

De l'odeur à l'impact sur le territoire

From odour to territorial impact

Julien Delva¹, Pierre Cobut¹, Jean-Louis Fanlo²

Résumé

L'odeur et les gênes et nuisances qui en découlent sont de plus en plus d'actualité autour de sites industriels en Europe. Les industriels sont souvent démunis face aux plaintes du voisinage ou aux impositions contenues dans leurs arrêtés préfectoraux. Les actions prises pour mesurer la pollution ou pour corriger la situation sont souvent décalées des besoins réels. L'objectif de cet article est, premièrement, de décrire précisément les différentes dimensions de cette problématique et, deuxièmement, de présenter les méthodologies et techniques de mesure adaptées pour caractériser ces dimensions, depuis la perception jusqu'au potentiel de nuisance et aux plaintes.

Mots-clés

odeur, gêne olfactive, impact olfactif, nuisances odorantes, olfactométrie, plaintes

Abstract

Odors, olfactory discomfort and nuisances are increasingly topical around industrial sites in Europe. Site operators are often deprived in front of the complaints of the neighborhood or the impositions in their prefectural decrees. The actions taken to measure the pollution or correct the situation are often far from actual needs. The objective of this article is first to describe the different dimensions of this problem, then to present the methodologies and measurement techniques adapted to characterize these dimensions, from perception to complaints.

Keywords

odor, olfactory discomfort, olfactory impact, odor nuisance, olfactometry, complaints

(1) Odometric sa, Route de Longwy 577, 6700 Arlon (Belgique). Odometric est un bureau d'étude agréé (Odometric, 2016) et un laboratoire spécialisé dans la gestion des nuisances odorantes. Il dispose de nombreux outils pour appuyer son expertise dont un laboratoire d'olfactométrie dynamique répondant à la norme européenne EN 13725 et accrédité ISO 17025. info@odometric.com

(2) Olentica sas, 14 boulevard Charles Peguy, 30100 Alès (France) - Ecole des Mines d'Alès, Laboratoire Génie de l'Environnement Industriel, 6 avenue de Clavières, F-30319 Ales Cedex (France). Olentica est une spin-off de l'équipe Odeurs et COV de l'École des Mines d'Alès, qui dispose d'un parc analytique lui permettant d'analyser tout type de polluant (Odeurs, COV, particules, micro-organismes...) et qui développe des solutions sur mesure dans le cadre de partenariats R&D. jean-louis.fanlo@olentica.fr

1. Introduction

Les nuisances liées aux odeurs sont, avec le bruit, les sources de plaintes les plus importantes en Europe au XXI^e siècle, en dépit de l'amélioration de la qualité de l'air des 30 dernières années.

Paradoxalement, ce sont même les techniques de gestion environnementale de nos déchets qui génèrent de nouvelles sources d'odeur : stations d'épuration, centres de compostages, unités de méthanisation, valorisation énergétique des déchets hydrocarbonés, des boues de station d'épuration ou des farines animales.

Facteur aggravant, l'expansion urbaine rapproche les zones d'habitat des zones industrielles, d'où une proximité qui génère une augmentation du nombre de conflits entre riverains et industriels.

La nuisance odorante et la gêne olfactive qui en découle parfois participent au « stress environnemental » (Evans *et al.*, 1987, Pierrette et Moch, 2009) perçue dans les zones résidentielles. Ce stress suscite le plus souvent un sentiment d'insécurité et une perception négative de la qualité de vie, ce qui explique à la fois la réaction des populations et le fait que les problématiques liées à l'odeur sont devenues dans notre société un axe de travail environnemental à part entière.

L'analyse et le traitement des problèmes de nuisances odorantes sont souvent très complexes. Le caractère subjectif de la « bonne » ou de la « mauvaise » odeur, la variabilité du seuil de perception de l'odeur dans l'environnement attestent de cette complexité. S'ajoute à cela le fait qu'une odeur peut avoir pour origine une molécule toxique ou non, et que des substances inodores ou émettant des odeurs agréables sont parfois plus dangereuses que certaines substances malodorantes, que la réaction d'un individu varie selon le moment de la perception et que le ressenti des odeurs est lié à notre culture et aux circonstances de la perception. Ces différents facteurs font prendre conscience de la difficulté de quantifier la gêne olfactive que l'odeur peut engendrer. Caractériser, mesurer et/ou suivre une molécule chimique peut s'avérer relativement simple, prévoir la gêne qu'occasionnera l'odeur résultant de la présence de cette molécule dans l'air est par contre beaucoup plus délicat.

La surabondance d'information disponible sur Internet n'apporte pas nécessairement de clarté sur le sujet. Les mauvaises expériences y sont bien plus fréquemment relatées que les résolutions de problèmes, engendrant craintes et oppositions de principe. L'angoisse d'un impact sur la santé n'ajoute que

du flou au débat et ancre les opposants dans leur certitude mais malheureusement avant tout dans leur incompréhension.

L'objectif de cet article est, premièrement, de décrire précisément les différentes dimensions de cette problématique et, deuxièmement, de présenter les méthodologies et techniques de mesure adaptées pour caractériser ces dimensions, depuis la perception jusqu'au potentiel de nuisance et aux plaintes.

2. De la perception à ses effets

2. 1. L'odeur, une perception complexe

La perception olfactive résulte d'une alchimie complexe entre les caractéristiques de l'odorant (stimulus, synthèse, biochimie), celles de l'appareil olfactif et les caractéristiques psychologiques de l'individu (perception, restitution, vécu, éducation...).

Sur le plan sémantique, il convient de souligner que le terme « odeur » est trop souvent galvaudé. Il est fondamental de clairement définir la notion qu'il recouvre. La substance odorante (l'odorant) désigne un produit chimique dans l'air qui est à l'origine de la perception olfactive (l'odeur).

On peut donc parler de l'odeur comme d'une interprétation subjective et affective par le cerveau, résultant de la stimulation du système olfactif par une molécule ou un mélange de molécules odorantes.

2. 2. La gêne olfactive

La gêne olfactive est une notion difficile à caractériser étant donné qu'elle ne dépend pas uniquement des propriétés chimiques ou physiques du composé et des caractéristiques du territoire, mais aussi d'un processus de perception et d'évaluation par les populations (Jaubert, 2010).

Sur le plan olfactif, on considère qu'on est gêné lorsqu'une odeur « polarise notre attention et nous empêche de nous concentrer sur nos activités » (Jaubert, 2005). Ainsi, la gêne olfactive est la propriété d'une odeur spécifique à provoquer une appréciation négative chez l'homme et qui exige une adaptation quand elle est perçue dans le milieu de vie (Van Harreveld, 2001).

