

SNITER

SIEP

INERIS

Guide pour la classification en zones ATEX
dans les industries du Traitement des Eaux

Version 1

Décembre 2004

TABLE DES MATIERES

Glossaire

1. But du document.....	3
2. Démarche d'application de la réglementation ATEX.....	5
2.1. La réglementation ATEX.....	5
2.2. Définition d'une Atmosphère Explosive (ATEX).....	6
2.3. Définition d'une ATEX « dangereuse »	6
2.4. Classement des ATEX dangereuses	7
2.4.1. ATEX gazeuses.....	7
2.4.2. ATEX poussiéreuses	7
2.5. Signalisation.....	8
2.6. Matériel (électrique et non électrique).....	8
2.7. La démarche d'évaluation des risques	9
2.8. Mesures de prévention type	11
2.8.1. Mesures techniques	11
2.8.2. Mesures organisationnelles.....	11
3. les produits et les ouvrages à l'origine d'ATEX	11
3.1. Les produits.....	11
3.2. Les ouvrages.....	12
Liste des ouvrages usuels à risque ATEX.....	12
4. Classement et déclassement des zones ventilées.....	13
5. File eau usée	14
5.1. Chambre d'arrivée.....	14
5.2. Postes du traitement de l'eau en aval.....	15
5.3. Stockage couvert des eaux brutes excédentaires.....	15
5.4. Réception des matières de vidange et des graisses.....	15
6. File eau potable.....	15
7. Stockage des réactifs liés à la file eau.....	16
7.1. Dépotage du méthanol (ou de l'éthanol).....	16
7.2. Zone de récupération des débordements et des fuites	16
7.3. Réservoirs.....	16
7.4. Salle de pompage.....	17
7.5. Charbon Actif (CAP et CAG) et polymères en poudre	17
8. File boue liquides et pâteuses d'origine organique.....	17
8.1. Stockage des boues liquides.....	17
8.2. Stockage des boues pâteuses.....	17
8.3. Digesteur	18
8.4. Incinération des boues pâteuses	18
8.5. OVH et pyrolyse.....	19
9. file boues sèches	19
9.1. Cas particulier des boues ni pâteuses, ni sèches.....	19
9.2. Stockage des boues sèches	19
9.2.1. Stockages ouverts.....	20
9.2.2. Stockages fermés ou partiellement ouverts	20
9.2.3. Convoyage des boues sèches	20
9.2.4. Ligne de séchage.....	20
9.2.5. Trémies d'alimentation et dépoussiéreurs des tamis (double tri des particules) et des granulateurs/broyeurs.....	21

9.2.6. Trémie de stockage des fines	21
9.2.7. Local de séchage	21
9.3. Compost	21
10. Eléments périphériques	22
10.1. Chaufferies	22
10.1.1. Cas de l'huile thermique.....	22
10.2. appareils électrolytiques (type batteries ou électrochlorateurs).....	23
11. Equipements chaudronnés.....	23
12. Bibliographie	24
Annexe A : quelques propriétés des principaux produits explosibles.....	25
Annexe B :Détermination des volumes d'ATEX.....	26

GLOSSAIRE

ATEX : atmosphère explosive, mélange de gaz, de vapeurs, ou de poussières inflammables dans l'air.

GRANULOMETRIE : diamètre moyen des particules de poussières, mesurée habituellement à l'aide d'un granulomètre laser, ou déterminée par tamisage. Le risque d'explosion est considéré lorsque le diamètre des particules est inférieur à 300 microns.

LIE : limite inférieure d'explosivité, concentration minimale de gaz ou de poussières dans l'air au-dessous de laquelle il ne peut y avoir d'explosion.

LSE : limite supérieure d'explosivité, concentration maximale de gaz ou de poussières dans l'air au-dessus de laquelle il ne peut y avoir d'explosion.

POINT ECLAIR : température minimale à laquelle un liquide donne suffisamment de vapeurs capables de s'enflammer. La détermination se fait en coupelle ouverte ou fermée.

TAI : température d'auto-inflammation ; dans des conditions d'essais spécifiées, température la plus basse d'une surface chaude au contact de laquelle un mélange combustible/comburant s'enflamme spontanément. Pour les poussières il existe une TAI en nuage, et une TAI en couche.

EMI : énergie minimale d'inflammation, minimum d'énergie d'une étincelle normalisée qui enflamme un mélange comburant/combustible.

DENSITE (*d'un gaz par rapport à l'air*) : rapport entre la masse volumique du gaz ou de la vapeur et celle de l'air, dans les mêmes conditions de température et de pression.

KST : coefficient d'explosion de poussières, vitesse maximale de montée en pression, multipliée par la racine cubique du volume du récipient, lors des essais d'explosion du mélange comburant/combustible le plus réactif.

KG : coefficient d'explosion de gaz, vitesse maximale de montée en pression, multipliée par la racine cubique du volume du récipient, lors des essais d'explosion du mélange comburant/combustible le plus réactif.

P_{MAX} : pression maximale d'explosion, pression maximale (mesurée en général par rapport à la pression atmosphérique) atteinte dans un réservoir fermé lors de l'explosion du mélange comburant/combustible le plus réactif.

CLO : concentration limite en oxygène, valeur en-dessous de laquelle il n'y a plus assez d'oxygène pour assurer la transmission de l'inflammation dans un mélange donné.

1. BUT DU DOCUMENT

Les dispositions de la réglementation ATEX, issues des directives européennes 1999/92/CE du 16/12/99 et 94/9/CE du 23/03/94, sont maintenant totalement transposées en droit français, applicables depuis le 1er juillet 2003.

Ces dispositions fixent les prescriptions minimales de sécurité et de protection de la santé pour les travailleurs susceptibles d'exposition au risque d'ATEX et les exigences essentielles de sécurité pour les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en ATEX.

La Directive 1999/92/CE traite des obligations de l'employeur. Le terme « employeur » est défini dans la Directive du 12 juin 1989, Directive dont est issue la Directive 199/92/CE : « employeur, toute personne physique ou morale qui est titulaire de la relation de travail avec le travailleur et qui a la responsabilité de l'entreprise ou de l'établissement ».

Néanmoins le décret 1554 précise que les établissements doivent être conçus et réalisés de façon à pouvoir être exploités conformément aux dispositions de la réglementation ATEX.

Les entreprises en charge de la conception et de la réalisation des usines fournies doivent donc s'assurer de la compatibilité des installations et équipements qu'elles fournissent avec les dispositions de la réglementation ATEX.

Le présent guide a donc été établi par le SNITER et le SIEP pour aider les entreprises adhérant à ces syndicats à répondre aux nouvelles dispositions du Code du Travail en matière de prévention des risques liés aux Atmosphères Explosives en ce qui concerne la conception et la réalisation des usines de traitement d'eaux usées ou d'eau de consommation qu'elles sont amenées à fournir.

Ce guide ne remplace pas l'obligation d'une analyse de risques complète pour chaque nouveau site, mais il permet de gagner du temps dans cette étude.

Ce guide, établi avec le support de spécialistes d'entreprises du SIEP et du SNITER, a fait l'objet d'une validation et d'une synthèse par l'INERIS.

Ont notamment participé à l'élaboration de ce document :

Antoinette Accorsi	INERIS	Expert en Sécurité des Procédés	antoinette.accorsi@ineris.fr
Patrick Binot	SNITER	Président de la commission technique	patbinot@wanadoo.fr
Philippe Bour	STEREAU	Ingénieur d'affaires réalisation	pbour@stereau.fr
José Canonne	DEGREMONT	Responsable sécurité	jose.canonne@ondeo-degremont.com
Eric Guibelin	OTV	Expert boues	eric.guibelin@generale-des-eaux.net
Roland Lödel	INERIS	Expert en Sécurité des Procédés	roland.lodel@ineris.fr
Jacques Schlaefflin	OTV	Responsable sécurité	jschlaefflin@otv.fr

Le présent guide propose une position commune des constructeurs d'usines de traitement d'eau (eaux usées, eau potable, boues) face à la problématique ATEX en identifiant, pour chacune des grandes étapes classiques du traitement de l'eau :

- ◆ les postes de traitement présentant des risques ATEX,
- ◆ le découpage des zones dangereuses en zones de type 0,1,2 pour les gaz et vapeurs, et 20, 21, 22 pour les poussières.

Après un court exposé de la démarche d'application de la réglementation ATEX, le document propose pour les principaux ouvrages, la définition des zones ATEX issue d'une analyse des risques.

La définition des zones n'exclut pas la démarche indispensable consistant à envisager des mesures de prévention, de détection et de protection.

Des classements en zones différents de ceux proposés, et des dimensions de zones ATEX plus faibles que celles proposées par défaut dans le présent document, peuvent être retenus lorsqu'ils sont justifiés par des études spécifiques (voir annexe B par exemple).

Les équipements moins courants, ou spécifiques d'une entreprise particulière, ou dont l'analyse de risques ne peut être généralisée, n'ont pas été retenus dans ce document.

