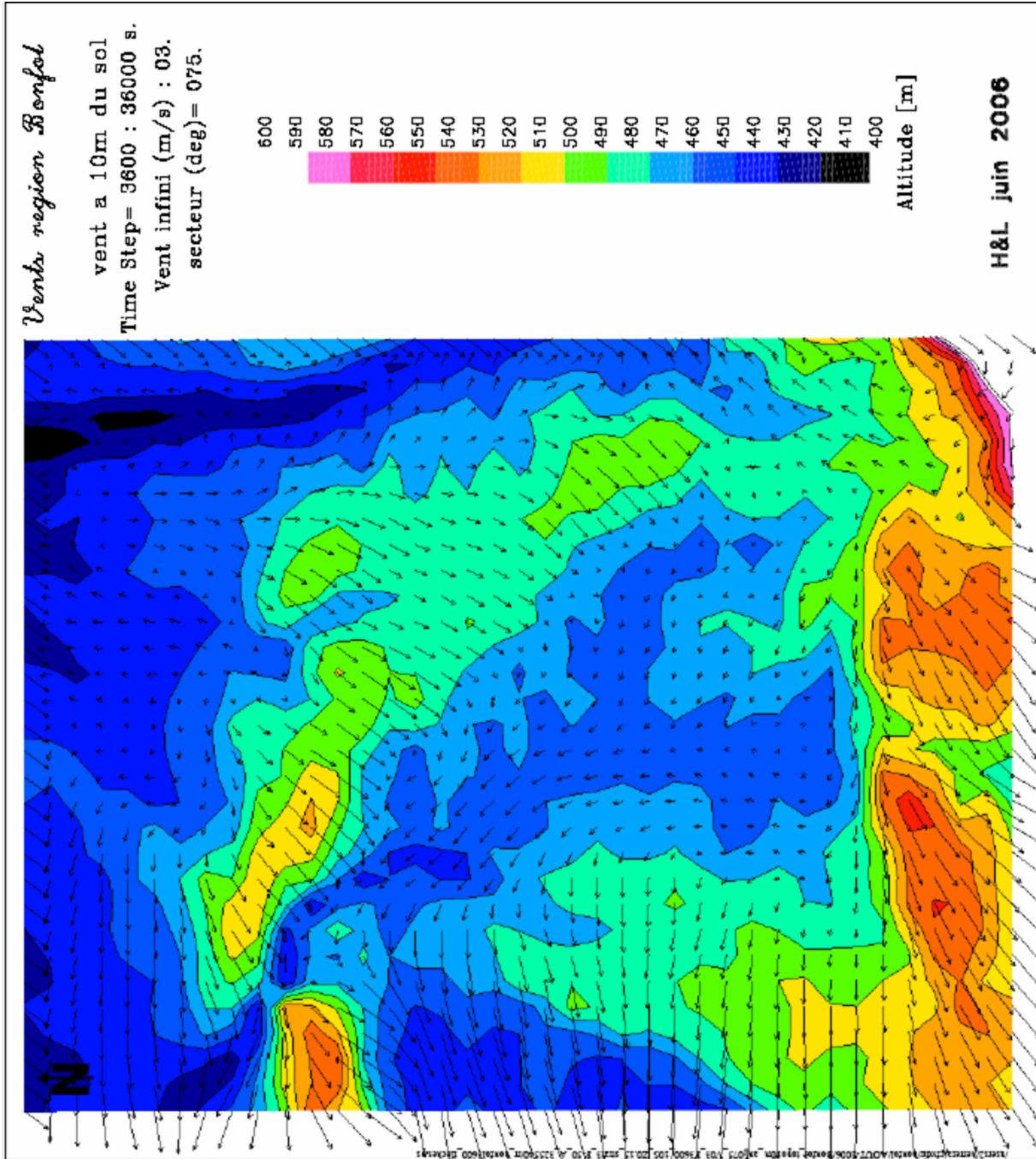
Bonfol70v1s3T273_100_fleches.pdf



