

Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET de Happe-Chapois

Estimation des nuisances olfactives



Jacques NICOLAS – Pierre DENNE – Pierre COBUT
Université de Liège
Département des Sciences et de Gestion de l'Environnement
Arlon – Avril 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 et de la zone de compostage de Happe-Chapois. 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 et Mont-saint-Guibert ^[7-8;11]). Elle concerne le site de Happe-Chapois, qui a déjà fait l'objet d'une première campagne en octobre 2004^[9].

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 Happe-Chapois 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].

Bref rappel de la méthodologie

Méthodologie

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]. Les 12 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^[13]. Notre méthode a par ailleurs fait également l'objet d'une publication^[14]. 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 ne considérer que 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.

Quoiqu'il en soit, même l'odeur de déchets frais est loin d'être continue et constante : elle survient par bouffées et ne permet 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 2004 concernant le site de Happe-Chapois^[9] 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.

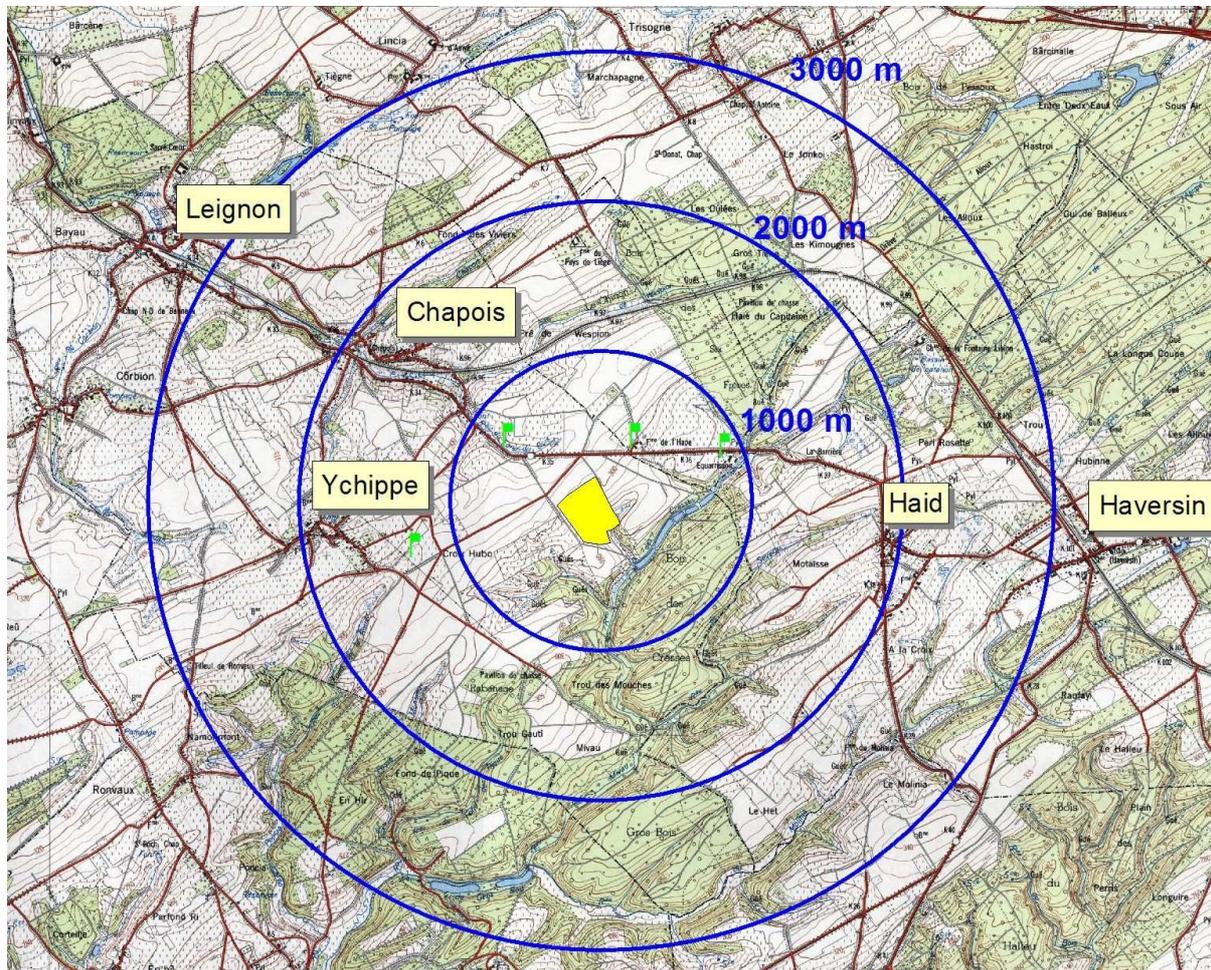


Figure 1 : Vue générale des environs du CET de Happe-Chapois

Les cercles bleus représentent les zones concernées par les émissions atmosphériques du CET (représenté lui-même par un polygone jaune), pour trois distances à partir de la source d'odeur: 1, 2 et 3 km. Quelques riverains proches (drapeaux verts) sont dans un rayon de 1000 mètres autour de la zone exploitée. Les villages ou hameaux de Chapois, Ychippe et Haid se trouvent à la limite des 2000 mètres et les villages de Leignon et Haversin se trouvent au-delà des 3000 mètres.

Il n'y a pratiquement aucun riverain dans le sens des vents dominants (SO et NE), excepté des fermes générant elles-mêmes leurs propres odeurs.

La figure 2 représente le CET proprement-dit, avec le schéma d'exploitation des différentes cellules. La zone 6B a été finalisée en fin de notre étude (le 30 mars 2006).

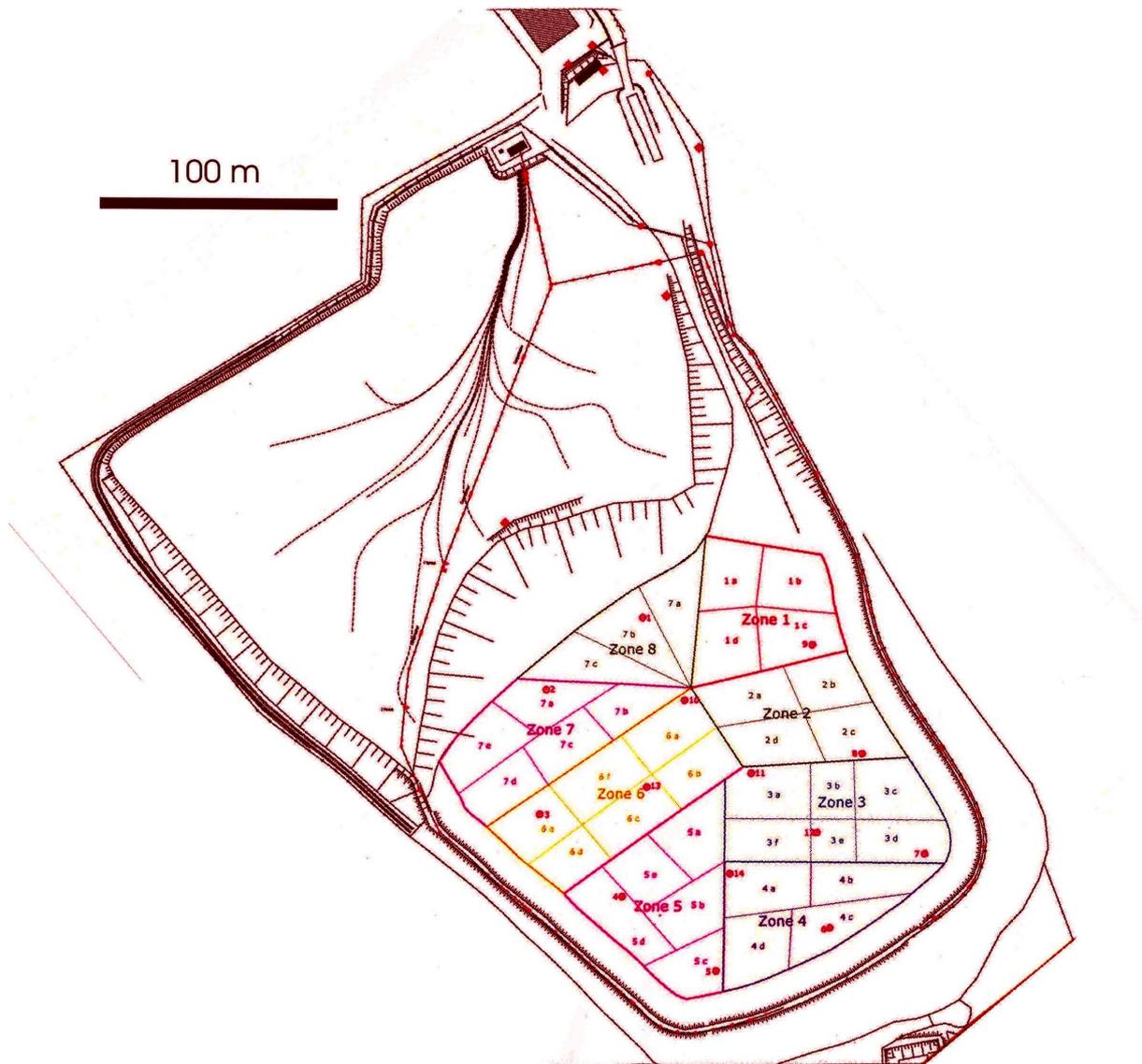


Figure 2 : Zone du CET de Happe-Chapois

Le CET reçoit à peu près la même quantité de déchets qu'en 2004, c'est-à-dire un tonnage assez faible comparativement à d'autres sites wallons. Les procédures de transport, pesage et versage sont similaires à ceux de la campagne précédente. Cependant, l'exploitant a mis en œuvre une série de mesures destinées à réduire les nuisances olfactives :

- la réduction au strict nécessaire des opérations de régalinge/compactage ;
- la réduction des zones de travail (max 500m²) ;
- l'utilisation de compost à la place de terre de recouvrement sur les zones temporairement mises hors exploitation et la zone de travail ;
- des études de nouveaux dispositifs de recouvrement quotidien des zones exploitées (encore en cours au moment de la campagne de mesure) ;
- une optimisation du réglage du réseau de dégazage ;
- une amélioration de la procédure de gestion du réseau de dégazage, un réglage bi-hebdomadaire des puits de dégazage et une purge 3 fois par semaine des condensats des collecteurs souples des puits à l'avancement;
- une amélioration du taux de disponibilité des installations de dégazage ;
- la mise en place, par l'installateur, d'un dispositif d'alarmes GSM et de démarrage à distance de l'unité de cogénération. En cas de pannes avérées, celui-ci doit intervenir dans un délai de 48 heures. Si les installations arrêtées ne peuvent être relancées à distance, le personnel du BEP Environnement intervient dans les meilleurs délais possibles.
- la création d'un service de garde au niveau du BEP.

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.
- Il reste dans les déchets déversés une grande partie fermentescible qui contribue largement à l'émission de l'odeur globale et à attirer les oiseaux tentés par une nourriture facile à atteindre.
- Sur le site-même du CET, l'activité est assez réduite lors de nos visites et l'odeur ressentie sur la zone de déchets ne semble pas excessive.
- Sur base de ces impressions et des constatations de l'exploitant, il apparaît que l'odeur au niveau de la zone exploitée est plus faible qu'en 2004 et que les améliorations apportées à la gestion des déchets semblent avoir porté leurs fruits.
- Cependant, paradoxalement, l'odeur se propage dans l'environnement jusqu'à des distances qui restent élevées, et du même ordre de grandeur que celles observées en 2004.
- Au cours de leurs visites, les opérateurs ont constaté que les zones de déchets n'étaient pas encore recouvertes de compost ou de terre au fur et à mesure de leur déversement et qu'il était bien entendu toujours nécessaire de les manipuler (voir photo 1). Ces visites étant souvent programmées au moment de la journée où l'activité était importante, il est possible que la situation ne soit pas exactement représentative des périodes plus calmes.



Photo 1 : Manipulation des déchets sur le CET

- Il est indéniable, comme sur d'autres sites, que le relief de l'environnement peut jouer un rôle important dans la propagation des odeurs. Ainsi, lorsque le vent souffle vers les étangs au sud du CET, l'odeur est régulièrement perdue au niveau des étangs, mais récupérée plus loin sur le versant au-delà des plans d'eau (voir par exemple la mesure du 7 avril 2006). La figure 3 est une représentation au relief très exagéré du site illustrant cet effet de la topographie. Il s'agit cependant d'un des seuls effets de relief enregistrés, le terrain avoisinant le CET étant assez plat dans l'ensemble.

