



DIAGNOSTIC DES EMISSIONS GAZEUSES LIEES A L'EPURATION DES
EAUX USEES ET A LA PRISE EN CHARGE DES BOUES PAR COMPOSTAGE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 23 juillet 2021 par
Yvonnick Landry DOMANOU (20140959)

Directeur de mémoire :

Dr. Hela KAROUI : Enseignant-chercheur à l'institut 2iE

Maître de stage :

Dr. Christian ROGNON : Directeur du bureau d'étude environnement' AIR

Structure d'accueil du stage : Environnement' AIR S.A.S

Jury d'évaluation du stage :

Président :

Dr. Boukary SAWADO, Enseignant-chercheur à l'institut 2iE

Examineur :

Dr. Seyram K. SOSSOU, Enseignant-chercheur à l'institut 2iE

Promotion [2020/2021]

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

CITATION

« La situation météorologique est un facteur essentiel dans l'apparition et l'évolution d'un épisode de pollution, car elle détermine la trajectoire des masses d'air et donc le transport des polluants. ».

Mouvier 1994

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mes parents Eliane Jeanne GNANGUENON et Paulin DOMANOU

Ma sœur Tatiana DOMANOU

Ma tante Feu Justine DOMANOU et mon cousin Feu Harold DEH

A Feu Liliane JOACHIM

Et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet

Je vous suis reconnaissant !

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'endroit :

- De l'entreprise Environnement' AIR et de Christian ROGNON et Lionel POURTIER
- De l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Institut 2iE)
- Du département Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-agricoles (GEAAH)
- Du Dr Hela KAROUI : Enseignant-chercheur à l'institut 2iE

Pour la formation, les conseils et le soutien dont j'ai bénéficié auprès d'eux.

Je remercie mes camarades et amis de l'Institut 2iE et mes nouvelles rencontres en France pour le soutien et la motivation qu'ils m'ont apportée, Miguel OKOUMASSOUN, Hayath ZIME, Ruth DAIZO, Abi OUATTARA, Maeva DJAMBOU et particulièrement la très chère Yasmine TOURE pour le soutien moral, l'attention et le temps qu'ils m'ont très souvent accordé.

Je remercie également le personnel de l'Institut 2iE pour leur assistance, Jeanne APKADJI pour ses remarques critiques et enrichissantes, toute ma grande famille et tous mes collègues de la promotion S10B 2020-2021.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

RESUME

Les infrastructures d'assainissement (stations d'épuration des eaux usées, plateformes compostage, installation de stockage de déchets non dangereux, etc.) utilisent des processus émetteurs de gaz odorants pouvant causer une situation de nuisance olfactive auprès des populations riveraines habitants dans les alentours.

Afin de mettre en place des actions visant à réduire voire éliminer les nuisances olfactives, il nécessaire de faire un diagnostic olfactométrique qui consiste en la mesure d'effluents gazeux afin de déterminer et quantifier et décrire leurs caractères odorants. Les mesures olfactométriques permettent d'avoir des informations sur la composition chimique et sur les potentielles causes d'odeur dans les effluents gazeux. Ces informations vont permettre de trouver des solutions pour améliorer le confort des populations riveraines.

Pour montrer la fiabilité des méthodes de mesures olfactométriques, Il a été réalisé un diagnostic des effluents gazeux sur une station d'épuration d'effluents vinicoles et sur deux (02) plateformes de compostage de boues de station d'épuration. La méthode utilisée se décline en deux étapes (des mesures dans le milieu émetteur et des mesures dans le milieu récepteur).

Les résultats des diagnostics ont démontré que les techniques de mesures des odeurs permettent de faire une analyse concrète pour identifier les causes nuisances olfactives engendrées par les activités d'assainissement. Ceci a conduit à la mise en place de solutions de traitement des odeurs consistant en l'utilisation de réactifs chimiques pour éliminer les composants chimiques responsables des odeurs gênantes.

Mots Clés :

-
- 1 – Compostage de boues
 - 2 – Mesure des émissions odorantes
 - 3 – Nuisances olfactives
 - 4 – Olfactométrie
 - 5 – Traitement des eaux usées

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

ABSTRACT

The sanitation infrastructures (Wastewater Treatment Plants, composting platforms, Non-Hazardous waste Storage Installations, etc.) use process that emit odorous gases that can cause an odor nuisance situation for the neighboring populations living in the surroundings.

To put in place actions aimed at reducing or even eliminating odor nuisance, it is necessary to carry out an olfactometric diagnosis which consist of measuring gaseous effluents in order to determine, quantify and describe their odor characteristics. Olfactometric measurements provide information on the chemical composition and on the potential causes of odor in gaseous effluents. This information will make it possible to find solutions to improve the comfort of neighboring populations.

To show the reliability of the olfactometric measurement methods, a diagnosis of gaseous effluents was carried out on a wine effluent treatment and on two treatment plants for sludge by composting. The methods used is divides into two stages (measurements in the emitting medium and measurements in the receiving medium). The results of the diagnosis have shown the odorous measurements technics make it possible to carry out a concrete analysis to identify the causes of odor nuisance generated by sanitation activities. This has led to the implementation of odor treatment solutions consisting of the use of chemical regents to remove the chemical components responsible for bothersome odors.

Key words:

-
- 1 – Odorous emissions
 - 2 – Odor measurement
 - 3 – Odor nuisance
 - 4 – Sludge composting
 - 5 – Wastewater treatment

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

LISTE DES ABREVIATIONS

ADEME : Agence de l'environnement et de la Maitrise de l'Energie

CdSO₄ : Sulfate de cadmium

COV : Composés Organiques Volatiles

GPS : Global Positioning System (en français : système mondial de positionnement)

H₂S : Sulfure d'hydrogène

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

NH₃ : Ammoniac

PET : Poly Ethylène Téréphtalate

PID : Détecteur à photo ionisation

Ppm : partie par million

Rdt : Rendement

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

SOMMAIRE

Citation.....	i
Dédicaces.....	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract.....	v
Liste des abréviations.....	vi
Sommaire	vii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
<i>Introduction générale.....</i>	<i>1</i>
<i>I. Revue bibliographique</i>	<i>3</i>
1. Définition et origine des odeurs	3
2. Perception des odeurs.....	3
3. Nuisances olfactives.....	5
4. Impact sur la santé.....	6
5. Métrologie des odeurs	7
6. Cadre réglementaire	16
7. Solutions de traitement.....	17
<i>II. Matériels et méthodes.....</i>	<i>19</i>
1. Présentation de la structure d'accueil.....	19
2. Présentation du contexte de réalisation des diagnostics	20
3. Méthodologie générale pour le diagnostic des émissions odorantes.....	24
<i>III. Résultats et discussions</i>	<i>30</i>
1. Diagnostic des émissions odorantes d'une station d'épuration d'effluents vinicoles	30
2. Diagnostic des émissions odorantes d'unités de compostage des boues de station d'épuration	39
<i>IV. Conclusion.....</i>	<i>51</i>
<i>V. Bibliographie</i>	<i>53</i>
<i>VI. Annexes.....</i>	<i>56</i>
	vii

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Annexe I : Relation chimie-odeur	56
Annexe II : Réglementation ICPE	59
1. Stations d'épuration	59
2. Installations de compostage	59
Annexe III : Principales familles de composés chimiques odorants avec un potentiel de nuisances olfactives (Rognon, C., & Pourtier 2010).....	62
Annexe IV : Evaluation des émissions d'odeur	63

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Liste des normes européennes existantes pour la mesure des odeurs	8
Tableau II : Echelle d'intensité	15
Tableau III : Concentration d'odeur autorisée pour les sources diffuses (ADEME 2005).....	16
Tableau IV : Débits d'odeur maximale conseillés en fonction de la hauteur d'émission (ADEME 2005).....	17
Tableau V : Résultats des analyses olfactométriques et physicochimiques	31
Tableau VI : Conditions atmosphériques sur le site.....	32
Tableau VII : Débits d'odeur calculés au niveau de chaque ouvrage	32
Tableau VIII : Campagne de mesures initiale	37
Tableau IX : Campagne de mesures complémentaire	37
Tableau X : Abattement des composés chimiques (COV et NH ₃) par les laveurs acides.....	41
Tableau XI : Abattement des odeurs par les laveurs acide	41
Tableau XII: Abattement des odeurs par les Biofiltres	43
Tableau XIII : Concentrations d'odeurs des andains.....	44
Tableau XIV : Bilan matière de l'activité de compostage	45
Tableau XV: Données et résultats pour le calcul du débit d'odeur du bassin de lixiviats.....	46
Tableau XVI : Valeurs pour le calcul des débits d'odeur émis par les andains et stocks.....	46
Tableau XVII : Contributions relatives des sources.....	47
Tableau XVIII : Conditions météorologiques pendant les rondes	48

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe de la loi de Stevens	4
Figure 2 : Relation entre persistance des odeurs et distance d'impact.....	6
Figure 3 : Système de prélèvement avec le caisson poumon	11
Figure 4 : Point de mesures aérauliques selon la norme NF X 10-112	12
Figure 5 : Séance de mesures olfactométriques avec jury de nez	13
Figure 6 : Procédés de traitement des odeurs adapté de (le Cloirec, Fanlo, and Grancian 2003) ; (Vitola Pasetto 2019).....	18
Figure 7 : Schéma de l'unité de traitement des effluents.....	21
Figure 8 : Installations de compostage de boues en bâtiment	22
Figure 9 : Organisation de la plateforme de compostage de boues en plein air.....	23
Figure 10 : Prélèvement d'air dans une canalisation	24
Figure 11 : Prélèvement sur source surfacique liquide	25
Figure 12 : Prélèvement sur source surfacique solide (biofiltre)	25
Figure 13 : Fonctionnement aéraulique d'un andain	26
Figure 14 : Facteurs intervenants dans l'évaporation d'un effluent liquide.....	27
Figure 15 : Mesure de concentrations d'odeurs dans l'environnement.....	29
Figure 16 : Points de prélèvements au niveau des ouvrages de la station d'épuration	30
Figure 17 : Contribution des ouvrages a l'émission d'odeur globale du site	33
Figure 18 : Effet de l'ozone sur la concentration d'odeur.....	34
Figure 19 : Parcours de mesure des odeurs dans l'environnement de la station d'épuration ..	35
Figure 20: Evolution des concentrations d'odeur mesurées dans l'environnement sous le vent des bassins tampon.....	36
Figure 21 : Evolution des concentrations d'odeurs (comparaison ronde 1 et ronde 2).....	38
Figure 22 : Vérification du comportement aéraulique aux portes du bâtiment.....	40
Figure 23 : Cartographie de vitesse de passage de l'air à la surface d'un biofiltre	42
Figure 24 : Contribution des ouvrages à l'émission globale d'odeur	48
Figure 25 : Concentrations d'odeur relevées pendant la ronde 1.....	49
Figure 26 : Concentrations d'odeur relevées pendant la ronde 2.....	49
Figure 27 : Relation entre intensité d'odeur et concentration chimique (1/2)	56
Figure 28 : Relation entre intensité d'odeur et concentration chimique (2/2)	57
Figure 29 : Relation entre rendement chimique et rendement olfactif.....	58

INTRODUCTION GENERALE

Les eaux, les sols, l'atmosphère subissent souvent les effets de pollutions de différentes natures causées par les activités anthropiques. Une conséquence est la pollution de l'air par les odeurs, une problématique d'ordre socio-économique qu'il est devenu important de considérer. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) définit cette pollution sous le terme de pollution olfactive. Les activités industrielles (traitement de déchets, traitement des eaux usées, productions d'enrobés routiers, ...) produisent des gaz odorants qui sont par la suite émis dans l'atmosphère. Ces gaz odorants peuvent être très gênants pour les populations riveraines et ainsi perturber leur quotidien. En effet, lorsqu'une activité industrielle émet du gaz dans l'atmosphère, celui-ci, sous l'effet des conditions atmosphériques, va se propager dans l'environnement avec un risque d'atteindre les habitations riveraines. Le gaz ainsi propagé, s'il est malodorant, très odorant ou trop fréquent va créer une gêne sur laquelle la population va se focaliser. Une situation de crise va donc progressivement s'installer, se traduisant par des plaintes répétitives de la population mécontente. On parle des nuisances olfactives. (Cariou, S. et al 2016) ;(Delva, Cobut, and Fanlo 2017)

Depuis les années 90, nombreuses études ont permis de faire face au problème de nuisance olfactive et aujourd'hui, il existe plusieurs moyens pour identifier les causes et caractéristiques des odeurs provenant des émissions de gaz. Il s'agit des mesures olfactométriques (olfactométrie) ou métrologie des odeurs permettant d'analyser des échantillons d'air pour quantifier leur caractère odorant. Les mesures olfactométriques sont applicables dans plusieurs domaines d'activité (stations d'épuration des eaux usées, plateformes de compostage, industries pétrolières, restauration et bien d'autres) permettant aux exploitants de connaître l'impact olfactif de leurs installations et de pouvoir mettre en œuvre des actions correctrices ou préventives. Les mesures olfactométriques aident à identifier les sources et les causes d'émission d'odeur en contribuant de la sorte à une démarche d'assainissement de l'air que nous respirons.

Afin de mettre en exergue l'importance et l'efficacité des mesures olfactométriques, la présente étude porte sur le diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage pour permettre aux exploitants de connaître la cause des odeurs provenant des gaz émis et ainsi entreprendre des actions correctrices ou préventives.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

L'objectif général est de réaliser un diagnostic des émissions gazeuses au niveau de la station d'épuration des effluents vinicoles et au niveau de la plateforme de compostage des boues pour déterminer les causes des odeurs. Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

- Quantifier et identifier des sources ou ouvrages responsables des émissions d'odeurs,
- Hiérarchiser des sources ou ouvrages en termes de contribution à la nuisance olfactive sur la base des concentrations et débits d'odeur,
- Proposer des actions préventives ou correctrices pour réduire voire éliminer les émissions d'odeur.

I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition et origine des odeurs

L'odeur est la sensation qui résulte d'une interaction entre un composé odorant (substance gazeuse ou volatile composée de molécules chimiques) et les récepteurs sensoriels des narines. Cette interaction est transmise au cerveau qui interprète le message olfactif. (RECORD 2006)

Le composé odorant est un mélange de plusieurs autres composés chimiques (composés soufrés, composés azotés, molécules oxygénées, hydrocarbures, etc.) qui interagissent au sein d'un effluent gazeux.

Les composés odorants peuvent donc avoir des caractéristiques variées par ce qu'ils proviennent de sources diverses. De nombreux secteurs d'activité sont émetteurs de gaz odorants selon les composés chimiques intervenant dans les procédés. Ce pourrait être des activités de distillerie, compostage, mise en décharge d'ordures, pétrochimie, production du café et bien d'autres. (ADEME 2008)

2. Perception des odeurs

La perception d'une odeur se produit au niveau du système olfactif par un mécanisme de solubilisation des molécules constituant l'odeur. Le nez est constitué du mucus dans lequel sont dissoutes les molécules de l'effluent gazeux inhalé pour ensuite les conduire aux membranes sensorielles du système olfactif. Le cerveau reçoit ensuite un message qu'il va interpréter et comparer aux différentes « images olfactives » qu'il a déjà mémorisées. (Meierhenrich et al. 2005)

La perception de l'odeur (stimulus) est donc le signal reçu par le cerveau à travers les récepteurs sensoriels du nez. On peut ainsi percevoir une odeur de façon plus ou moins forte en fonction de l'intensité du stimulus. Cette relation entre l'intensité de la réaction olfactive et la concentration chimique de l'odorant (stimulus) suit une loi psychophysique établie par Stanley Stevens. Cette loi est nommée « loi de Stevens » et est établie suivant la fonction suivante :

$$\text{Log } I = n \log(X - X_0) + c^{\text{te}} \quad (\text{ADEME 2005})$$

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Avec : I , intensité perçue

X , concentration d'un mélange d'air odorant (en ppm)

X_0 , concentration au seuil de perception du mélange odorant (en ppm)

n , coefficient de l'accroissement de l'odorant

c^{te} , constante propre à chaque mélange

Le graphe de la Figure 1 illustre la loi de Stevens avec les différents seuils de perception d'un stimulus. En abscisse, on retrouve le logarithme de la concentration chimique d'un mélange odorant ou composé pur et en ordonnées, l'intensité de la réponse olfactive.

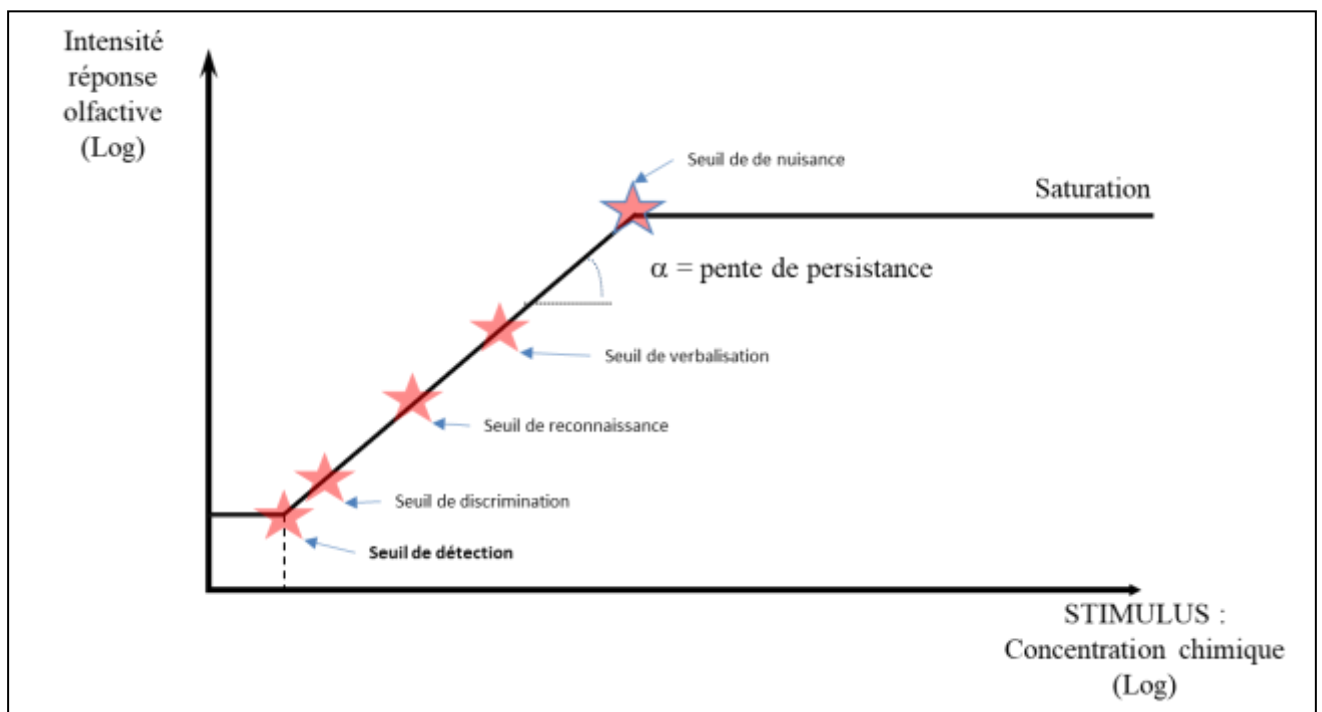


Figure 1 : Courbe de la loi de Stevens

En dessous du seuil de détection (moment où le nez est juste capable détecter une odeur), l'individu n'est pas capable de discriminer l'odeur car la concentration chimique du stimulus n'est pas suffisante pour déclencher une réponse physiologique. Au-delà de ce seuil, une relation concentration réponse nommée « pente de persistance » s'établit. Au fur et à mesure que la concentration du stimulus augmente, on distingue des seuils de perception intermédiaires (RECORD 2006) :

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- Le **seuil de discrimination** est le moment où l'on peut différencier les odeurs sans pour autant être capable de les décrire ;
- Le **seuil de reconnaissance** est lorsqu'on est capable de distinguer une odeur que l'on connaît parmi d'autres ;
- Le **seuil de verbalisation** est le moment où un individu reconnaît parfaitement une odeur au point de la nommer par son expérience. Ce seuil varie rapidement d'un individu à l'autre ;
- Le **seuil de saturation** est la concentration pour laquelle la réponse olfactive n'augmente plus car le nez est saturé.

