

Le contrôle des géosynthétiques dans les installations classées

Yves Gérard

Les géosynthétiques et tout particulièrement les géomembranes sont de plus en plus utilisées dans la conception des ouvrages de stockage des effluents et déchets. Dans ce domaine où les enjeux et les risques environnementaux peuvent être très importants, le respect des règles de l'art est primordial pour assurer la sécurité de ces ouvrages tout au long de leur durée de vie. Cet article fait le point sur l'organisation générale des missions de contrôle et décrit les différentes méthodes permettant de vérifier la conformité des réalisations à tous les stades du projet.

Un article récent (Rollin *et al.*, 2002), a mis en évidence que 97 % des défauts détectés par sondage électrique sur les géomembranes étaient générés en phase de construction des ouvrages en dépit d'un programme d'assurance qualité rigoureux. D'après les auteurs, les défauts dans les géomembranes dans les centres de stockage de déchets seraient de l'ordre de 17 à l'hectare avec une surface moyenne de 1,8 mm². Ces 17 défauts correspondraient pour 65 % à des défauts de soudage et pour 35 % à des défauts en partie courante des géomembranes.

Il s'agit pourtant de défauts détectables en phase de construction ou lors de la réception des dispositifs d'étanchéité, avant ou après mise en place de la couche de protection supérieure lorsqu'elle est prévue.

À ces défauts, il faut ajouter toutes les non-conformités qui ne conduisent pas instantanément à une fuite mais qui constituent une faiblesse potentielle dans le DEG (dispositif d'étanchéité par géomembranes), et qui pourront conduire ultérieurement à une altération prématurée du complexe d'étanchéité, et donc à des fuites à plus ou moins long terme.

Après un rappel de dispositions relatives aux installations classées et à la réglementation, nous nous attacherons dans cet article, à décrire l'organisation et les moyens du contrôle des

géosynthétiques, avec un regard plus particulier sur les géomembranes¹ dont le rôle direct est d'assurer l'étanchéité des ouvrages. Nous examinerons ainsi les différentes méthodes permettant de vérifier la conformité des réalisations à tous les stades du projet, de la conception à la mise en service de l'ouvrage.

Les géosynthétiques dans les installations classées

La notion d'installation classée figure dans la loi n° 76.663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement et son décret d'application n° 77-1133 du 31 septembre 1977.

Dans la loi n° 2001-44, du 17 janvier 2001, art. 11, on trouve la définition suivante d'une installation classée : « sont soumis aux dispositions du présent titre les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ».

1. Nous avons retenu le terme « géosynthétiques » dans la présentation de cet article car il est important de contrôler aussi les géotextiles qui assurent notamment la protection des géomembranes.

Les contacts

APAVE SUDEUROPE,
69811 Tassin
la Demi Lune



▲ Photo 1 – Installation classée (centre de stockage de déchets, photo APAVE).

Les géosynthétiques sont aujourd'hui largement utilisés dans les installations classées, afin de protéger l'environnement d'éventuelles pollutions dues à des fuites accidentelles ou pour le stockage de produits polluants.

Les géosynthétiques sont donc présents :

– **dans les installations de stockage de produits polluants solides ou liquides (déchets, produits chimiques).** Dans les centres de stockage de déchets (photo 1), ces géosynthétiques assurent l'étanchéité des casiers à déchets, en fond d'ouvrage, sur les flancs et parfois en couverture.

On les retrouve également dans les bassins de lixiviats et parfois dans les bassins de collecte des eaux de ruissellement ;

– **dans les installations industrielles présentant un caractère potentiellement polluant.**

La protection de l'environnement est assurée par la construction de bassins de sécurité, dont l'étanchéité est également à base de géosynthétiques. Ces ouvrages sont destinés à recevoir des produits liquides, tels que des acides, des bases, des hydrocarbures en cas de dysfonctionnement sur une ligne de production.

– **dans des bassins tampons et des bassins de régulation ou de modulation,** servant de stockage provisoire en attente de rejet dans le milieu naturel, après décantation ou à des périodes appropriées définies par l'administration ou en attente de traitement.

La notion de contrôle est donc primordiale dans ces environnements sévères, où la moindre

négligence ou erreur peut avoir des conséquences graves tant sur le plan environnemental que sur le plan économique.