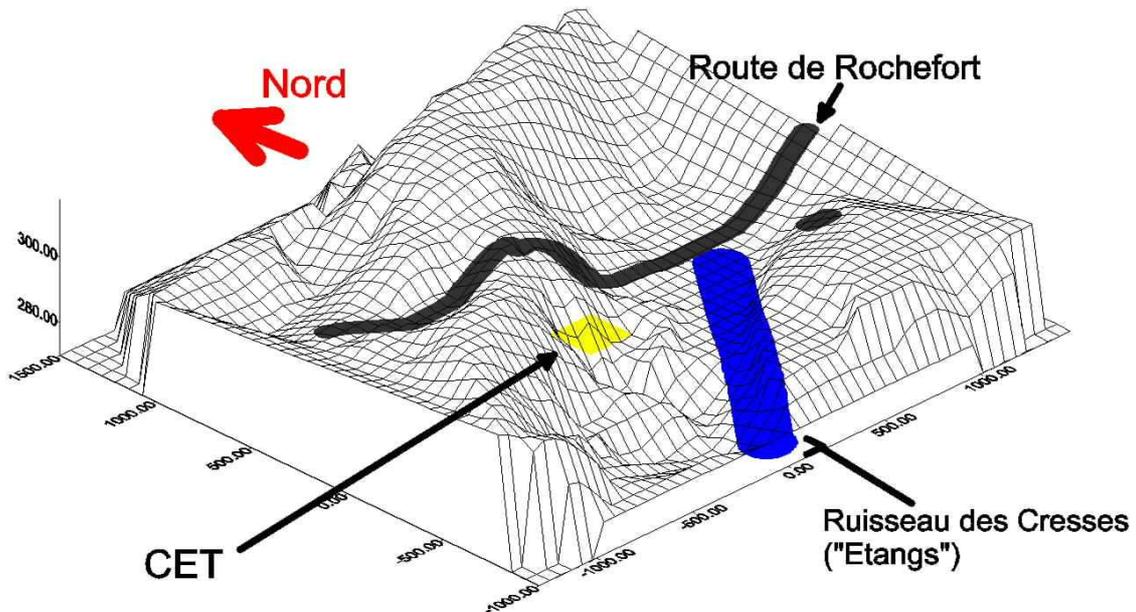


Figure 3 : Représentation du relief des environs immédiats du CET

Observations quantitatives

Protocole

La campagne de mesure s'est déroulée sur une période exceptionnellement longue: vingt-sept semaines au total, entre le 22 septembre 2005 et le 7 avril 2006. La raison en est essentiellement la longue période hivernale qui a empêché les opérateurs de se rendre sur le terrain ("break" forcé du 17/11/05 au 16/03/06). Travailler sur une longue période est en l'occurrence un atout, puisque la campagne est ainsi plus représentative d'une situation typique couvrant plusieurs mois (plus de 5 dans le cas présent).

L'équipe de mesure s'est rendue 10 fois sur le terrain, respectivement le 22/09/05, le 23/09/05, le 11/10/05, le 18/10/05, le 21/10/05, le 27/10/05, le 17/11/05, le 16/03/06, le 30/03/06 et le 07/04/06, généralement en fin de matinée ou en début d'après-midi, ce qui correspond à des périodes d'activité normale du CET.

L'époque était particulièrement propice aux vents du secteur sud (S, SE, SW), de vitesse moyenne 3.7 m/s et à une atmosphère relativement instable en automne 2005 et beaucoup plus stable au printemps 2006.

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, démontée en fin de mesure et les données stockées toutes les 30 secondes étaient vidangées lors du retour à Arlon. Le gestionnaire était la plupart du temps 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.

Résultats

Les figures 5 à 14 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 4.

En commentaires sont également notées les conditions moyennes observées durant la période de mesure : trafic de camions et conditions météorologiques.

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

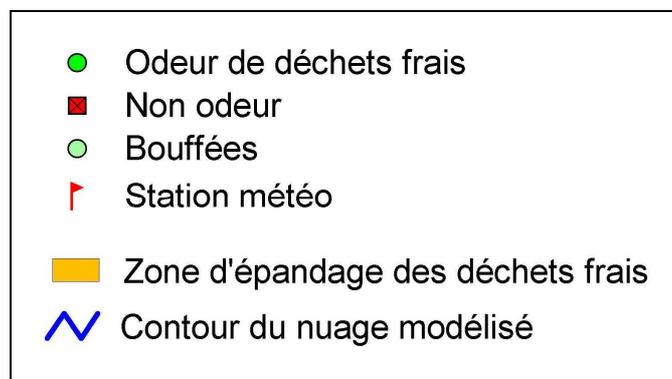


Figure 4 : Légende des figures 5 à 14

Jeudi 22 septembre 2005 (13h00-14h30)

Ciel dégagé, vent d'ENE à E

Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 2 m/s
 Direction moyenne : 87°
 Température : 20°C
 Radiation moyenne : 620 W/m²
 Pression : 1015 hPa
 Classe de stabilité : B

Etalement des déchets pendant la période de mesure.

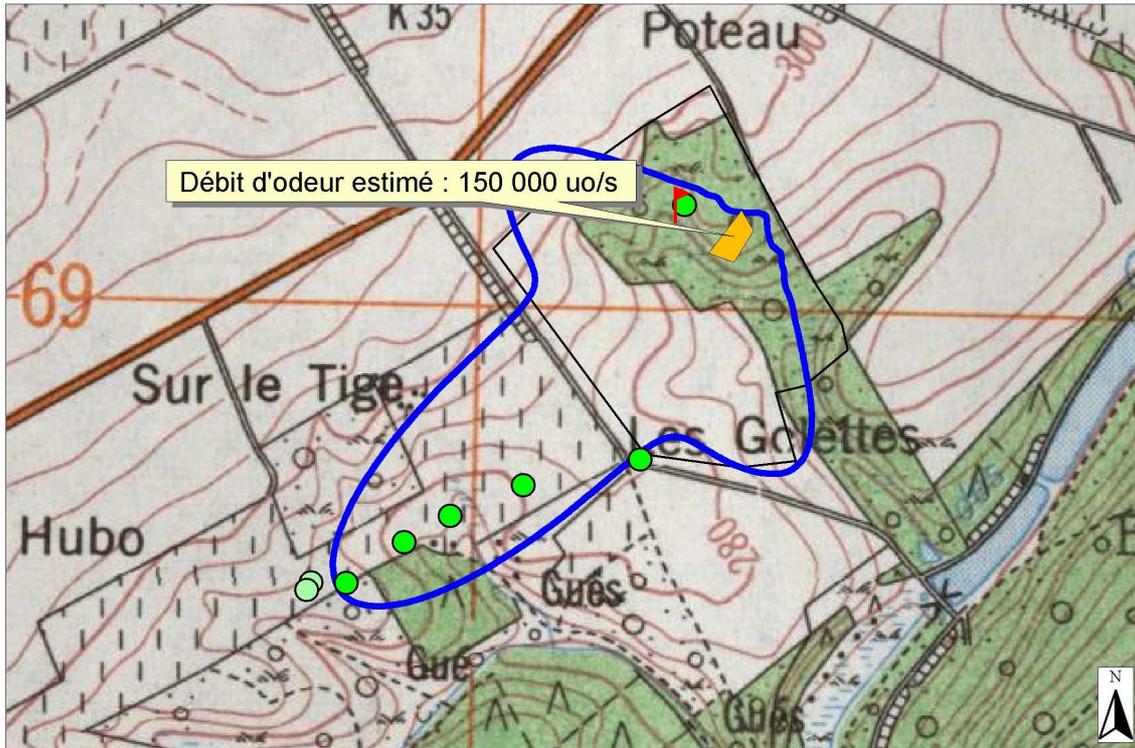
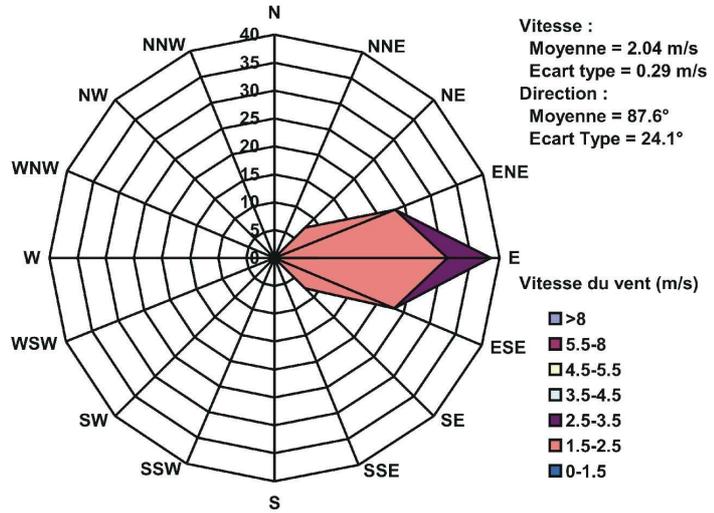


Figure 5 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 22 septembre 2005

Vendredi 23 septembre 2005 (11h00- 11h40)

Ciel dégagé, vent de SSE

Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 2.4 m/s
 Direction moyenne : 163°
 Température : 19°C
 Radiation moyenne : 495 W/m²
 Pression : 1010 hPa
 Classe de stabilité : B

Etalement des déchets pendant la période de mesure.

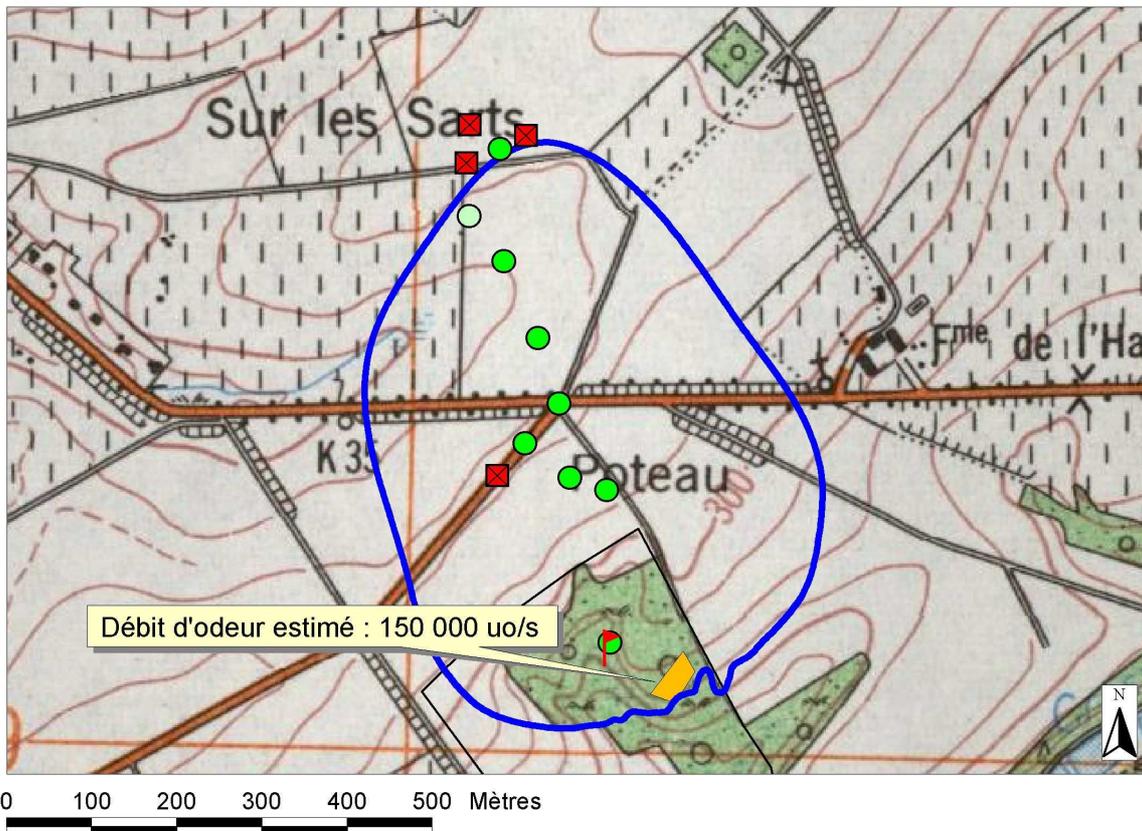
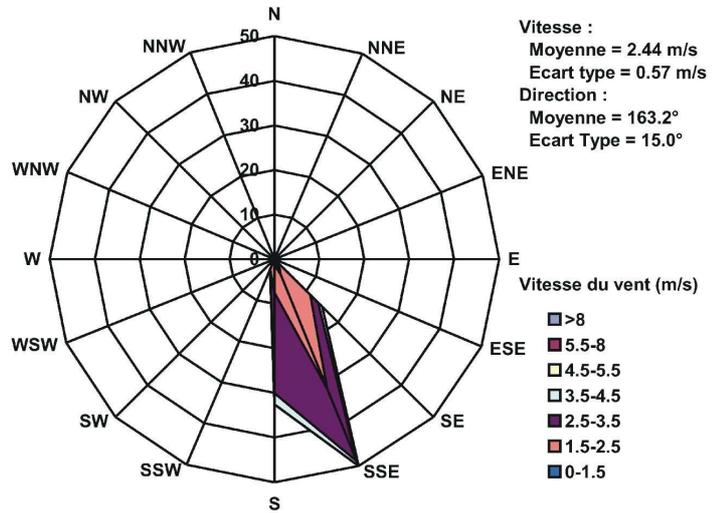
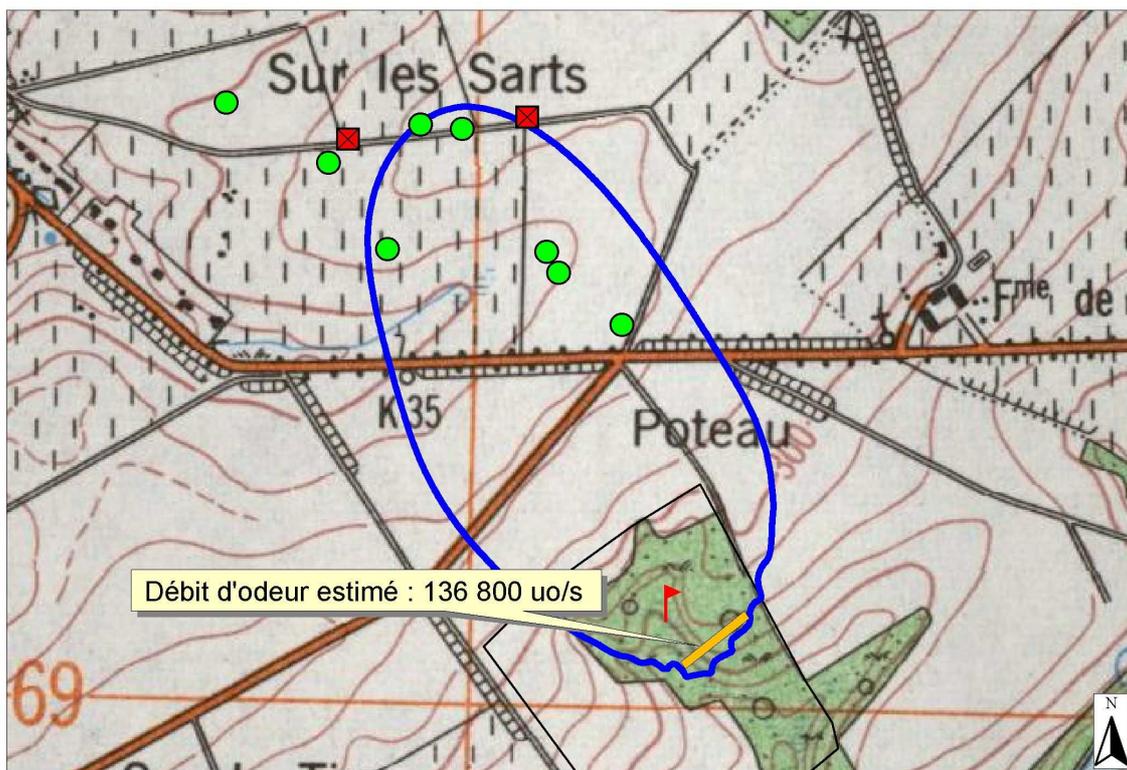
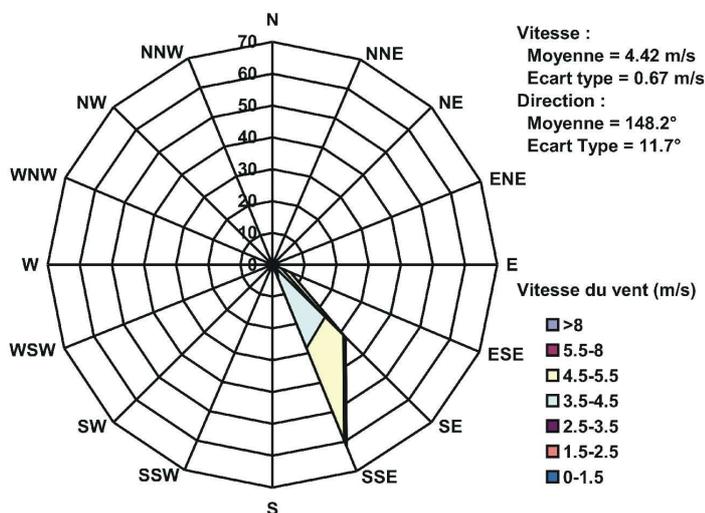


