Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET de Hallembaye

Estimation des nuisances olfactives – Etude de l'influence du relief sur la propagation des odeurs.

Jacques NICOLAS – Pierre DENNE – Alain HANSON
Université de Liège
Département des Sciences et de Gestion de l'Environnement
Arlon – Octobre 2006

Objectifs de l'étude

Dans le cadre de la mission "Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne" confiée à l'ISSeP par la DGRNE, il est notamment prévu d'évaluer de manière qualitative et quantitative les nuisances olfactives aux alentours des CET, et en particulier du CET d'Hallembaye. C'est dans cet esprit que l'unité "Surveillance de l'Environnement" du Département en Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège (anciennement FUL) a réalisé cette étude, en sous-traitance pour l'ISSeP.
Une première série de campagnes a été réalisée sur différents sites [1-6;9-10,12], et la présente étude s'insère dans une seconde série déjà commencée sur certains sites (Monceau-sur-Sambre, Cour-au-Bois, Mont-saint-Guibert et Happe-Chapois[7-8;12]). Elle concerne le site de Hallembaye, qui a déjà fait l'objet d'une première campagne en avril 2002[2].

En avant-propos, nous tenons à réitérer les précautions d'usage en précisant que cette série d'études est complémentaire à d'autres études menées sur la problématique des odeurs de CET. Elle ne prétend pas du tout les remettre en cause ou les invalider.

L'originalité de la méthode appliquée ici est qu'elle est surtout orientée vers l'évaluation des "nuisances". Les mesures ont été effectuées essentiellement à l'immission, par des nez humains et par des entretiens avec des riverains et les gestionnaires du CET.

La méthodologie appliquée dans cette étude sur le site de Hallembaye est spécifiquement adaptée aux centres d'enfouissement technique. Nous nous contenterons ici d'en rappeler les principes essentiels, elle est plus amplement décrite dans les rapports relatifs à la campagne de Mont-saint-Guibert[1] et de Froidchapelle[5].

En outre, la présente étude tente d'évaluer l'incertitude de la méthode due à la non prise en compte du relief du site par le logiciel de dispersion atmosphérique. La topographie du site d'Hallembaye incite en effet à se montrer particulièrement critique par rapport aux résultats déduits de modèles à 2 dimensions.

Bref rappel de la méthodologie

Méthodologie

La détermination du débit d'odeur, puis des zones de nuisance, a été réalisée selon la procédure ODOMETRIC, mise au point par notre équipe de recherche.
Par rapport à la plupart des démarches, qui consistent à calculer une concentration d'odeur à l'immission (dans l'environnement) à partir d'un débit d'odeur mesuré à la source, la particularité de la présente approche est qu'elle mesure **l'effet** à l'immission et en **déduit** le débit d'odeur à la source. La démarche d'estimation du débit d'odeur est donc essentiellement déductive. Comme pour les autres méthodes, la concentration moyenne annuelle dans l'environnement est ensuite évaluée, au cours d'une seconde étape, prospective cette fois, à partir du débit d'odeur ainsi estimé.

L'unité de recherche de l'ULg est tout à fait consciente des limites de la méthode, qui ont été discutées notamment dans le rapport concernant Froidchapelle [5] et récemment publiées dans une revue internationale[14]. Les 13 campagnes précédentes ont notamment permis de l'affiner, et d'en corriger certaines imperfections, sur base des premières expériences. Ces modifications ne sont cependant pas fondamentales au point d'invalider les premiers résultats obtenus. Il est au contraire très important, et surtout dans le cadre de cette seconde série de campagnes sur les mêmes sites, de ne pas trop modifier la méthodologie, de manière à pouvoir comparer, de manière relative, les résultats des deux séries. Quelle que soient les imperfections, les hypothèses et les limites de la méthode employée, une telle comparaison est en effet toujours pertinente, lorsqu'elle porte sur des conditions d'utilisation comparables.

La méthode, bien qu'originale par rapport aux approches classiques, n'est pas novatrice et est basée sur la littérature scientifique[15]. Le modèle employé, bien que très simple, est couramment utilisé dans

le cadre d'études relatives aux odeurs. Quant aux résultats obtenus, ils peuvent servir à des objectifs de décisions stratégiques, à des comparaisons entre sites et entre périodes d'exploitation ou encore de premier "screening" avant une étude plus approfondie avec des moyens plus sophistiqués.

Comme la méthode est expliquée dans les rapports précédents (voir notamment le premier rapport, concernant Mont-Saint-Guibert [1]), nous n'en rappellerons ici que les principes essentiels.

Un panel d'observateurs est chargé de parcourir à différentes périodes la région affectée par la pollution olfactive. Il définit sur le terrain la courbe limite de perception de l'odeur étudiée. Durant la même période, les données météorologiques sont enregistrées (vitesse et direction du vent, température et radiation solaire).
Ces données sont introduites dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster le débit d'émission d'odeur qui produirait, avec les conditions météorologiques du moment, la courbe limite réellement observée sur le terrain.
Ceci permet donc d'évaluer le débit d'émission propre à cette période de mesure. En considérant une dizaine de telles périodes, étalées dans le temps et si possible avec différentes conditions de climat et d'exploitation, la méthode permettra donc d'évaluer une dizaine de débits d'odeurs.

Nous faisons alors l'hypothèse que la moyenne arithmétique de ces 10 débits peut être considérée comme débit d'odeur typique du site.

Dans une seconde étape, ce débit typique est introduit comme donnée d'entrée dans le modèle de dispersion pour calculer un percentile moyen annuel de dépassement de niveau d'odeur.

Pour cela, on utilise le climat moyen de la station du réseau synoptique de l'IRM la plus proche du site de CET. Le climat "moyen" est un ensemble d'occurrences de combinaisons de vitesse de vent, de direction de vent et de classe de stabilité, basé en général sur une trentaine d'années d'observations.
Le percentile résultant correspond à une concentration donnée d'odeur. Ainsi par exemple, par définition, le percentile 90 correspondant à 5 uo/m^3 délimite une zone à l'extérieur de laquelle le niveau de 5 uo/m^3 est perçu pendant moins de 10% du temps. En se rappelant que 1 uo/m^3 représente la concentration de l'odeur à la limite de perception, le percentile 98 à 1 uo/m^3 définit donc une zone à l'extérieur de laquelle l'odeur est perçue pendant moins de 2% du temps. C'est ce percentile que nos études considèrent comme une zone de nuisance olfactive typique.

Il va sans dire que d'autres zones pourraient être définies, selon d'autres critères, mais l'essentiel dans la présente démarche est de conserver une même définition des zones de nuisance d'une étude à l'autre, de manière à pouvoir les comparer entre elles.

Enfin, pour éviter toute ambiguïté d'interprétation et pour permettre une approche plus scientifiquement crédible, nous invitons le lecteur à faire la distinction entre l'OU_E/m^3, telle que définie rigoureusement par olfactométrie et les uo/m^3 utilisées dans nos études. Fondamentalement le principe de base de la mesure est identique : la dilution de l'échantillon odorant, soit par un gaz neutre, soit dans l'atmosphère, jusqu'à atteindre le seuil de perception olfactive. L'unité d'odeur possède donc dans les deux cas la même signification, qui est la concentration d'odeur au seuil de perception olfactive, mais notre méthode de "reniflage" sur le terrain ne respectant aucunement les contraintes de l'olfactométrie, nous ne pouvons affirmer que les deux unités sont équivalentes.

Le modèle employé ici est donc un modèle bi-gaussien standard, avec un module adapté à la dispersion des odeurs.

L'hypothèse de base de ce modèle est que la concentration des polluants dans le panache émis par la source est plus élevée le long de la ligne qui constitue le parcours du centre de gravité du nuage de polluant dans le sens du vent et qu'elle diminue plus on s'éloigne de cette ligne.

Par rapport au centre de gravité, qui se déplace à la vitesse moyenne du vent dans la direction x, le modèle suppose simplement que les "particules" du panache se dispersent selon une loi de Gauss (loi normale) dans les deux autres directions. Le modèle ne tient pas compte de la topographie.

Dans notre cas, nous avons utilisé le modèle canadien Tropos, vendu par la firme Odotech (Montréal). Il dispose d'un module spécifiquement adapté aux odeurs, qui est basé sur un algorithme de "serpentement" d'un petit panache à l'intérieur du panache global gaussien.

Utilisation spécifique de la méthode pour les CET

Un premier choix méthodologique consiste à considérer surtout l'odeur de déchets frais. Il est justifié par les constatations de terrain : l'odeur principale ressentie à l'immission est pratiquement toujours celle générée par les déchets frais, notamment lorsqu'ils sont déversés et remués par les engins de manutention. D'autres odeurs peuvent être également perceptibles : odeurs de biogaz, de lixiviats, de compost, … Elles sont facilement identifiables et différenciées de l'odeur de déchets frais. Leur perception spécifique a été notée dans nos relevés de terrain. Néanmoins, l'expérience des campagnes de mesure nous a enseigné que c'est bien l'odeur de déchets qui est la plus présente et la plus gênante (dans l'espace et dans le temps) lorsqu'on s'éloigne un peu des sources spécifiques.
En outre, les autres odeurs étant beaucoup plus occasionnelles et souvent dues à des problèmes d'exploitation (par exemple fuites dans les réseaux de récupération du biogaz), il est pratiquement impossible d'en modéliser les émissions.
Cependant, dans le cas d'Hallembaye, comme mentionné ci-dessous, à l'odeur de déchets frais se mélangeait, voire se surimposait souvent l'odeur des huiles essentielles ajoutées au produit de neutralisation des odeurs pulvérisé en périphérie du site. C'est ce mélange qui a été considéré dans la présente étude.

Quoiqu'il en soit, l'odeur de déchets frais ou celle de ce mélange de composés sont loin d'être continues et constantes : elles surviennent par bouffées et ne permettent pas de définir rigoureusement une zone de perception.

Nous avons donc identifié un certain nombre de "points odeur" et de "points non-odeur". Les "points odeur" sont ceux où une odeur de déchet est perçue au moment du passage de l'opérateur, parfois furtivement, mais confirmée ensuite par un second, voire un troisième passage. De même, plusieurs passages durant la période de mesure permettent de confirmer l'absence d'odeurs aux "points non-odeur".

Le modèle a ensuite été utilisé par "tâtonnements" et essais successifs, en testant plusieurs débits d'émission jusqu'à obtenir à l'immission une courbe de concentration moyenne 1 uo/m^3 qui enveloppe la plupart des points-odeur. En outre, nous introduisons dans le modèle toutes les conditions météo, enregistrées toutes les trente secondes (et pas uniquement une seule condition moyenne), de manière à ce que l'isoplèthe à l'immission corresponde le plus possible à la situation réelle de dispersion durant toute la période de mesure.
Cette procédure a été appliquée pour chaque période de mesure et les débits d'émission ainsi estimés ont alors été moyennés.

Présentation du site et des alentours

Le rapport de 2002 concernant le site de Hallembaye[2] décrit en détail l'environnement du CET. Nous renvoyons le lecteur à ce rapport pour de plus amples informations.
La figure 1 rappelle les principales caractéristiques des environs de l'exploitation.

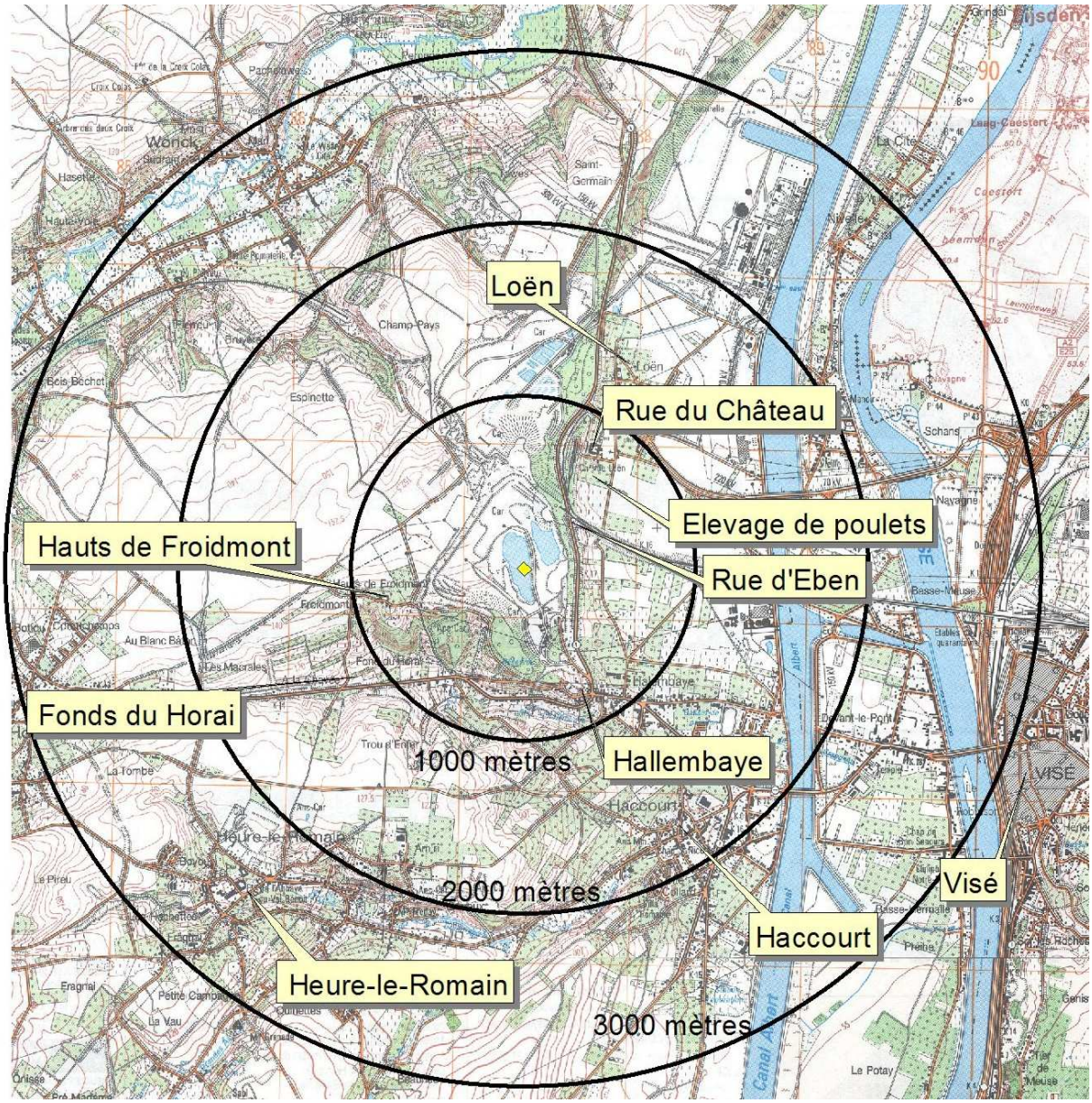


Figure 1 : Vue générale des environs du CET de Hallembaye

Les cercles noirs représentent les zones concernées par les émissions atmosphériques du CET (pour lequel la zone de déversement est approximativement représentée par un polygone jaune), pour trois distances à partir de la source d'odeur: 1, 2 et 3 km. Dans un rayon de 1000 mètres autour de la zone exploitée, on trouve déjà un grand nombre de riverains susceptibles d'être gênés par l'odeur du CET : ceux du village d'Hallembaye au sud, des hameaux du Fonds du Horai et des Hauts de Froidmont à l'ouest, ainsi que quelques riverains de la rue d'Eben et de la rue du Château. Dans la limite des 2000 mètres, on retrouve essentiellement les villages de Haccourt et de Loën, alors que le rayon de 3000 mètres implique beaucoup d'autres riverains, dont, essentiellement, ceux de Heure-le-Romain au sud-ouest et les premières maisons de Visé à l'est.

Dans le sens des vents dominants (SO et NE), se retrouvent essentiellement les habitants de Loën (au NE) et ceux du Fonds du Horai (au SO).
Comme points de repères, citons notamment la carrière et la cimenterie CBR au nord et l'usine IMERYS Minéraux Belgique (broyage de minéraux blancs pour fabriquer des pigments pour papier) à l'est, le long du canal Albert.

La figure 2 représente le CET proprement-dit, avec le schéma d'exploitation des deux zones principales (schéma de 2002).
C'est actuellement Hallembaye II qui est en phase d'exploitation.
La société SOTRADEC, qui exploite le site pour l'intercommunale INTRADEL, essaie toujours de déverser sur des zones plus basses en été qu'en hiver. L'exploitation en fond de cellule risque en effet de moins perturber les riverains lorsque la chaleur favorise la libération des composés volatils odorants.