Les géosynthétiques et la réglementation

Depuis une vingtaine d'années, les géosynthétiques connaissent un développement important lié d'une part, à leur prise en compte directe dans la réglementation sur l'environnement et d'autre part, à la démarche qualité qui accompagne ces produits et leur application comme la certification ASQUAL (Biguet, 2002). Cet essor s'accompagne plus récemment de la structuration de la profession autour d'associations professionnelles reconnues telles que l'AFAG (Association française des applicateurs de géomembranes), l'APRODEG (Association des producteurs de géomembranes) ou savantes telles que le CFG (Comité français des géosynthétiques) qui contribuent au développement des méthodes de contrôle qualité parallèlement au développement économique de ce marché.

Les textes applicables sont :

– l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997, relatif aux décharges existantes et aux nouvelles installations de stockage de déchets ménagers et assimilés, modifié par les arrêtés du 31 décembre 2001, du 3 avril 2002 ;

– l'arrêté ministériel du 30 décembre 2002, relatif au stockage des déchets dangereux ;

– l'arrêté du 26 février 2002, relatif aux travaux de maîtrise des pollutions liées aux effluents d'élevages.

Parmi les différents textes de référence, le guide d'application de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 précise que « la réception de la géomembrane ou du dispositif équivalent, comprenant notamment la vérification des soudures, fait l'objet d'un rapport de contrôle par un organisme tiers indépendant. Ce rapport est adressé à l'inspection des installations classées ».

Pour les ouvrages d'une capacité supérieure ou égale à 250 m³, l'arrêté du 26 février 2002 fait obligation aux exploitants, s'ils veulent prétendre à une aide financière de l'État, de faire intervenir un organisme de contrôle agréé pour le contrôle de la mise en place des géosynthétiques. Cet arrêté précise les 3 points de contrôle obligatoire que sont :

– la validation du dossier constructeur (examen du PAQ : plan assurance qualité) ;

- la réception du support et du dispositif de drainage sous la géomembrane ;
- la réception de la géomembrane et de ses soudures.

Pour la majorité des ouvrages de protection de l'environnement, y compris pour ceux qui relèvent des installations classées, il n'existe pas de textes réglementaires définissant les missions de contrôle dans le domaine particulier des géosynthétiques. Les inspecteurs des installations classées se réfèrent donc de fait aux rapports de contrôle des organismes tierce partie pour décider ou non de l'autorisation de mise en service des ouvrages.

L'organisation du contrôle

La finalité du contrôle est de contribuer à la garantie de l'étanchéité des DEG.

Le contrôle consiste donc à valider, à toutes les étapes du projet, les dispositions prises par le maître d'œuvre, le constructeur et ses sous-traitants, afin qu'elles soient en conformité avec le CCTP², les textes officiels lorsqu'ils s'appliquent, les recommandations de la profession et les règles de l'art (ADEME, 1998 ; Comité français des géosynthétiques, 1995 et 1998). Le contrôle des géosynthétiques ne se résume donc pas à la seule recherche de fuites, il concerne tous les points qui sont susceptibles de conduire à la non-fonctionnalité du dispositif d'étanchéité, instantanée ou à plus long terme, c'est-à-dire :

- le dimensionnement,
- l'adéquation matériau-milieu,
- la stabilité des géosynthétiques,
- leur vieillissement dans les conditions de service.

L'objectif est d'obtenir la meilleure durabilité possible de l'ouvrage.

Le contrôle intérieur

Le contrôle intérieur s'inscrit, comme l'indique son nom, dans la démarche interne du groupement d'entreprises en charge de l'exécution des travaux. Ce contrôle intérieur a pour objectif de vérifier au sein du groupement que la livraison de l'ouvrage est conforme au cahier des charges par l'application stricte d'un plan d'assurance qualité (PAQ) préalablement remis au maître d'œuvre.

Par application stricte du PAQ, il faut entendre la mise en œuvre des méthodes de contrôle permettant notamment d'obtenir une vérification à 100 % de l'étanchéité des soudures de géomembrane. Ceci est généralement réalisé en deux phases :

- un contrôle interne à la production ou auto-contrôle, assuré par l'équipe d'applicateurs présents sur site et qui vérifie chacune de ses soudures par une méthode appropriée. Dans le cadre de cet auto-contrôle sont également vérifiées les fournitures à leur arrivée sur site ;
- un contrôle intérieur, indépendant de la production, exécuté par l'entreprise, le groupement d'entreprise ou une société extérieure. Ce contrôle doit être indépendant de la production et il peut être réalisé par une personne de l'entreprise spécifiquement affectée à cette tâche, placée sous l'autorité du chef d'entreprise. Ce contrôle vérifie, en général par sondage, que les contrôles internes prévus dans le PAQ ont bien été mis en œuvre et que les résultats annoncés sont conformes. Ce contrôleur procède alors à ses propres mesures sur site, indépendamment de ce qui a été contrôlé par l'équipe d'applicateurs et remet son rapport au chef d'entreprise.