Après le seuil de verbalisation, la concentration du stimulus devenant très forte ne va plus avoir d'effet sur la perception. En effet, les membranes sensorielles du système olfactif sont saturées et ne peuvent donc pas entraîner davantage de réaction. On parle du « seuil de saturation ».

Une odeur peut se caractériser non seulement par la force de perception (intensité), mais aussi par la nature spécifique (qualité de l'odeur) c'est-à-dire ce à quoi elle fait penser. Il y a également la qualité hédonique qui va permettre de juger son caractère agréable, la détectabilité ou la persistance qui prouvent d'abord la présence de l'odeur mais aussi sa capacité à porter loin en termes de propagation dans l'atmosphère (Vitola Pasetto 2019).

3. Nuisances olfactives

La notion de nuisance olfactive intervient lorsqu'il y a manifestation de mécontentement exprimé par des riverains ou des utilisateurs d'un lieu face à une activité émettrice d'odeur (Cariou, S. et al 2016 ; Delva, Cobut, and Fanlo 2017).

La gêne exprimée par la population riveraine face aux odeurs est définie par le terme « pollution olfactive » (ADEME 2005).

Une situation de pollution olfactive intervient lorsque les odeurs émises par des activités anthropiques sont persistantes. Ces odeurs émises dans l'atmosphère étant très concentrées ne vont pas rapidement se disperser et vont être transportées loin du point d'émission (Roland and Rémi 2012).

Le transport atmosphérique des odeurs du milieu émetteur (point d'émission) vers le milieu récepteur (environnement, population riveraine) se traduit par une dilution des odeurs dans l'atmosphère. La Figure 2 illustre ce phénomène de dilution en mettant en relation la distance

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

de portée d'une odeur émise à l'atmosphère (en abscisse) et la persistance de l'odeur (en ordonnée).

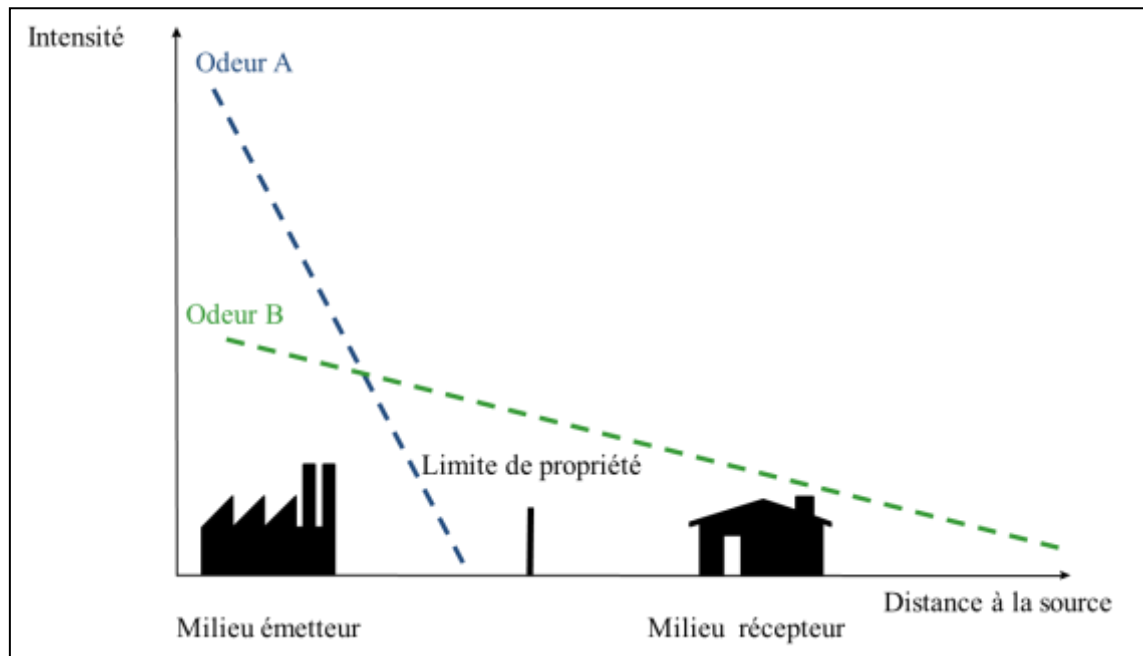


Figure 2 : Relation entre persistance des odeurs et distance d'impact

Sur la Figure 2 il faut observer que la pente de persistance de l'odeur A est très forte. Par contre lorsqu'elle est émise à l'atmosphère, elle va rapidement être diluée dans l'air ambiant. L'odeur B quant à elle a une pente de persistance moins forte que l'odeur A. Malgré cette différence, l'odeur B résiste plus à la dilution dans l'atmosphère que l'odeur A, l'odeur B est donc persistante (Montreer 2019).

Dans une situation de nuisance olfactive, ce n'est donc pas l'odeur la plus forte à la source qu'il faut considérer en priorité mais plutôt la plus persistante.

4. Impact sur la santé

La nuisance olfactive pourrait constituer un enjeu de santé publique important.

D'un point de vue chimique, pour évaluer la toxicité d'un échantillon odorant il faut d'abord identifier sa composition chimique puis référencer les polluants présents. Cela permet ensuite de qualifier ou quantifier le risque pour la santé humaine en comparant les concentrations des polluants détectés à des VTR (Valeurs Toxicologiques de Références). Les VTR sont des

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

valeurs établies par des instances internationales comme l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). les VTR permettent de mettre en évidence le lien entre l'exposition à une substance toxique et l'occurrence d'un effet sanitaire indésirables (Aubert 2008).

Sur le plan social, en cas de nuisance olfactive, la réaction des riverains est influencée par plusieurs facteurs comme la connaissance ou non de l'activité source d'émissions d'odeur, les aprioris existant sur cette activité, le contexte géosocial, la fréquence de perception de l'odeur, etc... (Roland and Rémi 2012).

Il n'y a pas de conséquences graves de l'exposition à des odeurs désagréables mais plutôt une sensation de gêne qui se manifeste généralement par des céphalées, le stress, l'augmentation de la tension artérielle, les troubles respiratoires, etc. Ceci est le résultat de relation entre des facteurs biologiques, chimiques, psychologiques et sociaux. Il n'y a donc pas de lien direct entre la perception des odeurs et la toxicité d'un mélange gazeux (composition chimique) (Aubert 2008).

(L'Annexe I : Relation chimie-odeur permet de comprendre plus en détail la relation entre la perception des odeurs et la composition chimique d'un effluent gazeux.)

5. Métrologie des odeurs

La métrologie des odeurs ou mesures olfactométriques s'applique dans le domaine de la pollution de l'air par les odeurs. Pour étudier la gêne occasionnée par les odeurs, il existe plusieurs approches complémentaires basées sur des prescriptions réglementées (ADEME 2005). Les mesures olfactométriques s'appuient sur les prescriptions de plusieurs normes (Tableau I) dont la norme NF X 43-103 pour la mesure des intensités d'odeur, la norme NF-EN 16841-1 pour la détermination de la présence d'odeur sur une zone quadrillée, la norme NF-EN 16841-2 pour la mesure de panaches odorants et la norme NF-EN 13-725 pour les mesures olfactométriques.

Les normes décrivent chacune différentes méthodes d'analyse (détermination de la concentration ou de l'intensité d'odeur) de la pollution olfactive. Il existe cependant d'autres méthodes utilisées qui ne sont pas normalisées. Ces méthodes peuvent être regroupées sous différentes approches. D'abord il y a l'évaluation de la gêne pour connaître la perception des riverains par rapport à une source d'odeur. Ensuite les analyses sensorielles qui aident à l'identification et à l'étude de l'impact olfactif d'une source d'odeur. Après il y a les mesures

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

physicochimiques qui permettent de déterminer les composants chimiques dans les effluents odorants afin de trouver des solutions de traitement adaptées (ADEME 2005).

Tableau I : Liste des normes européennes existantes pour la mesure des odeurs

Norme	NF EN 13725	NF EN 16841-1	NF EN 16841-2	NF X 43-103
Titre	Détermination des odeurs par olfactométrie dynamique	Détermination des odeurs par mesure de terrain – Partie 1 : méthode de la grille	Détermination des odeurs par mesure de terrain – Partie 2 : méthode du panache	Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux
Grandeur mesurée	Concentration d'odeur (unité d'odeur/m ³)	Exposition aux odeurs dans une zone d'évaluation définie	Étendue du panache odorant sous le vent d'une source	Intensité odorante et/ ou qualité qui pourront être représentées par l'équipement
Application	Source fixe	Dans l'environnement	Dans l'environnement	Air ambiant, air intérieur, émissions

Les méthodes normalisées sont les plus utilisées pour réaliser le diagnostic d'une installation émettrice d'odeur. Il s'agit des méthodes d'analyses sensorielles notamment, les mesures d'odeur par olfactométrie dynamique. Cette approche permettant la quantification d'une odeur ainsi que la détermination du taux d'émission d'odeurs émis par une source est entièrement décrite dans la norme NF EN 13725/octobre 2003. La norme définit les grandeurs de mesures des odeurs. Il s'agit de :

- **L'unité d'odeur** (uo) qui est l'unité de base ;
 - 1 ou/m³ = Quantité de mélange d'odorant introduite dans 1m³ d'air, nécessaire pour être détectée : c'est le seuil de détection olfactif

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- La **concentration d'odeur** exprimée en uo/m^3 et qui traduit la persistance d'une odeur :
 - La concentration d'odeur = Facteur de dilution qu'il faut appliquer à l'effluent pour atteindre le seuil de détection
 - $[\text{Odeur}] (\text{uo}/\text{m}^3) = \text{Facteur de dilution} \times 1 \text{ uo}/\text{m}^3$
- Le **débit d'odeur** exprimé en uo/h qui est le flux d'odeur émis par unité de temps :
 - Produit entre le flux d'air et la concentration d'odeur
 - $\text{Débit d'odeur} (\text{uo}/\text{h}) = [\text{Odeur}] (\text{uo}/\text{m}^3) * Q_{\text{air}} (\text{m}^3/\text{h})$

Le principe des analyses olfactométriques est de réaliser des dilutions calibrées et reproductibles du mélange odorant. Ce mélange odorant est préalablement échantillonné avec un gaz neutre (ou l'air ambiant) afin de déterminer le facteur de dilution qu'il faut appliquer pour ramener l'odeur niveau du seuil de détection. Le mélange odorant (stimulus) est présenté à un panel de personne nommé jury de nez, sélectionné sous les critères de la norme NF EN 13725/octobre 2003. La norme décrit également le matériel nécessaire à l'échantillonnage d'un effluent gazeux (Rognon, C., & Pourtier 2000).

La sensation d'odeur survient lors d'une interaction entre un mélange gazeux et le sens de l'odorat. Elle est le résultat de plusieurs processus physicochimiques, psychologiques, cognitifs, etc. Il est donc nécessaire de distinguer l'odeur d'un mélange gazeux de sa composition chimique. Les mesures olfactométriques permettent de mesurer l'odeur en tant qu'entité dans un mélange gazeux. Cela n'exclut pas de faire un complément d'information avec des mesures physicochimiques car celles-ci permettent de caractériser la composition chimique d'un mélange gazeux pour ensuite trouver des moyens de traitement.

Pour mesurer les odeurs, on différencie deux approches : les mesures dans le milieu émetteur pour mesurer les odeurs au niveau de leur source d'émission et les mesures dans le milieu récepteur pour mesurer les odeurs dans l'environnement et au niveau des populations riveraines autour du lieu d'émission.

a) Mesures à l'émission

Les mesures d'odeur dans le milieu émetteur ou mesures à l'émission permettent d'évaluer la concentration d'odeur, l'intensité, la qualité et le caractère hédonique des odeurs. Les mesures sont réalisées selon des protocoles normés. La méthodologie pour les mesures à l'émission permet :

- La réalisation d'un diagnostic olfactif qui va permettre de faire un bilan des émissions odorantes d'une installation industrielle ;
- L'identification et la hiérarchisation des différentes sources d'odeur sur la base du diagnostic olfactif ;
- Le contrôle des rejets d'effluents gazeux odorants vis-à-vis des textes réglementaires ;
- L'orientation pour le choix de la solution de traitement des odeurs à mettre en place ;

Des mesures chimiques peuvent être faites en complément des mesures olfactométriques. Elles permettent de connaître la composition chimique d'un mélange odorant et d'identifier la présence de molécules chimiques odorantes.

Prélèvements

Les mesures à l'émission impliquent de prélever des échantillons d'air d'un mélange gazeux avec lesquels sont réalisées des analyses olfactométriques et/ou chimiques.

Les **prélèvements des échantillons** d'air sont réalisés sur différentes sources émettrices du site selon les prescriptions de la norme NF EN 13-725/octobre 2003. L'échantillonnage est réalisé grâce à un dispositif nommé « caisson poumon ». Il est constitué d'un caisson hermétique à l'intérieur duquel est placé un sac en PET (Polytéréphtalate d'éthylène) ou en Nalophan (matériaux préférentiels conformément à la norme NF EN 13-725/octobre 2003). Le sac est ensuite relié à la source par un ligne de prélèvement. Cette ligne de prélèvement est un tube en plastique PTFE (Polytétrafluoroéthylène) qui est connectée à la source. Un système de pompage (Figure 3) permet de créer une dépression dans le caisson hermétique tout en gonflant le sac d'échantillonnage. Le caisson poumon est un dispositif autonome en termes d'utilisation d'énergie et permet un contact direct avec la source tout évitant une pollution de l'air prélevé. Ce dispositif est très pratique et utilisable sur tout type de sources sans nécessiter de l'énergie (Rognon, C., & Pourtier 2010) ; (Guingand et al. 2019).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

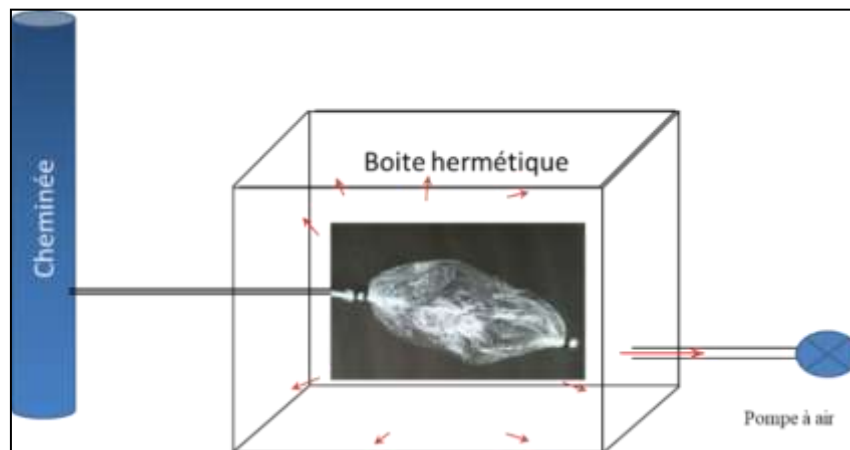


Figure 3 : Système de prélèvement avec le caisson poumon

Types de sources d'émissions d'odeur

Au moment de réaliser des prélèvements au niveau d'une source d'émission (ouvrage industriel), celle-ci peut se présenter sous différentes formes : canalisées (cheminée, conduite d'aération), sources surfaciques liquides passives (bassins, bac de retenue d'effluents liquides), sources surfaciques solides passives (tas d'andain). Les sources surfaciques peuvent fonctionner avec insufflation d'air, dans ce cas on dit que ce sont des sources surfaciques actives (bassin d'aération, biofiltre). Il est aussi possible d'effectuer des prélèvements d'ambiance (air ambiant dans un bâtiment, une fosse).

Les prélèvements sur sources canalisées se font selon les prescriptions de la norme AFNOR NF X 10-112 qui traite des méthodes de mesures de flux d'air dans une canalisation. Le prélèvement se fait par piquage avec canne sur la paroi de la canalisation. Le point de piquage doit être placé à une distance amont et aval supérieure ou égale à 5 fois le diamètre hydraulique de la canalisation (Figure 4).