2. DEMARCHE D'APPLICATION DE LA REGLEMENTATION ATEX

2.1. La réglementation ATEX

Les deux Directives ATEX 94/9/CE et 1999/92/CE définissent les exigences en matière de sécurité face au risque d'explosion. La Directive 99/92/CE s'applique à l'exploitant mais le constructeur a l'obligation de prévoir le matériel adapté (marquage Ex du groupe idone), le classement en zone retenu doit donc être défini lors de la conception.

La directive 1999/92/CE donne les « prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives ». Elle relève de la directive cadre 89/391/CEE sur « l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleurs au travail ».

La directive 1999/92/CE est transposée en droit français, en ce qui concerne les employeurs, par un décret paru au JORF n°303 du 29 décembre 2002 et trois arrêtés, des 8 et 28 juillet 2003 :

- le **décret n°2002-1553** du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail et modifiant le chapitre II du titre III du livre II du code du travail ;
- l'**arrêté du 8 juillet 2003** complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail ;
- l'**arrêté du 8 juillet 2003** relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive ;
- l'**arrêté du 28 juillet 2003** relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter et la **circulaire DRT n°11 du 6 août 2003** commentant cet arrêté.

Cette réglementation a été complétée au niveau français par un décret concernant les maîtres d'ouvrage :

- le **décret n°2002-1554** du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions **que doivent observer les maîtres d'ouvrage** lors de la construction des lieux de travail et modifiant le chapitre V du titre III du livre II du code du travail.

La réglementation ATEX impose à l'employeur d'évaluer s'il y a risque d'explosion et, si ce risque existe, de prendre des mesures techniques et organisationnelles pour :

- empêcher la formation d'atmosphères explosibles ou, si cela n'est pas possible,
- prévenir leur inflammation ou, en cas d'impossibilité,
- réduire les effets de l'explosion à un niveau suffisant pour que les travailleurs n'en subissent pas de préjudice.

L'employeur est tenu de classer ses emplacements à risque d'explosion et d'y installer les appareils adaptés. **Cette exigence s'applique à tous les appareils qu'ils soient électriques ou non électriques.**

Un « document relatif à la protection contre les explosions » doit être établi par l'employeur avant le démarrage des installations, tenu à jour, et intégré dans son « Document Unique ».

Il doit en particulier informer sur :

- ◆ la détermination et l'évaluation des risques d'explosion,
- ◆ les mesures de prévention et de protection ,
- ◆ le classement en zones,
- ◆ les emplacements et équipements non dangereux mais qui contribuent à la sûreté des appareils situés dans les emplacements dangereux,
- ◆ la surveillance de la sécurité des lieux et des équipements, y compris les dispositifs d'alarme,
- ◆ la liste des travaux soumis à autorisation,
- ◆ les dispositions pour que les équipements soient utilisés en toute sécurité (instructions écrites de l'employeur),
- ◆ les mesures de coordination si plusieurs entreprises sont présentes sur les lieux de travail.

Pour la rédaction de ce document, l'employeur s'appuie sur les éléments fournis par le concepteur.

Par ailleurs les travailleurs appelés à travailler dans ces zones doivent avoir reçu une formation.

2.2. Définition d'une Atmosphère Explosive (ATEX)

Une ATEX est «un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé ».

Il est à remarquer que l'ATEX peut exister :

- ◆ en milieu ouvert : son inflammation créera essentiellement un effet thermique,
- ◆ en milieu fermé : son inflammation créera des effets thermiques et des effets de surpression.

Pour que l'inflammation se propage, il faut que la concentration soit comprise entre deux valeurs, la LIE et la LSE, limites inférieures et supérieures d'inflammabilité.

Exemples :

méthane : LIE=5% v/v ; LSE=15% v/v (pourcentage volumique dans l'air)

poussières : LIE de l'ordre de 50g/m³ ; LSE très élevée, en général de plusieurs kg/m³.

Pour qu'une poussière soit explosive il faut de plus que sa granulométrie soit inférieure à une valeur de l'ordre de 300 microns (0,3 mm).

2.3. Définition d'une ATEX « dangereuse »

Pour classer les ATEX en zones il faut qu'elles soient **dangereuses** :

« un emplacement dangereux au sens du présent arrêté (du 8 juillet 2003) est un emplacement où il est probable qu'une atmosphère explosive puisse se présenter en quantités telles que des

précautions spéciales sont nécessaires en vue de protéger la sécurité et la santé des travailleurs concernés ».

Pour décider de la présence d'une zone ATEX à classer il faut donc évaluer les risques pour les travailleurs liés à cette ATEX, ce qui veut dire étudier les conséquences de son inflammation en tant que dommages aux travailleurs.

S'il est nécessaire de protéger les travailleurs en prenant des précautions spéciales, alors l'ATEX est dangereuse, et il est nécessaire de définir une zone comme expliqué dans ce qui suit.

2.4. Classement des ATEX dangereuses

2.4.1. ATEX gazeuses

Pour les atmosphères explosives constituées de gaz et vapeurs inflammables, les définitions des zones données par la directive sont les suivantes :

Zone 0

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est présent en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.

Ces définitions sont reprises, pour les gaz et vapeurs, dans la norme NF EN 60079-10 qui spécifie le classement des zones dangereuses dans lesquelles des risques dus à des gaz ou vapeurs inflammables peuvent apparaître afin de permettre le choix et l'installation corrects de matériel utilisable dans de telles zones dangereuses.

2.4.2. ATEX poussiéreuses

Pour les atmosphères explosives constituées de poussières inflammables, les définitions des zones données par la directive sont les suivantes :

Zone 20

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de nuages de poussières combustibles est présent en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 21

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de nuages de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 22

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de nuages de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.

Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme tout autre source susceptible de former une atmosphère explosive.

Ces définitions sont reprises, pour les poussières, dans la norme NF EN 50281-3 qui spécifie le classement des zones dangereuses dans lesquelles des risques dus à des poussières inflammables peuvent apparaître afin de permettre le choix et l'installation corrects de matériel utilisable dans de telles zones dangereuses.

2.5. Signalisation

Il est à noter que la réglementation demande la signalisation, lorsque cela est nécessaire, des emplacements à risque d'explosion par le panneau suivant :

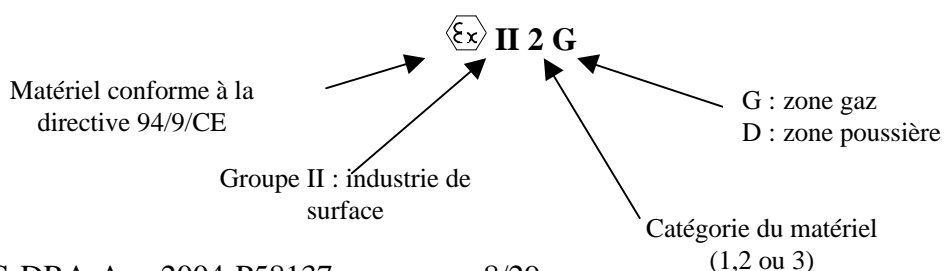


2.6. Matériel (électrique et non électrique)

Le matériel installé après le 01/07/2003 dans ces zones doit être conforme à la directive 94/9/CE, c'est-à-dire que :

- en zone 0 ou 20, le matériel devra être de catégorie 1,
- en zone 1 ou 21, il devra être de catégorie 2,
- en zone 2 ou 22, il devra être de catégorie 3.

Cette catégorie sera mentionnée sur le marquage du matériel, qui respectera les règles suivantes :



2.7. La démarche d'évaluation des risques

Le classement de zones repose sur la recherche des ATEX, de leur dangerosité, puis de leur fréquence d'apparition et de leur durée de présence.

La démarche préconisée s'appuie sur le Guide Européen d'application de la Directive. Elle est illustrée par le logigramme suivant :