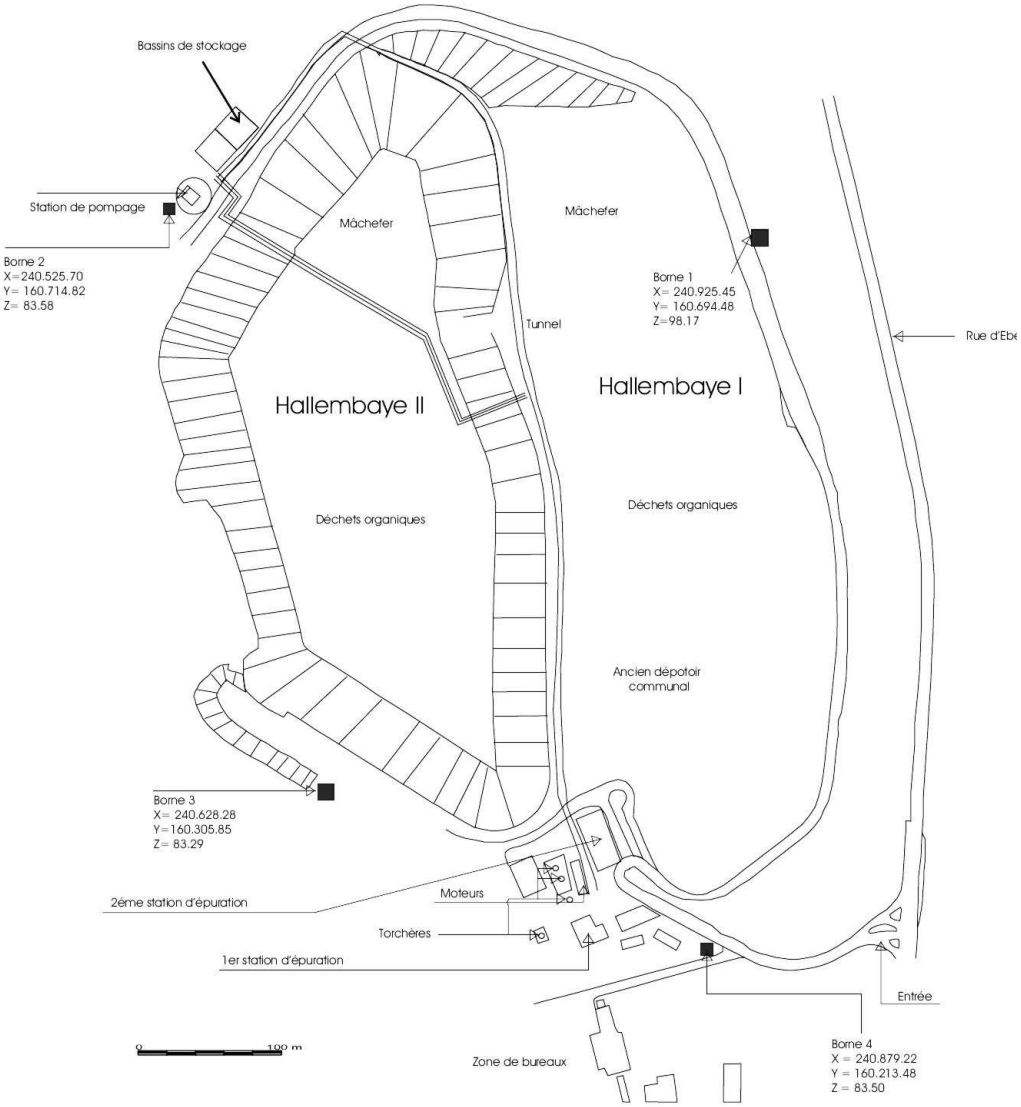


Figure 2 : Zone du CET de Hallembaye

La figure 3 présente l'état actuel (en 2006) du CET. En particulier, la figure de droite représente une vue en "illusion 3D" du CET proprement-dit, basée sur des courbes de niveau fournies par l'exploitant. Il est néanmoins difficile d'apprécier sur cette figure la manière dont le CET s'insère dans le relief avoisinant. En effet, les fronts de tailles nord et ouest, véritables murs de plusieurs dizaines de mètres de haut, n'y sont pas représentés. On peut néanmoins se rendre compte du fait que les zones

actuelles de déversement sont assez basses par rapport au niveau du merlon est. La zone de déversement "1" concerne le début de notre campagne de mesure (période estivale), alors que la zone 2 a été exploitée plus tard. En fait, les camions déversaient les déchets dans la partie la plus profonde du site à partir d'un niveau intermédiaire.

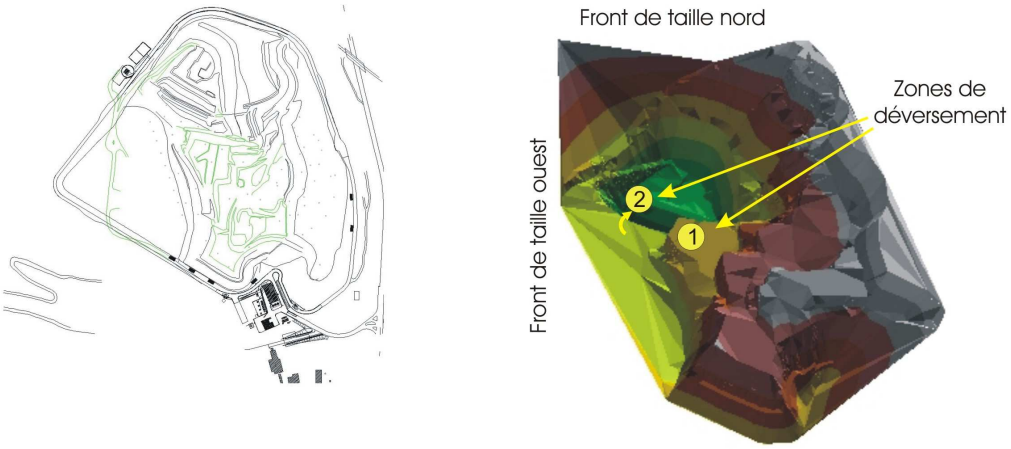


Figure 3 : Etat actuel du CET - A gauche, les principaux bâtiments et accès, à droite, une vue artistique 3D du CET proprement-dit.

Les types de déchets déversés sont les déchets ultimes de l'aciérie de Cheratte, les encombrants et les déchets verts provenant des parcs à containers. Bien que l'aspect général donne l'impression d'une grande quantité de plastiques (voir figure 4), il reste une importante fraction fermentiscible qui est susceptible d'émettre des odeurs.

Figure 4 : Mesure GPS dans la masse de déchets

Par contre, la quantité de mâchefers, résidus des incinérateurs, qui exhalent des vapeurs humides très odorantes, est considérablement réduite par rapport au passé. Il n'en subsiste pratiquement plus.

En fin de journée, l'exploitant étale une toile de jute sur les déchets pour éviter les émanations nocturnes. La toile reste sur les déchets et se dégrade avec eux. Parfois, il s'agit plutôt d'un film plastique qui peut être retiré le matin.

Lorsqu'une zone n'est plus exploitée pendant un certain temps, elle est recouverte d'une couche de compost ou de déchets inertes.

Le site est entouré de rampes d'aspersion d'un produit neutralisant d'odeur.

Observations qualitatives

La démarche commence par la récolte d'informations qualitatives sur la nature et la fréquence des odeurs perçues.

Les impressions générales des opérateurs sont les suivantes.

- En ce qui concerne le type d'odeur perçue, c'est l'odeur de déchet frais qui prédomine, même si l'odeur de biogaz est sensible sur le CET à proximité immédiate des puits de dégazage (voir par exemple un alignement de tels puits sur la photo de la figure 5).

Figure 5 : Alignement de puits de dégazage sur une zone terminée

- Comme le montre la photo de la figure 4, les déchets sont broyés et étalés dès leur arrivée sur le site. C'est essentiellement ce qui provoque la plus grande libération d'odorants sur la zone exploitée.
- Par contre, lors de la plupart de nos visites de terrain, l'exploitant, craignant les plaintes, a préféré ne pas couper les rampes d'aspersion de produit neutralisant. Ceci a troublé les mesures, car une odeur était perceptible malgré tout, avec une tonalité olfactive différente. Non seulement l'odeur de déchets était mélangée à celle des huiles essentielles ajoutées au produit, ce qui la rendait parfois encore plus dérangeante, car plus "artificielle", mais parfois, c'était essentiellement l'odeur du "masquant" qui était ressentie. En effet, les rampes d'aspersion sont situées sur les merlons entourant le CET proprement-dit, c'est-à-dire à une altitude élevée par rapport à l'environnement. Les panaches d'odeur qu'elles libèrent sont donc ressentis assez loin, parfois au-delà de ceux caractérisant l'odeur des déchets.
- Les observateurs de terrain ont poussé l'investigation plus loin que lors de la campagne de 2002, alors que la méthode de mesure faisait encore l'objet de mise au point et ne visait, en tout

état de cause, qu'à établir une zone globale de nuisance potentielle. Un objectif de l'observation fouillée de 2006 a été notamment d'évaluer les effets du relief local sur la propagation des odeurs. Ceci sera discuté en fin de rapport.

- Certaines zones sont difficilement accessibles pour l'observation, mais l'odeur peut être retrouvée plus loin, lorsque le relief est moins perturbé ou lorsqu'il favorise un effet d'aspiration. Alors qu'en 2002, les observateurs s'arrêtaient à la première disparition du panache odorant, en 2006, ils ont davantage "recherché" l'odeur, sans *a priori*, de manière à identifier tous les effets de relief possibles.
- Au nord est et en contrebas du CET, le long de la rue du Brouck, un élevage de poulets émet, lui aussi des odeurs caractéristiques (voir photo, figure 6).

Figure 6 : Poulailler à proximité du CET

Par vent du sud-ouest, l'odeur du CET et celle du poulailler peuvent se mélanger. C'est un vent de ce secteur qui a notamment été observé lors de la journée du 24 mai. Cependant, le vent était alors très directif et assez fort, ce qui permettait d'identifier clairement les deux odeurs, dans des "couloirs" séparés.

Observations quantitatives

Protocole

La campagne de mesure s'est déroulée sur une période assez longue: vingt-deux semaines au total, entre le 24 mai et le 26 octobre 2006. Durant ces 5 mois, les opérateurs ont rencontré un grand nombre de situations différentes de météorologie et d'exploitation. La campagne est ainsi représentative de la majorité des cas pouvant être observés sur le site d'Hallembaye.
L'équipe de mesure s'est rendue 10 fois sur le terrain, respectivement le 24/05/06, le 7/06/06, le 12/06/06, le 28/06/06, le 11/07/06, le 31/07/06, le 29/09/06, le 2/10/06, le 6/10/06 et le 26/10/06, généralement en fin de matinée ou en début d'après-midi, ce qui correspond à des périodes d'activité normale du CET.

Comme le montre la rose des vents globale pour les 10 périodes d'étude (figure 7), l'époque était particulièrement propice aux vents du secteur sud-ouest et nord-est, c'est-à-dire tout à fait caractéristiques des vents dominants. D'autres secteurs de vent ont été observés (par exemple le 11 juillet, en provenance du NW), mais de manière plus marginale.

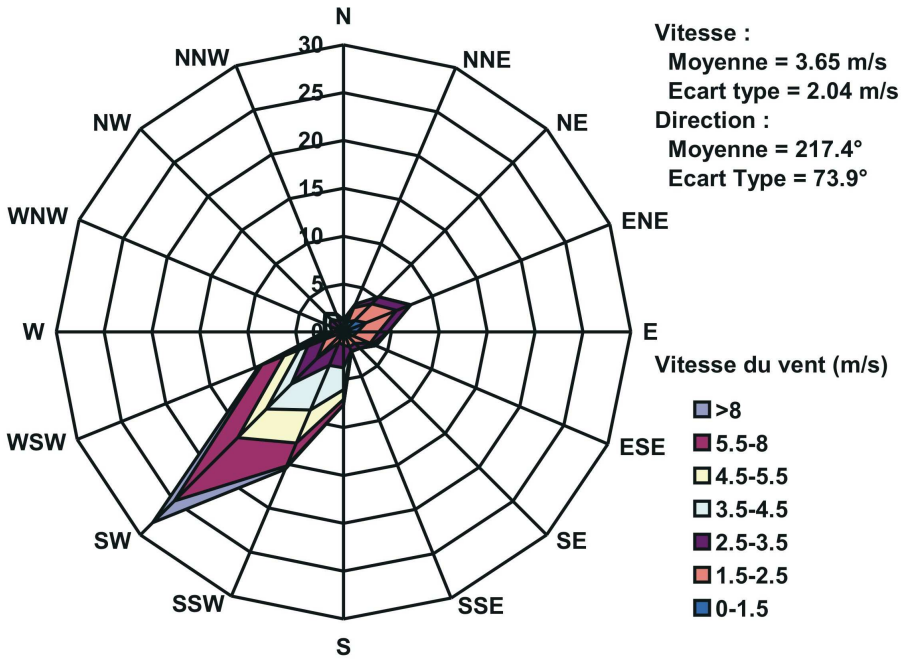


Figure 7 : Rose des vents globale pour les 10 périodes de mesure

Chacun des points de mesure a fait l'objet d'un repérage au GPS. Pour assurer la précision de la mesure, l'appareil était étalonné par "calage" sur un point de coordonnées connues au début de chaque mesure, ce qui permettait de déduire des termes correcteurs pour les coordonnées Lambert.

La station météo était placée dès l'arrivée, sur la butte le long du chemin d'accès, à l'est de la zone exploitée (figure 8), puis démontée en fin de mesure et les données stockées toutes les 30 secondes étaient vidangées lors du retour à Arlon. Le gestionnaire était toujours prévenu de notre visite.
Le traçage d'odeur durait environ 1 heure.
Chaque détection d'odeur était confirmée par plusieurs passages à des moments différents.
Les données, prétraitées dans Excel, étaient ensuite introduites dans le logiciel Tropos.
Les résultats furent ensuite présentés sur fond de carte IGN dans ArcView.

Figure 8 : Station météo placée sur la butte à l'est de la zone exploitée

Résultats

Les figures 10 à 19 montrent les courbes limites ajustées par le modèle (en bleu). Sur les mêmes figures sont indiqués les endroits où l'odeur a été détectée. La signification des symboles est fournie en figure 9.

En commentaires sont également notées les conditions moyennes observées durant la période de mesure.

Les valeurs du débit d'odeur ajusté par Tropos sont également indiquées sur les schémas.