En plus du prélèvement d'air odorant au niveau des sources canalisées se font d'autres mesures, afin de déterminer le débit d'air puis déterminer le débit d'odeur émis à l'atmosphère. On parle de mesures aérauliques qui consistent en des relevés de vitesses et températures des flux d'air dans la canalisation au moyen d'un tube de Pitot.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

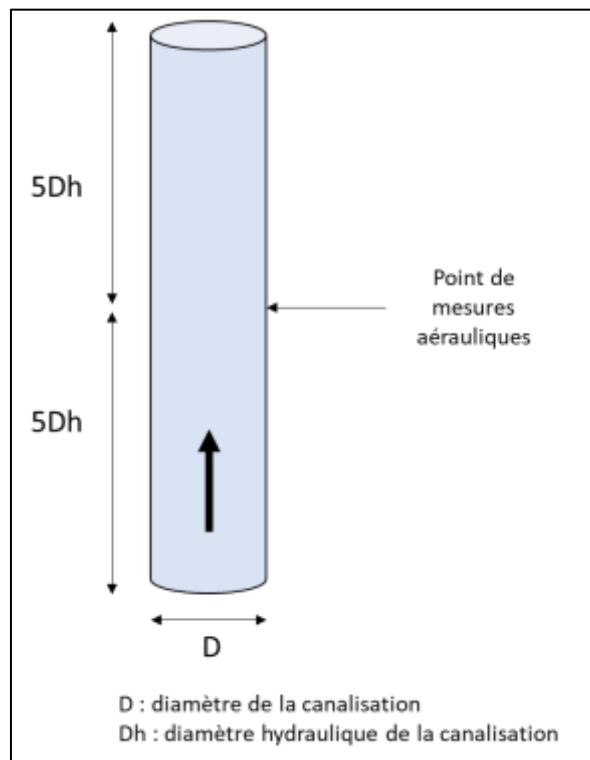


Figure 4 : Point de mesures aérauliques selon la norme NF X 10-112

Les prélèvements d'air odorants sur sources surfaciques sont plus complexes que les sources canalisées. Les sources surfaciques ayant une grande surface d'échange avec l'atmosphère, il faut utiliser un dispositif particulier, une chambre à flux. La chambre à flux est posée en un point de la surface de la source pour piéger l'air qui est émis. Il ne reste qu'à prélever un échantillon dans l'atmosphère de la chambre à flux. Selon le type de source surfacique (liquide, solides), la forme de la chambre à flux peut être différentes (Rognon, C., & Pourtier 2010).

Analyses olfactométriques

Les échantillons d'air prélevés sur les sources d'émission d'odeur constituent l'élément d'analyses olfactométriques pour déterminer la concentration d'odeur. Le principe de mesure consiste à réaliser des dilutions calibrées et reproductibles du mélange odorant contenu dans le sac échantillonné avec un gaz neutre (ou l'air ambiant) afin de déterminer le facteur de dilution qu'il faut appliquer à l'échantillon pour ramener son odeur niveau du seuil de détection avec l'olfactomètre, l'appareil permettant de faire des séries de dilution de l'échantillon prélevé (Figure 5) (Martin G, Laffort P 1991).

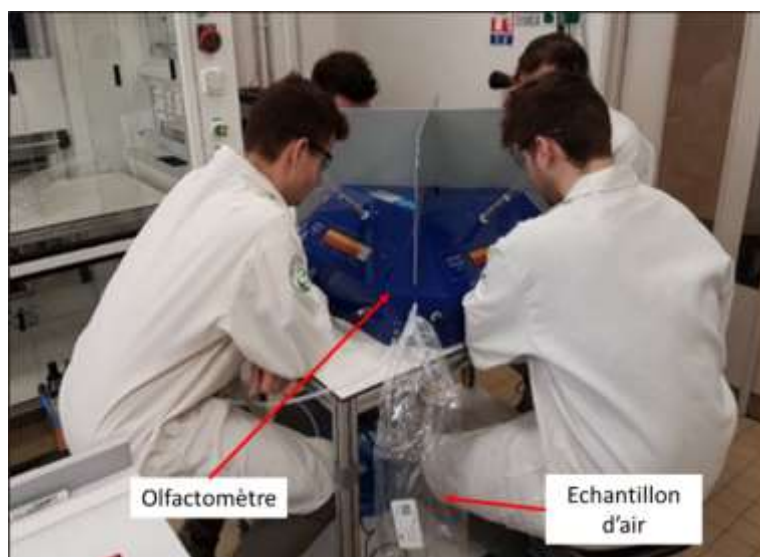


Figure 5 : Séance de mesures olfactométriques avec jury de nez

Les analyses olfactométriques se font avec un jury de nez (un panel d'au moins quatre personnes) auquel est présenté l'échantillon d'air prélevé, à travers l'olfactomètre. Les réponses données par le jury de nez doivent être répétables et constantes. Pour cela la norme NF EN 13725 définit un protocole de sélection des membres du jury à partir d'un échantillon de référence qui est un mélange de butanol dans l'air, à une concentration chimique comprise entre $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $246\mu\text{g}/\text{m}^3$. Après dix (10) séries d'analyses sur le mélange de référence, la moyenne géométrique des seuils de détection de chaque jury doit être comprise entre 0,5 et 2 fois la valeur de référence au départ (entre $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $246\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Rognon, C., & Pourtier 2010).

Mesures physicochimiques

Si les mesures olfactométriques apportent des informations sur la gêne olfactive que peuvent entraîner les odeurs, les mesures physicochimiques permettent d'identifier et de quantifier les constituants chimiques dans un mélange odorant. Cela permet de caractériser la composition chimique d'un mélange gazeux afin de proposer des solutions de traitement adaptées. Mais, un mélange odorant est très complexe parce qu'il est constitué d'un grand nombre de molécules chimiques aux caractéristiques variables (masse molaire, fonction chimique, concentration et contribution à l'odeur) (Rognon, C., & Pourtier 2010).

Une classification des molécules chimiques est faite en fonction des secteurs industriels les plus émetteurs d'odeur et il en ressort généralement quatre (04) grandes familles chimiques. Il s'agit essentiellement de composés soufrés, composés azotés, molécules oxygénées, hydrocarbures

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

aromatiques (Annexe III). Plusieurs techniques d'analyses chimiques sont utilisées pour l'identification des composés chimiques :

- Les analyses spectrométriques (détecteurs types ultraviolet ou infrarouge) qui sont sensibles à des vibrations spécifiques de composés chimiques ou de familles chimiques ;
- Les dosages chimiques consistant à faire réagir des molécules spécifiques avec des réactifs spécifiques ;
- La chromatographie en phase gazeuse, une technique couplée à la spectrométrie qui consiste en la séparation des composés chimiques constituant un mélange gazeux.

b) Mesures dans le milieu récepteur

Parallèlement aux mesures réalisées à l'émission, des observations olfactives sont réalisées dans le milieu récepteur pour identifier et quantifier les odeurs perçues dans l'environnement. « Ce type d'étude fournit des informations objectives sur la gêne effectivement ressentie par les populations : les cartographies des niveaux de gêne olfactive dans l'environnement d'un site industriel confirment ou non les résultats de l'enregistrement des plaintes fait par exemple au niveau d'une administration » (Gouronnec 2000).

Les mesures dans l'environnement permettent :

- De mesurer la concentration d'odeur in situ ;
- D'évaluer l'intensité de perception des odeurs ;
- D'apprécier la distance d'impact des odeurs émises par les sources étudiées ;
- D'identifier les sources responsables d'odeurs dans l'environnement.

Les mesures dans le milieu récepteur font références aux normes NF EN 16841-1 (partie 1) et NF EN 16841-2 (partie 2) de novembre 2016. Celles-ci décrivent deux méthodologies qui consistent à aller sur une zone concernée par des plaintes de nuisances olfactives et faire des relevés pour identifier la présence d'odeur. Dans la partie 1 l'approche décrite nécessite l'élaboration du maillage d'une zone avec des points précis et des mesures définies sur une longue période (tous les jours pendant 12 mois). La partie 2, qui est la plus utilisée décrit la méthode du panache, qui consiste à mesurer l'étendue d'un panache odorant dans des conditions météorologiques données (Guillot 2017).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Intensité olfactive

L'intensité des odeurs perçues dans l'environnement est évaluée par comparaison à une échelle d'intensité olfactive (Tableau II) de référence définie par la norme AFNOR NF-X 43-103. Cette échelle de référence est constituée d'étalons olfactifs obtenus par dilutions successives de butanol dans de l'eau dans des fioles de fourneau (Gouronnec 2000).

La norme préconise que le protocole de mesure soit réalisé par un jury d'au moins sept (07) personnes préalablement formées pour reconnaître les odeurs et les décrire selon l'échelle d'intensité (Mejia and Andrés 2019).

Tableau II : Echelle d'intensité

Niveau d'intensité D'odeur	Description	Concentration de butanol dans l'air (ppm)	Concentration de butanol dans l'eau (%)
1	Très faible	< 1	0,001
2	Faible	6	0,01
3	Forte	62	0,1
4	Très forte	625	1

Concentration d'odeur

Les concentrations d'odeur sont mesurées par dilutions directes de l'air ambiant à l'aide d'un olfactomètre de terrain. En réalisant des dilutions successives de l'air ambiant avec de l'air inodore, ce dernier permet de déterminer le facteur de dilution à appliquer à l'air ambiant pour ramener son odeur au niveau du seuil de détection (Mejia and Andrés 2019). L'olfactomètre de terrain fonctionne donc suivant le même principe que l'olfactomètre déjà évoqué dans les mesures à l'émission.

En estimant directement la concentration d'odeur présente dans l'environnement, l'olfactomètre de terrain permet de vérifier rapidement si le seuil de nuisance (5 uo/m^3) défini par bon nombre de textes réglementaires est atteint.

6. Cadre réglementaire

La pollution par les odeurs est une dimension environnementale qui est de mieux en mieux considérée de nos jours. Cet état de situation prise en compte par plusieurs pays d'Europe comme la France, l'Allemagne, la Suisse, la Belgique, le Danemark, etc. Les pays hors Europe comme les États-Unis, le Canada, ou encore le Japon aussi sont impliqués dans la problématique odeur. Les critères observés pour faire face aux nuisances olfactives ne sont pas normalisées sur le plan international (Vitola Pasetto 2019).

En France aujourd'hui, pour implanter et gérer une activité industrielle susceptible de générer des odeurs, l'exploitant doit respecter des exigences réglementaires visant à limiter la gêne que pourront occasionner ses installations. Ces exigences réglementaires s'appuient sur la loi LAURE (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie) du 30 décembre 1996 dont l'article 2 stipule : «...constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes(...), à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

Les textes et prescriptions réglementaires par rapport à la pollution olfactive concernent particulièrement les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Selon l'arrêté du 7 janvier 2002 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui sont soumises à déclaration dans la rubrique n° 2170, les limites de concentrations d'odeurs pour les sources diffuses (Tableau III) et sources canalisées (Tableau IV).

Tableau III : Concentration d'odeur autorisée pour les sources diffuses (ADEME 2005)

Eloignement des tiers	Concentrations d'odeur (uo/m³)
100	250
200	600
300	2 000
400	3 000

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Tableau IV : Débits d'odeur maximale conseillés en fonction de la hauteur d'émission (ADEME 2005)

Hauteur d'émission (m)	Débit d'odeur (uo/h)
0	1×10^6
5	3.6×10^6
10	21×10^6
20	180×10^6
30	720×10^6
50	$3\,600 \times 10^6$
80	$18\,000 \times 10^6$
100	$36\,000 \times 10^6$

Pour les ICPE soumis à autorisation sont définis dans L'article 29 de l'arrêté du 2 février 1998 de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 les débits maximaux d'odeurs en fonction de la hauteur de la source canalisée. Ces débits sont pareils à ceux du Tableau IV. (ADEME 2008)

7. Solutions de traitement

Les procédés de traitement des odeurs sont réalisés sur la base des composants chimiques identifiés dans les effluents gazeux à traiter. Il devient alors possible d'adapter un processus d'épuration des odeurs en empêchant la formation ou en éliminant les composants odorants. Dans la constitution d'un effluent gazeux, les principaux composés odorants sont les composés soufrés (hydrogène sulfuré, mercaptans, ...), les composés azotés (ammoniac, amines, ...), les molécules oxygénées (aldéhydes, acides organiques, ...) et d'autres molécules comme les hydrocarbures (Vitola Pasetto 2019 ;ADEME 2005).

Selon Rognon, C., & Pourtier 2000 trois voies de solution de traitement sont proposées pour prévenir, réduire ou éliminer les odeurs.

Un **traitement en amont** du procédé lui-même pour empêcher la formation des composés malodorants (matières premières, modification du procédé). Ce mode de traitement peut être utilisé par exemple pour pallier une situation de fermentation anaérobie dans un effluent liquide. Dans ce cas, il est injecté un réactif qui va apporter de l'oxygène pour empêcher ou éliminer la formation de composés odorants. Ce sont généralement des réactifs à base d'oxygène ou de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ; (Martin G, Laffort P 1991).

Un **traitement en aval** du procédé avec le captage et le traitement des effluents (gaz, vapeurs) odorants avant leur émission dans l'atmosphère. Il existe plusieurs procédés dont le traitement

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

biologique, lavage par transfert gaz-liquide, l'adsorption par transfert gaz-solide (Figure 6). En prenant l'exemple du procédé de traitement par adsorption, l'effluent gazeux est capté et dirigé vers une masse solide. Il se réalise un échange gaz-solide au cours duquel les molécules (notamment odorantes) vont être transférées du gaz vers le solide. C'est le principe du traitement d'effluents gazeux par biofiltres (procédé qui sera évoqué plus tard dans ce document). Différents matériaux sont utilisés pour former l'interface solide. On compte des matériaux naturels comme, la tourbe, la sciure de bois et les matériaux synthétiques comme les résines adsorbantes ou les résines échangeuses d'ions (Martin G, Laffort P 1991).

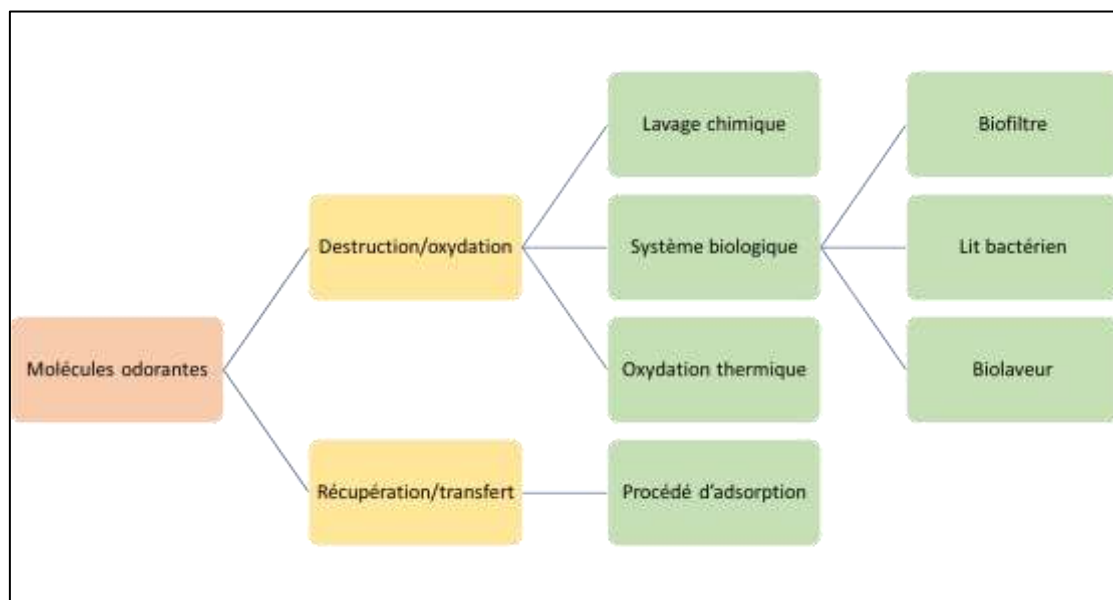


Figure 6 : Procédés de traitement des odeurs adapté de (le Cloirec, Fanlo, and Grancian 2003) ; (Vitola Pasetto 2019)

Un **traitement de la nuisance** en recherchant les conditions permettant de minimiser l'impact des émissions d'odeur sur l'environnement. Ce procédé dépend de l'installation concernée. Il faut prendre en compte les options et dispositions possibles en fonction de la situation qui se présente. Cela implique pour l'exploitant d'une installation susceptible de générer des nuisances odorantes d'intégrer différentes composantes comme la météorologie, la sensibilisation du personnel sur les odeurs et nuisances olfactives, la relation avec les riverains (Roland and Rémi 2012).

II. MATERIELS ET METHODES

1. Présentation de la structure d'accueil

Environnement'AIR est une Société par Actions Simplifiées dans le Secteur de l'ingénierie, études techniques, spécialisée dans la mesure des odeurs. L'entreprise compte en son sein deux (02) experts odeurs et nuisances olfactives. Ses principales activités sont :

- Faire le diagnostic des émissions odorantes en termes de contributions à la nuisance globale ;
- Aider les industriels à respecter les exigences réglementaires autant dans le milieu émetteur que dans le milieu récepteur ;
- Assister les exploitants dans la mise en place de solutions de traitement d'air et de désodorisation.

L'entreprise propose son expertise dans les domaines de l'environnement, la métrologie des odeurs, des émissions gazeuses et de la pollution de l'air. Elle intervient dans différents secteurs d'activités comme :

- Les unités de traitement des déchets ;
- Les stations d'épuration ;
- Les industries pétrolières (raffinerie, centrales d'enrobés...) ;
- Les industries chimiques ;
- Les industries agroalimentaires ;
- Etc.

Les prestations de Environnement' AIR pour le diagnostic des émissions odorantes comprennent :

- Des mesures à l'émission c'est-à-dire faire de l'échantillonnage sur site industriel :
 - Mesures olfactométriques, d'intensité et de débits d'odeurs ;
 - Analyses physicochimiques ;
 - Recherche d'émissions fugitives de méthane (CH₄) sur ISDND ;
 - Etudes aérauliques ;
 - Vérification de la conformité réglementaire des sources d'émissions gazeuses et d'odeurs ;

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- Des mesures dans l'environnement pour relever les données servant à l'évaluation de l'impact du site industriel :
 - Mesure de l'intensité des odeurs (NF X 43-103) ;
 - Réalisation de cartographies des odeurs dans l'environnement ;
 - Analyses physicochimiques de la qualité de l'air ;
 - Recherche de polluants traceurs (Qualité de l'air) ;
 - Installation de capteurs météorologiques ;
 - Organisation d'observatoires d'odeurs ;
 - Vérification de la conformité réglementaire de l'impact des émissions gazeuses et d'odeurs sur l'environnement ;
 - Etudes de la dispersion atmosphérique des odeurs, des gaz et des particules.

2. Présentation du contexte de réalisation des diagnostics

La société Environnement' AIR effectue de nombreux déplacements dans le cadre des études de diagnostics odeur des émissions gazeuses de différentes installations industrielles. La présente étude porte sur le diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage. Il a été réalisé trois (03) diagnostics odeur des émissions gazeuses sur trois (03) sites industriels différents pour rendre compte de l'efficacité des méthodes de mesures des odeurs.