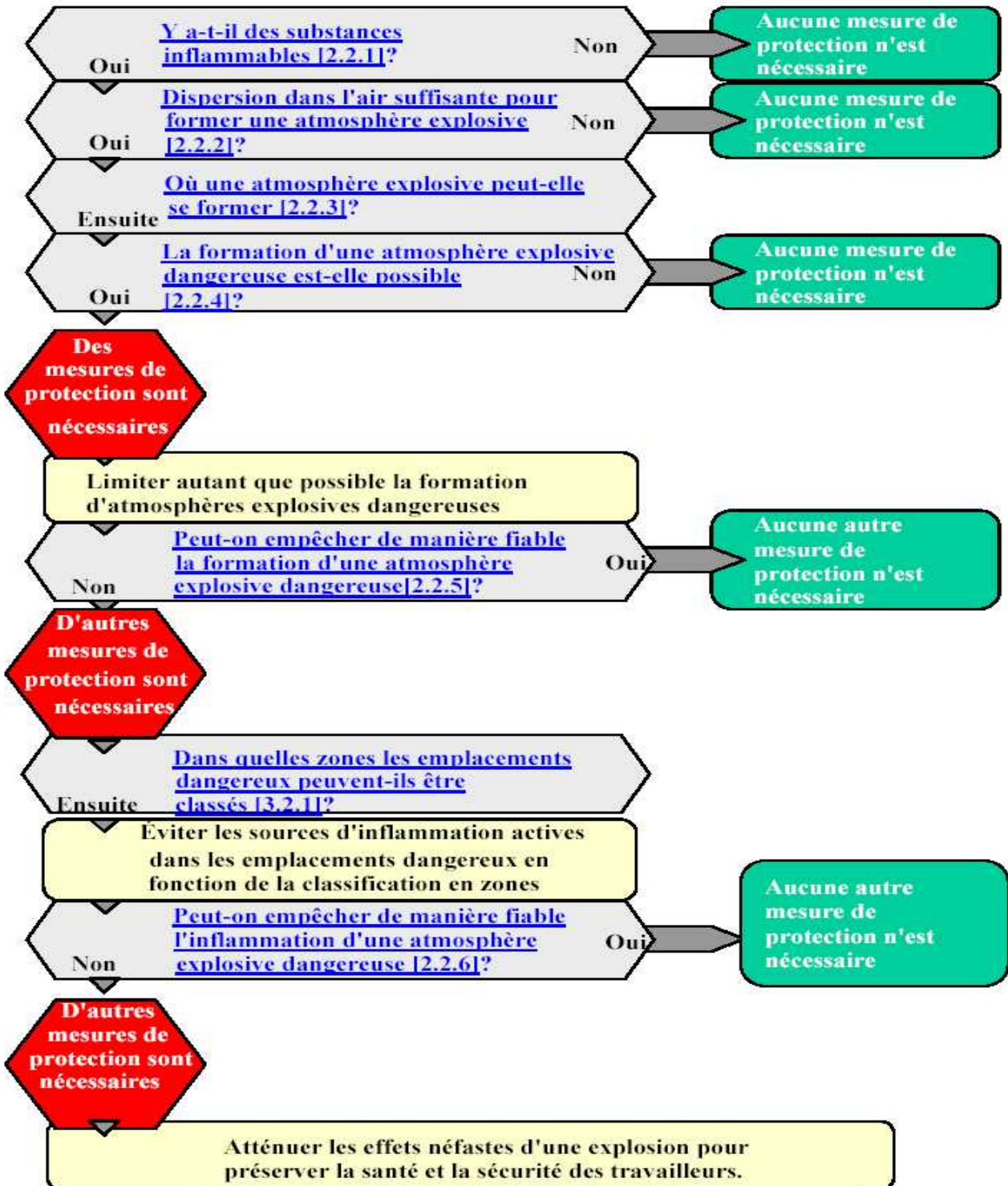


Schéma 1

Il n'est pas précisé dans les textes réglementaires quels sont les scénarios à considérer pour rechercher les ATEX. Mais, en remontant à la filiation des textes européens, il est clair qu'une évaluation des risques se fait dans toutes les conditions de fonctionnement et de dysfonctionnement prévisibles. Il est recommandé de réfléchir en tenant compte en particulier du **retour d'expérience sur les incidents et accidents connus de la profession**.

Ceci amène lors de l'évaluation des risques ATEX, à examiner tous les scénarios possibles de présence d'ATEX, en conditions normales de fonctionnement et en dysfonctionnement, la maintenance étant considérée comme un fonctionnement normal.

Ainsi le classement de zones est issu de la démarche que nous résumons par le logigramme suivant, étant entendu que le classement de zones, nécessaire au choix du matériel électrique et non électrique, n'exclut pas de compléter l'étude de sécurité par une démarche de prévention et de protection.

La détermination des zones autour des équipements des chapitres suivants résulte de la première partie de l'étude de sécurité, dessinée en bleu sur le logigramme. Il reste à effectuer la seconde partie du travail, partie en rouge et/ou italique.

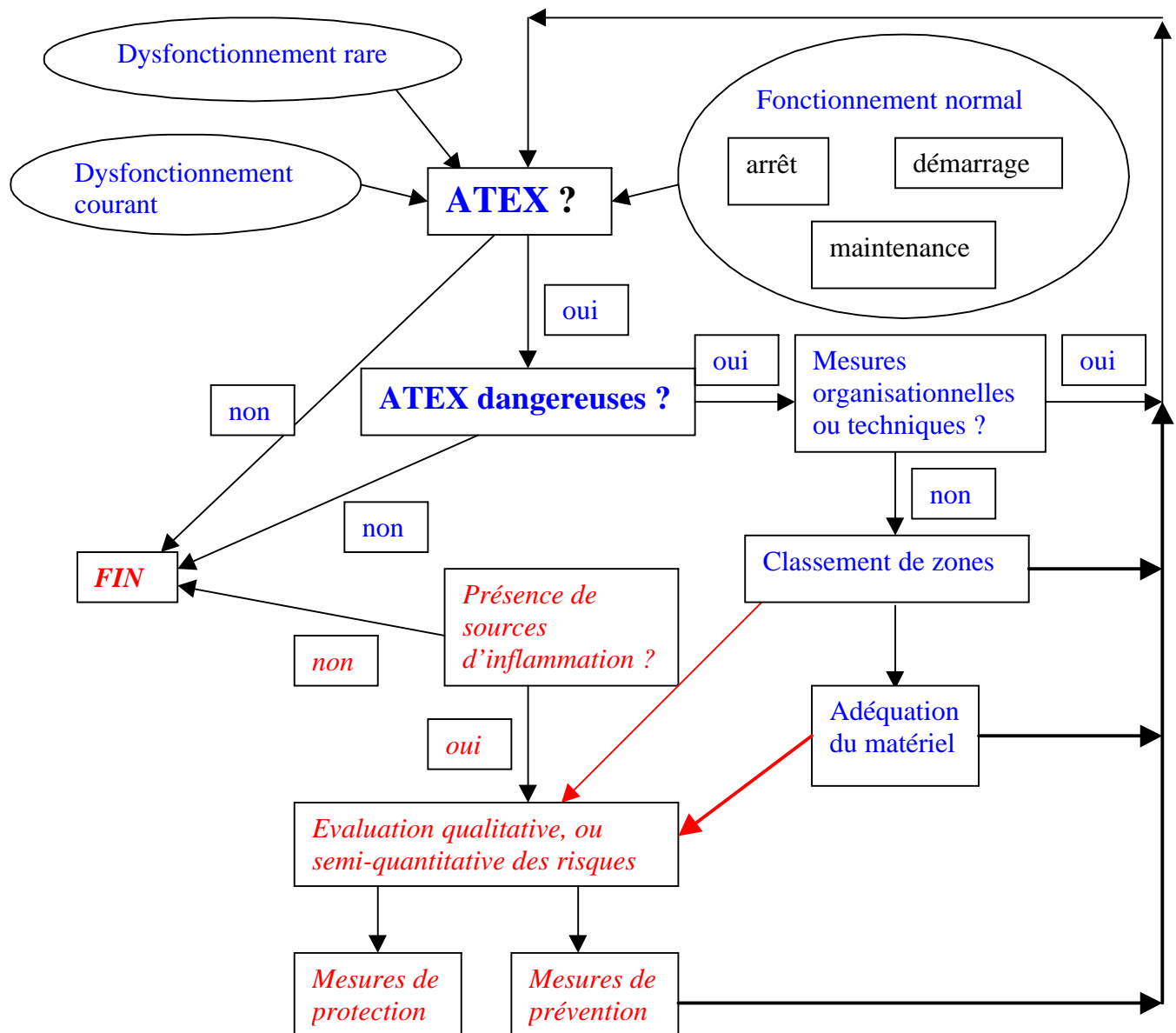


Schéma 2

2.8. Mesures de prévention type

Il est proposé ci-dessous une liste non exhaustive de mesures de prévention.

2.8.1. Mesures techniques

- adéquation du matériel aux zones,
- matérialisation des zones et signalisation,

2.8.2. Mesures organisationnelles

- interdiction de sources d'inflammation par points chauds, interdiction de fumer...,
- limitation des déplacements dans les zones dangereuses,
- permis de travaux,
- formation du personnel (qu'est-ce qu'une ATEX, origine et conséquence d'une explosion, prévention et protection),

3. LES PRODUITS ET LES OUVRAGES A L'ORIGINE D'ATEX

3.1. Les produits

Concrètement, au niveau du traitement des eaux, le risque d'explosion apparaît lorsque sont présents :

- des gaz ou des liquides pouvant former des vapeurs inflammables : biogaz, combustibles ou réactifs liquides (fuel, gaz, méthanol, préparation du bioxyde de chlore, gaz d'électrochlorateurs..),
- des poussières de taille inférieure à 300 microns: boues séchées, CAP (charbon pulvérisé), éventuellement polymères.

note :

Concernant les gaz émis, H₂S n'est pas considéré comme un gaz susceptible de former des ATEX dangereuses car sa LIE est de 4%v/v, bien supérieure à la teneur toxique.

Il en va de même pour l'ammoniac (LIE=16%)

Leur toxicité imposera en effet de détecter leur présence et de protéger les travailleurs bien avant d'atteindre des concentrations explosives. La prévention et la protection contre le risque toxique étant considérée comme réalisées, il ne devrait pas exister d'ATEX H₂S ni NH₃ dans les locaux avec présence de personnel . Ces deux gaz ne seront donc pas étudiés dans le présent document.

Note : dans les procédés utilisant NH₃ ou NH₄OH concentré pour chloramination, ajouts de nutriments, neutralisation ou encore chaulage des boues, les ouvrages peuvent présenter des concentrations accidentelles importantes, et le risques spécifique devra être étudié, et, s'il existe, traité.

