

Seconde campagne de mesure des odeurs sur le CET "Champ de Beaumont" à Monceau-sur-Sambre

Estimation des nuisances olfactives



Jacques NICOLAS – Pierre DENNE
Université de Liège

Département des Sciences et de Gestion de l'Environnement
Arlon - Juin 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 Monceau-sur-Sambre. 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 ^[1-6] et qui a permis notamment d'affiner la méthodologie d'évaluation des odeurs. En particulier, le présent rapport concerne une seconde campagne menée sur le site de Monceau-sur-Sambre, une première ayant déjà été menée sur ce site en Août 2002 ^[3].

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. La nuisance olfactive dans l'environnement est un thème particulièrement difficile à aborder, puisqu'il fait appel non seulement aux aspects physiques, chimiques et biologiques de l'émission et de la dispersion, mais également aux aspects psychologiques et sociologiques de la perception des odeurs. En conséquence, toute étude visant à apporter des informations complémentaires à des résultats existants est la bienvenue. C'est dans cet esprit que sont abordées les présentes campagnes de mesure.

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 6 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 au départ 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 est originale par rapport aux approches classiques, mais n'est pas novatrice. Elle est en fait basée sur la méthode des "sniffing teams" ou "smelling quads", déjà appliquée par l'équipe du professeur Van Langenhove à l'université de Gand ^[7], par des équipes hollandaises ^[8-9] et figurant dans une recommandation allemande ^[10].

Nous l'avons modifiée et adaptée à la fois pour rendre compte des odeurs particulières provenant d'un CET (émission discontinue, diffuse et de diverses provenances) et pour ne pas qu'elle exige l'introduction de trop d'informations en entrée, de manière à rester simple et applicable en routine.

Le modèle employé, à la fois dans la phase "déductive" et dans la phase "prospective", est un modèle bi-gaussien, qui résout l'équation générale de diffusion-advection avec les hypothèses suivantes :

- vent dans une seule direction
- vitesse du vent constante
- pas de diffusion dans le sens du vent
- conditions stationnaires
- terrain plat.

Ce modèle est donc simple, mais il est couramment utilisé dans le cadre d'études relatives aux odeurs, notamment en Allemagne ^[11-14], il est repris dans la norme autrichienne ^[15] et est reconnu par les conseils régionaux australiens ^[16] et par l'EPA aux Etats-Unis (modèles AERMOD et ICS3 par exemple). Ces modèles, appliqués à des problématiques d'odeur, ont été validés par plusieurs chercheurs ^[17-18].

Les résultats de ces études 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 utilisés 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 "serpente" 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.

Présentation du site et des alentours

Le précédent rapport relatif au CET de Monceau-sur-Sambre montrait une représentation du site du CET et des environs. Comme rien n'a évolué fondamentalement depuis 2002, nous renvoyons le lecteur au rapport [3].

Rappelons que le CET est un ancien site de charbonnage situé sur la commune de Monceau-sur-Sambre, au milieu de la rue de Trazegnies, exploité par la société Watco depuis début 2001.

Il est limité

- au nord par la voie de chemin de fer et la rue de Trazegnies, au delà desquelles se trouvent des champs cultivés,
- au nord-ouest, derrière un ancien châssis à molette, vestige de l'ancien charbonnage, par la rue Fosse du Bois, avec de nombreuses habitations ouvrières,
- à l'ouest, par un terrib de grande envergure (terrib de la Borne des Quatre Seigneuries), résultant des anciennes exploitations de charbon,
- au sud-ouest par un petit bois, puis par le hameau "La Bretagne", situé à environ 1 km de la cellule en exploitation du CET,
- au sud par une ancienne décharge (Trou Barbeau), aujourd'hui comblée, et par le hameau "Grand Trieux", comprenant de nombreuses habitations,
- à l'est par la rue de Trazegnies, au delà de laquelle s'étendent des terrains vagues et des bosquets, et puis, plus loin (à environ 1 km de la cellule exploitée), une importante gare ferroviaire de triage, et encore plus loin, le canal Charleroi-Bruxelles et la centrale électrique de Monceau-sur-Sambre dont on aperçoit les deux cheminées depuis le CET;
- au nord-est, au delà des terrains vagues, par un second terrib, recouvert d'arbres.

Les vents dominants du sud-ouest portent surtout le panache odorant vers la rue de Trazegnies. Les odeurs sont alors perçues dans une zone non habitée (terrains vagues, champs cultivés). Par rapport à la campagne de 2002, de nouvelles maisons ont été construites au nord-ouest, le long de la rue de Trazegnies, ce qui augmente le nombre de riverains potentiellement gênés par les odeurs lorsque le vent souffle du sud-sud-est.

Rappelons qu'une particularité importante du site de Champ de Beaumont est la présence des deux terrils, respectivement au sud-ouest et au nord-est de la zone exploitée. Ils forment des collines de 600...700 m de diamètre à la base, surplombant le site du CET de 70 mètres environ. Leur alignement avec le CET dans le sens des vents dominants du sud-ouest est susceptible de modifier l'orientation des lignes de flux et la vitesse locale du vent au niveau du sol. Or, comme le modèle de dispersion utilisé dans cette étude ne prend pas en compte le relief, il sera particulièrement important de discuter sa validité dans le cas de ce CET (voir suite du rapport).

La figure 1 représente une vue actuelle du site du CET.

La zone exploitée, d'une superficie d'un peu plus de 11 ha, s'articule en deux types de casiers.

- Un casier de type A, qui contient 6 cellules, d'environ 2 ha chacune, repérées de A1 à A6 de l'est vers l'ouest du site, le long de la route de Trazegnies, admet des déchets non ménagers, mais qui peuvent être légèrement fermentescibles (déchets de bois, de papier et carton, de cuir, de fibres textiles, produits goudronnés, déchets de démolition et de construction éventuellement mélangés à des matières putrescibles ou combustibles, déchets verts, encombrants,...);
- Un casier de type B, ne pouvant contenir que des déchets non fermentescibles, s'étend le long du terrib.

Comme en 2002, ce sont les cellules A1, A2 et A3 qui sont en exploitation au moment de la mesure. Les cellules A4, A5 et A6 sont encore vides. L'exploitation est actuellement réalisée en surélevant les 3 premières cellules et en laissant libres les 3 autres.

Néanmoins, par rapport à la situation de 2002, la topographie du site a beaucoup varié. En effet, la cellule A1 se présente actuellement comme un tas imposant (voir figure 2 : la photo prise à l'est de A1 permet de se rendre compte de la taille du tas par rapport à celle du véhicule).

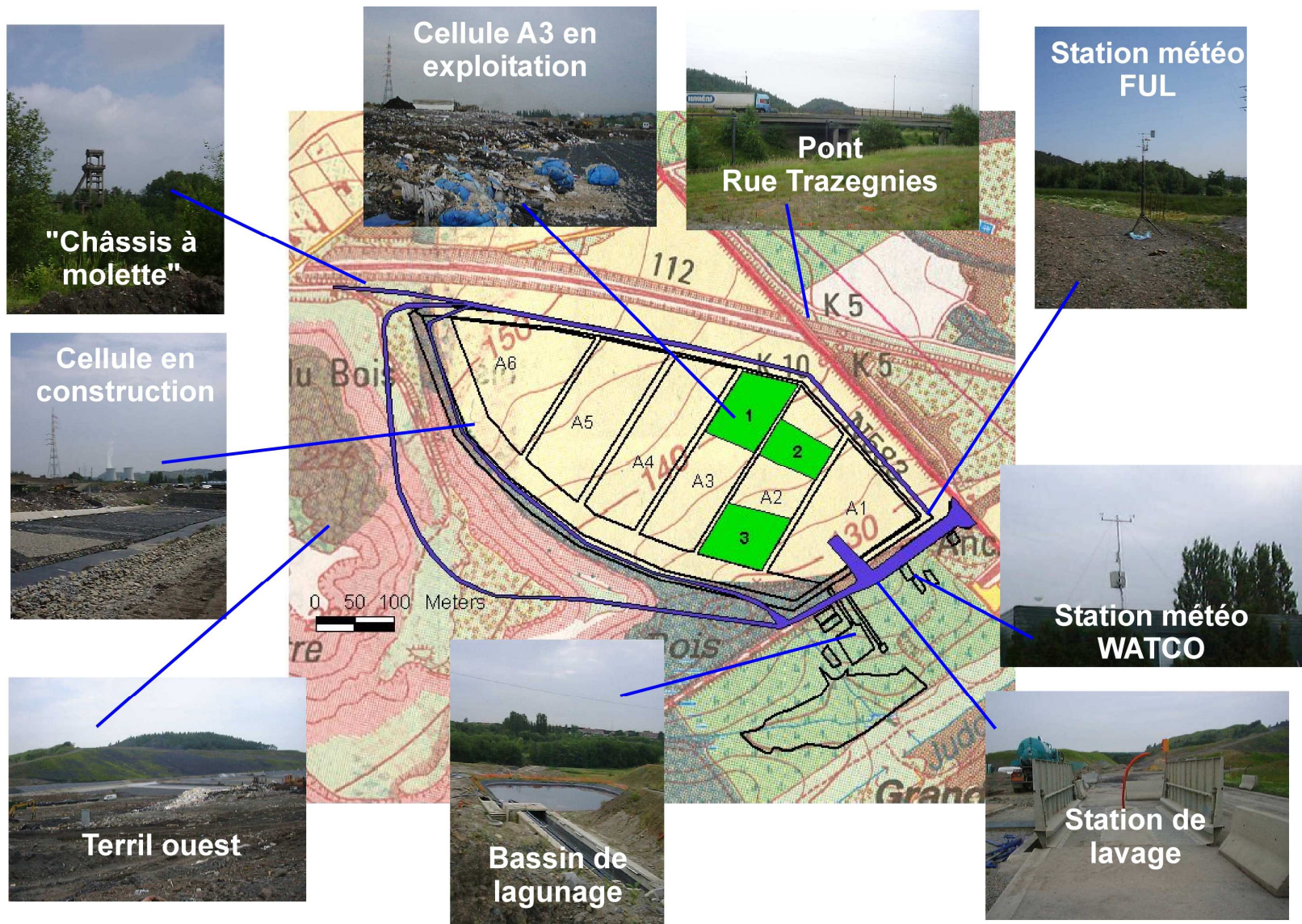


Figure 1 :Description du site du CET



Figure 2 : Photo de la butte formée par la cellule A1

Cette butte crée un effet d'écran visuel et probablement olfactif pour les personnes situées à l'est et au sud du site. La figure 3 montre une vue prise du haut du terril de La Borne des Quatre Seigneuries : elle donne une idée globale de l'exploitation au moment de la mesure des odeurs.

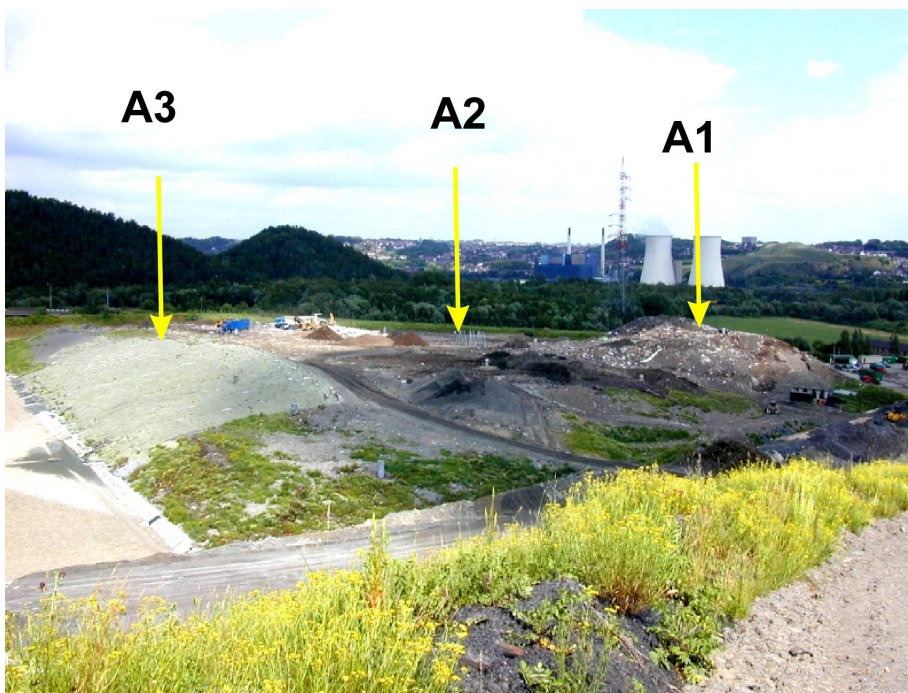


Figure 3 : Vue globale des 3 cellules exploitées A1, A2 et A3.

En 2002, la neutralisation des odeurs était notamment assurée par une petite rampe d'aspersion, située au sud-est du site, le long des bâtiments du CET.

En 2004, une seconde rampe d'aspersion est présente, le long de la ligne de séparation entre les cellules A2 et A3, afin de protéger les riverains du nord et de l'ouest.

Néanmoins la pulvérisation n'a été opérationnelle qu'une seule fois lors des passages sur le site de l'équipe de l'ULg.

Les compartiments sont équipés de systèmes de collecte des lixiviats. Ceux-ci sont dirigés vers un bassin de lagunage au sud-est du site (appelé station d'épuration ou "STEP" dans la suite) qui peut émettre des odeurs caractéristiques de tonalité assez différente de celle des déchets frais. Depuis 2002, cette station d'épuration a été considérablement développée. Elle constitue maintenant un ensemble assez important de bâtiments dont une partie est encore en chantier.

Quant au biogaz, résultant du processus de méthanisation, c'est-à-dire de la décomposition anaérobie des déchets, il n'était pas encore généré sur ce CET en 2002 et n'engendrait donc aucune odeur propre. En 2004, le réseau de dégazage est opérationnel et l'odeur caractéristique du biogaz est perceptible à proximité immédiate des puits.

Episodiquement, on peut également noter la présence de fumerolles en périphérie ouest du CET, le long du secteur A2. Ces fumerolles apparaissent notamment dans les traces de pas lorsqu'on circule sur la couche recouvrant les déchets de la cellule exploitée. Ces fumerolles génèrent une odeur typique de biogaz.

Au niveau du casier exploité, les nuisances olfactives sont principalement sensibles lors du transport des déchets frais et de leur déversement sur le site. Une odeur particulière peut également être émise par les matériaux utilisés périodiquement en couverture : "scraps" (résidus de broyage automobile), compost, mâchefers ou résidus de verrerie.

Ce sont donc surtout les odeurs de déchets frais qui ont fait l'objet des relevés dans la présente étude. La tonalité odorante des déchets frais peut cependant parfois être confondue avec celle du compost étendu en couche mince au-dessus du compartiment en exploitation et stocké en tas à proximité de celui-ci.

Au cours de nos mesures, entre 2 et 10 camions de déchets arrivent par heure, par la rue de Trazegnies. Ils entrent sur le site par l'est, sont pesés et vérifiés au pont-basculé, longent le compartiment A1 sur 150 m, puis passent devant pour atteindre la zone exploitée. Ils reviennent par le même chemin. Avant leur sortie et leur pesée à vide, ils passent par une station de lavage (celle-ci n'était pas encore opérationnelle au moment de la campagne de 2002).