Le premier diagnostic a été réalisé sur les installations d'une cave vinicole possédant sa propre station d'épuration d'effluents vinicoles. Elle est implantée au sein d'une agglomération et est située à environ 200 m des premières habitations construites autour d'elle. La cave vinicole fait l'objet de plaintes de nuisances olfactives. Les premières investigations menées par l'exploitant montrent une relation entre les plaintes et l'unité de traitement des effluents liquides. Dans une première approche l'exploitant a procédé à l'installation d'un dispositif d'injection d'ozone (O_3) dans les bassins tampons (bassins de stockage ;Figure 7) afin de réduire les émissions d'odeur. Cependant, les plaintes pour nuisances olfactives persistent.

L'exploitant de la cave a donc souhaité identifier de manière formelle l'origine des nuisances olfactives et disposer d'éléments factuels pour mettre en place des solutions efficaces permettant de rétablir le confort olfactif des riverains.

La société Environnement' AIR répondant à cet appel d'offre a procédé à un diagnostic olfactif

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

avec pour objectif d'identifier les ouvrages responsables d'émissions de gaz odorants et évaluer leur impact olfactif sur l'environnement autour de la cave. La méthodologie générale utilisée consiste en des mesures à l'émission sur l'ensemble des ouvrages de la station d'épuration (bassins tampons, débourbeur, dégrilleur, bassin d'aération, clarificateur, etc.) pour identifier et hiérarchiser les sources d'odeur et des mesures dans le milieu récepteur pour déterminer les distances d'impact des odeurs émises.

L'unité de traitement des effluents liquides de la cave vinicole présente les mêmes caractéristiques qu'une installation de traitement des eaux urbaines (Figure 7). D'abord, les effluents arrivant sur le site sont stockés dans des bassins tampons pour stabiliser le flux entrant. Le traitement commence ainsi par une décantation primaire des matières solides. L'étape suivante est le traitement des effluents par dégrillage et débourbage. Il s'en suit un traitement secondaire avec un bassin d'aération et un bassin de clarification. En fin de traitement, les eaux épurées sont envoyées dans l'environnement et les boues issues du traitement sont égouttées et évacuées.

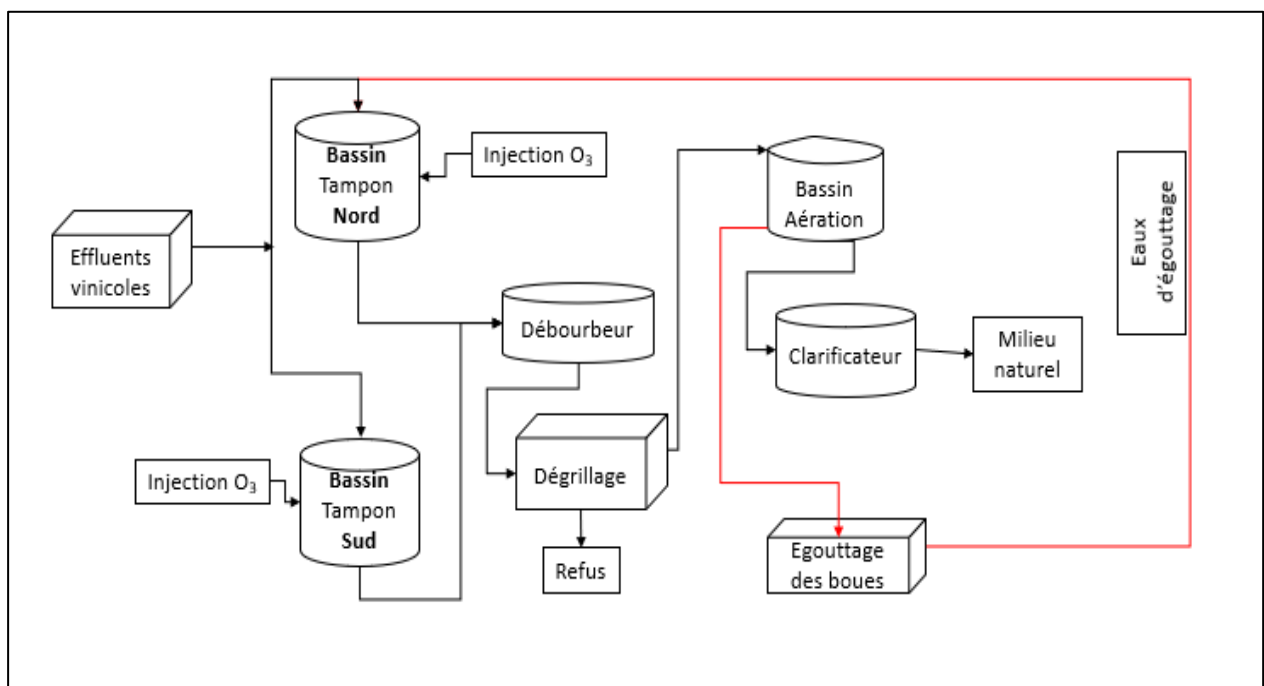


Figure 7 : Schéma de l'unité de traitement des effluents

Un autre diagnostic a été réalisé sur une unité de compostage traitant des boues de stations d'épuration. L'activité de compostage est entièrement réalisée dans un bâtiment fermé avec un système d'aération forcé pour le renouvellement d'air. Les émissions de gaz et odeurs issus du

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

processus sont aspirés dans des conduites d'aération et acheminés vers des unités de traitement d'air. On distingue deux (02) lignes de traitement d'air, chacune constituées d'une tour de lavage acide (tours 1 et 2) et d'un biofiltre (BF1 et BF2) (Figure 8). Les tours de lavage sont utilisées essentiellement pour diminuer la teneur en ammoniac tandis que les biofiltres ont pour rôle de réduire les odeurs.

L'unité de compostage étant un ICPE, elle est soumise à la réglementation française concernant les émissions d'odeur par des installations de compostage (arrêté du 22 avril 2008 relatif aux installations soumises à autorisation). A ce titre l'exploitant doit effectuer périodiquement un contrôle pour déterminer le débit d'odeur global émis à l'atmosphère par son installation. (Voir Annexe II 2).



Figure 8 : Installations de compostage de boues en bâtiment

Le diagnostic vise la réalisation des mesures d'odeurs pour quantifier les émissions odorantes du site, déterminer les débits d'odeur émis à l'atmosphère et vérifier le bon fonctionnement de l'unité de traitement d'air afin d'évaluer la conformité de l'installation par rapport à la réglementation.

Le troisième diagnostic des émissions de gaz odorant a porté sur une installation de compostage traitant des déchets verts et des boues de station d'épuration. La plateforme de compostage est située à environ 1 km des premières habitations concernées par la zone d'étude. Le processus

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

de compostage est réalisé en plein air. Les déchets verts arrivant sur le site sont stockés puis broyés pour être ensuite mélangés aux boues (Figure 9). Le mélange est disposé en andains et régulièrement aérés par retournement. A l'issue du processus de compostage, les andains sont criblés pour récupérer le produit fini (compost).

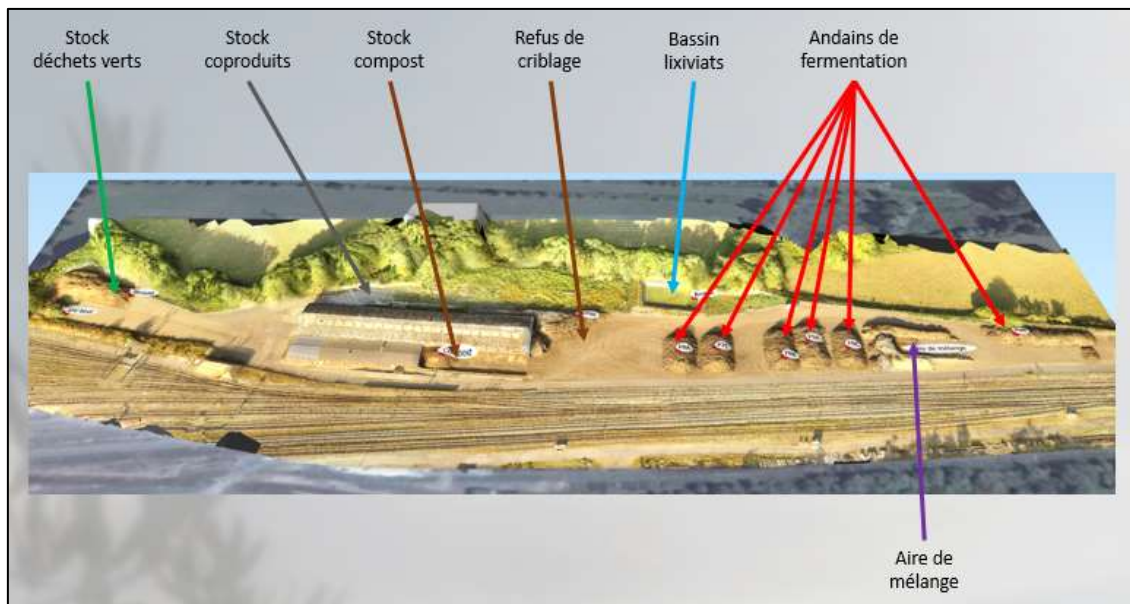


Figure 9 : Organisation de la plateforme de compostage de boues en plein air

La plateforme de compostage fait l'objet de plaintes de nuisances olfactives par les riverains. Etant soumise à un arrêté ministériel (Arrêté ministériel du 20/04/12 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à enregistrement sous la rubrique n° 2780), l'exploitant de la plateforme doit fournir une étude de diagnostic de l'impact olfactif de son installation.

La société Environnement' AIR intervient dans l'objectif de dresser un bilan des émissions d'odeur et de caractériser l'impact olfactif de la plateforme afin de vérifier la conformité des émissions vis-à-vis de la réglementation (Arrêté ministériel du 20/04/12).

3. Méthodologie générale pour le diagnostic des émissions odorantes

a) Mesures à l'émission

Echantillonnage

Pour mesurer les odeurs, il faut d'abord procéder au prélèvement des échantillons d'air. Le prélèvement est réalisé directement à la source d'émission à l'aide du dispositif du caisson poumon. Les échantillons sont conditionnés dans des sacs Tedlar ou Nalophan conformément à la norme NF EN 13725. Mais, il a déjà été énoncé dans la bibliographie que les sources d'émissions de mélanges gazeux peuvent se présenter sous différentes formes. La méthode de pompage de l'air avec le caisson poumon reste la même et c'est le mode de connexion à la source qui diffère.

Pour les sources canalisées, l'échantillonnage se fait par piquage d'une canne de prélèvement (canne reliée directement au caisson poumon) sur la paroi de la canalisation pour pomper l'air y circulant (Figure 10).



Figure 10 : Prélèvement d'air dans une canalisation

Lorsqu'il s'agit d'une source d'émission surfacique, on utilise une hotte ou une cloche pour effectuer un échantillonnage. Le dispositif est posé à la surface (Figure 11 et Figure 12) de la source pour piéger les émanations de gaz.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

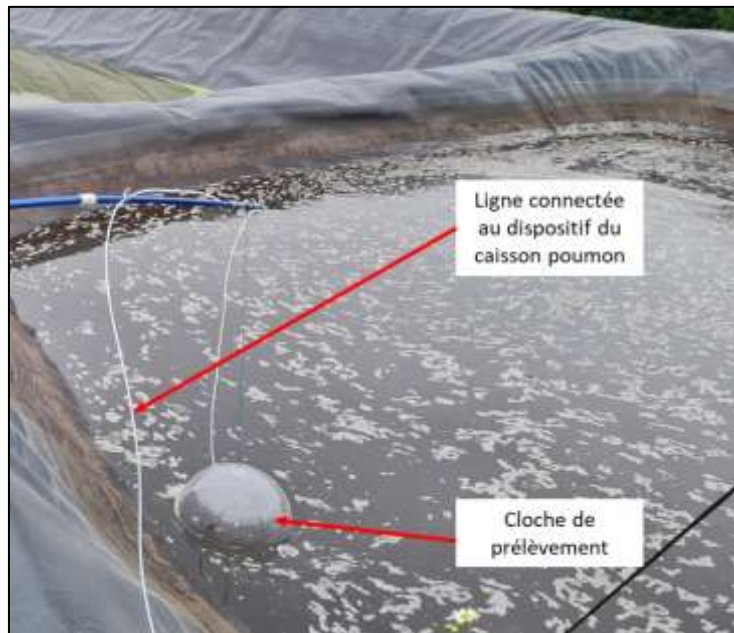


Figure 11 : Prélèvement sur source surfacique liquide



Figure 12 : Prélèvement sur source surfacique solide (biofiltre)

Pour effectuer un prélèvement sur un andain, la position de la cloche reste la même que pour toutes sources surfaciques (au-dessus de l'andain) bien que l'andain ait sur ses côtés des surfaces d'échange avec l'atmosphère. L'importance de prélever au-dessus de l'andain est déterminé par son fonctionnement aéraulique (Figure 13).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

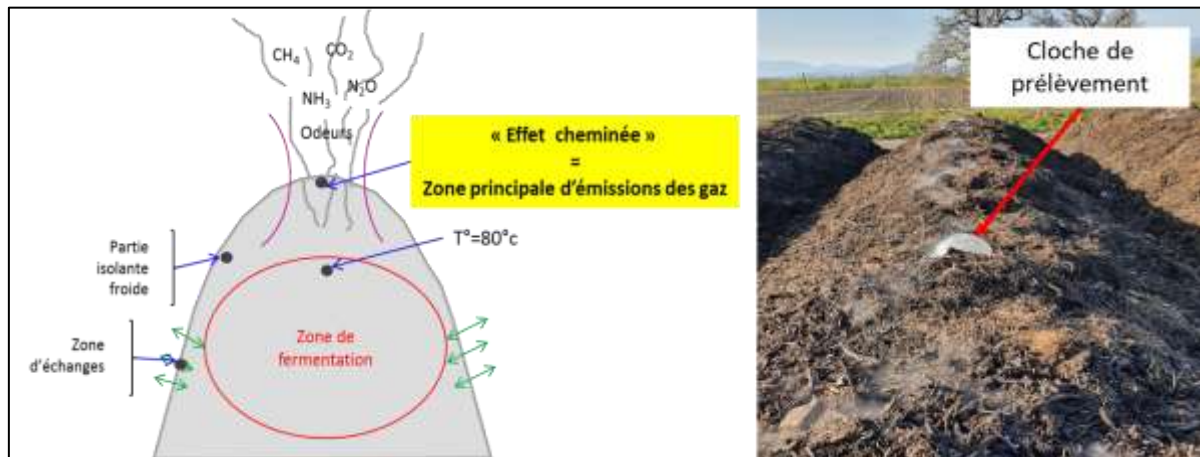


Figure 13 : Fonctionnement aéraulique d'un andain

Analyses olfactométriques

Chaque échantillon prélevé fait l'objet d'analyses olfactométriques. En effet, les échantillons vont être présentés à un jury de sujets humains appelé jury de nez, par l'intermédiaire d'un olfactomètre. La mesure des odeurs par olfactométrie est définie et décrite par la norme NF EN 13725/octobre 2003. Les analyses olfactométriques vont permettre de déterminer la concentration d'odeur de chaque échantillon. Cette concentration est le résultat de la moyenne géométrique des valeurs obtenues par chaque jury de nez lors des analyses olfactométriques.

Analyses physicochimiques

Pour identifier la composition chimique des échantillons, des **mesures chimiques**, sont systématiquement effectuées sur chaque échantillon. Les analyses chimiques sont faites pour avoir des informations sur les familles chimiques d'odorants présents dans l'échantillon (NH_3 , H_2S , COV). L'appareil utilisé est doté de capteurs PID pour détecter les COV (Composés Organiques Volatiles) et de cellules électrochimiques pour détecter le H_2S (pour les composés soufrés) et le NH_3 (pour les composés azotés).

b) Calcul du débit d'odeur

La détermination du débit d'odeur est nécessaire pour évaluer quantitativement les émissions odorantes. Il s'agit de flux d'air odorant émis à l'atmosphère par unité de temps (uo/h). Le débit d'odeur est calculé par le produit entre le flux d'air et la concentration d'odeur :

$$\text{Débit d'odeur (uo/h)} = [\text{Odeur}] (\text{uo/m}^3) * Q_{\text{air}} (\text{m}^3/\text{h}) ; \text{« formule 1 »}$$

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

La concentration d'odeur est déterminée avec les analyses olfactométriques mais la détermination du flux d'air varie selon la source d'émission.

Pour les sources canalisées, les mesures aérauliques (déjà évoqué au I.a) permettent de relever les paramètres nécessaires (vitesses, température, section d'écoulement) au calcul du flux d'air.

Le calcul effectué est le suivant :

$$Q_{\text{air}} (\text{m}^3/\text{h}) = V_e (\text{m/s}) * S_e (\text{m}^2) * 3600 ; \text{« formule 2 »}$$

Avec :

V_e : la vitesse d'écoulement du fluide (air) dans la canalisation

S_e : la section d'écoulement du fluide (air) dans la canalisation

Dans le cas d'une source surfacique liquide les émissions dépendent essentiellement de l'évaporation gazeuse. Il existe des modèles de psychrométrie qui est un outil de calcul du comportement physique et thermodynamique d'un mélange gaz-vapeur. En fonction des conditions météorologiques, les modèles psychrométriques permettent de calculer le débit d'évaporation d'un effluent liquide en intégrant les conditions climatologiques moyennes sur l'année (Figure 14) et les équations de calcul de l'évaporation d'un plan d'eau.