Figure 6 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 23 septembre 2005

Mardi 11 octobre 2005 (10h40 - 11h20)

Ciel couvert, vent de SSE
 Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 4.42 m/s
 Direction moyenne : 148°
 Température : 20°C
 Radiation moyenne : 620 W/m²
 Pression : 1018 hPa
 Classe de stabilité : B

Etalement des déchets pendant
 la période de mesure. Trafic : 1 camion.
 Surface d'étalement assez importante.



0 100 200 300 400 500 Mètres

Figure 7 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 11 octobre 2005

Mardi 18 octobre 2005 (13h30 - 14h10)

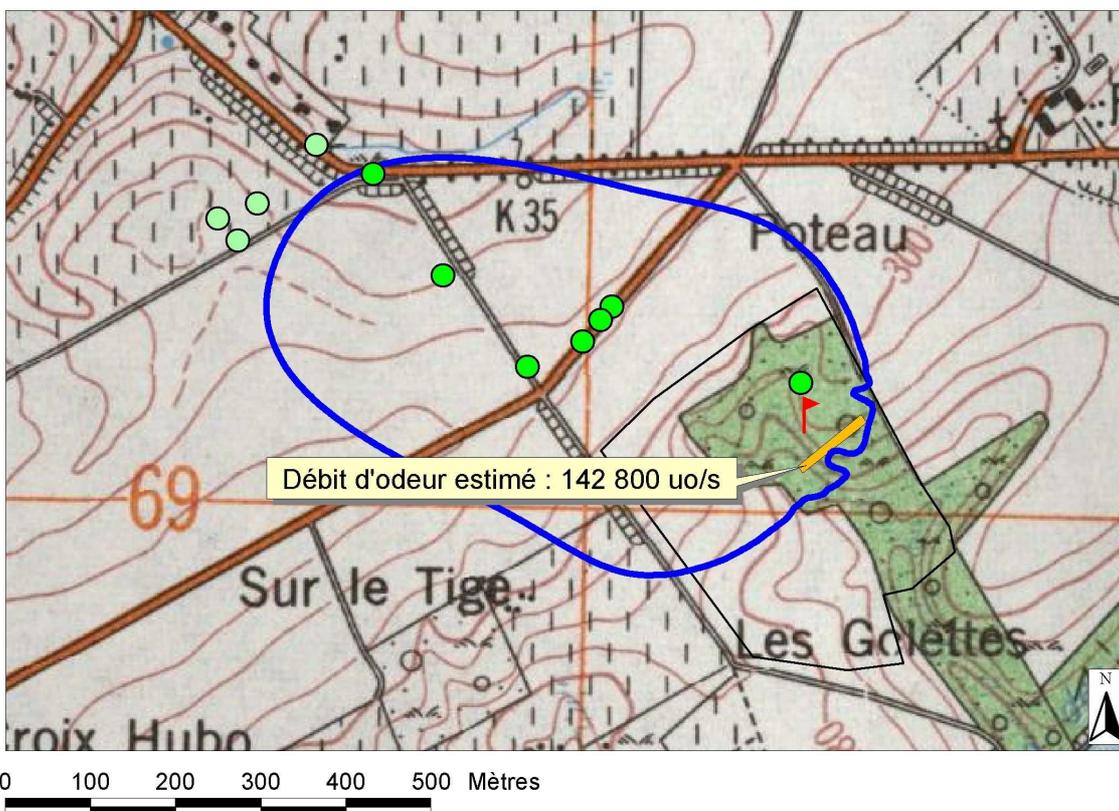
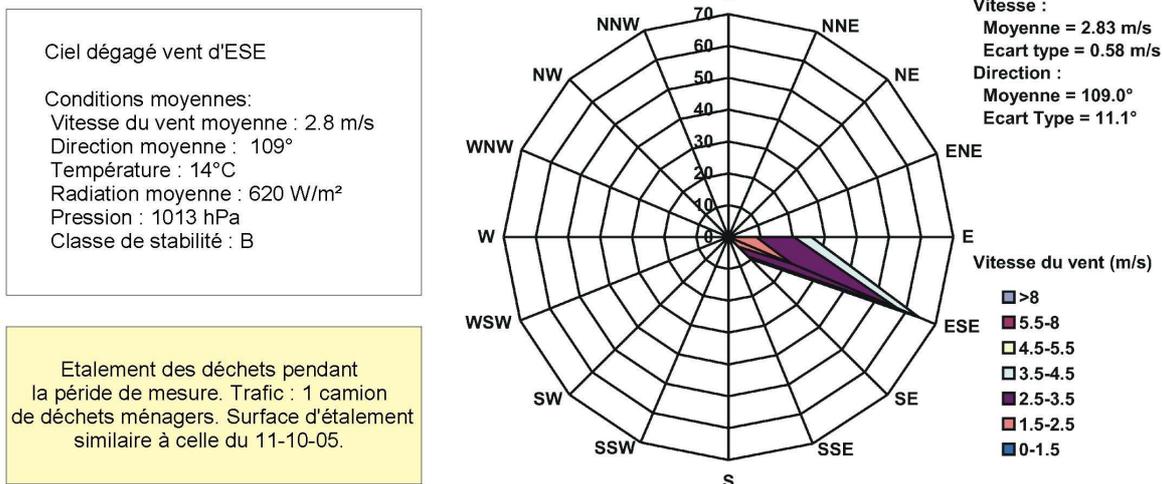


Figure 8 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 18 octobre 2005

Vendredi 21 octobre 2005 (12h30 - 13h15)

Ciel couvert, vent du Sud
 Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 2.22 m/s
 Direction moyenne : 190°
 Température : 14°C
 Radiation moyenne : 51 W/m²
 Pression : 1004 hPa
 Classe de stabilité : D

Etalement des déchets pendant
 la période de mesure. Trafic : 1 camion

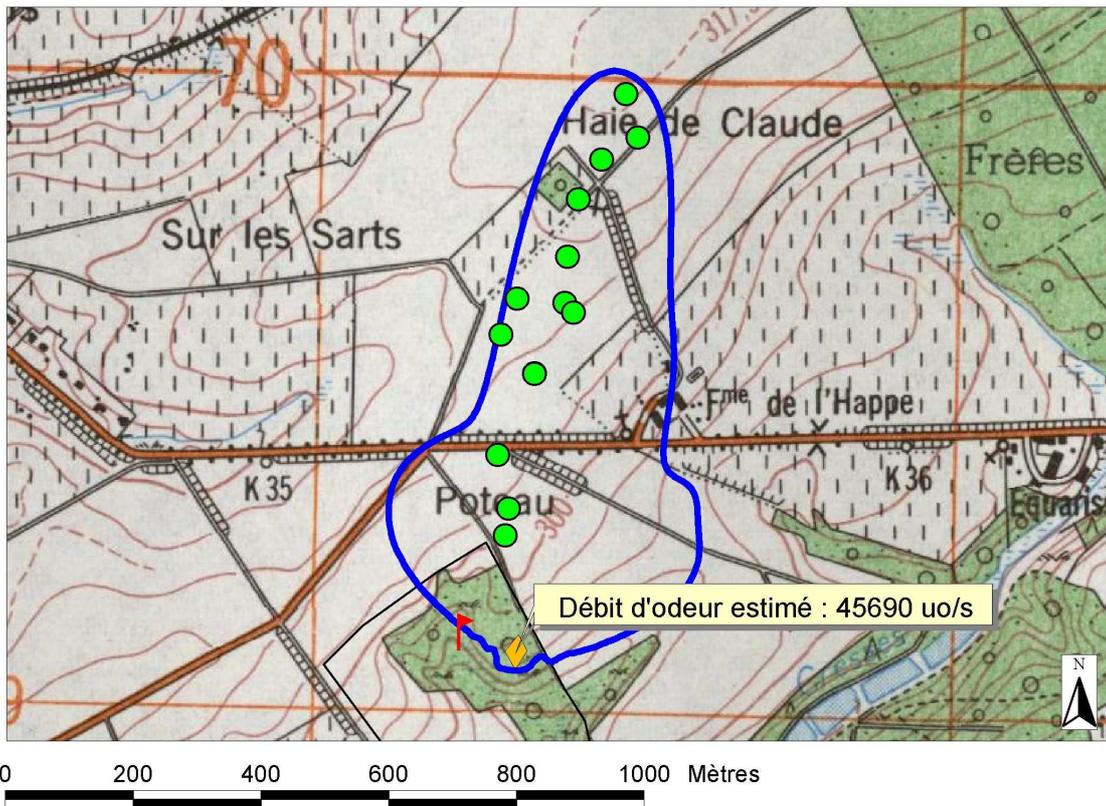
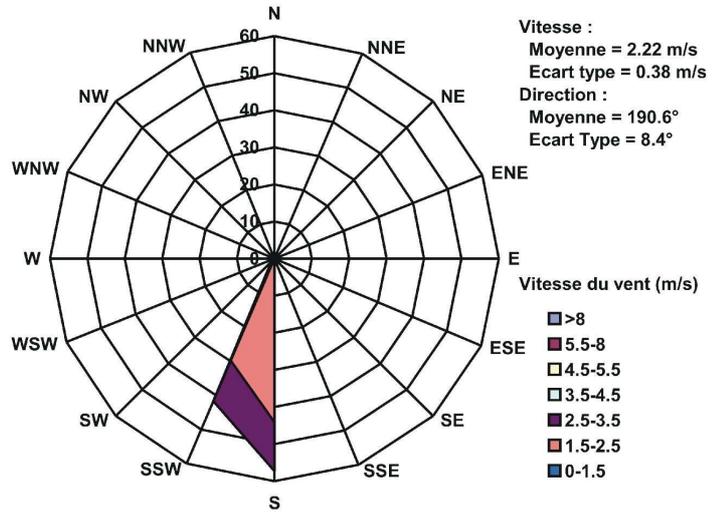


Figure 9 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 21 octobre 2005

Jeudi 27 octobre 2005 (12h00 - 12h45)

Ciel dégagé, soleil, vent du sud

Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 3.5 m/s
 Direction moyenne : 180°
 Température : 20°C
 Radiation moyenne : 550 W/m²
 Pression : 1017 hPa
 Classe de stabilité : B

Etalement des déchets pendant la période de mesure. Trafic : 1 camion.
 Odeur soutenue sur le site.

