

Campagne de mesure des odeurs sur le CET de Happe-Chapois

Estimation des nuisances olfactives



Jacques NICOLAS – Pierre DENNE – Benoît OTTE
Université de Liège
Département des Sciences et de Gestion de l'Environnement
Arlon - Octobre 2004

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 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 une étude, en sous-traitance pour l'ISSeP.

Cette étude fait suite à une première série de campagnes réalisées sur différents sites ^[1-8] et qui a permis notamment d'affiner la méthodologie d'évaluation des odeurs. Une seconde série de campagnes de mesure a même déjà commencé sur les sites de Monceau-sur-Sambre et de Cour-au-Bois ^[7-8].

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 exclusivement 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 du CET 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

Généralités

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.

La méthode, bien qu'originale par rapport aux approches classiques, n'est pas novatrice et est basée sur la littérature scientifique^[9].

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.

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 (figure 1). Durant la même période, les données météorologiques sont enregistrées: vitesse et direction du vent, température et radiation solaire. La vitesse et la direction du vent seront utilisées telles quelles. Le rayonnement solaire et la vitesse du vent servent à définir les conditions de stabilité de l'atmosphère, résumées par la classe de stabilité de Pasquill. Six classes sont ainsi définies, de A ("extrêmement instable") à F ("extrêmement stable").

Ces données sont introduites dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster le débit d'émission d'odeur (en uo/s) qui produirait, avec les conditions météorologiques du

moment, la courbe limite réellement observée sur le terrain, c'est-à-dire, par définition, celle correspondant à 1 uo/m^3 .

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.

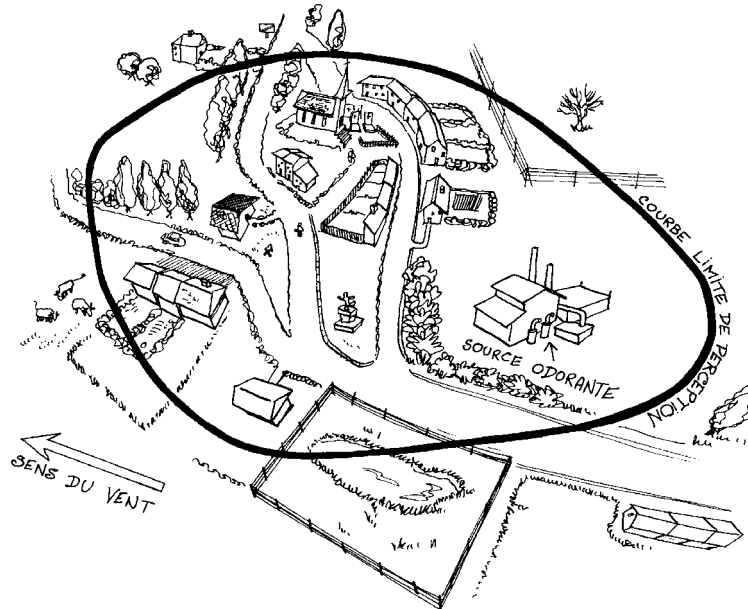


Figure 1 : Exemple de courbe limite de perception olfactive déterminée sur le terrain.

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 terrains. 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.

Hypothèses, contraintes de la méthode

La méthode suppose la constance des conditions d'émission, ainsi qu'une situation météorologique peu variable durant chacune des périodes de mesure.

La seconde hypothèse est en général assez bien respectée si la mesure ne prend pas plus d'une heure ou deux.

La première hypothèse par contre n'est pas du tout respectée dans le cas du CET : l'odeur perçue est constituée de bouffées odorantes et non d'une sensation olfactive constante pour un endroit donné. Cependant, on peut estimer que l'intégration sur la période de mesure de toutes ces bouffées, résultant à la fois du passage de camions, des déchets déversés, de leur retournement sur le site et des turbulences locales, correspond à une situation moyenne, à l'image du niveau sonore équivalent

permettant d'évaluer une nuisance acoustique. Comme la perception de chaque bouffée est confirmée par plusieurs passages à des instants différents, la méthodologie est validée.

Au terme de la campagne de mesure, on suppose que l'ensemble de toutes les conditions météorologiques ont été rencontrées. Cette hypothèse n'est évidemment jamais respectée, d'autant plus que la campagne se résume à une période relativement courte, d'un mois environ. Néanmoins, plusieurs orientations de panaches et plusieurs situations de déversement différentes ont été rencontrées : elles ont été estimées suffisantes pour une extrapolation acceptable.

Présentation du site et des alentours

La figure 2 est une représentation du site du CET et des environs. La zone exploitée est matérialisée par un rectangle jaune.

Le CET de Happe-Chapois est le seul site de la Province de Namur. Il est situé dans le hameau de Chapois, dans le village de Leignon, commune de Ciney.

Le CET est situé au lieu-dit "Les Golettes", sur terrain plat et l'environnement est essentiellement constitué de terrains agricoles (prairies ou champs cultivés). Il est bordé au Nord par la route de Rochefort qui rejoint Leignon à Haid.

Au Nord-Ouest du CET, on trouve l'agglomération du hameau de Chapois, à 1.2 km environ, et plus loin, le village de Leignon, à 3 km du CET. Les riverains les plus proches au Nord-Ouest sont sur la route de Rochefort, à 700 m de la cellule exploitée.

En continuant la route de Rochefort vers l'Est se trouve une exploitation agricole: la ferme de Happe, à 450 m de la zone de déchets vers le Nord-Est. Il s'agit essentiellement d'une porcherie qui génère également son odeur propre, avec 2000 porcs à l'engraissement et 2000 porcelets.

Excepté cette ferme, les habitations les plus proches au Nord-Est du CET sont sur la route de Rochefort, à environ 900 m de la cellule exploitée.

Vers l'Est s'étend une prairie, bordée par des arbres à 600 m du site. Le hameau de Haid est situé encore plus à l'Est, à 1800 m du site.

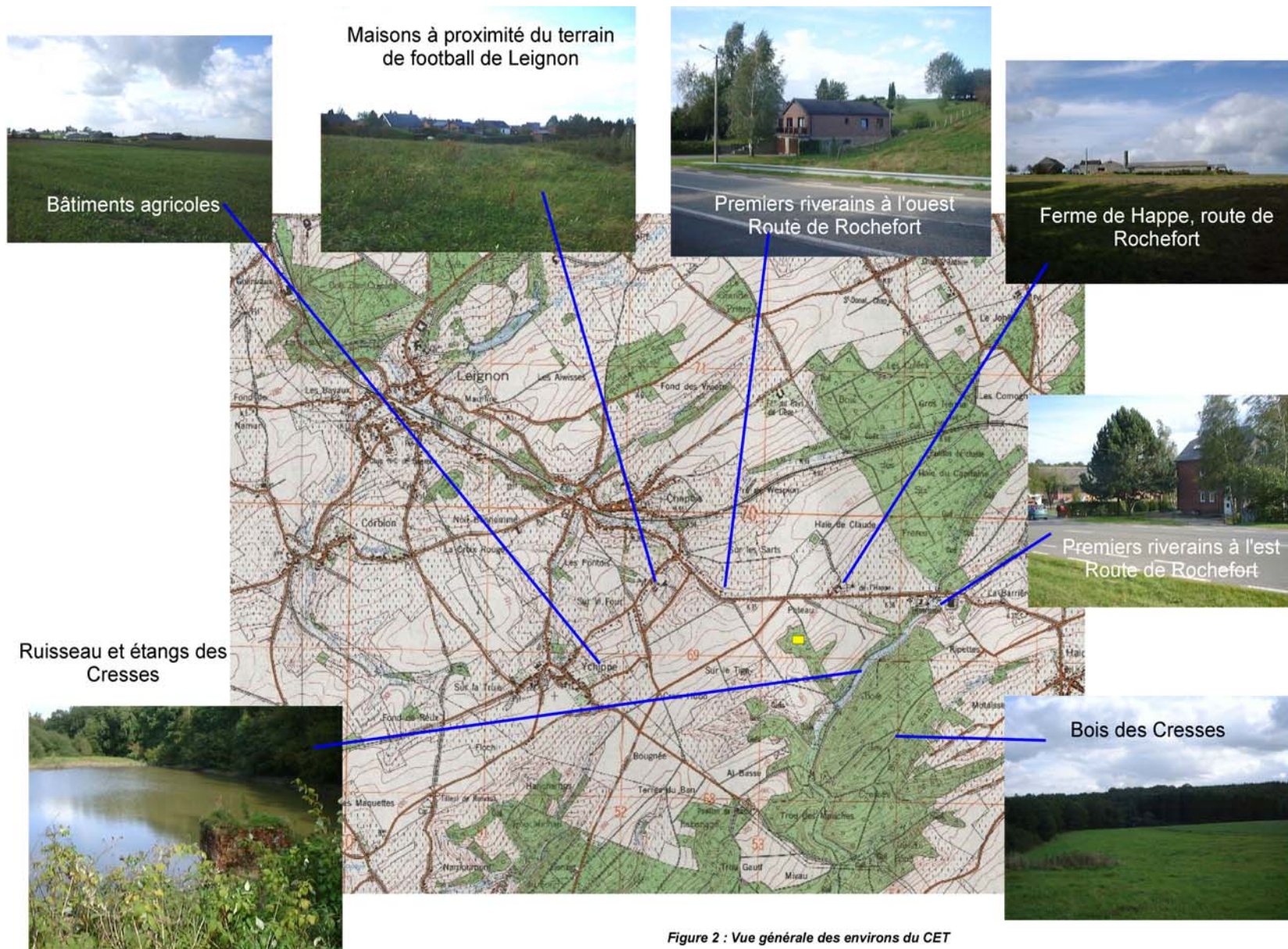
Le Sud-Est est occupé par le bois des Cresses, traversé par le ruisseau des Cresses qui s'élargit en prenant la forme d'étangs. Ce ruisseau est un site de grand intérêt biologique. Aucune maison n'est rencontrée dans cette direction à moins de 2500 mètres.

Le site du CET est bordé à l'Ouest et au Sud par une petite route qui rejoint elle-même la rue Croix Hubo, vers l'Ouest, au lieu-dit "Sur le Tige". Dans cette direction, on trouve le hameau de Ychippe, à 1700 m de la cellule exploitée et, plus près, quelques bâtiments agricoles, rue Croix Hubo, à environ 1150 m du site.

Enfin, une groupe de maisons est situé tout à fait à l'Ouest, rue de Bidet, à proximité du terrain de football du "RJS Leignon". Les bâtiments les plus proches dans cette direction sont à 1100 mètres.

Les vents dominants d'origine Sud-Ouest amènent l'odeur sur la ferme de Happe et sur les habitations le long de la route de Rochefort au Nord-Est, soit une petite dizaine de maisons tout au plus. Ceux d'origine Nord-Est transportent le panache odorant dans une direction où il n'y a pratiquement aucune habitation.

A première vue donc, le site du CET semble idéalement placé pour éviter toute nuisance olfactive excessive pour les riverains.



La figure 3 "zoome" sur le site du CET.

La cellule en exploitation au moment de la mesure d'odeur est dans la zone de la "phase II-2" (identifiée "B" sur la figure). Elle est centrée approximativement aux coordonnées Lambert $x=205.800$ km, $y=104.964$ km, mais sa localisation exacte varie de jour en jour.

L'espace identifié "A" correspond en réalité à deux zones de versage (phases I et II.1), actuellement réhabilitées. Quant à l'espace "C", il est réservé pour une future extension.

Le système anti-fuite en fond de CET se compose d'une double étanchéité (argile+géomembranes). Les lixiviats sont repris par un réseau drainant et acheminés vers la station d'épuration au Sud du CET, en transitant d'abord par un bassin d'aération et ensuite par un bio-réacteur où se déroulent la dégradation et l'oxydation de la pollution.

Le biogaz est lui aussi récupéré par un réseau de collecte et est soit brûlé dans une torchère, soit orienté vers un moteur pour fabriquer de l'électricité. A Happe-Chapois, 12 puits de dégazage ont été forés dans la masse de déchets localisés au niveau des phases I et II.1. Leur profondeur varie de 7 à 22 m. Un réseau de puits est également opérationnel sur la zone actuellement exploitée.