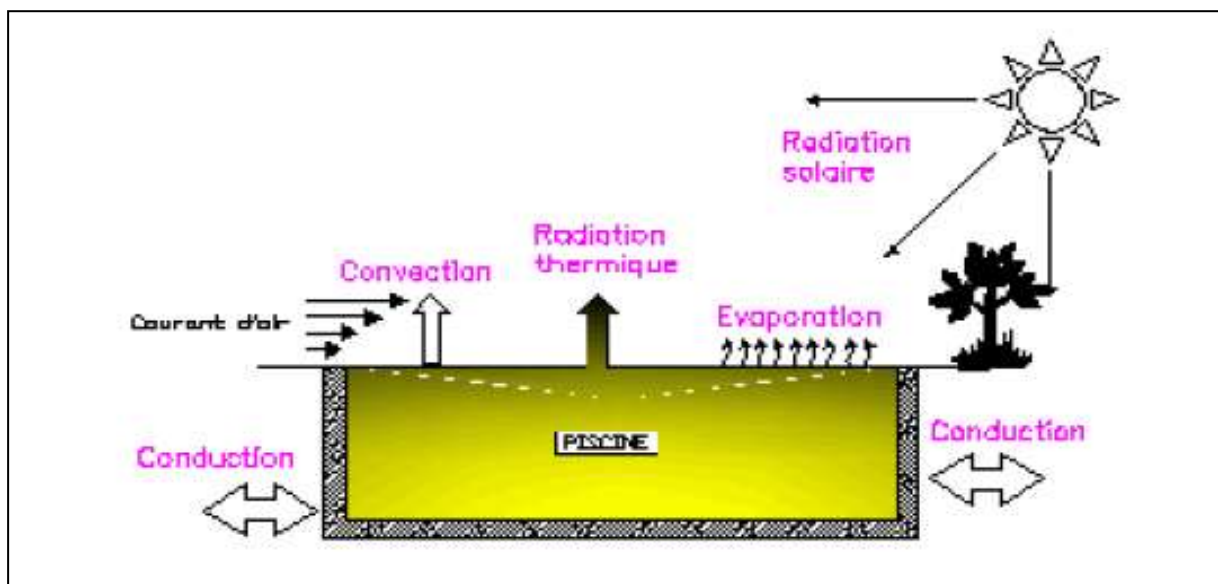


Figure 14 : Facteurs intervenants dans l'évaporation d'un effluent liquide

Au niveau des andains (andains de compostage), la différence entre les tonnages entrants et sortants d'une plateforme de compostage permet d'estimer les émissions atmosphériques fugitives globales de l'installation. Sur la base des informations fournies par l'exploitant, la

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

quantité d'eau liquide émise à l'atmosphère sur une année est calculée grâce au bilan matière. Le flux obtenu est réparti au prorata des surfaces de chaque source surfacique de la plateforme de compostage (andains et stocks du processus de compostage).

c) Mesures dans le milieu récepteur

Pour les mesures d'odeur dans le milieu récepteur, Environnement 'AIR s'inspire de la méthodologie décrite par la norme NF EN 16841-2 (partie 2). Il est réalisé des rondes d'observations olfactives dans le milieu récepteur pour mesurer les concentrations d'odeur et leur intensité. Le parcours est effectué à vitesse lente (en moyenne 10 Km/h) autour du site émetteur pour localiser et caractériser l'impact du panache odorant dans l'environnement. Ce parcours enregistré à l'aide d'un GPS est effectué sous le vent du site permettant de cartographier les points d'observations olfactives.

Dès la perception d'une odeur, la position géographique est systématiquement enregistrée, les principaux paramètres météorologiques et les caractéristiques de l'odeur (origine, intensité olfactive, concentration d'odeur) sont mesurés et notés.

Intensité olfactive

L'odeur perçue dans l'environnement est directement comparée avec les solutions étalons, indépendamment de son caractère hédonique. L'intensité de l'odeur est exprimée en équivalent ppm du butanol dans l'air. La force à laquelle l'odeur est perçue est décrite selon quatre (4) niveaux : très faible pour le niveau 1, faible pour le niveau 2, forte pour le niveau 3 et très forte pour le niveau 4 (Tableau II ; Chapitre I.b).

Concentration d'odeur

Les concentrations d'odeur sont mesurées par dilutions directes de l'air ambiant à l'aide d'un olfactomètre de terrain (Figure 15). En réalisant des dilutions successives de l'air ambiant avec de l'air inodore, ce dernier nous permet de déterminer le facteur de dilution à appliquer à l'air ambiant pour ramener son odeur au niveau du seuil de détection (Mejia and Andrés 2019). L'olfactomètre de terrain fonctionne donc suivant le même principe que l'olfactomètre dynamique (Figure 5).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

En estimant directement la concentration d'odeur présente dans l'environnement, l'olfactomètre de terrain permet de vérifier rapidement si le seuil de nuisance défini par bon nombre de textes réglementaires est atteint (5 uo/m³).



Figure 15 : Mesure de concentrations d'odeurs dans l'environnement

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Diagnostic des émissions odorantes d'une station d'épuration d'effluents vinicoles

Pour réaliser le diagnostic des émissions odorantes, des échantillons d'air ont été prélevés sur chaque ouvrage de la station d'épuration d'effluents vinicoles (Figure 16) :



Figure 16 : Points de prélèvements au niveau des ouvrages de la station d'épuration

Les concentrations d'odeur obtenues à l'issue des analyses olfactométriques et des mesures physicochimiques sont consignées dans le Tableau V.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Tableau V : Résultats des analyses olfactométriques et physicochimiques

Ouvrage	Lieu de prélèvement	Concentration odeur (uo/m ³)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S (ppm)	COV (ppm)
Clarificateur	Surface	80	<1	<0,1	<1
Bassin d'aération	Surface	135	<1	<0,1	<1
Bassin d'aération	Surface	110	<1	<0,1	<1
Débourbeur	Ambiance ouvrage	260	<1	<0,1	2
Benne de refus de criblage	Ambiance benne	230	<1	<0,1	<1
Poste relevage de la cave	Ambiance ouvrage	600	<1	<0,1	2
Bassin tampon Nord	Surface	5 050	<1	<0,1	1
Bassin tampon Sud	Surface	22 150	2	17	3
Bâche tampon	Event	65	<1	<0,1	<1

Les concentrations d'odeurs obtenues montrent que les bassins tampons Nord et Sud situés en tête du processus d'épuration émettent des odeurs très persistantes (respectivement 5 050 et 22 150 uo/m³) tandis que tous les autres ouvrages sont associés à des odeurs peu persistantes (en moyenne inférieures à 600 uo/m³). Ces premiers résultats mettent en évidence les bassins tampons en tant que sources potentiellement susceptibles de générer des nuisances olfactives (annexe IV). Cela est possible car en absence d'oxygène, les microorganismes contenus dans les effluents vinicoles dégradent la matière organique (azote, soufre, phosphore) et produisent des composés odorants comme le H₂S ou le NH₃. On parle de fermentation anaérobie.(Albrecht 2007)

Les mesures physicochimiques confirment en particulier pour le bassin tampon Sud la présence de composés odorants (composés soufrés, azotés et COV). Par contre au niveau des autres ouvrages, les concentrations chimiques sont majoritairement inférieures aux limites de détection des capteurs électrochimiques.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Les concentrations d'odeur permettent de calculer le débit d'odeur émis à l'atmosphère par chaque ouvrage. Et sachant que les bassins de traitement des effluents constituent des sources surfaciques liquides passives, leurs émissions dépendent essentiellement de l'évaporation. A partir des conditions météorologiques moyennes annuelles de la zone d'étude (Tableau VI), le flux d'évaporation liquide calculé à l'aide d'un modèle psychrométrique donne $1,8 \text{ L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ d'eau liquide évaporé soit $2,45 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ de vapeur d'eau. Ce flux d'évaporation est applicable à tous les bassins.

Tableau VI : Conditions atmosphériques sur le site

	Jour	Nuit
Température	21°C	7.5°C
Humidité	40%	70%
Vent	11 km/h	11 km/h

Le débit d'odeur correspond au produit du débit de gaz odorant émis et de sa concentration d'odeur, le débit d'odeur des bassins de la station est obtenu par la « formule 1 ». Les débits d'odeur liés à chaque ouvrage du site sont consignés dans le Tableau VII ci-dessous

Tableau VII : Débits d'odeur calculés au niveau de chaque ouvrage

Ouvrage	Débit d'odeur (uo/h)
Poste de relevage de la cave vinicole	1 470
Poste de relevage extérieure	14 578
Bassin tampon Nord	6 627 280
Bassin tampon Sud	1 510 960
Bâche tampon	552
Débourbeur	13 083
Benne de refus de dégrillage	0
Bassin d'aération	19 584
Clarificateur	2 502
Event de la cuve d'équilibrage	3 082
Total	7 767 018

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

La somme des débits d'odeurs de chaque ouvrage (Tableau VII) mène le débit d'odeur global de la station d'épuration à environ 8.10^6 uo/h avec les bassins tampon Nord et Sud qui émettent des odeurs à des débits élevés (respectivement $1,5.10^6$ et $6,6.10^6$ uo/h). Ces deux (02) bassins sont vraisemblablement ceux qui contribuent le plus à l'émission globale du site et particulièrement le bassin tampon Sud qui représente plus de 80% du débit d'odeur global (Figure 17).

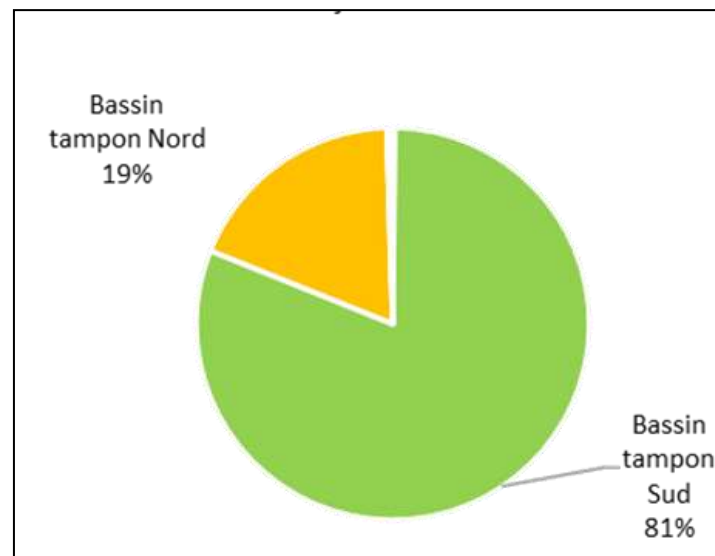


Figure 17 : Contribution des ouvrages à l'émission d'odeur globale du site

Cependant, l'exploitant de la cave vinicole a fait installer un système d'injection d'ozone (ozonation) au niveau de chacun des bassins tampons dans le but de prévenir les émissions d'odeur dues à la fermentation. Afin d'empêcher la formation de composés odorants, l'injection d'ozone est mise en place pour apporter de l'oxygène au sein des bassins tampons selon l'équation : $O_3 + H_2O \rightarrow O_2 + 2HO^*$

Des prélèvements ont été réalisés pour évaluer l'efficacité du système d'ozonation d'abord dans les conditions habituelles de fonctionnement des ouvrages (ozonation en fonctionnement) puis pendant que le système est arrêté. La comparaison des deux (02) états de fonctionnement (Figure 18) révèle que les concentrations d'odeur sont plus faibles lorsque le dispositif d'injection d'ozone est désactivé au niveau des deux bassins.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

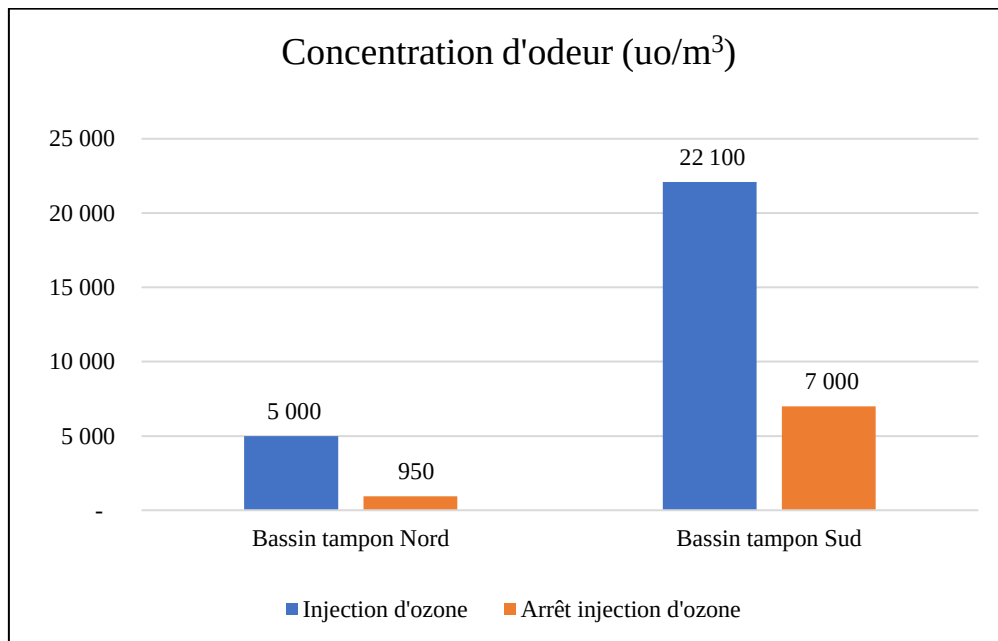


Figure 18 : Effet de l'ozone sur la concentration d'odeur

Ce résultat est inattendu car l'injection d'ozone devrait réduire les odeurs. Cela pourrait s'expliquer par la prédominance d'un phénomène de stripping des gaz odorants (effet de remous) par rapport à l'action d'oxygénation attendue. De plus, le dispositif est installé en surface du bassin de telle sorte que l'ozone injecté n'a pas le temps de pénétrer au cœur de l'effluent liquide.

Le dispositif d'injection d'ozone installé ne joue pas le rôle attendu et favorise la dispersion de composés odorants contribuant ainsi aux nuisances ressenties par les riverains.

Parallèlement aux mesures sur le site, une ronde d'observations olfactives a été réalisée dans l'environnement sous des conditions atmosphériques stable avec des vents faibles. La Figure 19 montre l'impact olfactif de la station d'épuration de la cave avec les différents points où les odeurs (odeurs du procédé d'épuration repérées sur le site) ont été perçues.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage



Figure 19 : Parcours de mesure des odeurs dans l'environnement de la station d'épuration

Sur la carte (Figure 19) est représenté en bleu le parcours effectué pour les observations olfactives. Les endroits où ont été perçues des odeurs sont représentés par des ronds de couleur (vert, rouge ou orange) associés à des chiffres pour illustrer les concentrations d'odeur. Au moment de la ronde, le vent soufflait en direction du Sud-Ouest justifiant le choix de réaliser la ronde dans la zone située au Sud-Ouest par rapport au site.

A partir des relevés réalisés pendant la ronde, il a été établi un graphe (Figure 20) qui montre que les odeurs perçues sous le vent de la station d'épuration de la cave (panache représenté par une couche rougeâtre : Figure 19) sont décrites avec des concentrations supérieures à 5 uo/m³ (seuil de nuisance dans l'environnement) jusqu'à une distance de 300 m. Au-delà, les odeurs d'intensité très faibles à pas d'odeur du tout.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

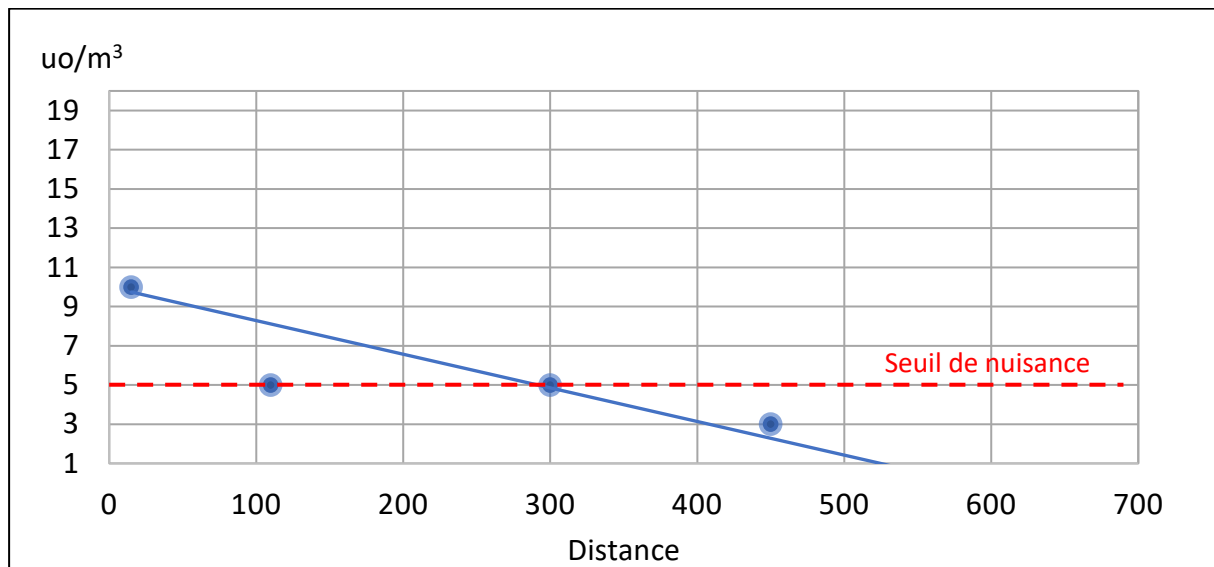


Figure 20: Evolution des concentrations d'odeur mesurées dans l'environnement sous le vent des bassins tampon

En conclusion, les émissions d'odeurs proviennent des deux bassins tampon et plus particulièrement du bassin tampons Sud avec plus de 80% de contribution au débit d'odeur global émis par la station. Les odeurs émises sont très persistantes ($>7\,000\text{ uo/m}^3$) et ont été perçues dans l'environnement avec un niveau supérieur au seuil de nuisance jusqu'à environ 300 mètres des ouvrages. Or les premiers riverains se trouvant à environ 200 m de la station d'épuration de la cave, le risque de nuisances olfactives est très probable.

Concernant le système d'ozonation des bassins tampons, initialement mis en service pour réduire les émissions d'odeur, il se produit plutôt un effet inverse par le relargage de composés odorants, on parle d'effet stripping. Il s'agit d'un effet de remous dû à l'injection d'ozone dans le bassin. Cependant, plusieurs voies d'actions peuvent être envisagées pour remédier à cette situation :

- L'arrêt de l'injection d'ozone pour éviter le phénomène de stripping qui ramène les odeurs de l'intérieur vers la surface des bassins ;
- L'oxygénation des bassins tampons par aération régulière pour ralentir le processus de fermentation au sein du bassin ;
- L'addition de réactifs chimiques pour empêcher la formation de molécules odorants ;
- La couverture des bassins tampons, associée au captage du ciel gazeux et sa désodorisation sur une unité adaptée telle que colonne de lavage ou biofiltre afin de contrôler et traiter les émissions de gaz odorants.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Et sur la base des recommandations ci-dessus, l'exploitant de la cave a choisi de mettre en œuvre deux (02) modifications au niveau des bassins tampons que sont l'arrêt du traitement par injection d'ozone et l'installation d'un autre système de traitement des odeurs par injection de silice imprégnée de chlorure ferreux II. Ce dernier agit par désulfuration pour éliminer le H_2S en précipitant les molécules de soufre selon l'équation $FeCl_2 + H_2S \rightarrow FeS\downarrow + 2HCl$.

