

Le centre d'enfouissement de déchets ménagers
de Trigone, à Pavie-Auch (Gers) :

***fuites de biogaz, nuisances olfactives
et effets immédiats sur la santé***

- ✚ Centre d'enfouissement et santé: un risque potentiel reconnu
- ✚ Principales voies de contamination de la population
- ✚ Effets immédiats sur la santé et effets à retardement
- ✚ Fermentation des déchets et fuites de Biogaz
- ✚ Nuisances olfactives et effets immédiats sur la santé

❖ Centre d'enfouissement et santé : un risque potentiel reconnu

Les sites d'enfouissement de déchets ménagers et assimilés représentent un risque potentiel pour la santé. Ce fait est généralement admis comme l'ont rappelé l'Institut de Veille Sanitaire dans un rapport en 2005 (Stockage des déchets et santé publique, INVS 2005) et une revue systématique des connaissances sur les effets sanitaires, en 2012 (Lucie Anzivino-Viricel, Nicole Falette, Julien Carretier, Lucile Montestrucq, Olivier Guye, Thierry Philip, Béatrice Fervers. Gestion des déchets ménagers et assimilés : bilan des connaissances et évaluation des effets sanitaires en population générale et au travail. Environnement, Risques & Santé. 2012;11(5):360-377. doi:10.1684/ers.2012.0559).

Les produits chimiques disséminés à partir du site d'enfouissement peuvent polluer les différents milieux environnementaux : l'air, l'eau et les sols.

Les populations du voisinage peuvent alors être contaminées par :

- l'air qu'elles respirent,
- l'eau qu'elles boivent et qu'elles utilisent pour la toilette,
- les végétaux qui poussent sur des sols pollués,
- les produits d'élevages animaux (lait, œufs, viande, poissons...).

Peu d'études épidémiologiques réalisées jusqu'à présent évaluent ces risques de façon suffisamment probante.

Parmi les risques reconnus, certains semblent cependant particulièrement importants et fréquents :

- « mauvaises » odeurs des fuites de biogaz,
- fumées polluantes émises par les torchères,
- incendies qui sont classiques sur les sites de stockage de déchets,
- réception de déchets radioactifs,
- contamination des eaux par les lixiviats,
- trafic routier de transport des déchets.

La connaissance des grandes catégories de déchets acceptés, permet de cerner quelques uns des principaux facteurs de risques pour la santé liés à la production de polluants aériens de nature chimique.

Parmi les principales sources d'émissions atmosphériques de ces polluants, sur un site tel que celui de Pavie, figurent :

- le déversement des déchets
- l'émission diffuse de biogaz à partir de la zone de stockage ;
- les émissions canalisées, en particulier celles de la torchère chargée de brûler le biogaz et de la cheminée de la chaudière du traitement par évaporation des lixiviats,
- les gaz d'échappement des camions et des engins de chantier circulant sur le site

❖ Les principales voies de contamination de la population

La contamination des populations vivant à proximité d'un site polluant comme le centre d'enfouissement de Trigone à Pavie, se fait par deux voies principales : la voie respiratoire et la voie digestive.

La voie respiratoire est une voie de pénétration directe dans l'organisme, pour les gaz et les particules - de poussières et de fumées - disséminées dans l'atmosphère à partir du site polluant.

Les particules sont habituellement - outre leur nocivité propre « éventuelle » - transporteuses de composés chimiques variés : les composés sont *adsorbés* à leur surface (comme collés à la façon des « post-it ») . Ces particules, dispersées au gré des courants aériens, peuvent « voyager » sur de longues distances, atteignant même des centaines de kilomètres.

Les polluants aériens rencontrés sont nombreux, très divers et représentent des dangers multiples pour la santé, en particulier : irritations et lésions de l'appareil respiratoire et cardiaque, cancers dont des leucémies, anomalies de la reproduction...

Les nombreux effets observés sur les voies respiratoires, les premières exposées, concernent toutes leurs composantes : la muqueuse nasale et olfactive, la gorge, les bronches, les alvéoles et le tissu pulmonaire...