Les mesures d'odeur ont été réparties sur une période d'environ 3 mois, du 11 mars 2004 au 17 juin 2004, au cours desquelles la zone en exploitation a changé plusieurs fois d'emplacement, dans les cellules A1 et A2. La cellule A1 est effectivement recouverte de matériaux inertes et de terre, mais est encore exploitée sur le dessus.

Le volume de déchets présents dans les camions en mouvement et en stationnement représente une source potentielle d'odeur non négligeable qu'il faut ajouter à l'odeur générée sur la zone de déversement.

Les données météorologiques sont extraites des enregistrements effectués toutes les 30 secondes à la station météo de l'ULg, placée au sud du CET, sur une butte dominant l'exploitation.

En 2002, la station météo avait été placée sur le tas de déchets recouverts, en périphérie de la cellule A1. Lors de l'actuelle campagne 2004, le mouvement des engins de manutention a empêché de la placer au même endroit. La butte située au sud s'est avérée constituer un très bon emplacement pour les mesures météorologiques, dominant le site et exempt de tout obstacle à proximité. Les données de température, de vitesse et direction du vent ont pu être comparées à celles enregistrées tous les quarts d'heure à la station météo du site, placée sur le toit du bâtiment administratif.

Observations qualitatives

La démarche commence par la récolte d'informations qualitatives sur la nature et la fréquence des odeurs perçues. Ces observations s'avèrent au moins aussi importantes que les mesures plus quantitatives et que les résultats des simulations, car elles font état des nuisances réellement ressenties par les riverains et permettent d'apprécier la pondération des différentes sources potentielles d'odeur sur l'odeur globale ressentie.

Plusieurs types d'odeurs coexistent aux alentours du CET :

- celle des déchets frais, générée par le charroi, par le déversement et surtout par la manipulation des déchets,
- mais également d'autres odeurs : surtout celle des "scraps" servant à recouvrir périodiquement les déchets. Cette odeur n'est cependant perçue qu'au moment de leur manutention et disparaît assez rapidement.
- parfois, l'odeur typique de lixiviats provenant de la STEP est également perçue.

L'odeur la plus fréquente est néanmoins celle des déchets frais. Cela confirme les impressions que les opérateurs ont toujours ressenties au cours de toutes les campagnes menées jusqu'à présent sur les sites de CET.

- Une odeur de biogaz a pu être remarquée très localement, au-dessus des puits de dégazage et au niveau de quelques "fumerolles" ponctuelles. Au cours de notre campagne, elle n'a jamais été ressentie en dehors du site. Même au niveau des puits, l'odeur de gaz était toujours mélangée à l'odeur de déchets.
- L'odeur est surtout ressentie dans le sens des vents dominants, mais, comme en 2002, les habitations situées au sud-est, à proximité immédiate et en contrebas du CET semblent particulièrement touchées, même lorsque le vent ne souffle pas dans leur direction par rapport à la zone exploitée. Les odeurs perçues à ce niveau sont certainement dues en grande partie au charroi de déchets, qui passe à proximité immédiate des maisons. Ces émissions s'avèrent néanmoins beaucoup plus fugaces que celles des déchets manipulés sur la zone en exploitation.
- Le type d'odeur ne dépend pas nécessairement du nombre de camions mais beaucoup plus de la nature des déchets, l'odeur étant plus prononcée lorsque le CET reçoit des déchets fermentescibles.
L'odeur générée par les déchets transportés et déversés est également influencée par leur fermentation dans les camions, elle même dépendant fortement de la température ambiante.

Observations quantitatives

Protocole

Les mesures d'odeur ont été réparties sur une période d'environ 3 mois, du 11 mars 2004 au 17 juin 2004, en fin de matinée ou en début d'après-midi, lorsque l'activité était maximale.

L'équipe de l'ULg s'est rendue 12 fois sur le terrain. Un total de 12 observations a donc été enregistré. Le repérage des points "odeur" et des points "non odeur" a été effectué au GPS, après "recalage" sur un point fixe de coordonnées connues. Le repérage exact des 4 coins de la zone en exploitation a également été réalisé pour chacune des 12 journées de mesure.

Comme le montre la rose des vents de la figure 4, une grande gamme de directions et de vitesses de vent a été rencontrée, avec cependant une absence de vent d'origine plein nord et une prépondérance de vents du secteur ouest-nord-ouest (valeur moyenne de la direction du vent : 263°).

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. La durée typique d'un traçage d'odeur était d'une heure.

Chaque détection d'odeur était confirmée par plusieurs passages à des moments différents.

Les données, prétraitées dans Excel, étaient ensuite introduites dans le modèle Tropos.

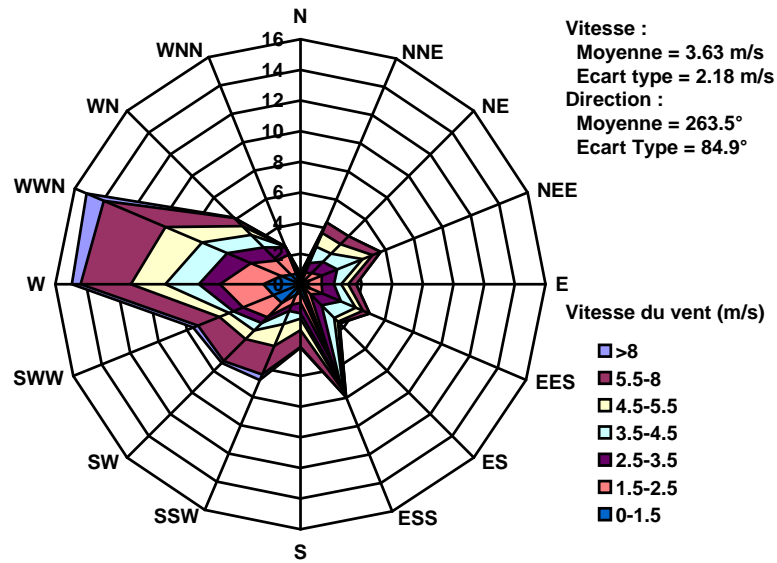


Figure 4 :Rose des vents correspondant au total des observations de la campagne 2004.

L'émission a été simulée dans des zones de localisation, de dimensions et de forme variables en fonction des conditions réelles de la parcelle exploitée au moment de la mesure, leurs surfaces variant grosso modo de 1000 à 3000 m². (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.

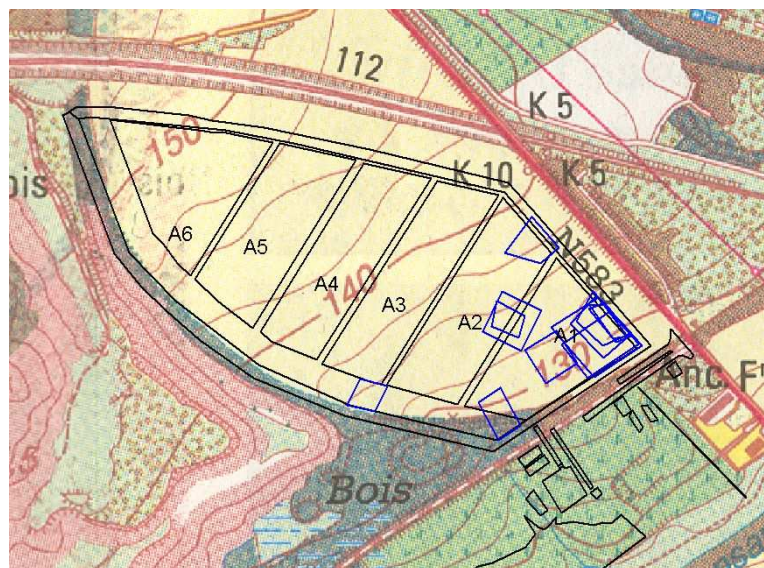


Figure 5 :Différentes zones exploitées au cours de la campagne de mesure.

Résultats

Les figures 6 à 17 montrent les courbes limites ajustées par le modèle (en rouge). Sur les mêmes figures sont indiqués les endroits où l'odeur de déchet frais a été détectée (cercles verts) et les endroits "sans odeur" (croix dans un carré brun). Un triangle bleu clair et un hexagone orange

symbolisent les endroits auxquels respectivement une odeur de biogaz et de déchet inerte (scrabs,...) a été perçue.

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.

Le 29 mars, un problème d'enregistrement de la vitesse du vent nous a contraint à considérer la valeur constante de 3.11 m/s enregistrée par la station météorologique du CET.

Le 1^{er} avril, nous avons constaté un décalage important (80°) entre la direction du vent enregistrée sur notre station météo et la direction du panache odorant. Le nuage de la figure a été ajusté par TROPOS en considérant la direction du vent – 80°. Il peut s'agir soit d'un problème de positionnement de la station météo par rapport au nord, soit d'un effet de modification locale de la direction du vent. Nous avons présenté le résultat par intérêt scientifique, mais nous suggérons de ne pas en tenir compte dans l'évaluation finale du débit d'odeur moyen.

Le 9 juin, la vitesse du vent était à ce point faible qu'il n'avait pas de direction bien marquée. Le nuage a été ajusté "au mieux", mais n'englobe pas vraiment les points "odeur". Comme ces conditions correspondent à la limite d'applicabilité de la méthode, nous suggérons de ne pas considérer cette observation dans l'évaluation finale.

Dans les autres cas, de manière générale, les courbes ajustées englobent plus ou moins les points odeurs. Nous discuterons plus loin le cas du 26 avril.

Jeudi 11 mars 2004 (11h15 - 12h25)

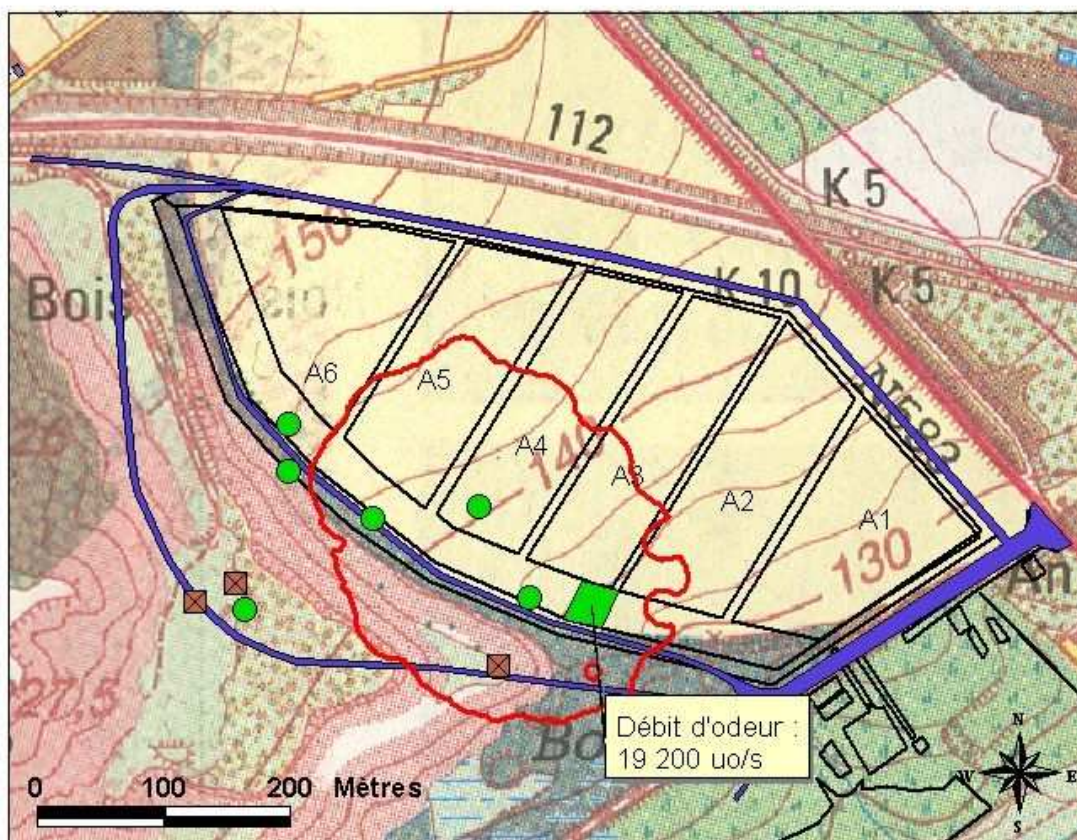
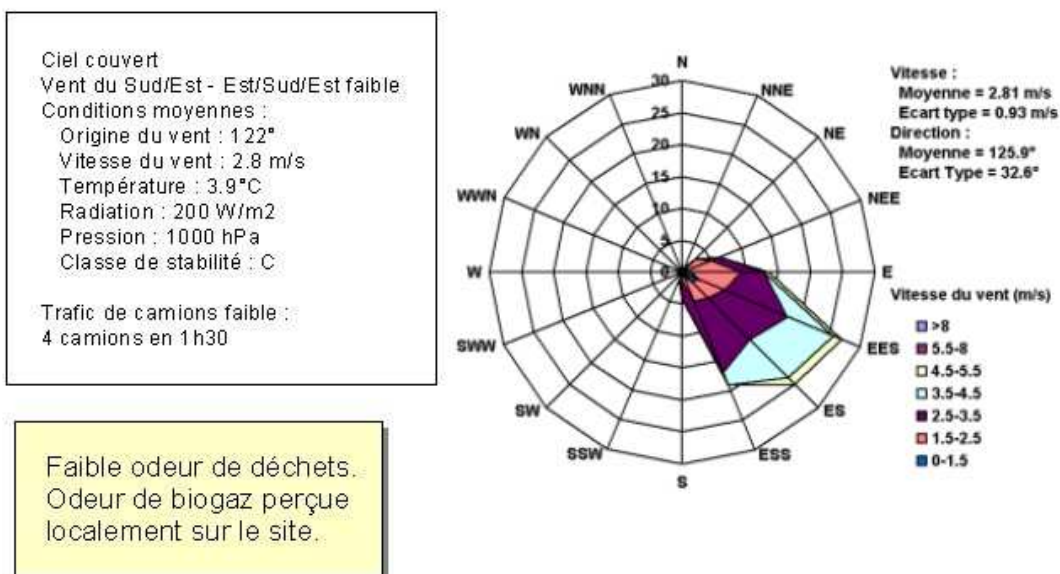


Figure 6 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 11 mars 2004

Mercredi 24 mars 2004 (11h45 - 12h45)

Ciel couvert
 Vent du Nord/Nord/Est - Nord/Est/Est modéré
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 4.9 m/s
 Température : 8.3°C
 Radiation moyenne : 323 W/m²
 Pression : 1000 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 2 camions en 1 heure

Odeur de compost mêlée à l'odeur de déchets.
 La zone de remplissage de déchets s'est déplacée vers la cellule A1.
 Le monticule recouvert de compost constitue la seconde source d'odeurs.
 Odeurs perçue sur le parking, et à l'emplacement de la station météo.