Ce n'est qu'à partir du moment où un individu a perçu une odeur qui le perturbe (parfois sous l'influence de facteurs externes liés à l'environnement, au moment de la perception), que l'on peut parler de gêne. Le sentiment de gêne est influencé par les caractéristiques du site industriel, les caractéristiques des

odeurs, les acquis de l'individu et les circonstances dans lesquelles la perception se fait. Ainsi, la gêne olfactive engendrée par un site industriel doit nécessairement être évaluée avec la contribution des riverains de l'installation incriminée (Rognon et Pourtier, 2000) pour obtenir le jugement de chaque individu, tout en tenant compte de son vécu, de ses souvenirs et de ses attentes vis-à-vis du territoire étudié.

2. 3. De l'odeur à la nuisance odorante

On parle de nuisance odorante lorsque l'odorant provoque une réponse négative de l'individu (Jaubert, 2010(b)), ou lorsque « une odeur a un impact négatif important sur la qualité de la vie d'une communauté et entrave déraisonnablement la jouissance de la vie ou des biens » (Duffee, 1995).

2. 4. La nuisance à l'échelle du territoire

Pour identifier, caractériser et évaluer la nuisance odorante sur un territoire, il faut s'intéresser à ce qu'en disent les textes de loi. La nuisance odorante est décrite comme pouvant être acceptée ou refusée, selon le contexte dans lequel se situent les riverains. Ainsi, l'état de tolérance ou d'intolérance vis-à-vis d'une nuisance odorante dépend de plusieurs éléments, tels que l'évolution du désagrément, la fréquence de la perception, l'effet associé à l'odeur, ainsi que la crainte qu'elle occasionne vis-à-vis de la santé ou des moins-values des biens (Fanlo, 2006). Autrement dit, pour juger de la présence d'une nuisance odorante sur un territoire, il faudra juger du caractère acceptable ou intolérable de l'odeur, en évaluant la gêne ressentie par la population ainsi que sa force et sa fréquence.

À titre d'exemple, une odeur de pain, considérée habituellement comme « agréable », peut devenir une nuisance pour les riverains d'une boulangerie, car ressentir cette odeur tout au long de la journée peut s'avérer gênant.

2. 5. L'expression de la nuisance : les plaintes

Soumis aux nuisances odorantes, les individus réagissent à des degrés et sous des aspects divers. Adresser des plaintes, qu'elles soient formelles ou non, est l'une des formes les plus courantes d'expression de la nuisance. Lorsqu'ils sont organisés, que ce soit par les autorités publiques ou par les industriels, les registres de plaintes permettent de consigner des informations importantes : nombre de plaignants, localisation, fréquence des plaintes, événements auxquels elles se rapportent, horaires, etc. Il faut cependant que le riverain ait connaissance de l'existence du registre et puisse y avoir accès, quelle que soit sa situation personnelle. De plus, la démarche n'est

généralement entreprise que lorsque le riverain peut espérer un résultat suite à cette plainte.

2. 6. Existe-t-il un lien entre l'odeur et la toxicité ?

Cette question revient quasi systématiquement. Il est compréhensible qu'un riverain soumis à des odeurs, industrielles ou d'élevage, dans sa propriété, s'inquiète des effets sur sa santé, d'autant plus si ces odeurs sont fréquentes.

Il convient de rappeler à ce stade que l'odeur est une perception sensorielle (résultat de l'interaction des composés odorants contenus dans l'air que l'on respire avec la muqueuse olfactive et de l'interprétation par le cerveau du signal neurologique), elle ne peut donc pas, *stricto sensu*, être toxique. En revanche, les composés présents dans l'air respiré (aérosols, particules, germes microbiens, molécules chimiques odorantes ou non), peuvent avoir un impact sur la santé des personnes.

La toxicité est effectivement liée aux caractéristiques chimiques des molécules composant le mélange odorant. Or, dans la majorité des cas, il n'y a pas de relation simple entre l'odeur perçue et la concentration chimique des molécules qui composent le mélange odorant. En effet, la réaction des neurorécepteurs olfactifs est très variable selon les molécules. Pour certains composés, comme le monoxyde de carbone, le seuil de toxicité est beaucoup plus bas que le seuil olfactif. Cela veut dire qu'il peut être létal avant même d'être perceptible.

Par contre, d'autres composés, comme les mercaptans, ont un seuil de perception très bas par rapport à leur seuil de toxicité. Ce type de composé est d'ailleurs utilisé comme additif dans le gaz de ville, qui n'est pas odorant, pour que l'on puisse détecter une fuite.

Autre point important, les odeurs ne sont pas additives. Deux composés ayant chacun leur caractéristique odorante propre peuvent, en mélange, donner naissance à une odeur ayant une caractéristique complètement différente. Ces phénomènes de synergie et d'inhibition peuvent aussi conduire le mélange à être plus ou moins odorant que ses constituants de base, voire, dans certains cas, inodore.

Ces effets se compliquent encore quand le mélange odorant est composé de plus de 300 molécules différentes, comme c'est fréquemment le cas pour le compostage ou le traitement des déchets.

2. 7. Quels sont les effets sur les riverains ?

Si la toxicité ne peut être évoquée telle quelle en matière d'odeurs, ces dernières peuvent néanmoins

avoir des effets négatifs sur la santé à travers leur effet nuisant. La présence d'une odeur forte, désagréable et offensante altérera d'autant plus la qualité de vie qu'elle est fréquente et persistante.

Dans le domaine de la santé, une distinction est faite entre les effets directs et indirects des facteurs extérieurs sur l'organisme. L'inhalation d'une substance toxique peut provoquer des effets directs sur la santé. Les odeurs peuvent induire des effets secondaires, comme des nausées, des troubles de la concentration, de l'appétit, des insomnies et surtout de l'inconfort. De nombreuses études ont montré que l'exposition à des atmosphères malodorantes, bien que non toxiques, affecte, chez un individu, l'évaluation des qualités de l'environnement, la sympathie envers les autres et renforce les sentiments d'anxiété, de fatigue et de tristesse (Rotton J. *et al.*, 1979 ; Shusterman, 1992 ; Laing DG. *et al.*, 1994 ; Schiffman, 1998 ; Le Guérier, 1998).

Ces impacts sont renforcés par la présence d'un conflit et par la difficulté que les parties ont de parler de ce qui semble uniquement subjectif. Les caractéristiques des odeurs se mesurent cependant.