Les camions, au rythme de 2 à 8 par heure à l'époque et au moment de nos mesures, arrivent par le Nord-Ouest du site, en venant de la route de Rochefort, après avoir traversé le village de Chapois-Leignon et s'engagent dans le chemin d'accès ménagé à l'Est du CET.

Ils sont pesés au pont bascule, à l'entrée du CET, puis déversent leur contenu sur la zone de versage et reviennent par le même chemin.

Ils ne font pas l'objet d'un nettoyage avant leur sortie.

L'exploitant ne met en œuvre aucune mesure particulière de lutte contre les odeurs, comme le recouvrement journalier des déchets ou l'application de produits spécifiques anti-odeurs.

Sur la cellule en activité, un compacteur-épandeur à roues de pieds de mouton, muni de couteaux hacheurs et un bulldozer sur chenille assurent l'épandage et le broyage des déchets amenés.

Le CET de Happe-Chapois reçoit une partie du solde des déchets ménagers et/ou industriels non dangereux de la province de Namur qui n'ont pas été dirigés vers Mont-saint-Guibert.

La station météo de l'équipe de suivi était placée au point le plus élevé de la zone "A" de la figure 3, dans la zone réhabilitée qui surplombe la surface de versage. Elle était placée à proximité immédiate de la station météo de l'exploitant, ce qui assurait la disponibilité de données de réserve en cas de panne de notre matériel.

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.

- Le principal constat au sujet des odeurs générées par le CET de Happe-Chapois est la grande étendue de la zone de perception olfactive en regard de la faible activité sur le site, par rapport à d'autres CET. En général, seuls quelques camions de faible tonnage arrivaient sur le site durant nos mesures et pourtant les observateurs devaient parfois se déplacer de presque 1 km avant de ne plus percevoir l'odeur de déchets. Nous examinerons plus loin les causes possibles de cette particularité du CET de Happe-Chapois.
- Un riverain nous a même confié que l'odeur de déchets était régulièrement perçue dans le village d'Ychippe, situé vers l'Ouest du site, à plus de 1700 mètres de la zone de déversement, dans certaines conditions météorologiques, en matinée ou avant la pluie.
- Comme pour les autres CET, l'odeur de déchets est surtout perceptible au moment de leur épandage et de leur compactage, opérations qui libèrent beaucoup de composés volatils propres aux déchets. Les engins n'ont jamais cessé de travailler lors de nos visites, ce qui peut en partie justifier une quasi permanence de l'odeur.
- L'odeur perçue aux alentours du CET a toujours été celle des déchets frais: pratiquement aucune odeur de biogaz n'est perçue à l'extérieur du site.
- Vers le Nord-Est de l'exploitation, l'odeur de déchets pouvait se mélanger à celle de la porcherie. Néanmoins, ces deux odeurs étaient fort caractéristiques et pouvaient aisément être différenciées.

La suite de ce rapport concerne essentiellement les odeurs de déchets frais.

Observations quantitatives

Protocole

La campagne de mesure s'est déroulée sur neuf semaines, entre le 17 août et le 14 octobre 2004, généralement en début d'après-midi, ce qui correspond à des périodes d'activité normale du CET.

L'équipe de mesure s'est rendue 10 fois sur le terrain, respectivement le 17/8, le 24/8, le 1/9, le 9/9, le 10/9, le 16/9, le 21/9, le 29/9, le 7/10 et le 14/10.

L'époque était particulièrement propice aux vents du secteur Sud-Sud-Ouest, comme le montre la rose des vents représentée sur la figure 4. Nous n'avons jamais rencontré de vent du secteur Nord au cours de nos journées d'observations. Remarquons également le pourcentage important de vents assez forts, de vitesse située entre 5.5 et 8 m/s, en provenance du Sud-Ouest, conduisant l'odeur assez loin vers le Nord-Est du CET.

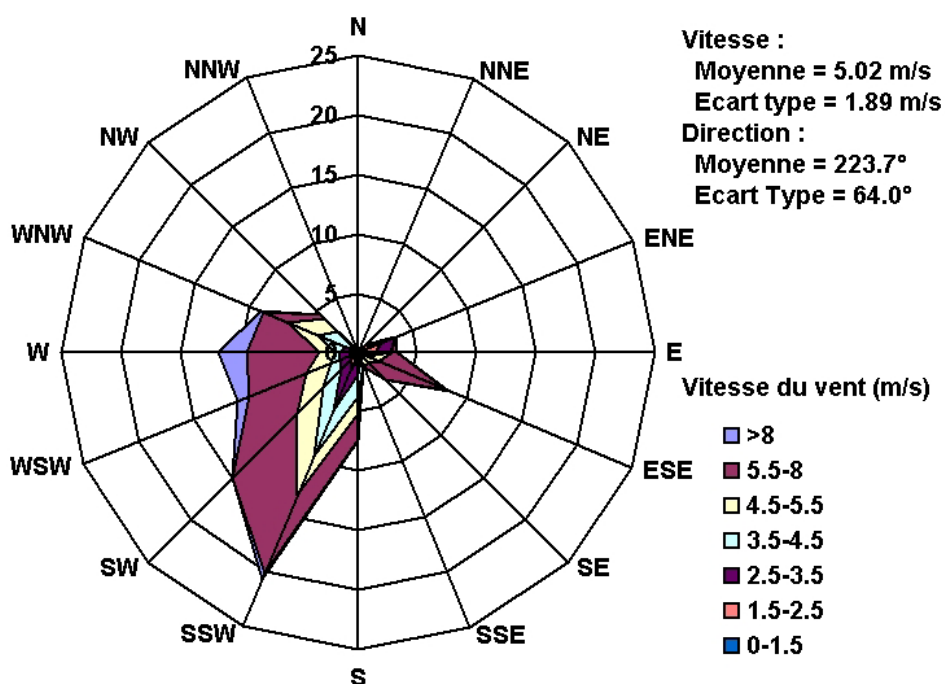


Figure 4 : Rose des vents caractéristique de l'époque de mesure

Ces conditions sont assez bien représentatives des vents dominants dans la région, ce qui rend légitime les résultats de la 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, démontée en fin de mesure et les données stockées toutes les 30 secondes étaient vidangées lors du retour à Arlon. Le gestionnaire était prévenu de notre visite. Compte tenu de la distance de perception assez importante et malgré la facilité d'accès (terrain dégagé), le traçage d'odeur durait relativement longtemps, entre 60 et 80 minutes.

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.

Au fil des visites, différentes zones d'épandage furent utilisées. Nous les avons simulées par des polygones de localisations, de dimensions et de forme variables en fonction des conditions réelles de la parcelle exploitée au moment de la mesure (délimitée à chaque visite par des repérages GPS),

leurs surfaces variant grosso modo de 700 à 1250 m² et leur centre moyen étant situé aux coordonnées Lambert x=205650 m et y=104875 m (voir figure 5). Néanmoins, le débit d'odeur déterminé par ajustement avec les mesures à l'immission peut être considéré comme un débit diffus global, qui tient compte à la fois de la zone de déversement et des camions arrivant sur le site. En d'autres termes, la valeur de flux surfacique (en uo/m².s) n'est pas réellement significative dans le cas présent : le débit global (en uo/s) est plus représentatif du débit réel d'odeur de déchets du CET. Les résultats furent ensuite présentés sur fond de carte IGN dans ArcView.

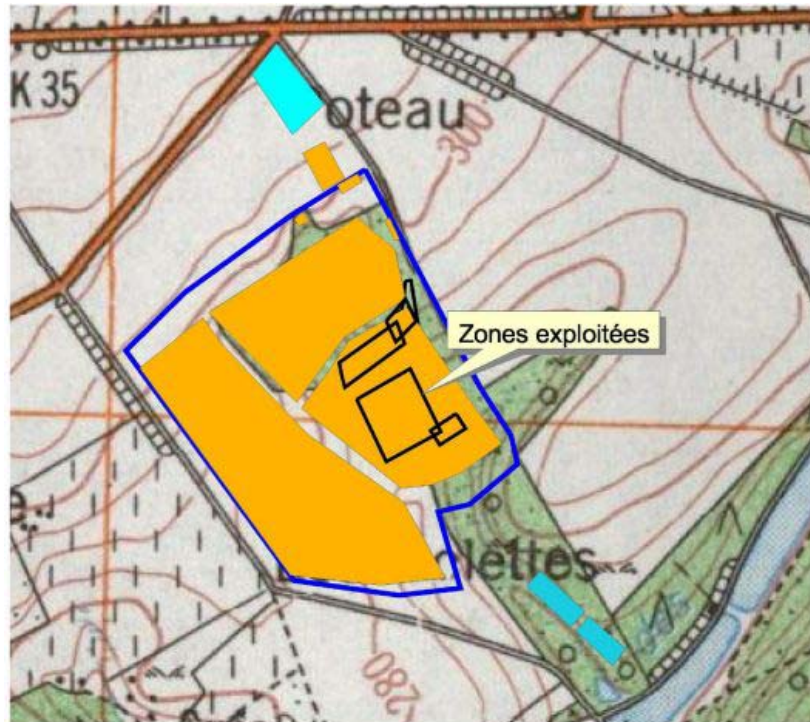


Figure 5 : Diverses localisations et formes des zones exploitées au cours de la campagne

Résultats

Les figures 6 à 15 montrent les courbes limites ajustées par le modèle (en rouge). Sur les mêmes figures sont indiqués les endroits où l'odeur de déchet a été détectée (cercles en vert foncé ou cercles en vert clair pour les bouffées légères) et les endroits "sans odeur" (croix dans un carré brun).

La rose des vents est présentée pour chaque cas.

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 le schéma.

Mardi 17 août 2004 (13h45 - 15h00)

Ciel nuageux, période de pluie en préparation
 Vent de Sud/Sud-Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 3.8 m/s
 Température : 23°C
 Radiation moyenne : 315 W/m²
 Pression : 980 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic :
 3 camions pendant la période de mesure

Etalement des déchets sur le site. Odeur perçue jusqu'au coin du bosquet situé au Nord du CET.

