



HAL
open science

Problématique ATEX associée aux membranes de couverture synthétiques et géomembranes flexibles

Mohamed Boudalaa, Sébastien Evanno

► **To cite this version:**

Mohamed Boudalaa, Sébastien Evanno. Problématique ATEX associée aux membranes de couverture synthétiques et géomembranes flexibles. 13èmes Rencontres géosynthétiques :13e colloque français sur les géotextiles, les géomembranes et les produits apparentés, Apr 2022, Saint-Malo, France. ineris-03982553

HAL Id: ineris-03982553

<https://ineris.hal.science/ineris-03982553>

Submitted on 20 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROBLEMATIQUE ATEX ASSOCIEE AUX MEMBRANES DE COUVERTURE SYNTHETIQUES ET GEOMEMBRANES FLEXIBLES

ATEX ISSUE ASSOCIATED WITH SYNTHETIC ROOFING MEMBRANES AND FLEXIBLE GEOMEMBRANES

Mohamed BOUDALAA¹ et Sébastien EVANNO²

1 Ineris (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), Verneuil en Halatte, France

2 Ineris (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), Verneuil en Halatte, France

RÉSUMÉ – Les installations intégrant les membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples et dédiées à la mise en œuvre de substances inflammables sont susceptibles de générer un risque d'inflammation d'atmosphères explosives (ATEX). La réglementation qui s'impose aux exploitants industriels vise à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés à ces risques. Une accidentologie typique et récurrente témoigne des difficultés auxquels sont confrontés les industriels exploitants de ces produits. En se basant sur le retour d'expérience, l'Ineris a organisé et animé un groupe de travail en liaison avec le Comité Français des Géo synthétiques¹ qui a permis d'identifier les moyens de prévention de ces risques ATEX tout en recueillant les bonnes pratiques existantes relatives à la mise en œuvre de tels équipements.

Mots-clés : **Atmosphère Explosive, accidentologie, Electricité statique, Membrane, Géomembrane.**

ABSTRACT – The use of flammable substances (e.g. powders, liquids, gases or vapors) in synthetic roofing membranes and flexible geomembranes is likely to generate a risk of ignition of explosive atmosphere (ATEX) hazards. Regulation which is imperative upon industries aims at improving protection of workers considering operational health and safety issues. Typical and recurring accident are demonstrating of constraints and obstacles that industrial plant operators of this equipment, are facing. Based on lessons learned from feedback, Ineris organized and facilitated a working group including the French Geosynthetics Committee which made it possible to identify the associated means of prevention of these ATEX hazards while collecting the existing good practices relating to the use of such equipment.

Keywords: **Explosive Atmosphere, Accidentology, Static Electricity, Membrane, Geomembrane.**

1. Introduction

Les installations intégrant les membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples et dédiées à la mise en œuvre de substances inflammables (ex. fluides, gaz, aérosols ou poussière) génèrent un risque d'explosion d'atmosphères explosives (ATEX). La réglementation qui s'impose aux exploitants industriels vise à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés à ces risques.

Une accidentologie typique et récurrente témoigne des difficultés auxquels sont confrontés les industriels exploitants. L'analyse de cette accidentologie montre notamment que les membranes de couverture synthétiques et géomembranes flexibles sont citées dans divers incidents qui ont en commun des événements et dysfonctionnements comme la perforation, le feu de déchets conduisant à la destruction partielle ou totale de la géomembrane etc. et leurs conséquences. La majorité des cas répertoriés relate l'incendie, le feu, la fuite, la formation d'ATEX air / vapeur ou gaz inflammable, la pollution associée à l'utilisation de ce type d'équipement. Il est important de faire la lumière sur ces difficultés en se basant sur notre REX qui identifie les principaux scénarios d'accident.

Pour les scénarios d'accident relatif au risque de formation d'une ATEX air / vapeur ou gaz inflammable, les principales sources d'inflammation actives pourraient être, entre autres, associées à la phénoménologie « électricité statique » inhérentes à la matière constitutive de ces produits.

L'Ineris a organisé et animé un groupe de travail avec des professionnels qui a permis d'identifier les moyens de prévention des risques ATEX associés au développement de tels équipements avec le recueil de bonnes pratiques existantes relatives à la mise en œuvre des membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples.

¹ <https://www.cfg.asso.fr/>

2. Contexte

La mise en œuvre de substances inflammables au sein des installations industrielles génère un risque d'explosion d'atmosphères explosives (ATEX). La réglementation qui s'impose aux exploitants industriels vise à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés à ces risques. Les industriels sont tenus par l'application des principes généraux de prévention et doivent mettre en œuvre une évaluation des risques. Cette évaluation aboutit à la définition de mesures de maîtrise des risques pour prévenir la formation d'ATEX et au classement en zones ATEX des emplacements dédiés au travail, qui conditionnent le choix des équipements électriques et non électriques en vue de prévenir l'inflammation d'une ATEX. Depuis la parution de cette réglementation, la plupart des industriels ont procédé à l'évaluation des risques et au classement de zones. Mais les industriels sont confrontés à plusieurs difficultés, notamment concernant la prévention des sources d'inflammation. Celle-ci passe par la mise en œuvre de mesures matérielles et organisationnelles visant à éviter la présence ou l'activation de sources d'inflammation capables d'enflammer une ATEX, aussi bien en fonctionnement normal qu'en cas de dysfonctionnement.