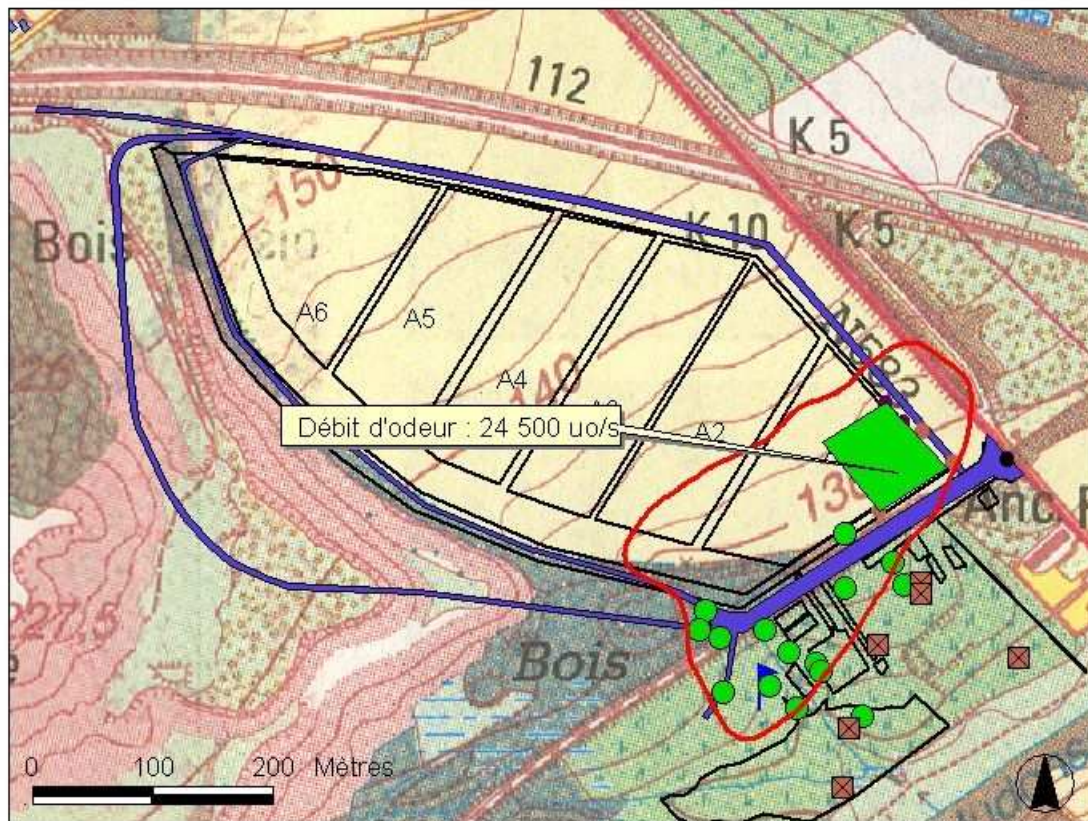
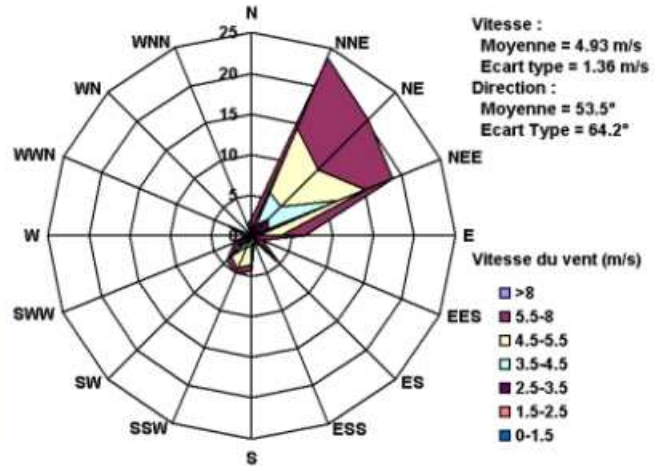
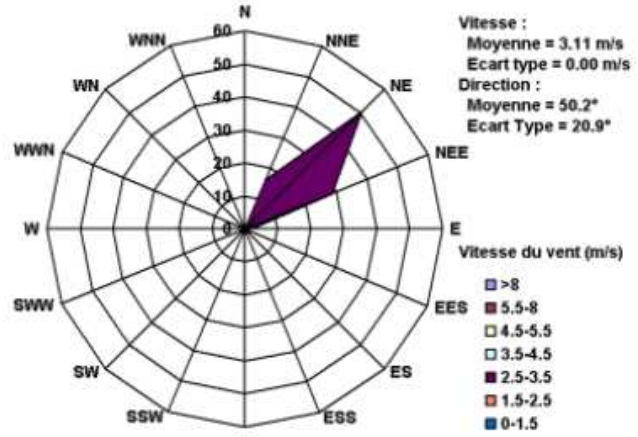


Figure 7 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 24 mars 2004

Lundi 29 mars 2004 (11h45 - 12h50)

Ciel couvert
 Vent du Nord-Est modéré
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 3.1 m/s
 Température : 11.3°C
 Radiation moyenne : 397 W/m²
 Pression : 1001 hPa
 Classe de stabilité : B

Trafic de camions modéré :
 4 camions en 1 heure



Odeur de compost mêlée à l'odeur de déchets (faible), mais odeur de compost moins forte que 24-3. Même zone de remplissage que 24-3.
 Odeur perçue sur le parking, et au bas du monticule sur lequel se trouve la station météo.

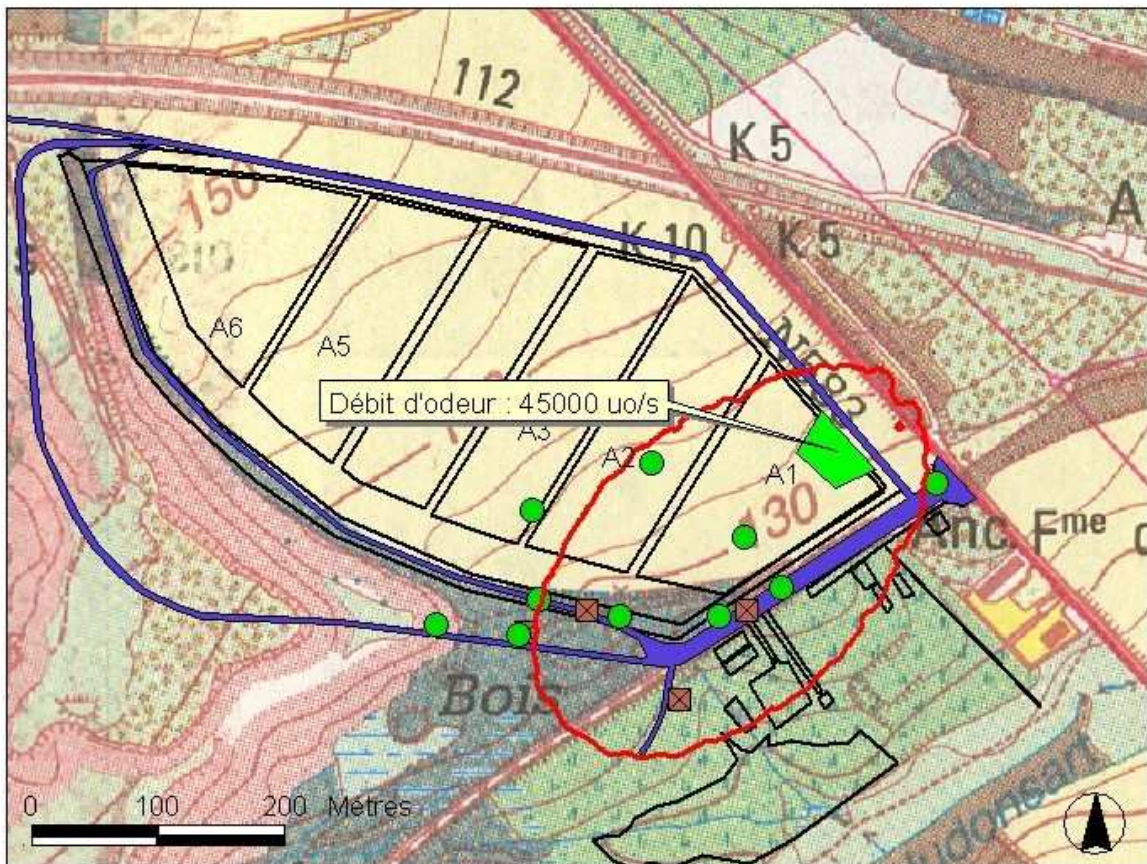


Figure 8 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 29 mars 2004

Jeudi 1er avril 2004 (11h45 - 12h45)

Ciel sans nuages
 Vent du Nord/Nord/Est - Est/Nord/Est modéré
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 4.9 m/s
 Température : 8.3°C
 Radiation moyenne : 323 W/m²
 Pression : 1000 hPa
 Classe de stabilité : D

Trafic de camions faible :
 3 camions en 1 heure

Odeur de déchets frais plus importante du fait du retournement de la zone de remplissage par plusieurs machines. Odeur de com post plus marquée à cause du recouvrement d'un talus par du compost frais. Odeur de déchets perçue jusqu'au-delà de la ligne de chemin de fer au Nord-Est.

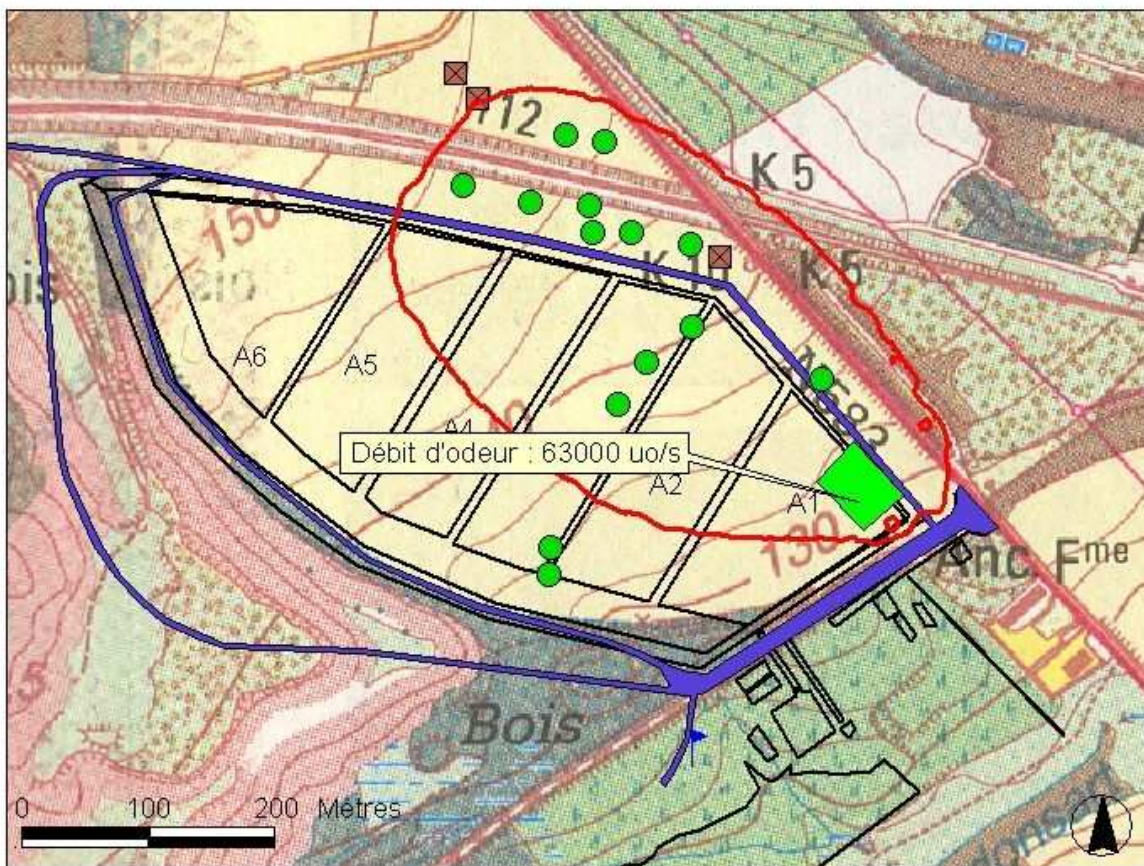
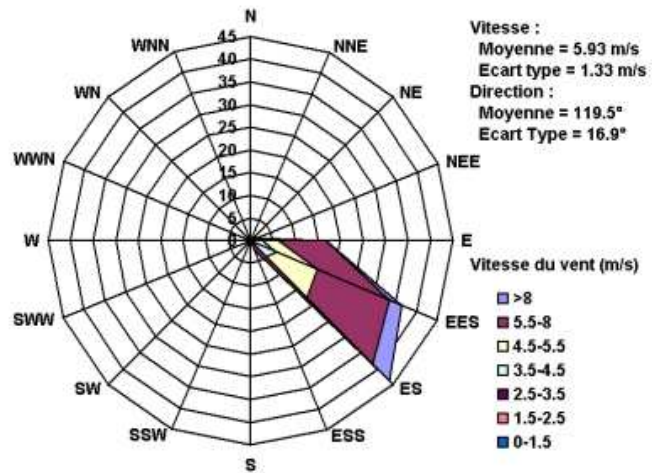


Figure 9 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 1^{er} avril 2004

Mardi 6 avril 2004 (11h50 - 12h50)

Ciel couvert (averses en fin de mesure)
 Vent d'Ouest - Sud/Ouest/Ouest fort
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 5.5 m/s
 Température : 8.5°C
 Radiation moyenne : 363 W/m²
 Pression : 991 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic de camions modéré :
 4 camions en 1 heure

Odeur de compost (parking CET) et odeur de déchets à l'extérieur du CET. Du fait de la direction du vent, peu de passage à l'intérieur de la décharge, et donc pas de renseignements concernant l'odeur de biogaz.