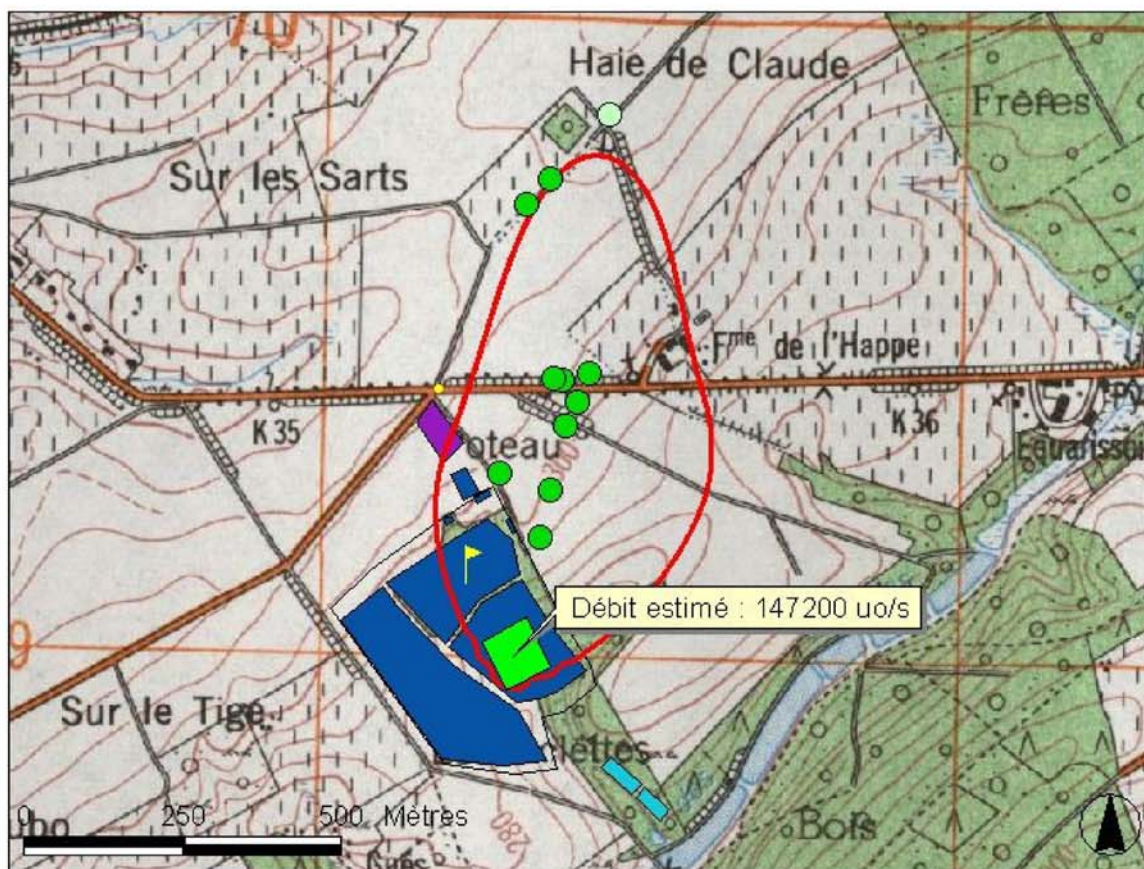
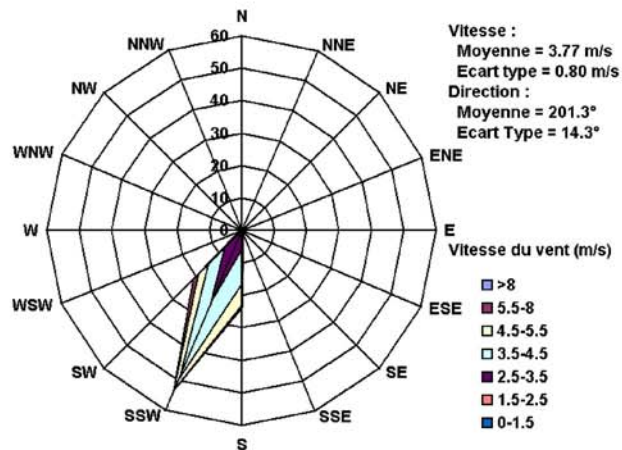


Figure 6 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 17 août 2004

Mardi 24 août 2004 (14h00 - 15h15)

Ciel nuageux
 Vent du Sud-Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 5.6 m/s
 Température : 19.7°C
 Radiation moyenne : 631 W/m²
 Pression : 982 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic :
 10 camions pendant la période de mesure

Etalement des déchets sur le site. Odeur perçue jusqu'à la rangée d'arbres au Nord-Est du CET, de l'autre côté de la route.

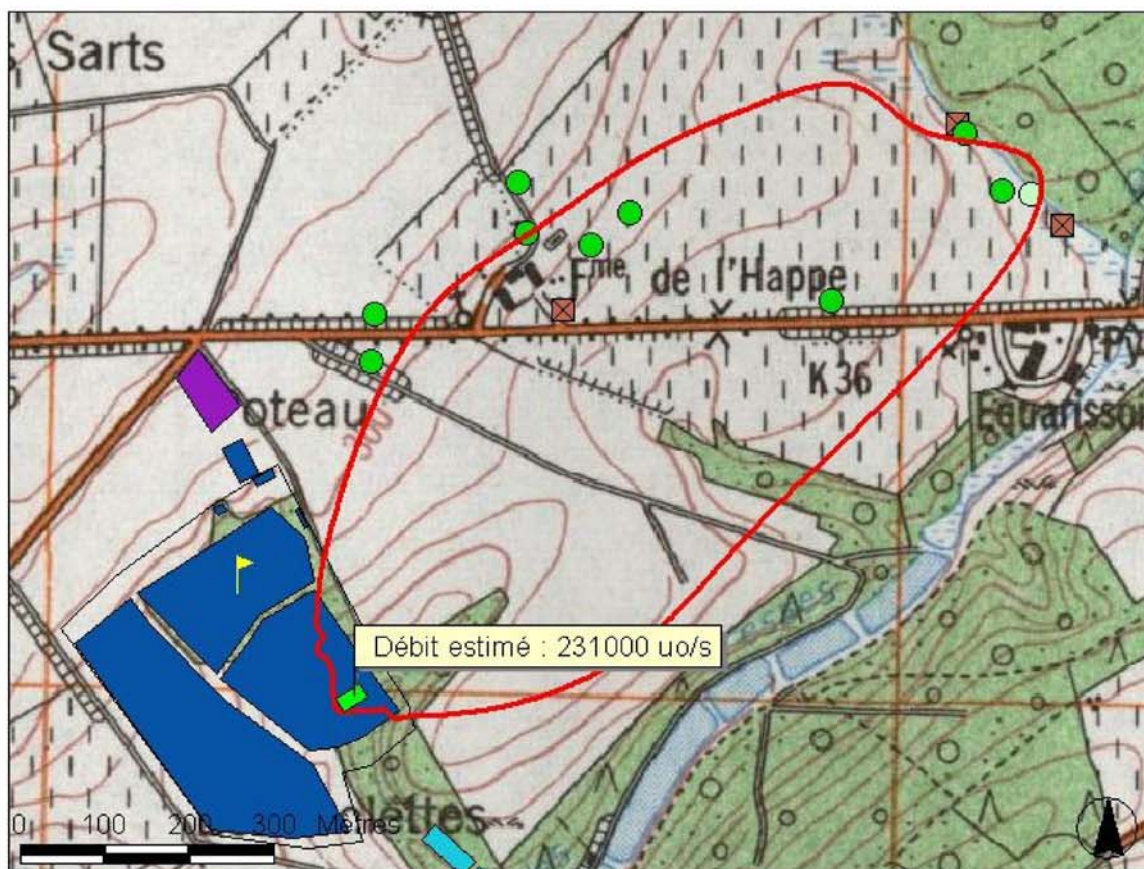
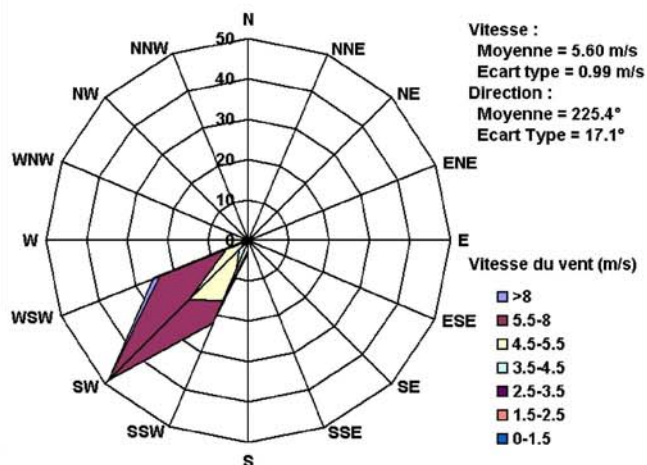


Figure 7 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 24 août 2004

Mercredi 1er septembre 2004 (13h40 - 14h45)

Ciel peu nuageux
 Vent d'Ouest- Sud/Sud-Ouest
 de direction variable
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 2.5 m/s
 Température : 24.4°C
 Radiation moyenne : 614 W/m²
 Pression : 987 hPa
 Classe de stabilité : B

Trafic :
 3 camions pendant la période de mesure

Etalement des déchets sur le site.
 Pas de direction du vent constante,
 donc dispersion du nuage.

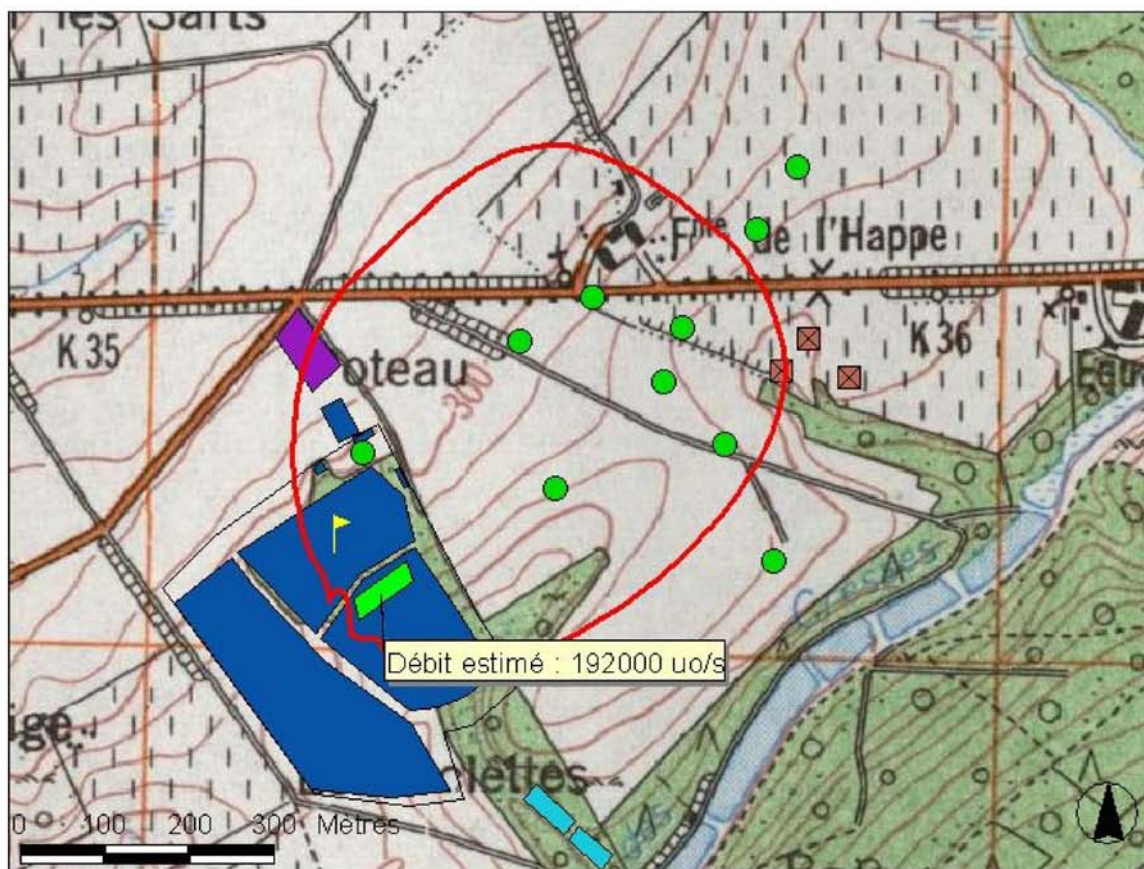
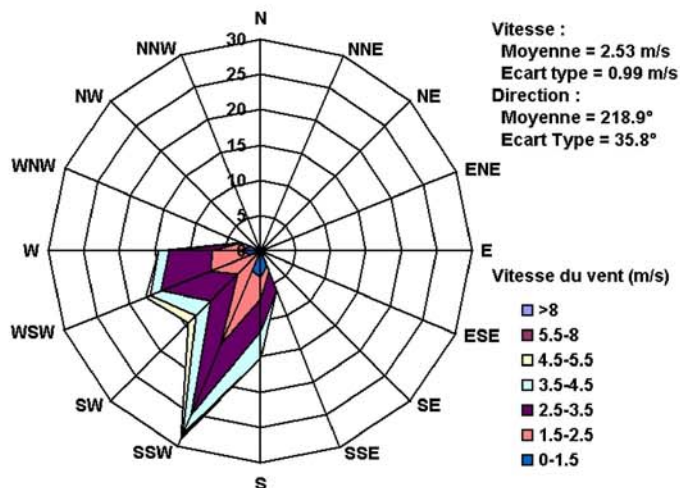
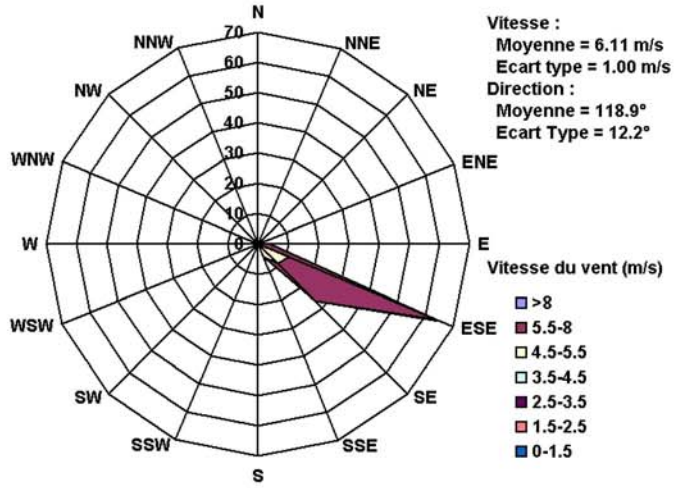