Les atteintes à partir de la voie respiratoire peuvent aussi se porter dans tout le reste de l'organisme, en particulier sur les autres organes les plus vitaux : le cœur, les lignées sanguines, le cerveau et l'ensemble du système nerveux, le foie, les reins...

Le grand nombre des atteintes possibles, ayant la voie respiratoire comme porte d'entrée dans l'organisme, illustre le rôle majeur joué par cette voie de pénétration.

La voie digestive est la voie de pénétration privilégiée des polluants disséminés dans les eaux de surface ou souterraines, et dans les aliments produits dans les environs, par le biais des retombées de particules aériennes qui contaminent les cours d'eau, les sols et les végétaux.

Cette contamination est aggravée pour certains polluants (peu métabolisables) qui s'accumulent tout au long de la chaîne alimentaire et se concentrent ainsi facilement 100 fois, 1 000 fois, voire beaucoup plus (phénomène de bioaccumulation).

L'exposition de la population est possible *via* la consommation de légumes, fruits, viande, produits laitiers, œufs et céréales produits localement et donc susceptibles d'être exposés aux émissions de l'installation.

La présence de cours d'eau et de points de captage en eau potable implique également une exposition par ingestion d'eau et de poissons pêchés.

Enfin, l'ingestion de terre, fréquente et relativement importante chez les jeunes enfants, est une autre source potentielle d'exposition.

Cette forme de contamination, par ingestion de polluants bioaccumulés concerne particulièrement les métaux dits « lourds », toujours toxiques (plomb, mercure, cadmium), d'autres métaux dont la toxicité n'est pas aussi systématique (chrome, nickel, cobalt, manganèse...) et aussi les PCB, les dioxines et les furanes polychlorés (PCDD et PCDF) ou polybromés.

Il faut enfin rappeler que la voie digestive est aussi une importante voie d'absorption dans l'organisme des particules inhalées : en effet, la grande majorité (80 à 90 %) des particules qui pénètrent dans les voies respiratoires sont filtrées par les systèmes de défense de l'organisme, puis évacuées par déglutition et transférées ainsi dans les voies digestives. C'est le cas typiquement par exemple avec les particules de plomb.

❖ Effets immédiats sur la santé et effets à retardement :

Les impacts possibles sur la santé de la population d'un site de stockage tel que celui de Trigone à Pavie, peuvent intervenir immédiatement sous forme aiguë, sous l'effet de dispersion plus ou moins intense de polluants. Ce sont les effets les plus connus car plus directement perceptibles.

D'autres effets, très importants tels des cancers, des anomalies de la reproduction (petits poids de naissance, avortements, malformations, stérilité...) et plus généralement des dysfonctionnements graves du système hormonal, apparaissent plus sournoisement, à retardement, parfois très longtemps – 10, 20 ans, voire beaucoup plus - après l'exposition à certains produits toxiques. Ces effets sont imperceptibles spontanément et ont longtemps été méconnus, faute de disposer des méthodes scientifiques d'aujourd'hui pour les rattacher à ces expositions lointaines.

❖ Fermentation des déchets et fuites de Biogaz

La présence, dans le stock de déchets, d'une proportion importante de déchets organiques fermentescibles, entraîne la mise en route d'un processus de fermentation qui décompose ces matières grâce à l'action d'innombrables bactéries.

Cette fermentation des déchets organiques, entassés et compactés dans les alvéoles du stockage, se déroule principalement en l'absence d'oxygène (fermentation anaérobie) et produit, au terme du processus, un mélange de gaz de décomposition qui est couramment appelé biogaz.

La quantité totale de biogaz peut varier en fonction de nombreux paramètres, parmi lesquels on peut citer la nature des déchets, l'humidité, le taux de compactage et la température.

Elle peut être importante, ce qui explique la nécessité de mettre en place un réseau de collecte et de disposer éventuellement d'une torchère de calibre important pour le brûler.