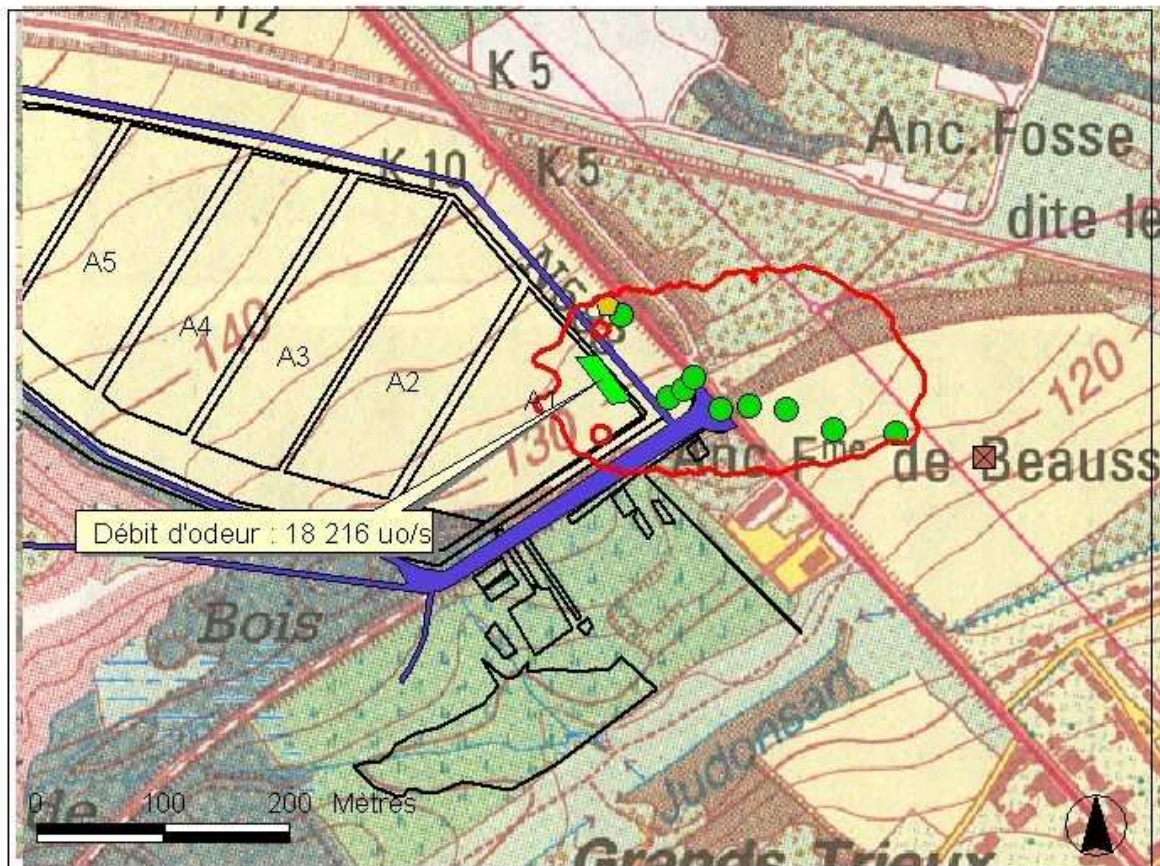
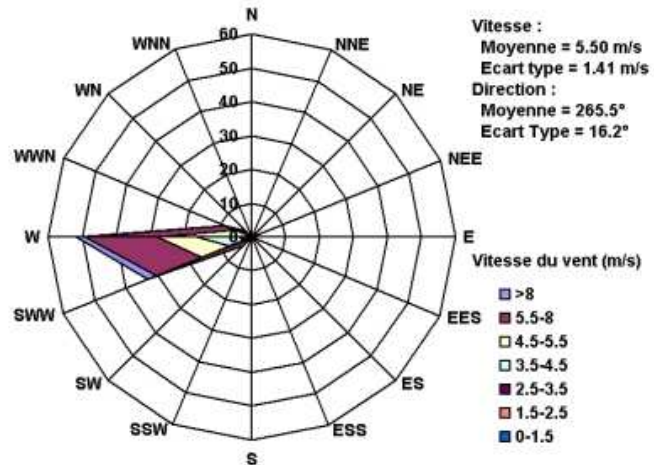
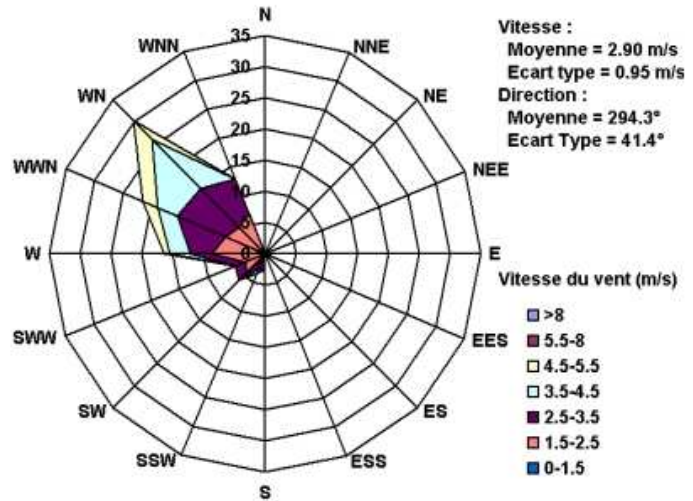


Figure 10 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 6 avril 2004

Jeudi 8 avril 2004 (11h50 - 12h45)

Ciel couvert (arrivée après une averse)
 Vent de Nord-Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 2.9 m/s
 Température : 10°C
 Radiation moyenne : 496 W/m²
 Pression : 1017 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic de camions modéré :
 3 camions en 1 heure



Peu d'odeur de déchets frais, odeur de compost et de terre humide.
 Odeur de biogaz à proximité des puits.

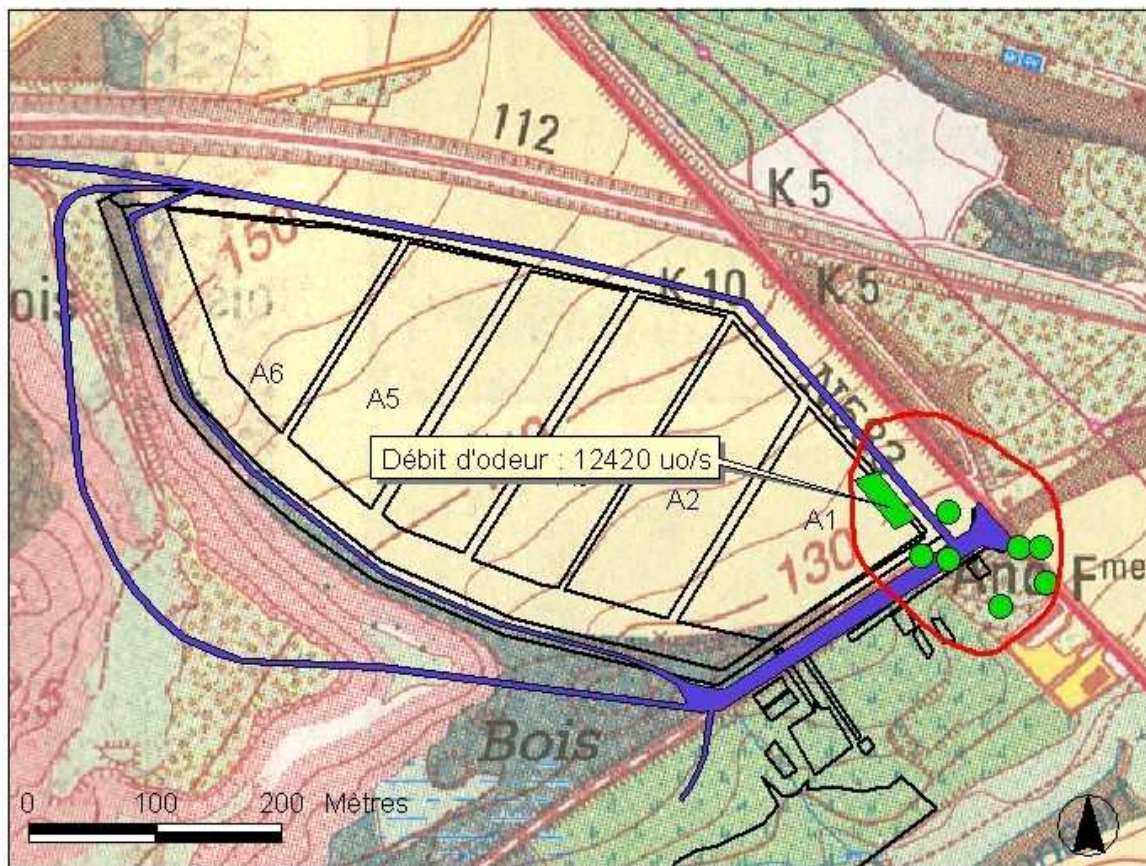
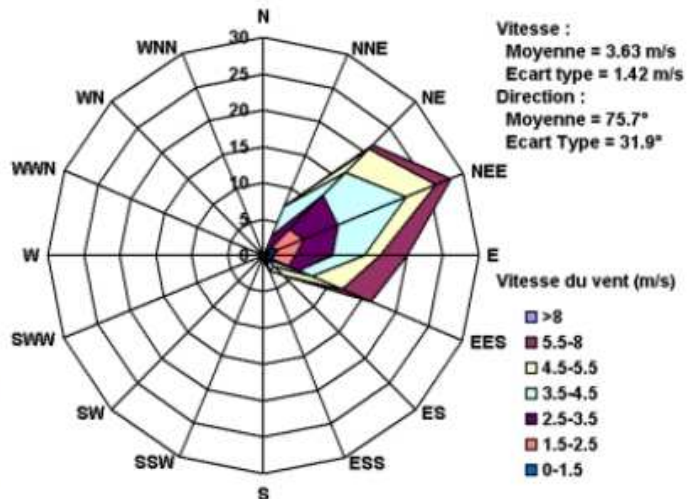


Figure 11 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 8 avril 2004

Lundi 26 avril 2004 (13h30-15h00)

Ciel dégagé, soleil
 Vent d'Est/Nord/Est
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 3.63 m/s
 Température : 21.2°C
 Radiation moyenne : 702 W/m²
 Pression : 1013 hPa
 Classe de stabilité : B

Trafic de camions :
 6 camions en 1 heure 30



Odeur forte de déchets et de compost.
 Odeur âcre provenant probablement de la
 poussière soulevée par le charroi des camions.

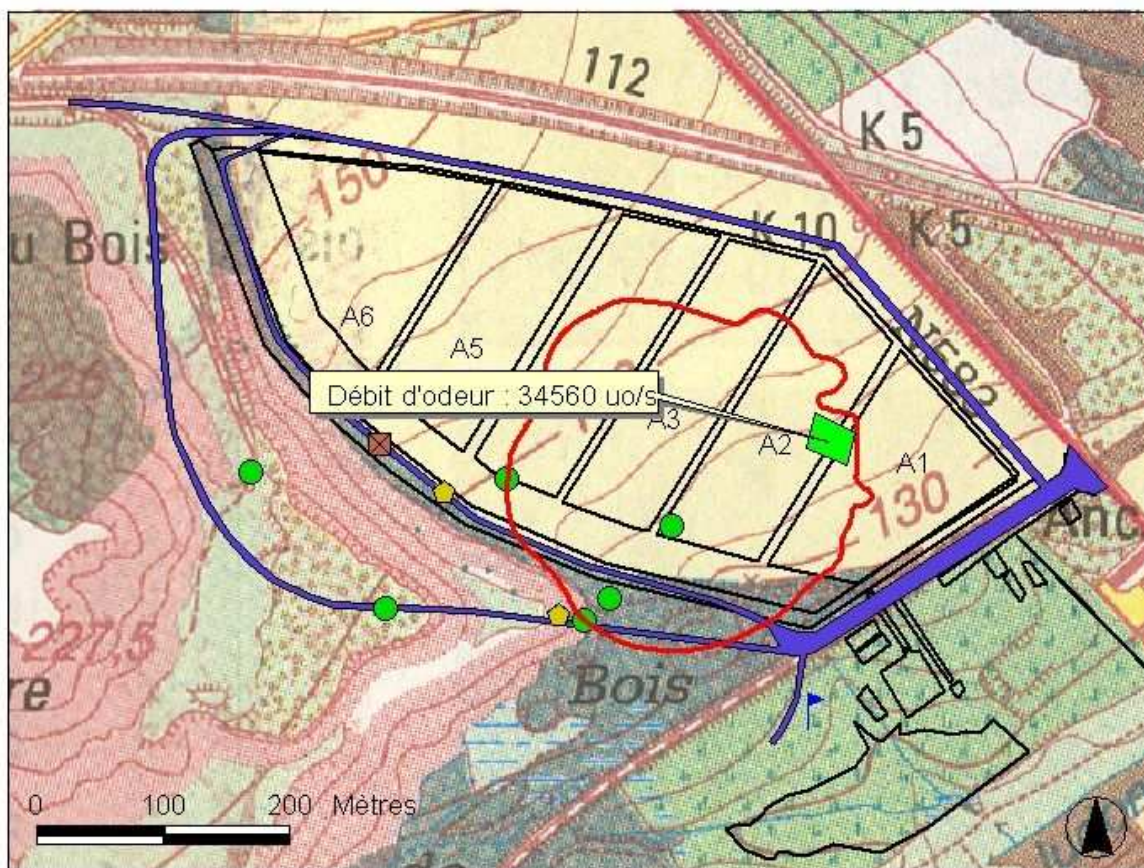


Figure 12 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 26 avril 2004

Mardi 04 mai 2004 (11h30-12h40)

Ciel couvert, risque d'averse
 Vent de Sud/Sud/Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 5.37 m/s
 Température : 12.2°C
 Radiation moyenne : 321 W/m²
 Pression : 984 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic de camions :
 6 camions en 1 heure 30

Activité importante sur le site pendant toute la période de mesure (déversement, étallement, recouvrement, ...). Odeur de déchets perçue jusqu'au fond du terrain vague situé de l'autre côté de la ligne de chemin de fer.

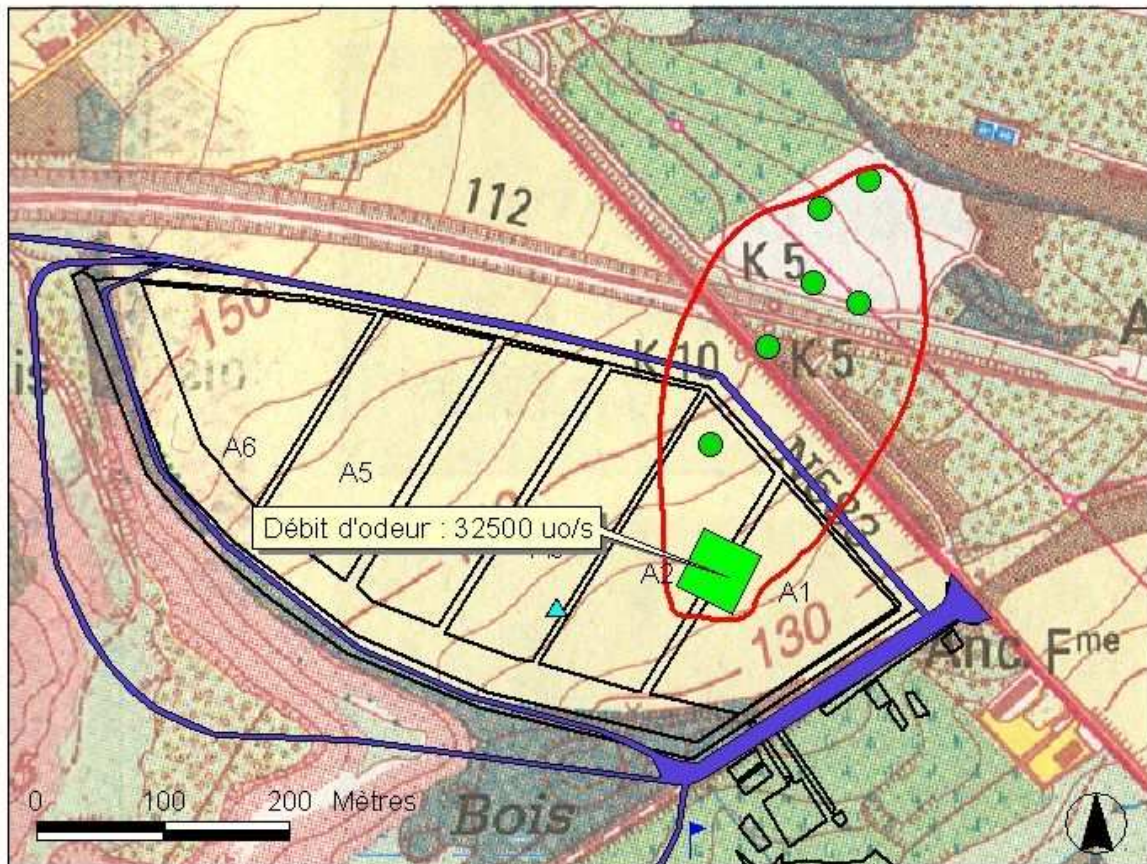
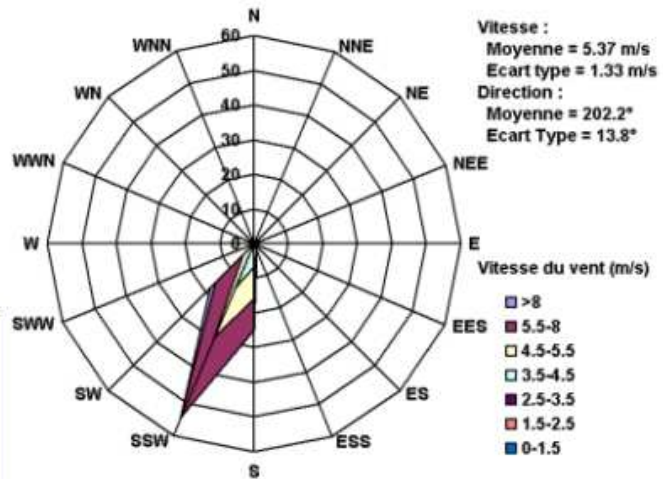


Figure 13 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 4 mai 2004

Mardi 11 mai 2004 (13h30-14h40)

Nuages bas, ciel couvert
 Vent de Nord-Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 2.31 m/s
 Température : 14.2°C
 Radiation moyenne : 288 W/m²
 Pression : 999 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic de camions :
 6 camions en 1 heure 10

Activité importante sur le site pendant toute la période de mesure (déversement, étallement, recouvrement,...). Bouffées d'odeur de déchet perçue devant les bâtiments d'ACE mobilier urbain, et le long de l'entrepôt voisin.