Le contrôle extérieur indépendant

Le contrôle extérieur agit en tierce partie indépendante, pour le compte du maître d'ouvrage, qui souhaite s'assurer les services d'une société ou d'un organisme compétent afin de valider l'ensemble des dispositions mises en œuvre sur son ouvrage par les différents constructeurs. Dans le cadre d'une installation classée, l'organisme de contrôle extérieur est le garant de l'application des dispositions de l'arrêté préfectoral relatives à l'ouvrage destiné à être étanché. Son rapport est transmis à l'inspecteur des installations classées par le maître d'ouvrage en fin de travaux.

Avant la construction (phase de conception), les avis émis par cet organisme peuvent concerner le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et les plans d'assurance qualité des entreprises ainsi que leur application sur site.

La diversité des situations

Pendant la construction (phase de réalisation), les missions de contrôle de mise en œuvre – interne indépendant de la production et extérieur indépendant – varient aujourd'hui considérablement

² Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) est l'élément essentiel du marché conclu entre le maître d'ouvrage et le constructeur.

d'un ouvrage à un autre. Par conséquent, on ne peut pas décrire une mission de contrôle commune à tous les ouvrages, y compris en installation classée.

Lorsque la réglementation s'applique, elle reste souvent imprécise sur la définition des missions, à l'exception de la récente réglementation sur les effluents d'élevage (arrêté ministériel du 26 février 2002, relatif aux travaux de maîtrise des pollutions liées aux effluents d'élevages) qui précise que la mission du contrôleur technique comprend :

- l'évaluation technique du projet par rapport aux dispositions des documents réglementaires et normatifs existants ;
- l'examen critique des documents fournis par les concepteurs, les constructeurs et les fournisseurs ;
- le contrôle de l'exécution des travaux.

Cette mission relève de la mission L (solidité des ouvrages et équipements indissociables) définie dans la norme NF P 03-100 de septembre 1995.

Dans les autres cas, le contenu technique des missions, même s'il est souvent très voisin de ce qui est demandé ci-dessus, est discuté entre l'organisme de contrôle et le maître d'ouvrage, et soumis à l'avis de l'inspecteur des installations classées. Ceci peut conduire à des variantes dans les propositions des organismes pour un même ouvrage, voire à l'exécution de deux missions différentes par un même organisme pour deux ouvrages identiques mais situés dans deux départements voisins.

Quatre points essentiels nous semblent néanmoins essentiels à vérifier et à valider :

- les documents d'exécution (PAQ, plans d'exécution),
- les matériaux livrés,
- l'application des matériaux et son contrôle,
- les dossiers et plans de récolement.

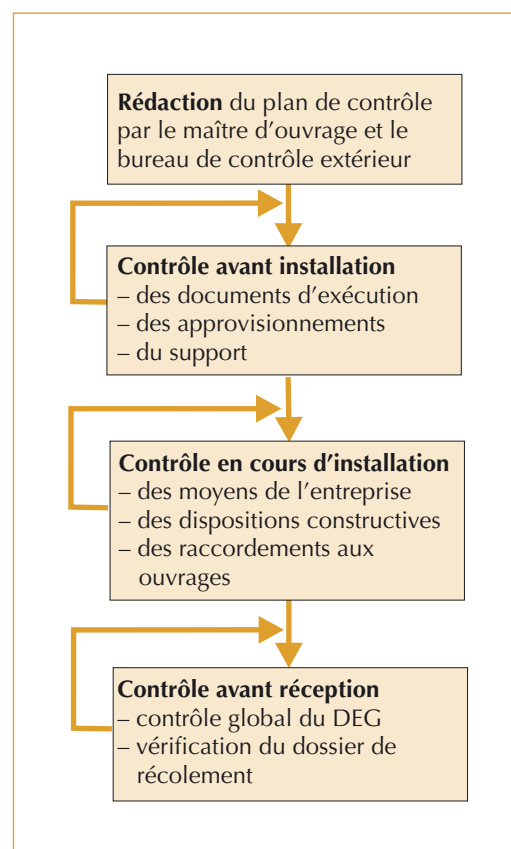
Ce sont souvent les moyens et les méthodes pour parvenir au même objectif qui diffèrent.

Il est ici important de rappeler que l'organisme de contrôle technique a pour mission de remettre au

maître d'ouvrage et/ou à son maître d'œuvre, des avis sur les points cités ci-dessus. Comme le rappelle l'arrêté ministériel du 26 février 2002 relatif aux effluents d'élevages, « il est interdit au contrôleur technique de participer à la conception, à l'exécution des travaux, à leur métré et de donner des ordres au constructeur ». Cette interdiction figure également dans la norme NF P 03-100.