Les différentes phases de cette décomposition anaérobie des matières organiques, aboutissent à la production de centaines de produits de décomposition, en particulier à la production de gaz en abondance, principalement du méthane ($\text{CH}_4 \sim 50\%$), puissant gaz à effet de serre et du dioxyde de carbone ($\text{CO}_2 \sim 30\%$), autre gaz à effet de serre.

Le méthane (CH_4) - et le sulfure d'hydrogène (H_2S) également produit - sont aussi les chefs de file de familles de produits très inflammables, bien connus pour être à l'origine d'incendies et même d'explosions.

Des particules et de très nombreux autres gaz polluants, souvent malodorants et toxiques, sont également émis.

Ce sont les fuites de ce biogaz qui dégagent une odeur forte, putride et malsaine, aux environs immédiats des sites de fermentation anaérobie.

Cette présence malodorante est rappelée aux habitants, à distance du site d'exploitation, chaque fois que les vents portent les gaz dans leur direction. Il est alors impossible de s'y soustraire, sauf à s'enfermer chez soi ... ce qui souvent ne suffit pas car il aurait fallu pouvoir tout fermer *avant* l'arrivée des gaz.

Cette situation est proche de celle vécue par les habitants, sur les côtes, à proximité des zones de décomposition des algues vertes.

La production du biogaz est donc une source d'émission diffuse d'une grande variété de polluants aériens à partir du site.

Ce fait est admis et la liste des principaux polluants habituellement présents dans le biogaz comprend :

- particules (PM10),
- dioxyde de soufre,
- oxydes d'azote dont surtout le dioxyde (NO₂),
- monoxyde de carbone,
- sulfure d'hydrogène,
- acide chlorhydrique,
- acide fluorhydrique,
- métaux lourds et autres métaux (plomb, mercure, cadmium, chrome, nickel, zinc...)
- arsenic,
- composés organiques volatils,
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Cette liste comporte

- des gaz extrêmement dangereux tels que les acides chlorhydrique et fluorhydrique, le monoxyde de carbone,
- des oxydes de soufre (SO₂) et d'azote (NO₂), très agressifs pour les voies respiratoires et qui sont des polluants atmosphériques majeurs,
- des composés organiques volatils (COV) dont de nombreux acides gras, ainsi que des composés azotés (dont NH₃) et des composés soufrés (mercaptans et H₂S)...
- de l'arsenic ,
- des composés métalliques dont des métaux lourds très toxiques (cadmium, mercure, plomb) et d'autres métaux tels que chrome, nickel, manganèse... toxiques à partir d'une certaine dose

Dans cette liste figurent aussi des composés particulièrement redoutables, parmi les plus préoccupants aujourd'hui : les hydrocarbures aromatiques simples (benzéniques), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)...

Nombre de ces composés sont des cancérogènes reconnus chez l'Homme (classés dans les groupes 1 et 2A du CIRC, le centre de référence internationale pour les polluants cancérogènes).

Certains des gaz de décomposition, plus légers que l'air, s'évacuent plus ou moins rapidement dans l'atmosphère ; d'autres, plus lourds que l'air, comme le sulfure d'hydrogène ou les composés organo-soufrés (aussi appelés thiol ou autrefois « mercaptans »), restent plus près du sol. Ce sont habituellement les composants prépondérants des odeurs perçues par les populations exposées.

Ceci explique la nécessité de réaliser d'importantes installations de récupération du biogaz et de disposer éventuellement d'une torchère, de gros calibre pour le brûler.

Certains de ces composés du biogaz dispersé ne sont pas seulement malodorants ; ils ont aussi des effets directs sur la santé – surtout irritations et lésions des muqueuses oculaires et respiratoires, réactions allergiques de rhino-pharyngites, alvéolite ou asthme... - qui concerneront normalement en priorité les travailleurs sur le site et les riverains les plus proches du site.

Après un trajet plus ou moins long dans l'atmosphère, beaucoup de ces polluants, en particulier des métaux toxiques (cadmium, plomb, mercure, chrome, manganèse...), de l'arsenic... retomberont sur terre, surtout au voisinage du site, mais aussi et pour une part importante beaucoup plus loin, à plusieurs kilomètres à la ronde et parfois même beaucoup plus.