Figure 8 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 1^{er} septembre 2004

Jeudi 9 septembre 2004 (14h40 - 15h50)

Ciel dégagé
 Vent de l'ESE modéré
 Conditions moyennes :
 Origine du vent 120°
 Vitesse du vent : 6.1 m/s
 Température : 25.8°C
 Radiation : 724.5 W/m²
 Pression : 992 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 3 camions pendant la période de mesure



Forte odeur de déchets frais.
 D'après un habitant, l'odeur est régulièrement perçue au village d'Ychippe en matinée ou avant une pluie

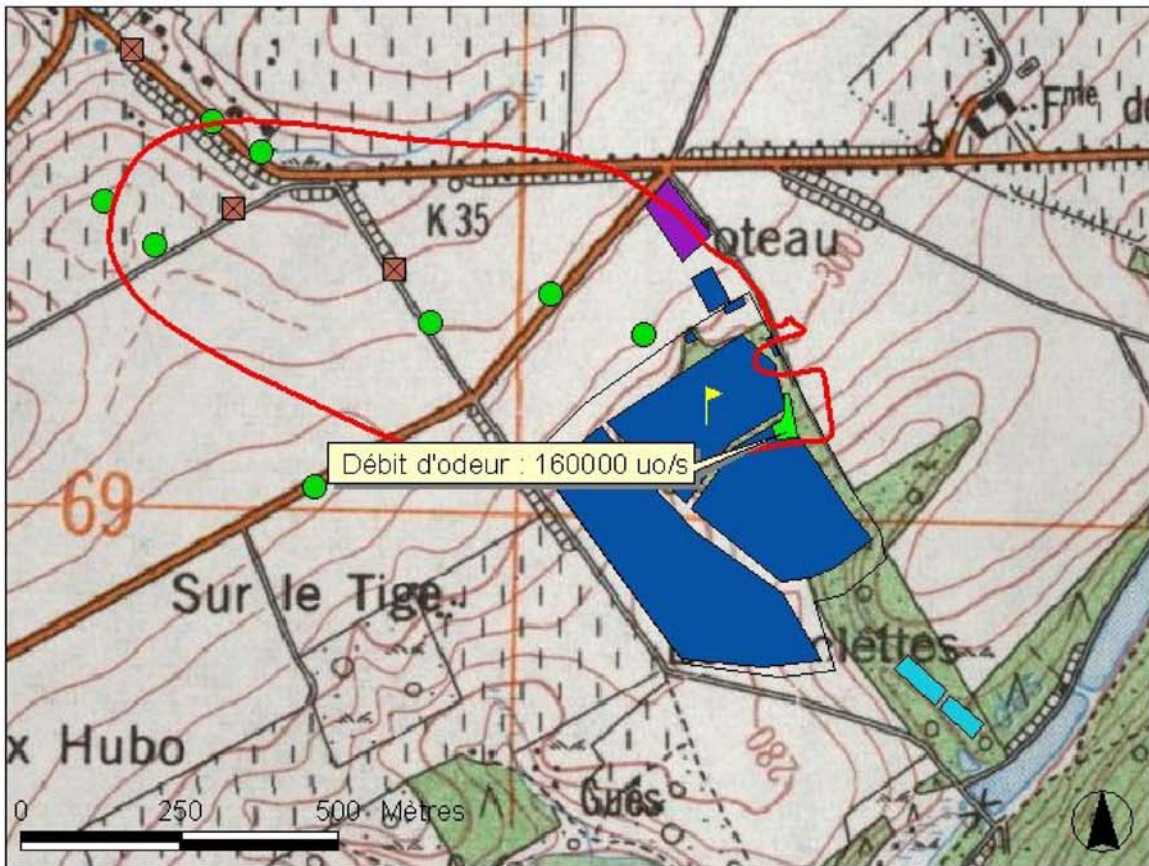


Figure 9 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 9 septembre 2004

Vendredi 10 septembre 2004 (14h15 - 15h15)

Ciel dégagé
 Vent du SSW, bourrasques
 Conditions moyennes :
 Origine du vent 200°
 Vitesse du vent : 6.35 m/s
 Température : 27.6°C
 Radiation : 663 W/m²
 Pression : 986.7 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 2 camions pendant la période de mesure

Forte odeur de déchet à proximité
 du site. Plus loin, perception ressentie
 uniquement pendant les coups de vent

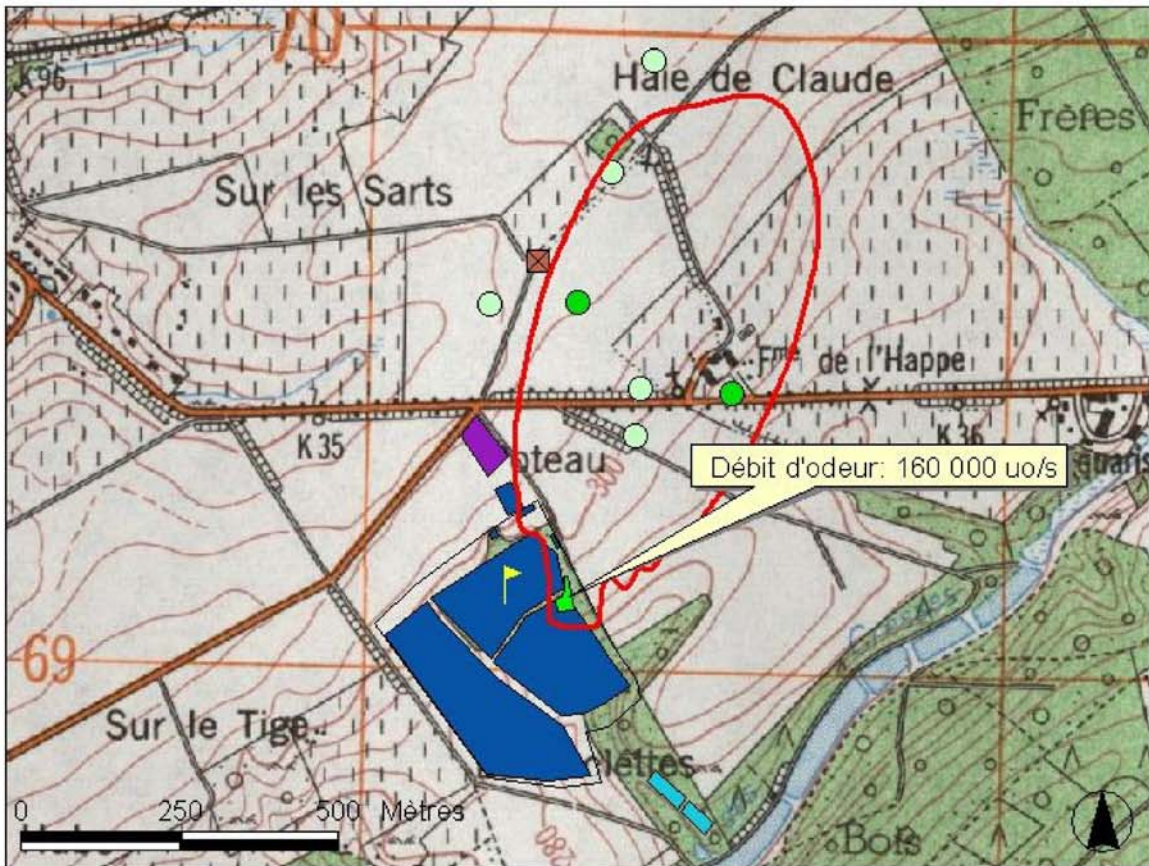
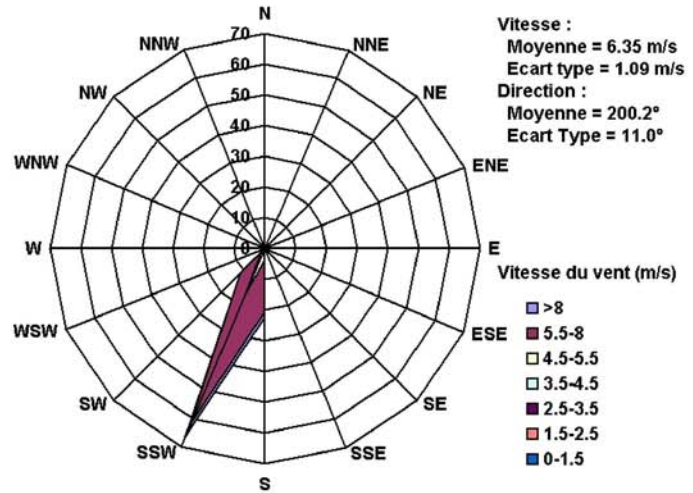


Figure 10 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 10 septembre 2004.

Jeudi 16 septembre 2004 (14h15 - 15h15)

Ciel dégagé
 Vent d'Est/Nord-Est
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 2.2 m/s
 Température : 21.3°C
 Radiation moyenne : 697 W/m²
 Pression : 992 hPa
 Classe de stabilité : B

Trafic :
 3 camions pendant la période de mesure

Etalement des déchets sur le site. Odeur perçue dans la pâture située à l'Ouest du CET, de l'autre côté de la route conduisant à la station d'épuration.