Sur le point économique, les riverains sont surtout très attachés à la perte de valeur de leur propriété qui se trouve dans un contexte pénalisant. À ce stade intervient la notion d'antériorité qui n'est pas d'un abord simple. Qui était là le premier ? L'industriel ou le riverain ? On peut facilement comprendre qu'un riverain soit dérangé par les odeurs d'une nouvelle activité qui vient de s'installer à côté de chez lui. Qu'un riverain nouvellement installé à proximité d'un site industriel historique s'en plaigne est moins évident à gérer pour les autorités. Un riverain nouvellement arrivé a-t-il ou non le droit de se plaindre d'une industrie existante ? La réponse à ces questions relève du domaine de l'aménagement du territoire et du savoir vivre ensemble.

3. Les dimensions de l'odeur et leur mesure

3. 1. Caractéristiques de l'odeur

On peut distinguer quatre caractéristiques dans une odeur :

- Son **intensité**, qui peut être décrite comme la « force » de la sensation olfactive (Nicolas J. *et al.*, 2008 ; Pierrette et Moch, 2009 ; Lestremau, 2003 ; Rognon et Pourtier, 2000 ; Nicell, 2009, Sucker *et al.*, 2008 ; Pierrette et Moch, 2009). La norme NFX 43-103 définit l'intensité comme étant « la grandeur de la sensation pour un stimulus supérieur

au seuil de perception ». C'est majoritairement une fonction croissante de la concentration du mélange odorant dans l'air inspiré.

- Sa **concentration**. Cette notion est utilisée par tous et imposée dans la cadre de la norme EN 13725 (2003). En fait, ce concept devrait s'appeler persistance, qui est définie par le lien entre la concentration des odorants et l'intensité de la perception. Elle exprime la sensibilité de l'odeur à la dilution. Cette relation est souvent décrite par la loi de Stevens, qui est une relation de puissance entre ces deux notions. La figure 1 ci-dessous exprime cette notion de persistance. Une odeur peu persistante (fugace) est une odeur dont l'intensité va diminuer rapidement lorsque la concentration des molécules dans l'air diminue. Une odeur persistante verra au contraire son intensité rester quasi constante pour la même diminution de concentration. Cette notion est importante dans la recherche de solution de traitement des odeurs. En effet, entre deux unités de désodorisation réduisant la concentration des polluants de 90 %, la perception de l'efficacité par les riverains sera fonction de la persistance de l'odeur.

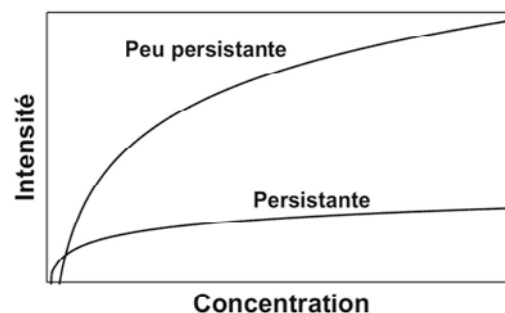


Figure 1. Relations entre l'intensité et la concentration d'une odeur.

Relation between odour Intensity et concentration.

- Sa **qualité** (sa nature spécifique) peut être définie comme la verbalisation de l'odeur. À la différence du goût, pour lequel il est possible de définir cinq saveurs primaires (salé, sucré, acide, amer, umami), il est impossible de définir une liste d'odeurs fondamentales. Les tentatives de classification s'avèrent n'être en réalité qu'une assimilation de l'odeur de chaque substance à une odeur assez fréquemment rencontrée et, de ce fait, connue.
- Son **ton hédonique** qui représente la tonalité affective mesurant le caractère déplaisant ou plaisant (l'acceptabilité) de l'odeur. Sur ce plan, les seules règles générales que l'on puisse

formuler sont que toute odeur agréable devient désagréable à de très fortes concentrations, que les réactions affectives d'un groupe sont associées à des habitudes et à des cultures, et que la tolérance vis-à-vis des odeurs désagréables diffère considérablement selon les personnes (Köster, 1991 ; Sucker *et al.*, 2008).

3. 2. Mesure des caractéristiques de l'odeur

3. 2. 1. L'intensité

La mesure de l'intensité odorante est décrite dans la norme française NFX 43-103. C'est une méthode dite supraliminaires, car elle met en jeu une mesure de l'odeur à des niveaux supérieurs au seuil de perception.

L'intensité de l'odeur d'une atmosphère donnée est comparée à celles d'une échelle de référence composée de dilutions successives de produits de références (pyridine ou n-butanol). Cette échelle de référence est constituée sur la base d'une progression géométrique d'un facteur 2, 3 ou 10. La mesure est réalisée grâce à un jury de nez, idéalement composé de 7 à 9 personnes.

L'objectif de chaque membre du jury est d'estimer à quelle dilution de la gamme correspond la force de l'odeur sentie. Une conversion est ensuite réalisée en équivalent de l'échelle de concentration de la référence utilisée.

Cette méthode de mesure dans l'environnement est progressivement remplacée par la méthode du panache, décrite plus loin, qui présente l'avantage de faire un lien direct entre le site émetteur et les zones de perception dans le voisinage.

3. 2. 2. La concentration

Actuellement, la réglementation européenne est basée sur la mesure de la **concentration de l'odeur**, c'est-à-dire de sa persistance, selon la norme EN 13725. La concentration de l'odeur est définie comme étant le nombre de fois qu'il faut diluer le mélange odorant avec de l'air pur pour arriver au seuil de détection olfactif d'une personne moyenne. La concentration de l'odeur a une unité, l'unité odeur européenne par mètre cube (uo_e/m^3). Selon la norme, l'unité d'odeur européenne est « la quantité de substance odorante qui, évaporée dans un mètre cube de gaz neutre dans des conditions normalisées, déclenche une réponse physiologique de la part d'un jury (seuil de détection) équivalente à celle suscitée par une masse d'odeur de référence européenne, évaporée dans un mètre cube de gaz neutre dans des conditions normalisées. »

Autrement dit, l'unité odeur est une quantité de matière qui, lorsqu'elle est diluée dans un mètre cube d'air pur, correspond au seuil olfactif d'une personne moyenne.

Cette mesure est encadrée par la norme européenne EN 13725. Selon cette norme, la mesure d'un échantillon doit être réalisée dans les 30 heures suivant le prélèvement pour limiter la dégradation des échantillons.

La mesure est réalisée à l'aide d'un olfactomètre à dilution dynamique. Cet instrument permet de diluer le mélange odorant et de présenter la dilution à un jury de nez. Les membres du jury doivent parvenir à faire la distinction entre de l'air inodore et une dilution de l'odeur étudiée qui leur est présentée. Au départ, le mélange odorant leur est présenté à un niveau de dilution tel qu'ils n'arriveront pas à faire la distinction avec l'air inodore. Le taux de dilution est ensuite progressivement diminué. Cette opération est répétée jusqu'à atteindre le seuil de perception du juré. Par définition, ce seuil de perception correspond à 1 unité d'odeur européenne par mètre cube (uo_e/m^3). S'il a fallu diluer l'échantillon d'odeur d'un facteur 1 000 pour arriver à ce seuil, la concentration d'odeur de cet échantillon sera de 1 000 uo_e/m^3 .