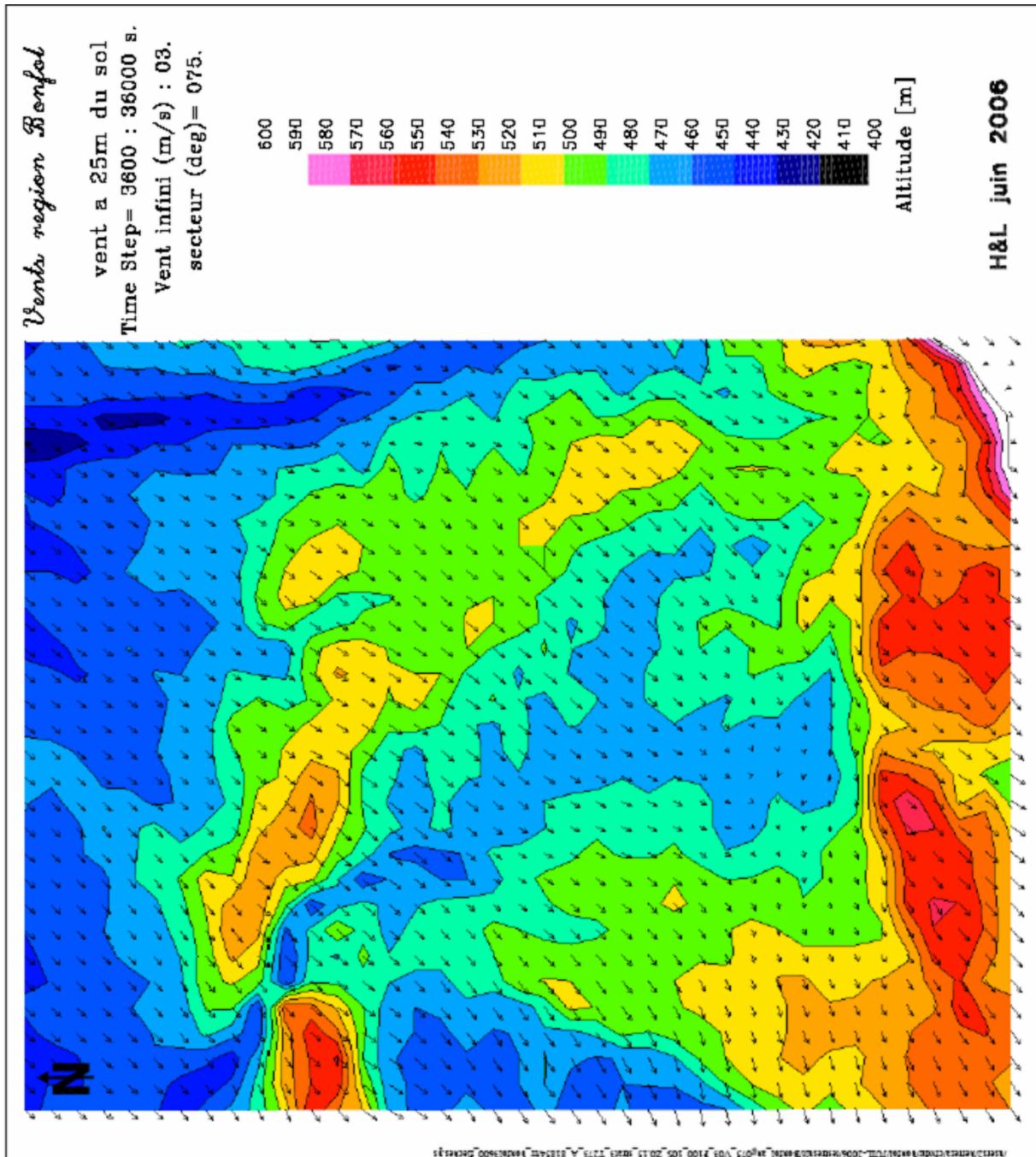
Bonfol70v4st3f50_3600-10_3600_fleches.pdf