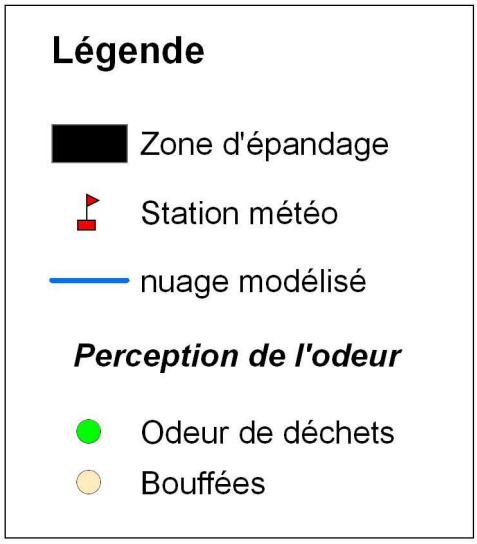


Figure 9 : Légende des figures 10 à 19

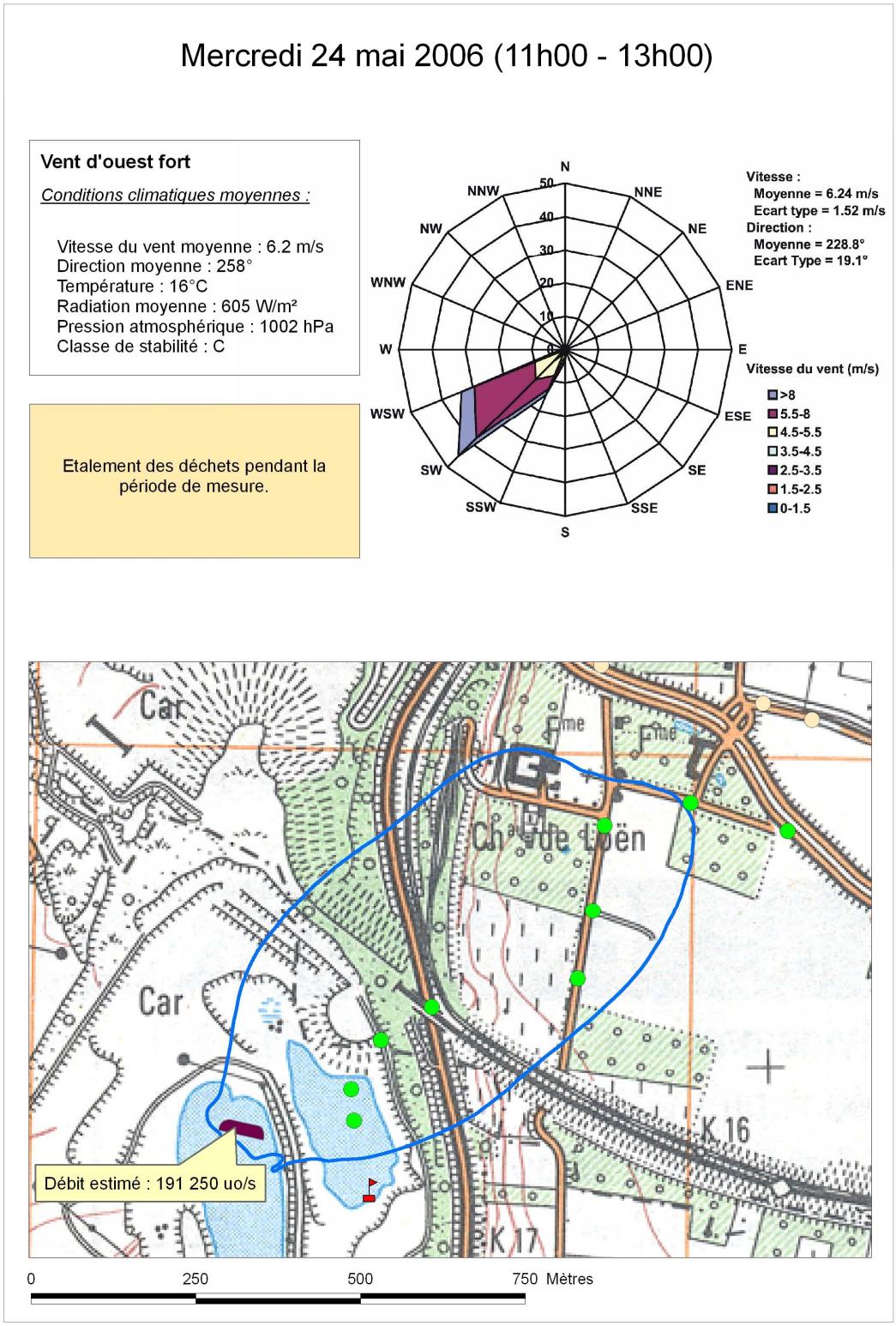


Figure 10 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 24 mai 2006

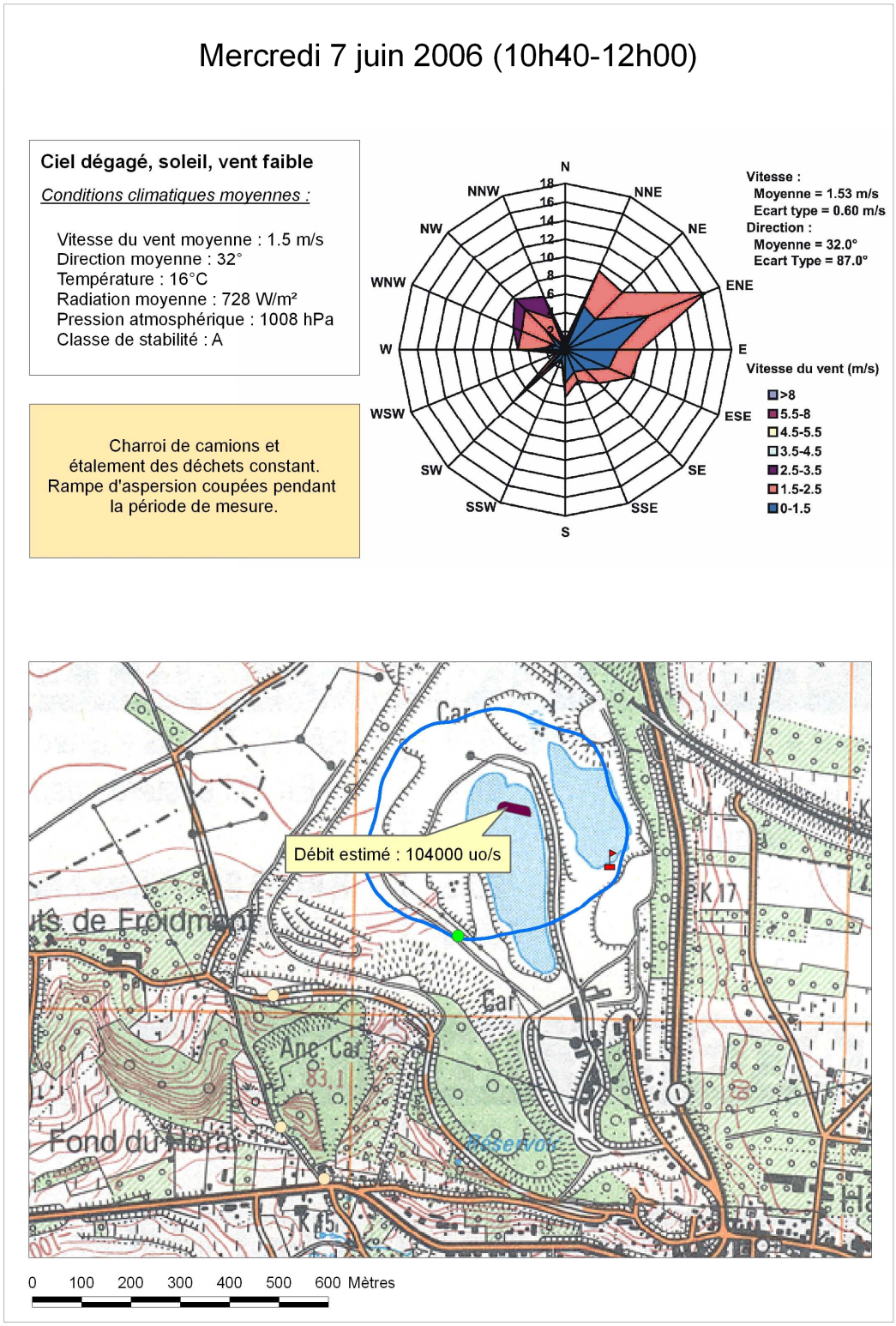


Figure 11 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 7 juin 2006

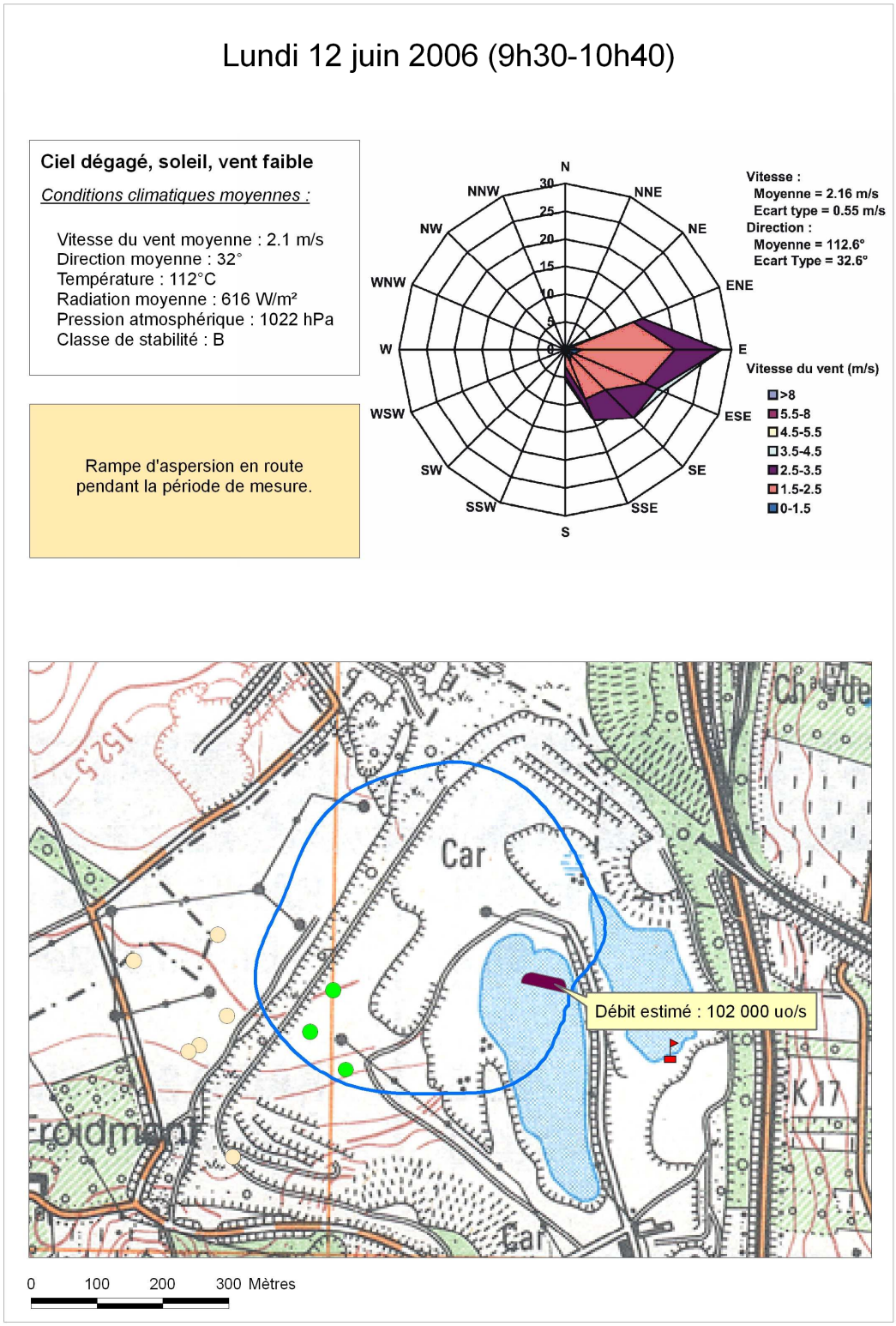


Figure 12 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 12 juin 2006

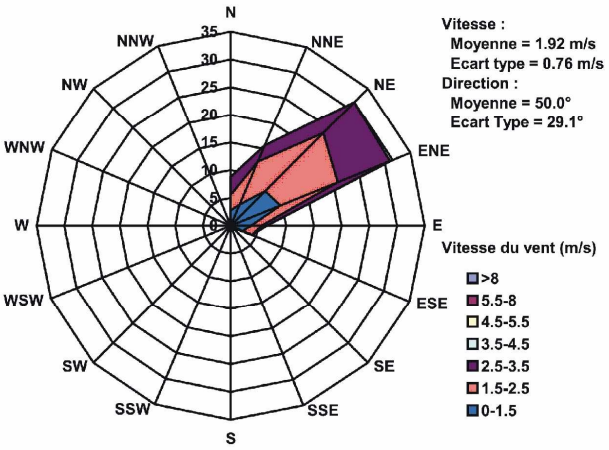
Mercredi 28 juin 2006 (10h30-13h40)

Nuageux, sec

Conditions climatiques moyennes :

Vitesse du vent moyenne : 2.5 m/s
Direction moyenne : 32°
Température : 22°C
Radiation moyenne : 565 W/m²
Pression atmosphérique : 1020 hPa
Classe de stabilité : B

Rampe d'aspersion en route pendant la période de mesure.



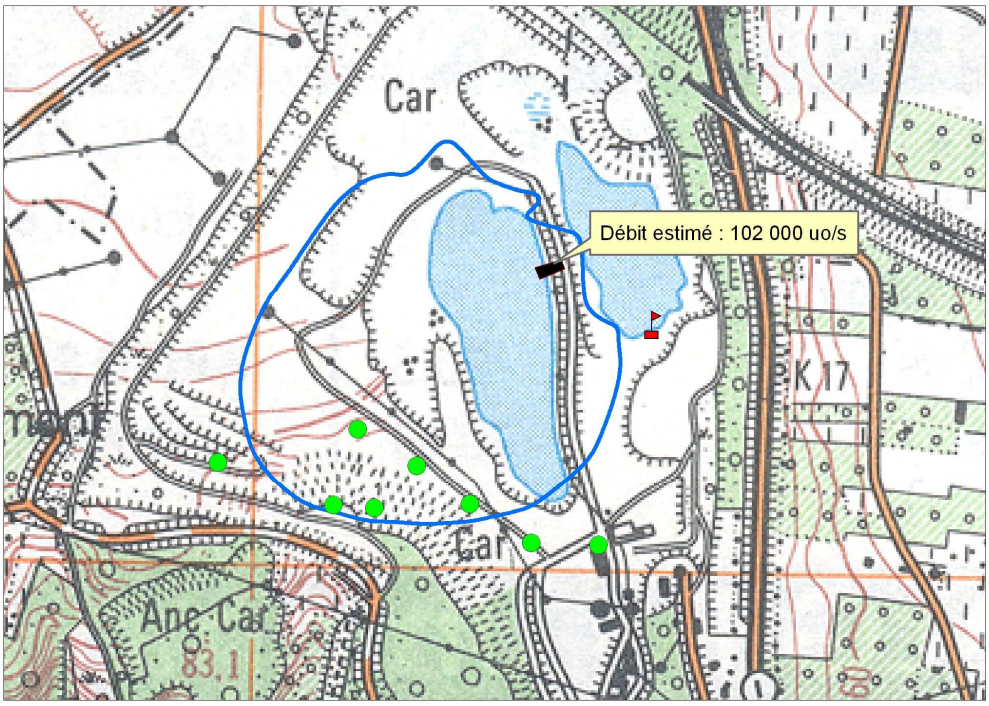


Figure 13 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 28 juin 2006

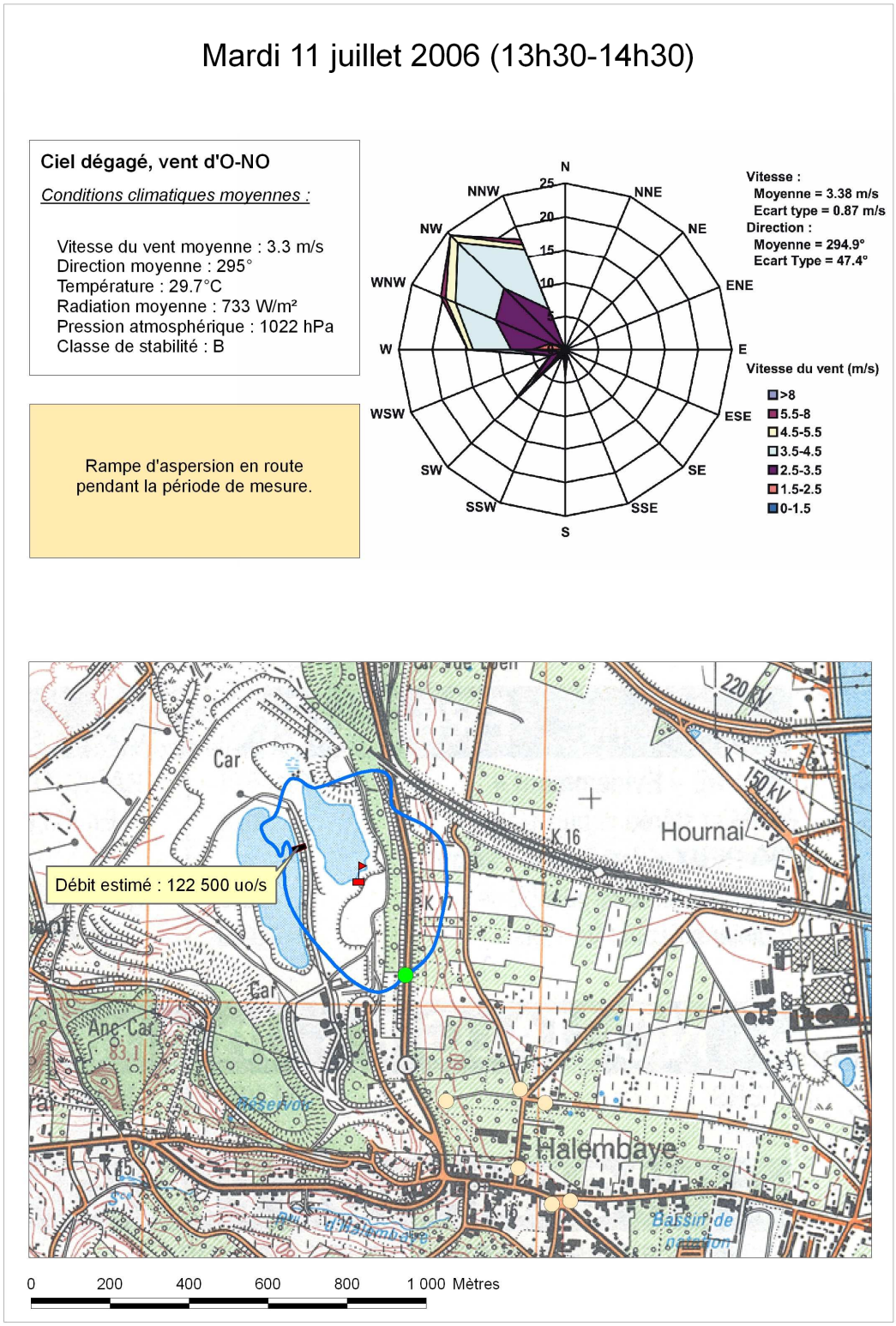


Figure 14 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 11 juillet 2006

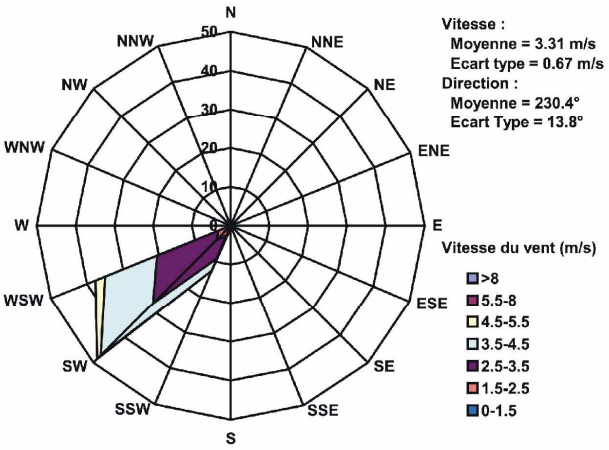
Lundi 31 juillet 2006 (11h30-12h30)