Pour faire partie des membres du jury (dit jury de nez calibré), les personnes sont sélectionnées en fonction de leur sensibilité à l'odeur d'un gaz de référence. La norme impose que les jurés doivent percevoir l'odeur du n-butanol à une concentration comprise entre 20 et 80 ppb. Cette perception doit en outre être constante dans le temps.

Des tests interlaboratoires sont organisés chaque année pour déterminer la précision et la répétabilité des mesures réalisées par olfactométrie dynamique et la qualité des jurys de nez. Le but est de réaliser les mesures avec des personnes ayant une sensibilité olfactive représentative de la population.

La mesure de la concentration d'une odeur étant une mesure sensorielle, l'erreur de mesure qui la caractérise est importante, surtout si on la compare à celle caractérisant des mesures physico-chimiques. Cette erreur de mesure se situe en général entre la moitié et le double de la valeur.

La mesure par olfactométrie dynamique est réalisée pour caractériser des odeurs à la source ou proche de celle-ci. En effet, une mesure d'odeur ne peut se faire qu'à partir d'une concentration proche de 25 uo_e/m^3 : c'est le seuil de décision du laboratoire, l'équivalent de la limite de quantification en olfactométrie. Une telle concentration dans l'environnement peut déjà être qualifiée de forte. Il est donc déconseillé de réaliser des

prélèvements dans le voisinage pour quantifier l'odeur car, généralement, la concentration est inférieure au seuil de quantification de la mesure au laboratoire.

3. 2. 3. La qualité

La qualité d'une odeur est définie généralement en termes de similitude avec des substances bien connues. La description est alors faite à l'aide d'un jury qui choisit, d'après une liste déjà définie ou avec leurs propres mots, les odeurs ressenties. L'établissement d'un langage commun permet d'établir un dialogue entre riverains et gestionnaires d'installations industrielles. Pour

faciliter l'établissement de ce dialogue, des « roues des odeurs », dont le principe est d'associer une odeur perçue à une odeur reconnue et familière, sont fréquemment utilisées. Ces outils sont évidemment adaptés en fonction de l'activité concernée.

Une nouvelle approche de la qualité de l'odeur, non orientée, est actuellement développée (Medjkoune *et al.*, 2016). Elle est basée sur le traitement du langage naturel et sur les techniques de représentation des connaissances. De ce fait, elle ne nécessite pas d'apprentissage d'un champ lexical. Elle peut donc être utilisée pour évaluer les odeurs avec toute personne intéressée.

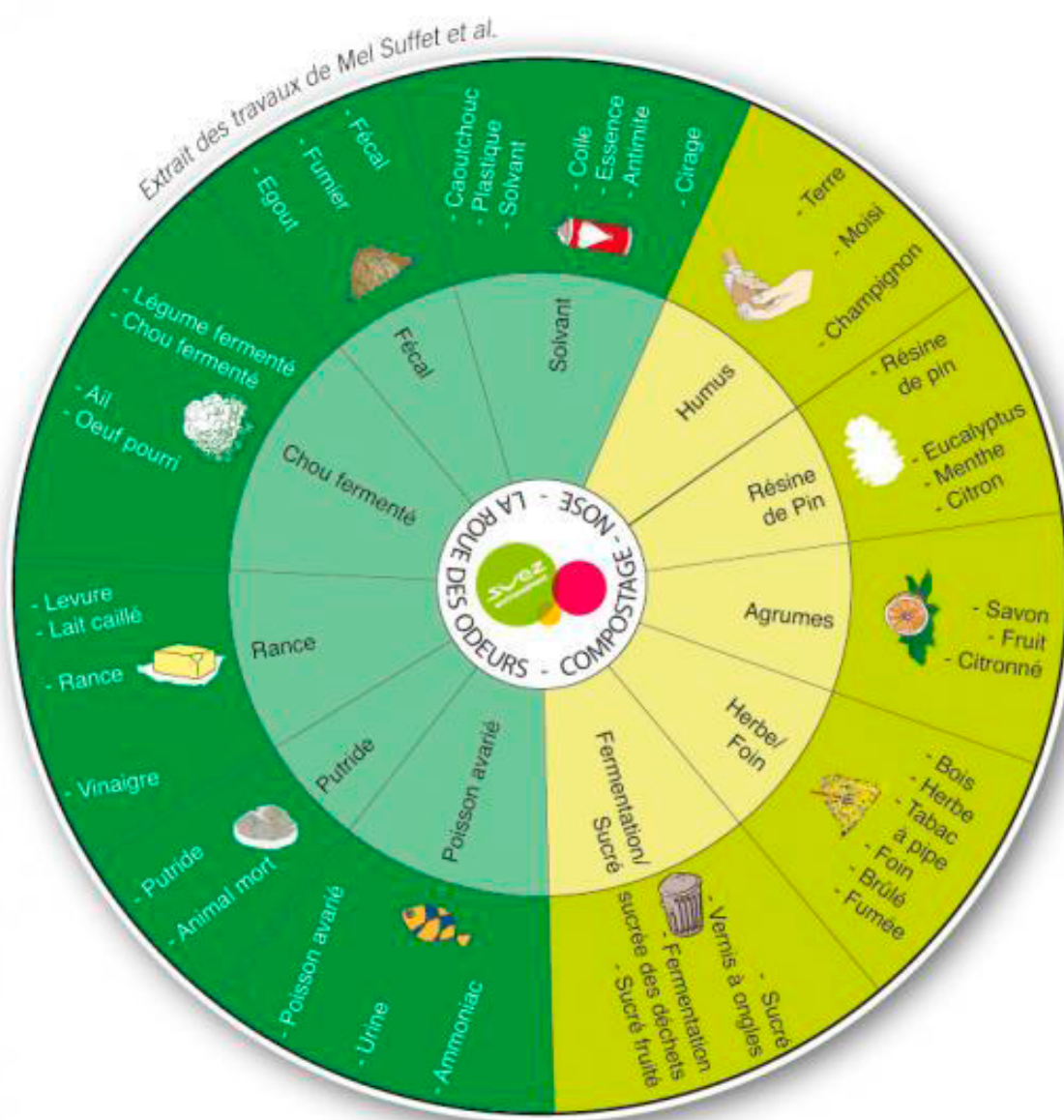


Figure 2. Roue des odeurs du compostage.
Odour wheel for compost.