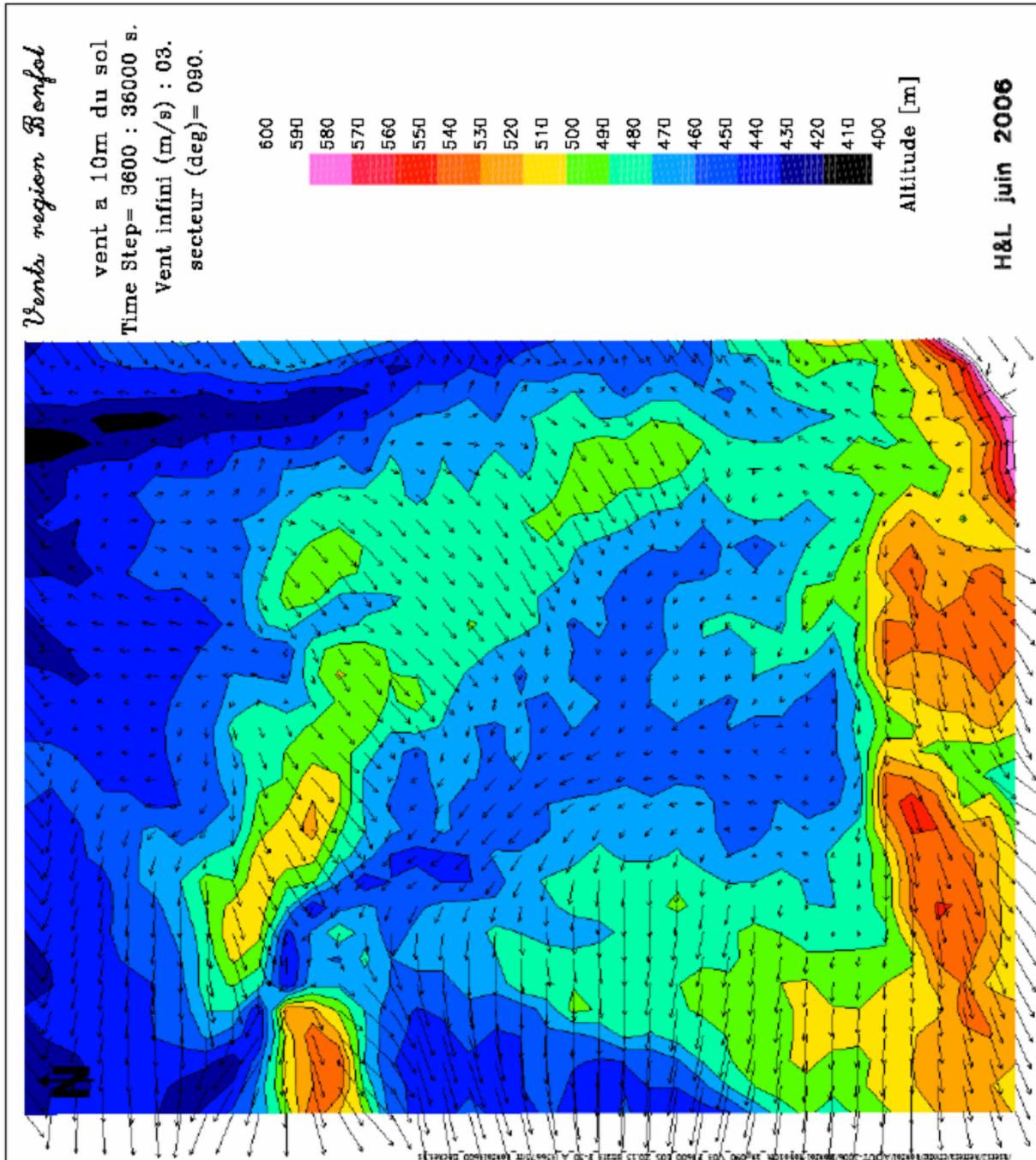
Bonfol75v3st3f50_3600-10_3600_fleches.pdf



Bonfol75V3st_3600_fleches.pdf



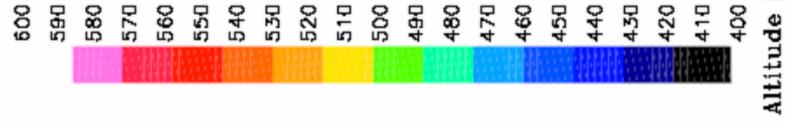
Bonfol90v3st3f50_3600-10_3600_fleches.pdf