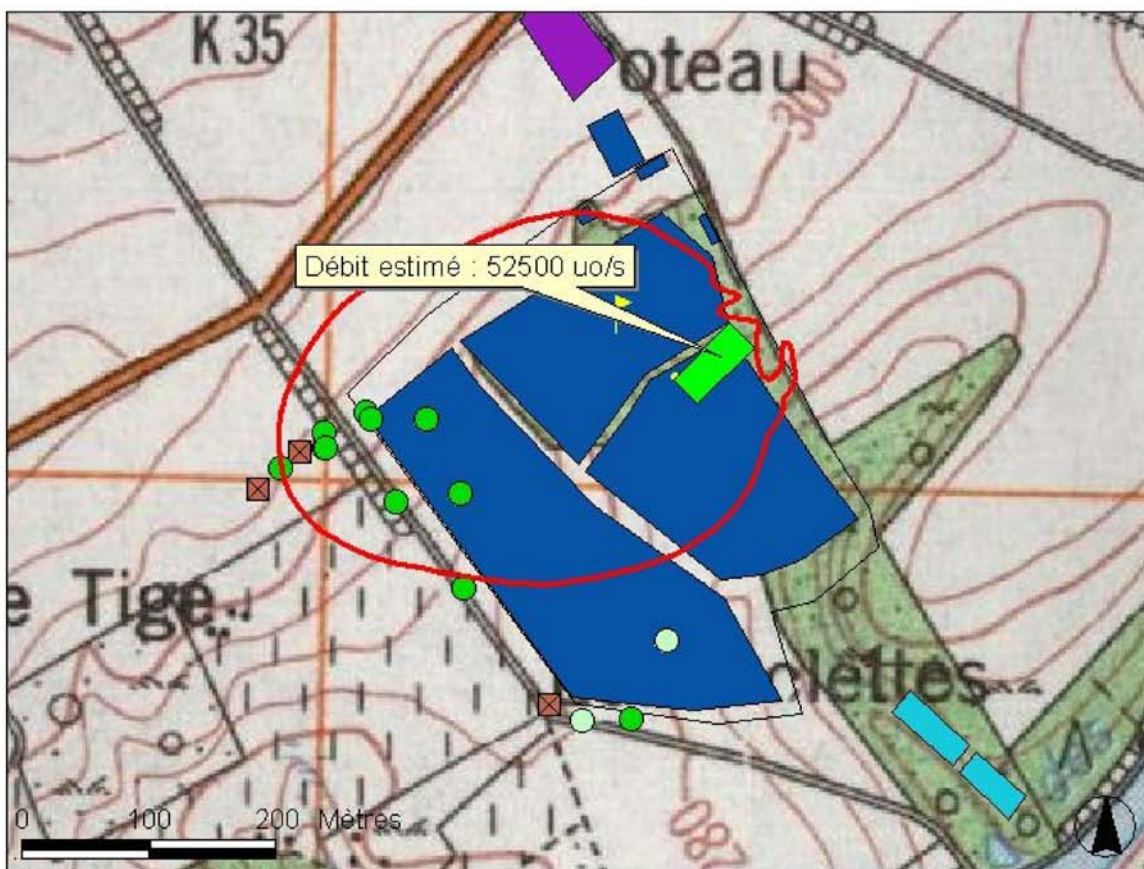
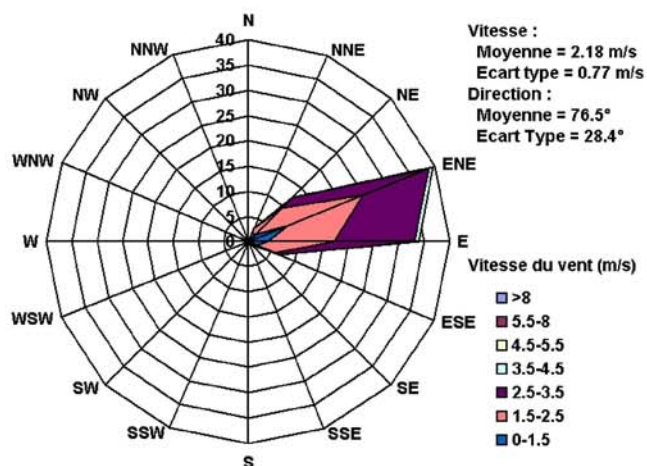
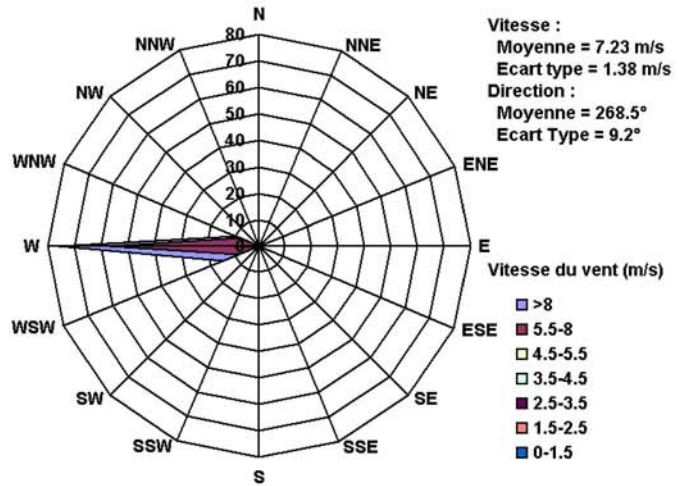


Figure 11 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 16 septembre 2004

Mardi 21 septembre 2004 (14h25 - 15h45)

Ciel dégagé
 Vent d'ouest, assez fort
 Conditions moyennes :
 Origine du vent : 269°
 Vitesse du vent : 9.2 m/s
 Température : 17.1°C
 Radiation : 437.8 W/m²
 Pression : 987 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 2 camions pendant la période de mesure



Forte odeur de déchets frais.

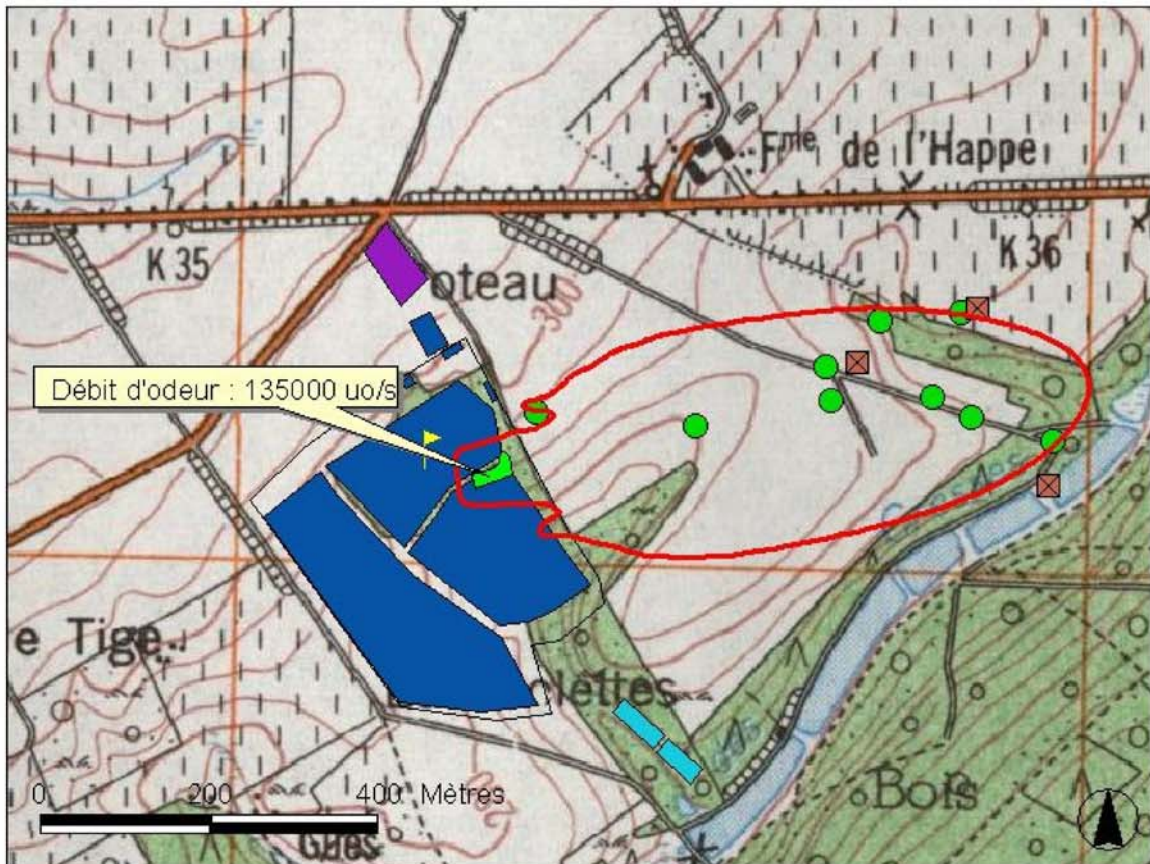


Figure 12 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 21 septembre 2004

Mercredi 29 septembre 2004 (13h40-15h00)

Ciel nuageux, mais éclaircies
 Vent d'Oues/Nord-Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 4.5 m/s
 Température : 18.9°C
 Radiation moyenne : 513W/m²
 Pression : 987 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic :
 3 camions pendant la période de mesure

Etalement des déchets sur le site.
 Limite de perception à proximité des étangs situés non loin de la station d'épuration.

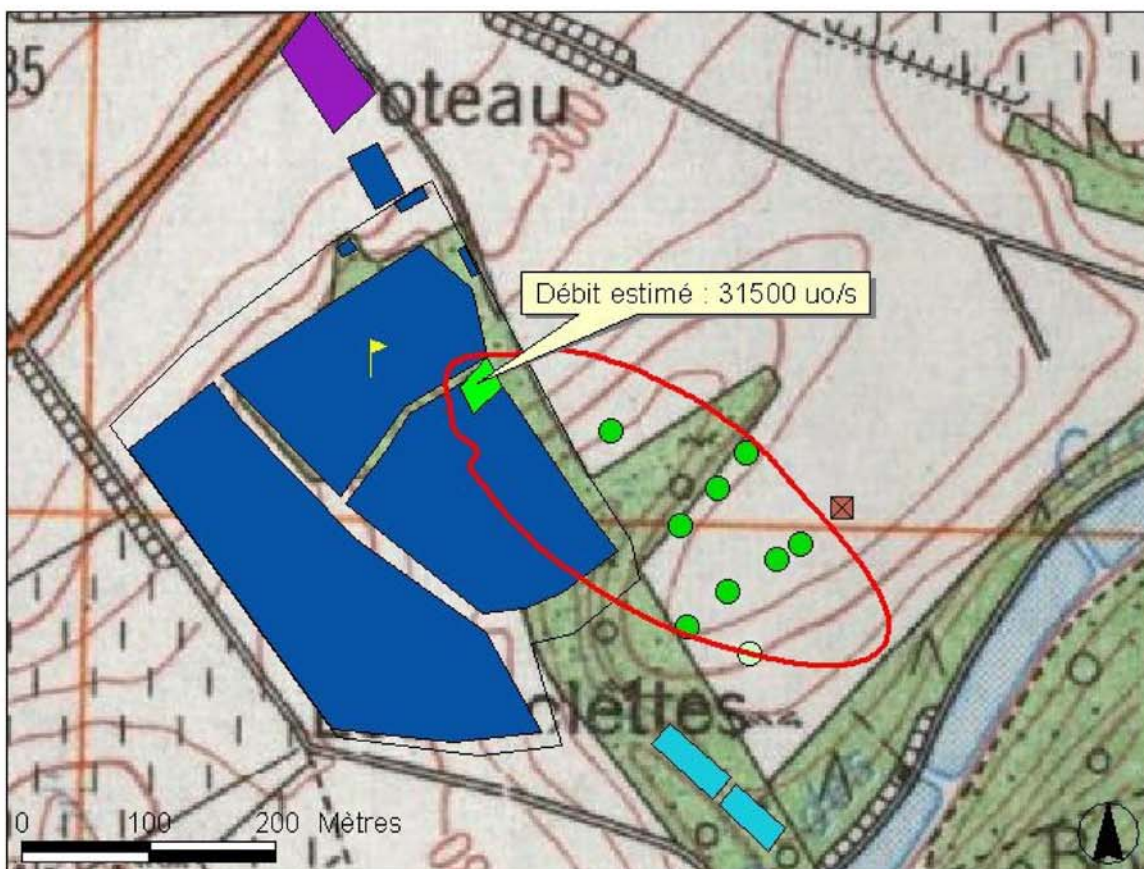
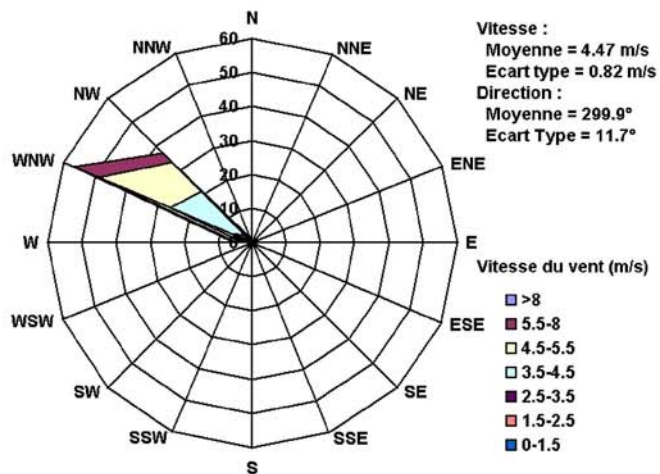


Figure 13 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 29 septembre 2004

Jeudi 7 octobre 2004 (13h30 - 14h30)

Ciel couvert à 75%
 Vent du SO-OSO faible
 Conditions moyennes :
 Origine du vent 234°
 Vitesse du vent : 5.9 m/s
 Température : 15.9°C
 Radiation : 405.5 W/m²
 Pression : 988 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 2 camions pendant la période de mesure

Odeur de déchets frais. Vent fort, étalement des déchets pendant la période de mesure.
 Limite de perception dans le champ situé derrière la ferme de l'Happe, à hauteur de la porcherie.