3. Réglementation ATEX

3.1. Contexte législatif général

La réglementation ATEX n'a cessé d'évoluer sur plusieurs décennies pour aboutir à celle émanant d'un ensemble de directives européennes transcrites en droit national et pour ne citer que les deux principales :

- La directive 2014/34/UE anciennement 94/9/CE dite directive de conception ; ses dispositions sont exclusivement applicables aux concepteurs, fabricants, maîtres d'ouvrages et vendeurs d'appareils et de systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive ;
- La directive 1999/92/CE, dite sociale, qui, pour sa part, vise à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosives.

Pour être dans le champ d'application de la directive 2014/34/UE, deux conditions doivent être remplies:

- le produit est destiné à être utilisé en atmosphère explosive,
- le produit doit posséder des sources d'inflammation qui lui sont propres.

Cette directive est élaborée sur la base de la nouvelle approche et selon les principes, entre autres, de :

- la conformité aux exigences essentielles de sécurité,
- l'élaboration de spécifications techniques de conformité qui est confiée à des organismes compétents en matière de normalisation,
- la norme harmonisée ainsi élaborée ou, à défaut, la norme nationale existante. Celle-ci n'a aucun caractère obligatoire, mais assure une présomption de conformité aux exigences essentielles.

3.2. Récapitulatif des dispositions législatives

Ces directives sont transposées dans la législation et la réglementation française via le Code du travail dans les chapitres qui traitent des dispositions concernant la sécurité sur les lieux de travail. La prise en compte du risque d'explosion s'inscrit dans la démarche globale de prévention des risques, telle que définie à l'article L 4121-1, dans sa partie 4 consacrée à la santé et la sécurité au travail, en appliquant les principes généraux de prévention définis à l'article L4121-2.

Concernant la directive 1999/92/CE, celle-ci prévoit que : « l'évaluation des risques d'explosion doit tenir compte de la probabilité que des sources d'inflammation, y compris des décharges électrostatiques, seront présentes et deviendront actives et effectives ». Ce principe est repris dans le Code du travail, à l'article R4227-46.

3.3. Failles et freins réglementaires

La première Directive européenne 1994/9/CE a été mise en place depuis plus de 20 ans mais le bilan de l'accidentologie industrielle montre qu'un nombre de dysfonctionnements subsiste malgré les progrès réglementaires et en matière de communication aux plans national et européen. Une difficulté identifiée est liée à la définition et limitation des champs respectifs des deux directives.

En effet, les principes que concepteurs de matériels et chefs d'établissements doivent prendre en compte pour définir les limites et les responsabilités de chacun sur le plan de la sécurité de l'équipement dans la relation client-fournisseur sont parfois difficiles à interpréter. Ainsi, si la démonstration du niveau de sécurité est d'abord liée à la conception et à la fabrication de l'équipement, il incombe à l'utilisateur de s'assurer qu'il est utilisé et entretenu de façon à maintenir dans le temps ce niveau de sécurité. L'utilisateur doit s'assurer qu'il n'emploie que des équipements compatibles pour les emplacements dangereux qu'il identifie, mais cette démonstration est difficile lorsque l'équipement en question n'est pas couvert par la directive 2014/34/UE (anciennement 1994/9/CE).

Question sources d'inflammation, la norme NF EN 1127-1 décrit en effet 13 sources d'inflammation potentielles reconnues dont les décharges électrostatiques. Cette dernière problématique est citée dans les textes réglementaires qui font notamment appel aux notions de décharges électrostatiques actives et effectives, notions qui restent cependant assez difficiles à interpréter. A ce propos et pour illustrer, prenons l'exemple des membranes synthétiques de couverture et des géomembranes souples. Ces produits ne disposent pas de source d'inflammation propre suivant la définition de la directive 2014/34/UE et sont donc classés comme matériel « non électrique » hors de son champ. En revanche, lorsqu'il s'opère leur installation en site d'exploitation, ce sont d'une part, les fluides ou les écoulements des substances inflammables qui transitent dans leur environnement ou d'autre part, les opérations de leur mise en œuvre et intervention humaine qui sont générateurs de charges électrostatiques et, par conséquent, amènent une situation de risque associé à ces produits.

Ce questionnement conduit à des demandes fréquentes de la part des utilisateurs à leurs fournisseurs de déclarer leurs produits conformes à la directive ATEX. Cependant, ces matériels ainsi que leurs accessoires sont hors du champ de la directive 2014/34/UE. Fournisseurs et utilisateurs se trouvent donc un peu désarmés pour démontrer la maîtrise des risques.