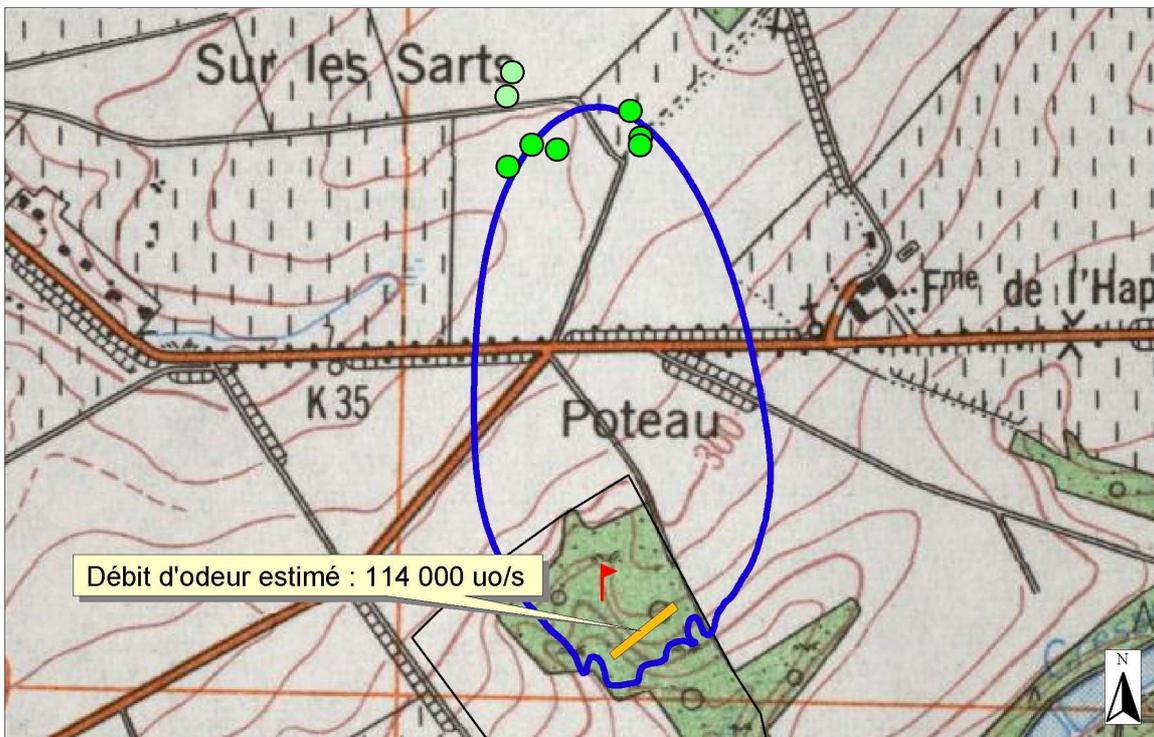
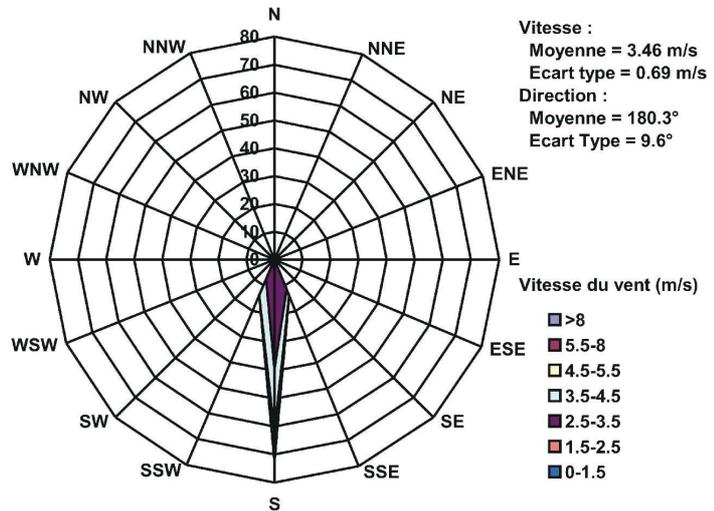


Figure 10 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 27 octobre 2005

Jeudi 17 novembre 2005 (15h00-15h50)

Ciel couvert, averse imminente, vent d'ouest

Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 1.9 m/s
 Direction moyenne : 270°
 Température : 5°C
 Radiation moyenne : 42 W/m²
 Pression : 1011 hPa
 Classe de stabilité : D

Etalement des déchets pendant la période de mesure. Trafic : 7 camions. Surface d'étalement assez importante. Odeur de biogaz sur le site.

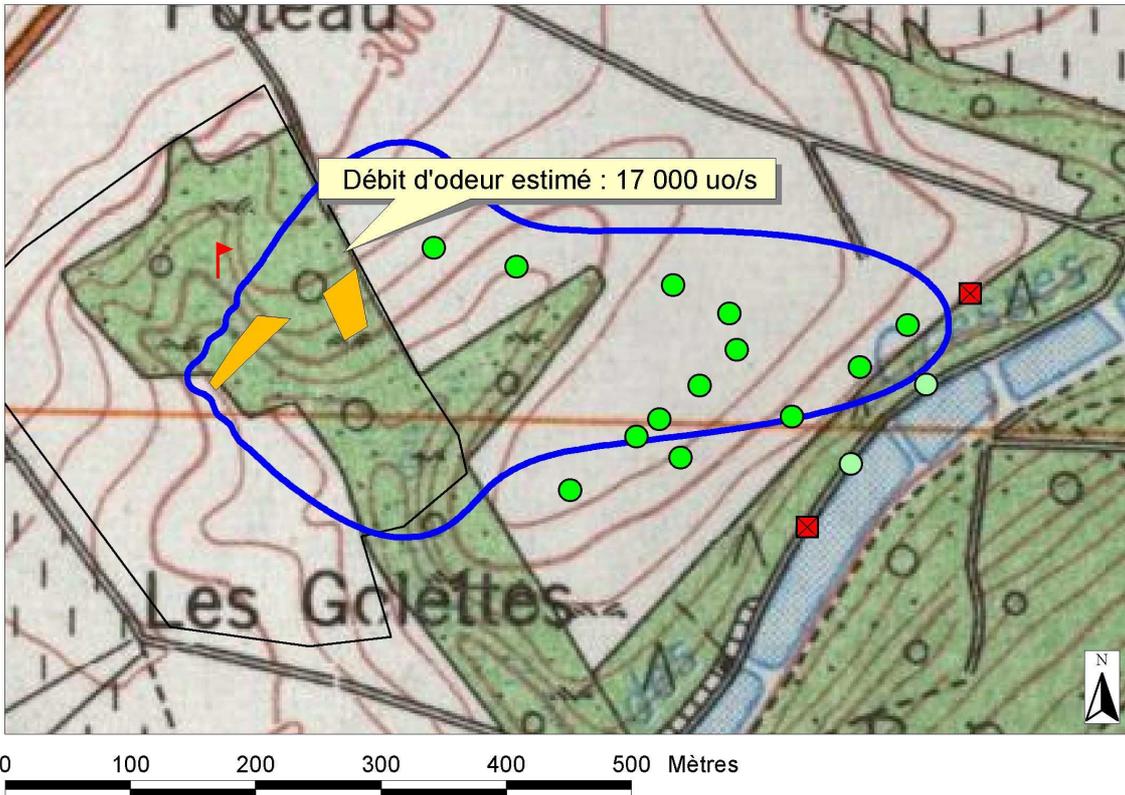
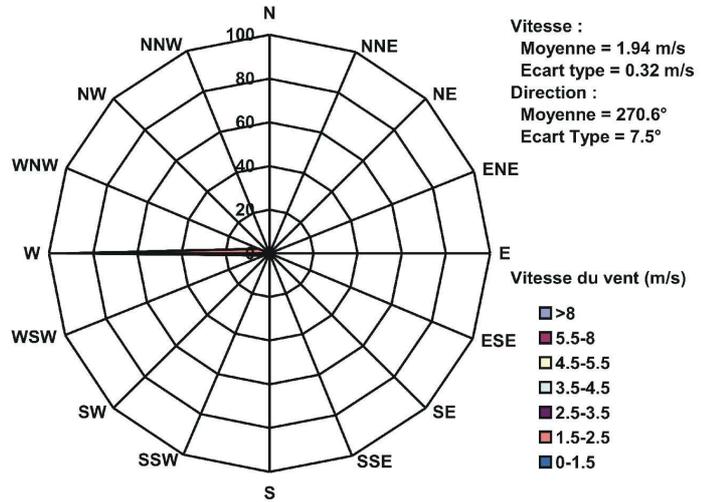


Figure 11 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 17 novembre 2005

Jeudi 16 mars 2006 (13h00-14h20)

Ciel dégagé, vent d'Est Nord Est
 Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 4.5 m/s
 Direction moyenne : 67°
 Température : 4°C
 Radiation moyenne : 496 W/m²
 Pression : 1021 hPa
 Classe de stabilité : C

Etalement des déchets pendant
 la période de mesure.
 Surface d'étalement assez importante.

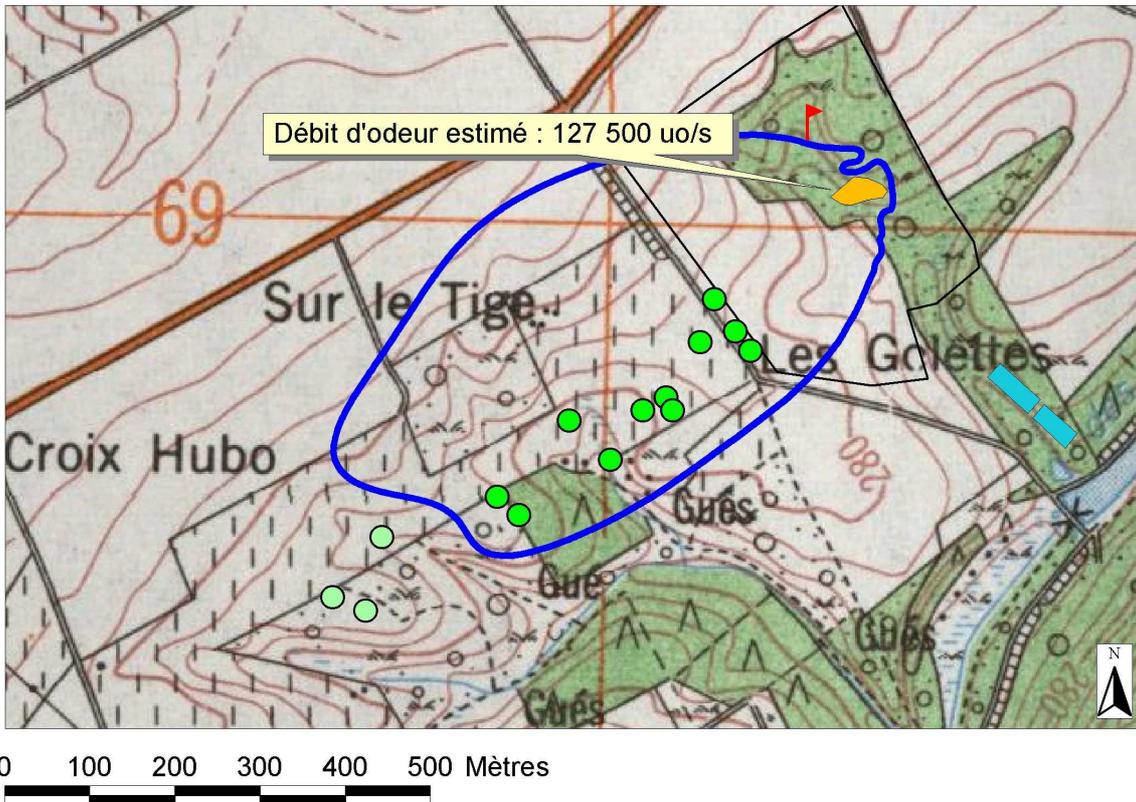
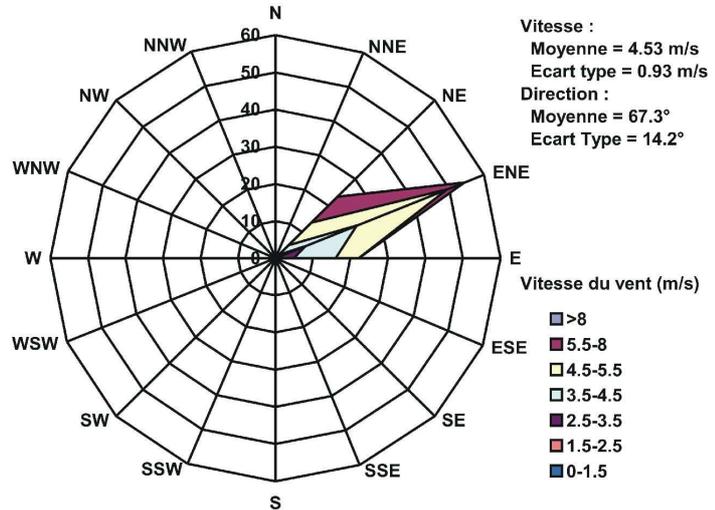


Figure 12 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 16 mars 2006.

Jeudi 30 mars 2006 (14h50 - 15h50)

Ciel couvert, vent de SO
 Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 8.3 m/s
 Direction moyenne : 235°
 Température : 20°C
 Radiation moyenne : 242 W/m²
 Pression : 1004 hPa
 Classe de stabilité : D

Très peu d'activité sur le site.