Le contrôle extérieur se doit donc d'être indépendant techniquement et économiquement de chacun des autres intervenants du chantier et des entreprises qui conçoivent et mettent en œuvre, afin qu'aucune interaction ne viennent perturber les avis remis par le contrôle extérieur. C'est la notion de « moralité professionnelle » exigée par la norme NF P 03-100.

Les principales étapes du contrôle des géosynthétiques (figure 1)



▲ Figure 1 – Les principales étapes du contrôle des géosynthétiques.

La rédaction du plan de contrôle

Avant le démarrage du chantier et la remise des offres des entreprises, le plan de contrôle doit être établi afin que chaque intervenant puisse intégrer cette composante du dossier dans son offre. Ce travail est réalisé conjointement entre le maître d'ouvrage et son bureau de contrôle extérieur.

Il est important pour l'entreprise chargée de réaliser les travaux de connaître les exigences du maître d'ouvrage et du bureau de contrôle extérieur pour définir et chiffrer son plan de contrôle interne et parfois externe.

Il est également essentiel pour le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre de pouvoir comparer les offres des constructeurs sur une même base, y compris lorsqu'il s'agit des contrôles à mettre en œuvre. Ces exigences portent sur le contenu technique du contrôle et sur les documents associés, qui sont à tenir à jour pendant la durée du chantier et à fournir en fin de travaux pour validation par le bureau de contrôle extérieur.

Le plan de contrôle doit donc être fourni dans le dossier de consultation des entreprises (DCE) afin que l'entreprise puisse proposer un PAQ s'y rapportant. Cette phase initiale du contrôle, si elle est négligée, peut conduire à de réelles difficultés en phase d'exécution.

Les contrôles avant installation

Le contrôle des documents d'exécution

On distinguera les plans d'exécution, les schémas de détails, et le plan d'assurance pour la qualité.

Bien souvent, des difficultés apparaissent en cours d'exécution car il y a eu incompréhension ou manque de communication entre les intervenants du chantier. Ces problèmes peuvent être de différents types :

- un support mal adapté. Les conditions de réception n'ont pas été clairement formulées et le support fourni à l'applicateur est incompatible avec les matériaux proposés ;
- des points singuliers mal définis (tuyauteries, ancrages, raccords divers) qui conduisent à des discussions sur la méthode à adopter en phase d'exécution, provoquant des retards, des surcoûts voire des malfaçons ;

- des matériaux inadaptés, par exemple parce qu'on a omis de préciser que les géosynthétiques resteraient exposés aux rayons ultra-violets pendant deux ans ;

- des contrôles intérieurs inadaptés, insuffisants voire inexistantes, etc.

Le contrôle et la validation du plan d'assurance qualité de l'entreprise doivent permettre d'éviter tous ces écueils, et il est donc nécessaire avant le démarrage des travaux, de le vérifier et de le valider. Pour cela, il doit être très complet (Rollin *et al.*, 2002) :

- les objectifs de performances,
- les spécifications,
- un organigramme, des plans et des devis,
- l'établissement des tâches et des responsabilités hiérarchiques,
- la compétence des intervenants,
- le mode de communication et les modes d'interventions,
- les spécifications techniques des matériaux,
- les procédures d'évaluation de la conformité, y compris les essais à réaliser, les résultats anticipés et les correctifs apportés,
- les modes d'acceptation des travaux,
- le contenu du rapport final.

Ce plan d'assurance qualité fera l'objet d'autant de révisions nécessaires jusqu'à son approbation par le bureau de contrôle extérieur et la maîtrise d'œuvre.

Le lecteur trouvera dans les recommandations du Comité français des géosynthétiques (fascicules 11 et 12), dans le guide de l'ADEME et dans le guide du SETRA/LCPC (2000) un certain nombre de détails relatifs aux contrôles sur site. Il s'agit ici de lister les points de contrôles qui nous paraissent incontournables sans avoir à détailler les procédures à adopter.

Avant la phase d'installation des géosynthétiques, le contrôle aura pour objectif :

- la vérification des matériaux livrés ;
- l'état de ces matériaux ;
- la vérification du support des géosynthétiques.

Les contrôles des approvisionnements sur site

Après avoir reçu l'agrément du maître d'œuvre, les matériaux sont approvisionnés sur site, stockés dans des conditions préalablement définies et mis en attente avant installation.