3. 2. 4. Le ton hédonique

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'échelle universellement acceptée pour évaluer le caractère agréable d'une odeur. Le guide européen VDI 3882-2 :1994 propose une des échelles les plus utilisées, avec une classification de 9 points (tableau 1) où : +4 est « extrêmement agréable », 0 est « neutre » et -4 est « extrêmement désagréable ». Cette classification a été reprise par plusieurs auteurs, comme Sucker *et al.* (2008), Van Harreveld *et al.* (2001), l'Environmental Protection Agency d'Irlande (2001).

Tableau 1. Classification du ton hédonique (VDI – 3882-2, 1994).

Classification of hedonic tone.

+4 : extrêmement agréable
+3 : très agréable
+2 : agréable
+1 : peu agréable
0 : neutre
-1 : peu désagréable
-2 : désagréable
-3 : très désagréable
-4 : extrêmement désagréable

Une échelle beaucoup plus détaillée, basée sur une classification de 21 points où +10 correspond à « agréable », 0 correspond à « neutre » et -10 correspond à « désagréable », a été produite par Nicell (2009).

3. 3. Nouvelles techniques de mesure

3. 3. 1. L'acceptabilité de l'odeur

Olentica (Chaignaud *et al.*, 2014) a récemment développé une méthode d'évaluation de l'acceptabilité de l'odeur, qui présente l'intérêt de permettre, une fois réalisée la mesure de la concentration de l'odeur, de caractériser facilement et rapidement l'acceptabilité, à l'aide du même échantillon et avec le même jury. La méthode présente l'avantage de ne pas soumettre les jurés à des concentrations d'odeur importantes et de fournir un niveau d'acceptabilité pour l'échantillon d'essai sur une échelle ouverte. En croisant le niveau d'acceptabilité ainsi déterminé avec la concentration d'odeur (obtenue selon la norme EN 13725), il est possible d'obtenir le potentiel de nuisance du gaz analysé. L'exemple ci-après, qui concerne des échantillons provenant des déchets verts, des boues et des andains en fermentation d'une plateforme de compostage, illustre l'intérêt de cette approche.

Les trois échantillons se révèlent avoir des concentrations d'odeur sensiblement égales (tableau 2 : environ 12 000 UO_E/m³).

	Odour concentration (ou _E /m ³)	Acceptability level
Green Waste	12,047	+4.33
Compost	11,918	-5.36
Fermentation	13,418	-12.17

Tableau 2. Concentrations d'odeur et niveaux d'acceptabilité des échantillons.

(Chaignaud *et al.*, 2014)

Odour concentration and acceptability levels of samples.

Le tableau montre aussi que deux niveaux négatifs d'acceptabilité sont obtenus pour le compost (-5) et la fermentation (-12), tandis que les odeurs de déchets verts sont perçues positivement (+4). Pour évaluer l'effet, la concentration relative des odeurs et le niveau d'acceptabilité sont multipliés pour obtenir le potentiel de nuisance. La figure 3 présente ces résultats.

Le potentiel de nuisance de la fermentation est beaucoup plus important que celui des autres sources. On peut s'attendre à ce que son impact négatif sur les riverains soit supérieur. Cet exemple montre que l'utilisation du potentiel de nuisance permet une hiérarchisation beaucoup plus réaliste des sources odorantes que la simple considération des concentrations d'odeur.

3. 3. 2. L'olfactométrie déambulatoire ou méthode du panache

L'olfactométrie déambulatoire correspond à la détermination de l'exposition aux odeurs par des mesures de terrain selon la méthode du panache. Cette technique est nouvelle en France mais est utilisée depuis plusieurs années en Belgique, en Allemagne et aux Pays-Bas. Elle se base sur la ligne guide allemande VDI 3940 part 2 (*Measurement of odour impact by field inspection*), sur le code de bonne pratique édité par le VITO (Bilsen, 2008) et sur les travaux du professeur Nicolas (Nicolas *et al.*, 2006 et 2008).

Cette méthode est normalisée au niveau européen : EN 16841 partie 2. (2015)

L'olfactométrie déambulatoire de terrain (méthode du panache) permet d'obtenir un débit d'odeur représentatif de la totalité d'un site durant son activité (et ses différentes phases d'activité). Cette méthode

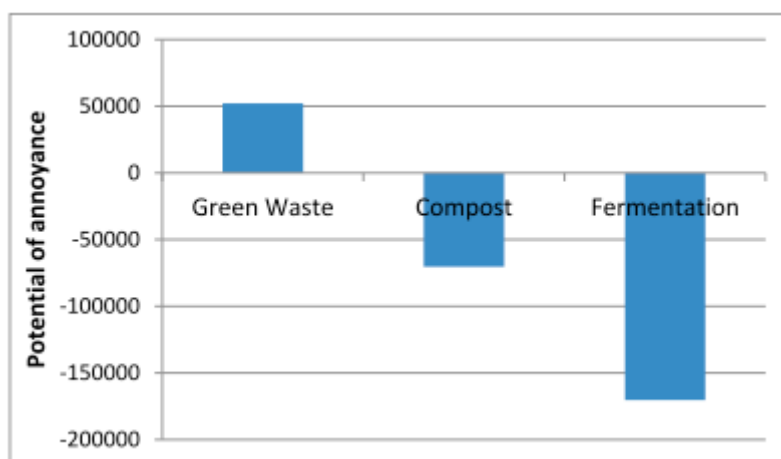


Figure 3. Potentiel de nuisance des trois sources.

Annoyance potential of three sources.

est notamment appliquée aux stations d'épuration, aux élevages, aux entreprises agroalimentaires, aux usines, aux centres de compostage et aux suivis des centres d'enfouissement techniques. Elle est la plus adaptée pour tenir compte des émissions diffuses ou pour les sites ayant de nombreux points d'émission ou de grandes surfaces d'émission (exemple : lagunes, centre d'enfouissement de déchets).

La méthode de mesure du panache d'odeur est une méthode destinée à mesurer l'exposition à l'odeur en utilisant directement l'effet des odorants sur le sens olfactif humain. Cette méthode détermine l'étendue du panache odorant dans le sens du vent, sous des conditions météorologiques données. L'étendue du panache est décrite par les points de transition entre l'absence et la présence de l'odeur reconnaissable.

Un cycle de mesure correspond à une mesure complète de terrain pour déterminer une extension de panache. Chaque cycle inclut les observations d'au moins 2 observateurs qualifiés dont chacun produit approximativement la moitié de 12 mesures élémentaires (inhalations) desquelles sont déduites les points de transition.