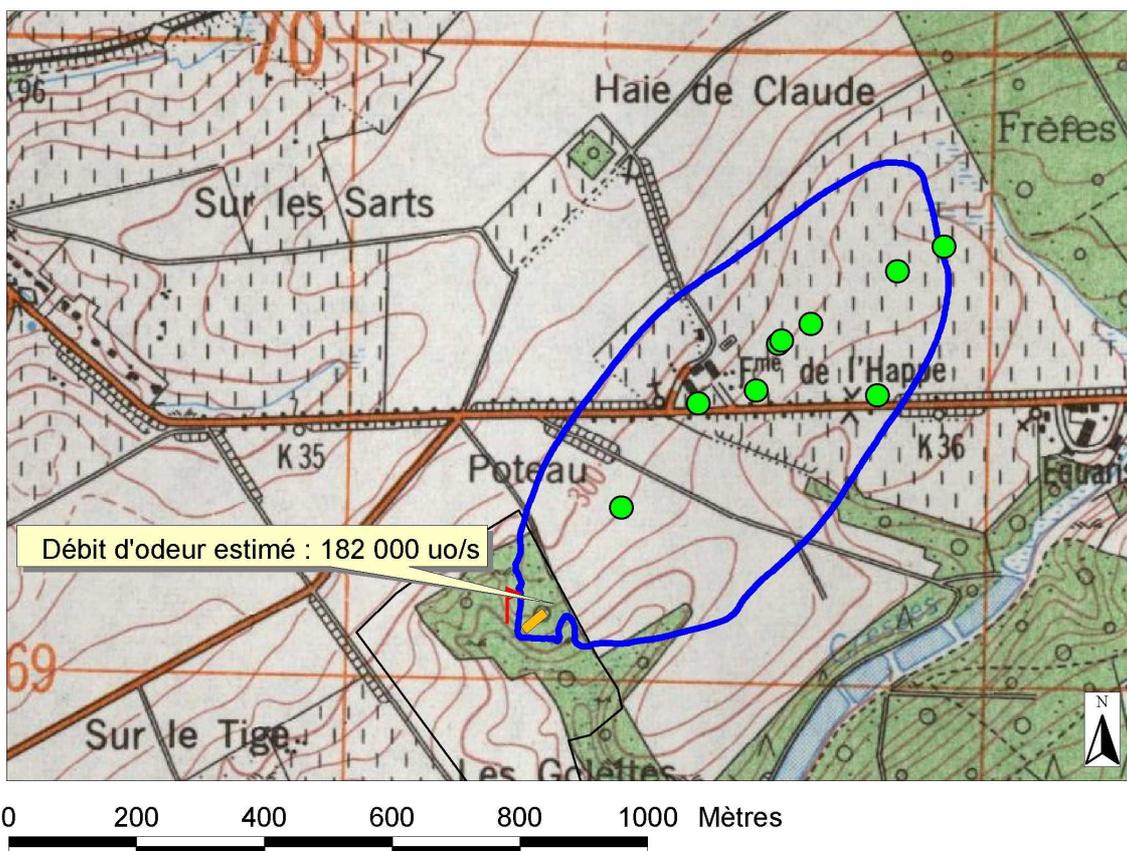
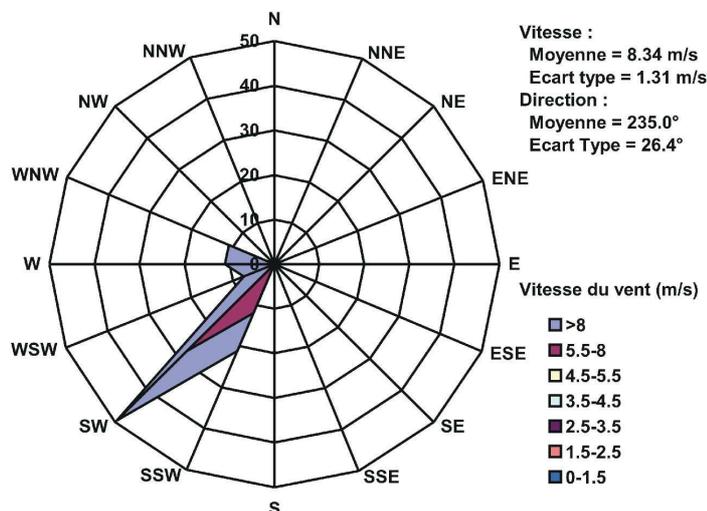


Figure 13 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 30 mars 2006.

Vendredi 7 avril 2006 (12h15 - 13h30)

Ciel couvert, vent d'Ouest Sud Ouest
 Conditions moyennes:
 Vitesse du vent moyenne : 5.2 m/s
 Direction moyenne : 255°
 Température : 12°C
 Radiation moyenne : 502 W/m²
 Pression : 1011 hPa
 Classe de stabilité : C

Etalement des déchets pendant la période de mesure. Trafic de camions plus important : 8 camions pendant la période de mesure. Surface d'étalement assez importante.

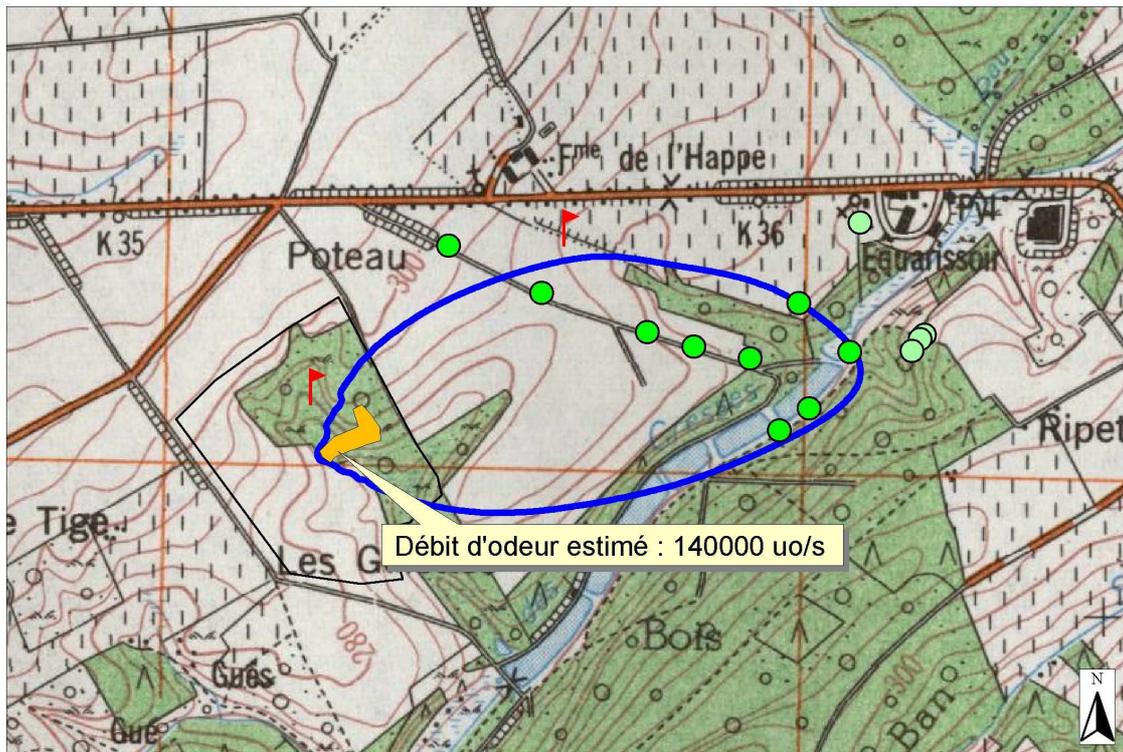
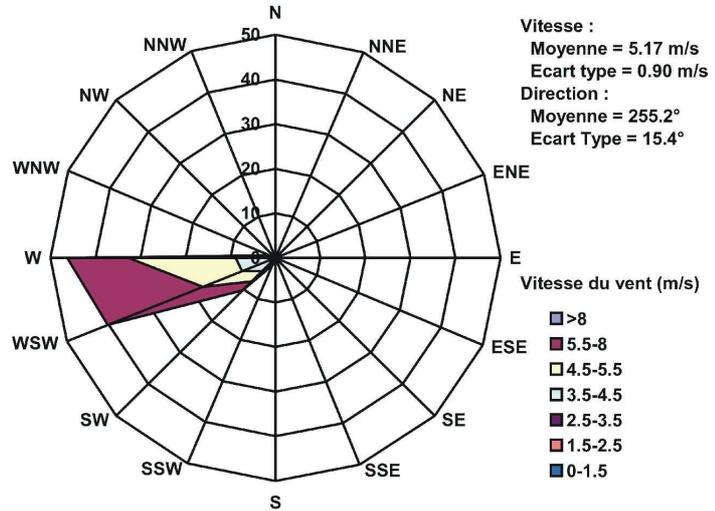


Figure 14 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 7 avril 2006.

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	Débit d'émission (uo/s)
22/09/2005	87°	2.0	620	B	635		150 000
23/09/2005	163°	2.4	495	B	680		150 000
11/10/2005	148°	4.4	620	B	750	1	136 800
18/10/2005	109°	2.8	620	B	680	1	142 800
21/10/2005	190°	2.2	51	D	1000	1	45 690
27/10/2005	180°	3.5	550	B	635	1	114 000
17/11/2005	270°	1.9	42	D	560	7	17 000
16/03/2006	67°	4.5	496	C	680		127 500
30/03/2006	235°	8.3	242	D	1000	0	182 000
07/04/2006	255°	5.2	502	C	780	8	140 000

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

Les 10 observations sont exploitables. La moyenne des débits est de 120 579 uo/s. En tenant compte de l'intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne, le débit typique se trouve dans l'intervalle [89 000, 152 000].

Une telle moyenne est assez similaire à celle trouvée lors de la campagne précédente (pour rappel, 135 920 uos/s et un intervalle de 99 000 à 173 000). Le débit reste donc assez paradoxalement élevé, alors que plusieurs impressions convergent vers le fait que, globalement, l'odeur à l'émission serait atténuée par rapport à 2004.

Indépendamment du débit calculé, il est indéniable que les distances maximales de perception olfactive restent élevées, avec une moyenne de 740±92 mètres (au lieu d'environ 400 mètres pour d'autres CET).

Lorsqu'on ajoute l'effet du modèle, on constate une très grande influence de la classe de stabilité. Pour les 4 premières journées, des distances de l'ordre de 680 mètres entraînent un débit de 145 000 uo/s environ, avec une classe assez instable (B). Une distance similaire le 16 mars 2006, mais une classe neutre (C) génère un débit de 127 500 uo/s, soit 12% plus faible et une distance à peine plus petite le 17 novembre 2005 (560 mètres), mais une plus grande stabilité de l'air (classe D), entraîne un débit d'odeur très petit: 17 000 uo/s seulement, alors qu'il régnait sur le site une activité assez importante.

La plus grande distance et le plus grand débit sont enregistrés le 30 mars 2006, alors qu'aucun déchet n'a été déversé et que les machines d'étalement-compactage étaient au repos, et pourtant une atmosphère assez stable (classe D), mais une vitesse de vent particulièrement élevée (plus de 8 m/s).

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 Sinsin, situé à 9.5 km à vol d'oiseau à l'est du CET. Ceci permet de dessiner les percentiles 95, 98 et 99.5 relatifs à la limite de perception (1 uo/m³) de l'odeur de déchets du CET (figure 15). Nous fournissons en outre, en figure 16, une vue plus rapprochée de la zone délimitée par le percentile 98 pour 1 uo/m³, qui correspond à une recommandation aux Pays Bas.

Rappelons qu'à l'extérieur de cette zone, l'odeur n'est perçue que pendant moins de 2% du temps (ou moins de 175 heures sur l'année).

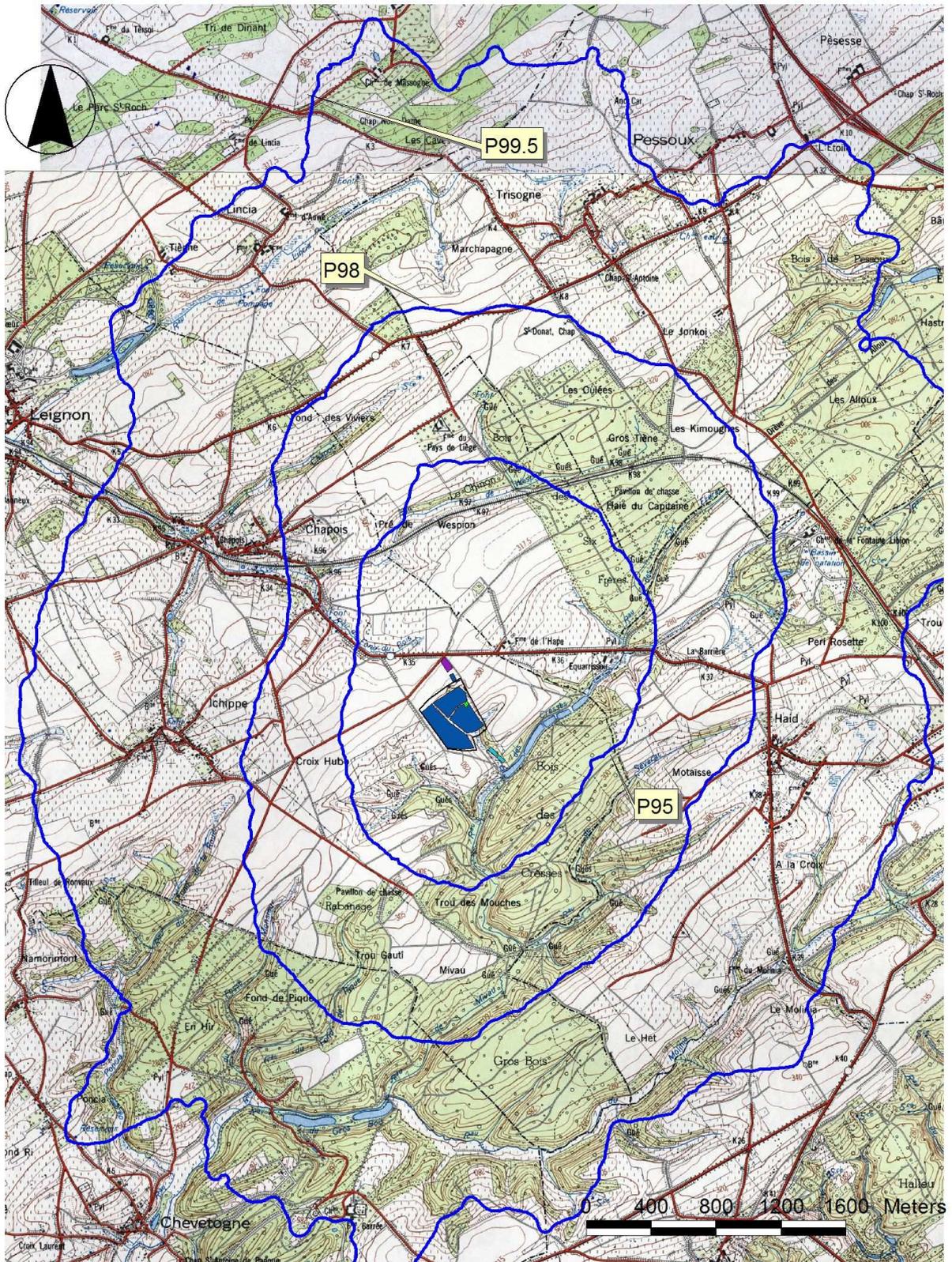


Figure 15 : Percentiles 95, 98 et 99.5 correspondant à $1 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ et au climat annuel moyen