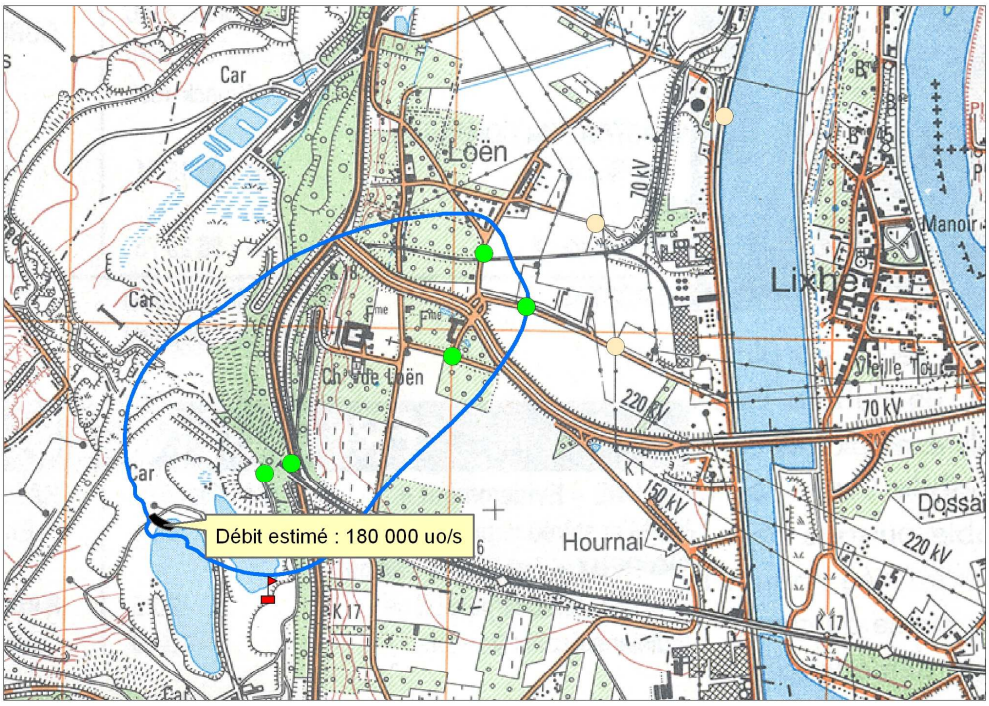
Ciel dégagé, vent d'O-NO

Conditions climatiques moyennes :

Vitesse du vent moyenne : 3.3 m/s
Direction moyenne : 230°
Température : 22°C
Radiation moyenne : 310 W/m²
Pression atmosphérique : 1015 hPa
Classe de stabilité : C

Rampes d'aspersion fixes et mobiles en route pendant la période de mesure. Odeur de produit masquant perçue en dehors du site.





0 250 500 750 Mètres

Figure 15 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 31 juillet 2006

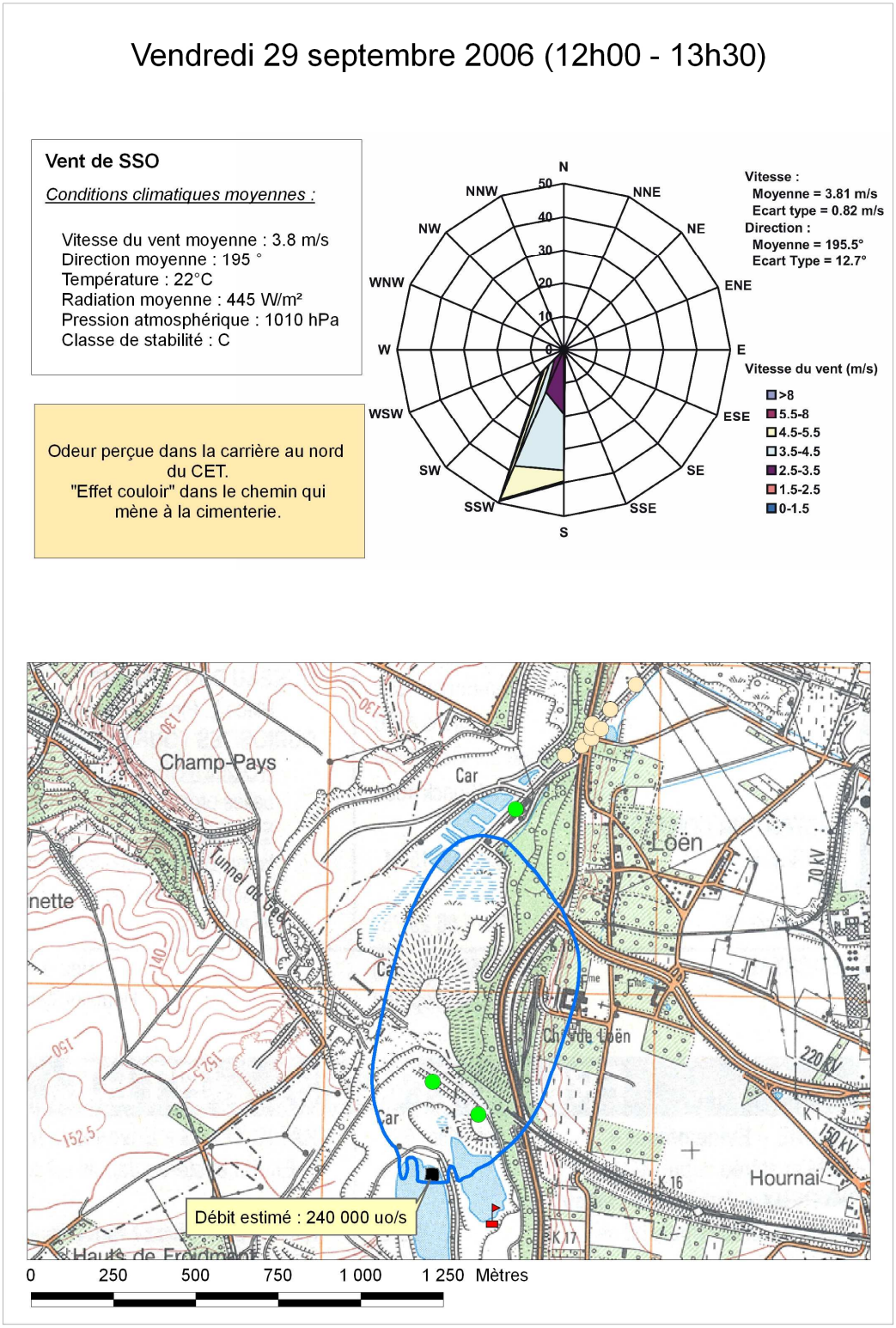


Figure 16 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 29 septembre 2006

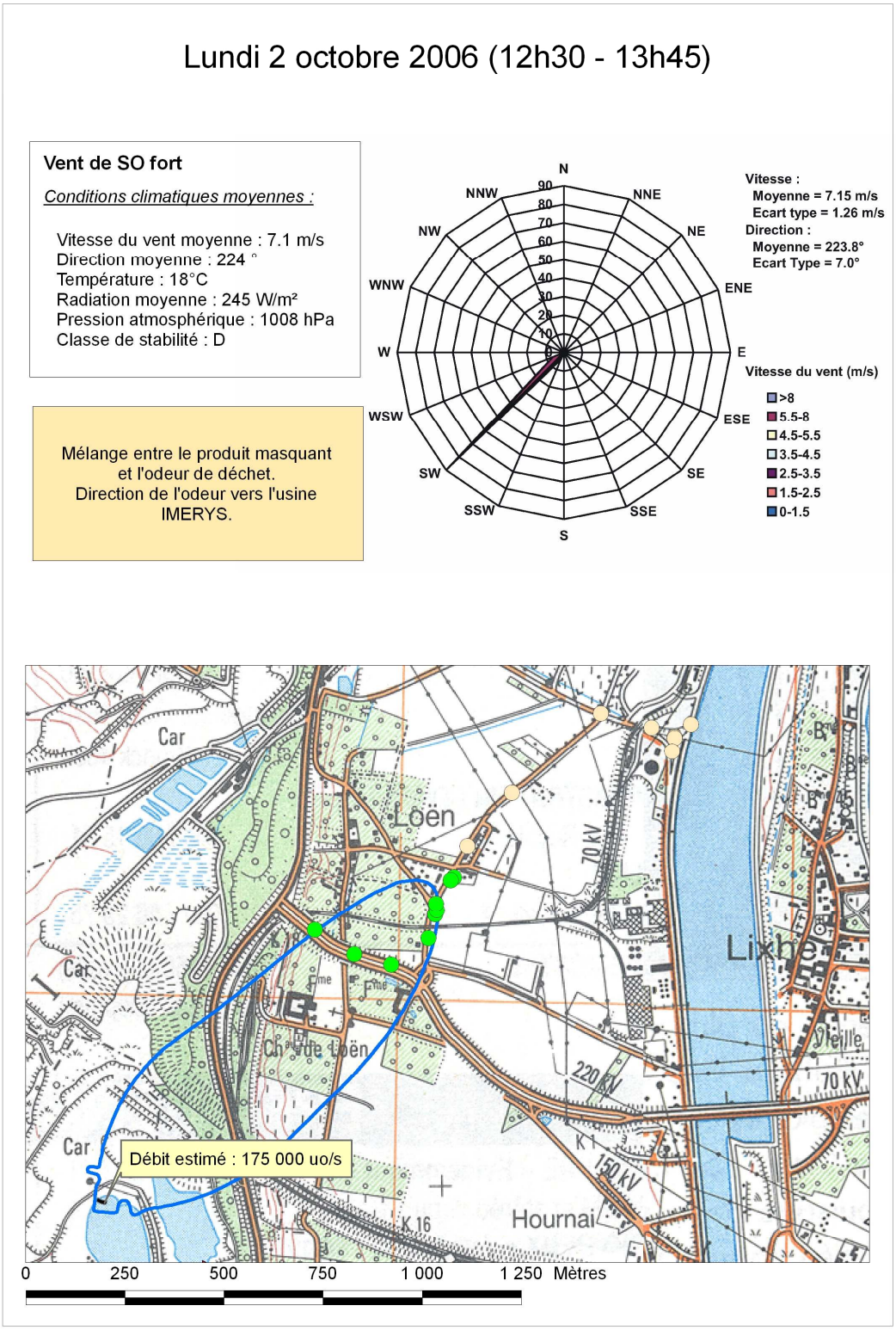


Figure 17 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 2 octobre 2006.

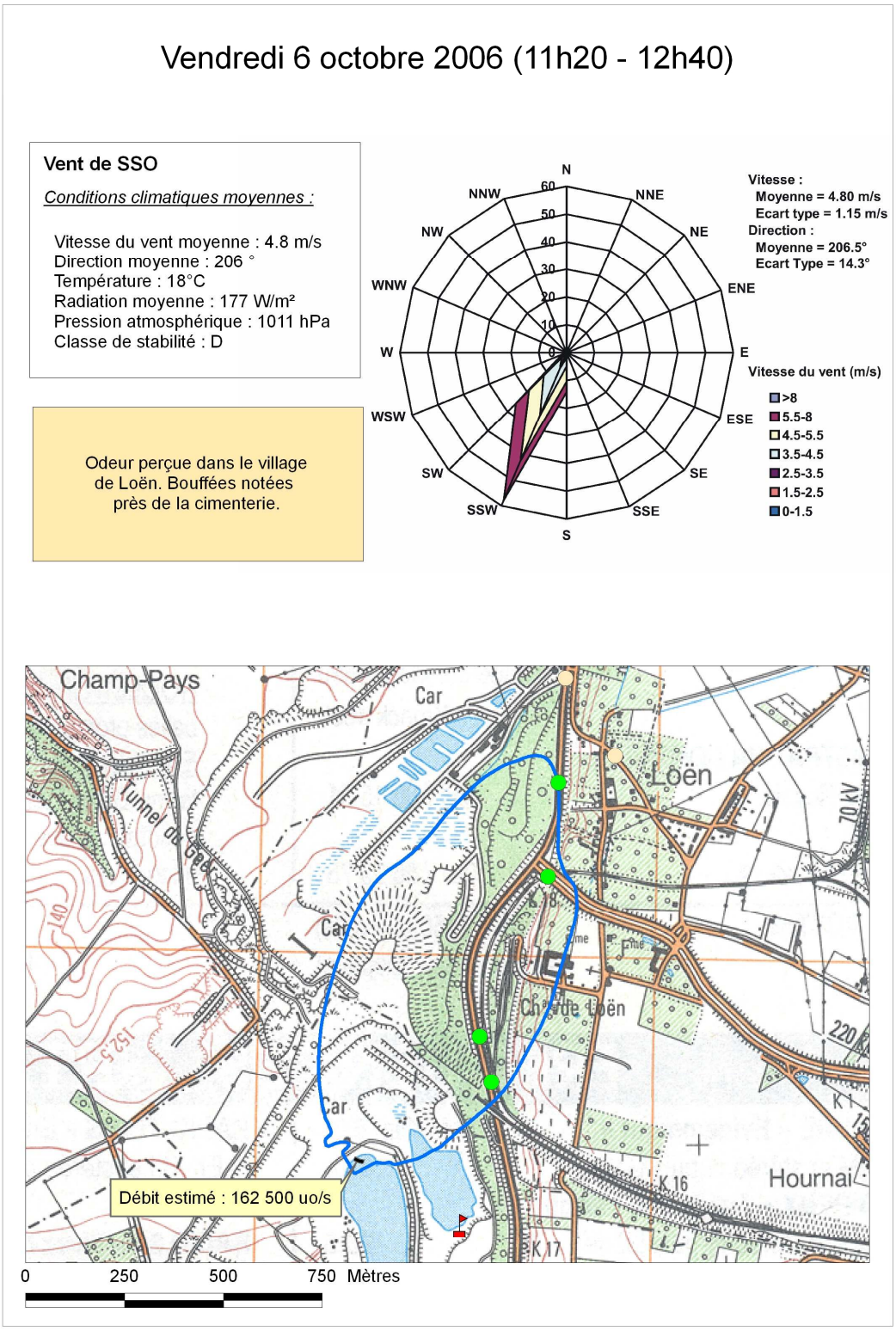


Figure 18 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 6 octobre 2006.