Bonfol140v3st1t0_100_fleches.pdf

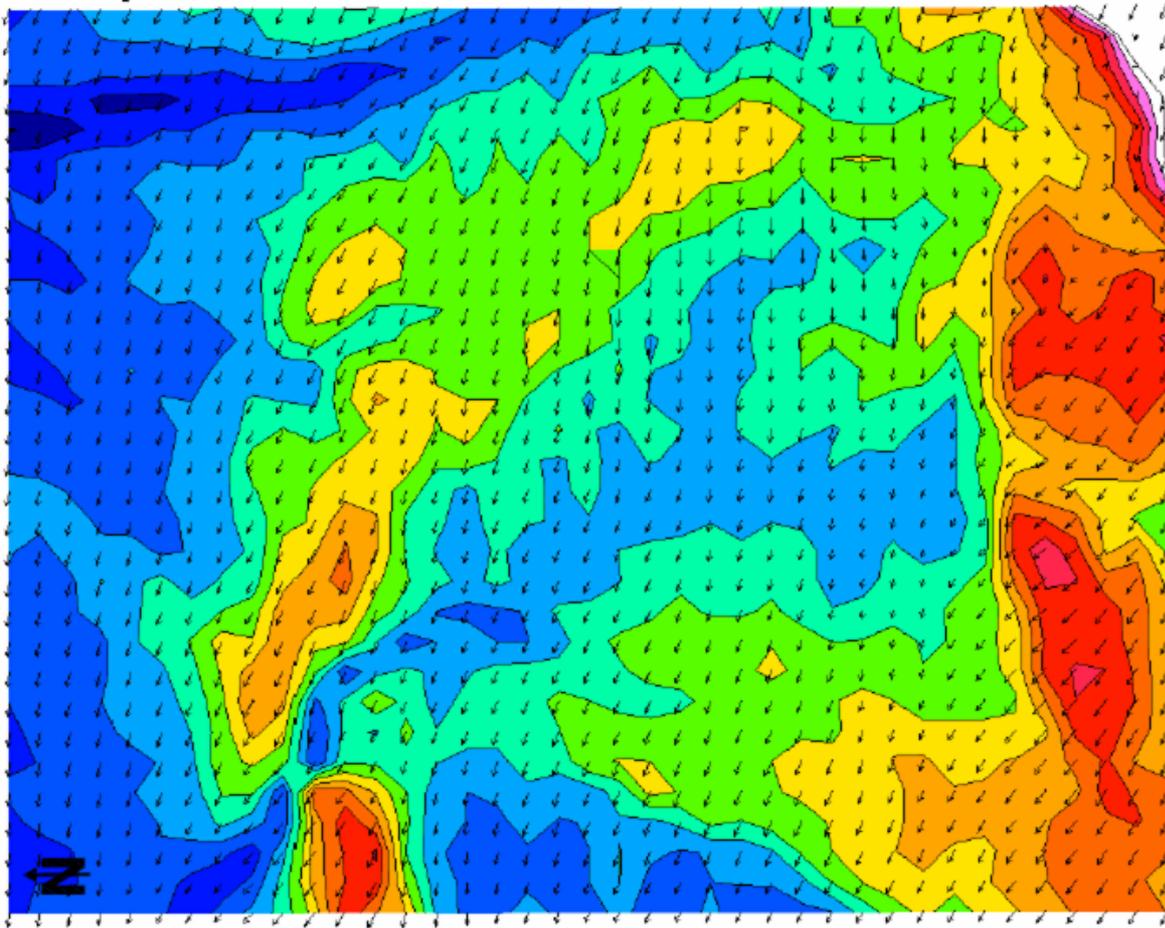
Venta region Bonfol

vent a 25m du sol
Time Step= 100 : 1000 s.
Vent infini (m/s) : 03.
secteur (deg)= 140.