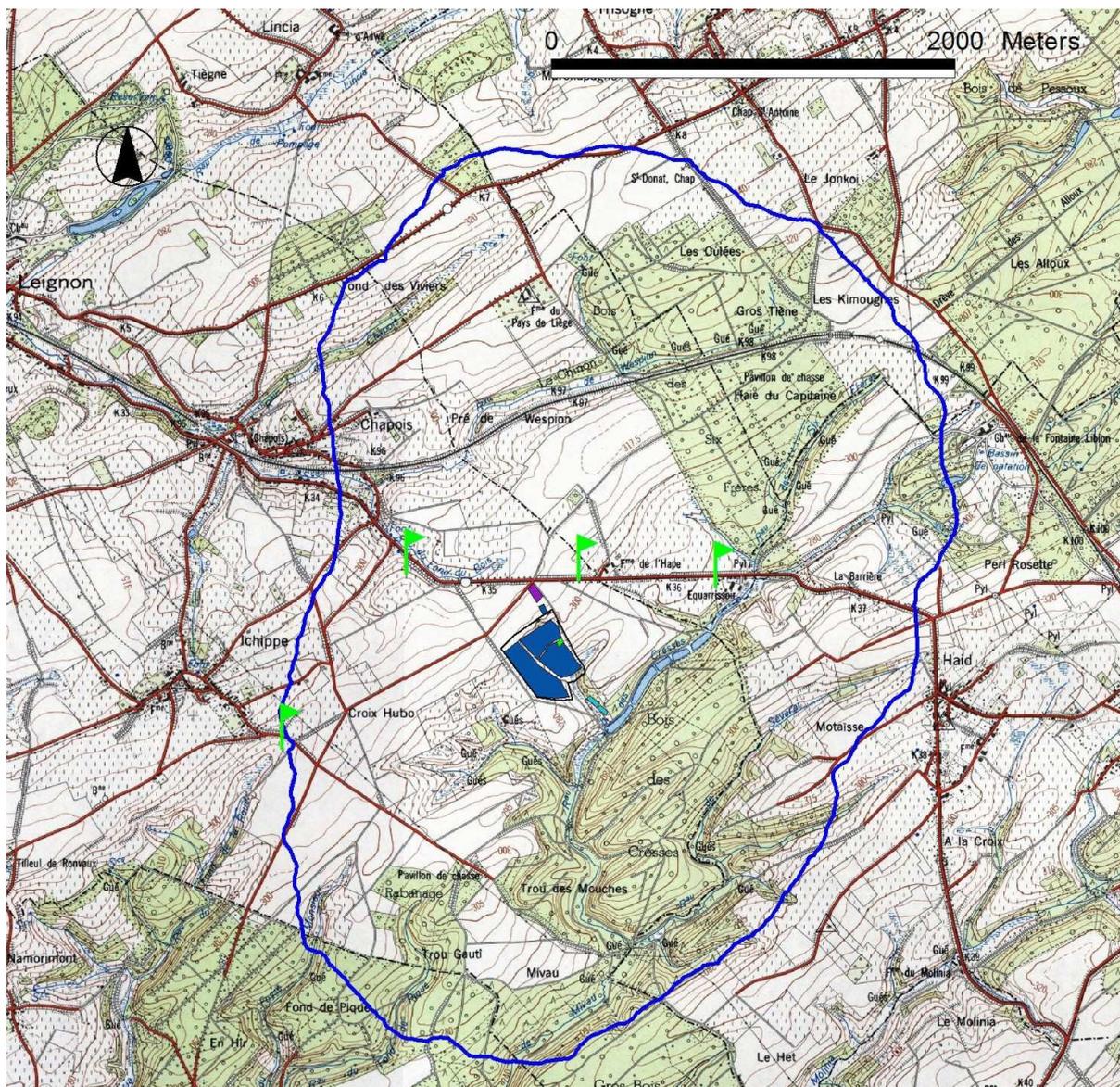


Figure 16 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m³ et au climat annuel moyen

Si nous considérons que le percentile 98 délimite la zone de nuisance olfactive, nous constatons que celle-ci prend la forme d'une sorte d'ellipse allongée dans le sens des vents dominants (SO-NE), qui a pratiquement la même taille que celle obtenue lors de la précédente campagne à Happe-Chapois (puisque le débit d'odeur est pratiquement identique et que c'est le même climat moyen qui est considéré).

Heureusement, le nombre de riverains dans cette zone est relativement faible, les plus proches sont repérés par un drapeau vert sur la figure.

Par contre, si nous examinons le percentile 99.5, nous constatons que l'odeur peut tout à fait exceptionnellement se propager jusqu'à 4000 mètres, pour atteindre (pendant moins de 0.5 % du temps) les villages de Chapois, Pessoux, Chevetogne et Haid.

Les distances de nuisance ainsi estimées correspondent assez bien aux impressions générales ressenties pendant la campagne de mesure. Dans ce cas particulier du site de Happe-Chapois, l'impression globale demeure une odeur qui ne semble pas excessive et qui reste supportable au niveau de l'émission, et qui pourtant se propage assez loin.

Discussion

Des distances anormalement élevées

Comme en 2004, les distances maximales de perception olfactive et les débits d'odeur qui en découlent sont inexplicablement élevés.

Certes, les gestionnaires ont amélioré la situation en apportant un certain nombre de solutions techniques, qui, dans l'ensemble et pour beaucoup d'observateurs, semblent efficaces.

Il demeure que, dans la plupart des cas (voir commentaires sur les figures 5 à 14), les déchets étaient encore manipulés et jamais recouverts au moment de la mesure elle-même. Il est donc possible que l'odeur émise serait plus faible en fin de période d'activité de la journée, si les déchets étaient recouverts par une couche de compost ou de matériau neutre.

Le site de Happe-Chapois reste néanmoins énigmatique, car, même lorsque les déchets ne sont pas retournés (mais pas recouverts), leur odeur peut être perçue jusqu'à un kilomètre de la zone exploitée (voir 30 mars 2006: "tour odeur" réalisé en compagnie d'un membre de l'équipe de gestion du site).

Une influence de la vitesse du vent et de la topographie

Il faut certainement invoquer une influence du vent et de la topographie du site. Dans l'ensemble en effet, le site est relativement plat et souvent la vitesse du vent y est assez élevée. Or, il est indéniable que la distance de perception est directement proportionnelle à la vitesse du vent, surtout lorsqu'aucun obstacle n'arrête la propagation du panache odorant. Ceci est mis en évidence sur la figure 17 où, excepté la mesure du 21 octobre 2005, la distance est reliée linéairement à la vitesse du vent (coefficient r^2 de détermination = 0.88 en enlevant la mesure du 21 octobre).

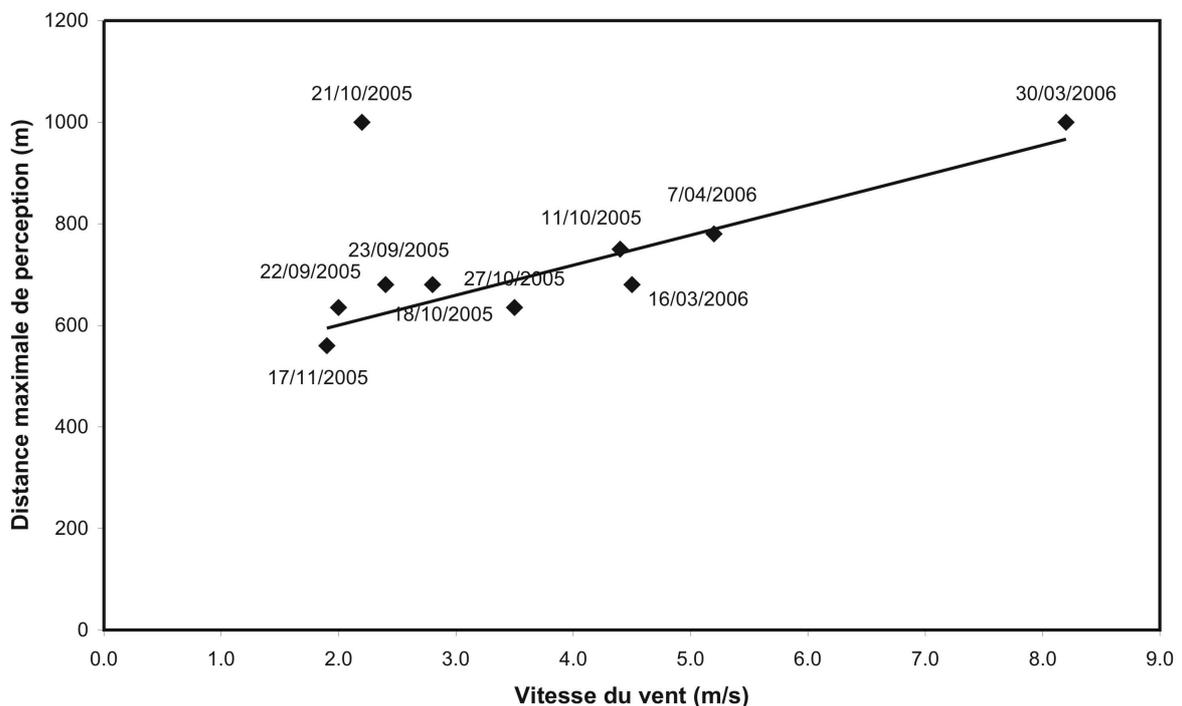


Figure 17 : Relation entre la vitesse du vent et la distance maximale de perception pour les 10 mesures de la campagne de Happe-Chapois.

Le 21 octobre était une journée particulière, puisque l'odeur a été perçue jusqu'à une distance de 1000 mètres à partir de la source, alors que la vitesse du vent était faible. Une telle distance était justifiée par la stabilité de l'atmosphère, due à un très faible ensoleillement.

Donc, de manière générale, la distance augmente avec la vitesse du vent et est inversement proportionnelle à l'ensoleillement.

Or, si nous examinons les données des campagnes 2004 et 2006, nous constatons que, pour des valeurs d'ensoleillement qui, en moyenne, ne sont pas fort différentes de celles des autres sites, la vitesse du vent à Chapois est souvent supérieure. La figure 18 montre une analyse de la variance effectuée sur les vitesses de vent moyennes durant nos mesures à Chapois (les deux campagnes) et sur les autres sites. La différence entre les deux séries de données est significative: la vitesse du vent à Chapois tourne autour de 4.4 m/s, alors qu'elle est 1 m/s inférieure sur les autres sites. Le test de l'analyse de la variance objective cette impression ($p=0.025$, inférieur au seuil 0.05 que l'on considère en général dans les tests d'hypothèses).

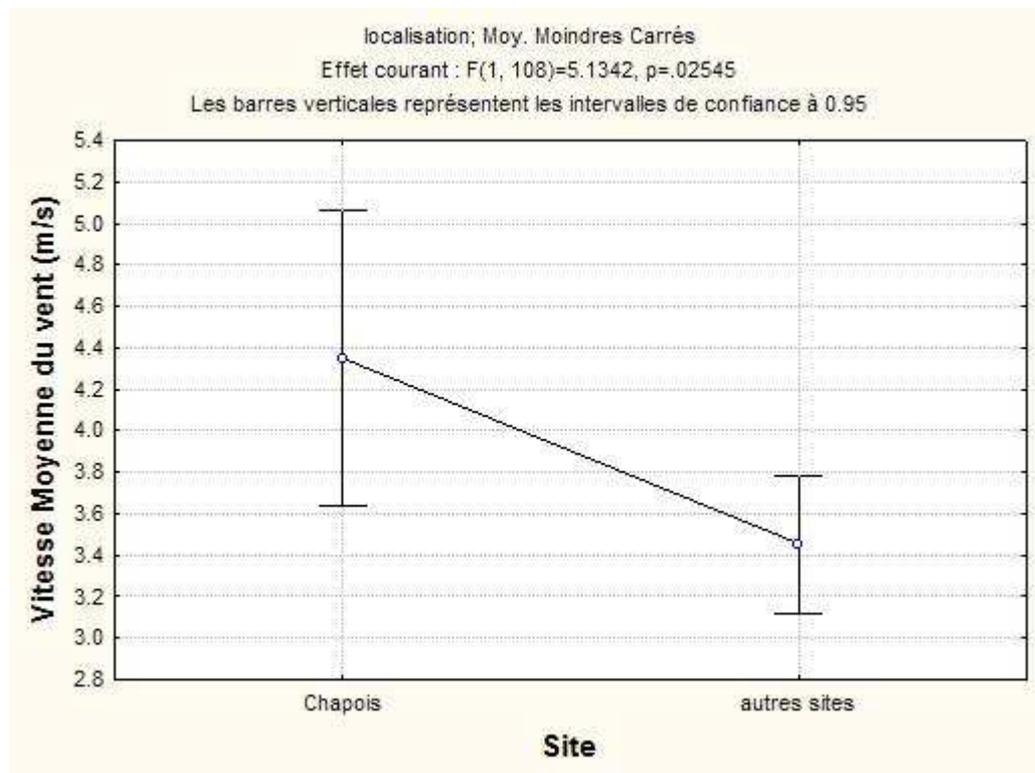


Figure 18 : Analyse de la variance effectuée sur les vitesses de vent à Happe-Chapois et sur les autres sites de CET

Il serait donc possible que le vent plus fort à Happe-Chapois justifie une distance plus importante de transport du panache, et ce, d'autant plus que l'effet d'une plus grande vitesse du vent est encore accentué au niveau du phénomène de dispersion dans l'atmosphère. En effet, ce paramètre intervient à deux niveaux dans la dispersion du panache.