4. Accidentologie et REX (presqu'incident, incident, accident)

4.1. Cas typiques extraits ARIA

Afin d'identifier le REX de formation d'une ATEX air / gaz & vapeurs inflammables et ses conséquences (incendie, explosion), associé à l'emploi de membrane synthétique de couverture (stockage de gaz (biogaz, H₂, syngaz) et de géomembrane d'étanchéité de cuvette de rétention (stockage liquide inflammable et combustible), l'interrogation de la base ARIA² du BARPI répertorie les exemples d'accidents et donne un aperçu des causes survenues dans les sinistres ainsi que leurs conséquences matérielles et dégâts à l'environnement.

L'analyse de cette accidentologie montre que la géomembrane est citée dans divers incidents qui ont en commun des événements et dysfonctionnements comme la perforation, le feu de déchets conduisant à la destruction partielle ou totale de la géomembrane etc. et leurs conséquences. Le type d'événement relaté dans la base ARIA (reprise en encadré cas n°1) survient de façon régulière et génère souvent des dégâts matériels importants mais des conséquences humaines limitées. Cet accident est survenu le 31 décembre 2020 sur un site de stockage de déchets. Certes, aucune perte humaine n'est à déplorer, mais les dégâts matériels et les nuisances demeurent autant préoccupants pour les exploitants des installations, les divers intervenants extérieurs et les riverains.

Cas n°1 : Incendie dans une installation de stockage de déchets non dangereux

N° 56593 - 31/12/2020 - FRANCE - 974 - SAINT-PIERRE

E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

A 9h20, un membre du personnel détecte un départ de feu sur le talus d'un casier d'une installation de stockage de déchets non dangereux. Un camion se met en place sur le dôme du casier et déploie 3 lances incendie. En raison d'un fort vent, les pompiers sont appelés.

² <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/le-barpi/>

L'incendie se propage sur le dôme, mais est maîtrisé par arrosage à 10h15. Vers 10h25, les vannes de captage de biogaz vers la centrale de valorisation sont fermées. Un 2ème foyer apparaît sur le talus sud sous la géomembrane de couverture du talus, la géomembrane est découpée et les déchets arrosés. A 13 h, un autre point chaud est recouvert de boue de concassage. A 13h30, les pompiers quittent le site, l'exploitant assure la surveillance et arrose en continu et en cas d'apparition de fumerolles. Malgré la surveillance renforcée de cette zone, 2 autres points chauds sont détectés sous la géomembrane dans les jours suivants. Ils sont situés sur des zones ayant fait l'objet d'incendie les semaines précédant le sinistre (ARIA 56605 et 56606). Le volume de déchets concerné est estimé à 200 m³. Des dégâts matériels sont observés sur la géomembrane de 2 casiers, sur le géotextile de couverture, réseau de captage du biogaz et le réseau de récupération des lixiviats d'un casier.

L'incendie a pris sur un casier qui n'est plus exploité depuis plus de 4 mois. Une couverture provisoire avait été mise en place 4 mois plus tôt et les travaux relatifs à la couverture définitive étaient en cours. Aucun élément probant ne permet d'affirmer l'origine de l'incendie mais la présence de vents forts favorisant les départs de feu avec une meilleure oxygénation des éventuels points chauds résiduels est une hypothèse tout comme la présence de batteries au lithium pouvant avoir été réceptionnées au milieu des déchets d'encombrants.

L'exploitant engage les actions suivantes :

- réalisation de la couverture définitive du casier ;
- arrosage du talus avec les asperseurs maintenus ;
- surveillance de la zone renforcée toute la semaine avec contrôle de température par caméra thermique ;
- recouvrement des déchets par des matériaux inertes avant la pose de la géomembrane ;
- stockage des refus d'encombrants sous forme broyée privilégié pour diminuer la présence d'oxygène dans les encombrants.

Pour illustrer le cas n°2 montre les événements typiques survenant dans les unités de méthanisation et concernent les membranes souples de couverture.

Cas n°2 : Eclatement de la double membrane surmontant un digesteur

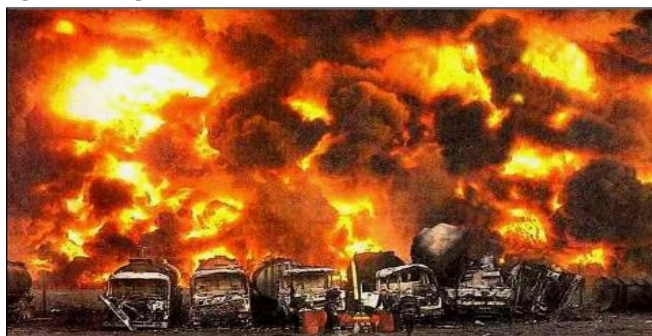
N° 50490 - 15/09/2017 - FRANCE - 45 - LA FERTE-SAINT-AUBIN