Les mesures doivent être réalisées de préférence lorsque l'atmosphère est neutre ou légèrement instable (entre les classes de stabilité B et E, selon les classes de stabilité atmosphériques de Pasquill) et lorsque la vitesse du vent est comprise entre 2 m/s et 8 m/s. Ces conditions permettent une dispersion normale de l'odeur, qui peut dès lors être bien sentie par les opérateurs. Les conditions extrêmes de stagnation ou de dilution excessive sont évitées.

Un panel d'au moins deux observateurs qualifiés (selon les critères de la norme EN 13725) est chargé

de parcourir à différentes périodes la région affectée par la pollution odorante. Chaque personne parcourt les environs du site d'émission dans différentes directions, en général en zigzag et perpendiculairement à la direction du vent, comme indiqué par le panache de dispersion (figure 4). Les observateurs qualifiés effectuent des entrées et des sorties dans le panache pour déterminer les points de transition entre l'absence et la présence de l'odeur reconnaissable. Ces points de transition définissent l'extension du panache. Chaque point d'observation est marqué à l'aide d'un GPS. Pour chaque point, il est noté l'heure exacte et si l'odeur étudiée est reconnue. Pour éviter l'adaptation à l'odeur étudiée, les membres du panel doivent régulièrement sortir du panache puis y rentrer.

L'unité utilisée est la Sniffing Unit par mètre cube (SU/m^3) ; c'est la quantité minimale de substance(s) odorante(s) présente dans un mètre cube d'air, qui génère une réponse d'identification d'un certain type d'odeur par un membre du jury expérimenté, dans les conditions de terrain.

Les grandes différences avec l' uo_e/m^3 , mesurée par olfactométrie dynamique, sont que la SU/m^3 est mesurée sur le terrain et non en laboratoire et qu'elle se base sur le seuil de reconnaissance d'une odeur dans son environnement et non sur un seuil de perception.

Les points obtenus sur les différents parcours sont ensuite connectés, et la courbe résultante définit la zone limite de perception de l'odeur pour la période de mesure.

L'étendue de ce panache dépend des caractéristiques de l'émission, de la hauteur de la source, de la topographie et des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, classes de stabilité de l'air – dépendant notamment

de la radiation solaire – et éventuellement température et hauteur de la couche d'inversion thermique). Les paramètres atmosphériques doivent donc être enregistrés en continu au moment de la mesure. La référence ponctuelle lors des mesures est établie par le placement sur le site d'une station météo locale, dont les mesures du vent sont réalisées à 10 mètres de haut. Seules seront retenues les mesures effectuées pendant une période où les conditions météorologiques et les caractéristiques de l'émission (température, débit, qualité) ont peu varié. Comme la topographie locale est une constante, la dispersion du panache odorant durant cette période est principalement déterminée par les paramètres météorologiques et les conditions de process.

4. De l'odeur à l'impact sur le territoire

Différents phénomènes entrent en jeu entre l'émission d'odeur et les plaintes relayées par les riverains. À chaque stade, il existe des méthodes de mesure ou d'évaluation. Il est important de bien distinguer les étapes pour choisir la technique de mesure la plus adaptée à l'objectif fixé.

La figure 5 schématise ce mécanisme multi-étapes qui va de l'émission de composés odorants dans l'atmosphère à l'impact sur le territoire. Les différentes étapes de cette figure sont reprises dans le texte ci-dessous.

A. Formation du mélange gazeux odorant : ce mélange peut être formé de différentes manières lors d'un processus de fermentation, de réactions chimiques, de mise en mouvement de matière ou lors de processus de transformation. Pour que ce mélange gazeux soit qualifié d'odorant, il faut qu'il contienne des composés à des concentrations supérieures à leur seuil olfactif, sans oublier les effets propres aux mélanges. De plus, ces composés doivent être libérés vers l'atmosphère en quantité suffisante. Dans la notion d'exposition du voisinage, le débit ou flux d'odeur est une notion centrale. Le débit d'odeur est la quantité d'odorant par unité de temps, unité odeur par seconde (uo_e/s) ou par heure (uo_e/h). Le débit est la cause à la source, et la concentration est la conséquence pouvant être perçue par le voisinage.

Méthode de mesure : mesures chimiques pour déterminer la composition du mélange et les concentrations des différentes substances. Mesures de la concentration et du débit d'odeur. Référence normative : EN 13725.

Méthode d'atténuation : agir au sein du process pour éviter de les créer (changer de solvant, éviter les conditions anaérobies, le *stripping*...) ou capter et traiter l'air pour éviter d'émettre les composés.

B. Transfert et dispersion : une fois dans l'atmosphère, l'odorant va être dirigé dans le sens du vent en fonction de la météo mais aussi de la topographie. La vitesse du vent contrôle la vitesse de transport du polluant vers d'éventuelles zones habitées, c'est-à-dire son transfert.

La diffusion est le phénomène par lequel le milieu de propagation produit une répartition continue dans les 3 dimensions. Cela crée une dilution de l'odorant. Ce phénomène est dépendant de plusieurs facteurs, comme la vitesse du vent, la stabilité de l'atmosphère, le gradient vertical de température...

Méthode d'évaluation : l'évaluation est obtenue par l'utilisation de modèles de dispersion atmosphérique.

Méthode d'atténuation : améliorer la dispersion (hauteur, vitesse, température...).

C. L'exposition aux odeurs (ou perception des odeurs) : il faut qu'il y ait des riverains proches et qu'ils soient dans la direction du vent. À ce stade, ce sont surtout les notions de fréquence, de durée et d'intensité ou de persistance (concentration) qui entrent en jeu.

Méthode de mesure : deux grandes méthodes existent, l'une réalisée par des jurys de nez experts, l'autre par les riverains.

Par le jury expert : évaluation de l'étendue du panache odorant réalisée par un jury de nez (olfactométrie déambulatoire). Références normatives : EN 16841-2 pour la méthode du panache et NFX 43-1003 pour la mesure de l'intensité odorante.

Par les riverains : réseau de vigies, aussi appelé un observatoire des odeurs¹. Références normatives : VDI 3883-part 1.

Méthode d'évaluation : l'évaluation est réalisée à l'aide des modèles de dispersion atmosphérique.

C'est à ce stade que se positionnent la majorité des législations européennes. Elles imposent généralement de ne pas dépasser, dans les zones d'occupation humaine, une certaine concentration durant un certain nombre d'heures sur une année. Cette concentration d'odeur est exprimée en unité odeur européenne par m^3 (uo_e/m^3) ou en *Sniffing Unit* (SU). Ces unités correspondent à 2 types de méthodes de mesures : les mesures d'odeur à l'émission (à la source) en olfactométrie dynamique (uo_e/m^3) et les mesures d'odeur à l'immission (dans le voisinage) en olfactométrie déambulatoire (SU).