D'une part, plus la vitesse du vent est importante, plus l'odeur sera transportée à une grande distance, par un effet de convection évident. Mais en même temps, une grande vitesse du vent tend à effacer le gradient thermique vertical dans l'atmosphère (dû notamment à l'ensoleillement), et donc à créer des conditions de stabilité atmosphérique. L'odeur est donc moins diluée et reste perceptible plus loin.

Il convient cependant de tempérer légèrement cette affirmation. Nous avons en effet dessiné la rose des vents du site à partir des mesures météo de la station du CET de Happe-Chapois, fournies par l'exploitant pour l'année 2005 (figure 19) et nous l'avons comparée à la rose dessinée pour la station IRM de Sinsin que nous avons choisie comme référence (figure 20). La différence n'est pas significative et indiquerait même que la vitesse de Happe-Chapois est inférieure à celle de Sinsin.

Exceptionnellement donc, il semblerait que, globalement, nos campagnes aient été réalisées pour des vitesses de vent anormalement plus élevées que la moyenne. Ceci est surprenant, compte tenu du nombre de jours de mesure (20 au total sur les deux campagnes) et de l'étendue des périodes de mesure (du 17 août au 14 octobre 2004 et du 22 septembre 2005 au 7 avril 2006), qui sont caractéristiques d'un grand nombre de situations différentes.

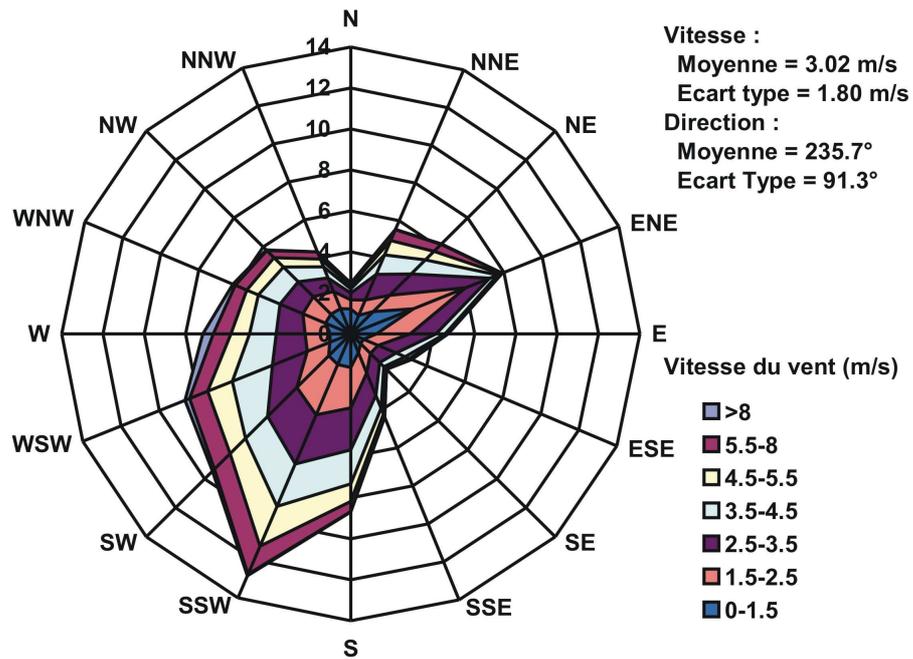


Figure 19 : Rose des vents du site du CET de Happe-Chapois pour 2005

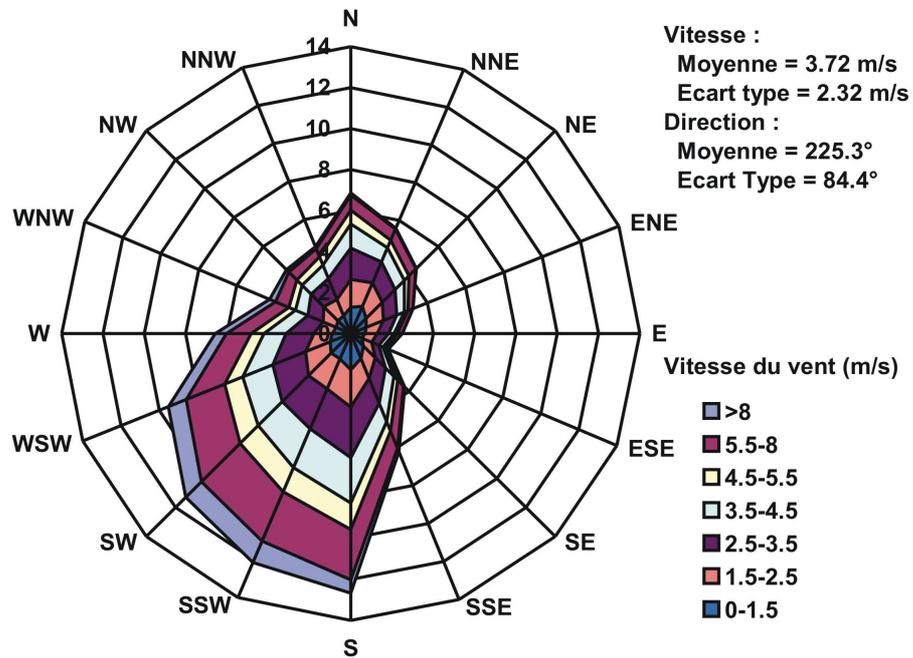


Figure 20 : Rose des vents du site IRM de Sinsin, basée sur 16 années de mesure

Un effet du modèle

La distance maximale de perception mesurée sur le terrain a l'avantage d'être une notion vérifiable, car réellement observée, et indépendante de l'utilisation du modèle, qui, elle, est toujours sujette à caution, puisqu'il s'agit d'une imitation de la réalité.

Mais, lors de l'estimation du débit d'odeur, il est néanmoins certain que le modèle joue également un rôle. En l'occurrence, le modèle devrait avoir un effet correcteur des conditions météorologiques extrêmes.

En effet, puisque les effets de la vitesse du vent et de la classe de stabilité sont inclus dans le modèle, il n'y a normalement aucune raison que le débit d'odeur soit affecté par des valeurs exceptionnelles de ces paramètres.

Un effet résiduel du modèle pourrait néanmoins provenir de la très grande sensibilité des résultats à la classe de stabilité. Ainsi, il existe un facteur 2 environ entre le débit estimé avec une classe de stabilité B et une classe de stabilité D, toutes autres choses étant égales par ailleurs. Une mauvaise estimation de la classe de stabilité ou une mauvaise prise en compte de celle-ci par le modèle pourrait alors conduire à de très grandes disparités sur les débits estimés.

Dans le cas présent, la moitié des observations ont été réalisées dans une atmosphère instable, qualifiée de "classe B". Le débit ajusté qui permet de justifier une grande distance de perception, alors que le climat favorise une bonne dispersion, est évidemment assez élevé. Or, il n'est pas impossible que le modèle bi-gaussien utilisé surestime légèrement l'effet de la classe de stabilité.

Profitons de l'occasion pour rappeler la très grande importance du choix du modèle utilisé dans une telle démarche.

La figure 21 montre le contour correspondant à $1 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la journée du 30 mars 2006 obtenu avec différents modèles, différents algorithmes ou différents logiciels.

La courbe référencée 4 correspond au modèle gaussien de TROPOS, avec l'algorithme de serpentement de Gifford pour tenir compte que le polluant est une odeur. C'est le modèle utilisé dans toutes nos études et qui servira de référence pour la suite.

La courbe 3 pourrait être considérée comme la plus exacte, puisqu'il s'agit du modèle lagrangien du logiciel IMMI qui tient compte du relief du site, que nous avons digitalisé pour l'occasion. Un modèle lagrangien discrétise le panache odorant en "particules" qui sont émises dans la direction du vent, mais qui subissent des petits mouvements aléatoires simulant l'effet de la turbulence. L'inconvénient d'un tel modèle est sa lenteur: une simulation dure une dizaine d'heures contre quelques secondes pour le modèle de référence. Remarquons l'excellente cohérence du modèle que nous avons choisi par rapport à ce modèle plus complexe.

Les courbes 1 et 2 correspondent à des modèles gaussiens, mais sans algorithme particulier pour tenir compte que le polluant est une odeur. La première provient du logiciel IMMI et la seconde du logiciel TROPOS. La légère différence, notamment de direction et de taille du panache, est due au fait qu'IMMI travaille avec des fichiers météorologiques sous la forme de tableaux d'occurrences de direction du vent (par classes de 10°), vitesses du vent (réparties en 9 classes) et classe de stabilité (en 6 classes), alors que TROPOS travaille avec un fichier séquentiel contenant les observations telles que mesurées.

Si la condition de réflexion totale au sol n'était pas appliquée dans TROPOS, le résultat serait tout à fait différent, puisque la courbe qui serait alors produite serait la plus petite (n°6). Or, une telle condition aux limites, qui est pratiquement toujours d'application dans les modèles gaussiens, est assez peu vraisemblable: il est en effet difficile d'imaginer qu'une molécule odorante "rebondit" parfaitement sur le sol. Il est donc probable que la "vérité" se situe entre les deux (entre la courbe 2 et la courbe 6).

Enfin, la prise en compte du relief, dans le cas de Happe-Chapois, n'est pas fondamentale. Le même modèle lagrangien, implémenté dans le même logiciel IMMI, respectivement avec prise en compte du relief (courbe 3) et sans prise en compte du relief (courbe 5) ne diffèrent que d'environ 5% sur les distances de perception évaluées.

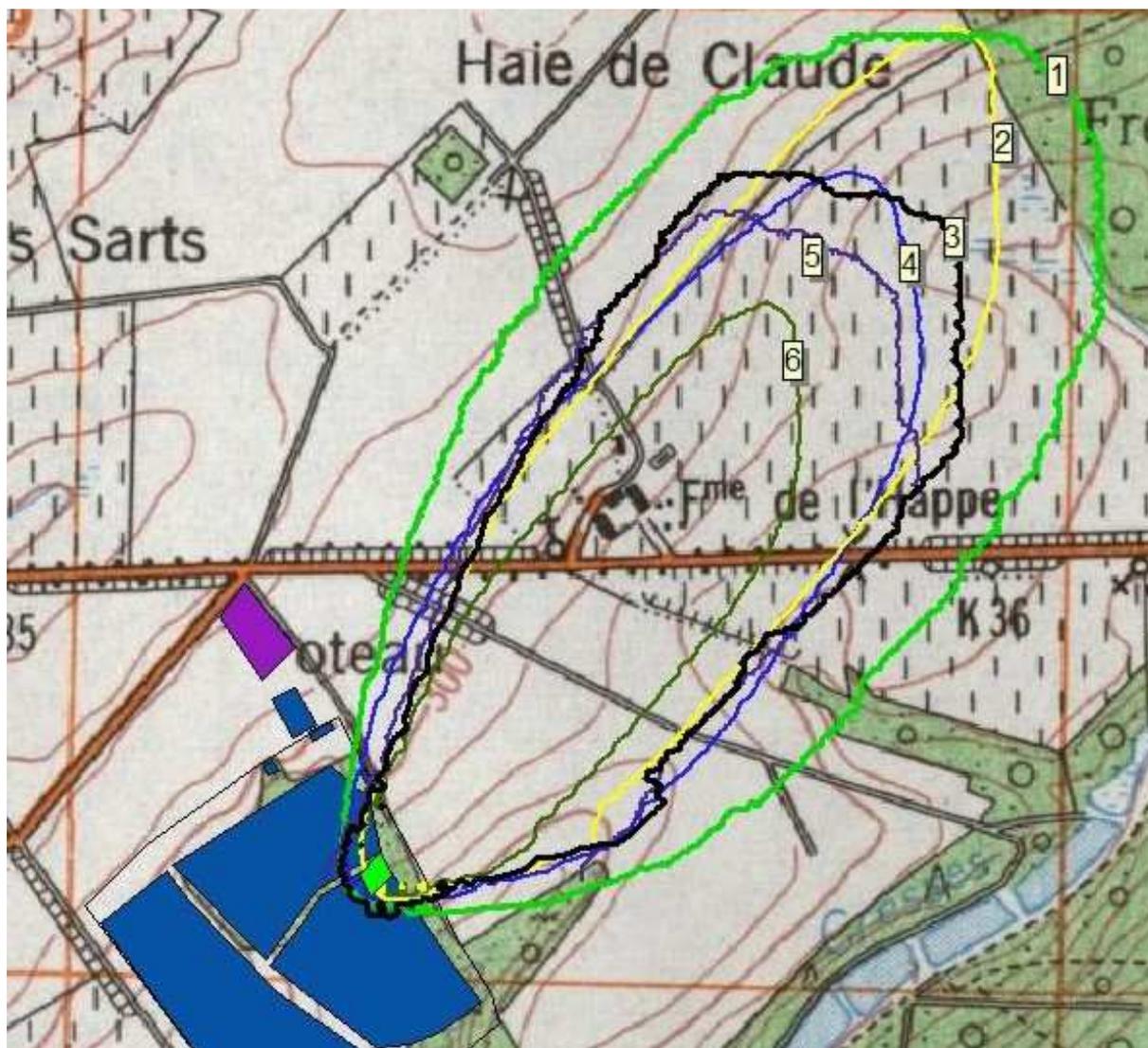


Figure 21 : Contours correspondant à 1 uo/m^3 obtenus respectivement avec

- 1. un modèle gaussien pur dans le logiciel IMMI**
- 2. un modèle gaussien pur dans le logiciel TROPOS, avec réflexion sur le sol**
- 3. un modèle lagrangien tenant compte du relief dans le logiciel IMMI**
- 4. un modèle gaussien avec algorithme "odeur" dans le logiciel TROPOS (employé dans cette étude)**
- 5. un modèle lagrangien à terrain plat dans le logiciel IMMI**
- 6. un modèle gaussien pur dans le logiciel TROPOS, sans réflexion sur le sol**

Selon le modèle employé, le débit d'odeur estimé peut, bien entendu, différer de manière importante (jusqu'à plus de 30% par rapport à notre modèle de référence).