Dans la construction d'un ouvrage, il importe de vérifier que les matériaux qui viennent d'être livrés pour application correspondent aux fiches techniques du PAQ. Il ne s'agit plus de dire si ce matériau est adapté à la fonction, mais simplement de vérifier qu'il s'agit du produit « acheté ou commandé ».

Référence commerciale, désignation du produit, marquage ASQUAL, numéros de lots et de rouleaux seront contrôlés et archivés dans le dossier de récolement afin de garantir leur traçabilité.

On citera l'exemple des rouleaux de géomembranes avec deux références de résine différentes, ce qui peut conduire à des difficultés de soudage, ou des rouleaux de géomembranes dont l'épaisseur n'est pas celle retenue ou encore des géotextiles ne présentant pas la tenue aux UV spécifiée dans le PAQ.

Ce contrôle est d'abord à la charge du contrôle intérieur, toutefois dans le cadre de sa mission, le contrôle extérieur vérifiera la bonne exécution de cette tâche en procédant à quelques contrôles statistiques.

L'ensemble des géosynthétiques mis en œuvre dans une installation peut faire l'objet de contrôles plus ou moins approfondis. Ces contrôles sont en général plus légers lorsqu'il s'agit de produits certifiés ASQUAL. Aujourd'hui, environ 80 % à 90 % des géotextiles disponibles sur le marché français sont certifiés ASQUAL (Biguet, 2002). Sont donc concernés par cette phase de contrôle :

- les géotextiles qui assurent la protection des géomembranes, mais également la filtration, la séparation ou le renforcement ou le drainage ;
- les géomembranes qui assurent l'étanchéité de l'ouvrage et les produits apparentés tels que les géoespaceurs, les géogrilles...

Des prélèvements de matériaux seront effectués afin de vérifier que les caractéristiques principales de ces matériaux restent conformes à la fiche technique. Les essais ainsi réalisés peuvent être répartis entre le contrôle intérieur et le contrôle

extérieur, tel que décrit dans le guide bassin du SETRA/LCPC. La fréquence et la nature des essais réalisés pourront être ajustées selon que les produits sont certifiés ou non.

Les contrôles des approvisionnements en laboratoire

On trouvera dans les fascicules de recommandations n° 11 et 12 du CFG la liste des principaux essais pouvant être effectués en laboratoire sur les géomembranes, les géotextiles et les géosynthétiques bentonitiques dans le cadre de leur réception sur site. Un certain nombre d'entre eux figurent dans les programmes COFRAC (Comité français d'accréditation) pour lesquels quelques laboratoires sont accrédités. Cette accréditation garantit une stricte application des normes par les laboratoires et leur participation à des campagnes d'essais interlaboratoires.

Le contrôle du support

Phase essentielle du contrôle de l'installation des géosynthétiques, le contrôle du support consiste à vérifier l'adéquation de la surface avec les recommandations de la profession (CFG, fascicules 11 et 12). Dans le cadre du contrôle qui peut être opéré par l'entreprise, le maître d'œuvre et les organismes extérieurs, seul l'aspect de surface est pris en compte, c'est-à-dire l'absence d'éléments poinçonnants, fermentiscibles, d'ornières, de zones humides ne présentant pas la portance suffisante. La stabilité du support est considérée acquise, elle fait l'objet de contrôles géotechniques en dehors du lot étanchéité.

Il faut savoir que tout support sur lequel sont posés les géosynthétiques est considéré comme ayant été accepté par l'entrepreneur. Le contrôle entre les différentes parties semble donc indispensable et doit être formalisé par un procès verbal qui sera joint au dossier de récolement.

Les contrôles en cours d'installation

Pendant la phase d'installation des géosynthétiques, les contrôles auront pour objectif :

- la vérification des conditions de mise en œuvre des géosynthétiques (moyens humains et matériels fournis par l'entreprise),
- la vérification de l'installation des géotextiles et autres géosynthétiques,
- la vérification de l'étanchéité et de la résistance mécanique des soudures de géomembrane,

- la vérification de l'intégrité des géomembranes hors soudures,
- la vérification des ancrages quels qu'ils soient (tranchées, fixations mécaniques),
- la vérification de tous les points singuliers.

Ces vérifications sont réparties entre les intervenants du contrôle (interne, interne indépendant et extérieur) selon un schéma qui peut être celui décrit dans le fascicule 11 du CFG, relatif aux centres de stockage de déchets.

LE CONTRÔLE DES MOYENS DE L'ENTREPRISE

Avant le démarrage des travaux, l'organisme de contrôle vérifiera les moyens humains et matériels mis à disposition par l'entreprise.