Un mois plus tard, un autre diagnostic odeur est réalisé mais uniquement sur le bassin tampon Sud pour vérifier l'efficacité des modifications apportées. A l'issue des analyses olfactométriques sur l'échantillon prélevé au bassin tampon Sud, la concentration d'odeur obtenue est du même ordre ($8\,400\text{ uo/m}^3$: Tableau IX) que celle mesurée lors de la campagne de mesures initiale (Tableau VIII).

Tableau VIII : CAMPAGNE DE MESURES INITIALE

Ouvrages	Ozonation	Concentration d'odeur mesurée (uo/m ³)
Bassin tampon Sud	Avec	22 000
	Sans	7 000

Tableau IX : CAMPAGNE DE MESURES COMPLEMENTAIRE

Ouvrages	Ozonation	Désulfuration	Concentration d'odeur mesurée (uo/m ³)
Bassin tampon Sud	Sans	Avec	8 400

Ainsi, en absence d'ozonation la concentration d'odeur mesurée au niveau du bassin tampon sud ne varie pas et reste voisine de $8\,000\text{ uo/m}^3$ entre la campagne initiale et la campagne complémentaire. Ce résultat porte à constater que le traitement du bassin par désulfuration n'a pas eu d'effet sur l'élimination des odeurs. De plus, l'exploitant a constaté que la désulfuration a causé un dysfonctionnement au niveau du pompage des eaux. Cela est dû à la précipitation des molécules de soufre au fond du bassin.

Dans le milieu récepteur, une autre ronde est réalisée dans des conditions météorologiques tout

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

à fait comparables à celles de la ronde 1 à la seule différence que l'ozonation est arrêtée. Le graphe de la Figure 21 permet de comparer les résultats obtenus.

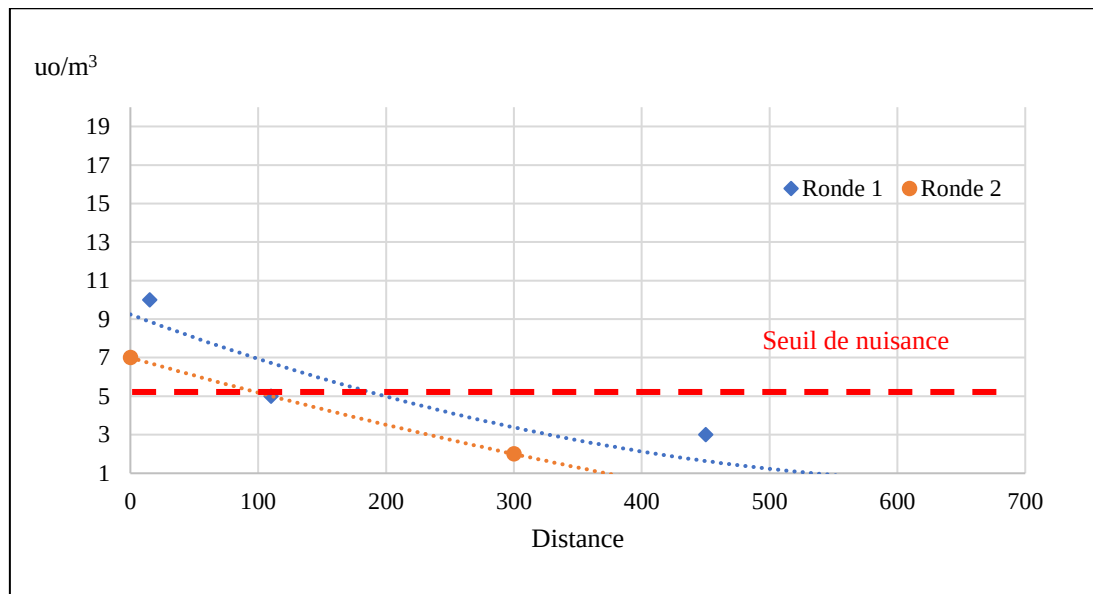


Figure 21 : Evolution des concentrations d'odeurs (comparaison ronde 1 et ronde 2)

La ronde 2 se caractérise par des odeurs distinctes provenant de la station d'épuration de la cave et perçues jusqu'à une distance maximale de 150 m alors qu'elles étaient signalées jusqu'à 300 m lors de la ronde 1.

En conclusion l'arrêt du dispositif d'injection d'ozone se traduit par une réduction des émissions odorantes des bassins comprise entre 70% et 80%, ce qui est un résultat encourageant mais pas suffisant pour éliminer complètement les nuisances olfactives. Le traitement du bassin par désulfuration ayant été non concluant, l'exploitant a préféré l'arrêter. Cependant, l'étude se poursuit car l'exploitant a pour projet de couvrir les bassins de la station d'épuration avec des bâches afin de contrôler les flux d'air émis.

Dans le milieu récepteur, la distance d'impact des odeurs dans l'environnement est réduite d'environ 50% avec des concentrations d'odeur inférieures au seuil de nuisance au niveau des habitations riveraines.

2. Diagnostic des émissions odorantes d'unités de compostage des boues de station d'épuration

Le compostage est un procédé aérobique de dégradation et de transformation de la matière organique. Il y a deux procédés de compostage :

- Le compostage avec un système d'aération forcée ou ventilation forcée :
 - Fréquemment réalisé en bâtiment
 - Les boues sont mélangées avec des co-produits de type broyats de déchets verts et mis dans des tunnels ventilés.
 - La ventilation est réalisée soit par insufflation ou par aspiration d'air sous les andains ;
- Le compostage avec une aération mécanique où l'activité est réalisée en plein-air. Les boues sont mélangées avec les co-produits (déchets verts, cendre, etc.) et mis en andains. Les andains sont aérés par retournement manuel.

Les diagnostics d'émission de gaz odorants suivant abordent chacun des deux (02) procédés de compostage.

a) Compostage par ventilation forcée

L'activité de compostage est réalisée en bâtiment totalement fermé avec un système de captage de l'air ambiant dans le bâtiment. Il ne devrait pas avoir d'émission de gaz par le bâtiment. Le diagnostic odeur commence donc par une vérification de l'étanchéité du bâtiment ; par des mesures aérauliques aux différentes ouvertures pouvant constituer de potentiels passages d'air. Ce sont essentiellement des mesures de débits et de dépressions dans les canalisations du réseau de captage de l'air pour rendre compte du captage effectif de l'air en ambiance du bâtiment et des mesures de vitesses de passage de l'air aux portes (vérification au niveau des portes en position ouverte et en position fermée : Figure 22) pour rendre compte du sens entrant ou sortant des courants d'air.

La vérification des conditions aérauliques se révèle concluante car le bâtiment ne présente aucun défaut d'étanchéité. En effet, les flux d'air au niveau des portes du bâtiment sont entrants. Les gaz et odeurs émis dans le bâtiment n'en sortent pas et sont entièrement captés par le système de traitement d'air. Le bâtiment ne constitue pas une source d'émission d'odeur.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

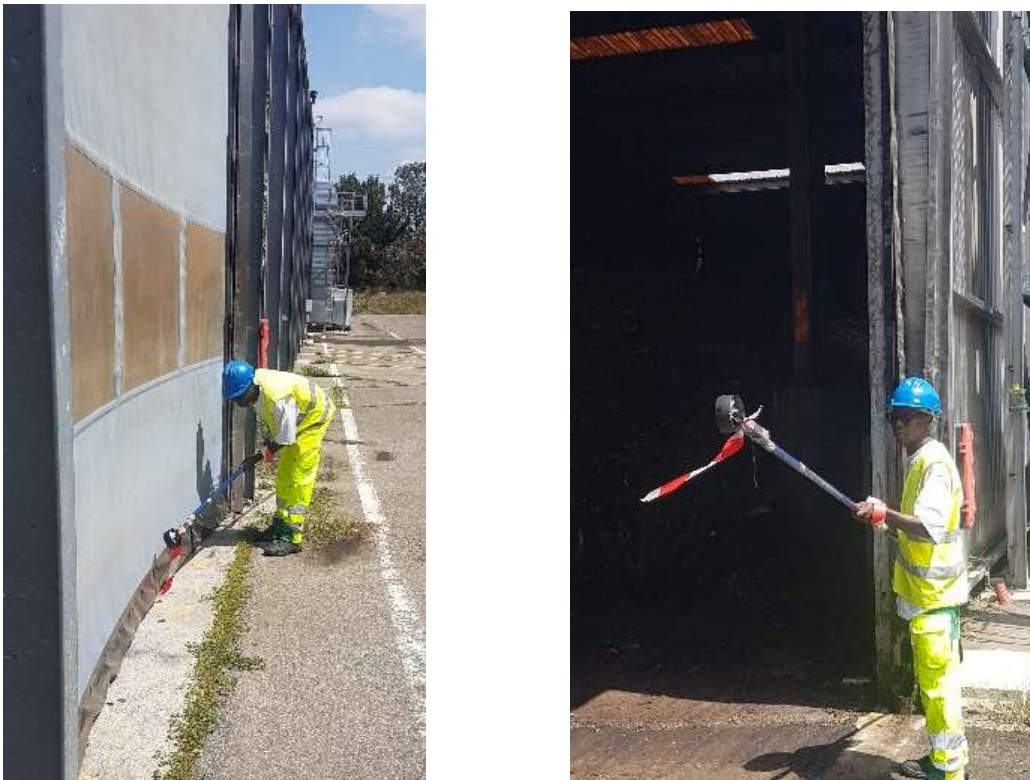


Figure 22 : Vérification du comportement aéraulique aux portes du bâtiment

L'étape suivante du diagnostic odeur est le contrôle de l'efficacité des installations de traitement d'air. Pour ce faire, des prélèvements ont été réalisés en amont et en aval de chaque ouvrage de traitement.

En suivant le circuit de traitement, les tours de lavage acide (tour 1 et 2) ont été évaluées en premier. Les mesures physicochimiques et les analyses olfactométriques ont été réalisées pour identifier les composés chimiques odorants (essentiellement NH_3 et COV), déterminer les concentrations d'odeur et calculer les débits d'air traités. Les tableaux Tableau X et Tableau XI synthétisent les résultats des mesures et abattement de pollution (chimiques et olfactifs) des laveurs.

Les laveurs acides assurent un excellent abattement des composés azotés (NH_3) avec un rendement supérieur à 95%. D'après ADEME 2005 cette efficacité est représentative de la performance d'épuration par lavage de gaz chargé en composé odorant (jusqu'à 98% d'abattement). Les COV aussi sont éliminés en moyenne à 65% par les deux laveurs acides ce qui constitue un bon abattement sachant que le rôle essentiel des laveurs acides est l'élimination des composés azotés, il n'est pas exclu que certains composés volatils soient aussi dissouts.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Tableau X : ABATTEMENT DES COMPOSES CHIMIQUES (COV ET NH₃) PAR LES LAVEURS ACIDES

		TOUR 2			TOUR 1		
		Entrée	Sortie	Rdt	Entrée	Sortie	Rdt
Débit d'air m ³ /h		47 088	47 088		42 660	42 660	
NH₃	Concentration (mg/m ³)	>75,9	3,8	>95%	>75,9	3,8	>95%
	Débit (g/h)	3 572	179		3 236	162	
COV	Concentration (mg/m ³)	67,1	18,8	72%	40,2	16,1	60%
	Débit (g/h)	3 158 459	884 368		1 716 869	686 747	

Le Tableau XI présente les résultats par rapport à l'efficacité des tours de lavage acide sur l'élimination des odeurs. Il en résulte un faible rendement olfactif avec en moyenne 40% d'abattement des odeurs. L'excellent abattement des composés azotés n'entraîne pas un excellent abattement des odeurs. Les odeurs ne sont pas liées aux composés azotés seuls.

Tableau XI : ABATTEMENT DES ODEURS PAR LES LAVEURS ACIDE

	Tour 1	Tour 2	Global
Débit d'air traité (m ³ /h)	47 088	42 660	89 748
Concentration d'odeur en entrée (uo/m ³)	19 726	7 150	Non additionnable
Débit d'odeur en entrée (uo/h)	928 857 888	305 019 000	1 233 876 888
Concentration d'odeur mesurée en sortie (uo/m ³)	10 233	6 008	Non additionnable
Débit d'odeur sortie (uo/h)	481 851 504	256 301 280	738 152 784
Abattement	48%	16%	40%

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

En ce qui concerne les biofiltres, ce sont des ouvrages de grande surface (250 m² dans le cas présent) constitués d'un média filtrant (tourbe, copeaux, fibre de coco, etc.) sur lequel vont se développer des microorganismes capables de dégrader les composés chimiques odorants contenus dans les gaz à traiter. Les biofiltres sont placés en aval des tours de lavage acide donc l'air traité par les tours est récupéré en entrée des biofiltres.

La surface des biofiltres étant vaste (250 m²), le prélèvement des échantillons sur le biofiltre est réalisé en faisant un quadrillage dont chaque cellule est prélevée. Ensuite des mesures aérauliques sont réalisées pour rendre compte de l'homogénéité du passage d'air. La Figure 23 présente un exemple de cartographie des vitesses de passage d'air à la surface de biofiltres.

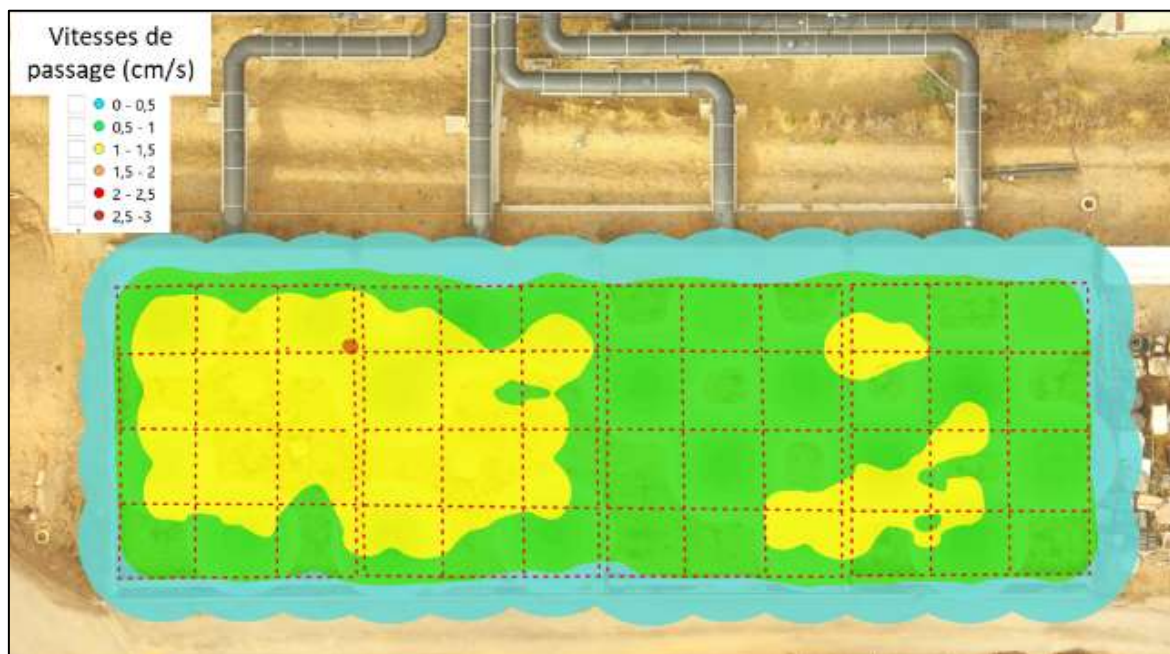


Figure 23 : Cartographie de vitesse de passage de l'air à la surface d'un biofiltre

L'étape qui suit la vérification de passage d'air est le contrôle de l'efficacité des biofiltres en termes de réduction des odeurs (Tableau XII).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Tableau XII: ABATTEMENT DES ODEURS PAR LES BIOFILTRES

	Biofiltre 1	Biofiltre 2	Global
Débit d'air traité (m ³ /h)	47 088	42 660	89 748
Concentration d'odeur en entrée (uo/m ³)	10 233	6 008	Non additionnable
Débit d'odeur en entrée (uo/h)	481 851 504	256 301 280	738 152 784
Concentration d'odeur mesurée en sortie (uo/m ³)	313	136	Non additionnable
Débit d'odeur sortie (uo/h)	14 736 693	5 807 949	20 544 642
Abattement olfactif	97%	98%	97%

Les biofiltres assurent un très bon abattement des odeurs avec un rendement moyen de 97%. Le débit d'odeur émis à l'atmosphère reste pourtant élevé (environ $20 \cdot 10^6$ uo/h). Cependant, ce débit est associé à des concentrations d'odeurs peu persistantes (inférieures à 400 uo/m³). La charge odorante rejetée à l'atmosphère comporte un faible risque de nuisance olfactive (nuisance olfactive possible à partir d'une concentration d'odeur de 1000). Et le but du diagnostic odeur étant un contrôle de conformité, on conclut que la compostière est conforme vis-à-vis des préconisations réglementaires (annexe II.2. Installations de compostage).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

b) Compostage avec aération mécanique

L'activité de compostage de la plateforme, objet de cette étude est réalisée en plein air. Pour le diagnostic olfactif de la plateforme, des échantillons ont été prélevés sur chaque andain puis analysés au laboratoire (Tableau XIII).

Tableau XIII : CONCENTRATIONS D'ODEURS DES ANDAINS

Source	Ouvrage	Surface (m ²)	Odeur (uo/m ³)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S (ppm)	COV (ppm)
DV brut	Déchets verts brut	130	675	8	<0,1	7
Broyat	Broyat déchets verts	730	7 050	9	0,7	>1000
Boues	Aire de mélange	80	26 980	22	<0,1	6
Andain F9B	Andains de fermentation	450	7 050	>100	<0,1	16
Andain F8C		250	26 980	>100	<0,1	800
Andain F9A		320	30 780	>100	0,8	150
Andain F8B		280	22 070	>100	0,7	50
Andain F7C		300	965	>100	<0,1	6
Andain F8A		280	1 090	10	<0,1	7
Stock de compost	Produit fini	125	470	>100	<0,1	6
Stock de refus	Refus de criblage	400	90	9	<0,1	3
Bassin	Bassin de collecte lixiviats	250	170	5	<0,1	8

Sur le plan olfactif, le Tableau XIII met en évidence des valeurs de concentrations d'odeur élevées (odeurs persistantes entre 7 000 et 30 000 uo/m³) sur les ouvrages : andains de fermentation (andains F8B, F8C et F9A âgés de 3 à 5 semaines) et l'aire de mélange. Les autres ouvrages (bassin, stocks déchets verts et refus de criblage) émettent des odeurs peu persistantes comprises entre 90 et 700 uo/m³. Sur le plan chimique, les gaz émis par les andains de fermentation sont essentiellement chargés en COV et NH₃.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Pour l'évaluation du débit d'odeur global émis à l'atmosphère par la plateforme, le calcul est fait à partir d'un bilan matière (bilan de l'année 2019) des tonnages entrant et sortant de la plateforme pour estimer le flux d'air émis par les différents ouvrages (Tableau XIV).