Remarque :

- ◆ *Le méthane est plus léger que l'air, il a donc une tendance naturelle à monter et s'accumuler en partie haute ou il devra être repris ou évacué. Les vapeurs de méthanol ont une densité voisines de celle de l'air et ont donc plutôt tendance à se mélanger ou stagner en partie basse. La tendance est la même avec les vapeurs d'éthanol un peu plus lourdes que l'air.*

- ◆ Le mélange de méthane et de CO₂, lorsque sa densité est comprise entre 0,8 et 1,1 (cas par exemple du biogaz de méthanisation), n'a pas tendance à monter, sauf si sa température est plus élevée que celle de l'air ambiant.

3.2. Les ouvrages

La démarche a consisté dans un premier temps à lister tous les ouvrages usuels en traitement des eaux pouvant former des ATEX.

Le fonctionnement normal et les conditions de dysfonctionnement ont ensuite été étudiées : fuites de joints de vannes, fuites de brides, défaut d'inertage, de ventilation... Par exemple, sur une tuyauterie contenant un combustible gaz (CH₄) ou liquide (CH₃OH), on regarde ce qui se passe au niveau d'organes mobiles susceptibles de fuir.

Des règles de bonne pratique ou des moyens de prévention sont alors proposés permettant éventuellement de déclasser la zone et donc de donner un classement en zone le moins contraignant possible. Par exemple un inertage à l'azote d'un silo de stockage de boues séchées le fait sortir de la zone 20.

remarque : les tailles des zones ne sont pas faciles à déterminer, car elles dépendent de nombreux facteurs, comme la pression à l'intérieur de l'équipement, la taille de la fuite, la viscosité du produit. La norme NF EN 60079-10 d'août 2003 sur le classement des zones gaz donne des méthodes basées sur un mélange immédiat et homogène, et ne repose pas sur des hypothèses physiques. Néanmoins, en l'absence d'une règle mieux définie, nous utiliserons cette norme et ses exemples (voir également annexe B), ce qui amène à considérer en règle générale autour des points à risques, par exemple un presse étoupe, une sphère de 3 m de rayon, zone 1 ou 2.

Les tailles effectives des zones pourront être modifiées dans la mesure où la taille retenue fait l'objet d'une étude justificative spécifique. Cette possibilité sera notamment utile dans le cas d'évaluation des classements en zone relatifs à une installation existante à mettre en conformité.

Liste des ouvrages usuels à risque ATEX

	risque
Risques liés à la présence de gaz ou de liquides	
<u>Prétraitements</u>	
Arrivée / chambre d'arrivée	CH ₄
Réception de matières de vidange et graisses	
<u>Traitements biologiques</u>	
Méthaniseur (eaux industrielles)	CH ₄
<u>Stockages fluides process et combustibles</u>	
Methanol, éthanol	MeOH, EtOH
Gaz process et combustible	CH ₄ ; C ₃ H ₈
Fioul	Léger ; Lourd si chaud
<u>Traitement des boues</u>	
Epaississeur	CH ₄
Stockage boues épaissies ou pâteuses	CH ₄
<u>Digestion</u>	
Digesteur	CH ₄
Chaîne biogaz (gazolique, pot purge, gazomètre, torchère...)	CH ₄

<i>Incinération :</i>	
Alimentation combustible	CH ₄ ;fioul
Evacuation des fumées	CO ?
<u>Divers (équipements électrolytiques)</u>	
Chargeur de batterie, électrochlorateur	H ₂
Risques liés à la présence de poudres organiques	
<u>Compostage ?</u>	
Stockage du compost	Compost pulvérulent
Stockage du coproduit	Fines de sciure
<u>Séchage</u>	
Sécheur	Boue pulvérulente
Stockage boue séchée	Boue pulvérulente
<u>Stockage</u>	
Stockages réactifs pulvérulents	CAP
Autres stockages	Polymère ? (CAG ?)
Traitement des fumées : filtre à manche	CAP, sorbalite

Le ? traduit l'absence de constatation de phénomènes d'explosion, seuls des incendies ont été rapportés.

Le risque CH₄ est à gérer différemment suivant la composition du biogaz qui le contient.

4. CLASSEMENT ET DECLASSEMENT DES ZONES VENTILEES

Les cas usuels de zones ventilées sont représentés ci-après :

Cas 1 : ventilateur en zone ATEX

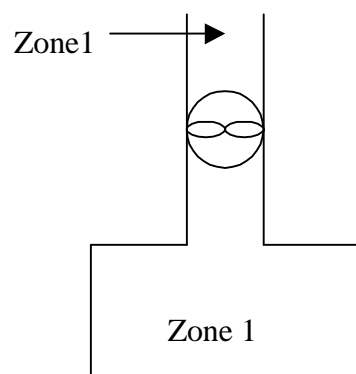


Schéma 3

Cas 2 : ventilateur hors zone ATEX

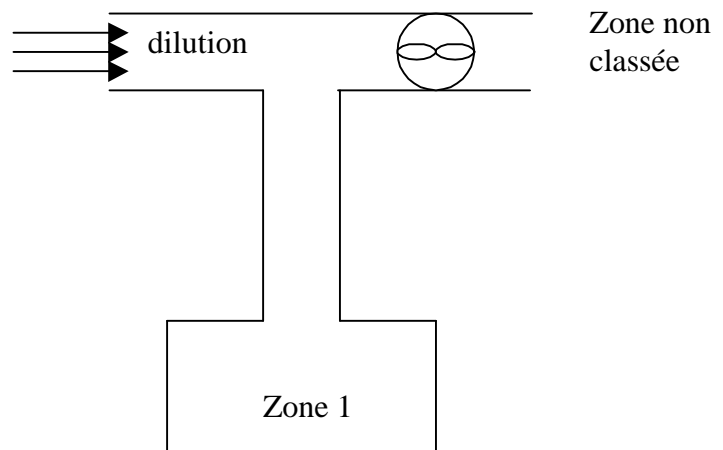


Schéma 4

Les zones marquées zones 1 dans les schémas ci-dessus peuvent également être des zones 2

Règle de l'art concernant la dilution :

Etre en deçà de la LIE du méthane qui est de 5% dans l'air (CH_4 représentant en général moins de 50% du biogaz pauvre émis) : dans la plupart des cas une dilution de 20 est suffisante pour sortir du risque d'explosion même en partant de méthane pur.

Lorsque le débit de gaz explosible est connu, il est possible, en fonction de la sûreté de fonctionnement de la ventilation, de déclasser la zone 1 en zone 2 (ventilation permettant en fonctionnement normal de passer en dessous de la LIE) ou en zone non classée si la ventilation est en plus secourue par une ventilation annexe, et sur le secours électrique...).

Il est par ailleurs rappelé que CH_4 , à la différence d' H_2S , est pratiquement insoluble dans l'eau, qu'il n'est donc pas susceptible d'être relargué par strippage ; la seule possibilité de relargage massif est donc liée à une production biologique anaérobie selon une cinétique lente (un stockage court de quelques jours n'a pas le temps d'enclencher massivement la méthanogénèse).

La position des détecteurs de méthane et des piquages de ventilation doit tenir compte de la densité du biogaz considéré par rapport à l'air.

5. FILE EAU USEE

5.1. Chambre d'arrivée

L'intérieur jusqu'au premier joint hydraulique sera classé en ZONE 1, en ventilation naturelle usuelle, du fait de la possibilité d'arrivée inopinée de bulles de méthane, ou d'autres produits de combustion accidentellement rejetés aux égouts.

Un joint hydraulique devra toujours interdire la communication directe entre le ciel gazeux du réseau et la station. L'étanchéité du joint sera surveillée.

Le classement ATEX des ouvrages attenants devra être étudié en fonction du risque de passage du méthane dans ces ouvrages.

Les schémas suivants présentent les différentes possibilités de chambres d'arrivée.