La liste de ces moyens ayant été fournie dans le PAQ, il s'agit de vérifier leur présence sur le site.

En ce qui concerne les moyens humains, il s'agira de vérifier les cartes de certifications des soudeurs et responsables de chantier (cartes ASQUAL ou équivalentes), de vérifier que le nombre de soudeurs certifiés est en rapport avec la dimension du chantier, et ensuite que ce sont bien ces personnes certifiées qui exécutent les opérations de soudage. On compte aujourd'hui plus de 200 certifications ASQUAL en France.

Dans ce domaine, il nous semble tout à fait anormal que des opérations telles que le meulage des géomembranes PEHD (polyéthylène haute densité) préalable à l'extrusion soient réalisées par du personnel non qualifié et en particulier du personnel intérimaire. Cette situation est régulièrement rencontrée sur site, or le meulage fait partie de l'opération de soudage et doit être réservé à du personnel expérimenté ou mieux certifié.

Les moyens matériels sont aussi vérifiés ; en particulier l'adéquation des machines à souder avec le site (pentes) et aux matériaux à mettre en œuvre (épaisseur, nature du polymère).

Enfin le matériel de contrôle est vérifié, afin d'éviter les manomètres non étalonnés, brisés, pour les essais de pression des doubles soudures, des cloches à vide absentes, inadaptées, non fonctionnelles car la vitre est devenue opaque, et des tensiomètres de chantier non étalonnés.

LE CONTRÔLE DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Ce contrôle visuel et dimensionnel permet de vérifier les points particuliers tels que les tranchées d'ancrages, les raccords sur tuyauteries ou murs en béton, la conformité de l'application des géotextiles et des géosynthétiques bentonitiques (largeur de recouvrement, sens des lés), des géomembranes (sens de recouvrement, positionnement des lés, absence de plis ou de tensions, perforations, usures, défauts de fabrication...).

LE CONTRÔLE DES SOUDURES DE GÉOMEMBRANES

Rappelons qu'il existe différents types de soudure selon la famille de géomembranes mise en œuvre et que les méthodes de contrôle sont à adapter à chacune de ces soudures. Se reporter plus loin au chapitre consacré aux différents contrôles des soudures.

Le tableau 1 résume les types de soudure rencontrés pour chaque famille de matériau. La liste est limitée aux familles de matériaux faisant aujourd'hui l'objet de certification ASQUAL.

Des contrôles qualitatifs, complémentaires aux essais d'étanchéité et de résistance mécanique, se révèlent très utiles sur site (tableau 2, page suivante) pour établir un premier diagnostic.

Matériaux	Double soudure automatique	Monosoudure automatique	Soudure manuelle à air chaud ou à la flamme	Extrusion	Collage
PVC-P	X	X	X		
PP flexible	X	X	X	X	
PE HD	X	X		X	
Bitume			X		
EPDM					X

◀ Tableau 1 – Familles de géomembrane et procédés de soudure.

PVC-P : polychlorure de vinyle plastifié ; PP : polypropylène ; PEHD : polyéthylène haute densité ; EPDM : éthylène propylène diène monomère.

► Tableau 2 – Types de soudure et procédés de contrôle sur site.

Types de contrôle d'étanchéité	Double soudure automatique	Monosoudure automatique	Soudure manuelle à air chaud ou à la flamme	Extrusion	Collage (EPDM)
Pointe sèche	X	X	X	X	X
Cloche à vide		X	X	X	X
Mise en pression	X				
Essai diélectrique			X	X	
Ultrasons			X		
Essais mécaniques sur soudures	X	X	X	X	X

LES CONTRÔLES DES RACCORDEMENTS AUX OUVRAGES

Les raccords aux ouvrages et aux traversées d'étanchéité présentent une double difficulté : d'une part, leur réalisation est complexe (mise en place malaisée des géosynthétiques, raccords difficiles à souder, hétérogénéité du support), et d'autre part, il existe très peu de méthodes de contrôle adaptées en dehors de l'examen visuel et des tests qualitatifs tel que la pointe sèche.

Nous estimons que le contrôle doit être essentiellement réalisé en amont, au stade de la conception, afin de favoriser les dispositifs présentant les meilleures garanties d'étanchéité. L'exemple le plus fréquemment rencontré est le raccord de la géomembrane sur des tuyauteries (vidange, arrivée des effluents) dont la nature du matériau n'est pas toujours la même que celle de la géomembrane.

L'avis du contrôleur en phase conception doit inciter le constructeur à préférer des systèmes préfabriqués contrôlés en usine et sur lesquels le soudage de la géomembrane et son contrôle sont faciles à mettre en œuvre.