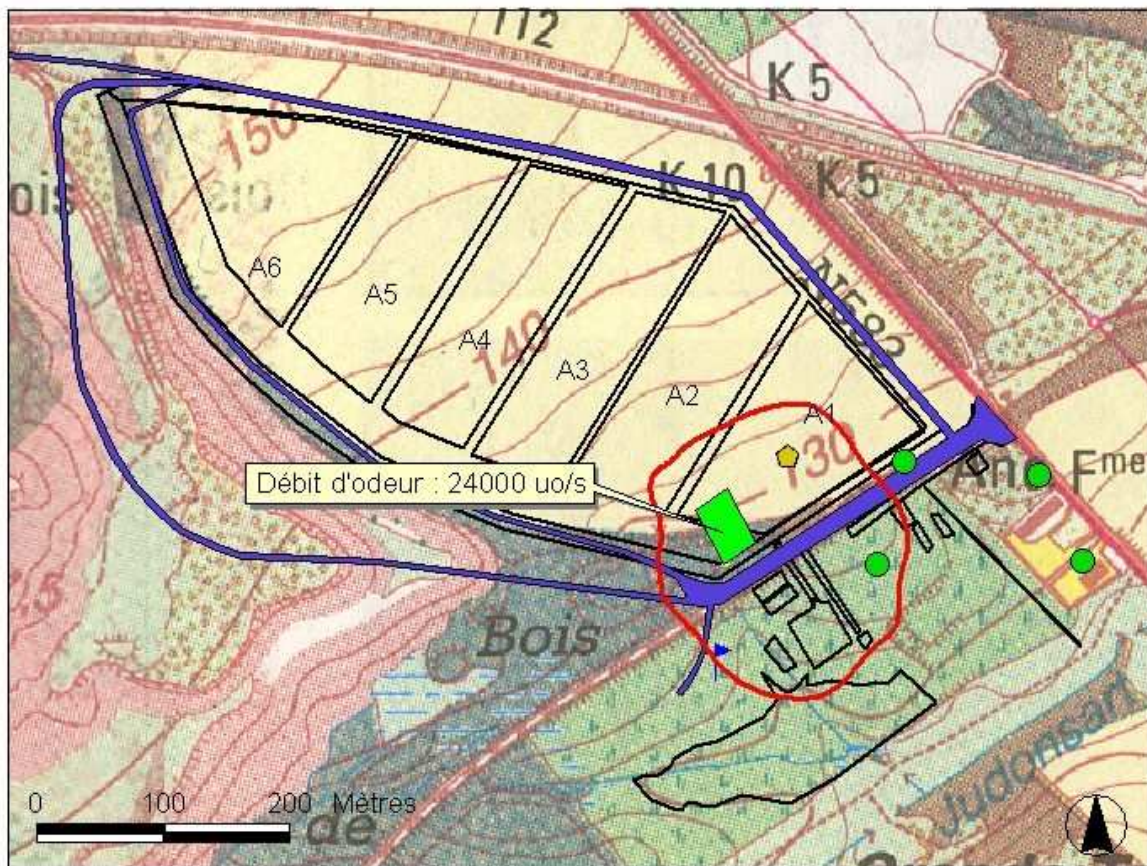
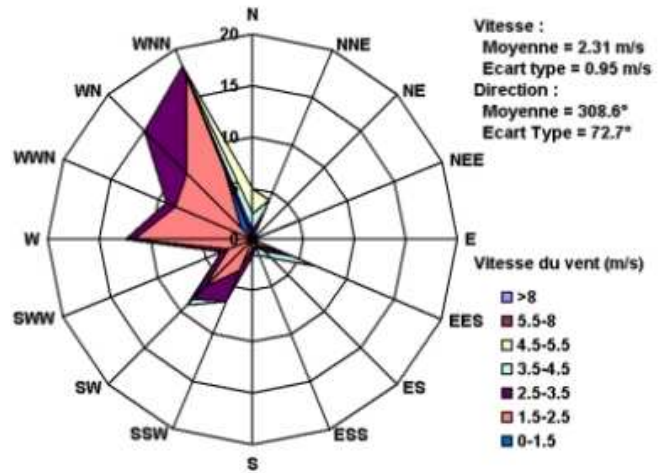


Figure 14 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 11 mai 2004

Lundi 17 mai 2004 (13h30-14h30)

Pas de nuages, plein soleil
 Vent faible de direction changeante
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 2.04 m/s
 Température : 24°C
 Radiation moyenne : 801 W/m²
 Pression : 1003 hPa
 Classe de stabilité : A

Trafic de camions :
 6 camions en 1 heure

Activité sur le site pendant toute la période de mesure (étalement des déchets).
 Peu de vent, et de direction variable. Peu de dispersion de l'odeur.
 Limite de perception au milieu du parking du CET.

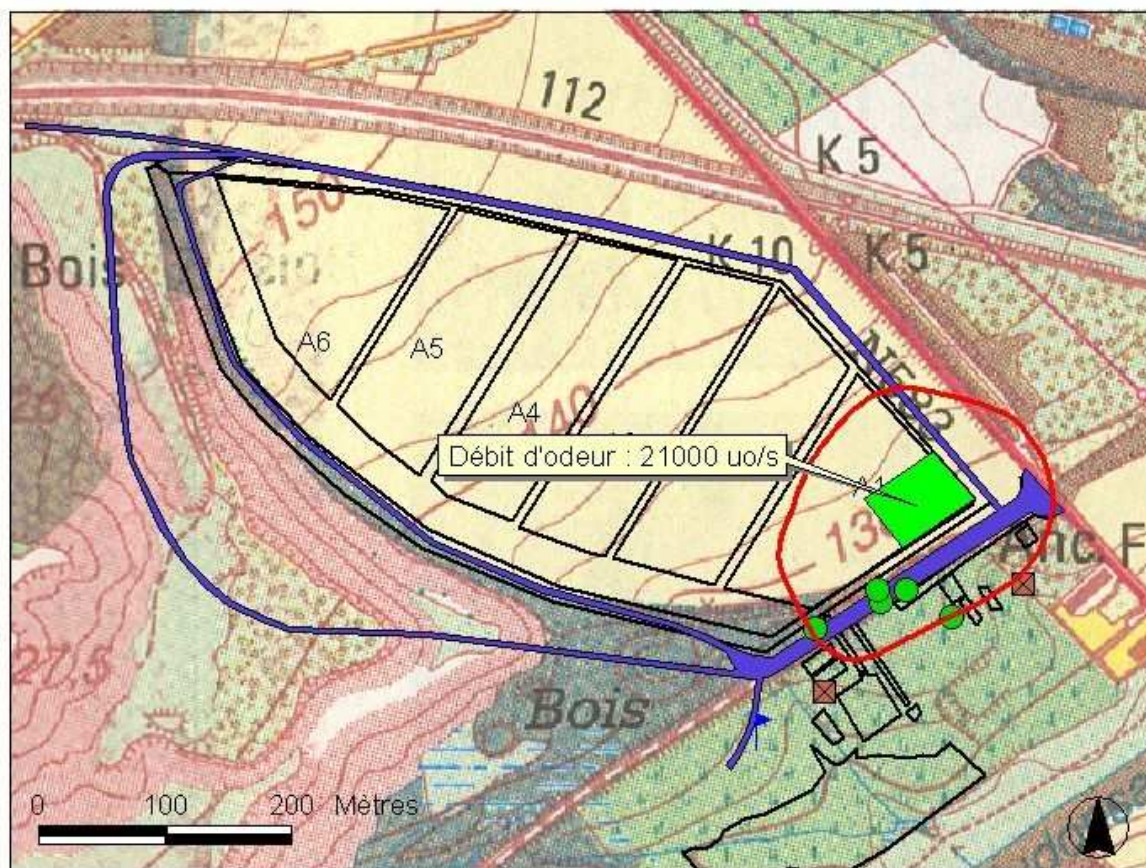
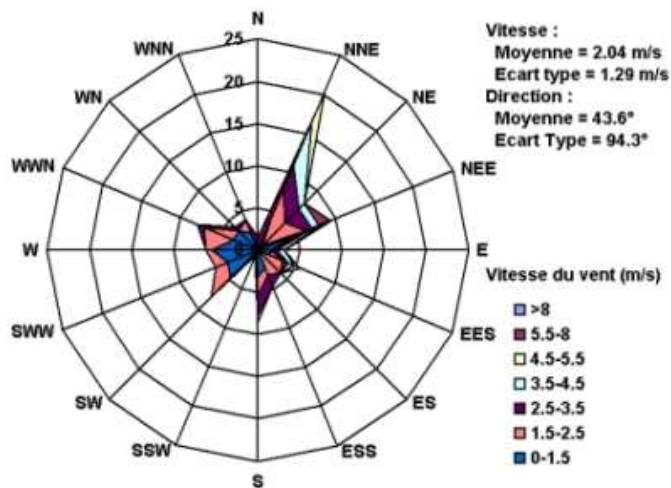


Figure 15 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 17 mai 2004

Mercredi 9 juin 2004 (11h30-12h45)

Ciel sans nuages
 Vent d'Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 1.48 m/s
 Température : 129.7°C
 Radiation moyenne : 798 W/m²
 Pression : 1000 hPa
 Classe de stabilité : A

Trafic de camions :
 13 camions en 1 heure 30

Activité importante sur le site pendant toute la période de mesure (déversement, étalement, recouvrement,...), mais très peu de vent. Odeur perçue le long de la rue de Trazegnies.

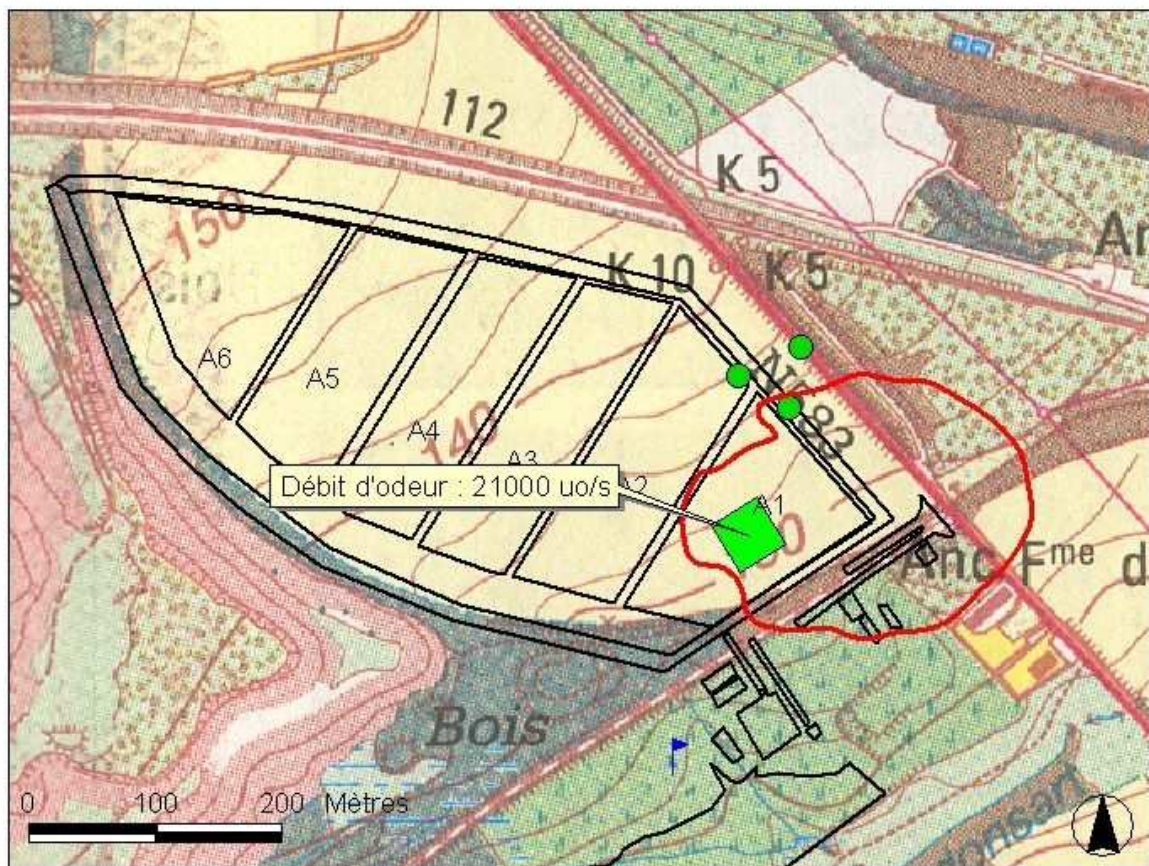
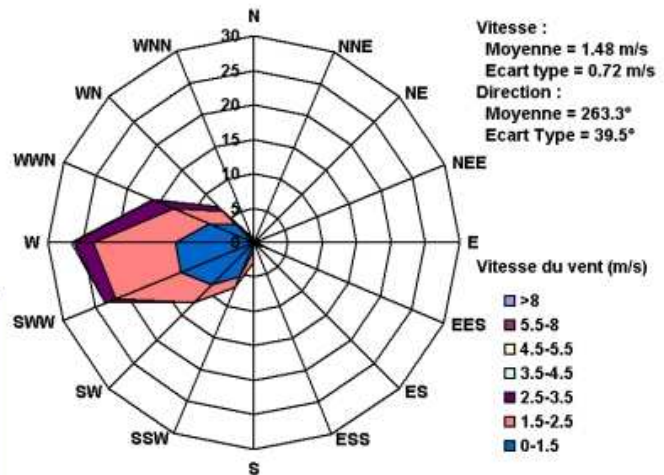


Figure 16 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 9 juin 2004

Jeudi 17 juin 2004 (13h15-14h30)

Ciel couvert, risque d'averse
 Vent d'Ouest/Nord/Ouest
 Conditions moyennes :
 Vitesse du vent moyenne : 5.65 m/s
 Température : 22.1°C
 Radiation moyenne : 535 W/m²
 Pression : 994 hPa
 Classe de stabilité : C

Trafic de camions :
 16 camions en 1 heure 30

Activité sur le site pendant toute la période de mesure. Odeur de déchets perçue jusqu'aux bâtiments désaffectés appartenant à la SNCB, et situés le long du chemin longeant la voie de chemin de fer.