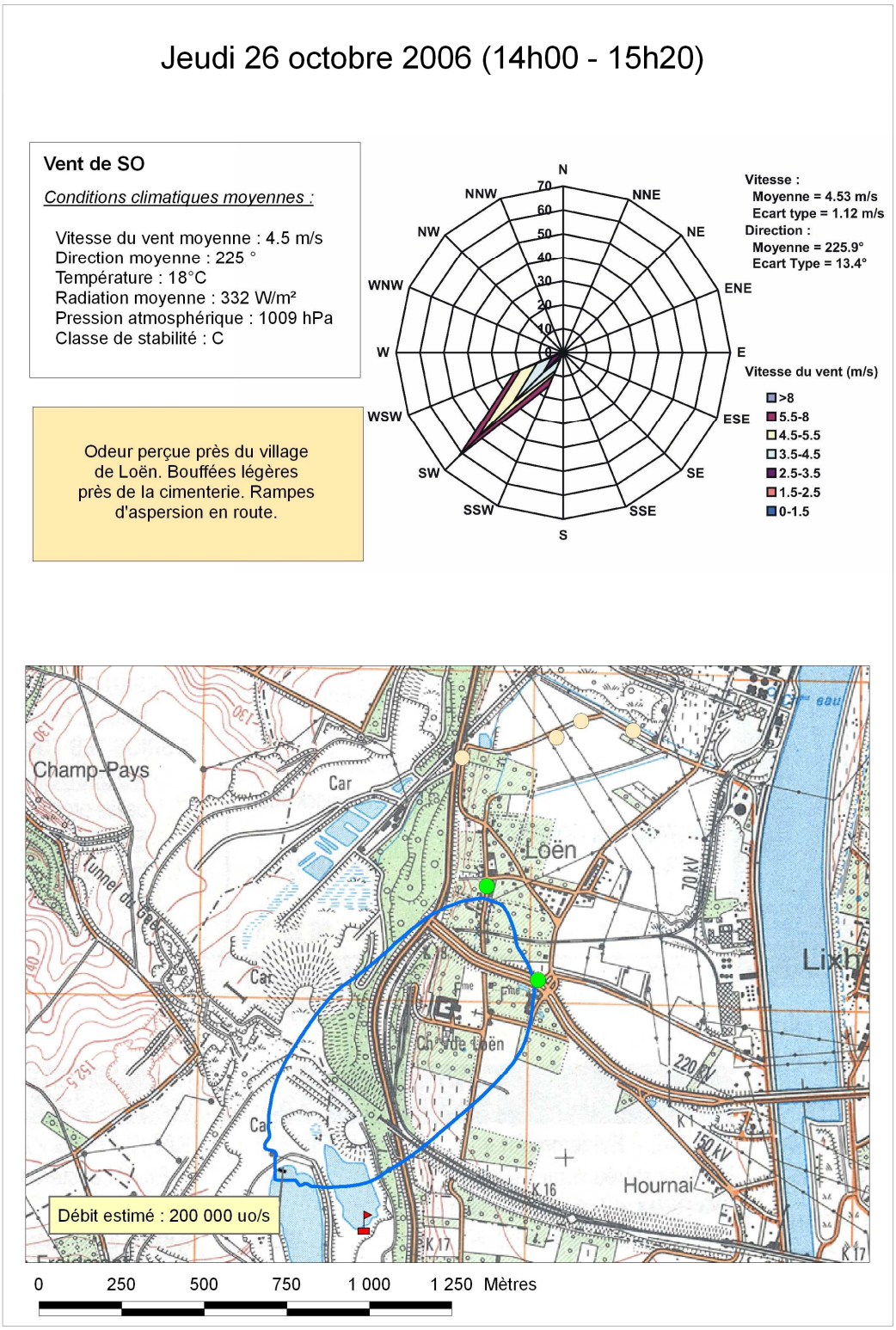


Figure 19 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 26 octobre 2006.

Le tableau 1 synthétise les résultats obtenus.

Date	Direction du vent	Vitesse du vent (m/s)	Ensoleillement (W/m^2)	Classe de stabilité	Distance max (m)	Flux de camions/h	Débit d'émission (uo/s)
24/05/06	229°	6.2	650	C	850	14	191 250
7/06/06	32°	1.5	728	A	300	9.5	104 000
12/06/06	113°	2.2	616	B	400	12.5	102 000
28/06/06	50°	1.9	565	B	430	7	102 000
11/07/06	295°	3.4	733	B	550	14	122 500
31/07/06	230°	3.3	310	C	870	6.5	180 000
29/09/06	196°	3.8	445	C	1050	8.5	240 000
2/10/06	224°	7.2	245	D	1170	6.5	175 000
6/10/06	207°	4.8	177	D	1150	6.5	162 500
26/10/06	226°	4.5	332	C	1050	10.5	200 000

Tableau 1 : Synthèse des résultats d'ajustement du débit d'émission d'odeur aux limites de perception mesurées.

Au sujet de ces 10 périodes, les précisions suivantes méritent d'être signalées.

- Le 24 mai, le vent soutenu du sud-ouest portait l'odeur assez loin et dans un couloir assez étroit, ce qui permettait de la distinguer clairement de celle provenant du poulailler. L'écart-type de 19° seulement sur la direction du vent et une vitesse de vent de plus de 6 m/s constituaient des conditions idéales pour la mesure par traçage et ajustement par modèle gaussien. La valeur obtenue le 24 mai est donc particulièrement significative.
- Le 7 juin, par contre, la vitesse du vent était à la limite d'applicabilité du modèle gaussien et, par conséquent, sa direction était incertaine (écart-type de 87° !). L'ensoleillement important et la faible vitesse de vent rendait les conditions atmosphériques extrêmement instables (classe A). C'est ce qui justifie qu'en dépit d'une distance de perception faible (300 mètres), on ajuste quand même un débit d'odeur non négligeable (104 000 uo/s).
- Le 12 juin, deux rampes d'aspersion de produit neutralisant sont actives: l'une fixe, près de l'endroit où nous plaçons la station météo, et l'autre mobile. Seule la rampe fixe sera coupée pendant la mesure d'odeur. Comme le 7 juin, la vitesse du vent était faible et la direction peu marquée. Ainsi, l'odeur avait tendance à stagner au fond du CET et n'a été perçue que par bouffées au sommet des parois. L'odeur des huiles essentielles du produit neutralisant était peu marquée. La zone d'épandage était identique à celle des deux premières journées.
- Le 28 juin, l'odeur se dirigeait vers le village d'Hallembaye, au sud du CET. La zone d'épandage était déplacée par rapport aux autres journées de mesure. Les rampes d'aspersion n'étaient pas coupées et l'odeur du produit neutralisant était bien détectée en périphérie du site.
- Le 11 juillet, la direction du vent était peu marquée (écart-type=47°) et l'atmosphère assez instable (classe B). Encore une fois, cette instabilité a comme conséquence l'ajustement d'un débit important (122 500 uo/s) pour une distance de perception qui reste pourtant moyenne (550 m).
- Le 31 juillet, les rampes d'aspersion donnent à plein régime, ce qui a provoqué la perception de l'odeur caractéristique du produit "masquant" probablement au-delà de la distance de portée de l'odeur de déchet frais. L'activité sur le site était en effet assez réduite. La zone d'épandage était déplacée, quasiment au fond du trou, presque à la verticale de la station d'épuration, ce qui éloigne encore la source des premiers riverains. Par contre, les rampes d'aspersion, situées plus à l'est et sur un sommet, génèrent, elles, une odeur qui est transportée plus loin.
- Le 29 septembre, le vent était assez soutenu, et d'une direction d'origine bien nette, pratiquement plein sud. L'odeur du CET n'était perceptible que jusqu'à l'entrée de la carrière CBR. Néanmoins, elle était récupérée plus loin, dans le chemin d'accès entre la carrière et la cimenterie (voir plus loin). Il y avait une sorte d'accumulation de l'odeur dans la carrière, puis une aspiration, par effet de couloir, vers la cimenterie. C'est ce qui justifie le débit d'odeur très important, et peu significatif de la dispersion habituelle (240 000 uo/s).
- Le 2 octobre, le vent du sud ouest portait l'odeur jusqu'à l'entreprise Imerys, le long du canal Albert. L'odeur perçue était un mélange assez désagréable de l'odeur de déchet et de celle du produit de neutralisation. Les rampes tournaient à plein régime et la direction du vent était propice au mélange de ces deux odeurs (zone de déversement et rampes en alignement).

- Le 6 octobre, l'odeur était portée vers la cimenterie et les conditions de vent étaient moins favorables au mélange des odeurs du produit neutralisant et des déchets. Les deux odeurs étaient néanmoins perçues, séparément.
- Le 26 octobre, un vent bien soutenu et de direction marquée portait les odeurs (déchets + "masquant") jusqu'au village de Loen.

Parmi ces 10 observations, nous éliminerons celle du 29 septembre, car le panache observé n'est pas représentatif d'une dispersion gaussienne, mais bien d'un effet de relief particulier. La moyenne des débits d'odeur pour les 9 observations restantes est 148 800 uo/s. En tenant compte de l'intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne, le débit typique se trouve dans l'intervalle [122 000, 175 000].
Ce débit est plus de trois fois supérieur à celui estimé en 2002 (pour rappel, 46 286 uo/s). En moyenne, la distance de perception maximale est, elle aussi, significativement plus élevée: de l'ordre de 750 mètres au lieu de 390 mètres en 2002.
Une telle distance est exactement du même ordre de grandeur que celle trouvée sur le CET de Mont-Saint-Guibert en 2005, pour une activité plus ou moins similaire. Par contre, le débit estimé sur ce site était sensiblement plus faible : 111 134 uo/s.

Les débits systématiquement plus importants pour les campagnes récentes par rapport à celles de 2001…2002 s'expliquent par deux raisons:
- d'abord, la méthodologie de traçage d'odeur s'est affinée au cours du temps et maintenant, les observateurs "traquent" davantage l'odeur, en ne se contentant plus d'arrêter le panache à la première disparition de l'odeur, mais en allant la "rechercher" parfois plus loin, au-delà d'une colline ou d'un écran boisé;
- ce faisant, ils tiennent davantage compte des effets de relief particuliers au site, ce qui est particulièrement justifié à Hallembaye, qui est caractérisé par une topographie assez perturbée.

Mais, pour cette campagne de mesure à Hallembaye, le débit important estimé est en grande partie imputable à l'odeur générée par le produit neutralisant qui continuait à être pulvérisé durant nos mesures. La situation en hauteur des rampes d'aspersion, par rapport à celle de la cellule exploitée, favorise la propagation de l'odeur du produit (huiles essentielles) parfois au-delà de celle des déchets. Néanmoins, comme il s'agit d'une odeur générée par le CET, nous en avons tenu compte dans nos appréciations. Il n'est en effet pas toujours possible de distinguer clairement l'odeur du produit neutralisant de celle des déchets. La plupart du temps, ces deux tonalités sont mélangées, pour produire un effet d'odeur "artificielle". L'appréciation du caractère hédonique de ce mélange ou simplement de l'odeur du produit neutralisant seul est évidemment très subjective. Si les exploitants estiment que l'aspersion de produit neutralisant améliore l'odeur, c'est qu'effectivement, ils se basent sur des résultats enregistrables au niveau du nombre de plaintes. Les opérateurs qui parcouraient le site d'Hallembaye n'ont, quant à eux, pas toujours trouvé que l'odeur résultante était plus agréable que celle des déchets.
Le présent rapport considèrera donc que le débit moyen de 148 800 uo/s est bien celui généré par l'ensemble du CET. L'absence totale de corrélation entre le débit et le nombre de camions arrivant sur le site montre que le déversement de déchets ne peut expliquer à lui seul le débit global généré sur le site. Remarquons également l'importance de l'ensoleillement sur la propagation du panache odorant. Un coefficient de -0.83 entre la distance maximale de perception et l'ensoleillement montre en effet que la radiation solaire favorise la dispersion verticale des composés volatils. L'ensoleillement représente donc une des variables essentielles à mesurer sur les sites de CET, au moins de la même importance que la vitesse et la direction du vent.

Sur base du débit moyen d'émission déterminé, nous pouvons extrapoler les courbes de perception olfactive au climat moyen du site. L'extrapolation a été réalisée en introduisant dans le modèle le climat moyen de Bierset, situé à 19 km à vol d'oiseau du CET.
La tendance actuelle en matière de règlementation (Hollande, Flandre, Allemagne, Nouvelle Zélande, Angleterre, …) est d'imposer une valeur d'exposition caractérisée par le percentile 98 pour une concentration d'odeur variant selon son caractère offensif. En ce qui concerne plus particulièrement l'odeur de déchets, une concentration de 1 uo/m^3 au percentile 98 semble constituer une valeur tout à fait vraisemblable pour définir la zone d'acceptabilité de la nuisance. Nous continuerons donc, comme par le passé à considérer cette zone. Seul le percentile 98 a été calculé pour cette campagne.
Rappelons qu'à l'extérieur de cette zone, on reste sous la concentration correspondante pendant 98% du temps. Comme la concentration de référence est précisément de 1 uo/m^3, qui correspond à la

limite de perception olfactive, cela signifie qu'en dehors de la zone ainsi définie, l'odeur n'est perçue que pendant moins de 2% du temps (ou moins de 175 heures sur l'année).

La figure 20 montre le percentile 98 sur le fond de carte de Hallembaye et des environs.

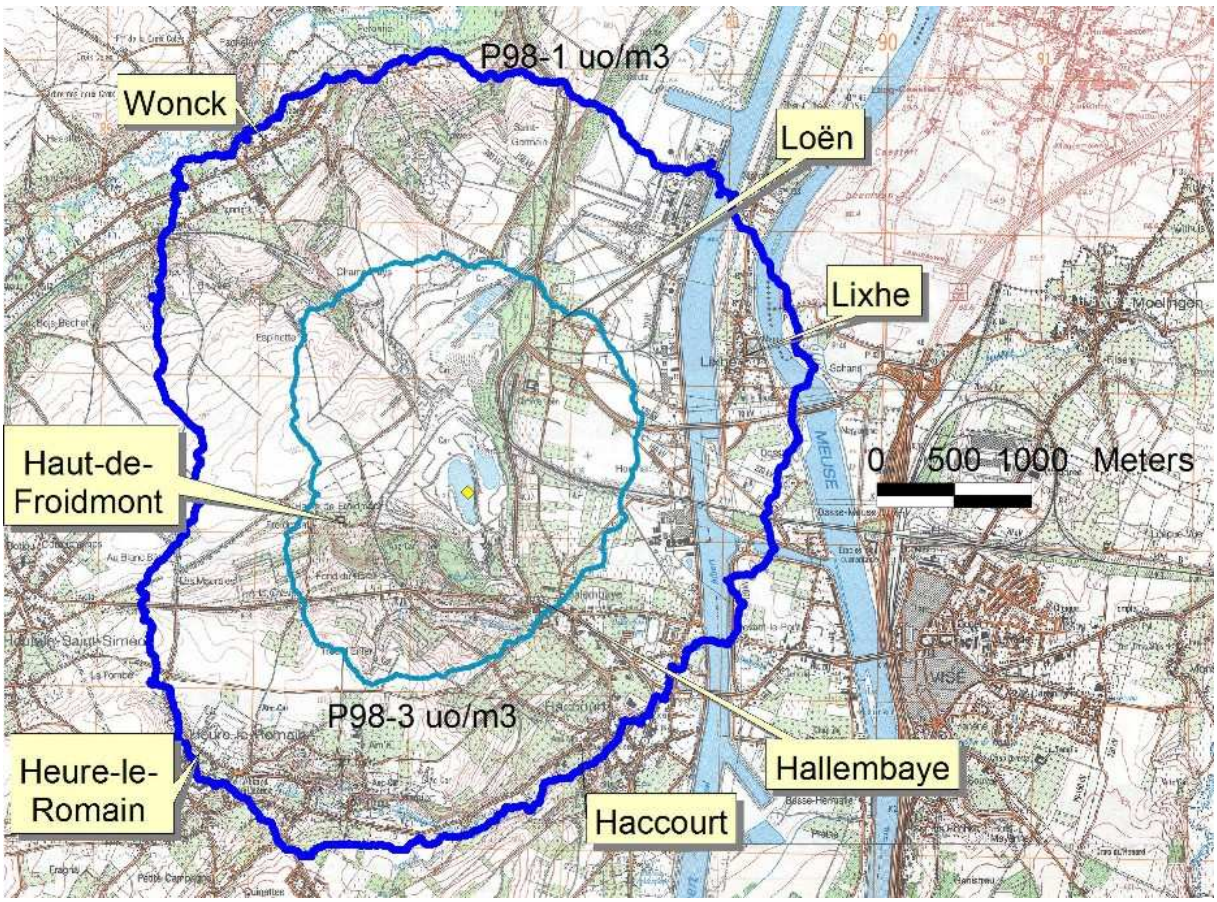


Figure 20 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m^3 et à 3 uo/m^3 et au climat annuel moyen

Comme on le constate sur la figure, la zone définie par le percentile 98 correspondant à 1 uo/m^3 (courbe bleue extérieure) englobe un grand nombre de quartiers habités : citons les villages ou hameaux d'Hallembaye, de Haccourt, de Heure-le-Romain, de Haut-de-Froidmont, de Loën et même un certain nombre de maisons à Lixhe et à Wonck. Vers le nord-est, la zone s'étend jusqu'à une distance de 2700 mètres à partir de la source et vers le sud-ouest, jusqu'à une distance de 2500 mètres. Ces distances ainsi estimées correspondent assez bien aux impressions générales ressenties pendant la campagne de mesure.

Néanmoins, dans le cas particulier d'Hallembaye, il est peut-être un peu exagéré de considérer la zone limitée par le percentile 98 à 1 uo/m^3 comme zone d'acceptabilité de la nuisance. En effet, si les directives actuelles dans certains pays tendent effectivement à imposer un ordre de grandeur de 1 uo/m^3 au percentile 98 comme zone "d'effet acceptable" pour le secteur du stockage et le traitement des déchets, la plupart des politiques en matière d'odeur proposent également d'adapter au cas par cas la valeur de la concentration au percentile 98.
Or, le CET d'Hallembaye est situé dans une région industrielle où plusieurs odeurs coexistent et il n'est pas certain que ce soit l'odeur du CET qui soit la plus dérangeante. Comme en outre, le débit évalué dans notre étude correspond à un mélange d'odeur de déchet et d'odeur du produit neutralisant, on pourrait éventuellement admettre une meilleure tolérance des riverains pour cette tonalité olfactive particulière. A titre d'exemple, nous fournissons également en figure 20 la courbe relative au percentile 98 pour 3 uo/m^3 (courbe intérieure en cyan), qui, dans la plupart des cas, pour des odeurs de déchets ou d'élevage, définit une zone à l'intérieur de laquelle l'odeur est plutôt considérée comme "offensive". Cependant, compte tenu du contexte, une future règlementation pourrait éventuellement imposer une telle valeur d'exposition.