A partir de 7h13, la pression passe de 4 mbar à 80 mbar en 1 h dans la double membrane d'un digesteur sur une installation de méthanisation. Alerté vers 7h30 grâce au système de contrôle à distance, le responsable du site demande au technicien d'exploitation d'intervenir. A 8h15, cette membrane éclate. Deux des cornières de fixation sont arrachées et emportent des morceaux de voile de béton. En étant éjectée, une des cornières perce la citerne souple de stockage de digestat liquide et le contenu se déverse. L'exploitant ferme la vanne de rétention du réseau d'eaux pluviales. La citerne est mise sur rétention et le digestat est pompé. Une entreprise cure les réseaux, 3 à 4 m³ de digestat liquide très peu chargé (2,5 % de matière sèche) pollue les eaux pluviales. Plusieurs équipements sont endommagés. Les dommages matériels s'élèvent à 70 000 €. La remise en état du site engendre des pertes d'exploitation pendant 1 mois, soit l'équivalent de 150 000 €.

Le cas n°3 illustre le type d'incidents avec conséquences matérielles et humaines médiatisées dont le nombre reste important et souvent ne participe pas forcément à faire évoluer les connaissances du fait de la grande difficulté à déterminer les causes réelles de son origine.

Cas n°3 : Explosion suivie d'incendie dans un dépôt d'hydrocarbures

N° 2914 - 07/10/1991 - FRANCE - 44 - SAINT-HERBLAIN



Une fuite se produit au niveau d'un raccord sur une conduite de soutirage de 12" en aval de la vanne de pied d'un bac de 4 525 m³ de SP98. La cuvette de rétention du réservoir est commune à celle d'un bac de 4 500 m³ de FOD. L'accident se produit lors de l'ouverture télécommandée de la vanne. Un aérosol se forme, déborde par-dessus le merlon (H=2m) de la cuvette et se répand par gravité sur le parking.

Au bout de 20 min, le nuage de 25 000 m³ s'allume. L'explosion de type VCE blesse mortellement un chauffeur, grièvement 2 employés et légèrement 3 autres chauffeurs. Le POI est déclenché. Le feu s'étend aux 2 compartiments de la rétention, aux 2 bacs, aux camions citernes stationnés sur le parking et menace des stockages.

4.2. Scénarios accidentels

Le REX d'accidentologie est certes limité (nombre et fréquence), cependant l'analyse du REX permet d'identifier les deux principaux scénarios accidentels de formation d'une ATEX comme suit :

- Scénario A : air / biogaz relatif à la rupture de membranes synthétiques de couverture de digesteur ou de gazomètre ;
- Scénario B : air / vapeurs d'hydrocarbure à la suite d'un déversement accidentel d'hydrocarbures dans une cuvette de rétention revêtue d'une géomembrane d'étanchéité.

Pour ces deux scénarios accidentels, les principales sources d'inflammation actives en cas de présence d'une ATEX air / vapeurs & gaz inflammables pourraient être :

- de nature électrostatique en partant du constat que la présence de cet équipement de nature isolante associé aux substances elles-mêmes mauvaises conductrices de charges statiques comme le cas des fluides pétroliers, d'une part, des mécanismes de génération de charges (principalement triboélectriques : contact, frottement et séparation entre surface) d'autre part.
- liées aux travaux par points chauds (cf. figure 1), exécutés notamment par les intervenants des applicateurs pour la mise en place, le contrôle, la maintenance et la réparation de ces équipements,
- intrinsèques aux matériels électriques (cf. figure 2), matériels mécaniques utilisés pour la réalisation des assemblages des géomembranes sur sites (appareils de soudage : machine automatique à double soudure, soudure manuelle à air chaud, extrudeuse manuelle, chalumeau à gaz avec accessoires ; matériaux d'assemblage),
- associées à l'exécution des méthodes de détection et de repérage de défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes (de type électrique, utilisant de l'air sous pression ou en dépression, test mécanique, traceurs fluides (spectrométrie IR, liquide coloré sous pression), thermographie infrarouge, ultrasons).



Figure 1 – Réalisation de soudures sur géomembranes bitumineuses par des opérateurs



Figure 2 – Réalisation de soudures sur géomembranes bitumineuses à l'aide de matériel électrique

5. Recueil des bonnes pratiques professionnelles

5.1. Constat

Les échanges entrepris depuis les trois dernières années permettent d'identifier les bonnes pratiques professionnelles en termes de barrières techniques de sécurité et de barrières organisationnelles de sécurité. Pour sa part, l'INERIS a réalisé une synthèse bibliographique en traitant principalement les guides de recommandations et publications du CFG qui nous ont été communiqués et conseillés par les participants du GT. La recharge par mots clés :

- atmosphère explosive, ATEX,
- inflammation,
- incendie, Explosion,
- antistatique, étincelles, électrostatique, électrique, mécanique.

dans les référentiels techniques permet de constater que les aspects de prévention du risque ATEX, du risque électrostatique et électrique ne sont pas traités dans les référentiels techniques du CFG. Le guide « Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes » du CFG ne traite pas non plus du choix des équipements de protection individuelles (EPI) des opérateurs intervenant en zone ATEX.