Tableau XIV : BILAN MATIERE DE L'ACTIVITE DE COMPOSTAGE

Total de matières entrant (T)	23 980
Total de matières sortant (T)	5 930
Tonnage émis à l'atmosphère (différence entrant sortant) (T/an)	18 050
Tonnage journalier émis à l'atmosphère (T/j)	49
Tonnage horaire émis à l'atmosphère (T/h)	2
Volume de gaz en équivalent vapeur d'eau m ³ /h	2 800

Sur la base du bilan matière et des informations fournies par l'exploitant, la quantité d'eau liquide émise à l'atmosphère pour l'année 2019 est de 18 000 tonnes soit **environ 2 800 m³/h** de vapeur d'eau.

Le calcul du débit d'odeur global commence par la détermination du débit émis par le bassin de lixiviat. Le bassin de collecte des lixiviats étant une source surfacique passive liquide. Ses émissions gazeuses dépendent essentiellement de l'évaporation. Les conditions climatologiques moyennes sur l'année :

- Température moyenne 18°C le jour et 8°C la nuit
- Humidité relative moyenne 70%
- Vitesse moyenne du vent 5 m/s

Le débit d'odeur du bassin calculé avec la « formule 1 » donne environ 0,02.10⁶ uo/h (Tableau XV).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Tableau XV: DONNEES ET RESULTATS POUR LE CALCUL DU DEBIT D'ODEUR DU BASSIN DE LIXIVIATS

Ouvrage	Surface (m ²)	Flux évaporation (m ³ /h)	Concentration odeur (uo/m ³)	Débit d'odeur (uo/h)
Bassin collecte des lixiviats	250	120	170	20 400

Le flux d'air émis par les andains et tas de stockage sont dus à l'évaporation de l'humidité qu'ils contiennent (Albrecht 2007). Ce flux est déterminé ici par la différence entre le bilan massique annuel (Tableau XIV) et le flux d'évaporation du bassin de traitement des lixiviats :

$$2\ 800 - 120 = \mathbf{2\ 680\ m^3/h} ; \text{« calcul 1 »}$$

Tableau XVI : VALEURS POUR LE CALCUL DES DEBITS D'ODEUR EMIS PAR LES ANDAINS ET STOCKS

Source	Ouvrage	Surface (m ²)	Contribution	Débit d'air (m ³ /h)	Concentration d'odeur (uo/m ³)	Débit d'odeur (uo/h)
DV brut	Déchets verts brut	130	4%	104	675	70 201
Broyat	Broyat déchets verts	730	22%	585	7 050	4 125 109
Boues	Aire de mélange	80	2%	64	26 980	1 729 365
Andain F9B	Andains fermentation	450	13%	361	7 050	2 542 875
Andain F8C		250	7%	200	26 980	5 404 266
Andain F9A		320	10%	256	30 780	7 891 458
Andain F8B		280	8%	224	22 070	4 950 397
Andain F7C		300	9%	240	965	231 706
Andain F8A		280	8%	224	1 090	243 852
Compost	Produit fini	125	4%	100	470	47 170
Refus	Refus de criblage	400	12%	320	90	28 523
Total		3 345	100%	2 680		27 264 922

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Le flux obtenu par le « calcul 1 » est réparti au prorata des surfaces de chaque andain et tas de stockage de la plateforme de compostage : boues (aire de mélange), andains de fermentation, stocks déchets verts (Bruts non broyés, broyats), refus de criblage, compost fini. (Tableau XVI)

Conformément aux résultats des concentrations d'odeur, les andains de fermentation (andains F8B, F8C, F9A, F9B) âgés de 3 à 5 semaines sont les sources les plus élevées en termes de contribution de chaque ouvrage à l'émission d'odeur globale du site (Tableau XVII ; Figure 24).

Tableau XVII : CONTRIBUTIONS RELATIVES DES SOURCES

Source	Débit d'odeur (uo/h)	Contribution
Stock de déchets verts	4 195 310	15%
Aire de mélange (boues)	1 729 365	6%
Andains de fermentation (1 à 2 semaines d'âge)	2 542 875	9%
Andains de fermentation (3 à 5 semaines d'âge)	18 246 121	67%
Andains de fermentation (>5 semaines d'âge)	475 558	2%
Stock de compost	47 170	0%
Stock de refus de criblage	28 523	0%
Bassin de collecte de lixiviats	20 400	0%
TOTAL	27 285 322	100%

La somme du débit individuel de chaque ouvrage montre que dans des conditions représentatives de l'activité habituelle, la plateforme de compostage se caractérise par un débit d'odeur global de 27.10^6 uo/h.

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

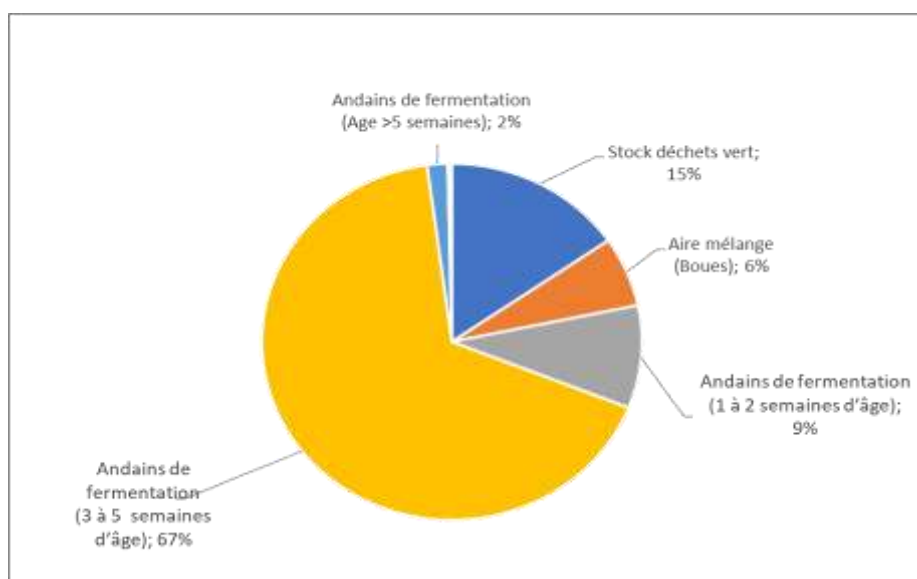


Figure 24 : Contribution des ouvrages à l'émission globale d'odeur

Le débit d'odeur ainsi calculé est dû aux andains de fermentation âgés de 3 à 5 semaines contribuant très majoritairement aux émissions odorantes ($\approx 70\%$ du débit d'odeur global de la plateforme).

Parallèlement aux mesures à l'émission, deux rondes d'observations ont été réalisées autour du site. L'une en début et l'autre en fin de journée pour rendre compte de l'état olfactif autour de la plateforme de compostage à différents moments de la journée où les conditions atmosphériques favorisent la perception des odeurs. Les conditions météorologiques (faible dispersion atmosphérique), au moment de chaque ronde, étaient favorables à la perception d'odeurs dans l'environnement. Les relevés météorologiques aux moments des rondes sont inscrits dans le Tableau XVIII.

Tableau XVIII : CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LES RONDES

Ronde	Heures	Vent	Vitesse du vent	Température	Nébulosité
1	18h00 – 19h00	Nord-Ouest	1 à 5 km/h	29°C	Temps dégagé (2/8 octa)
2	07h40 – 09h00	Léger courant d'air de secteur Sud	<1 km/h	14°C	Temps clair (7/8 octa)

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

La Figure 25 (ronde 1) et la Figure 26 (ronde 2) sont des représentations cartographiques des résultats des rondes effectuées dans l'environnement de la plateforme de compostage. Les concentrations des odeurs provenant de la plateforme y sont représentées.

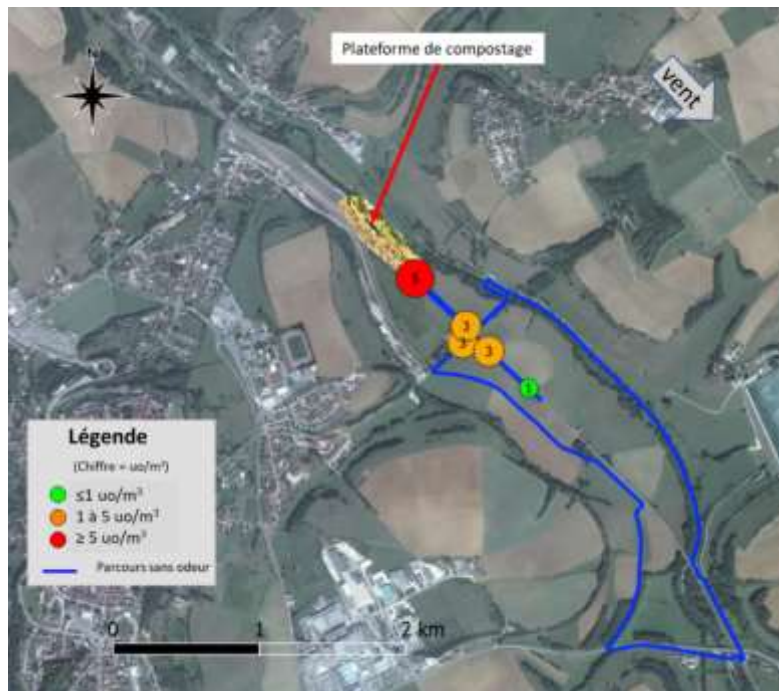


Figure 25 : Concentrations d'odeur relevées pendant la ronde 1

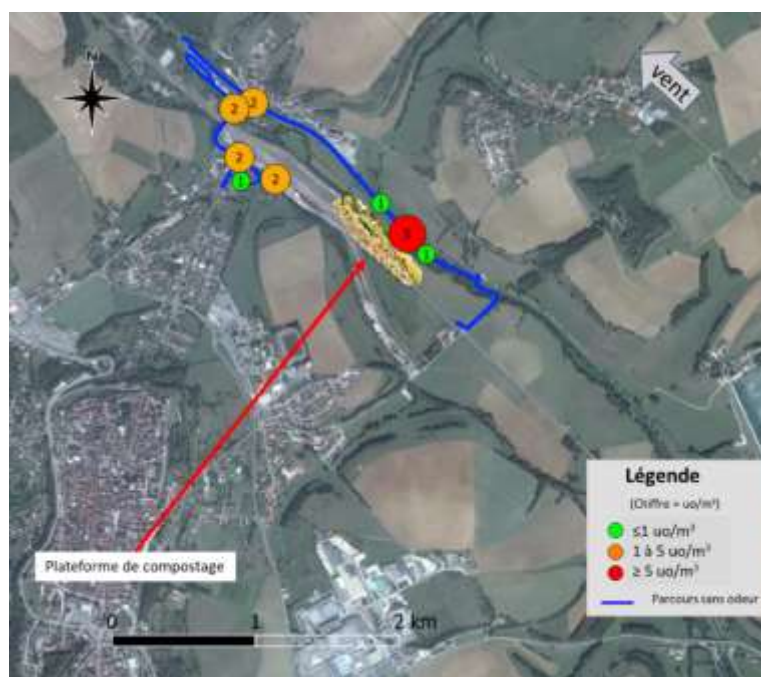


Figure 26 : Concentrations d'odeur relevées pendant la ronde 2

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

Sous les conditions de faible dispersion atmosphérique favorables à la perception d'odeurs (Vents faibles : $< 5 \text{ km/h}$), les odeurs de compost de boues ont été perçues dans l'environnement jusqu'à environ 900 mètres sous le vent de la plateforme. Ce sont des odeurs faibles à très faibles et inférieures au seuil de nuisance qui est de 5 uo/m^3 .

A l'issue de cette étude, Environnement'AIR propose des préconisations pour diminuer le risque de nuisance olfactive et réduire les émissions de la plateforme :

- Une étude de l'impact olfactif par modélisation de la dispersion atmosphérique des odeurs afin de quantifier le risque de nuisance pour les riverains ; en calculant les fréquences de dépassement de la valeur cible de 5 uo/m^3 dans un rayon de 3 km autour du site et apprécier la conformité de son impact olfactif (annexe 2 Installations de compostage).
- Une réflexion sur les procédures d'exploitation afin de minimiser les émissions odorantes des andains âgés de 3 à 5 semaines contribuant à 70% du débit d'odeur global de la plateforme. Les pistes d'amélioration envisageables sont :
 - Modifier la fréquence des retournements des andains pour favoriser leur aération et la dégradation des matières organiques
 - Modifier les proportions de mélange boues /déchets verts afin mieux mixer les composés odorants
 - Analyser l'influence des caractéristiques olfactives des boues entrants sur les émissions des andains car les boues issues de station d'épuration apportent plus de composants odorants dans le processus de compostage.

IV. CONCLUSION

Ce document visait à présenter et montrer l'efficacité des mesures olfactométriques. L'objectif principal était de faire le diagnostic des émissions de gaz provoqué par les infrastructures d'assainissement (station d'épuration, plateforme de compostage de boues) qui nous a permis d'identifier les sources et les causes d'émissions de gaz odorants au niveau de chaque site diagnostiqué.

Le diagnostic des émissions odorantes a été réalisé sur une station de traitement d'effluents vinicoles a permis de connaître la source principale des odeurs émises par le site en évaluant la contribution de chaque ouvrage en termes d'émission d'odeur. Il s'agissait en particulier du bassin tampon Sud qui contribuait pour environ 80% de l'émission globale de la station de traitement. Les informations sur le fonctionnement du site ont permis de montrer qu'il s'agit d'un relargage d'odeur dû à un phénomène de remous dans le bassin. Des actions correctrices ont été préconisées pour éliminer les odeurs. Cela a permis de réduire les odeurs mais pas de les éliminer. Dans une optique d'amélioration, il a été préconisé de mettre en place un système de bâchage pour couvrir les bassins et capter les gaz émis pour traiter plus localement les odeurs.

Le diagnostic du système de traitement de l'air d'un bâtiment consacré au compostage de boues de station d'épuration a démontré l'efficacité du système en termes d'élimination des odeurs. Il s'agissait de réaliser un diagnostic de conformité vis-à-vis des limites réglementaires de rejet de gaz odorants.

Le diagnostic concernant la plateforme de compostage de boues de station d'épuration réalisée en plein air avait pour but d'identifier les causes des émissions de gaz odorants au niveau la plateforme qui était sujette à des plaintes de nuisances olfactives. Comme elle est soumise à enregistrement, la campagne de mesures olfactométriques a été réalisée aussi pour évaluer l'impact des émissions gazeuses de la plateforme vis-à-vis de la réglementation. Le diagnostic a montré que les odeurs provenaient principalement de l'étape de fermentation du processus de compostage. Des solutions correctrices ont été proposées pour réduire les odeurs sont en cours d'expérimentation, notamment des actions de modifications dans le processus de compostage. L'évaluation de l'impact olfactif a montré que la plateforme respectait les valeurs réglementaires préconisées vis-à-vis de l'environnement.

La mesure des odeurs par olfactométrie est un moyen fiable qui grâce à des procédés scientifiques appliqués à l'odorat humain, permet une analyse concrète de la nuisance olfactive

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

en mesurant les odeurs, les composés odorants et la nuisance olfactive pour apporter des solutions correctrices efficaces.

La nuisance olfactive est une problématique à laquelle font face des pays d'Amérique, d'Asie et d'Europe et pour cause des tests réglementaires sont écrits pour palier la situation de gêne. Dans beaucoup d'autres pays notamment les pays en voie de développement, les nuisances olfactives sont encore très peu considérées. Cependant, de nombreux projets de développement dans les domaines de l'assainissement et la protection de l'environnement et de la santé humaine voient le jour et il serait un avantage d'intégrer la notion de nuisance olfactive.

V. BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE, ed. 2005. Pollutions olfactives : Origine - Législation - Analyse - Traitement. DUNOD. PARIS
- . 2008. Pollutions Olfactives - 2ème Édition - Origine.... - Agence de L'environnement et de La Maîtrise de ... - Dunod. DUNOD. PARIS
- Albrecht, Remy. 2007. "Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique." Phdthesis, Université de droit, d'économie et des sciences - Aix-Marseille III
- Aubert, Claire. 2008. "Evaluation Des Risques Sanitaires et Impact Olfactif."
- Cariou, S. et al, Cariou, S., Chaignaud, M., Montreer, P., Fages, M., Fanlo, J-L. 2016. "Odor Concentration Prediction by Gas Chromatography and Mass Spectrometry (GC-MS) : Importance of VOCs Quantification and Odor Detection Threshold Accuracy" 54-72 (DOI: 10.3303/CET1654012)
- Cloirec, P. Le, J. L. Fanlo, and C. Grancian. 2003. "Treatment of odors. Curative processes ; Traitement des odeurs. Procédes curatifs." Techniques de l'Ingenieur. Environnement G2 (January)
- Delva, Julien, Pierre Cobut, and Jean-Louis Fanlo. 2017. "De L'odeur À L'impact Sur Le Territoire." Pollution Atmosphérique, no. N°234 Avril - Juin 2017
- Gouronnec, Anne-Marie. 2000. "Mesure Des Odeurs Par Analyse Sensorielle Ou « Olfactométrie »." Pollution Atmosphérique, no. N°168
- Guillot, Jean-Michel. 2017. "Évolution Des Normes de Mesure Des Odeurs et Des Composés Odorants," POLLUTION ATMOSPHERIQUE N°234 AVRIL
- Guingand et al. 2019. "Effet Du Fractionnement Des Apports D'eau Dans La Technique Du Lisier Flottant Pour Réduire Les Émissions D'ammoniac et D'odeurs En Engraissement," 181–86.
- Martin, G., & Laffort, P. 1991. "Alliance SIDALC," 453.
- Martin G, Laffort P. 1991. Odeur et Désodorisation Dans L'environnement. Tec & Doc.
- Meierhenrich et al., Meierhenrich, U.J., Golebiowski, J., Fernandez, X., Cabrol-Bass, D. 2005. "De La Molécule À L Odeur - PDF." Actualité Chimique, 2005
- Mejia, Rincon, and Carlos Andrés. 2019. Caractérisation Des Émissions Gazeuses et Des Odeurs En Compostage : Étude de La Corrélation Entre La Concentration D'odeur et La Composition Chimique Des Émissions. Rennes 1

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- Montreer, Pascale. 2019. "Identification des molécules responsables de l'odeur d'un mélange gazeux – Vers une automatisation de la démarche." Phdthesis, IMT - MINES ALES - IMT - Mines Alès Ecole Mines
- Mouvier, Gérard. 1994. La pollution atmosphérique : Un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir. FeniXX.
- RECORD. 2006. "Pollution Olfactive, Sources D'odeurs, Cadre Réglementaire, Techniques de Mesure et Procédés de Traitement." n° 03-0808//0809/1A
- Rognon, C., & Pourtier. 2000. "Les odeurs dans l'environnement," Techniques Ingénieur, , no. G 2 900
- . 2010. "Mesurer les odeurs," Techniques Ingénieur, no. G 2 940v2.
- Roland, Salesse, and Gervais Rémi. 2012. Odorat et goût : De la neurobiologie des sens chimiques aux applications. Quae.
- Vitola Pasetto, Leticia. 2019. "Étude et Développement D'un Procédé de Traitement Des Odeurs Par Oxydation À L'ozone : Application Aux Effluents Gazeux D'usines de Production de Superphosphate." Phd

Sites internet

- Arrêté du 12/07/11 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à déclaration sous la rubrique n° 2780 : https://aida.ineris.fr/consultation_document/3755
- Arrêté du 20/04/12 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à enregistrement sous la rubrique n° 2780 : https://aida.ineris.fr/consultation_document/3465
- Arrêté du 22/04/08 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement : https://aida.ineris.fr/consultation_document/4529#Article_3
- Cariou et al., 2016 : <https://www.aidic.it/cet/16/54/012.pdf>
- Arrêté du 07/01/02 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2170 " engrais et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques " et mettant en œuvre un procédé de transformation biologique aérobie (compostage) des matières organiques (Abrogé) : https://aida.ineris.fr/consultation_document/5359
- Réglementations relatives aux installations classées : <https://aida.ineris.fr/node/224>

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- Rubrique N°2780 : Installation de compostage de déchets non dangereux ou matière végétale, ayant, le cas échéant, subi une étape de méthanisation :
https://aida.ineris.fr/consultation_document/10755

VI. ANNEXES

ANNEXE I : RELATION CHIMIE-ODEUR

De la Loi de Stevens, découlent des relations chimie-odeur expliquant pourquoi la seule mesure des composés odorants ne permet pas de caractériser l'odeur perçue.

Relation 1 : odeur et concentration chimique

Cette conséquence approfondit la notion de pente de persistance qui est variable selon le composé odorant étudié. La persistance représente le lien entre la concentration des molécules odorantes et l'intensité de la perception (Montreer 2019).

Lorsqu'on considère trois composés odorants avec des caractéristiques différentes et donc des pentes de persistance différents, on constate que :

- Présentés à la même concentration chimique, on obtient une réponse olfactive différente (Figure 27) ;

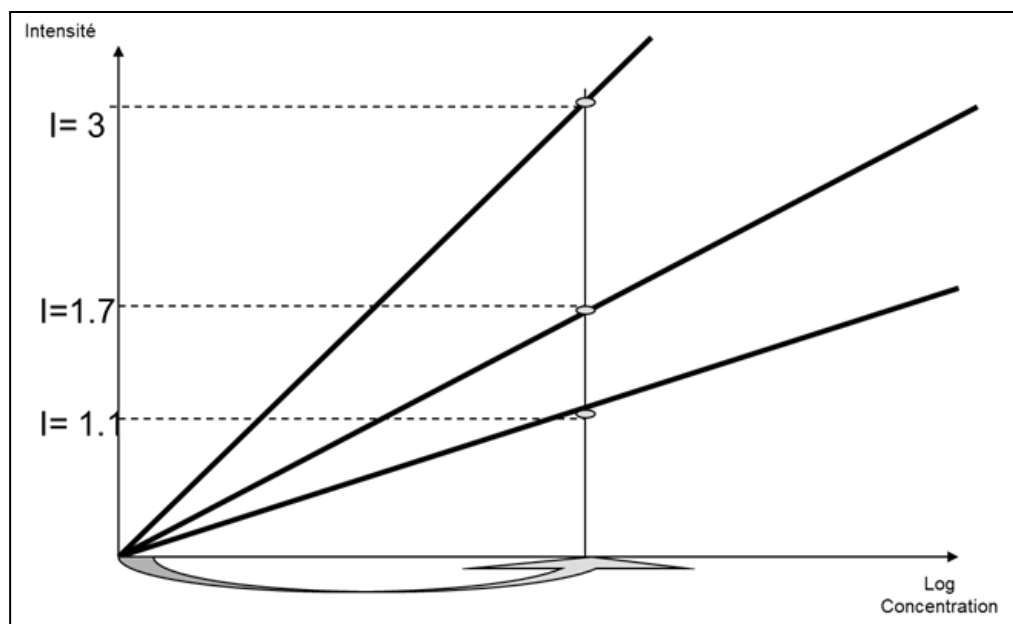


Figure 27 : Relation entre intensité d'odeur et concentration chimique (1/2)

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

- Également, ils peuvent se révéler perceptibles à la même intensité olfactive alors qu'ils ont été chacun présenté à différentes concentrations (Figure 28).

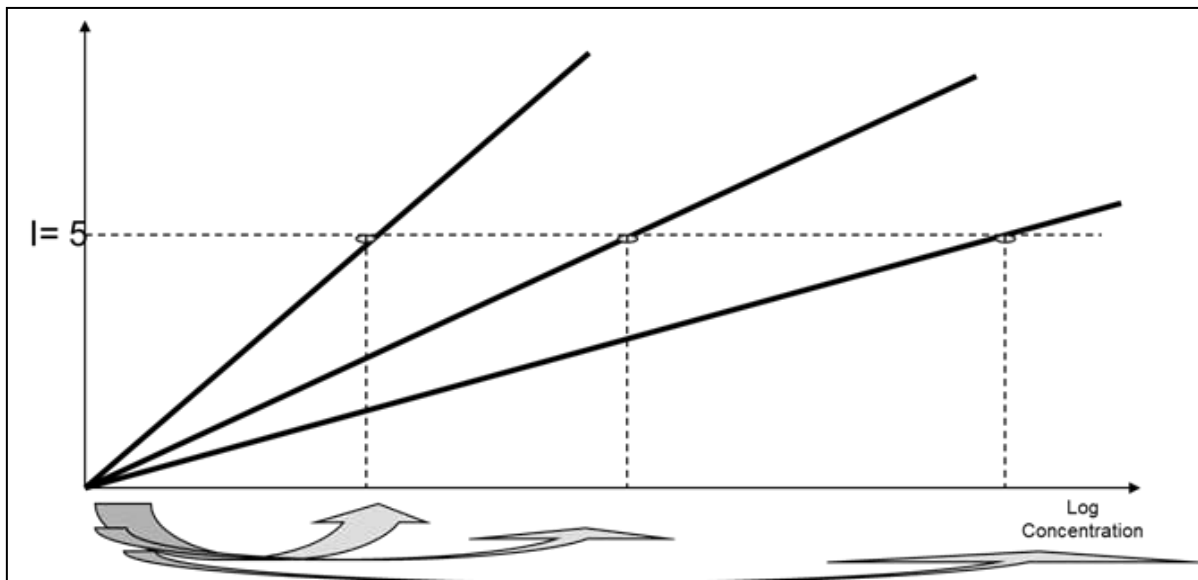


Figure 28 : Relation entre intensité d'odeur et concentration chimique (2/2)

Relation 2 : rendement chimique et abattement olfactif

Les propriétés de l'olfaction humaine sont si complexes qu'aucun capteur ne peut rigoureusement les reproduire actuellement ; c'est pourquoi le seul " appareil " de mesure opérationnel pour détecter les odeurs issues de procédés industriels (gaz complexes, humides, poussiéreux, etc.) reste le nez humain. (Gouronnec 2000)

Pour réduire les émissions d'odeurs de sites industriels, un chimiste pensera qu'en réduisant la concentration chimique des composés présents dans le mélange odorant, il abattra implicitement l'odeur dans les mêmes proportions (Figure 29 : situation espérée). Cependant, un bon rendement chimique ne garantit pas un bon rendement d'abattement olfactif : par exemple, dans la Figure 29 (situation fréquente).

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

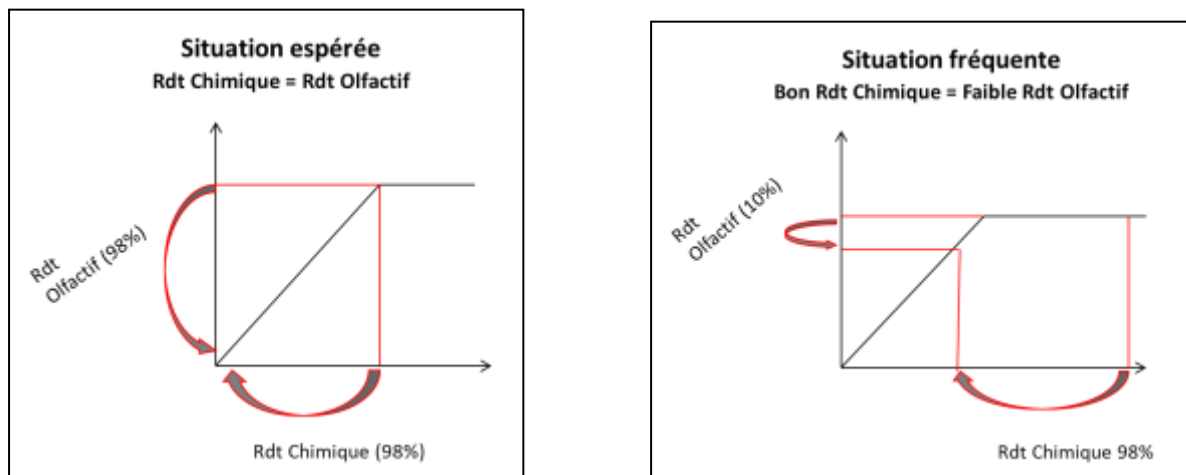


FIGURE 29 : Relation entre rendement chimique et rendement olfactif

La concentration chimique de départ se situe sur le plateau de saturation olfactive. Ainsi le rendement d'abattement chimique de 90% ne correspond qu'à un abattement olfactif de 10%. (Martin, G., & Laffort, P. 1991)

Ainsi, les rendements de réduction des odeurs ne peuvent être contrôlés par des mesures olfactométriques.

ANNEXE II : REGLEMENTATION ICPE

1. Stations d'épuration

Les seules prescriptions relatives aux stations d'épuration des eaux usées proviennent de l'**article 20** de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif au prélèvement et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE soumises à autorisation. Ces prescriptions restent d'ordre très général sans valeurs limites à l'émission ou dans l'environnement :

« Les dispositions nécessaires sont prises pour limiter les odeurs provenant du traitement des effluents. Lorsqu'il y a des sources potentielles de grande surface (bassins de stockage, de traitement...) difficiles à confiner, celles-ci sont implantées de manière à limiter la gêne pour le voisinage (éloignement...).

Les dispositions nécessaires sont prises pour éviter en toutes circonstances, à l'exception des procédés de traitement anaérobie, l'apparition de conditions anaérobies dans les bassins de stockage et de traitement, ou dans les canaux à ciel ouvert. Les bassins, canaux, stockage et traitement de boues, susceptibles d'émettre des odeurs sont couverts autant que possible et si besoin ventilés ».

Toutefois des prescriptions plus précises peuvent être faites au niveau des arrêtés préfectoraux d'autorisation d'exploiter.

2. Installations de compostage

Pour les installations de compostage, on peut avoir trois types d'installations définies en fonction du tonnage traité :

- Installations soumises à autorisation
 - Quantité de matières traitées supérieure ou égale à 75 tonnes par jour
- Installations soumises à enregistrement
 - Quantité de matières traitées supérieure ou égale à 30 t/j mais inférieure à 75 t/j
- Installations soumises à déclaration
 - Quantité de matières traitées supérieure ou égale à 3 t/j mais inférieure à 30 t/j

Installations soumises à autorisation

Selon l'Arrêté du 22/04/08 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement :

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

« La concentration d'odeur imputable à l'installation telle qu'elle est évaluée dans l'étude d'impact au niveau des zones d'occupation humaine listées à l'article 3 (habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers, établissements recevant du public à l'exception de ceux en lien avec la collecte et le traitement des déchets) dans un rayon de 3 000 mètres des limites clôturées de l'installation ne doit pas dépasser la limite de 5 uoE /m³ plus de 175 heures par an, soit une fréquence de dépassement de 2 %. Ces périodes de dépassement intègrent les pannes éventuelles des équipements de compostage et de traitement des composés odorants, qui sont conçus pour que leurs durées d'indisponibilité soient aussi réduites que possible. »

Une étude de dispersion doit être réalisée par un organisme compétent sous la responsabilité de l'exploitant. A l'issue de cette étude : « le débit d'odeur global de l'installation ne dépasse pas la valeur de 20 millions d'unités d'odeur européennes par heure en Conditions normalisées pour l'olfactométrie (20.10⁶ uoE/h) ou lorsque l'environnement de l'installation présente une sensibilité particulièrement faible » (Article 26 de l'arrêté du 22 avril 2008).

Installations soumises à enregistrement

L'Arrêté du 20/04/12 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à enregistrement sous la rubrique n°2780 stipules que :

« En cas de plainte ayant entraîné la prescription d'un contrôle, l'exploitant fait réaliser par un organisme compétent un état des perceptions olfactives présentes dans l'environnement. L'intensité des odeurs imputables aux activités de l'installation, mesurées selon la norme en vigueur (norme NF X 43-103 à la date de publication du présent arrêté) au niveau des zones d'occupation humaine telles que définies à l'article 53 ci-dessous, situées dans un rayon de 3 000 mètres des limites clôturées de l'installation, doit être considérée comme faible. » (Article 52 de l'arrêté du 20 avril 2012).

« En cas de nuisances importantes, l'exploitant fait réaliser par un organisme compétent un diagnostic et une étude de dispersion pour identifier les sources odorantes sur lesquelles des modifications sont à apporter pour que l'installation respecte l'objectif suivant de qualité de l'air ambiant : la concentration d'odeur imputable à l'installation telle qu'elle est évaluée dans ladite étude au niveau des zones d'occupation humaine listées au premier alinéa du présent article dans un rayon de 3000 mètres des limites clôturées de l'installation ne doit pas dépasser

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

la limite de 5 uoE/m³ plus de 175 heures par an, soit une fréquence de dépassement de 2 %. » (Article 53 de l'arrêté du 20 avril 2012).

Installations soumises à déclaration

Arrêté du 12/07/11 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à déclaration sous la rubrique n° 2780 :

« L'exploitant veille en particulier à éviter, en toute circonstance, l'apparition de conditions anaérobies au niveau de l'entreposage des matières reçues ainsi que lors du traitement par compostage.

En cas de plainte ayant entraîné la prescription d'un contrôle, l'exploitant fait réaliser par un organisme compétent un état des perceptions olfactives présentes dans l'environnement. L'intensité des odeurs imputables aux activités de l'installation, mesurée selon la norme en vigueur (norme NF X 43-103 à la date de publication du présent arrêté) au niveau des zones d'occupation humaine telles que définies ci-dessous, situées dans un rayon de 3 000 mètres des limites clôturées de l'installation, doit être considérée comme faible. » (Point 6.2.2. Prévention des émissions odorantes)

Diagnostic des émissions gazeuses liées à l'épuration des eaux usées et à la prise en charge des boues par compostage

ANNEXE III : PRINCIPALES FAMILLES DE COMPOSES CHIMIQUES ODORANTS AVEC UN POTENTIEL DE NUISANCES OLFACTIVES (ROGNON, C., & POURTIER 2010)

Famille chimique	Composé	Seuil olfactif (mg/m ³)
Composés soufrés	Sulfure d'hydrogène	$2,6 \cdot 10^{-2}$
	Propanethiol	$4,0 \cdot 10^{-3}$
	Diméthylsulfure	$8,7 \cdot 10^{-3}$
Composés azotés	Ammoniac	4,1
	Ethylamine	$6,0 \cdot 10^{-1}$
	Triéthylamine	1,32
Acides	Ethanoïque	2,5
	Propanoïque	$1,4 \cdot 10^{-2}$
	Butanoïque	$1,1 \cdot 10^{-1}$
Aldéhydes et cétones	Ethanal	$3,4 \cdot 10^{-1}$
	Propanone	34,7
Composés aromatiques	Toluène	5,9
	Indole	$1,5 \cdot 10^{-4}$
	Phénol	$4,2 \cdot 10^{-1}$

La liste des composés dans le tableau ci-dessus n'est pas exhaustive.

ANNEXE IV : EVALUATION DES EMISSIONS D'ODEUR

Le tableau ci-dessous montre comment les émissions d'odeurs peuvent impacter les alentours de l'installation émettrice et quelles limites d'émission peuvent être jugées pertinentes en fonction de l'emplacement de l'installation et du site. Si les émissions sont très fluctuantes, la valeur limite peut être définie comme une valeur mobile.

Source adaptée d'un rapport de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) en Suisse
https://recommandation_relativealevaluationdesodeursprojet2015.pdf

Classe	Concentrations de substances odorantes [uo/m³]	Effets prévisibles sur le voisinage
I	< 100	Très probablement aucune immission d'odeurs
II	100 - 300	Très probablement aucune immission d'odeurs lorsque les 3 conditions suivantes sont réunies : 1. Les effluents sont évacués par cheminée, 2. Les zones d'habitat sont à plus de 300 m, 3. Le potentiel de gêne est minime.
III	300 - 1 000	Immissions d'odeurs possibles, mais évitables grâce à : 1. Une cheminée d'une certaine hauteur, 2. Une distance de plus de 600 m jusqu'aux zones habitées.
IV	1 000 - 10 000	Immissions d'odeurs probables, très haute cheminée indispensable
V	> 10 000	Assainissement indispensable de l'air vicié

Les classes ont été établies sur la base de relevés réalisés sur 20 ans de métrologie.