Dans nos rapports, afin de pouvoir comparer entre elles les différentes situations, nous garderons comme référence la courbe délimitée par le percentile 98 à 1 uo/m^3. Faisons simplement encore remarquer que l'unité-odeur mesurée par notre méthode ne correspond pas nécessairement à l'unité-odeur européenne déterminée par olfactométrie dynamique en laboratoire sur base d'un échantillon. Certaines études scientifiques tentent de proposer des équivalences d'unités entre les différentes méthodes d'investigation. Or, en se limitant même à l'olfactométrie dynamique, on considère qu'il y a déjà des différences de 1 à 7 entre les unités-odeur déterminées par différentes méthodes normalisées (par exemple EPA method B2, QDEH method 6, NSW EPA/SWB method, CEN13725 method)[18]. Il est donc presque utopique de vouloir comparer les unités-odeur mesurées par traçage et celle que l'on pourrait éventuellement déduire d'une mesure par olfactométrie dynamique. Dans le cas des CET, et en particulier pour celui-ci, où l'odeur est notamment due à l'aspersion de produits neutralisants, aucune méthode de prélèvement ne serait d'ailleurs applicable pour déterminer le débit d'odeur global du CET. Seule une méthode de traçage permet de l'approcher.

Etude 3D

Présentation du relief d'Hallembaye

Le relief du site d'Hallembaye est particulièrement perturbé (figure 21). Le CET lui-même est localisé entre le versant ascendant de l'ancienne carrière, assez abrupt vers l'ouest et présentant une dénivelée de 60 mètres et la descente vers le canal Albert et la Meuse, qui sont encore 40 mètres plus bas vers l'est.
En outre, la vallée du ruisseau d'Hallembaye, à 800 mètres de la zone de déversement vers le sud, peut être à l'origine d'un effet de couloir sur le transport des odeurs.
Enfin, au nord, il existe encore une carrière de craie exploitée par CBR qui peut également perturber de manière significative le panache d'odeur. Un chemin mène de cette carrière à la cimenterie CBR (voir photo sur la figure 22). Il est assez encaissé et peut également créer un effet de couloir pour le transport de l'odeur.
Entre l'actuel CET et la carrière encore en exploitation existe un ancien front de taille qui constitue un véritable mur de 200 à 300 mètres d'épaisseur à travers lequel est creusé le tunnel du chemin de fer.

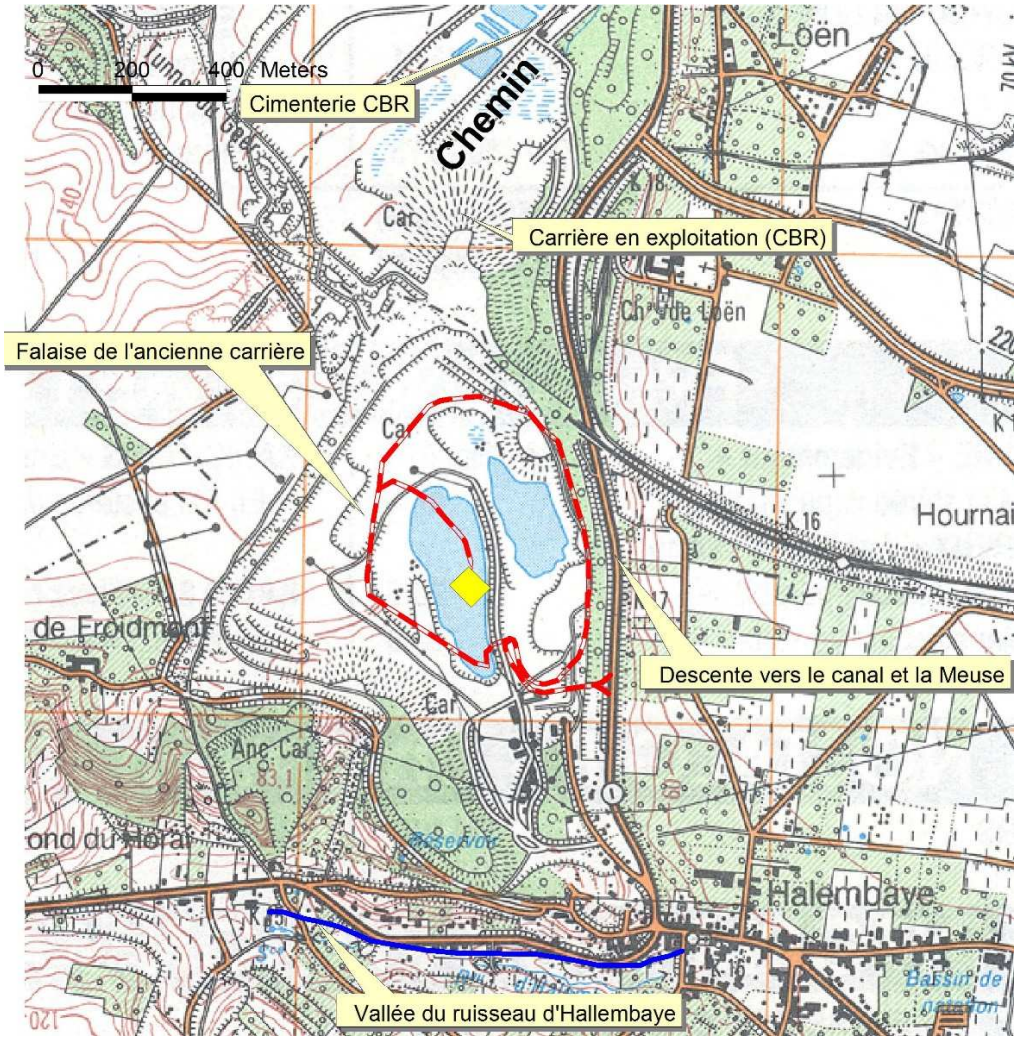


Figure 21 : Localisation des principales perturbations du relief aux alentours du CET d'Hallembaye

Figure 22 : Chemin entre la carrière et la cimenterie CBR, un peu encaissé et qui peut présenter un effet de couloir pour l'odeur.

La figure 23 représente la photo du site où l'on aperçoit la falaise de l'ancienne carrière de craie, bordant l'actuel CET à l'ouest.

Figure 23 : Vue sur la falaise de l'ancienne carrière bordant le CET

La figure 24 extraite du rapport de l'ISSeP relatif à Hallembaye et disponible sur le portail de la DGRNE (http://mrw.wallonie.be/dgrne/data/dechets/cet/2hal/cont/1_ft/f/f10/2-doc03.pdf) montre bien ce relief particulier pour 3 coupes géologiques AB, CD et EF, respectivement W-E, SSW-NNE et NW-SE. Le relief est exagéré 12.5 fois par rapport aux dimensions horizontales.

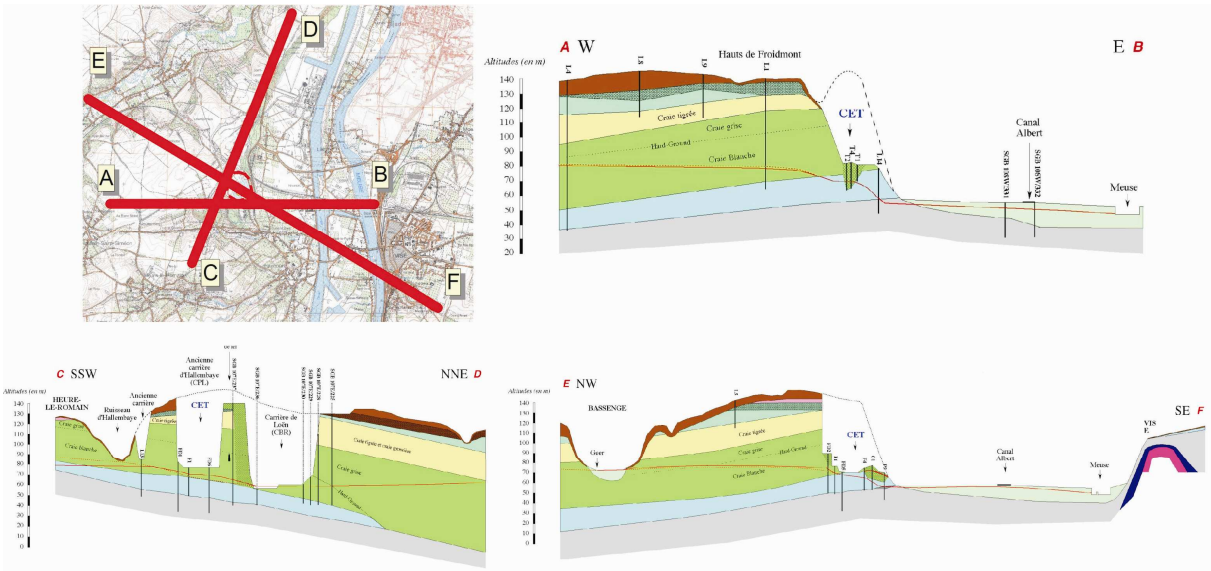


Figure 24 : Coupes géologiques du site d'Hallembaye mettant en évidence les particularités du relief.

Sur cette figure, on remarque également que la topographie du site est fort évolutive en fonction de l'état d'exploitation de la carrière et du CET. Les traits discontinus indiquent les niveaux initiaux : auparavant, le relief occupé actuellement par la carrière et le CET était caractérisé par une butte. C'est d'ailleurs une des difficultés pour digitaliser la topographie du site : les courbes de niveau fournies sur les cartes IGN ne reflètent pas l'état actuel, mais bien la situation avant exploitation.
Néanmoins, la figure 25, dessinée à partir des données IGN et transformée en vue artistique 3D dans Arc View, donne une bonne idée du relief général de la région (coordonnée z exagérée 10 fois).

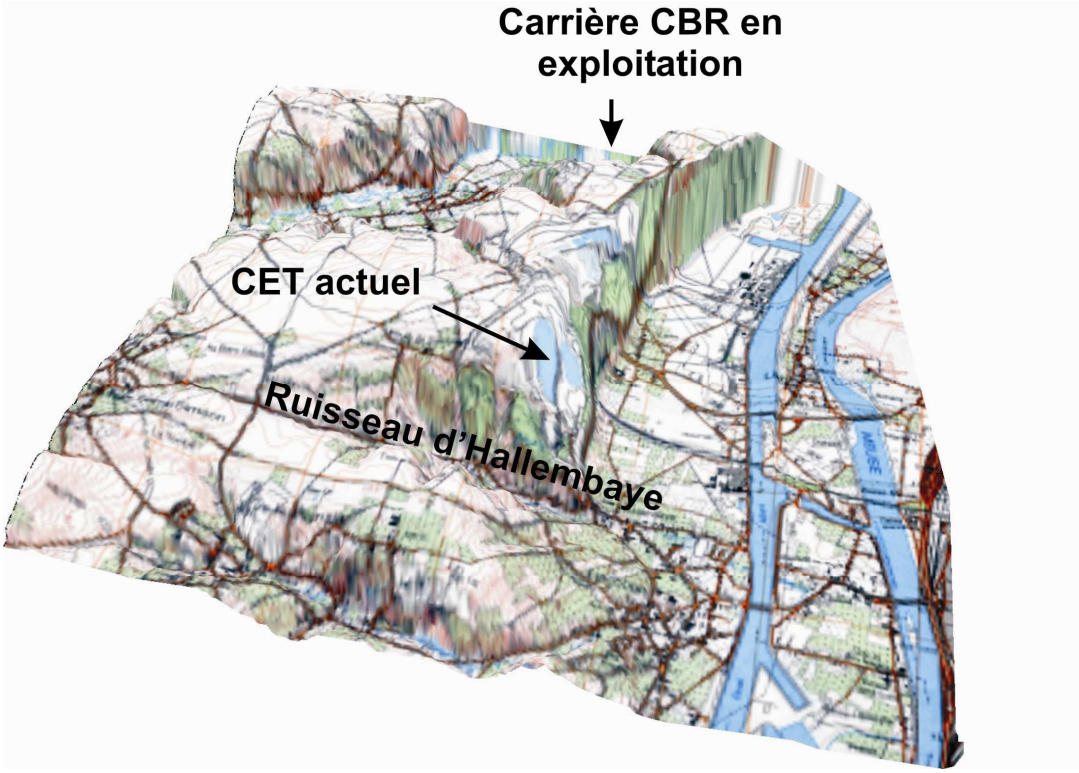


Figure 25 : Vue artistique en 3 dimensions du site d'Hallembaye

Principaux effets dû à une topographie particulière

Quels sont les effets de relief auxquels on peut s'attendre sur le transport du panache odorant ?

Un effet de couloir : dans une vallée ou un chemin creux, il n'est pas impossible d'observer un effet de couloir. Plusieurs modifications locales de la vitesse et de la direction du vent peuvent s'y manifester. D'abord, un "effet Venturi" : le vent s'engouffre dans la restriction générée par le couloir, même si sa direction à l'échelle synoptique n'est pas tout à fait parallèle à celui-ci. Ceci provoque une diminution de la pression et une augmentation de la vitesse locale. La figure 26 montre le résultat d'une simulation 3D avec le logiciel de dispersion eulérien Fluidyn Paneia. Le vent a une direction incidente de 60° et une vitesse synoptique de 3.16 m/s. Les isoplèthes s'engouffrent manifestement dans le couloir, visualisé par les courbes de niveau en noir.

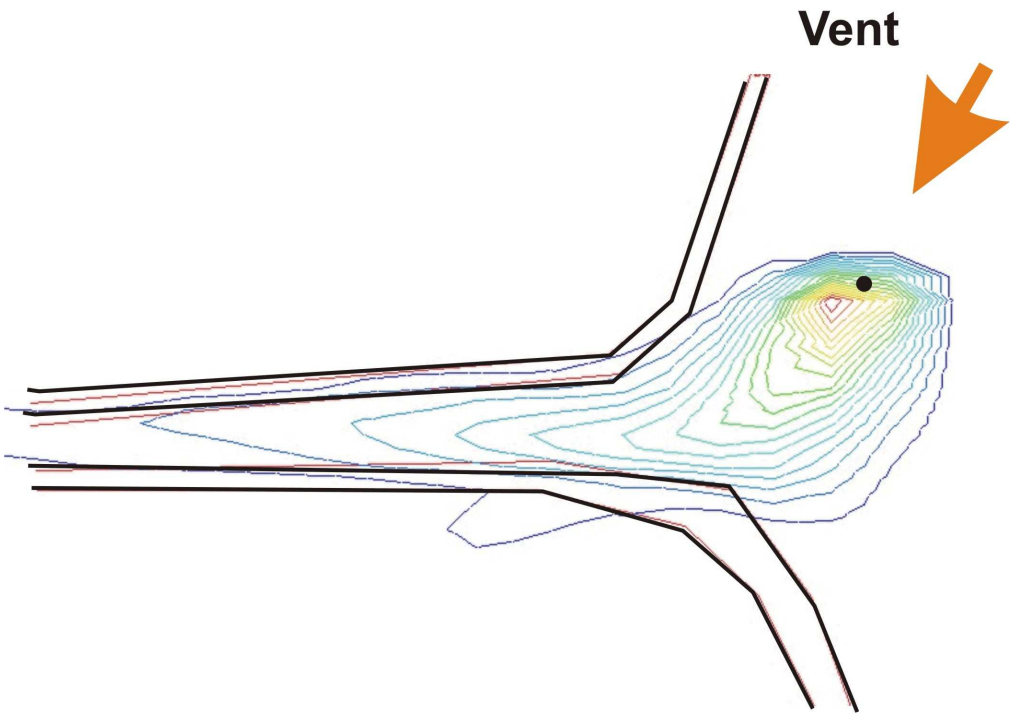


Figure 26 : Effet de couloir pour un vent du secteur NE qui s'engouffre entre deux parois.

Mais il on peut observer également un "effet canyon", bien connu en milieu urbain entre deux rangées de bâtiments élevés. Lorsque le vent souffle dans la direction perpendiculaire au couloir, l'effet observé est plutôt l'inverse de l'effet Venturi. En effet, dans ce cas, le couloir est mal ventilé, car l'air passe par dessus. A l'intérieur de celui-ci s'installent des tourbillons qui y restent emprisonnés (voir figure 27 extraite d'une étude de Airmaraix : http://www.arimaraix.com).

Cependant, l'effet "canyon" ne se manifeste en pratique que dans des rues étroites, lorsque la hauteur des bâtiments est supérieure à la largeur de la rue. Il est peu probable qu'il soit observable dans la vallée du ruisseau d'Hallembaye par exemple.