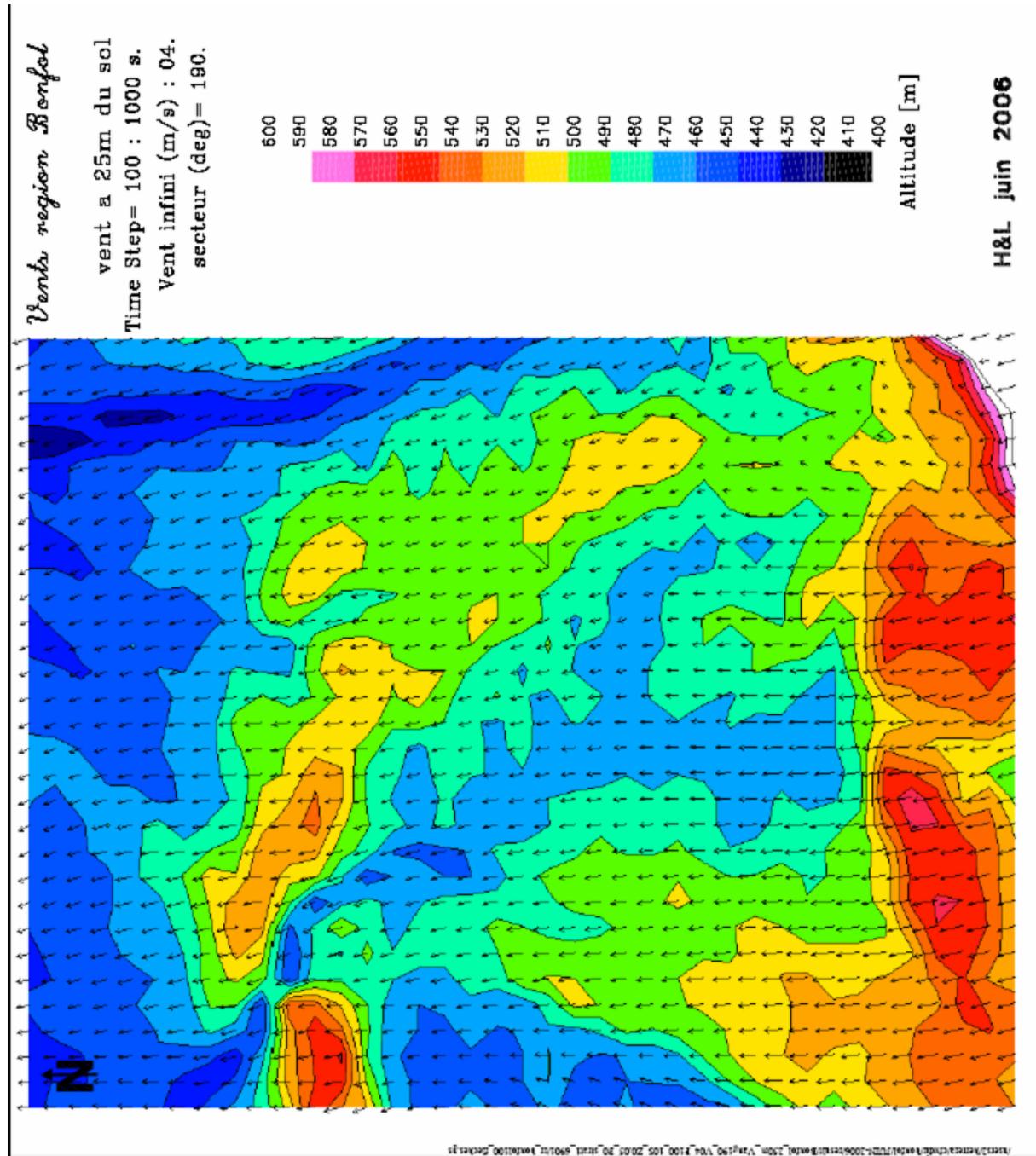
Altitude [m]