5.2. Classement de zone ATEX

Les travaux du GT ont permis de mettre en avant un classement de manière générale de l'emplacement des membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples de type « zone ATEX 2 » qui peut être retenu dans les situations suivantes :

- Intérieur de cuvettes de rétention (dépôts de produits pétroliers entre autres) ;
- Partie supérieure de stockage de gaz inflammable (biogaz, H₂, etc.). Selon le Décret n°2008-244 du 07/03/2008 codifié aux articles R4216-31 et R4227-42 à R4227-54 du Code du Travail transposant en droit français la Directive ATEX 1999/92/CE [8], la définition de la zone ATEX 2 est la suivante :
- Zone ATEX 2 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de courte durée.

5.3. Mesures de sécurité dans le cadre des interventions de chantier

Les mesures suivantes sont essentielles :

- Le Plan de Prévention tel qu'établi entre les exploitants et les sociétés intervenant sur site identifie les mesures de sécurité spécifiques au chantier considéré. Les modes opératoires sont dûment analysés afin que soit assurée la sécurité des intervenants et celle des installations.
- le personnel affecté aux travaux est formé pour intervenir en sécurité sur la zone de chantier.
- les intervenants portent les équipements de protection individuelle compatibles avec la nature de leur intervention en zone ATEX (équipements certifiés pour être utilisés en zone ATEX), ainsi que des détecteurs gaz individuels dont leur bon état de fonctionnement attesté et vérifié régulièrement.
- les balises de détection (cf. figure 3) d'atmosphères explosives sont installées en périphérie des zones de travaux et près des sources de dégagement potentiels d'ATEX, préalablement à toute intervention. Elles permettent d'alerter les opérateurs en cas d'apparition d'une atmosphère explosive suivant les seuils adoptés et de bonnes pratiques en termes de sécurité (Alarme évacuation : 10 % LIE (zone confinée) / 25 % LIE (zone non confinée). Le bon état de fonctionnement de ce dispositif de détection vis-à-vis des gaz de détection doit être régulièrement contrôlé.

En cas d'alarme de détection d'atmosphère explosive, il est recommandé que :

- l'alimentation électrique soit coupée ;
- tout engin présent dans la zone ATEX soit stoppé ;
- les opérateurs évacuent la cuvette.



Figure 3 : Balise de détection d'atmosphère explosible

- un dispositif de coupure d'urgence de l'alimentation électrique de tout équipement électrique présent en zone ATEX (appareils de soudure, de meulage, de perçage, ...) est mis en place dans une zone proche des zones de travail. Ce dispositif est, soit asservi au système de détection d'atmosphère explosive, et donc automatique, soit actionné par un opérateur dès le signalement de détection d'atmosphère explosive. Dans ce cas, il doit être facilement et rapidement accessible ;
 - l'information et sensibilisation aux risques ATEX des opérateurs en charge de ces travaux et également ceux désignés pour suivre la coordination de la sécurité de ces chantiers et des travaux exécutés ;
 - les engins accédant aux zones de chantier (engins de terrassement, camions, fourgons, chargeurs, élévateurs...) sont équipés pour intervenir en zone ATEX 2 : chaque engin est muni d'un pare-flamme, de détecteurs d'explosivité en bon état de fonctionnement, d'un coupe-batterie, d'un extincteur ABC, et d'un dispositif permettant l'arrêt d'urgence de façon simple et rapide ;
 - au regard du risque ATEX, l'opération de déroulage de la géomembrane est considérée comme une opération susceptible de générer des charges électrostatiques significatives. Il convient de procéder systématiquement à la mise à la terre de toutes les parties conductrices métalliques, par exemple le dérouleur et son support de soutien, afin de limiter le risque d'apparition d'étincelle pouvant enflammer l'ATEX mais également de provoquer des chocs dits électriques sur les opérateurs intervenant sur ces équipements (en prenant en compte les conditions de température et d'hygrométrie lors de ces chantiers extérieurs et qui sont favorables à la dissipation des charges, on peut prendre en considération une décroissance rapide de la charge électrostatique une fois la géomembrane posée au sol) ;
 - les matériels dits électriques utilisés pour la réalisation des assemblages de lés des géomembranes (appareils de soudage : machine automatique à double soudure, soudure manuelle air chaud, extrudeuse manuelle, chalumeau à gaz avec accessoires ; matériaux d'assemblage) pourraient être adaptés en zone ATEX 2 suivant le schéma de certification selon la directive européenne 2014/34/UE. De plus, le matériel dit électrique doit être de catégorie 3 correspondant à son utilisation en zone ATEX 2. C'est une auto-certification qui s'impose aux fabricants/distributeurs de ce matériel.
 - Dans notre cas, des possibilités pour rendre conforme ce type de matériel existent et peuvent être étudiées via un mode de protection par enveloppe antidéflagrante ou mode de protection par surpression interne, etc.,
 - les méthodes de détection et de localisation de défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes (méthodes électriques, méthodes utilisant de l'air sous pression ou en dépression, test mécanique 1, traceurs fluides, spectrométrie IR, liquide coloré sous pression, thermographie infrarouge, ultrasons) susceptibles d'être utilisés en Zone ATEX 2 pourraient être certifiées selon le même principe décrit au tiret précédent et rendus conformes vis-à-vis de la réglementation ATEX en vigueur (adéquation de matériel en répondant aux deux directives ATEX citées et applicables).
- Nous avons évoqué les températures de l'air de soufflage (matériel TRIAC, soudure air chaud) qui peuvent varier entre 40 à 700 °C. Nous nous sommes posé la question des moyens organisationnels mis en place et en cas d'alerte et sur quelles consignes devaient se baser les exploitants pour mettre en sécurité le personnel. La déconnexion des appareils s'impose en ayant à l'esprit l'inertie thermique en termes de temps de refroidissement du matériel lorsqu'il s'agit d'arrêt de fonctionnement en cas d'alerte.