¹ L'Observatoire des odeurs: un outil de résolution des conflits ? Réflexions d'un acteur de terrain (Cobut et al., 2017).

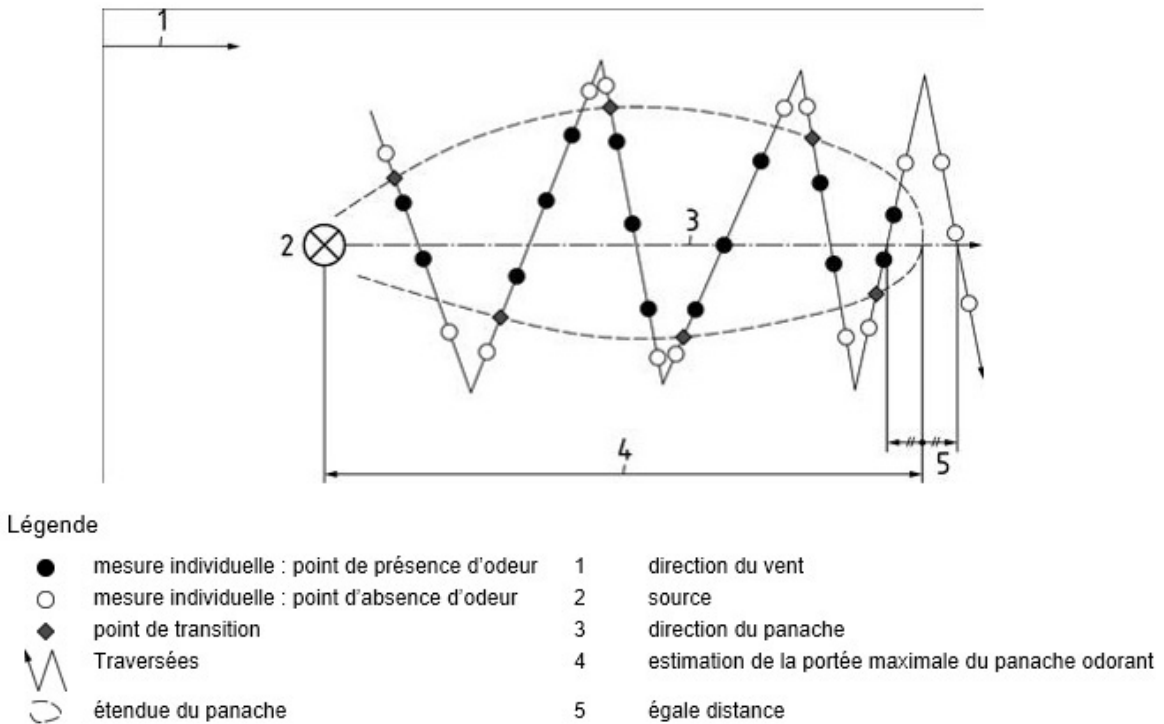


Figure 4. Représentation schématique d'une mesure dynamique du panache.
Schematic representation of a dynamic measure of the plume.

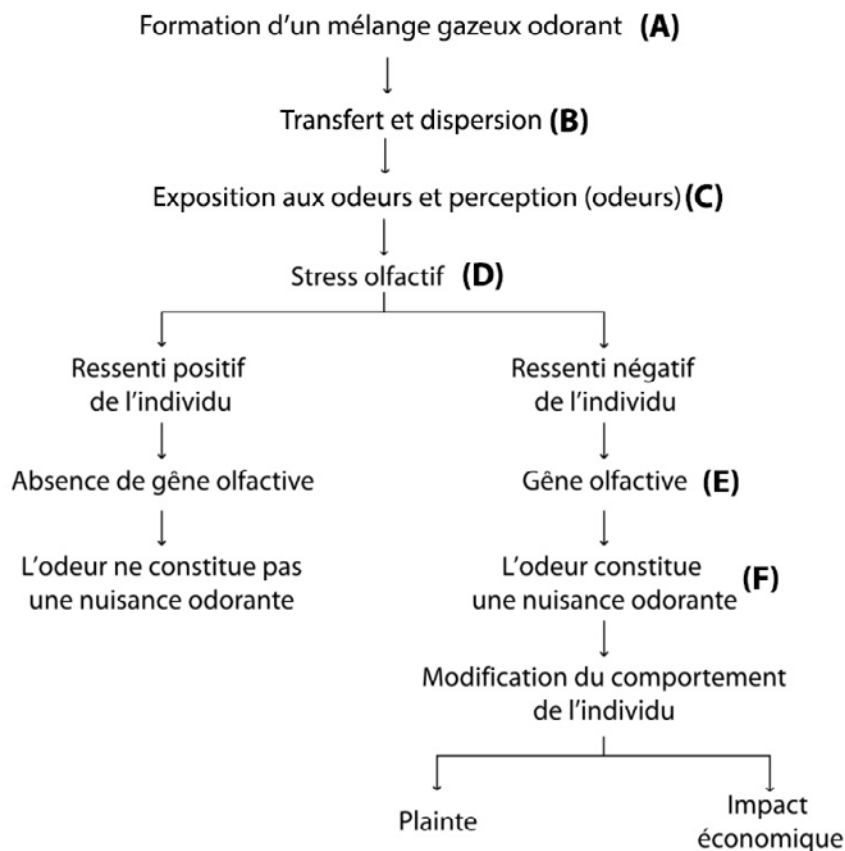


Figure 5. De l'odeur à la gêne olfactive et à l'impact sur le territoire.
From odour to olfactory discomfort and impact on the territory.

	Méthode de mesure
Gêne (E)	Enquête de riverains pour déterminer la relation qu'ils ont avec les odeurs gênantes. Références normatives : VDI 3883-part 2
Nuisance (F)	Enquête de riverains pour déterminer les effets de ces odeurs sur leur comportement. Références normatives : VDI 3883-part 2.
Plainte (G)	Registre de plaintes enregistrées chez l'exploitant, auprès des autorités publiques communales ou (sous)-régionales.

Idéalement, le choix du type d'unité devrait dépendre de la possibilité de réaliser ou non des mesures représentatives à la source. Si c'est le cas, l'imposition devrait être exprimée en uo_e/m^3 . Si les émissions sont diffuses, les mesures auront lieu dans le voisinage, et l'imposition devrait être exprimée en *Sniffing Unit* (SU).

En règle générale, les impositions rencontrées sont donc le respect d'un percentile 98 à $5 uo_e/m^3$ ou 5 SU/ m^3 dans les zones d'occupation humaine. Cela signifie que cette concentration ne peut jamais être observée chez les premiers riverains, plus de 2 % du temps sur base horaire annuelle, soit 175 heures par année.