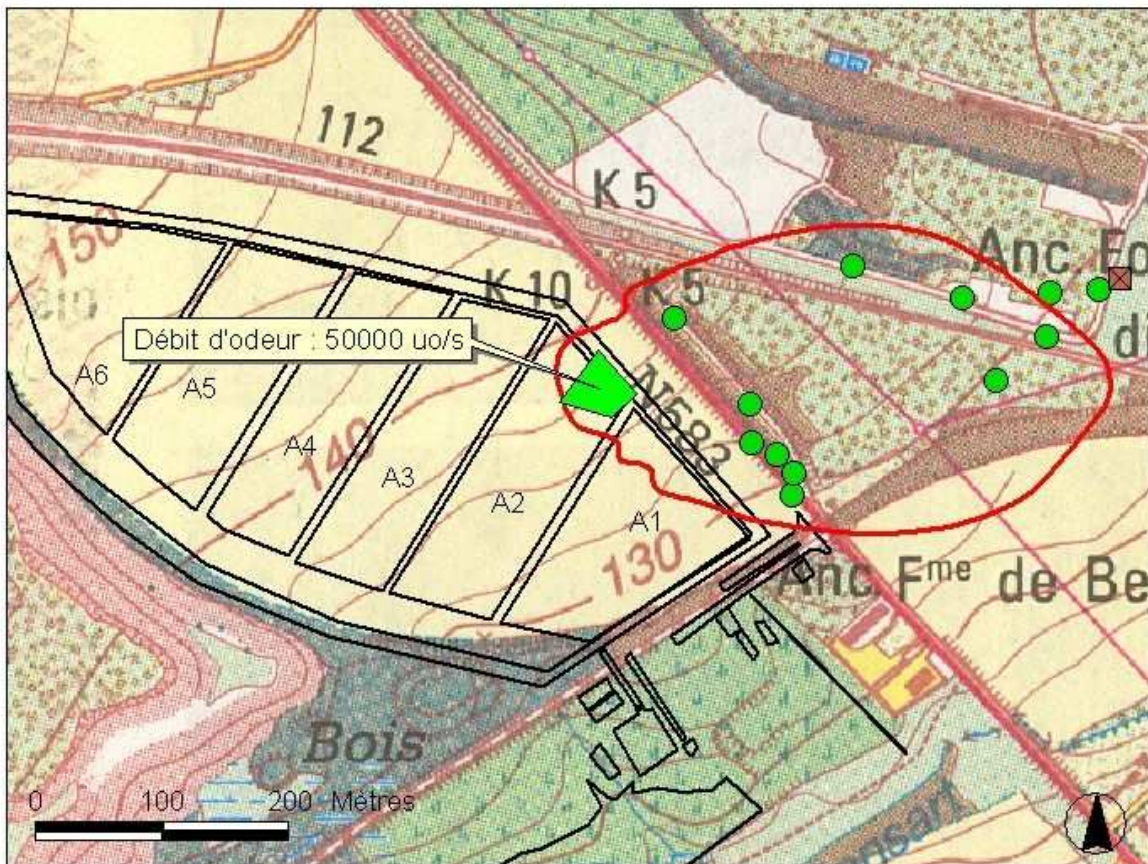
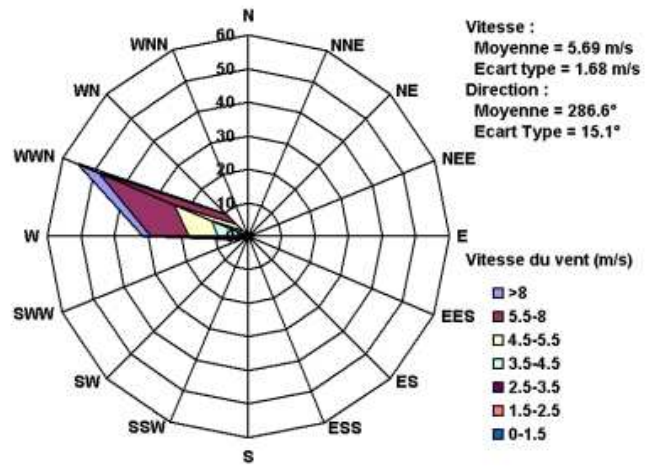


Figure 17 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 17 juin 2004

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)
11/03/04	122°	2.8	C	250	3	19 200
24/03/04	54°	4.9	D	250	2	24 500
29/03/04	50°	3.1	B	300	4	45 000
01/04/04	200°	6.0	D	420	3	63 000
06/04/04	266°	5.5	C	245	4	18 216
08/04/04	294°	2.9	C	150	3	12 420
26/04/04	76°	3.6	B	270	4	34 560
04/05/04	202°	5.4	C	340	4	32 500
11/05/04	309°	2.3	C	150	5	24 000
17/05/04	44°	2.0	A	130	6	21 000
09/06/04	263	1.5	A	160	9	21 000
17/06/04	286	5.7	C	400	11	50 000

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

De ces 12 observations, nous éliminerons donc celle du 1^{er} avril et celle du 9 juin pour les raisons citées plus haut.

La moyenne du débit d'émission pour les 10 observations restantes est donc de 28 140 uo/s. La variabilité est évidemment importante, puisque les débits évoluent de 12 420 à 50 000 uo/s. Cependant l'écart-type des observations valant 12 153 uo/s, la variation relative reste "modérée". Pour rappel, un estimateur de la variation relative est le coefficient de variation, défini comme le rapport, exprimé en pour-cent, de l'écart-type à la moyenne. Ici, il vaut 43%, ce qui est important, mais néanmoins plus faible que pour la plupart des autres campagnes. Même si cette façon de faire peut être critiquable, nous considérerons comme d'habitude, à défaut d'autres informations, cette valeur moyenne comme une valeur typique du débit d'odeur de déchets pour la période de l'étude.

Remarquons que, durant la période de mesure, les odeurs n'ont pas été transmises très loin hors du site du CET, la distance de perception par rapport au centre de la zone de déversement évoluant approximativement entre 130 et 400 m (250 m en moyenne).

Le coefficient de corrélation entre le débit d'odeur et le flux de camions est de 0.6. Il s'agit d'une corrélation assez faible : comme pour les autres campagnes, ce n'est pas toujours le volume de déchets qui justifie le niveau d'odeur, mais bien leur nature et leur manipulation.

Le tableau 2 fournit la synthèse statistique des paramètres évalués en 2002 et en 2004.

	Distance maximum (m)		Nombre de camions/heure		Débit d'émission (uo/s)	
	2002	2004	2002	2004	2002	2004
Minimum	233	130	3	2	18 500	12 420
Maximum	402	400	15	11	62 500	50 000
Moyenne	326	248	8	4.6	38 167	28 140
Ecart-type	67	87	3.6	2.5	16 703	12 153

Tableau 2 : Synthèse statistique des paramètres évalués en 2002 et en 2004.

Comme on peut le constater, les débits d'émission calculés en 2002 étaient sensiblement plus élevés, ce qui peut notamment être justifié par un nombre de camions plus important en moyenne. Ce niveau d'odeur plus élevé a entraîné une distance de perception plus grande. Un test statistique en t de Student permet de conclure que la distance moyenne est significativement plus élevée en 2002 qu'en 2004 (valeur de $p=0.045$, inférieur au seuil des 5% généralement admis). Cependant, le même test, réalisé sur le débit d'odeur montre que, bien que la moyenne de 2002 (38 167 uo/s) soit sensiblement

plus élevée que celle de 2004 (28 140 uo/s), on ne peut conclure qu'elle soient significativement différente au seuil de 5% ($p=0.150 > 0.05$).

La figure 18 montre les boîtes à moustaches pour les distances maximales de perception. Pour rappel, la boîte à moustaches permet de représenter l'étendue des valeurs observées d'une variable.

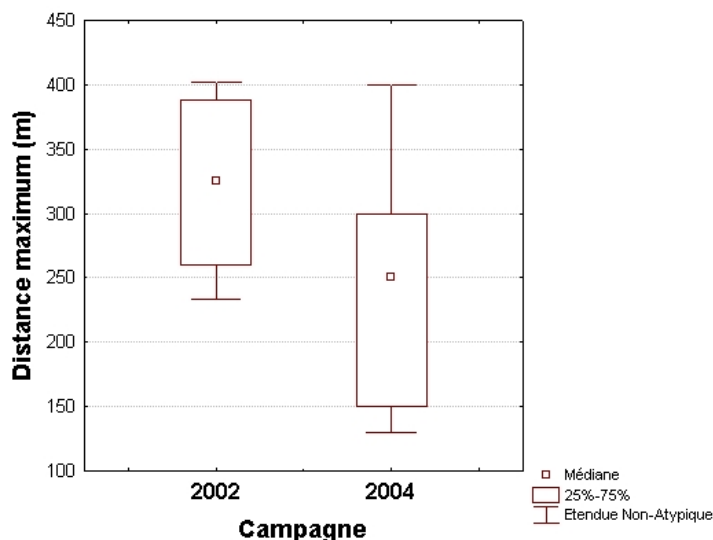


Figure 18 : Boîtes à moustaches représentant les étendues des valeurs de distances maximales de perception pour les deux campagnes.

En effet, les deux distributions se chevauchent peu et les distances de 2004 sont clairement plus faibles que celles de 2002.

La figure 19 montre la même représentation pour les débits d'émission.

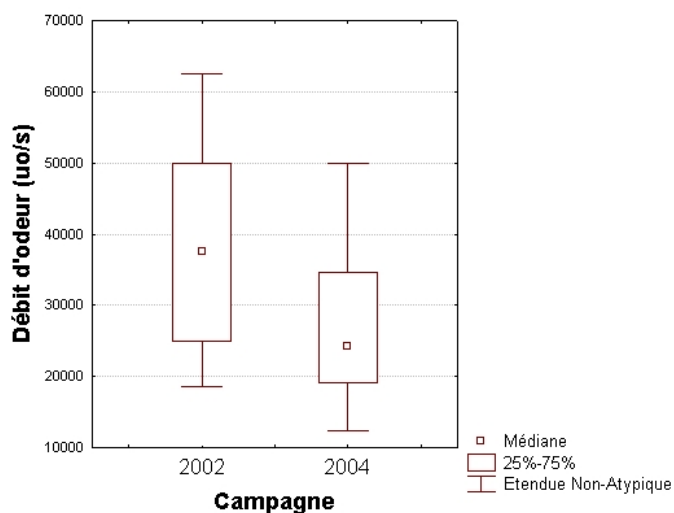


Figure 19 : Boîtes à moustaches représentant les étendues des valeurs de débit d'odeur pour les deux campagnes.

Ici encore, les valeurs de débit de 2004 sont clairement en dessous de celles des débits de 2002, cependant, les deux distributions se chevauchent moins et on ne peut plus conclure que les moyennes soient significativement différentes.

Sur base du débit moyen d'émission déterminé (28 140 uo/s), 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 50x50 m entre les cellules A1 et A2 et en introduisant dans le modèle le climat

moyen de Gosselies^[26] (situé à 7 km du Champ de Beaumont), ce qui permet de dessiner les percentiles relatifs à la limite de perception (1 uo/m³) de l'odeur de déchet du CET. Nous fournissons en figure 20 la zone limitée par le percentile 98 relatif à 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 20 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m³ et au climat annuel moyen

La forme générale est tout à fait identique à celle de l'étude de 2002, puisqu'elle est basée sur le même climat moyen. Sa taille est légèrement plus petite : par rapport à la zone d'exploitation, les distances maximales sont vers le nord-est de 790 mètres (contre 930 en 2002) et vers le sud-ouest de 820 mètres (contre 950 mètres en 2002).

Cependant, les commentaires sont pratiquement identiques à ceux de l'étude d'il y a deux ans.

Si nous considérons que la percentile 98 délimite la zone de nuisance olfactive, nous constatons que celle-ci ne va pas au-delà d'un kilomètre environ autour de la zone de déversement. Cependant, dans cette région assez bien urbanisée (par rapport à d'autres CET), le nombre de riverains potentiellement gênés par l'odeur de déchets n'est pas négligeable.

Il s'agit :

- de tout le quartier "Grands Trieux", au sud-est du CET,
- au sud, de quelques maisons des quartiers "Pont à Vaches" et "Trou Barbeau", bien qu'elles soient à la limite de la zone de nuisance définie en 2004,
- au nord, de quelques maisons des quartiers "Judonsart" et "Le Martinet", mais moins que dans la zone définie suite à la campagne de 2002,
- et surtout, des maisons des rues de Trazegnies et Fosse du Bois, ainsi que des "riverains proches", c'est-à-dire ceux des maisons mitoyennes et du commerce au sud-est et directement en contre-bas du CET.

Analyse chimique

Dans le but d'identifier les principaux composés chimiques générés par les déchets, nous avons placé un appareil de prélèvement d'air à proximité immédiate de la zone de déversement (voir figure 21).



Figure 21 : Prélèvement d'air sur cartouches à proximité de la zone de déversement

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/Sphercarb, 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 200 ml /min pendant 40 minutes, soit un volume total prélevé de 8 litres, au niveau du sol, à 3 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 les suivantes :

- Appareils d'analyse : Agilent HP6890 GC et 5972 MS;
- Colonne : HP 5-MS (5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane), longueur de 50 m, diamètre intérieur de 0.25 mm et épaisseur de film de 0.25 microns;
- Conditions opératoires pour le GC : température initiale 38°C, temps initial : 7 minutes, programmation en température : 5°C/min, température finale : 250°C, temps final : 5 minutes;
- La ligne de transfert du MS est à 280°C et l'étendue des masses balayées est de 29 à 300;
- L'identification des pics est réalisée par le logiciel HP chemstation au moyen de la base de données des spectres de masse NIST 1992;
- L'unité de désorption thermique est Unity™ de Markes international
- Le gaz porteur est de l'hélium

Complémentairement aux analyses TD-GC-MS, les tubes colorimétriques Dräger ont été utilisés, en particulier pour H₂S (limite de détection : 200 ppm) et NH₃.

La littérature fournit un certain nombre de résultats d'analyse relatives aux déchets ^[19-22]. Le tableau 3, extrait de la référence [21] présente les principaux groupes chimiques et l'étendue des concentrations généralement enregistrées sur les sites de CET.

Groupe chimique	Etendue de la concentration totale (mg/m ³)
Alcanes	0.3-1738
Alcènes	0.1-305
Cyclo-alcanes	0.4-56
Cyclo-alcènes	0.3-303
Hydrocarbures aromatiques	0.6-528
Composés halogénés	0.2-1342
Alcools	0.2-5053
Esters	0.03-320
Organo-sulfurés	0.2-519
Autres composés oxygénés	0.18-171
Acides carboxyliques	0.19-7.2
Total des composés en trace	4.7-5695

Tableau 3 : Composés organiques observés dans les émissions sur les CET

Assez fréquemment, on cite les monoterpènes comme molécules typiques des déchets frais, et en particulier le limonène, qui en est le plus représentatif.