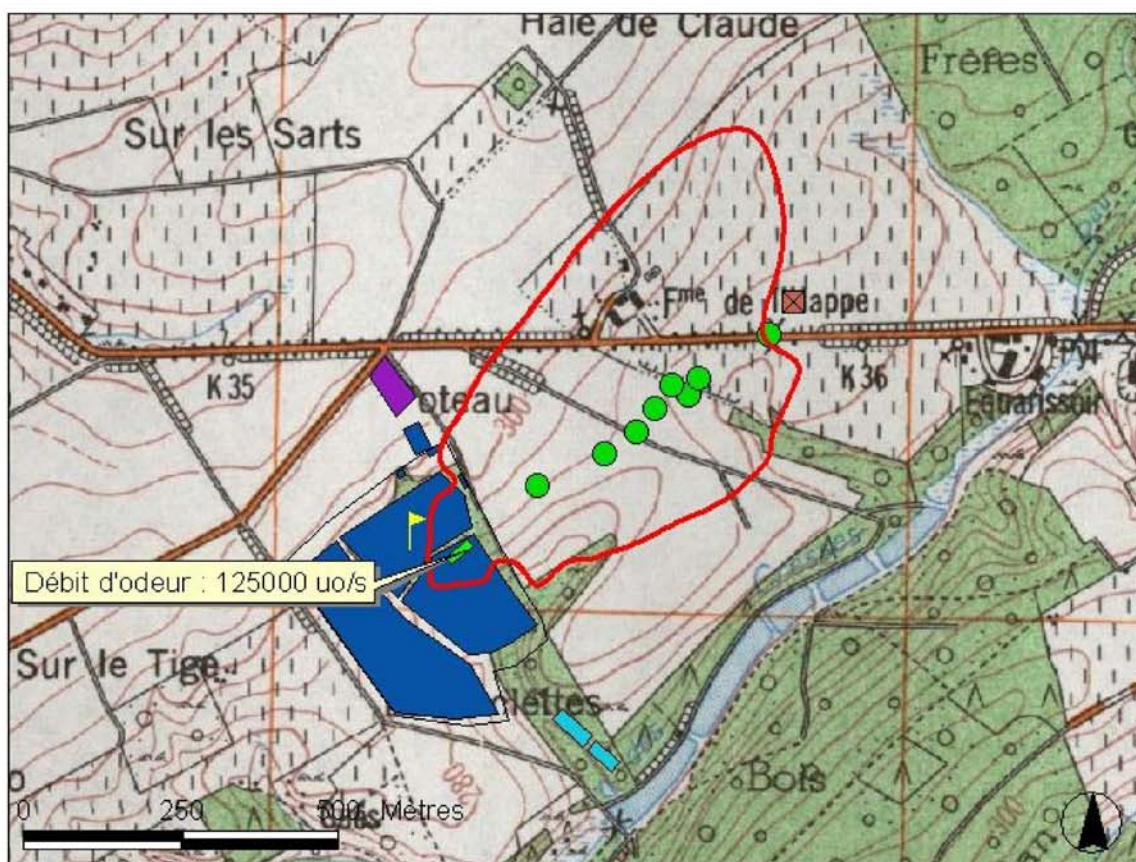
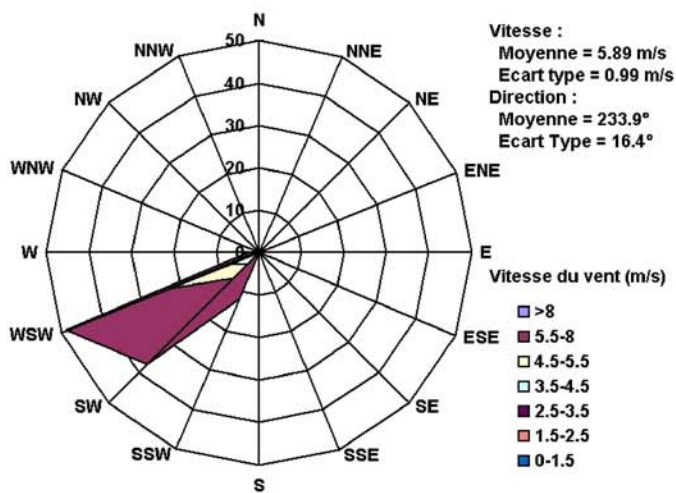


Figure 14 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 7 octobre 2004

Jeudi 14 octobre 2004 (12h25 - 13h25)

Ciel couvert (à 98%)
 Vent du SSW moyen à fort
 (par bourrasques)
 Conditions moyennes :
 Origine du vent 200°
 Vitesse du vent : 5.7 m/s
 Température : 12.5°C
 Radiation : 147 W/m²
 Pression : 1100 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 3 camions pendant la période de mesure

Fort odeur de déchet frais,
 perçue jusqu'au-delà du petit bois situé
 au NNE du CET, parfois par bouffées
 (bourrasques). Epaisseur du nuage
 d'odeur moindre que celle du nuage
 modélisé.

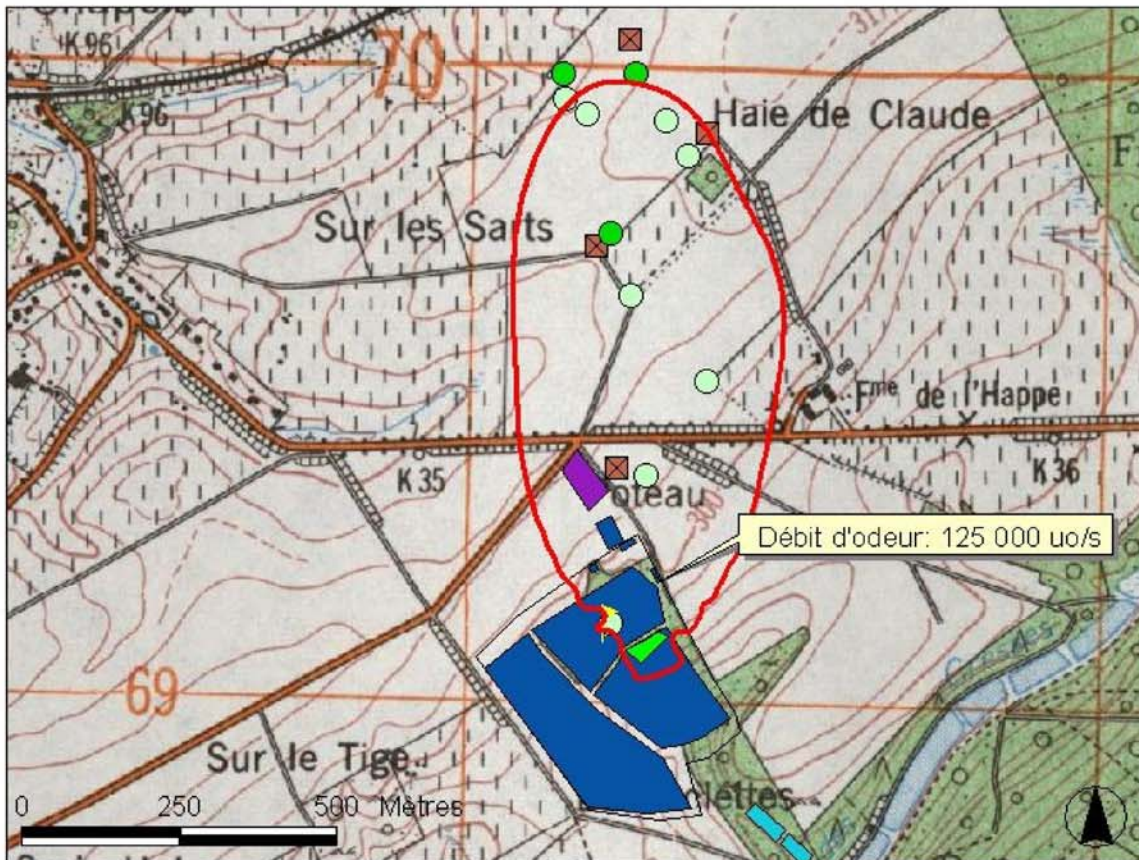
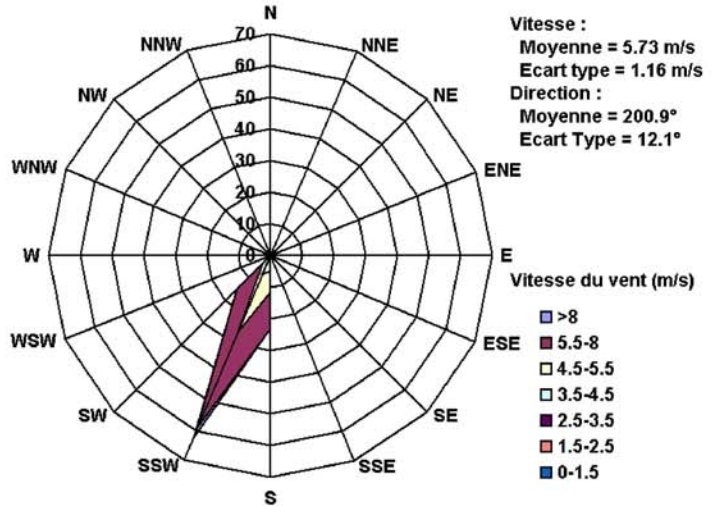


Figure 15 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 14 octobre 2004

Le tableau 1 synthétise les résultats obtenus.

Date	Direction du vent	Vitesse du vent (m/s)	Classe de stabilité	Distance max (m)	Flux de camions (camions/h)	Débit d'émission (uo/s)
17/08/04	201°	3.8	C	795	2.5	147 200
24/08/04	225°	5.6	C	980	8	231 000
01/09/04	219°	2.5	B	610	3	192 000
09/09/04	119°	6.1	D	850	3	160 000
10/09/04	200°	6.4	D	850	2	160 000
16/09/04	77°	2.2	B	350	3	52 500
21/09/04	269°	7.2	D	715	1.5	135 000
29/09/04	300°	4.5	C	375	2.5	31 500
07/10/04	234°	5.9	D	800	2	125 000
14/10/04	201°	5.7	D	910	3	125 000

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

L'entièreté de ces 10 observations a pu être exploitée.

La gamme de valeurs pour ces dix observations s'étend de 31 500 uo/s à 231 000 uo/s. La moyenne du débit d'émission est de 135 920 uo/s et l'écart-type est de 59 230 uo/s, soit un intervalle de confiance à 95% de probabilité de [99 210,172 630].

Comme on le constate, plus encore que pour les autres CET étudiés, les valeurs de débits estimés sont très étendues, puisqu'elles varient pratiquement d'un ordre de grandeur entre le débit mesuré le 29/9 et celui du 24/8.

La question qui vient immédiatement à l'esprit est: qu'est-ce qui justifie une telle différence de débit entre ces deux mesures extrêmes ?

Dans le cas présent, comme les conditions météorologiques étaient assez proches, il pourrait simplement s'agir du tonnage de déchets versés durant la période de mesure. Il y avait en effet 3 fois plus de camions le 24 août que le 29 septembre.

Comparons alors la journée du 29/9 avec celle du 17/8, pour laquelle nous observons également une distance de perception et donc un débit très importants, mais cette fois, avec un tonnage assez équivalent à celui du 29/9.

Le 29/9, le ciel était nuageux, bien qu'il y ait eu de larges éclaircies durant la mesure. Les engins étalaient les déchets. Le vent soufflait de l'Ouest/Nord-Ouest avec une vitesse de 4.5 m/s. La température était de 18.9°C, l'ensoleillement de 513 W/m² et la pression atmosphérique de 987 hPa. La classe de stabilité moyenne était "C" et il y a eu 3 camions pendant 1h20. Les écarts-types de la vitesse et de la direction du vent sont respectivement de 0.82 m/s et 11.7°. L'odeur s'étendait jusqu'à une distance de 375 mètres, à la limite du petit bois vers le Sud-Est.

Le 17/8, le ciel était couvert, une zone de pluie était en préparation. Les engins travaillaient également. Le vent soufflait du Sud/Sud-Ouest avec une vitesse de 3.8 m/s. La température était de 23°C, la radiation solaire de 315 W/m² et la pression atmosphérique de 980 hPa. Comme le 29/9, la classe de stabilité moyenne était "C" et il y a eu 3 camions pendant 1h15 de mesure. Les écarts-types de la vitesse et de la direction du vent sont respectivement de 0.8 m/s et de 14.3°. L'odeur, cette fois s'étendait jusqu'à une distance de 795 mètres, soit le double de la distance du 29/9, mais vers le Nord.