6. Prévention des risques électrostatiques

6.1. Traitement antistatique des géomembranes

Dans le cas de la maîtrise des sources d'inflammation, le REX traitant de la problématique électrostatique et auquel Total a été confronté pour le site de Donges peut être mis en avant et partagé. En effet, pour maîtriser ce risque, le fournisseur (ATARFIL) de la géomembrane proposait un matériau antistatique dont l'origine trouve son application dans la recherche de matière « électro-conductrice ».

La géomembrane proposée par ATARFIL, afin de limiter le risque électrostatique, est constituée d'un revêtement conducteur d'une épaisseur de 200 µm et d'une couche isolante de 2 mm. Le fournisseur préconisait de disposer le revêtement conducteur face au sol et la partie isolante côté ciel.

Cette solution de disposer la géomembrane ainsi traitée antistatique ne paraissait pas efficace pour l'INERIS afin de neutraliser les charges électrostatiques générées en situation de mises en œuvre (déroulage, marche des opérateurs et découpe etc.). Il est ainsi mis en avant dans les rares fiches techniques qui existent, la qualification électro conductive. Sa définition n'est pas normée pour le domaine électrostatique/ATEX.

De plus, des valeurs telles que celles 62000 sont citées dans la fiche technique pour qualifier la résistance électrique de la géomembrane. Cette valeur est inférieure à 10^8 Ohms mais que signifie ce seuil ? est-ce une résistivité ? ne manque-t-il pas une longueur ? une surface ? la notion d'unité doit être explicitée. Un questionnement de la part des exploitants persiste quant à l'utilisation en toute sécurité électrostatique de ces produits ?

6.2. Approche normative

L'objectif est l'examen de l'aptitude au stockage et à l'écoulement des charges électrostatiques. Le matériel qui peut être utilisé en présence d'ATEX doit être conçu de façon à éviter tout danger d'inflammation par décharge électrostatique dans les conditions normales d'emploi ainsi que lors de l'entretien et du nettoyage.

Cette règle doit être satisfaite, selon le paragraphe 6.7.5 de la norme NF EN ISO 80079-36 juin 2016, qui remplace la norme européenne EN 13463-1 2009, par :

- une résistance de surface (*) inférieure à 10^9 ohms ;
- sinon, par une limitation de surface aux seuils maxima spécifiés en tenant compte de la catégorie visée et de la sensibilité à l'inflammation de l'ATEX en question. On considère la valeur de l'aire de la surface la plus grande projetée dans une quelconque direction lorsque le matériel est susceptible de se charger du point de vue électrostatique à condition qu'il ne puisse pas se produire de décharges glissantes de surface ;
- Sinon, par une garantie de ne pas avoir à craindre l'apparition de charges électrostatiques dangereuses (évaluée au moyen d'un essai de charge).

(*) La résistance de surface est mesurée selon les modes opératoires préconisés par les deux normes IEC 60079 Part 32-2 et IEC 60079-0.

Si l'essai de charge n'est pas faisable ou s'avère conservatif du fait du mode de charge appliqué, le matériel peut être acceptable pour les zones ATEX en tenant compte des processus de génération de charge effectifs (fréquence, intensité) évalués sur site (mesure de champs électrostatiques).

Acceptabilité ATEX suivant l'épreuve de charge du matériel tel que conçu et mis sur le marché :

L'acceptabilité repose sur le comparatif entre les valeurs enregistrées dans les essais de charge et les seuils, à ne pas dépasser, données dans la norme EN ISO 80079-36 [11] et reprises dans le guide électrostatique IEC 60079 Part 32-1 [4]. Ceci est mené conformément aux normes et procédures applicables et en vigueur :

- L'épreuve de charge par effet triboélectrique « frottement » et par influence « corona » selon le mode opératoire normalisé en vigueur NF EN ISO 80079-36 Juin 2016 ;
- La mesure des quantités de charges électrostatiques résiduelles à la surface des échantillons de matériels ;
- La conclusion en se basant sur le comparatif entre ces valeurs mesurées et les seuils, à ne pas dépasser, tenant compte des exigences normalisées en vigueur et harmonisées notamment dans les guides les plus récents en la matière, la norme IEC 60079-32-1 : 2013-08 « technical specification, Explosive atmospheres – electrostatic hazards, guidance ».