Pour rappel, le limonène possède la formule générale C₁₀H₁₆ des monoterpènes et sa molécule existe sous deux formes, le l-limonène, à l'odeur de pin ou de térébenthine et son isomère optique (son image comme dans un miroir), le d-limonène, à l'odeur d'orange (figure 22).

Les deux formes sont souvent présentes dans les végétaux et donc, dans la matière organique des déchets.

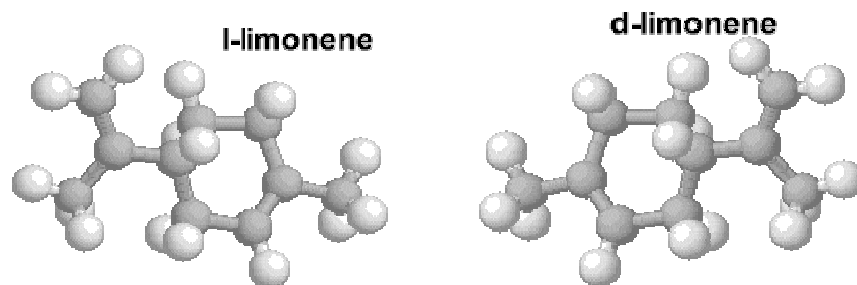


Figure 22 : Les deux formes de la molécule de limonène

Considérer le limonène comme traceur typique des déchets frais n'est cependant pas toujours judicieux, dans la mesure où ce composé se retrouve également dans un grand nombre d'ambiances olfactives, comme celle du compost, des forêts ou même dans les ambiances prélevées à l'intérieur d'habitations. Donc, même si sa concentration est effectivement importante sur les CET, sa présence dans l'environnement ne permet pas de conclure automatiquement qu'il a été émis de manière spécifique par les déchets.

Certains autres composés peuvent également être considérés comme typiques de l'odeur générée par les déchets, par exemple les alkyl-benzènes ou le disulfure de carbone^[23], mais qui peuvent également se retrouver dans l'environnement à cause d'autres sources anthropiques.

Pour rappel, les alkyl-benzènes, comme le toluène, le styrène ou les xylènes font partie des benzènes substitués, où un atome de carbone du noyau aromatique du benzène est remplacé par une chaîne non aromatique, il s'agit ici en l'occurrence d'un alkyle. Ils peuvent notamment être émis dans les gaz d'échappement des véhicules, par les solvants ou encore les produits de traitement du bois.

Le disulfure de carbone, de formule CS₂, peut être produit par l'industrie chimique ou le raffinage du gaz naturel, mais également par des sources naturelles, comme divers types de sols, les sédiments, les micro-organismes aquatiques et de végétaux, ainsi que par les feux de forêts ou d'herbes et par les volcans.

De manière générale, le benzène et ses dérivés sont typiques des ambiances de déchets, mais leur prédominance se manifeste davantage dans les déchets plus anciens, pour lesquels on enregistre par contre une décroissance des niveaux de composés halogénés et oxygénés, comme les alcools^[24].

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.

Le tableau 4 reprend les 40 principaux composés retrouvés dans chacune des deux cartouches.

Tenax		Tenax+Spherocarb	
Composé	Abondance relative (%)	Composé	Abondance relative (%)
Limonene	7.71	Limonene	6.33
p-Xylene	7.26	Benzene, 1,3-dimethyl-	5.31
Styrène	4.73	Acetone	3.71
Toluene	4.21	1,3,5,7-Cyclooctatetraene	3.1
Ethylbenzene	3.04	Ethanol	3.01
Decane	2.6	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1	2.49
Ethyl Acetate	2.06	Toluene	2.35
Acetic acid, butyl ester	2.01	Decane	2.35
1,2,4-Trimethylbenzene	1.77	Ethylbenzene	1.94
Undecane	1.62	Ethyl Acetate	1.74
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	1.56	Undecane	1.57
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	1.36	p-Xylene	1.43
Nonane	1.3	Benzene, 1,3,5-trimethyl-	1.38
2-Butanone	1.19	Acetic acid, butyl ester	1.36
Benzene, 1,2-diethyl-	1.1	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	1.3
.alpha.-Pinene	1.04	Decane, 4-methyl-	1.12
1,2,4-Trimethylbenzene	1.02	Benzene	1.11
Dodecane	0.95	Nonane	1.02
p-Xylene ou méta	0.91	Nonane, 2-methyl-	0.99
.beta.-Pinene	0.8	Acetic acid	0.98
Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-	0.75	2-Butanone	0.89
3-Carene	0.73	Nonane, 3-methyl-	0.88
Benzene, propyl-	0.69	Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-	0.79
.beta.-Myrcene	0.61	Dodecane	0.76
Cyclopentane, pentyl-	0.6	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	0.62
2-Propanol, 1-methoxy-	0.57	3-Carene	0.59
Heptane	0.54	Benzene, propyl-	0.59
Decane, 4-methyl-	0.54	Cyclohexane, butyl-	0.57
Benzene, 1-methyl-3-propyl-	0.52	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimeth	0.49
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0.51	Decane, 3-methyl-	0.46
Cyclohexane, propyl-	0.51	Cyclohexane, propyl-	0.44
Decane, 5-methyl-	0.5	Decane, 5-methyl-	0.42
Naphthalene	0.49	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	0.4
Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-	0.49	Benzene, 1-methyl-3-propyl-	0.38
Methyl Isobutyl Ketone	0.49	Hexane, 3-methyl-	0.37
Decane, 2-methyl-	0.47	Decane, 2-methyl-	0.37
Tridecane	0.46	Heptane, 3-ethyl-2-methyl-	0.37
Acetone	0.4	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene	0.36
2-Butanone, 3-hydroxy-	0.4	Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-	0.35
Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-	0.39	Cyclopentane, pentyl-	0.34

Tableau 4 : 40 principaux composés identifiés dans chacune des deux cartouches

On y retrouve beaucoup d'aromatiques, dont les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène) et d'aliphatiques linaires et cycliques, ce qui correspond effectivement aux composés le plus souvent retrouvés dans la littérature sur les sites d'enfouissement de déchets. Ces composés peuvent également être émis par les camions et les engins travaillant à proximité. Les proportions de B, T, E et X en ambiance urbaine sont de l'ordre de 2:4:1:2.6^[23]. Dans notre cas, nous retrouvons 2:4.2:3.5:2.5, soit des proportions typiques des gaz d'échappement pour B, T et X, mais avec beaucoup plus d'éthyl-benzène.

Nous notons la présence de trois composés chlorés : le benzène, 1,3-dichloro- (ou 1,4-) et dichlorométhane. Ces composés chlorés sont caractéristiques des déchets inorganiques contenant des solvants, comme les peintures, etc.

Ces familles de composés sont propres aux déchets et ne sont pas issues de processus de dégradation. Ces hydrocarbures sont émis progressivement au cours du temps dans l'atmosphère. Cependant l'agitation du déchet (lors du déversement par exemple) et une augmentation de température favorise la libération des composés volatils.

Nous enregistrons également beaucoup de terpènes, dont la dominance attendue du limonène, et quelques HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), comme le naphthalène et ses dérivés. Les terpènes sont notamment issus de la dégradation de la lignine présente dans les produits dérivés du bois. Ils sont également rencontrés dans les fragrances de nombreux fruits et végétaux (épluchures d'orange, menthe,...).

La dégradation anaérobie des déchets par les bactéries fermentatives produit les familles de composés réputées les plus odorantes :

Dans le groupe des composés contenant de l'oxygène (aldéhydes, cétones, alcools, esters et acides organiques), nous avons détecté une présence importante d'acétone, d'éthanol, d'acétate d'éthyle, d'acétate de butyle, d'acide acétique et de 2-butanone, ce qui confirme également les données fournies dans la littérature^[20]. Ces composés sont les produits de la dégradation anaérobie (fermentation) des glucides, des lipides et des protéines.

L'ammoniac est un des produits de la dégradation aérobie des protéines (constituées d'acides aminés et donc d'azote). En milieu réducteur et basique, l'ammoniac est prépondérant. Celui-ci a été détecté sur les tubes colorimétriques à une concentration de 0.25 ppmv.

Il n'y a pas d'identification de composés soufrés, produits de la dégradation aérobie d'acides aminés soufrés ou propres à certains végétaux dont les oignons et les choux, moins abondants que les composés contenant de l'azote.

Dans les déchets urbains, la teneur en azote et surtout en soufre est inférieure à celle du carbone. Les composés volatils soufrés et azotés sont donc minoritaires par rapport aux autres familles.

Effet du relief et effet couloir

Nous l'avons signalé, le site de Monceau-sur-Sambre présente une topographie tout à fait particulière qui pourrait influencer la manière dont se déplace le panache odorant. La figure 23 montre une vue en 3 dimensions, réalisée dans le logiciel Surfer (l'axe vertical est volontairement dilaté pour renforcer l'effet visuel du relief). On voit nettement sur cette figure les deux terrils situés à l'ouest et au nord-est du CET, dont les sommets sont distants de 600 m environ de la zone exploitée, symbolisée ici par 4 disques jaunes. La flèche indique le nord. Notons également sur cette figures les sortes de pyramides étroites alignées. Il s'agit simplement des pylônes de la ligne électrique haute-tension, que le logiciel Surfer a représenté de cette manière.

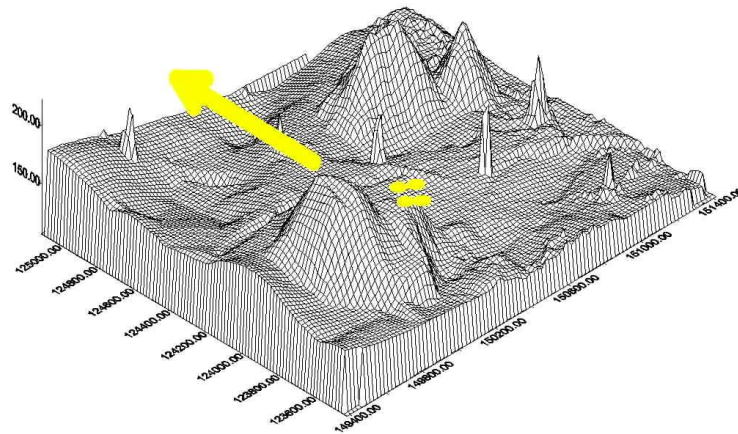


Figure 23 : Vue en 3D des environs du site du CET, telle que fournie par le logiciel SURFER

Il est tout à fait clair qu'un effet de relief particulier à ce site peut être observé par rapport à la simulation par le modèle bi-gaussien Tropos, qui ne prend pas en compte la topographie.

Pour tenter d'apprécier, au moins qualitativement, un effet possible engendré par la présence des deux terrils, nous avons simulé le panache au moyen du logiciel IBSUrban. Celui-ci est un modèle de simulation de la dynamique des fluides et de la dispersion atmosphérique basé sur une solution numérique du système complet d'équations différentielles du transport de chaleur et de matière (Navier-Stokes, Reynold et équation de convection et diffusion). La solution numérique est évaluée par itération dans un réseau maillé en trois dimensions. Ce modèle est particulièrement complet et est annoncé comme pouvant prendre en compte la turbulence locale autour d'obstacles et de la topographie du terrain.

Dans une première étape, le modèle calcule un champ de vent dans le réseau maillé et en trois dimensions, sur base de la direction et de la vitesse horizontale du vent non perturbé définie par l'utilisateur, globalement pour l'ensemble du site. Ensuite, il évalue la concentration en chacun des nœuds du réseau.

Les résultats du modèle s'avèrent très proches de ceux du modèle bi-gaussien lorsque les hypothèses de celui-ci sont acceptées (terrain plat, sans obstacles, ...).

Il ne possède pas d'algorithme spécifique aux odeurs, il ne permet pas de prendre en compte un climat moyen basé sur des occurrences de combinaisons vitesse/direction du vent/classe de stabilité. Il est particulièrement exigeant en temps de calcul et ne fournit les résultats que sur des couches horizontales, ce qui contraint l'utilisateur à un exercice assez fastidieux pour repérer les concentrations relatives à la maille située par exemple à 2 mètres au dessus du niveau du sol. S'il peut donc convenir pour une comparaison ponctuelle ou pour mettre en évidence tel effet d'obstacle spécifique, il ne convient pas pour une démarche systématique d'ajustement d'un débit d'odeur.

La figure 24 montre le résultat du calcul d'un panache par IBSUrban : la valeur du débit d'émission a été fixée à une valeur quelconque, sans importance pour le problème qui nous occupe, puisqu'il ne s'agit pas de débit d'odeur, mais d'un débit d'émission en kg/heure. De la même manière, nous avons sélectionné une isoplèthe quelconque qui illustre au mieux un effet dû à la topographie. Le vent souffle du sud-est (angle 110° par rapport au nord), à une vitesse globale de 3 m/s. Il s'agit de conditions relativement simplifiées, mais qui exigent déjà environ une dizaine d'heures de simulation sur un ordinateur puissant. La figure montre un zoom permettant notamment de montrer les effets locaux.

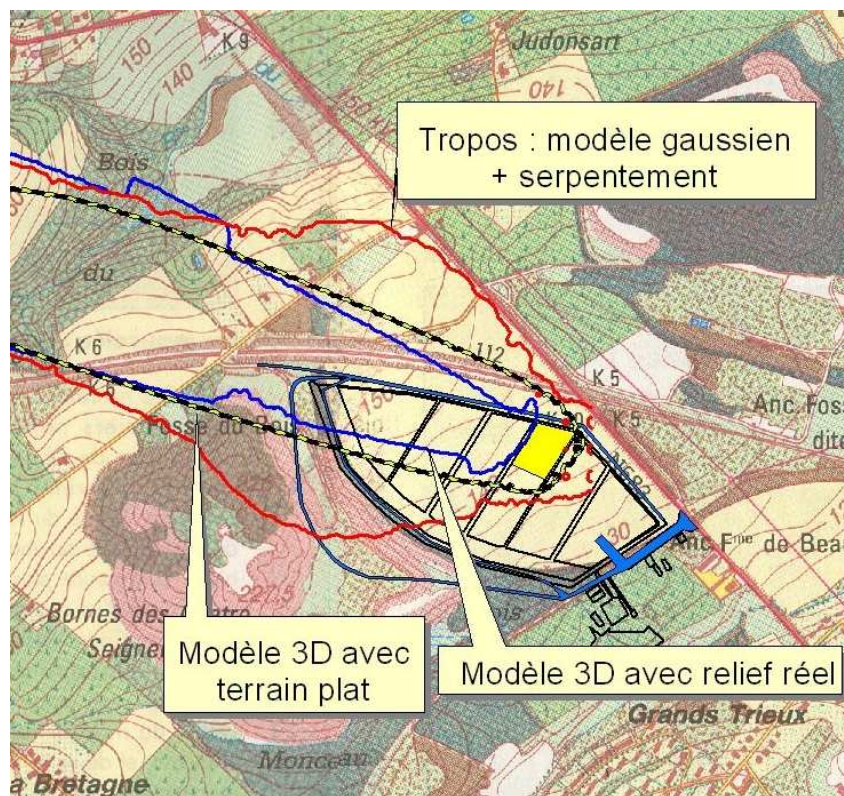


Figure 24 : Tracé d'isoplèthes équivalentes sur fond de carte : IBSUrban avec relief en bleu, IBSUrban sans relief en pointillés noir et blanc et TROPOS en rouge.