D. Stress olfactif

Le stress olfactif est la stimulation du système olfactif par une molécule ou un mélange de molécules odorantes. De cette stimulation résulte un ressenti par l'individu, qui peut être positif ou négatif.

S'il est positif, il n'y a pas lieu de parler de gêne ou de nuisance. S'il est négatif, apparaissent les notions de gêne, de nuisance, de plaintes et enfin d'impact sur le territoire.

Ces différentes notions sont développées au chapitre 2 « De la perception à ses effets ». Les méthodes d'évaluation et de mesures sont définies ci-contre.

Une nouvelle approche anticipative consiste à déterminer en amont l'acceptabilité de l'odeur pour prévenir de ses effets gênants.

5. Conclusion

Le domaine des odeurs est complexe et assez mal connu du point de vue de sa caractérisation, tant pour les industriels, les bureaux d'études que les administrations. Ce sujet est pourtant souvent central dans la cohabitation entre les activités économiques, environnementales et le voisinage. Cette méconnaissance amène une confusion qui alimente les conflits, en installant, selon les cas, de la méfiance ou un désintérêt voire un rejet, qui s'appuie sur la prétendue subjectivité de la problématique.

La compréhension des phénomènes, qui vont de la formation de mélanges odorants à la perception de l'odeur dans le voisinage, à l'existence d'une gêne, puis d'une nuisance et enfin à l'impact sur le territoire, est le préalable de toute action curative efficace.

Cette segmentation permet de circonscrire un problème d'odeur. À chaque étape son origine, son mécanisme, son référentiel normatif et ses pistes de solution.

Références bibliographiques

Bilsen I, De Fré R, Bosmans S, 2008: Code van goede praktijk bepalen van de geurverspreiding door middel van snuffelploegmetingen. Vito 2008/MIM/R/022, 47p.

Chaignaud M, Cariou S, Poette J *et al.*, 2014: A new method to evaluate odour annoyance potential, *Chemical Engineering Transactions*, 40, 13-18, DOI : <https://doi.org/10.3303/CET1440003>

Cors M, Cobut P, Fanlo JL *et al.*, 2017 : L'Observatoire des odeurs : un outil de résolution des conflits ? Réflexions d'un acteur de terrain.

Duffee RA, 1995: Assessment of odor regulation alternatives, in: Odors, Indoor and Environmental Air, Proceedings of a Specialty Conference of the Air & Waste Management Association, Bloomington, MN, 7–13.

Evans GW, Cohen S, 1987: Environmental stress. In: Stokols, D., Altman, I. (Eds.), *Handbook of Environmental Psychology*. JohnWiley and Sons, New York, 571–610.

Fanlo JL, 2006 : Pollution olfactive, sources d'odeurs, cadre réglementaire, techniques de mesure et procédés de traitement, Paris, éditions R.E.CO.R.D.

Jaubert JN, 2005 : Les odeurs dans l'air : de la pollution osmique à la gêne olfactive, *Environnement, Risques et Santé*, vol. 4, 1, 51-61.

Jaubert JN, 2010 : La gêne olfactive : composantes – moyens d'appréciation, *Pollution atmosphérique*, 208, 405.

Jaubert JN, 2010: Few words about semantics. Conference Atmos'Fair, Lyon, 28-29 septembre.

Köster EP, 1991 : Méthodes d'évaluation psychologiques dans l'étude de l'environnement – In : Martin G., Laffort P. (dir.), *Odeurs & Désodorisation, Dans l'environnement*, Paris, éditions Tec&Doc, Lavoisier, 25-58.

Laing DG, Eddy A, Best DJ, 1994: Perceptual characteristics of binary, trinary, and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents. *Physiology & behavior*, 56(1), 81-93.

Le Guérer A ,1998 : Le pouvoir de l'odeur, Odile Jacob.

Lestremau F, 2003 : Développement d'une méthodologie analytique pour le dosage de composés soufrés malodorants dans différentes matrices environnementales, Thèse, École doctorale des sciences exactes et des leurs applications, 168 p.

Medjkoune M, Harispe S, Montmain J *et al.*, 2016: Towards a Non-oriented Approach for the Evaluation of Odor Quality, Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, Edition Springer International Publishing, Série Communications in Computer and Information Science, 610, 238-249, DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-319-40596-4_21

Nicolas J, Craffe F, Romain AC, 2006: Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. *Waste Management*, 26(11), 1259-1269.

Nicolas J, Romain AC, Delva J, 2008 : Les odeurs dans l'environnement : dimensions sensorielles et méthodes d'évaluation, *Journal des ingénieurs*, 109, 12-15.

Nicell JA, 2009: Assessment and regulation of odour impacts, *Atmospheric Environment*, 43, 196–206.

Pierrette M, Moch A, 2009 : Étude des prédicteurs de la gêne olfactive aux abords d'un site industriel, *Psychologie française*, doi : 10.1016/j.pdf.2008.12.001

Rognon C, Poutier L, 2000 : Les odeurs dans l'environnement, *Techniques de l'Ingénieur*, Réf : G 2900, 11 p.

Romain AC, Delva J, Nicolas J, 2008: Complementary approaches to measure environmental odours emitted by landfill areas. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 131, 18-23.

Rotton J, Frey J, Barry T *et al.*, 1979: The air pollution experience and physical aggression. *Journal of Applied Social Psychology*, 9(5), 397-412.

Schiffman SS, 1998: Livestock odors: implications for human health and well-being. *Journal of Animal Science*, 76(5), 1343-1355.

Shusterman D, 1992: Critical review: the health significance of environmental odor pollution. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 47(1), 76-87.

Sucker K, Both R, Bischoff M *et al.*, 2008: Odor frequency and odor annoyance. Part I: assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odor in the field. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81(6), 671-682.

Van Harreveld AP, 2001: From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process, *Water Science & Technology*, 44(9), 9-15.

VDI 3883, part 2 – 1993: Effects and assessment of odours; determination of annoyance parameters by questioning; repeated brief questioning of neighbour panelists. Dusseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.

VDI 3883, part 1 - 1997. Effects and assessment of odours; Psychometric assessment of odour annoyance questionnaires. Dusseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.

VDI 3940, part 2 – 2006: Measurement of odour impact by field inspection – Measurement of the impact frequency of recognizable odours Plume measurement. Düsseldorf Verein Deutscher Ingenieure.

EN 16841-2. Avril 2015 - Air ambiant - Détermination de la présence d'odeurs par mesures de terrain - Partie 2 : méthode du panache - Air ambiant - Détermination de l'exposition aux odeurs par mesures de terrain - Partie 2 : méthode du panache.

EN 13725. Octobre 2003 - Qualité de l'air - Détermination de la concentration d'une odeur par olfactométrie dynamique.