Si la charge transférée du matériau de référence est nettement supérieure à 60 nC et que la charge transférée maximale Q mesurée lors d'un des essais ci-dessus est inférieure à :

- 60 nC, le matériau non conducteur peut être utilisé avec le groupe d'explosion I ou II A ;
- 30 nC, le matériau non conducteur peut être utilisé avec le groupe d'explosion I ou II B ;
- 10 nC, le matériau non conducteur peut être utilisé avec le groupe d'explosion I ou II C.

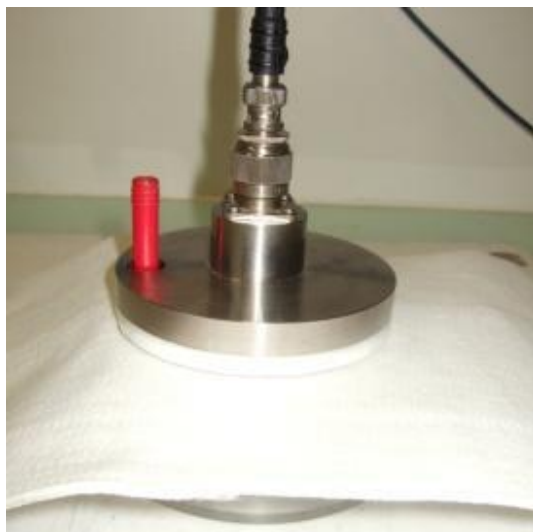
Lorsque la règle ne peut être satisfaite, des épreuves réelles d'inflammation peuvent être proposées pour examiner le risque d'apparition de charges électrostatiques suffisamment énergétiques pour enflammer le type d'atmosphère concerné.

6.3. Démarche proposée par le Groupe de Travail

6.3.1 Résistance de surface

Il s'agit de mettre à disposition des fournisseurs de ces produits, une méthode adaptée pour évaluer l'aptitude à la dissipation des charges électrostatiques en la mesure de la résistance de surface et transversale.

Pour plus de détails concernant le mode opératoire, les propriétés électrostatiques sont à révéler sur échantillons de matière et selon un mode opératoire utilisé pour les tissus et consiste à déterminer la résistance de surface (cf. figure 4). Les valeurs enregistrées doivent être comparées au seuil normalisé et en vigueur (cf. § 6.2).



Mesure de la résistance d'isolement, de surface, transversale, du temps de décharge, etc...



Figure 4 : Vues des montages de réalisation de la mesure de la résistance de surface et transversale de géomembranes

6.3.1 Essai de charge

Pour pallier les difficultés de s'équiper de produits traités dans les règles de l'art du point de vue dissipation des charges électrostatiques, le GT a abouti à la proposition d'une démarche de qualification électrostatique des géomembranes en procédant suivant la règle (cf. § 6.2) : une garantie de ne pas avoir à craindre l'apparition de charges électrostatiques dangereuses (évaluée au moyen d'un essai de charge).

Nous avons convenu pour la réalisation des tests électrostatiques de sélectionner les produits et les situations les plus répandus. Donc, on retient la configuration à trois couches (GéoM et deux GéoT). Les matières classiques du GéoT sont les thermo-liés, aiguilletés (feutre).

Pour étendre nos configurations de test en laboratoire, nous avons convenu de tester le tri-couche en situation extrême de liaison à la terre et non. A propos, la présence d'eau (humidité élevée) au sein du GéoT est un facteur favorable à la limitation de la quantité de charge électrostatique que peut accumuler le tri-couche.

Nous étudierons ce cas de figure pour en établir une recommandation à prendre en compte lors des opérations de mise en œuvre et installation de la géomembrane du point de vue de la maîtrise des risques ATEX/électrostatique.

Question relative au traitement antistatique des GéoTextiles : il s'avère que les produits aiguilletés (feutre) s'apparentent aux médias filtrants pour lesquels des solutions ont été développées de type intégration de fibrilles carbone ou métallique (inox) pour rendre dissipateur ou conducteur la manche ou poche filtrante. Il est question de proposer ce type d'approche aux concepteurs et fabricants de GéoTextiles tout en mettant en avant notre mode opératoire pour accompagner et tester acceptable du point de vue de l'ATEX et selon la démarche explicitée (cf. § 6.2) et en adoptant les limites de la charge préconisées et appelées.

7. Conclusions

Des incidents, de presque accidents et d'accidents sont observés de manière régulière dans le domaine des installations intégrant les membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples. Ce sont certes des problématiques d'incendie et peu d'explosions enregistrées.