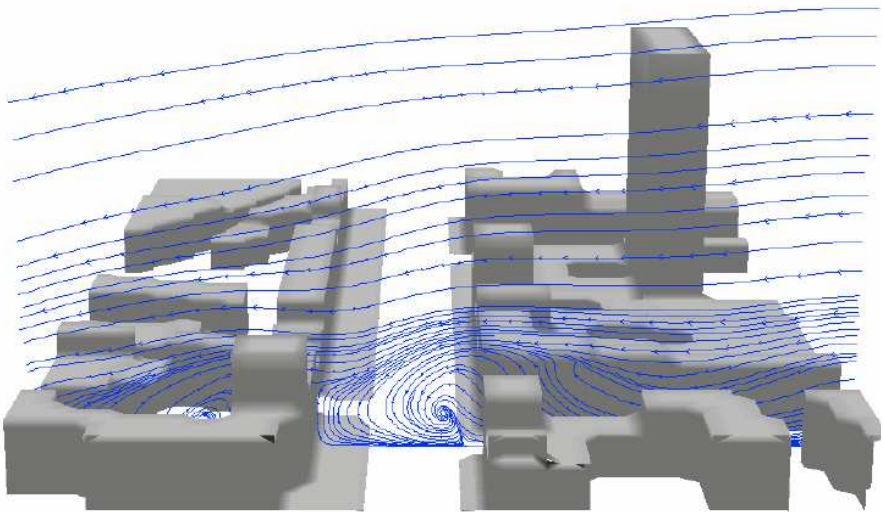


Figure 27 : Effet Canyon en milieu urbain, caractérisé par une mauvaise ventilation de la rue et la présence de tourbillons

Un effet d'impact du vent : Lorsque le vent frappe un relief, sa vitesse augmente localement au sommet de celui-ci, ce qui peut entraîner une surélévation du panache. La figure 28 montre les contours colorés de la vitesse du vent pour une direction d'origine de 210° par rapport au nord. Le calcul du champ de vent a été réalisé pour le site d'Hallembaye grâce au logiciel Fluidyn, avec le module Paneia, spécialement destiné à la simulation tridimensionnelle de la dispersion atmosphérique à l'état stationnaire.
La simulation a été réalisée avec une vitesse de vent "synoptique" d'environ 4 m/s, mais elle atteint une survitesse, allant jusqu'à 6.5 m/s, sur les zones colorées en brun, au sommet des buttes.

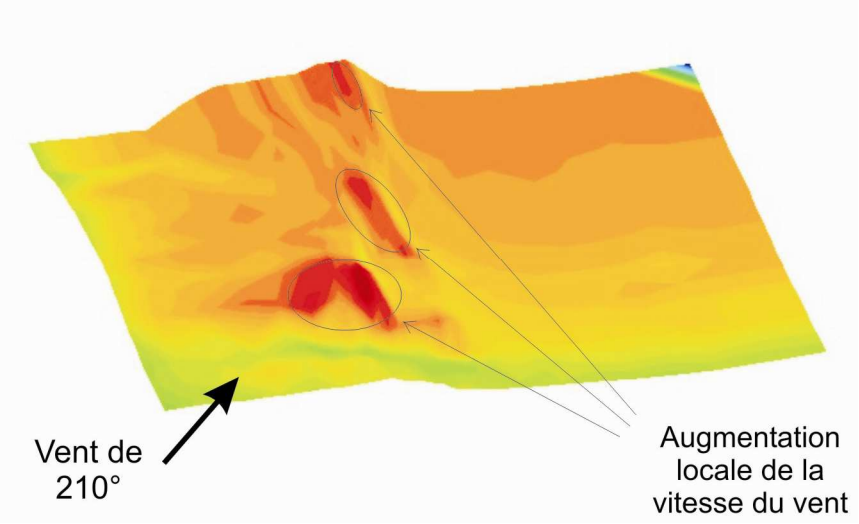


Figure 28 : Simulation de l'impact du vent sur le relief d'Hallembaye.

Un effet de colline : Si l'écoulement aborde transversalement une colline, il subit une ascendance le long du versant au vent, puis une descente le long du versant sous le vent. Comme l'illustre la figure 28 ci-dessus, une zone de survitesse s'installe alors au sommet. En aval de l'obstacle, il s'établit toujours une zone de sillage à forte turbulence. Pour des pentes particulièrement importantes, les veines fluides décollent même immédiatement après le sommet pour se recoller en aval.
Pour un relief plus modéré, on peut considérer deux cas.

- En atmosphère instable ou neutre, le panache suit l'obstacle, en restant à hauteur constante de celui-ci (voir figure 29 ci-dessous pour le cas d'Hallembaye). Une projection verticale dans le plan xy donnera alors l'impression que le panache est exactement le même que s'il n'y avait pas d'obstacle.

- En atmosphère stable, le panache reste davantage horizontal et peut contourner le relief si sa hauteur est élevée et sa largeur modérée.

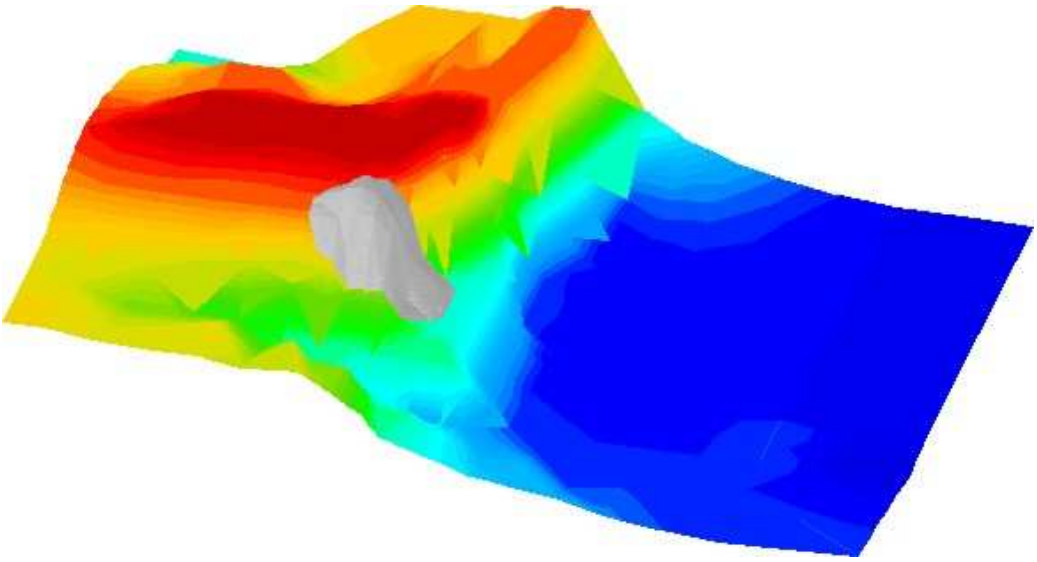


Figure 29 : Panache qui "grimpe" le relief d'Hallembaye par vent d'est : les zones colorées représentent des isohypses et la zone grise représente la surface correspondant à une concentration de 1 uo/m^3.

En ce qui concerne la perception de l'odeur, il faut surtout retenir une zone "d'ombre" à plus faible concentration sous le vent de la colline, qui protège les éventuels riverains localisés à cet endroit. Les veines fluides continuent à se mouvoir selon une onde déterminée par la colline. Cet effet se manifeste quelle que soit la position de la source, que celle-ci soit située en amont de la colline (point A sur la figure 30) ou en aval (point B), car il est essentiellement dû à la configuration particulière du champ de vent derrière une colline.

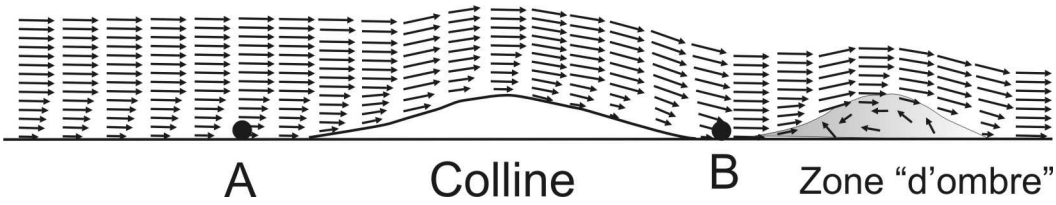


Figure 30 : Effet "d'ombre" induit par une colline sur le champ de vent et sur le panache d'odeur

Un effet d'écran : une élévation quelconque et à plus forte raison un relief en forme de mur vertical (construction élevée, rangée d'arbres, …), peut engendrer un effet d'obstacle, avec au moins deux conséquences évidentes. D'abord, il peut se produire un éclatement des veines fluides sur le relief si le vent souffle perpendiculairement à l'obstacle ou, au minimum, un changement de leur direction lorsque le vent souffle en oblique. Si l'obstacle est de dimensions réduites, les veines fluides peuvent contourner l'obstacle et se rejoindre de l'autre côté.
La complexité des écoulements autour d’obstacles isolés peut être illustrée par l’écoulement autour d’un bâtiment de forme cubique (voir la figure 31, extraite de la référence [17], citée dans l'étude de l'Ineris[16]).

- Au niveau des parois de l’obstacle, se forment des couches limites qui se séparent et se rattachent, créant des zones de recirculation.
- Au niveau de la rencontre de l’écoulement décollé et du sillage, se forme une couche fortement cisaillée (c'est-à-dire de glissement des couches d'air les unes sur les autres).
- Au niveau de la face au vent, se forme un écoulement descendant qui, à la rencontre du sol, forme un rouleau tourbillonnaire. Ce rouleau se déplace en aval en contournant latéralement l’obstacle, formant des tourbillons dit en “fer à cheval”.

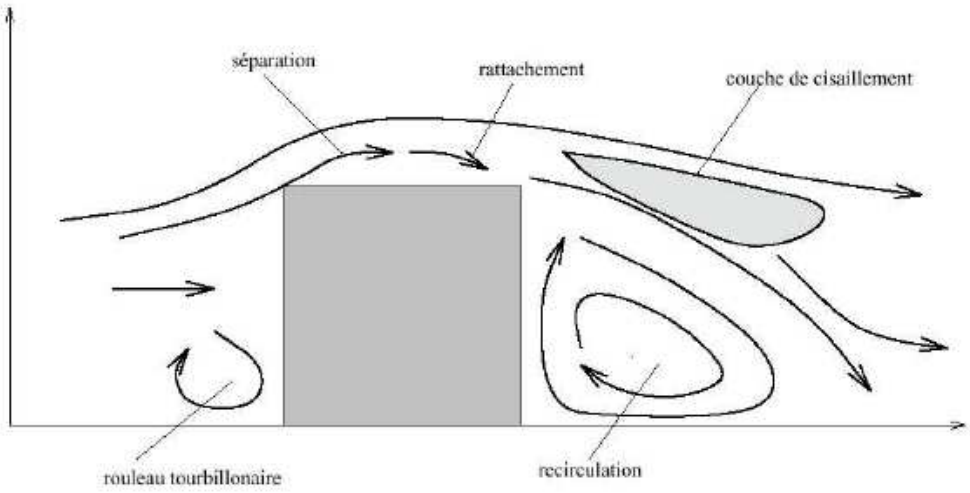


Figure 31 : Ecoulement en présence d'un obstacle isolé

En ce qui concerne la dispersion de l'odeur, on peut observer

- en amont de l'obstacle, un accroissement de la concentration et une augmentation du temps d'exposition;
- en aval de l'obstacle, une diminution de la concentration, une augmentation du temps d'exposition due à la recirculation et une meilleure homogénéité verticale du nuage.

Il n'est pas certain que la diminution de la concentration en aval de l'obstacle réduise globalement le risque de nuisance, car le temps d'exposition y est sensiblement plus élevé qu'en amont.

Les mécanismes de dispersion peuvent être considérés comme dégagés de l'influence de tout obstacle au sol à des distances supérieures à 10 fois la dimension caractéristique de cet obstacle dans la direction du vent, ou à 2,5 fois perpendiculairement à cette direction à la fois dans le plan horizontal et dans le plan vertical (voir figure 32, inspirée du rapport de l'Ineris[16]).

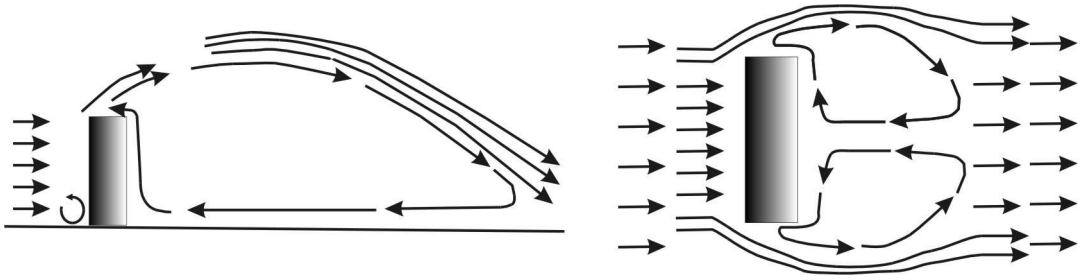


Figure 32 : Influence d'un obstacle sur l'écoulement du vent

Comme le montre cette dernière figure, le contournement d'un obstacle peut faire déborder le panache sur les côtés, en le rendant donc plus large et avec une concentration plus élevée, puisqu'il vient de l'amont, et ainsi nuire à des personnes qui, normalement, n'auraient pas dû être trop inquiétées.

Une zone d'ombre : si la source émet au sommet d'un plateau et lorsque le vent souffle vers la plaine, comme c'est le cas du CET d'Hallembaye par rapport à la vallée à l'est, le panache ne descend pas de manière abrupte le long de la déclivité. Il reste une zone d'ombre, avantageuse pour d'éventuels riverains qui seraient situés juste au pied de la pente.

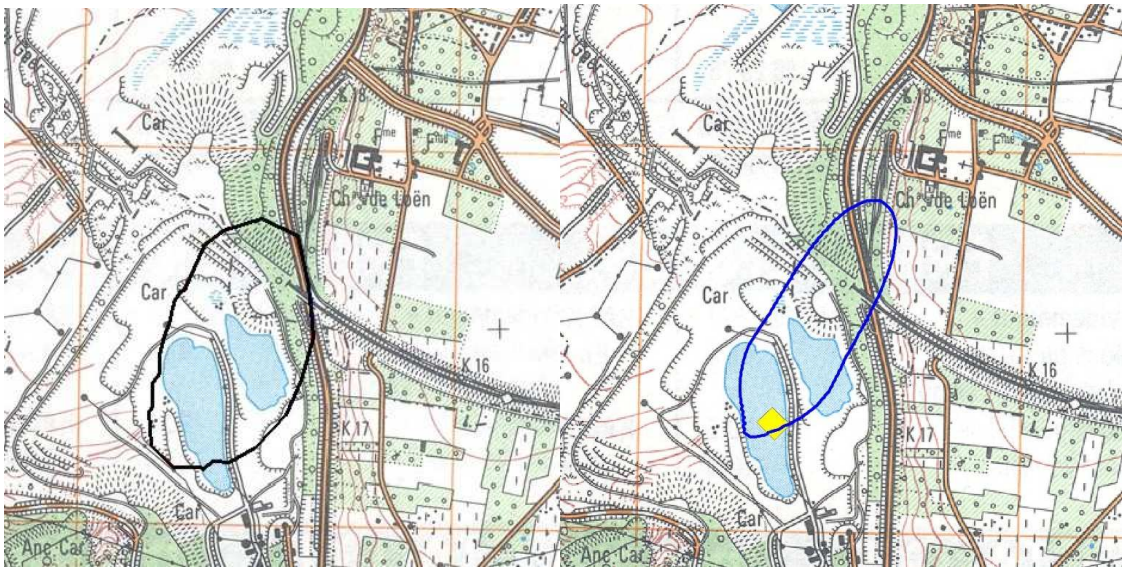
Conclusion :
De tous les éléments qui viennent d'être abordés de manière générale, on peut retenir que le relief, et particulièrement les obstacles, peuvent parfois fortement influencer la propagation du panache de manière locale. Néanmoins, à l'échelle de travail de nos études, c'est-à-dire sur une zone s'étendant de 1 à 4 km environ autour de la source, les effets très locaux, comme la perturbation due à un bâtiment, une haie, … peuvent être négligés. L'objectif de nos études n'est en effet pas d'apprécier les

impacts ponctuels de l'émission d'odeur, mais bien de définir une zone globale d'influence. Si l'ordre de grandeur de sa taille est important pour évaluer le nombre de riverains potentiellement gênés, la détermination rigoureuse de sa forme n'est pas nécessairement requise. De très légères variations locales dues à la présence d'obstacles particuliers pourront être assimilées aux imprécisions engendrées par les incertitudes diverses.
Or, si l'atmosphère n'est pas exagérément stable et si les variations de relief restent continues (pas de falaise abrupte par exemple), le panache suit le relief exactement de la même manière qu'il suivrait un terrain plat. Cela signifie donc que la projection verticale du panache est finalement souvent peu affectée par la topographie, si celle-ci n'est pas trop perturbée. Ceci peut *a posteriori* valider l'usage de modèles gaussiens qui ne prennent pas en compte le relief.