Les différents contrôles d'étanchéité et de résistance des soudures

L'EXAMEN VISUEL

Cet examen préalable permet la mise en évidence de défauts de soudage tels que des plis dans les soudures, des bulles ou cloques, des soudures partielles (par exemple lorsque la machine à souder est à dévié et qu'il reste un seul cordon de

soudage sur la double soudure), des brûlures dans le cas des soudures manuelles sur PVC et PP, des meulages excessifs dans le cas des extrusions de PEHD, des largeurs de soudures insuffisantes...

Cet examen permet en outre au contrôleur extérieur ou externe de vérifier que les contrôles par mise en pression des doubles soudures ont bien été effectués par l'entreprise.

LE CONTRÔLE À LA POINTE SÈCHE

Cet essai très qualitatif a pour but la détection de zones mal ou insuffisamment soudées. Le passage d'une pointe émoussée le long du bord de la soudure conduit ainsi à détecter ces zones, parfois de surface importante, qui doivent être réparées.

Un contrôle satisfaisant à la pointe sèche n'est pas suffisant pour garantir l'étanchéité de la rustine ou de l'extrusion. Il s'agit seulement d'un test d'arrachement.

Dans le cadre de nos contrôles, nous avons pu constater à de nombreuses reprises et sur différents types de matériaux, que des soudures résistantes au test à la pointe sèche présentaient des fuites lors de l'essai à la cloche à vide. Cet essai reste toutefois recommandé car il constitue un bon test qualitatif pour l'évaluation de la résistance des soudures par extrusion.

LES CONTRÔLES À LA CLOCHE À VIDE

Cet essai facile à mettre en œuvre nécessite une cloche à vide (photo 2), un compresseur et de l'eau savonneuse. Le principe consiste à mouiller à l'eau savonneuse la surface des soudures manuelles ou des extrusions, et de placer la

cloche à vide sur l'ensemble. Avec une dépression de 0,5 bar pour les matériaux rigides (PEHD) et de 0,3 bar pour les matériaux souples (PVC-P, PP), toute fuite ou microfuite se manifeste par l'apparition de bulles sous la cloche. Une durée minimale de 30 secondes est requise afin qu'un équilibre s'opère.

L'essai à la cloche à vide doit être réalisé sur l'intégralité des soudures manuelles sous réserve que la géométrie de celles-ci le permette. Sur les géomembranes PEHD, particulièrement rigides, de nombreuses zones sont inaccessibles pour cet essai (plis, raccords sur tuyauteries, angles). Il existe cependant des cloches de différentes formes et avec des géométries adaptées aux angles.

L'essai à la cloche à vide est un essai d'étanchéité. Il ne peut pas être remplacé par des essais mécaniques tels que le contrôle à la pointe sèche ou encore les essais de pelage ou de cisaillement. Inversement, cet essai ne renseigne pas sur la résistance mécanique des soudures. Dans le cadre de nos contrôles, nous avons pu constater à de nombreuses reprises et sur différents types de matériaux, que des soudures classées étanches après l'essai à la cloche à vide pouvaient être facilement arrachées manuellement.

Après ces essais qualitatifs, deux types d'essais sur les soudures peuvent être mis en œuvre sur site, les uns pour la vérification de l'étanchéité, les autres pour la vérification de la résistance mécanique des soudures, paramètre nécessaire pour garantir l'étanchéité à long terme.



▲ Photo 2 – Contrôle à la cloche à vide (photo APAVE).



◀ Photo 3 – Contrôle en pression des doubles soudures (photo APAVE).

LE CONTRÔLE PAR MISE EN PRESSION DES DOUBLES SOUDURES

Cet essai concerne uniquement les géomembranes polymères pouvant être assemblées par fusion avec des machines à double soudure. L'essai consiste à mettre le canal de contrôle situé entre les deux soudures en pression, le plus souvent pneumatique, et à vérifier l'absence de baisse de pression qui signifierait la présence d'une fuite (photo 3). Les pressions sont de l'ordre de 0,3 M.Pa (3 bars) pour les matériaux rigides comme le PEHD et d'environ 0,1 M.Pa (1 bar) pour les matériaux plus flexibles comme le PVC-P ou le PPf (polypropylène flexible).

L'ESSAI DIÉLECTRIQUE

L'essai diélectrique consiste à vérifier l'absence de passage de courant entre les faces inférieure et supérieure d'une rustine ou d'une extrusion. La mise en œuvre de ce test passe par la mise en place d'un fil conducteur sous la rustine ou l'extrusion préalablement au soudage. Le passage d'un peigne électrique en surface permet la détection de fuite.