En bref, les conditions étaient fort similaires pour les deux journées, si ce n'est l'orientation du vent et donc du panache. Il est fort probable que, pour ces conditions météorologiques, la distance "normale" correspondant au seuil de perception en terrain libre soit plus proche de 795 m que de 375 m. Mais

les obstacles locaux, comme le bois dans ce cas-ci, peuvent modifier la propagation du panache: soit l'arrêter, soit le dévier ou tout au moins en diminuer l'intensité.

Evidemment, la présence ou l'absence d'obstacles ne justifient pas à elles seules les variations du débit d'odeur estimé: celui-ci évolue également en fonction du type de déchets, de leur quantité et de leur manipulation. Cela justifie la multiplication des journées de mesures de terrain, afin de rencontrer le plus grand nombre possible de conditions d'émission et de dispersion du panache.

Il faut néanmoins faire remarquer que les résultats de Happe-Chapois confirment ce que nous avons déjà observé par le passé pour les autres sites: le débit d'odeur n'est que faiblement corrélé au tonnage de déchets, représenté ici par le nombre de camions par heure (coefficient de corrélation de 0.52). Ceci montre une fois de plus que le tonnage de déchets est loin d'être le seul paramètre intervenant dans la distance de perception de l'odeur et que l'activité d'épandage et de broyage des déchets était celle qui générerait essentiellement l'odeur.

Comme pour les autres CET, considérons néanmoins le débit d'odeur moyen, de 135 920 uo/s comme débit d'odeur "typique" du CET de Happe-Chapois. Par rapport aux débits estimés lors de nos autres campagnes de mesure, ce débit est très élevé, mais il correspond effectivement à l'impression ressentie lors de nos mesures. Le chapitre suivant tente d'expliquer cette valeur élevée.

Sur base de ce débit moyen d'émission déterminé, nous pouvons extrapoler les courbes de perception olfactive au climat moyen du site. L'extrapolation a été réalisée en considérant une zone de déversement de 1000 m², située en position assez "moyenne" par rapport à l'ensemble des zones observées et en introduisant dans le modèle le climat moyen de Sinsin, situé à 9.5 km à vol d'oiseau à l'Est de Happe-Chapois. Ceci permet de dessiner les percentiles 95, 98 et 99.5 relatifs à la limite de perception (1 uo/m³) de l'odeur de déchet du CET (figure 16).

Nous fournissons en outre, en figure 17, une vue plus rapprochée de la zone délimitée par le percentile 98, 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).

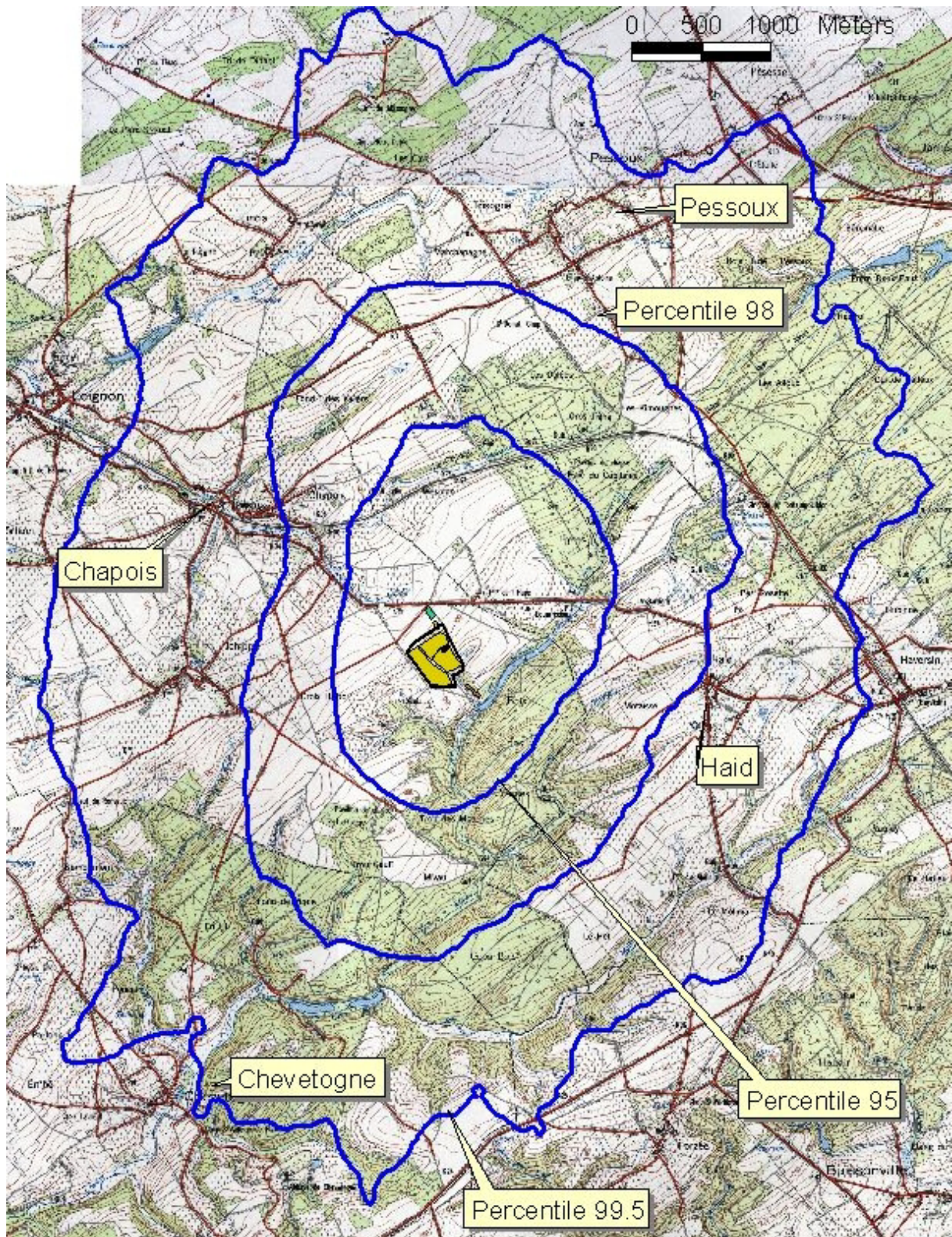


Figure 16 : Percentiles 95, 98 et 99.5 correspondant à 1 uo/m^3 et au climat annuel moyen

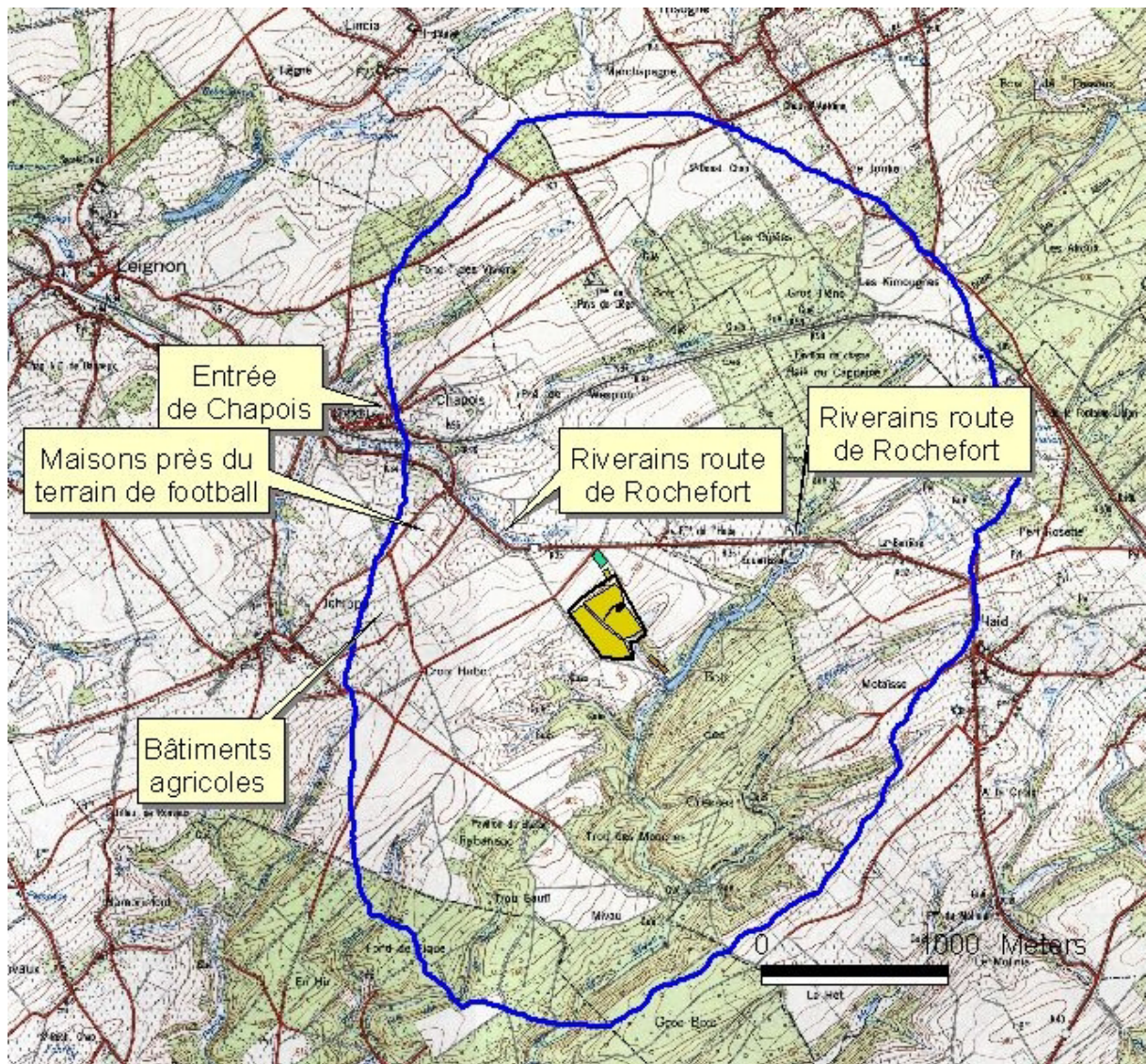


Figure 17 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m³ et au climat annuel moyen

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) dont le grand axe vaut environ 4800 m et le petit axe 3200 m. Globalement, donc, le percentile s'étend jusqu'à une distance maximum d'environ 2400 m à partir de la source, soit une distance pratiquement double par rapport à celle de la plupart des CET analysés jusqu'à présent.

Heureusement, il n'y a pas beaucoup de riverains potentiellement gênés par l'odeur de déchets. Il s'agit essentiellement des riverains proches, sur la route de Rochefort (dont la ferme de Happe), ainsi que les habitants des maisons situées près du terrain de football de Leignon et les bâtiments agricoles à l'Ouest. Le Sud du CET n'est occupé que par des bois, quant au Nord, il n'y a que peu d'habitations, excepté l'une ou l'autre ferme.

Par contre, si nous examinons le percentile 99.5, nous constatons que l'odeur peut tout à fait exceptionnellement 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.

Tentative d'explication de la valeur importante du débit d'odeur

Comme nous l'avons signalé plus haut, la distance maximale de perception olfactive, et en conséquence le débit d'odeur estimé, semblent anormalement élevés en regard de l'activité modérée sur le site de Happe-Chapois. Quelles pourraient être les raisons de telles valeurs élevées ?

Une première impression des observateurs était que le vent était davantage "canalisé" par rapport aux autres sites, c'est-à-dire que la direction du vent changeait peu durant la mesure, ce qui aurait pu justifier un panache plus étroit et plus allongé.