Conséquences possibles pour Hallembaye

Intérêt éventuel d'une modélisation 3D

En appliquant les principes ci-dessus au cas d'Hallembaye, il serait possible d'observer pratiquement tous les effets décrits, car il existe à la fois des pentes assez abruptes et des couloirs possibles.
Nous avons donc utilisé le logiciel Fluidyn-Panache (logiciel 3D de type eulérien) en introduisant méticuleusement les courbes de niveau propres au site d'Hallembaye et avons comparé les résultats obtenus avec ceux produits par le modèle gaussien Tropos, avec l'algorithme de "serpentement" de Gifford et sans réflexion au sol (c'est-à-dire la manière dont nous l'utilisons depuis le début de nos études sur les CET).
La figure 33 montre les panaches obtenus pour une source ponctuelle de 100 000 uo/s située sur le CET, un vent d'origine 210° de 4.7 m/s, c'est-à-dire une direction et une vitesse typiques des vents dominants. Il s'agit dans les deux cas des isoplèthes correspondant à 1 uo/m3. La figure 33-a résulte du logiciel 3D et la figure 33-b résulte du modèle gaussien, avec une classe de stabilité neutre (C). Afin de nous rapprocher le plus possible d'une simulation réelle, nous avons introduit, pour ce dernier cas, 7 "observations" météo, avec chaque fois des directions légèrement différentes autour de 210°.



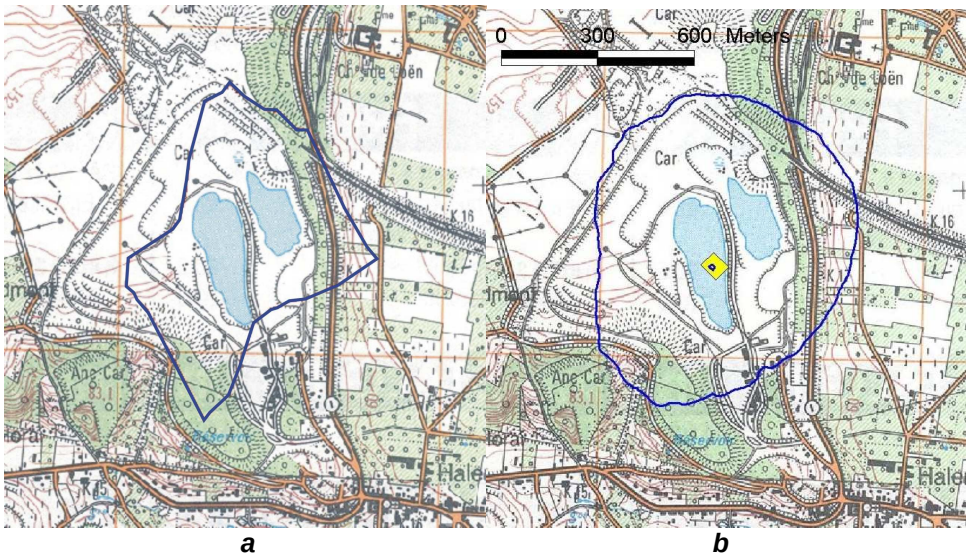
a ***b***

Figure 33 : Isoplèthes relatifs à 1 uo/m^3 pour une source située sur le CET.
a : résultat du modèle 3D Fluidyn-Paneia
b : résultat du modèle gaussien Tropos

Pour des raisons pratiques, il n'a pas été possible de faire figurer les deux isoplèthes sur le même fond de carte, mais, comme les échelles sont similaires sur les deux figures, on peut s'apercevoir que les panaches sont pratiquement semblables. Globalement, les tailles correspondent. Seules les formes diffèrent légèrement et il semblerait que l'orientation du panache obtenu avec le logiciel 3D soit un peu moins inclinée vers la droite, ce qui pourrait être dû à l'effet de dénivellation à l'est du CET.

Néanmoins, si, en sens inverse, il avait fallu ajuster nos mesures de terrain avec le modèle Paneia, nous aurions plus ou moins déduit le même débit d'odeur qu'avec Tropos. Ceci est particulièrement rassurant et apporte un élément intéressant pour la validation de la méthode.

Ce premier constat est basé sur la comparaison de panaches ponctuels, calculés à partir d'une situation météorologique particulière (par exemple 210°, 4.7 m/s, classe de stabilité C). Mais l'étape ultime de la démarche est d'évaluer une zone "moyenne" de nuisance, basée cette fois sur toute une rose des vents et des stabilités atmosphériques. Il ne s'agit pas simplement de mettre côte à côte des situations particulières pour tous les secteurs de vent, mais bien d'évaluer une courbe moyenne qui tient compte des probabilités d'occurrence de chacune de ces situations.
Mais, alors que le modèle gaussien, simple et rapide, permet d'analyser les 10 000 observations d'une année-type, il serait inconcevable de faire tourner un logiciel eulérien, beaucoup plus lourd, sur autant de cas. Tout au plus peut-on (moyennant 2 à 3 jours de simulation non-stop) réaliser une moyenne sur 12…16 situations particulières, en les pondérant par leur pourcentage d'occurrence. La figure 34-a présente une telle courbe moyenne pour la concentration de 1 uo/m^3 obtenue avec le modèle 3D. La figure 34-b présente la même courbe obtenue cette fois avec le logiciel Tropos et pour les 10 000 observations de l'année-type.



a ***b***

Figure 34 : Courbes moyennes relative à la concentration de 1 uo/m^3 obtenue pour une année-type obtenue respectivement avec le modèle 3D (a) et avec le modèle gaussien (b).

Cette fois les tailles et surtout les formes sont sensiblement différentes. Cependant, compte tenu du faible nombre d'observations particulières sur lequel est basée la simulation 3D, on aurait plutôt tendance à accorder plus de crédit à la simulation gaussienne. La forme est en effet beaucoup plus vraisemblable en regard de la rose des vents caractéristique du site.
Remarquons simplement que la courbe moyenne obtenue par la simulation 3D est clairement limitée au nord-est, en direction des vents dominants et ce, malgré une fréquence d'occurrence plus importante pour les directions de vent correspondantes, par rapport aux autres secteurs.
Ceci est peut-être un résultat à retenir: le relief particulier du site induit peut-être un effet d'écran vers le nord-est, qui empêche la propagation de l'odeur dans cette direction. Cela devrait néanmoins être confirmé, pour être certain qu'il ne s'agit pas d'un artéfact mathématique. En effet, le modèle numérique, basé sur un maillage orthogonal, engendre systématiquement des panaches plus allongés lorsque le vent souffle parallèlement au maillage (en l'occurrence dans le directions N, S, E et O) et donc, une atténuation tout à fait fictive par rapport à ces directions principales pour les autres secteurs de vent.

En résumé, ces résultats et comparaisons de panaches ponctuels ou moyens incitent à valider la méthode employée jusqu'à présent et sembleraient consolider l'usage du modèle gaussien lorsqu'il s'agit d'étudier des situations chroniques et de dessiner des zones globales de nuisance potentielle.

Compte tenu de ses exigences en termes de mémoire et de temps de préparation et d'exécution, le logiciel 3D, quant à lui, ne sera pratiquement justifié que pour étudier un effet local d'un relief particulier.

Observations pratiques sur le site

En pratique, les observateurs de terrain ont constaté d'évidents effets dus au relief, certains occasionnant des perturbations non négligeables sur le panache d'odeur.

Une première constatation, très visuelle, concerne la rampe d'aspersion du produit neutralisant, à l'est du CET (près de l'endroit où nous installions notre station météo, figure 35). Par vent du sud-sud-ouest, au fur et à mesure que l'on se rapproche du front de taille séparant le CET de la carrière, au nord, la direction des jets de la rampe se modifie. D'abord dans le sens du vent, ceux-ci s'inclinent progressivement vers l'est. L'explication est probablement que le vent du sud-sud-ouest, en buttant contre le front de taille, prend une direction est, susceptible de rabattre les jets de produit, et donc l'odeur de déchets, vers la plaine. Il est probable qu'une autre partie du panache contourne l'obstacle à l'ouest, puis continue dans le sens du vent, mais il est indéniable qu'il s'agit là d'une situation tout à fait vraisemblable et qui risque d'importuner les riverains de la rue d'Eben, même lorsque le vent n'est pas dirigé vers leurs habitations.

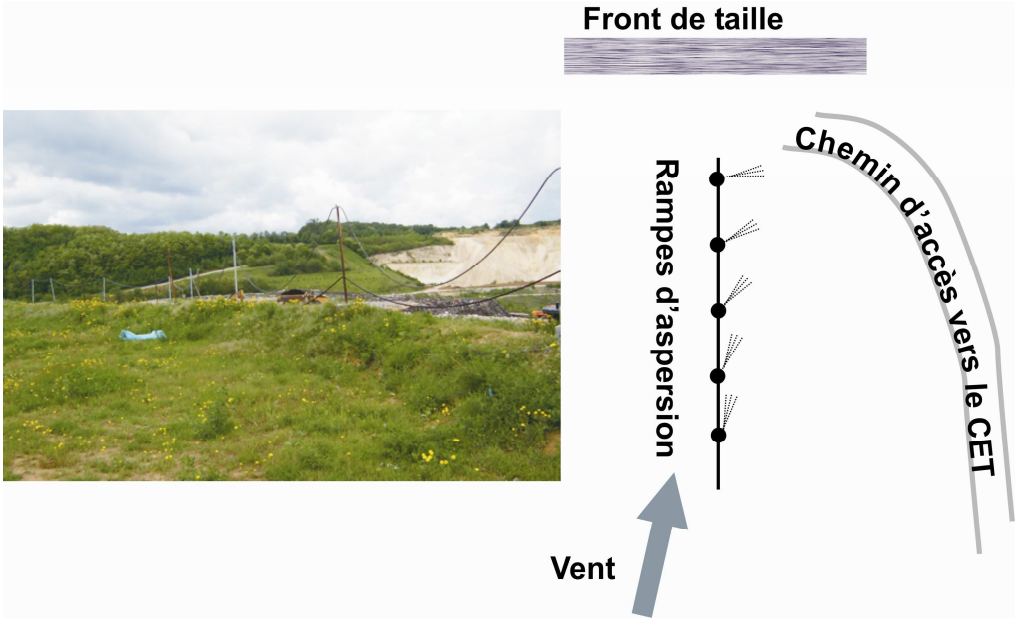


Figure 35 : Inclinaison des jets de la rampe d'aspersion par vent du sud-sud-ouest

Avec une direction de vent similaire, (observation du 6 octobre), il a été également constaté, en fonction de la localisation des "points-odeur" observés, que le panache semblait suivre les courbes de niveau vers le NNE, en longeant le merlon qui sépare le CET de la rue d'Eben. Ceci pourrait valider l'inclinaison particulière de l'isoplèthe obtenue par simulation 3D pour un vent de 210° (figure 33). De manière générale donc, les veines fluides ont tendance à suivre les parois sur une épaisseur de quelques dizaines de mètres le long de celles-ci.

Enfin, un effet de couloir a également été remarqué le 29 septembre, toujours par vent du secteur sud. Derrière la paroi séparant le CET et la carrière CBR, l'odeur est ressentie juste à l'entrée de la carrière, puis le panache s'arrête. Pourtant, l'odeur est récupérée plus loin, dans le chemin creux qui rejoint la carrière à la cimenterie. Celui-ci pourrait donc agir comme une sorte de couloir d'aspiration qui pourrait porter les odeurs plus loin que la normale vers le nord.

Synthèse et conclusions

Le débit d'odeur généré par le CET d'Hallembaye, proche de 150 000 uo/s est grand et, en tout état de cause, plus de trois fois supérieur à celui déterminé lors de la première campagne de 2002. La

zone délimitée par le percentile 98 pour 1 uo/m^3, qui est déduite de ce débit d'odeur, englobe un grand nombre de riverains.

L'ampleur de cette zone est probablement surfaite, mais, par cette étude, nous avons voulu notamment mettre en évidence l'effet de relief particulier observé à Hallembaye et l'importance de l'odeur des huiles essentielles ajoutées aux produits "neutralisants" pulvérisés en périphérie du CET. Comme celle-ci fait partie des odeurs produites sur le site, il fallait la prendre en compte dans notre évaluation.

Néanmoins, compte tenu de ces particularités, nous suggérons, en alternative à la zone délimitée par le percentile 98 pour 1 uo/m^3, d'assimiler la zone d'acceptabilité de la nuisance olfactive à l'espace délimité par le percentile 98 pour 3 uo/m^3. Cet espace, nettement plus réduit, englobe beaucoup moins de riverains et correspond davantage à une zone susceptible d'héberger des plaignants potentiels. Ceci est d'ailleurs corroboré par le faible nombre de plaintes reçues par l'exploitant. Il conviendra donc, dans l'interprétation des résultats de cette étude, de bien distinguer d'une part, la zone de "nuisance" potentielle maximale, délimité par P98-1 uo/m^3, qui fait l'hypothèse que tous les riverains seraient gênés par le mélange odeur+produit neutralisant et que tous les effets de relief joueraient en défaveur de la dispersion de l'odeur et d'autre part, une zone "d'acceptabilité de la nuisance", qui pourrait être définie par P98-3 uo/m^3

La particularité du présent rapport est l'approche 3D de l'estimation de la forme et de la taille des panaches odorants. Néanmoins, hormis un certain nombre de considérations générales ou d'observations qualitatives, il se confirme qu'une méthode de traçage de terrain et rétro-calcul par un modèle de dispersion ne serait pas applicable en 3 dimensions, vu notamment le temps de calcul important et la complexité des logiciels 3D. Néanmoins, il ne serait pas inutile, pour les études futures, d'examiner ponctuellement, grâce à un tel modèle eulérien, les éventuels effets particuliers de relief (écran, butte, couloir, …) pour une situation météorologique donnée.

Bibliographie

[1] NICOLAS, J. (7 Février 2002) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET de Mont-Saint-Guibert. - Mise au point d'une méthode d'estimation des nuisances.*

[2] NICOLAS, J., PEREZ, E. (18 Avril 2002) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET d'Hallembaye – Estimation des nuisances olfactives et ajustement de la méthodologie.*

[3] NICOLAS, J., CHAPLAIN, A.S. (12 Août 2002) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET "Champ de Beaumont" à Monceau-sur-Sambre – Estimation des nuisances olfactives.*

[4] NICOLAS, J., CHAPLAIN, A.S. (17 Octobre 2002) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET "Cour au bois" à Braine-le-Château – Estimation des nuisances olfactives et suggestion d'une méthode simplifiée.*

[5] NICOLAS, J., CRAFFE, F. (10 Juin 2003) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET "Champ des 7 ânes" à Froidchapelle – Estimation des nuisances olfactives et évaluation des erreurs de la méthode.*

[6] NICOLAS, J., CRAFFE, F. (7 Novembre 2003) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET réhabilité de Belderbusch (Montzen) – Enquête sur les nuisances olfactives.*

[7] NICOLAS, J., DENNE, P. (Juin 2004) *Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET "Champ de Beaumont" à Monceau-sur-Sambre - Estimation des nuisances olfactives*

[8] NICOLAS, J., DENNE, P., OTTE, B. (Septembre 2004) *Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET "Cour-au-Bois" à Braine-le-Château - Estimation des nuisances olfactives*

[9] NICOLAS, J., DENNE, P., OTTE, B. (Octobre 2004) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET de Happe-Chapois - Estimation des nuisances olfactives*

[10] NICOLAS, J., DENNE, P., OTTE, B. (Janvier 2005) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET et la zone de compostage de Tenneville - Estimation des nuisances olfactives*

[11] NICOLAS, J., OTTE, B., DENNE, P. (Juin 2005) *Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET de Mont-Saint-Guibert. Estimation des nuisances olfactives.*

[12] NICOLAS, J., DENNE, P., COBUT, P. (Novembre 2005) *Campagne de mesure des odeurs sur le CET et la zone de compostage de Habay. Estimation des nuisances olfactives.*

[13] NICOLAS, J., DENNE, P., COBUT, P. (Avril 2006) *Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET de Happe-Chapois. - Estimation des nuisances olfactives*

[14] NICOLAS, J., CRAFFE, F., ROMAIN, A.C. (2006)*. Estimation of odour emission rate from landfill areas using the method of sniffing team campaigns.* Waste Management, 26, 1259-1269

[15] VAN LANGENHOVE, H., VAN BROECK, G. (2001) *Applicability of sniffing team observations : experience of field measurements.* - Water Science and Technology, 44, pp. 65-70.

[16] INERIS (2002) *Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006) Dispersion atmosphérique (Mécanismes et outils de calcul)* Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable – 61 pages

[17] TURBELIN G. (2000), *Modélisation de la turbulence atmosphérique en vue de l'étude du chargement aérodynamique des structures soumises aux effets du vent*. Thèse soutenue le 14 janvier 2000 à l'Université d'Evry – Centre d'Etudes de Mécanique d'Ile-de-France.

[18] VAN HARREVELD, A., JONES, N., STOALING, M. (2001) *Assessment of community response to odorous emissions* – Environment Agency UK - R&D Technical Report P4-095