Ainsi, l'enfouissement de ces matières organiques fermentescibles sur le site pose question. Pourquoi ces matières organiques biodégradables ne font-elles pas l'objet d'un traitement approprié avant la mise en décharge – réservée normalement désormais aux déchets ultimes – par des procédés tels que le compostage ou la méthanisation, procédés qui ont en outre l'avantage de réduire massivement l'émission dans l'atmosphère du méthane, gaz participant puissamment à l'effet de serre (potentiel de réchauffement 25 fois supérieur au CO₂) ?

❖ Nuisances olfactives et effets immédiats sur la santé

L'émission diffuse du biogaz à partir du site de stockage disperse donc massivement de nombreux composés chimiques comportant un caractère odorant plus ou moins désagréable. Heureusement il n'y a pas systématiquement un lien direct entre le caractère malodorant d'une émission et son potentiel toxique.

Les nuisances olfactives qui affectent souvent avec régularité certaines zones autour des sites de stockage des déchets, représentent généralement le motif premier de plaintes.

Les épisodes les plus «aigus» coïncident habituellement avec des conditions météorologiques particulières, dites d'inversion thermique ; dans ce cas les polluants ne sont plus dispersés par les vents et stagnent sur le site et ses alentours.

Les mauvaises odeurs peuvent alors devenir très intenses, présenter un caractère quasi insupportables avec des nausées ; elles peuvent être perçues à plusieurs kilomètres du site.

Les composés malodorants des sites de stockage tel que celui de Trigone-Pavie, appartiennent à plusieurs familles chimiques : sulfure d'hydrogène (H₂S) et autres composés soufrés (mercaptans), ammoniac (NH₃), amines et autres composés azotés volatils, acides gras et de très nombreux autres composés organiques volatils (COV) ...

De nombreux documents proposent des seuils de perception olfactifs.

Les seuils de perception sont très variables selon les produits en cause. Le H₂S et les mercaptans sont perçus à des doses extrêmement faibles de l'ordre du µg/m³ (millième de milligramme) alors que le benzène par exemple, beaucoup moins odorant, n'est perçu qu'à une dose au moins 1 000 fois plus élevée.

Les écarts entre les seuils de perception dans la population exposée peuvent également être considérables selon les individus, pour un même produit (plus de 100 par exemple pour H₂S). Cette variabilité est principalement liée à la plus ou moins grande sensibilité des individus.

En outre les odeurs sont rarement associées à la présence d'un seul produit : ce que l'on perçoit généralement, c'est l'odeur de mélanges ; il est couramment admis que le seuil de perception olfactive d'un mélange de substances ne peut être obtenu à partir des seuils des composés purs pour de nombreuses raisons : les effets d'addition peuvent modifier considérablement les odeurs (parfums) et les effets de synergie ou d'antagonisme sont fréquents...

Parmi les troubles ressentis à proximité des sites, les perturbations de l'odorat et du goût sont souvent citées et aussi souvent négligées, alors qu'elles constituent au minimum une « gêne » importante, et peuvent parfois être très pénibles.

La perception exacerbée de mauvaises odeurs autour des installations concrétise aussi souvent l'agression subie, agression qui est également souvent sous-évaluée.

Une grande interrogation de la population concerne les risques d'effets toxiques liés à ces mauvaises odeurs, en particulier après des épisodes de pollution intense.

Une comparaison des seuils de perception olfactive avec les seuils de toxicité aiguë a été réalisée par l'INVS en 2004.