H&L juin 2006

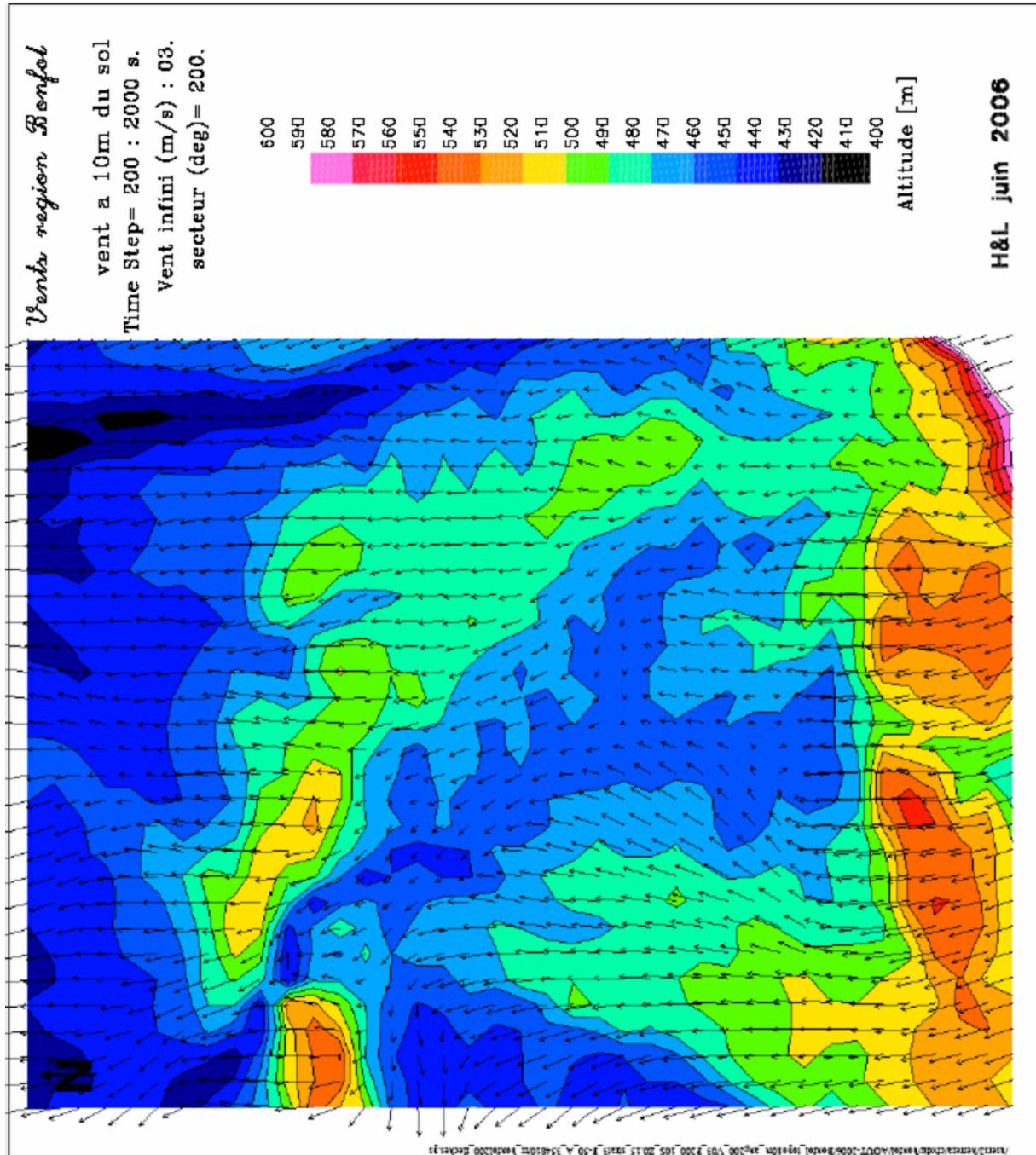


\\hertig\hertig\clients\bonfol\140v3st1t0_100_fleches\140v3st1t0_100_fleches_11

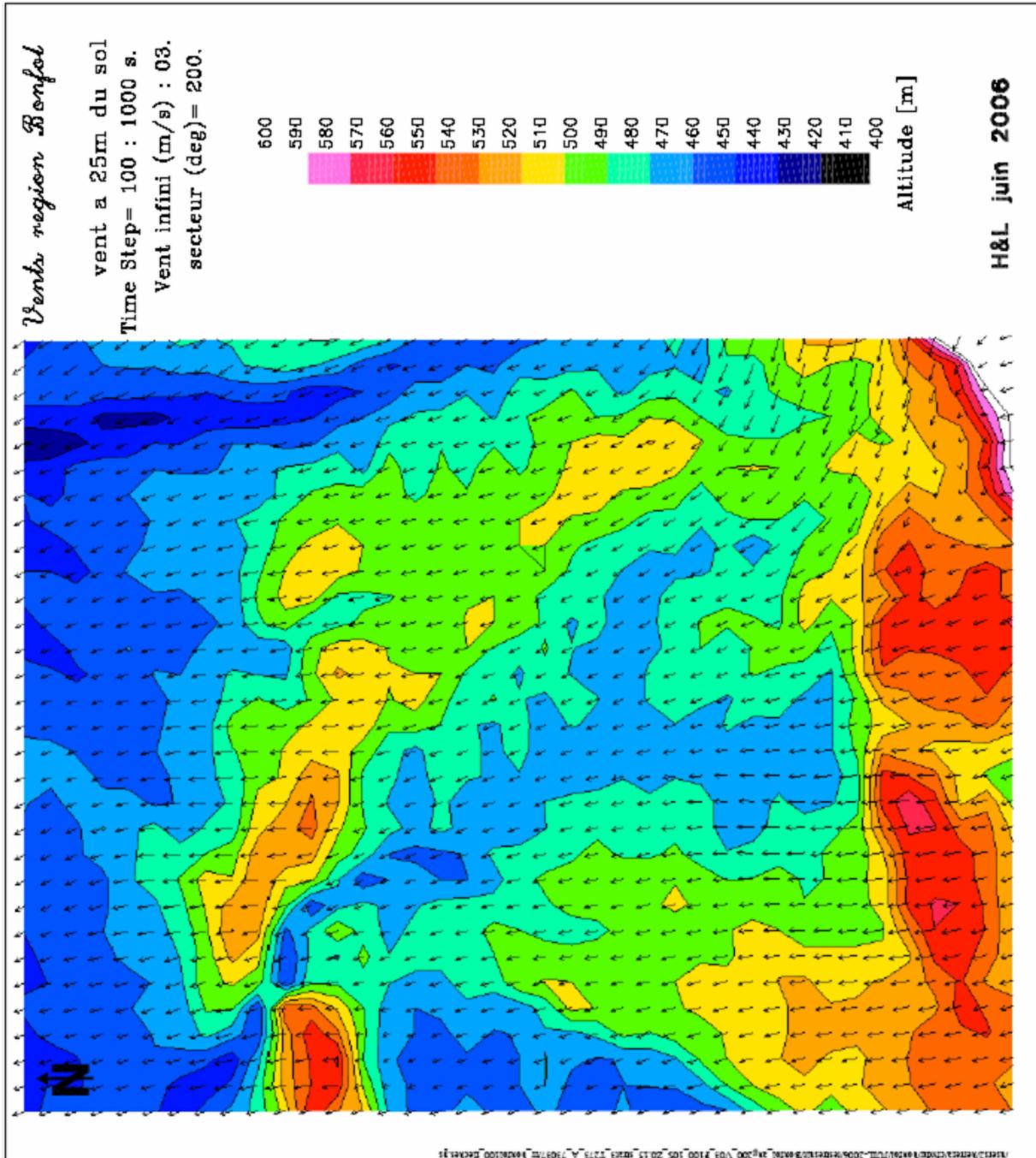
Bonfol190V4st1_100_fleches.pdf



Bonfol200v3st3f50_200-10_200_fleches.pdf



Bonfol200V3ST3TA_100_fleches.pdf



Appendice A4

Beschreibung Abluftmodellierung Bonfol

Zielsetzungen

Ziel der Modellierung ist die Abschätzung der Luftqualität in der Umgebung der Deponie Bonfol während der Sanierungsphase. Dazu wurde das Modellierungspaket AERMOD ausgewählt. Es wird von der US-amerikanischen Umweltbehörde (EPA) zur Ausbreitungsrechnung von Schadstoffen in der Umgebung von Luftbelastungsquellen empfohlen. AERMOD wurde in Zusammenarbeit mit der Amerikanischen Meteorologischen Gesellschaft (AMS) in den Jahren 1991 bis 2005 entwickelt und wird ab November 2006 das derzeitig empfohlene Programm ISC3 das für die Modellierung im Sanierungsprojekt benutzt wurde ersetzt. Es ist frei verfügbarⁱ.