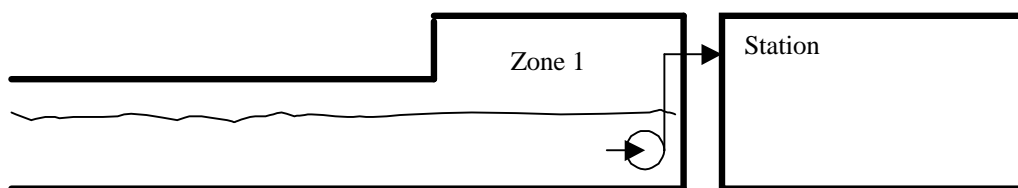


Schéma 5

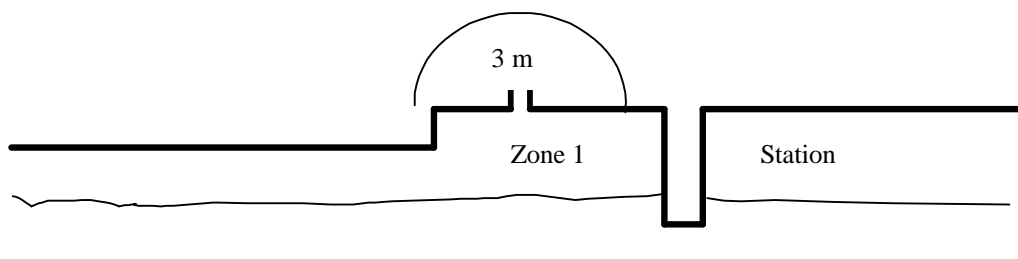


Schéma 6

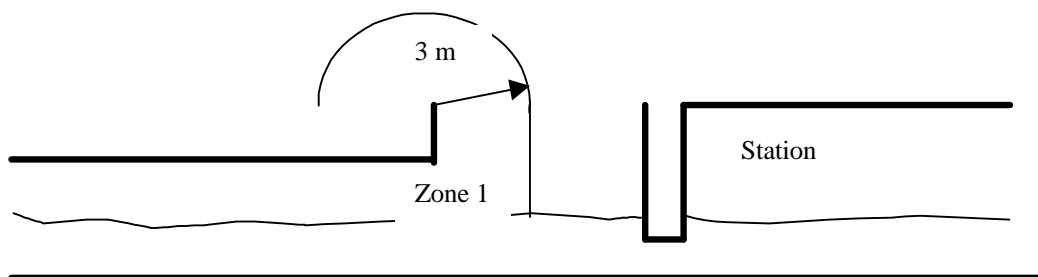


Schéma 7

Le risque d'arrivée d'hydrocarbures en grande quantité est à étudier spécifiquement, s'il existe (détection, by pass..).

Réseau d'extraction : l'intérieur de la tuyauterie et du ventilateur est en zone 1 jusqu'à dilution à l'atmosphère ou avec un autre courant d'air pollué non explosif à traiter sur la désodorisation (effet important de dilution). Le réseau de ventilation aval est hors zone.

5.2. Postes du traitement de l'eau en aval

Les dispositions précédentes permettent de considérer hors zone tout le reste de la file eau.

Note : en cas de méthanisation d'effluents de type industriel très concentrés en DCO, le méthaniseur sera classé en zone comme un digesteur à boue.

5.3. Stockage couvert des eaux brutes excédentaires

Le problème potentiel tient à la non maîtrise du temps de séjour dans le système.

Le risque gaz éventuel ne peut être dû qu'à la formation de méthane par les boues stagnantes plusieurs semaines, il est équivalent à celui traité dans le cas des stockages de boues liquides.

5.4. Réception des matières de vidange et des graisses

Le risque est à traiter comme en 5.1

Note : il est rappelé que tout équipement noyé est par définition hors zone explosive, mais il faut s'assurer qu'il ne peut pas se retrouver en zone 2 (ou 1). Il est alors possible d'établir des consignes d'exploitation pour éviter la présence de sources d'inflammation (moteur arrêté, pas de surface chaude...). Sinon l'équipement doit être prévu de catégorie 3 (ou 2).

6. FILE EAU POTABLE

Néant (absence de risque, aucune « filière » ATEX identifiée pour les traitements usuels en eau potable). Voir cependant le § 7 si du CAP ou de l'éthanol est utilisé.

7. STOCKAGE DES REACTIFS LIES A LA FILE EAU

Il s'agit essentiellement du méthanol (parfois de l'éthanol) ajouté à certains traitements biologiques.

7.1. Dépotage du méthanol (ou de l'éthanol)

Il se fait à la pompe (embarquée sur le camion ou locale) ou gravitairement : le dépotage à l'air comprimé est exclu, sauf précautions particulières.

Il est situé à l'extérieur. Une zone 2 autour du point de dépotage est à considérer dans un rayon de 3 m, et le long de la zone de mouvement du flexible.

Camion et tuyauteries sont à mettre à la terre, et on évitera toute étincelle électrostatique qui pourrait être émise par le personnel. Il sera interdit de fumer ou d'apporter une flamme.

7.2. Zone de récupération des débordements et des fuites

Elle est située autour de la connexion du camion et est généralement délimitée par un muret. Une zone 2 de 3m de large sera délimitée tout autour. (intéresse par exemple les équipements d'éclairage).

Le parking du camion lui-même est également en zone 2 sur 3 m autour du camion.

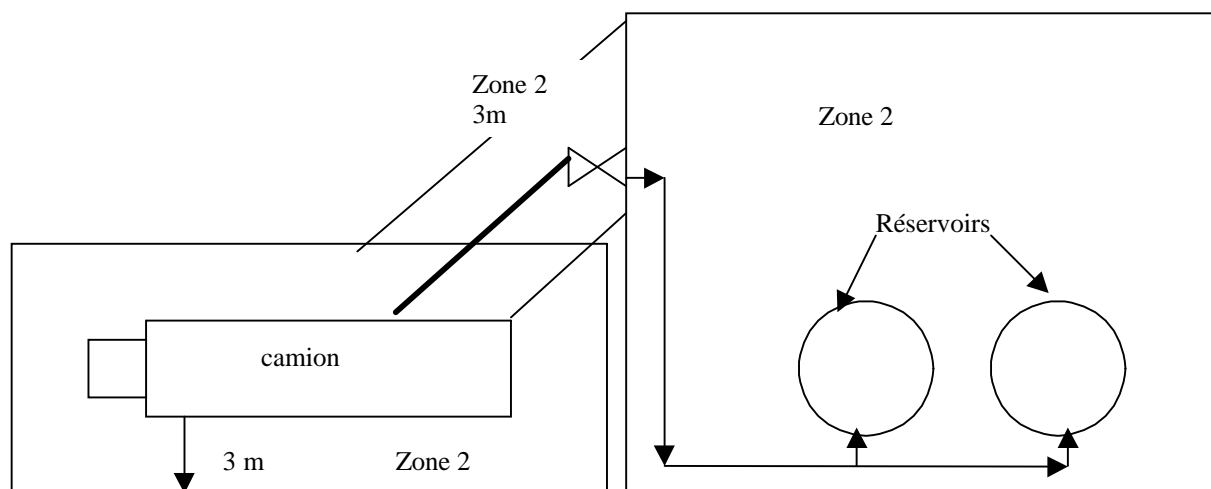


Schéma 8 : Vue de dessus de la zone de dépotage

7.3. Réservoirs

Le classement du réservoir du camion est prévu par la réglementation ADR, Accord européen sur le transport international des marchandises par la route.

L'intérieur de la cuve de stockage est classée en zone 0. Les alentours de l'événement sont à classer en zone 1 sur un rayon de 3 m.

7.4. Salle de pompage

Elle est à classer en zone 2. L'armoire électrique sera implantée à l'extérieur, et un détecteur de vapeurs de méthanol sera avantageusement placé dans le local.

Elle comprend des éléments tels que la pompe de transfert et les pompes de dosage du méthanol. Des éléments mobiles tel qu'une vanne sur les tuyauteries de dosage seront avantageusement implantés dans cette zone. Après mélange avec le fluide à traiter, l'effet de dilution situe l'aval hors problématique ATEX, car en dessous de 5% de méthanol dans l'eau, l'atmosphère située au-dessus du mélange n'est plus inflammable.

7.5. Charbon Actif (CAP et CAG) et polymères en poudre

Outre son utilisation en Eau Potable, le CAP est parfois utilisé en traitement des fumées d'incinération (incluant les dérivés type sorbalite).

Les préconisations à respecter concernant le stockage et la manutention sont les mêmes que celle convenues pour une boue séchée. Attention cependant à l'inertage par le CO₂ en cas d'incendie : il peut y avoir à haute température une réaction entre le charbon et le CO₂, et création de CO, toxique et explosif.

A noter, que les stockages de CAG (Charbon Actif en Grains) et de polymère sont proposés hors zone ATEX (les 50 à 60g/m³ de fines ne sont jamais atteints).

Si le stockage de charbon actif est réalisé en silo, une étude particulière sera réalisée.

8. FILE BOUE LIQUIDES ET PATEUSES D'ORIGINE ORGANIQUE

8.1. Stockage des boues liquides

Toutes les cuves de stockage de boue primaire ou secondaire (type épaisseur) sont concernées par la réflexion.

Sont situées hors zone :

- les stockages ouverts à l'atmosphère
- les stockages aérés (type flottateur)
- tous les stockages ventilés (mécaniquement ou naturellement) dans les règles de l'art précédemment évoquées.

Ne sont donc concernés, et à placer en zone 1, que les stockages confinés et non suffisamment ventilés.

8.2. Stockage des boues pâteuses

Une enquête menée par l'ADEME ¹ montre une importante diminution de la matière organique après quelques mois de stockage, même en présence de chaux : la production de

¹ Wiart J. & all. "variation de la masse et de la composition des boues chaulées au cours d'un stockage prolongé avant épandage en agriculture" in TSM N°9, sept. 1997

CH₄ est donc certaine, compte tenu des cinétiques lentes, mais son importance est difficile à prévoir : le fait que les boues soient stabilisées ne permet donc pas à lui seul de décider que leur stockage sera hors zone.

Il est donc proposé que soient placés hors zone les stockages de boues bien ventilés, et en zone 1 les stockages de boues confinés et non suffisamment ventilés (que les boues soient ou non stabilisées).

La ventilation sera considérée comme suffisante si à tout moment elle permet d'évacuer plus de méthane qu'il ne risque de s'en produire dans le stockage.