Toutefois, la réglementation ATEX s'impose aux fabricants et exploitants industriels du fait de la mise en œuvre dans ces installations de substances inflammables (ex. poudres, fluides, gaz ou aérosols). Cette réglementation a pour finalité d'améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés à ces risques.

Le REX de l'accidentologie publiée et le nôtre issu de nombreuses années au contact des industriels témoignent des difficultés auxquels sont confrontés les industriels exploitants de ces produits pour appliquer cette réglementation. En effet, la réglementation se fonde sur deux volets complémentaires mais distincts. D'une part, celui applicable aux concepteurs/fabricants de ces produits et d'autre part, celui qui concerne les exploitants/utilisateurs de ces produits.

Un écart existe parfois entre les deux protagonistes de cette chaîne pour tout simplement définir les caractéristiques de sécurité de ces produits. Nous avons montré l'absence sinon l'incompréhension ou l'inadaptation des données caractéristiques de prévention des risques électrostatiques lorsqu'elles existent.

A partir de ce constat, Ineris a cherché à contribuer dans le partage des informations utiles et à leur clarification tout en organisant un groupe de travail qui a permis de recueillir les bonnes pratiques existantes relatives à la mise en œuvre de tels équipements et d'identifier les moyens de prévention de ces risques ATEX.

Concernant la prévention des risques électrostatiques, et en tenant compte des exigences normalisées en vigueur et harmonisées notamment dans les guides les plus récents en la matière, la norme IEC 60079-32-1 : 2013-08 « technical specification, Explosive atmospheres – electrostatic hazards, guidance », Ineris a proposé une méthode de caractérisation des membranes synthétiques de couverture et de géomembranes souples et leurs géotextiles dans les configurations réalistes d'installation sur site ; pour finalement, se prononcer sur leur acceptabilité dans les emplacements où des ATEX dangereuses sont susceptibles de se présenter en application de la réglementation ATEX en vigueur.

8. Références bibliographiques

- Andeol-Aussage B., Monteau M., Mayer A. (2008) Risques professionnels : analyse et évaluation [SE 3 920], *Techniques de l'Ingénieur*.
- ARIA Base de données du Bureau d'Analyse des Risques et Pollution Industriels (BARPI) du ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de l'aménagement du territoire (MEEDDAT) www.aria.ecologie.gouv.fr.
- Boudalaa M., Ollier Y. (2011) – Electricité statique : source d'incendie et d'explosion [SE 5 120], *Techniques de l'Ingénieur*.
- Boudalaa M., Debray B. (2016) – ATEX et installations industrielles : éléments de retour d'expérience issus d'une vingtaine d'années d'enquêtes après accidents - 20ème Congrès IMdR Lambda Mu- 11-13 octobre 2016 - Saint Malo.
- Comité Français des Géo synthétiques <http://www.cfg.asso.fr>.
- Code du travail <http://www.legifrance.gouv.fr>.
- Czyz A. (2005) - Réglementation ATEX Appareils et systèmes de protection [SE 3 251], *Techniques de l'Ingénieur*.
- Directive 2014/34/EU du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles.
- Décret n°2008-244 du 07/03/2008 codifié aux articles R4216-31 et R4227-42 à R4227-54 du Code du Travail transposant en droit français la Directive Européenne 1999/92/CE du 16 décembre 1999 concernant 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 explosibles.
- Décret n°2015-799 du 1er juillet 2015 relatif aux produits et équipements à risques transposant en droit français la Directive Européenne 2014/34/UE du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosives.
- EC Directive 89/686/EEC: 1989, Personal Protective Equipment.
- EC Directive 99/92/EC : 1999 , Minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres.
- Guide N°9 : Recommandations pour l'emploi des géotextiles dans le renforcement des ouvrages en terre.
- Guide N°10 : Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes.
- Guide N°11 : Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets.
- Guide N°12 : Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques.
- Guide N°13 : Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques bentonitiques en installations de stockage de déchets.
- Guide CFG « Présentation de méthodes de détection et de localisation de défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes.
- Guillemy N., Le Roy A., Pietruszynski M. (2004) - Prévention des risques professionnels : législation française [SE 3 821], *Techniques de l'Ingénieur*.
- INERIS <http://www.ineris.fr>.
- Lignes directrices sur l'application de la directive 94/9/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 mars 1994 concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (seconde édition).
- NF EN 1127-1 Octobre 2011 Atmosphères explosives - Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion - Partie 1 : notions fondamentales et méthodologie.
- NFPA 51 B: Standard for Fire Protection during welding, cutting and other hot work (2014). INRS ED 6030 "Le Permis de feu" (Juin 2008). *Guide CNPP du permis de feu « Travaux par points chauds » (Juin 2012)*.
- Union européenne <http://www.europe.eu.int/comm/entreprise/atex/dir92-fr.pdf>
<http://www.europe.eu.int/comm/entreprise/atex/direct/text94-9-fr.pdf>.
- <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/benchmark-vieillessement-stockage-raffinerie-web.pdf>