Cependant, il est fondamental de considérer que la méthode employée dans toute la série de campagnes sur les CET fait toujours appel au même modèle (gaussien avec algorithme de Gifford dans le logiciel TROPOS). Si nous ne pouvons affirmer avec certitude que le débit estimé correspond de manière absolue à la réalité, il est tout à fait légitime, en tout cas, de tirer des conclusions relatives en comparant plusieurs sites ou plusieurs situations sur un même site.

Dans le cas de Happe-Chapois, ce n'est donc pas le modèle employé qui permet de justifier l'importance des débits d'odeur.

Autres analyses

Pour la série de campagnes sur les CET, l'option a toujours été de baser l'évaluation des débits d'odeur et des zones de nuisance olfactive sur la méthode des "équipes de renifleurs" et du rétro-calcul avec un modèle de dispersion.

La justification de ce choix est de pouvoir tenir compte de l'ensemble des odeurs émises par le CET, sans devoir distinguer celles qui émanent des déchets au repos, celles qui sont dues à la manipulation, celles qui proviennent des camions de transport, etc. Une telle méthode n'exige pas non plus l'extrapolation de mesures ponctuelles à tout le site. Ce classique problème d'échantillonnage est en effet toujours sujet à caution.

Etant donné l'ambiguïté de la perception des odeurs sur le site de Happe-Chapois, nous avons néanmoins tenté une analyse par olfactométrie dynamique sur un sac prélevé grâce à une chambre de flux posé sur les déchets au repos. Cette analyse n'a pas la prétention d'alimenter à elle seule toute l'étude sur le site de Happe-Chapois, elle est fournie ici à titre indicatif et pourrait être un moyen de mieux identifier les causes de l'odeur pour de prochaines investigations.

Rappelons les principes de cette approche.

Un volume d'environ 60 litres de l'atmosphère odorante est prélevé dans un sac en plastique neutre (Tedlar®). Le prélèvement est réalisé en plaçant le sac dans un caisson mis en dépression, ce qui permet d'éviter de placer la pompe de prélèvement en ligne et donc, de prévenir les interférences éventuelles.

Le sac est ramené en laboratoire à Arlon et analysé par olfactométrie dynamique, par un jury de 6 personnes, selon la norme européenne EN13725^[15]. La manipulation consiste à diluer l'odeur prélevée un certain nombre de fois dans de l'air pur jusqu'au moment où la moitié des membres du jury perçoit encore l'odeur et l'autre moitié ne la perçoit plus. Cette dilution est, par définition, la concentration de l'odeur en OU_E/m^3 (l'indice "E" est mis pour "unité odeur Européenne", et indique que la mesure a été effectuée par olfactométrie dynamique selon la norme européenne). L'olfactomètre dont l'équipe d'Arlon dispose est l'appareil Odile 2010 de la firme canadienne Odotech.

En multipliant la concentration de l'échantillon par le débit de l'effluent (en m^3/s), on trouve le débit d'odeur en OU_E/s . Dans le cas particulier d'odeurs diffuses comme celles de déchets (même au repos), le débit de l'effluent ne peut être estimé à partir d'une simple mesure de vitesse d'air. Il est nécessaire d'utiliser la méthode de la chambre d'émission. Une chambre, en l'occurrence d'un volume de 65 litres, ouverte sur sa face inférieure (section $A=0.1924 m^2$) est posée sur la source diffuse (voir figure 22). Il s'agit dans notre cas de la chambre ODOFLUX de la firme Odotech, qui respecte la norme américaine EPA/600/8-86/008.



Figure 22 : Fonctionnement de la chambre de flux ODOFLUX de la firme canadienne Odotech (photo extraite de leur site Internet)

Un débit de gaz neutre (azote à 6.3 l/min) est injecté pendant une quinzaine de minutes dans la chambre, de manière à créer un mélange homogène azote/odeur. Ensuite, la chambre est mise en communication avec le caisson de prélèvement qui soutire l'air au même débit $Q=6.3$ l/min.

La concentration C de l'odeur mesurée dans le sac par olfactométrie dynamique est due au mélange du débit Q de gaz neutre et du débit d'odeur, qui est le produit du flux d'émission E (en OU_E/m^2s) et de la section A (voir figure 23).

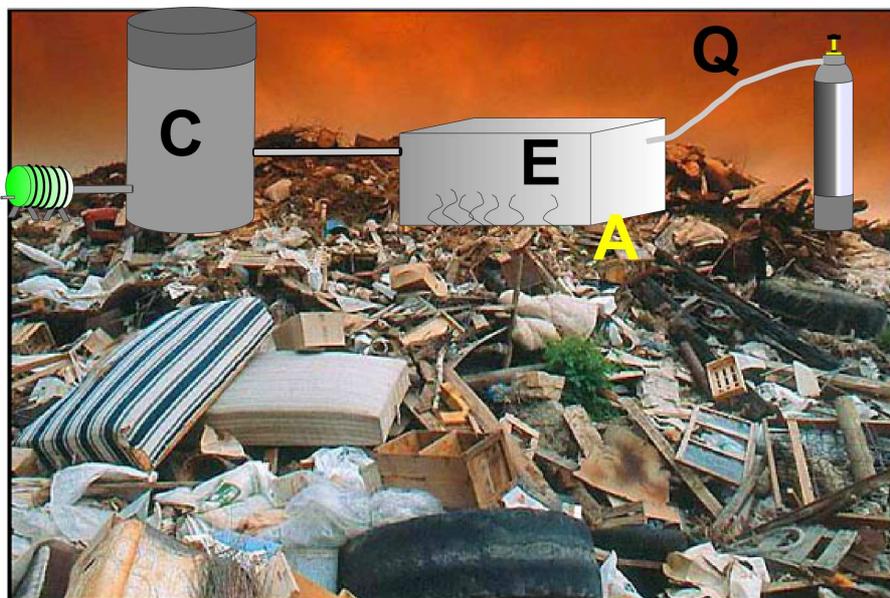


Figure 23 : Principe du prélèvement par chambre de flux

Comme A et Q sont connus et C est mesuré, on peut déduire le flux d'émission $E=CQ/A$. En multipliant alors ce flux par la surface totale d'émission de la source, on peut déduire le débit d'odeur global.

Le prélèvement a eu lieu sur les déchets frais au repos le 30 mars 2006. Deux emplacements ont été choisis, de manière à prélever deux sacs d'odeur. Malheureusement, de très mauvaises conditions atmosphériques ont perturbé le second prélèvement et le sac était inutilisable.

Le premier sac a fait l'objet d'une mesure olfactométrique, et la concentration C estimée était de $941 OU_E/m^3$. Compte tenu des valeurs particulières de notre système de prélèvement, on peut en déduire un flux d'émission de $0.5 OU_E/m^2s$. Cette valeur est très faible, mais ne peut être fournie ici qu'à titre purement indicatif, car elle n'est basée que sur un seul prélèvement qui n'est certainement pas représentatif de l'ensemble du CET. Quoiqu'il en soit un tel ordre de grandeur, même extrapolé à toute la zone exploitable du CET (ce qui est probablement très exagéré, car la zone de déchets ne s'étend que sur quelques cellules) ne fournirait qu'un débit de l'ordre de $13\ 000 OU_E/s$, ce qui est un ordre de grandeur inférieur à celui déduit du traçage d'odeur à l'immission (pour autant que l'on puisse comparer les deux méthodes d'estimation du débit d'odeur). Compte tenu des conditions météorologiques sur le site le 30 mars 2006, avec un tel débit, l'odeur aurait été perceptible jusqu'à une centaine de mètres environ. Or, les opérateurs l'ont sentie jusqu'à un kilomètre de la source. Si une partie de la différence entre ces deux distances pourrait éventuellement être expliquée par les hypothèses et les incertitudes des méthodes de mesure ainsi que par l'extrapolation très hasardeuse faite à partir d'un seul prélèvement, une grande partie reste néanmoins inexplicable.

Synthèse et conclusions

Les conclusions de cette campagne sont tout à fait similaires à celles de la campagne de 2004, en l'occurrence, l'ordre de grandeur du débit d'odeur de $120\ 000 uo/s$, comparable aux $135\ 000 uo/s$

estimés en 2004, est anormalement élevé par rapport à celui qui est en général estimé sur les autres sites (plutôt aux environs de 50 000 uo/s).

L'impression générale d'une odeur plus faible à l'émission a été ressentie par plusieurs personnes qui se sont rendues sur le site depuis la mise en œuvre par l'exploitant de procédés pour atténuer les nuisances. Cependant, durant la plupart des périodes de mesure qui ont été effectuées dans le cadre de la présente campagne, les déchets étaient encore manipulés et non recouverts, ce qui générerait une émission assez similaire à celle de la campagne précédente.

Quoiqu'il en soit, le site semble favorable à un transport de l'odeur à une grande distance: la vitesse des vents rencontrés lors de nos campagnes était en moyenne plus élevée que sur les autres sites, le terrain avoisinant est assez plat et aucun obstacle n'arrête ou ne perturbe le panache odorant.

Ces constatations suscitent les commentaires suivants.

- Il faut d'abord reconnaître l'effort réalisé par l'exploitant pour tenter d'atténuer l'émission d'odeur, ce qui se manifeste effectivement par une impression plus positive, selon certaines personnes rencontrées lors de nos visites.
- Le site semble favorable au transport du panache odorant, sans perturbation, jusqu'à des distances avoisinant 1 km à partir de la source. Ceci conduit à estimer un débit d'odeur important, de l'ordre de 120 000 uo/s, mais que l'on pourrait peut-être considérer comme un débit "normal", puisque l'on se trouve pratiquement dans les conditions idéales d'utilisation du modèle gaussien (terrain plat, sans obstacle, distance de "travail" de l'ordre de 1000 mètres). Ce sont plutôt les débits des autres CET qui seraient "anormaux". En effet, pour d'autres CET, entourés d'obstacles ou situés dans des zones à relief plus accidenté, il est possible que le débit estimé par la méthode des "équipes de renifleurs" soit sous-estimé par rapport au débit réel, tel qu'on pourrait le mesurer directement à l'émission. Mais dans les deux cas, le débit estimé par cette méthode rend bien compte de la réalité pour le riverain, en restituant exactement la distance de perception ressentie dans l'environnement et c'est finalement cette notion que l'on désire apprécier dans le cadre de ces études.
- Le vent, en général de vitesse élevée sur le site de Happe-Chapois, favorise le transport du panache à de grandes distances et défavorise sa dispersion dans l'atmosphère. Ce pourrait être une des explications des distances élevées de perception constatées sur le terrain. L'utilisation du modèle pour déduire le débit d'odeur émis tempère cependant cette observation de terrain. En effet, pour justifier une grande distance de perception, ou même une distance moyenne, lorsque le vent est faible et l'atmosphère instable, il faut ajuster des débits d'odeur très importants. Dans le tableau 1, la plupart des débits supérieurs à 100 000 uo/s correspondent à une atmosphère instable (classe B et vent faible), et inversement, un vent de vitesse plus élevée ne justifie pas toujours de grands débits ajustés, sauf si la vitesse est très grande, comme le 30 mars 2006.
- Pour le futur, les conseils pourraient être de s'en tenir aux précautions proposées (éviter les manipulations inutiles, recouvrir tous les jours les déchets par un matériau neutre, ...), en contrôlant le respect de leur mise en œuvre chaque jour. Néanmoins, il n'est sans doute pas justifié de faire davantage pour l'instant, puisqu'il n'y a qu'un nombre très limité de riverains concernés.
- Pour l'instant, il serait surtout intéressant d'évaluer l'impact dans l'environnement d'une couverture régulière des déchets.
- Le site de Happe-Chapois continuera à intéresser l'équipe de l'ULg pour sa particularité, mais d'un point de vue plus fondamental. La mise en œuvre de techniques d'enquêtes ou de panels de riverains n'est pas pertinente dans le cas présent.
- Nous invitons cependant les exploitants à continuer leurs observations sur le site et à informer l'équipe de suivi des événements intéressants ou des observations spécifiques qui lieraient par exemple une perception d'odeur à des conditions météorologiques données.

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] VAN LANGENHOVE, H., VAN BROECK, G. (2001) *Applicability of sniffing team observations : experience of field measurements.* - Water Science and Technology, 44, pp. 65-70.
- [14] NICOLAS, J., CRAFFE, F., ROMAIN, A.C. (2004). *Estimation of odour emission rate from landfill areas using the method of sniffing team campaigns.* Accepted for publication in Journal of Waste Management
- [15] EN13725:2003, Air Quality Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry, CEN, Brussels, April 2003. www.cenorm.be