8.3. Digesteur

Un classement en zone 2 de l'intérieur du digesteur est proposé si les procédures sont telles qu'il n'y a présence d'ATEX que lors des phases de démarrage et d'arrêt.

Une zone 1 sera définie (3 m par défaut) au-dessus du toit du digesteur, autour de la soupape de respiration (ici un minimum de 5m paraît nécessaire compte-tenu de la vitesse des gaz d'échappement), au dessus des gazomètre et désulfuriseur ; aux alentours des pots de purge avec risque d'échappement de gaz à l'atmosphère, autour du compresseur si le digesteur est brassé au gaz ainsi que dans tout local fermé contenant ce type d'élément. Il est à noter qu'un local fermé peut passer en zone 2 par une ventilation adaptée, et une surveillance par des capteurs de méthane.

Il est cependant à noter que le classement des zones autour des pots de purges dépend de la configuration de ceux-ci. Lorsqu'il y a présence d'un joint hydraulique régulièrement contrôlé, on est en zone 2. S'il peut y avoir échappement de gaz directement à l'atmosphère (purge manuelle sur le pot de purge, sans joint hydraulique), on se retrouve alors en zone 1 aux alentours de ce type de pots.

Le digesteur est étanche a priori, et le gaz de digestion a une densité de l'ordre de celle de l'air, ses alentours sont hors zones, sauf cas particuliers où des piquages de gaz sur les parois du digesteur pourraient entraîner des fuites, ce qui amène à des zones 2, prises de l'ordre de 3m de rayon.

8.4. Incinération des boues pâteuses

Dans la mesure où il y a toujours présence de flamme dans un incinérateur à boue, celui ci n'est pas du matériel ATEX.

Note :

En cas d'alimentation par du gaz naturel ou du biogaz, les réglementations appliquées pour les lignes d'alimentation sont les mêmes que celles définies pour les combustibles équivalents utilisés en chaudière.

On étudiera la ventilation de telle façon que les fuites de gaz possibles soient diluées et on installera des détecteurs de gaz secourus et doublés (voir les réglementations). Si la ventilation, la détection et les sécurités ne sont pas sûres, il y aura matière à établir des zones 2 autour des points de fuite éventuels (sphère de 3 mètres de rayon par défaut autour des joints, brides sur les canalisations).

Les électrofiltres véhiculent des cendres non combustibles, ils ne sont pas classés en zone ATEX. Si une détection CO amont se déclenche, ou s'il y a fuite de gaz en amont, leur alimentation est interrompue.

8.5. OVH et pyrolyse

Cas spécifiques non traités dans le présent document, à examiner au cas par cas par les sociétés qui les présentent.

9. FILE BOUES SECHES

Ne sont concernées dans ce paragraphe que les zones avec présence de boues pouvant former des poussières définissant les zones 20, 21 ou 22.

Sont donc exclues les zones stockant ou convoyant des boues séchées granulées, définies à moins de 0,2% en poids, et non friables.

Il est nécessaire de tenir compte des dépôts éventuels de poussières, et établir des consignes de nettoyage régulier de ces dépôts.

9.1. Cas particulier des boues ni pâteuses, ni sèches

Ce domaine est celui des boues dites « solides » au sens de l'arrêté du 8 janvier 1998, article 12, c'est-à-dire les "boues déshydratées qui, entreposées sur une hauteur de 1 mètre, forment une pente égale au moins à 30°". Ces boues sont sèches en surface, émottables, elles peuvent casser en morceaux de granulométrie grossière mais ne tombent pas en poussières. Le risque ATEX poussière n'est donc pas à considérer. En revanche certaines d'entre elles, encore humides et contenant de la matière biodégradable, sont susceptibles d'évoluer d'une façon anaérobie en profondeur. Le risque ATEX gaz ne peut donc être théoriquement écarté. Aussi le stockage de ces boues sera-t-il considéré comme un stockage de boues pâteuses (§ 8.2).

9.2. Stockage des boues sèches

Rappel :

Le risque d'explosion justifiant un classement en zone ATEX est lié à la présence d'une atmosphère explosive à base d'un mélange air / poussière. Concrètement, il faut avoir environ 60 g de poussière par m³ d'air pour atteindre un tel mélange potentiellement explosif (c'est l'équivalent d'une LIE d'un gaz, on peut également l'appeler concentration minimale explosive).

S'il y a auto-échauffement, du CO peut apparaître, rendant l'atmosphère explosive. On passe d'une zone de type 2 à une zone non classée par la mise en place d'un détecteur de CO sensible à des teneurs très faibles (domaine du ppm), avec assurance d'un fonctionnement sûr de cette détection.

Le classement en zone 20, 21 ou 22 est lié à la fréquence de remplissage du silo de stockage, qui va conditionner la durée de présence d'une atmosphère poussiéreuse.

9.2.1. Stockages ouverts

La manutention dans ces stockages par les engins crée des ATEX par soulèvement de la poussière. Il convient donc de classer en zone 22 le volume de stockage, malgré l'ouverture vers l'extérieur, car on ne peut être sûr de l'absence de concentration supérieure à la LIE.

9.2.2. Stockages fermés ou partiellement ouverts

A la différence d'un stockage liquide ou pâteux, un stockage ouvert sur un seul côté peut faire l'objet d'un classement en zone car un mélange explosif peut être atteint dans l'atmosphère (même sans présence d'un tas, en fin de vidange par exemple).

Le cas typique est le silo.

- *Ciel du silo (ouvert ou fermé)*

Quelles que soient les préconisations prises, le ciel du silo (donc le silo entier compte tenu des variations de niveau dans celui ci) est à classer :

- en zone 20 s'il y a alimentation fréquente en boue sèche : lors de cette opération, généralement discontinue, un cône pulvérulent se forme à une concentration pouvant correspondre à la concentration critique,
- en zone 22 s'il y a inertage du ciel,
- en zone 21 dans toute autre situation intermédiaire.

- *extraction en bas de silo*

Dans la manchette d'évacuation et dans le cône de déversement on se situe en zone 20 (sauf ventilation ad hoc). Une zone 22 sera aussi définie autour de la connexion et jusqu'au sol.

9.2.3. Convoyage des boues sèches

On peut distinguer 2 types fondamentaux de convoyage fermé ou capoté :

- le transporteur pneumatique : zone 20 + tuyauterie PN10 (l'explosion d'un mélange de poussière est toujours inférieure à 10 bar)
- le transporteur mécanique : zone 20 (type godets ouverts), ou 21 (par convoyeurs à vis avec des boues refroidies), ou 22 (type compartimenté) selon les précautions prises à l'instar du ciel du silo. La zone 20 se justifie en effet à cause de la zone de déchargement du godet et du risque d'auto-échauffement par friction des godets.

En appliquant une dépression suffisante ou un inertage, ces transporteurs pourront néanmoins être classés hors zone² suivant la fiabilité de la ventilation ou de l'inertage.

Les moteurs extérieurs des appareils à moins de 2 m d'une ouverture sont à classer en zone 22, hors zone au-delà.

9.2.4. Ligne de séchage

- *sécheur*

De nombreux types peuvent être répertoriés. Les sécheurs indirects présentent moins de risque d'explosion que les sécheurs directs en fonctionnement normal car il n'y a pas de mise en suspension de la poussière, et l'atmosphère est trop pauvre en O₂ (elle est quasiment

² voir le document de la CRAM Rhône-Alpes SP1059 de novembre 1997 « prévention des risques d'explosion de poussières dans les installations de stockage de produits combustibles solides », page 4 notamment

saturée en vapeur d'eau). il peut cependant exister un risque d'autoéchauffement et de production de CO dans les phases transitoires et en particulier durant l'arrêt, pouvant amener à une ATEX. La présence de ce risque est à étudier dans chaque cas spécifique.

Dans le cas de sécheur direct, l'exploitation normale ne conduit pas à une atmosphère explosive, dans le cas usuel de défaut d'oxygène (< 8%) dans le gaz transporteur.

L'approche est donc la même que pour l'intérieur du digesteur : le combustible est présent en abondance mais le comburant est rare ou absent (mais cela n'exclue pas évidemment les risques de pyrolyse).

Lors des démarrages et des arrêts, on peut se trouver en présence d'une atmosphère poussiéreuse, non suffisamment inertée (démarrage) et risquant de s'échauffer (arrêt prolongé). Il convient donc d'être prudent, et de classer en zone 22 tout ou partie du sécheur direct, et la partie aval du sécheur indirect, des dispositions étant prises pour éviter la présence d'une ATEX au démarrage et à l'arrêt.

Lors d'un arrêt intempestif, le CO formé par l'auto-échauffement du produit résiduel peut être à l'origine d'une explosion à l'ouverture du sécheur (retour d'expérience d'accident). Il est nécessaire de bien traiter l'étude de sécurité des sécheurs et de prendre des mesures techniques et/ou organisationnelles pour ne pas classer en zone 2, et ne pas courir de risque.

- *cyclone (séparation particules / gaz – vapeur), cyclo-filtre et filtre en sortie du sécheur*

L'intérieur est proposé en zone 21 ainsi que l'écluse de soutirage de la poussière sèche. Le cyclone doit être équipé d'un événement atmosphérique (évacue la flamme à l'atmosphère) ou d'un suppresseur d'explosion qui étouffe la flamme de l'explosion.