Modellpaket AERMOD

Grundlage der Konzentrationsberechnung ist das Verständnis der Strömungsverhältnisse in der planetaren Grenzschicht, jener durch Wechselwirkung mit der Erdoberfläche (Wärmeaustausch, Reibung) turbulent-durchmischten Atmosphärenschicht. Die Höhe dieser Schicht ändert sich in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung von einigen hundert Metern in der Nacht zu bis zu 2 km während des Tages.

Gegenüber ISC3 enthält AERMOD folgende Verbesserungenⁱⁱ:

- Berücksichtigung der Dispersion sowohl in der konvektiven wie auch in der stabilen Grenzschicht,
- korrekte Beschreibung der Abgasfahnenüberhöhung
- Eindringen der Abgasfahne in hochgelegene Inversionsschichten
- Berechnung der Vertikalprofile für Wind, Turbulenz und Temperatur
- Berücksichtigung der nächtlichen Grenzschicht über stark besiedeltem Gebiet
- korrekte Behandlung aller Rezeptoren auf allen Geländetypen, sowohl solcher unterhalb der Abgasfahne als auch solcher oberhalb
- Berücksichtigung der Abschattung von Gebäuden
- verbesserter Ansatz der Berechnung der fundamentalen Parameter der Grenzschicht
- Behandlung mäandrierender Abgasfahnen

AERMOD enthält zwei Präprozessoren zur vorgängigen Umrechnung von meteorologischen und von topographischen Daten.

Meteorologiedaten-Präprozessor AERMET

Der meteorologische Präprozessor AERMET berechnet aus gegebenen Wetterdaten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur und evtl. Bewölkung) und einer Beschreibung der

Oberflächenbeschaffenheit im Modellierungsgebiet (Reflektivität und Rauigkeit) die für AERMOD nötigen Parameter der planetaren Grenzschicht:

- Reibungsgeschwindigkeit u^*
- Monin-Obukhov-Länge L
- Skala der Konvektionsgeschwindigkeiten w^*
- Skala der Temperatur θ^*
- Mischungshöhe z_i
- Bodenwärmefluss H

Aus diesen Daten wird in AERMOD das Vertikalprofil der Windgeschwindigkeiten (u), die Fluktuationen der Turbulenzen lateral und vertikal (σ_v , σ_w), der Gradient der potenziellen Temperatur ($d\theta/dz$) und die potenzielle Temperatur (θ) berechnet.

Geländedaten-Präprozessor AERMAP

Eingabedaten für AERMAP sind die Geländehöhen der Rezeptornetzknöten. Aus dem so aufgespannten Gitter wird die Grenzhöhe zwischen konvektiver Grenzschicht und stationärer Schicht ermittelt.

Berechnung der Luftschadstoffkonzentration

AERMOD berechnet die auftretenden Konzentrationen durch Grenzfallbetrachtung der Abgasfahne: a) horizontal mit Geländewechselwirkung und b) dem Gelände folgend. So ergibt sich an jedem Rezeptornetzknöten die Gesamtkonzentration als gewichtete Summe dieser beiden Zustände:

$$C_{\text{tot}}(x, y, z) = f C_{\text{horiz}} + (1-f) C_{\text{terrain}}$$

$z_p = z_r - z_t$ ist dabei die Höhe des Rezeptors über Grund, z_t die Geländehöhe und z_r die Höhe relativ zur Höhe der Emissionsquelle. Für flaches Terrain ($z_t=0$) wird $z_p=z_r$ und damit die Gesamtkonzentration zu $C_{\text{tot}}(x, y, z) = C_{\text{horiz}}(x, y, z_r)$. Zur Berechnung des Gewichtungsfaktors f ist die Kenntnis der Oberflächenbeschaffenheit und der sich daraus ergebenden Grenzschichthöhe („ H_c : Dividing Streamline“ in untenstehender Abbildung).

ⁱ http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod

ⁱⁱ „AERMOD: Description of Model Formulation“, EPA Report 454/R-03-004, 2004