Tableau 11 : Comparaison des seuils de perception olfactive avec les seuils de toxicité aiguë

Substance	VTR respiratoire aiguë	Seuil de perception
	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzène	160	2 500 – 150 000
Toluène	3 800	80 – 160 000
Trichloroéthylène	10 900	42 – 550 000
Tétrachloroéthylène	1 400	42 600 - 187 000
Chlorure de vinyle	1 300	7 800 000
Ammoniac	350	340 – 50 000
Hydrogène sulfuré	100	0,66 – 250

Risques aigus, reprotoxiques et perception d'odeurs, p16,
in Stockage des déchets et santé publique, INVS 2004,

L'hydrogène sulfuré, substance redoutée, l'une des plus susceptibles de provoquer des intoxications aiguës parmi les substances émises par le centre de stockage de Trigone-Pavie, présente un seuil de perception olfactive à un niveau de concentration particulièrement bas (0,008 ppm soit $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en moyenne géométrique).

La valeur toxique de référence (VTR) est dix fois plus élevée et les premiers effets d'intoxication aiguë (crises d'asthme) commencent à apparaître chez l'Homme, pour des doses plus de 100 fois supérieures ($2\ 800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 2 ppm).

Ceci veut dire que l' H_2S est normalement détecté par l'Homme à des concentrations bien inférieures à son niveau-seuil de toxicité aiguë.

Au contraire le Benzène, par exemple, est détecté tardivement par l'odorat humain, à des doses supérieures à la VTR des effets aigus.

Il n'y a donc pas de parallélisme entre odeur perçue et effets aigus des polluants aériens.

Pour la plupart des substances du tableau présenté, les seuils de perception olfactive sont trop tardifs. L'absence de détection olfactive ne garantit donc pas une innocuité sanitaire et ne constitue en aucun cas un élément de sécurité.

Les effets immédiats sur la santé des émissions de biogaz - malodorants ou pas - sont provoqués par quelques uns des gaz émis (spécialement le H_2S et autres composés soufrés).

Il s'agit surtout :

- d'irritations et de lésions des muqueuses oculaires ;
- d'irritation et de lésions des muqueuses du nez et des sinus, de la gorge avec rhino-pharyngites et toux, voire d'irritations et de lésions bronchiques et alvéolaires ;
- de réactions allergiques à type de rhinite allergique, asthme ou alvéolite; les réactions asthmatiformes peuvent apparaître chez les sujets asthmatiques pour des concentrations de seulement 2 ppm de sulfure d'hydrogène (2 parties par million, soit 0,0002 %)
- de maux de tête.

Ces effets toxiques aigus peuvent se manifester au quotidien, sous des combinaisons variées, et concernent prioritairement les travailleurs du site et les riverains les plus proches.

C'est l'hydrogène sulfuré qui serait donc pour ces effets, le polluant le plus préoccupant.

Ce polluant a déjà été mesuré à des concentrations de 260 mg/m³ (170 ppm) sur le site, donc à un niveau très supérieur à celui des premiers effets aigus respiratoires chez l'Homme (2 ppm).

Il peut donc occasionner aussi des effets aigus au voisinage du site, en particulier sur des lieux placés dans un « couloir » de dispersion ou lors d'épisodes de conditions météorologiques défavorables à la dispersion.

Il semble que pour les composés autres que l'hydrogène sulfuré, les niveaux atteints habituellement sur les sites de stockage d'ordures ménagères (hors incident grave : incendie par exemple...) ne donnent pas lieu à l'apparition d'effets aigus par voie respiratoire.

La perception répétée, parfois quasi quotidienne, de mauvaises odeurs aux alentours des sites de stockage des déchets a également un retentissement sur la santé des riverains, même en l'absence d'effets toxiques (Shustermann, 1992).

Les nuisances olfactives déclenchent de multiples symptômes souvent qualifiés, plus ou moins dédaigneusement, de psychosomatiques :

- troubles du sommeil, voire insomnies,
- sensation de malaise général, fatigue générale
- anxiété, irritabilité, états dépressifs...

Les dizaines de symptômes respiratoires, cardio-vasculaires (Hypertension artérielle...), neurologiques, digestifs ou autres qui ont été recensés parmi les riverains des installations malodorantes, attestent d'une souffrance réelle qui nécessite une attention particulière pour être mieux prise en compte.

Dr Claude Lesné

IRHC honoraire - CNRS

Ingénieur de Recherche Hors Classe

claude_lesne@orange.fr