Evacuation de la poussière sous écluse : voir classification des transporteurs, même disposition (zone 20 en pneumatique...)

9.2.5. Trémies d'alimentation et dépoussiéreurs des tamis (double tri des particules) et des granulateurs/broyeurs

Ces équipements sont à classer en zone 20.

L'installation sera équipée d'un événement de toiture (clapet d'explosion + dispositif évacuant la flamme de l'explosion éventuelle). A défaut, on installera un suppresseur d'explosion.

Note : toutes les masses métalliques doivent être à la terre et mises en équipotentialité.

9.2.6. Trémie de stockage des fines

Les préconisations sont identiques à celles concernant le stockage en silo (donc zone 20). La zone pourra être classée en 21 ou 22 s'il y a mise en place d'un refroidissement, d'une surveillance de CO avec inertage sur alarme gaz, ou s'il y a inertage permanent.

9.2.7. Local de séchage

L'exploitant doit se conformer à un nettoyage périodique de son installation pour éviter tout dépôt de poussière. Dans ces conditions, le local est hors zone à l'exception d'une zone de 2 m autour de la verticale des points de sortie de la poussière ou autres ouvertures, qui sera en zone 22 (même approche que celle concernant les ouvertures sur les convoyeurs).

9.3. Compost

Dans le cas usuel d'un stockage extérieur sur dalle ou casier trois côtés, le compostage sera hors zone, le risque étant plutôt un risque incendie.

Il n'y a pas de risque CH₄ dans le cas du compost.

Le risque poussière n'est pas non plus présent dans les cas usuels de compostage du fait du taux d'humidité important.

- Si la concentration en poussières peut dépasser 60 g/m³, on traitera le cas compost comme celui d'une boue sèche, en tenant compte des possibilités éventuelles d'auto-échauffement lié au compostage.
- Si le stockage de compost est très sec, il y a un risque d'auto-échauffement lié, soit à la température initiale du stockage, soit à la température atteinte par fermentation, et à la taille du stockage. Ce risque devra être évalué et traité.

Les risques H₂S et NH₃ ne sont pas considérés dans la mesure où le risque du à leur toxicité aura imposé de les traiter bien avant qu'ils n'aient atteint leur LIE.

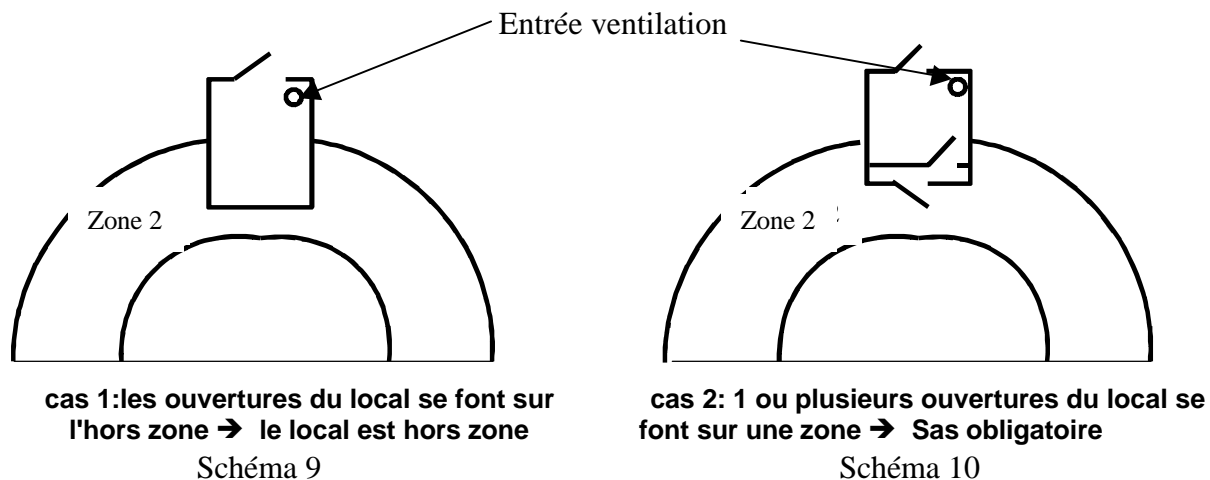
10. ELEMENTS PERIPHERIQUES

10.1. Chaufferies

La chaufferie est un local où il y a présence de flamme permanente, et où lorsqu'il y a détection gaz, il y a arrêt des équipements. La chaufferie sera conçue suivant les règles de l'art de conception des chaufferies. On pourra notamment se référer par analogie à l'arrêté 2910 de classement ICPE des installations de combustion supérieures à 2 Mwatts.

Les points de fuite éventuelle de combustible font l'objet d'un classement en zone 2, dont la dimension dépend de la pression du gaz dans la tuyauterie (voir annexe B).

Si le local chaufferie est adossé à une zone 2, sa conception sera faite suivant l'un des deux schémas suivants ; une ouverture sur la zone 2 ne se fera que par l'intermédiaire d'un sas contrôlé (ouverture des deux portes à la fois impossible ou interdite), et la prise d'air de ventilation sera faite sur une zone non classée :



10.1.1. Cas de l'huile thermique

C'est un liquide dont le point éclair est très haut. A ce titre, l'huile thermique ne devrait pas être prise en compte comme générant une ATEX, par contre l'étude de sécurité tiendra compte de la température des canalisations si celles-ci sont amenées à recevoir des dépôts de poussières.

Si le risque d'aérosol ne peut pas être écarté (fuite sous pression de l'huile), il conviendra de classer en zone 2 les volumes atteints par ces aérosols.

10.2. appareils électrolytiques (type batteries ou électrochlorateurs)

Ces appareils produisent lors de leur fonctionnement un flux continu d'hydrogène tout à fait quantifiable.

Il est donc recommandé de mettre en place une ventilation naturelle ou forcée calculée pour que la concentration en hydrogène soit inférieure à la LIE. La sortie se fera en partie haute compte tenu de la densité de l'hydrogène.

La salle sera classée en zone 2 ou non classée en fonction de la ventilation (voir le paragraphe 4).

Note : Ce classement en zone concerne surtout les éclairages (éviter notamment de disposer les appareils d'éclairage en partie haute).

11. EQUIPEMENTS CHAUDRONNES

Les équipements chaudronnés installés en zone explosive seront étudiés en conséquence (équi-potentialité, événements, soupapes..) mais ne seront pas considérés comme exigeant un certificat ATEX spécifique, dans la mesure où leur fonctionnement ne risque pas de créer de risque d'inflammation susceptible de déclencher une explosion. Les soupapes, vannes, ou autres éléments fixés sur ces équipements chaudronnés et dont le fonctionnement peut créer un risque d'explosion devront faire l'objet des dispositions de certification correspondantes.

Par contre, les vannes manuelles sont exclues de la réglementation ATEX 94/9/CE.

Tous les équipements de sécurité, comme les événements d'explosion, doivent être certifiés ATEX.

12. BIBLIOGRAPHIE

- ◆ Guide de bonnes pratiques à caractère non contraignant en vue de la mise en œuvre de la Directive 1999/92/CE. Elaboré à la demande de la commission européenne, il existe en version française janvier 2003
- ◆ Norme NF EN 60079-10, juillet 1997 : matériel électrique pour atmosphère explosive gazeuse Partie 10 : classement des régions dangereuses
- ◆ Norme NF EN 50281-3, décembre 2002 : appareils pour utilisation en présence de poussières combustibles Partie 3 Classement des emplacements où des poussières combustibles sont ou peuvent être présentes
- ◆ Norme NF EN 1127-1 : Atmosphères explosives prévention et protection contre l'explosion partie1 : notions fondamentales et méthodologie
- ◆ Réglementation ATEX Evaluation analytique des risques, Jacques Chaineaux et Agnès Janès, les Techniques de l'Ingénieur, SE 3250
- ◆ Les mélanges explosifs gaz et vapeurs, poussières, liquides, solides, INRS, ED 335, mise à jour 1994
- ◆ Institut of petroleum, 2002. Aera classification code for installations handling flammable fluids-Model code of safe practice-part 15 ; second edition
- ◆ Netherlands Government Labour Inspection, 1993. Aera classification with respect to gaz explosion hazard. Health and Safety Executive, P182E
- ◆ Normes hollandaises NPR 7910-1 et 7910-2, issues des normes européennes EN 60079-10 et EN 50281-3, annexes.
- ◆ Arrêté type-Rubrique n° 2910 : Combustion, du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique 2910 : combustion
- ◆ Sites internet :
 - www.legifrance.gouv.fr
 - www.journal-officiel.gouv.fr
 - www.ineris.fr
 - www.inrs.fr
 - www.europe.eu.int/comm/enterprise/atex

ANNEXE A : QUELQUES PROPRIETES DES PRINCIPAUX PRODUITS EXPLOSIBLES

Nous donnons dans le tableau ci-dessous des caractéristiques utiles du méthane, du biogaz, des boues sèches et du méthanol.

Les caractéristiques des charbons actifs sont très variables et ne sont donc pas données ici.