En réalité, l'écart-type de la direction du vent n'est pas plus faible à Happe-Chapois que sur les autres sites. Par ailleurs, le débit d'odeur estimé n'est que très faiblement corrélé avec cet écart-type (coefficient de corrélation $r=0.15$ seulement pour l'ensemble des 80 mesures déjà réalisées sur les CET). L'impression d'un panache pointu est probablement due à l'étendue très vaste de terrains plats et accessibles autour du CET, ce qui relativise la zone de perception olfactive.

Par contre, il est certain que la vitesse du vent est sensiblement plus importante que sur les autres sites, avec près de 5 m/s en moyenne et un intervalle de valeurs allant de 2.2 à 7.2 m/s, contre par exemple une valeur moyenne de 2.8 m/s à Mont-Saint-Guibert en 2002. La vitesse de 7.2 m/s de Happe-Chapois est d'ailleurs la plus élevée jamais observée durant nos campagnes.

Cela peut évidemment expliquer que l'observateur doive se déplacer relativement loin dans la direction du vent avant de ne plus percevoir l'odeur. Théoriquement cependant, le modèle devrait intégrer la vitesse du vent dans l'évaluation de la distance. Donc, inversement, si l'émission est la même pour deux vitesses de vent très différentes, les distances de perception seront certes différentes, mais les 2 débits d'odeur déduits devraient être identiques.

Dans ce cas, le modèle bi-gaussien employé pourrait éventuellement être incriminé. Il est vrai que, sur les 80 mesures réalisées jusqu'à présent sur les CET, le débit d'odeur présente une légère tendance croissante lorsque la vitesse du vent augmente. Cependant, cette tendance n'est pas très marquée et le coefficient de corrélation entre les deux variables reste réduit ($r=0.37$).

Les vents forts semblent être une caractéristique de la région. Par ailleurs, le site est relativement plat et bien dégagé et donc, sans obstacle à la propagation.

Remarquons qu'une telle constatation peut éventuellement poser problème pour le choix d'un site d'enfouissement de déchets. Généralement en effet, les sites plats, bien dégagés et bien ventilés sont préconisés. Mais si le site est plat, il n'y a pas d'obstacle et donc aucune turbulence, ce qui entraîne une dispersion moins efficace. L'odeur peut alors se retrouver beaucoup plus loin que sur des sites moins dégagés.

L'important débit estimé est-il le résultat d'un problème inhérent à la méthode employée ?

Il est éventuellement possible que le modèle sous-estime légèrement l'influence de la vitesse du vent, mais ce n'est certainement pas la cause essentielle de cette importante valeur de débit d'odeur.

Ce débit correspond effectivement à des distances de perception particulièrement élevées : de 350 à 980 mètres (723 mètres en moyenne), alors que, pour les autres sites, la distance n'a jamais excédé 845 mètres (400 mètres en moyenne pour toutes les observations autres que celles de Happe-Chapois). Ces grandes distances sont le résultat d'observations réelles, et avec répétition.

Une méthode de mesure du flux d'odeur à la source sur déchets au repos n'aurait certainement pas fourni des distances aussi grandes. Le type de déchet n'est pas différent à Happe-Chapois que sur les autres sites. Au contraire, le faible tonnage en regard d'autres CET aurait plutôt comme conséquence de générer une odeur plus faible pour les déchets au repos.

Une modélisation sur base d'un débit d'odeur mesuré à la source aurait donc fourni des distances nettement sous-estimées par rapport à la réalité observée.

Ces grandes étendues du panache odorant sont confirmées par les riverains et par les autres observateurs en visite sur le site.

En plus du faible relief de son environnement, l'exploitation de Happe-Chapois se caractérise également par une manipulation plus intense de ses déchets. La surface de déversement est assez grande et les déchets, pourtant en assez faible quantité, sont retournés et broyés en permanence. Cela signifie qu'un même volume de déchets est manipulé plusieurs fois, ce qui favorise la libération de tous les composés volatils qu'il contient. Si on ajoute à cela qu'aucun système de recouvrement

des déchets par un matériau inerte n'est mis en œuvre sur le site, on peut expliquer le débit d'odeur important estimé lors de nos visites.

A titre de comparaison, lors d'une de nos visites (le 29 septembre), nous avons estimé le débit d'odeur de la porcherie située à proximité du CET. L'odeur était perçue jusqu'à une distance de 540 mètres à partir de la source. Par une méthode équivalente à celle décrite ci-dessus, nous avons estimé un débit d'odeur de 48 000 uo/s. Ce jour-là est précisément celui où nous avons estimé le plus faible débit d'odeur pour le CET (31 500 uo/s). Cependant, comme nous l'avons mentionné ci-dessus, cette faible estimation du débit d'odeur de déchets pourrait être imputable à l'obstacle créé par le bois au Sud-Est du CET. En général, lors de nos visites, le panache odorant dû aux déchets était bien plus étendu que celui dû à la porcherie.

Analyse physico-chimique

Comme nous l'avons fait pour les campagnes de Monceau-sur-Sambre^[7] et de Cour-au-Bois^[8], nous avons placé un appareil de prélèvement d'air à proximité immédiate de la zone de déversement du CET de Happe-Chapois dans le but d'identifier les principaux composés chimiques générés par les déchets.

Le prélèvement a été réalisé simultanément en parallèle sur deux cartouches adsorbantes, l'une en Tenax, particulièrement adapté au piégeage des composés dont le nombre d'atomes de carbone est supérieur à 6 et l'autre, en Tenax/Spherocarb, pour adsorber les plus petites molécules comportant de 3 à 6 atomes de carbone, et notamment le benzène. L'air ambiant a été prélevé par temps sec avec un débit de 185 ml/min pour la cartouche Tenax et 145 ml/min pour la cartouche Tenax/Spherocarb, pendant une période de 30 minutes, au niveau du sol, à quelques mètres du lieu de déversement en activité. Le prélèvement est donc représentatif, non pas uniquement de l'émission des déchets, mais de l'ensemble de toutes les émissions, y compris celles des engins travaillant sur la zone.

L'analyse a été effectuée au laboratoire d'Arlon, le lendemain du prélèvement, au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse (GC) couplé à un spectromètre de masse (MS), par thermo-désorption (TD) des composés piégés dans les cartouches (analyse TD-GC-MS).

Les caractéristiques de l'appareillage sont reprises dans le rapport [7].

La technique d'analyse utilisée ne permet cependant pas d'identifier deux molécules souvent responsables des odeurs, à savoir l'ammoniac (NH₃) et le sulfure d'hydrogène (H₂S).

Rappelons que la littérature cite souvent les monoterpènes, et en particulier le limonène, comme molécules typiques des déchets frais.

Les résultats de l'analyse réalisée au laboratoire d'Arlon sont semi-quantitatifs : les divers composés n'ont pas été dosés, mais simplement identifiés et leur abondance relative a été calculée.

Au total, seulement 31 composés différents ont été identifiés pour la cartouche Tenax et seulement 14 composés pour la cartouche Tenax+Spherocarb. Bien qu'il ne soit pas exclu que le faible nombre de composés présents puisse s'expliquer par un problème d'échantillonnage ou d'analyse, ces résultats pourraient déjà suggérer que les émissions gazeuses de Happe-Chapois sont moins "riches" que celles des autres sites.

Le tableau 2 reprend les composés retrouvés dans chacune des deux cartouches.

Tenax		Tenax+Spherocarb	
Composé	Abondance relative (%)	Composé	Abondance relative (%)
D-Limonene	38.15	D-Limonene	61.89
Octane, 1,1'-oxybis-	6.31	Decane	8.62
Acetic acid	5.97	Acetic acid	5.78
2-Butanone	4.87	Undecane	5.43
2-Butanol	4.35	Bicyclo[3.1.1]hept-2-en	3.26
Heptadecane	3.93	Nonane	2.49
Decane	3.92	Benzene, 1-ethyl-3-meth	2.14

Heneicosane	3.90	p-Xylene	2.10
Hexacosane	3.69	2-Nonen-1-ol, (E)-	1.57
Tetradecane	3.37	Octadecane, 1-chloro-	1.52
Nonadecane	1.84	Undecane	1.51
.alpha.-Pinene	1.83	Decane, 4-methyl-	1.45
Dodecane	1.66	Pentane, 2,2-dimethyl-	1.33
Isopropyl Myristate	1.58	Butane, 2,2-dimethyl-	0.92
Ethyl Acetate	1.56		
Decanal	1.27		
Benzaldehyde	1.17		
Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	1.14		
Decane, 2,6,7-trimethyl-	1.07		
Benzene, 1,2-dimethyl-	1.00		
Heptadecane	1.00		
1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono	0.83		
Hexane, 2,3,4-trimethyl-	0.76		
Heptadecane	0.75		
Undecane, 5,6-dimethyl-	0.75		
.beta.-Pinene	0.71		
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl	0.71		
Hexane, 2,3,4-trimethyl-	0.69		
Ether, hexyl pentyl	0.59		
Propanoic acid	0.33		
Octane	0.27		

Tableau 2 : Composés identifiés dans chacune des deux cartouches

On y retrouve effectivement le limonène comme composé le plus abondant, identifié ici explicitement sous la forme de son isomère D. On ne retrouve pas les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène) que l'on retrouvait sur les autres CET, à l'exception du p-xylène dans la seconde cartouche. Rappelons que les BTEX semblaient surtout représenter la composition des gaz d'échappement des véhicules.

Nous notons également une plus faible abondance que sur les autres sites de composés chlorés, caractéristiques de déchets inorganiques (solvants) : seul le 1-chloro octa-décane est détecté dans la cartouche Tenax+Spherocarb. Nous ne retrouvons pas non plus l'acétone ni l'éthanol.

Pas plus que sur les autres CET il n'y a de composés soufrés, produits notamment par la décomposition des végétaux.

En comparant les tableaux de l'actuelle campagne avec ceux de Monceau-sur-Sambre et de Cour-au-Bois, nous observons plusieurs composés communs,

- le limonène
- le décane
- le dodécane
- l'éthyl-acétate
- le 2-butanone

Par ailleurs, l'alpha et le beta-pinène sont également communs avec le tableau de Monceau-sur-Sambre, tandis que l'acétate d'éthyle se retrouve aussi bien à Cour-au-Bois qu'à Happe-Chapois.

Parmi ces composés communs, il semble que les concentrations du limonène et du décane correspondent aux concentrations les plus élevées.

Dans aucune des analyses n'a été retrouvé le para-cymène (ou "1-methyl-4-isopropylbenzène") souvent considéré comme le composé-clé du biogaz. Ceci confirmerait nos impressions sensibles qui indiquent que c'est l'odeur de déchets frais qui prédomine sur celle du biogaz.

Conclusions

L'étude sur Happe-Chapois a apporté un certain nombre de résultats qualitatifs et quantitatifs.

Qualitativement, comme pour les autres CET, c'est surtout l'odeur de déchets frais qui est perçue aux alentours du site. L'odeur se propage très loin et pourtant, peu de plaintes sont enregistrées. Ce site se caractérise en effet par un très faible nombre de riverains à proximité du site exploité.

Quantitativement, l'étude aura permis d'estimer un débit moyen d'émission de l'odeur de déchets sur le site de 135 920 uo/s, soit près de 490 000 000 uo/h. Cette valeur est nettement plus élevée que celles trouvées précédemment pour les autres CET wallons, plutôt de l'ordre de 50 000 uo/s.

La zone de nuisance olfactive s'étend jusqu'à une distance maximum de 2400 m de la cellule exploitée (contre environ 1500 mètres pour les autres CET, en moyenne). En ne reprenant dans le tableau 2 que les erreurs de mesure sur le site, l'intervalle de confiance serait de l'ordre de 135 m de part et d'autre de cette zone. Les maisons riveraines potentiellement atteintes sont surtout celles situées le long de la route de Rochefort.

L'important débit d'odeur et, par conséquent, la très grande zone de nuisance potentielle, peuvent être imputables au relief et au régime des vents particuliers de la région. Cependant, une autre cause possible pourrait être la manipulation des déchets. Il serait peut-être souhaitable de conseiller au gestionnaire de n'effectuer que les manipulations de broyage et d'étalement des déchets strictement indispensables et d'éviter de manipuler plusieurs fois le même volume de déchets. Un recouvrement régulier par un matériau inerte pourrait également s'avérer très utile.

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