La courbe en bleu, calculée à partir du modèle IBSUrban, sur base de la topographie réelle, présente en effet deux ondulations caractéristiques, l'une au pied du terril sud-ouest et l'autre, dans sa partie supérieure, au nord-ouest, au-delà de la rue Fosse-du-Bois, dans le "Bois du Rognac" se présentant sous la forme d'une colline assez étroite.

A titre de comparaison, nous avons simulé la même isoplèthe, avec le même débit d'émission, mais cette fois, en considérant un terrain tout à fait plat. La courbe correspondante est dessinée en traits discontinus jaunes et noirs. La forme et la taille de l'isoplèthe sont globalement similaires, mais la courbe est plus régulière et ne présente plus les ondulations dues au relief.

Enfin, la courbe rouge montre la forme de l'isoplèthe que l'on aurait obtenue avec le modèle bi-gaussien TROPOS, sur terrain plat. Encore une fois, sa forme et sa taille correspondent globalement à celles calculées par le logiciel 3D en relief réel.

Il ne s'agit bien sûr que d'une seule simulation, dans un cas particulier de vitesse et direction du vent. Compte tenu du temps très long de calcul, nous n'avons pas pu simuler un grand nombre de situations différentes.

Cependant, à la lumière de ces premiers résultats, on pourrait penser que le relief a surtout un effet de déformation locale des isoplèthes, mais qu'il n'affecte pas de manière très conséquente la taille globale des courbes calculées.

Signalons encore que la plupart des modèles numériques et lagrangiens doivent travailler à l'échelle synoptique, c'est-à-dire avec des mailles de dimensions supérieures à trois ou quatre cents mètres. Ils

font en effet l'hypothèse hydrostatique selon laquelle l'équation de l'hydrostatique $\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$ peut

s'appliquer. Cela signifie essentiellement que les accélérations verticales sont négligeables par rapport à la pression et à la pesanteur. Or, à petite échelle, lorsqu'il s'agit d'évaluer les turbulences induites par exemple par le mur d'une maison, cette approximation n'est plus du tout vérifiée.

Il semblerait que IBSUrban ait résolu le problème, puisqu'il semble conseillé pour les simulations en milieu urbain, mais nous n'avons aucune information sur la méthode non-hydrostatique mise en œuvre. Quoiqu'il en soit, nous l'avons utilisé avec des mailles de quelques dizaines de mètres de côté.

L'effet de déformation locale des isoplèthes illustré sur la figure 24 est probablement particulier à la direction choisie pour le vent. Il semble assez logique de considérer que, lorsque le vent souffle vers le teruil, le panache odorant s'élève le long de sa pente et que la concentration soit plus importante que sur terrain plat, à égalité de distance à partir de la source. Ceci créerait donc probablement une excroissance par rapport à une isoplèthe relative à un terrain plat (figure 25).

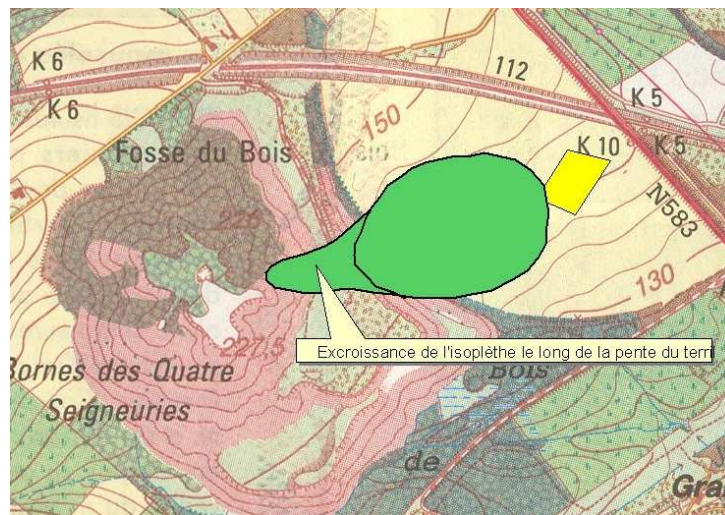


Figure 25 : Excroissance probable de l'isoplèthe lorsque le vent souffle vers la pente du teruil.

Comme notre modèle TROPUS ne tient pas compte de la topographie, il conviendrait également que les sensations des observateurs soient appréciées le plus possible comme s'il s'agissait d'un terrain plat. Il faudrait notamment que tout effet manifestement dû au relief ne soit pas pris en compte. Ainsi, le 26 avril (voir figure 12), l'équipe de l'ULg a clairement ressenti un effet de remontée du panache odorant le long du teruil : certaines bouffées d'odeur ont été ressenties le long de la pente du teruil, en des endroits singuliers par rapport au reste du panache. Ces effets ont également été ressentis, dans une moindre mesure, les 11 et 29 mars (voir figures 6 et 8).

Nous avons donc pris la liberté de ne pas prendre ces points en compte dans l'ajustement du panache.

On le constate, ce genre de méthode, impliquant un ajustement par tâtonnements, implique également une bonne part de bon sens, basé sur l'expérience des opérateurs. Une odeur peut fort bien se manifester en des endroits tout à fait isolés, voire surprenants et non expliqués par la direction du vent. Il s'agit alors de bien interpréter sa présence à cet endroit. Il peut s'agir par exemple des camions de déchets lorsque l'odeur se manifeste près de l'entrée du CET (voir par exemple le 9 juin, figure 16) ou d'un effet de remontée du panache le long d'une pente ou encore d'un effet de couloir.

Ainsi, un tel effet de couloir semble parfois se manifester le long de la rue de Trazegnies, au nord du CET. En cet endroit, la route, limitée en dessous par un talus et au dessus par une rangée d'arbres crée une sorte de "canyon" dans lequel peut s'engouffrer le vent, dans une direction tout à fait différente de sa direction générale. De tels effets sont évidemment intéressants à étudier ponctuellement, notamment grâce à des modèles plus complets en 3 dimensions. Rappelons encore une fois que ce n'est pas le but de la présente étude.

Le modèle bi-gaussien employé ici non seulement ne prend pas en compte le relief, ni les turbulences, mais il n'est pertinent qu'au-delà d'une centaine de mètres de la source. Comme la plupart des distances maximales de perception mesurées sont au-delà de cette distance critique, nous estimons que l'erreur commise en utilisant le modèle gaussien n'est pas trop importante. Néanmoins, l'objectif reste bien limité à l'estimation d'une zone de nuisance globale et moyenne annuelle. Une telle méthode, avec un tel modèle ne permet pas d'expliquer des phénomènes ni locaux, ni ponctuels dans le temps.

Conclusions

L'étude a apporté un certain nombre de résultats qualitatifs et quantitatifs, confirmant ceux de la campagne 2002, à savoir :

Qualitativement, dans le cas spécifique du CET du Champ de Beaumont, il semble que d'autres tonalités odorantes que celles des déchets frais soient perçues aux alentours du site.

La qualité de l'odeur semble dépendre du type de déchets déversés. Par rapport à 2002, l'odeur du biogaz peut maintenant être perçue à proximité immédiate des puits de dégazage, mais elle ne se propage pas très loin : l'odeur de déchets reste prépondérante dans l'environnement du site.

La zone de nuisance olfactive s'étend, comme dans les autres CET, à maximum 1 km autour des cellules exploitées, et à moins de 800 m autour de la clôture du site. Cependant, dans le cas présent, comme il s'agit d'une zone assez bien urbanisée, le nombre de riverains potentiellement atteints est sensiblement plus important. La zone de nuisance estimée par le percentile 98 est légèrement plus petite que celle définie en 2002, ce qui peut être justifié par une activité moins intense en 2004. Cependant, au vu de la variabilité des résultats, nous ne pouvons pas conclure que la taille de la zone soit significativement différente de celle de 2002.

Quantitativement, l'étude aura permis d'estimer un débit d'émission de l'odeur de déchets sur le site aux environs de 28 000 uo/s, soit un peu moins de 101 000 000 uo/h. En admettant comme vraisemblable la dimension de la surface d'émission (un rectangle de 50 m x 50 m), ce débit représenterait un flux surfacique de 11 uo/s.m².

Cette valeur est du même ordre de grandeur que les flux déterminés par ailleurs (littérature, autres études), soit environ 10 uo/m².

Propositions futures

Dans l'esprit de fournir une aide à la gestion des odeurs sur le site de Monceau-sur-Sambre et de prévenir le "risque" de nuisance olfactive, nous suggérons les propositions suivantes.

- Mesurer en continu les paramètres météorologiques influençant le transport et la dispersion des odeurs : surtout la vitesse et la direction du vent, ainsi que l'ensoleillement. En évaluant à partir de ces données la classe de stabilité de l'atmosphère, on pourrait estimer grossièrement une distance maximale de propagation de l'odeur dans le sens du vent et l'afficher sur un écran d'ordinateur en temps réel.
- Connaissant le nombre d'habitations situées autour du CET et leur localisation, il serait même éventuellement possible d'estimer un nombre de riverains potentiellement touchés par l'odeur.
- Bien entendu, il ne pourrait s'agir à ce stade que d'odeurs potentielles, qui ne deviendraient éventuellement réelles que s'il y avait une activité importante sur le site. L'idéal serait, bien entendu, de mesurer l'odeur en continu en périphérie du site de CET. A cet égard, les premières expériences réalisées avec un nez électronique semblent prometteuses^[27-28].
- En attendant un tel suivi, le gestionnaire du CET pourrait particulièrement s'inquiéter lorsque la zone de nuisance potentielle atteindrait les quartiers plus peuplés : notamment le quartier des Grands Trieux et les riverains des rues de Trazegnies et Fosse du Bois au nord du CET.
- Il serait également judicieux que l'équipe de suivi prenne contact avec le comité de riverains (les coordonnées ont été enregistrées lors d'un de nos passages), afin de conserver une trace plus ou moins régulière des plaintes dues à l'odeur. On pourrait par exemple imaginer un courrier électronique régulier de la part du comité de riverains, de manière à pouvoir suivre l'évolution temporelle de l'odeur et de la relier avec le climat et l'activité sur le site.
- Enfin, une tâche un peu plus lourde à mettre en œuvre, mais qui pourrait s'avérer particulièrement efficace, serait d'utiliser les riverains comme instruments de mesure des odeurs. Pour cela, il faudrait la participation du plus grand nombre possible de riverains volontaires pour "renifler" l'odeur dans toute la zone englobant le CET jusqu'à environ 1 km à la ronde. Ces riverains sortiraient de leur habitation à heures précises au cours de la journée, renifleraient l'air et, s'ils perçoivent une odeur provenant du CET, apprécieraient son niveau. Dans une telle démarche, il est particulièrement important de noter les épisodes sans odeur aussi bien que les événements d'odeur, de manière à estimer les pourcentages de dépassement du seuil olfactif au cours de la

période étudiée. Ce genre d'information est beaucoup plus précieuse encore que l'enregistrement des plaintes, qui ne peut prendre en compte que les événements d'odeur.

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] VAN LANGENHOVE, H., VAN BROECK, G. (2001) *Applicability of sniffing team observations : experience of field measurements.* - Water Science and Technology, 44, pp. 65-70.
- [8] JACOBS, J., SCHARFF, H., VAN ARKEL, F., DE GIER, C.W. (2003) *Odour Reduction by aeration prior to excavation* - Proceedings Sardinia 2003 - Cagliari - 6-10 October 2003.
- [9] DE GIER, C.W. (2001) *Smelling squad measurements.* Zeeasterweg landfill, Buro Blauw. Wageningen, The Netherlands.
- [10] VDI 3940 (1993) *Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections* - Verein Deutscher Ingenieure - Düsseldorf.
- [11] BAGEG (1998). *Handbuch von Ingenieurbüro für Immissionsprognostik Lung*, Eosanderstrasse, 17, 10578 Berlin.
- [12] DIF : *Odour dispersion model of RWTÜV*, Essen.
- [13] TALAR : *Odour dispersion model of IFU GmbH*, Flöha.
- [14] HARTMANN, U. (2002). *Validierung von Geruchsausbreitungsmodellen.* Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, 62, Nr. 10, Oktober.
- [15] ÖNORM M 9440 1992/1996. *Dispersion of pollutants in the atmosphere - Calculation of the ambient air concentrations and determination of stack heights.* Österreichisches Normungsinstitut, Vienna.
- [16] FREEMAN, T., CUDMORE, R. (2002) *Review of Odour Management in New Zealand – Air Quality Technical Report n°24 – Ministry for the Environment New Zealand – 210p.*
- [17] PECHINGER, U., PETZ, E. (1995). *Model evaluation of the Austrian Gaussian plume model ON M 9440 : comparison with the Kincaid dataset.* Int. Journal Environment and Pollution, 5, pp. 338-349.

- [18] VAN DEN HAZEL, P.J., WAEGEMAEKERS, C.H. (1991). *Annoyance in a residential area near a papermill*. Public Health Rev., 19, pp. 251-262.
- [19] BRADLEY, A.D., COOK, D.J., EDWARDS, J.S., JOHNSTON, A.G., LINFORTH, R.S.T., TAYLOR, A.J. (2001) *The control and measurement of landfill odours*, , *Eighth international Waste management and landfill symposium*, Sardinia, Cagliari Italy, 1-5 october, 2001.
- [20] BERTACCHI, M., CAPUANO, F., FORNACIARI, S., FRANZONI, C., POLUZZI, V., RENNA, E., VIVI, B., BERTOLINI, E., MEGLIOLO, E. (1997) *Control of the air quality and research of smelling substances in landfills*, Sixth international Waste management and landfill symposium, Sardinia, Cagliari Italy, 13-17 October, 1997
- [21] SCOTT, P.E. (1995) *The international energy agency's (IEA) work in harmonising sampling and analytical protocols related to municipal solid waste (MSW) conversion to energy*. Biomass and Bioenergy, , pp. 415-439.
- [22] HAMIDEH, S.A. (2002) *A review of the literature regarding non-methane and volatile organic compounds in municipal solid waste landfill gas*, MSW Management, 12.
- [23] ZOU, S.C., LEE, S.C., CHAN, C.Y., HO, K.F., WANG, X.M., CHAN, L.Y., ZHANG, Z.X. (2003) *Characterization of ambient volatile organic compounds at a landfill site in Guangzhou, South China*, Chemosphere, 51, pp. 1015-1022
- [24] KNOX, K. (1990) *Report to the UK department of the environment*, Contract PEC/D 7/10/213
- [25] IBS-URBAN (1999) *Manuel de l'utilisateur – Wölfel Meßsysteme-Software*
- [26] VAN DER AUWERA, L. (1992) *Histograms of wind speed and statistics of Pasquill stability classes – IRM – Bruxelles*
- [27] NICOLAS, J., WIETZ, V., MONTICELLI, D. (2000) *Contrôle/Commande de la réduction d'odeur générée par un centre d'enfouissement technique*. Rapport final FIRST - Région Wallonne – 2000
- [28] ODOTTECH (2004) *Odoveille : surveillance d'un lieu d'enfouissement sanitaire au Canada par un réseau de nez électroniques* - http://www.odotech.qc.ca/fr/nouvelles/epieur_odeurs.html