Celles de la boue sont issues de la littérature. Elles n'ont pas été vérifiées par l'INERIS.

Les caractéristiques du biogaz données ici sont des mesures faites à l'INERIS pour un mélange 50% CO₂, 50% CH₄, saturé en humidité à 30°C, et dans une chambre de 20 litres.

Nous avons considéré le méthanol pur ; les données changent lorsque la concentration en eau augmente.

Toutes ces valeurs sont à prendre avec précaution, car elles dépendent des conditions opératoires de détermination.

Propriétés	Méthane	Biogaz 50-50 humide à 30°C	Méthanol pur	Boues sèches
granulométrie	SO	SO	SO	30 à 700 microns
Point éclair	SO	SO	SO	11°C
LIE	5% v/v	11% v/v	6,7 % v/v	Entre 60 et 500 g/m ³
LSE	15% v/v	22% v/v	36 v/v	NC
Densité	0,55	1,02	1,10	SO
TAI couches	SO	SO	SO	Entre 230 et 430°C
TAI (nuage)	595°C	NC	385°C	Entre 310 et 510°C
EMI (mJ)	0,3	NC	0,14	Entre 420 et 735
Pmax (bar)	8,3	6,8 bar	6,5 bar	Entre 6 et 7,7
Kst ou Kg (bar.m/s)	80	16	66	Entre 36 et 157
CLO	10% v/v (avec N ₂)	NC	NC	12% v/v

ANNEXE B : DETERMINATION DES VOLUMES D'ATEX

Il n'existe pas de méthode universelle permettant de déterminer le volume des zones ATEX. Un certain nombre de documents proposent des démarches, et des méthodes de dimensionnement.

En ce qui concerne les gaz, on peut citer le document de la profession pétrolière (IP 15), le document hollandais de 1993 (Netherlands Government Labour Inspection, 1993, Area Classification with respect to gas explosion hazard. Health and safety Executive (HSE) P182 E) ou encore la norme NF EN 079-10, intitulé « matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses_ Partie 10 : classement des zones dangereuses ».

L'INERIS travaille actuellement à la validation de modèles proches de la réalité, en ce qui concerne les gaz.

La méthode proposée dans la norme NF EN 079-10 majore certainement beaucoup les volumes, mais elle a le mérite de ne pas demander l'utilisation de logiciels lourds.

Dans ce qui suit, nous appliquons la méthode à la détermination de volume ATEX de fuite issue de gaz sous faible pression.

Considérons des fuites de canalisation de gaz sous faible pression, dans des bâtiments fermés ou à l'air libre.

En appliquant les formules données dans l'annexe B de la norme NF EN 079-10, au paragraphe B4, le volume d'ATEX A est donné par la formule :

$$A = f \cdot (dV/dt) / C$$

- ◆ **f** étant un facteur tenant compte de l'efficacité de la ventilation, variant de **1 à 5** (1, bonne ventilation ; 5, ventilation gênée par des obstacles),
- ◆ **C** étant le **nombre de renouvellements d'air frais par unité de temps** (débit de ventilation divisée par le volume de la pièce) ; C est pris égal à **0,03/s**, soit 100 renouvellements par heure, à l'extérieur avec un vent d'environ 0,5 m/s). Dans un bâtiment sans ventilation artificielle, on peut considérer un taux de renouvellement de 1 par heure, soit **$2,8 \cdot 10^{-4}$ /s**.
- ◆ dV/dt étant le débit minimal théorique pour diluer un débit donné de matière inflammable jusqu'à une valeur inférieure à la LIE.

Ce débit est donné par la formule :

$$dV/dt = (dG/dt) / k \cdot LIE,$$

dG/dt étant le débit de fuite, en m³/s si la LIE est exprimé en pourcentage volumique (m³/m³), le facteur **k** est un **facteur de sécurité** choisi égal à **0,5** si on considère des fuites qui n'apparaissent pas en fonctionnement normal (donc **pour la détermination d'une zone 2**), égal à **0,25** s'il s'agit de fuite continue ou de premier degré (intermittentes), donc **pour une zone 0 ou 1**.

Le débit de fuite est égal au produit de la surface S de l'orifice de fuite par la vitesse de fuite v. Celle-ci peut être reliée en première approximation à la différence de pression et à la masse volumique par la relation :

$$X.(P-Pa)/m_v = v^2$$

En utilisant la loi de Bernouilli, qui s'applique plus à un écoulement de liquide, on aurait **X=2**.

En utilisant une détente adiabatique, on aurait

$$X = [\gamma . (2 / \gamma + 1)^{(\gamma + 1) / (-1 + \gamma)}]^{1/2}$$

soit **X=0,53** pour un gaz parfait.

On peut de plus introduire un coefficient de décharge de la fuite si on considère que la fuite n'est pas entièrement adiabatique, ce qui diminuera encore le facteur X.

On arrive ainsi au volume A égale à :

$$A = K * S * (X(P-Pa)/m_v)^{1/2} / LIE,$$

avec $K = f / k.C$

Les volumes d'ATEX varient du simple au double entre les valeurs de X indiquées plus haut, donc, si ces volumes sont sphériques, les rayons diffèrent de 30% environ.

Le tableau suivant donne les valeurs de K dans différentes conditions de fuite du deuxième degré (zone 2) :

Air libre sans obstacle	Air libre avec obstacles	Dans bâtiment sans obstacle peu ventilé (1 renouvellement à l'heure)	Dans bâtiment avec obstacles peu ventilé (1 renouvellement à l'heure)	Dans bâtiment ventilé 15 renouvellements à l'heure) sans obstacle
f=1	f=5	f=1	f=5	f=1
C=0,03	C=0,03	C=0,00028	C=0,00028	C=0,0042
k=0,5	k=0,5	k=0,5	k=0,5	k=0,5
K=66	K= 330	K= 7 200	K= 36 000	K=480

Les tableaux suivants donnent le volume et le rayon de la zone ATEX à prévoir pour différentes pressions de canalisation, **pour une fuite de biogaz (50% CH4 et 50% CO2) de 1mm² de section, en prenant une valeur de X égale à 2**, et en considérant une répartition suivant une sphère.

Ces calculs sont faits à la température ambiante, et en considérant que les gaz sont à la même température que l'air.

Remarque : pour le biogaz choisi, qui contient 50% de gaz combustible, la LIE est de 10% v/v et non de 5% v/v.

P (bar relatif)	volumeATEX (m ³)	Rayon ATEX (m)
0,1	0,08	0,27
0,2	0,12	0,30
0,3	0,14	0,33
0,5	0,18	0,35
1	0,26	0,40
2	0,37	0,45

Air libre sans obstacle 1mm² fuite biogaz 50-50

P (bar relatif)	volumeATEX (m ³)	Rayon ATEX (m)
0,1	0,41	0,46
0,2	0,58	0,52
0,3	0,72	0,56
0,5	0,92	0,60
1	1,31	0,68
2	1,85	0,76

Air avec obstacles 1mm² fuite biogaz 50-50

P (bar relatif)	volumeATEX (m ³)	Rayon ATEX (m)
0,1	8,86	1,3
0,2	12,53	1,4
0,3	15,35	1,5
0,5	19,81	1,7
1	28,02	1,9
2	39,62	2,1

Volume confiné (1 renouvellement à l'heure) sans obstacle 1mm² fuite biogaz 50-50

P (bar relatif)	volumeATEX (m ³)	Rayon ATEX (m)
0,1	44	2,2
0,2	63	2,5
0,3	77	2,6
0,5	99	2,9
1	140	3,2
2	198	3,6

Volume confiné (1 renouvellement à l'heure) avec obstacles 1mm² fuite biogaz 50-50

P (bar relatif)	volumeATEX (m ³)	Rayon ATEX (m)
0,1	0,59	0,52
0,2	0,84	0,58
0,3	1,02	0,62
0,5	1,32	0,68
1	1,87	0,76
2	2,64	0,85

Volume ventilé (15 renouvellements à l'heure) sans obstacle 1mm² fuite biogaz 50-50

Les formules utilisées ne sont valables que tant que la vitesse de la fuite ne dépasse pas la vitesse du son, ce qui n'est pas le cas des pressions de 1 et 2 bars : les résultats sont surestimés.

En conclusion, on peut appliquer la démarche de la norme si on a une bonne estimation du débit de fuite.

Des formules plus précises pourront être utilisées lorsque nécessaire, notamment lorsque la connaissance de paramètres spécifiques tels que diamètre de trou de fuite et épaisseur de paroi permet d'utiliser des formules mieux adaptées.

On notera également l'approche de la norme ATEX hollandaise NPR 7910/1, qui préconise, en l'absence de connaissance précise des dimensions d'orifices de fuite, de baser l'évaluation des volumes ATEX sur des taux de fuite estimés par défaut selon l'élément considéré, en général compris entre 1g/s (par exemple bride pleine, ou robinet d'arrêt, ou raccord fileté..) et 10g/s (par exemple trou d'homme ouvert).

En attendant des résultats de simulation meilleurs, on se rend compte qu'un ordre de grandeur de 2-3m pour une zone 2 non ventilée, de 1 m en zone ventilée et de 0,5m en champ libre sont des valeurs pratiques raisonnables, dans le cas de pressions internes faibles.