Comme dans le cas de la cloche à vide, il s'agit d'un test d'étanchéité ne permettant nullement une appréciation de la résistance mécanique des soudures.

LES CONTRÔLES PAR ULTRASONS

Cette méthode est actuellement utilisée sur les géomembranes bitumineuses et s'appuie sur la mesure de l'épaisseur de la géomembrane et de ses soudures. Dans un joint soudé, où l'épaisseur globale est de l'ordre de 1,5 à 1,8 fois l'épaisseur de la géomembrane, l'examen par ultrasons localise des zones de moindre épaisseur qui correspondent le plus souvent à des défauts de soudage.

LE CONTRÔLE DE LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES SOUDURES

Comme nous l'avons mentionné en introduction, 65 % des 17 défauts observés à l'hectare se situeraient dans les soudures. Les défauts de soudures peuvent être de deux types :

- les défauts d'étanchéité directement mis en évidence par les méthodes de détection de fuites,
- les défauts « mécaniques » qui se traduisent par des non-conformités des soudures vis-à-vis des critères d'acceptation de la profession, tels que les facteurs de soudage ou les résistances minimales et qui ne créent pas immédiatement une fuite.

Le contrôle de la résistance mécanique des soudures de géomembrane est indispensable pour garantir la durabilité des soudures et donc l'étanchéité à long terme.

Ces contrôles se pratiquent :

- **dans le cadre du contrôle interne.** La plupart des entreprises d'étanchéité disposent aujourd'hui de tensiomètres de chantier permettant la lecture de la résistance en traction-cisaillement ou en traction-pelage des soudures. Malheureusement, si le matériel est de plus en plus présent, son utilisation et l'interprétation des résultats d'essais restent parfois encore trop approximatives et conduisent souvent à des conclusions trop rapides quant à la conformité des soudures. Les matériaux polymères sont très sensibles à la température et à la vitesse de sollicitation. Il est donc nécessaire pour pouvoir donner un avis sur la qualité de la soudure de tenir compte de ces effets sur les résistances mesurées, en effectuant les essais dans une fourchette de température assez étroite et toujours identique. Les variations températures entre le matin et l'après-midi peuvent être de l'ordre de plusieurs dizaines de degrés (notamment pour les matériaux de couleur noire), ce qui entraîne des variations importantes de leurs caractéristiques mécaniques.

Ce paramètre est particulièrement important quand il s'agit de calculer un facteur de soudage (cas des géomembranes bitumineuses et PEHD). Le facteur de soudage, rapport entre la résistance de la soudure et une caractéristique mécanique du matériau (résistance maximale des géomembranes bitumineuses et résistance au seuil d'écoulement du PEHD) doit être calculé à partir de données mesurées à la même température. On évitera donc de calculer ce facteur de soudage en utilisant une valeur de la fiche technique du

matériau, ou encore une valeur mesurée à un autre moment de la journée. Les mesures doivent être effectuées simultanément.

Le nombre d'éprouvettes testées influe également sur le résultat. Les caractéristiques du matériau et de la soudure se situent dans une plage de variation propre à chaque test et à chaque matériau et il importe de tester plusieurs éprouvettes pour obtenir une moyenne. Ceci reste trop peu pratiqué sur les chantiers où une à deux éprouvettes seulement sont testées.

Les essais mécaniques sur chantiers restent un moyen de contrôle pseudo-quantitatif. Les écarts fréquemment observés entre les résultats de chantier et les résultats de laboratoire en sont la preuve.

- **dans le cadre du contrôle externe ou extérieur en laboratoire.** Prélèvements (photo 4), conditionnement des éprouvettes et essais sont réalisés en conformité avec les normes d'essais (NFP 84-501 et NFP 84-502) par les laboratoires accrédités par le COFRAC pour le programme 146 « Essais des géomembranes ». Ces laboratoires travaillent depuis plusieurs années sur la validation de nouveaux critères d'acceptation des soudures afin de tenir compte de l'évolution des matériaux et de la prise en compte des données de chantier et de certification, qui constituent une banque de données intéressante. Des travaux, financés par le CFG, l'AFAG et l'APRODEG ont eu lieu sur les géomembranes bitumineuses et PEHD (Benetton et Gérard, 2002) et sont actuellement en cours sur les géomembranes PVC-P, PP et EPDM. Ces travaux devraient donner lieu à une prochaine publication.



▲ Photo 4 – Prélèvement d'un échantillon de soudure pour essais en laboratoire (photo APAVE).

Les contrôles avant réception

LES MÉTHODES DE CONTRÔLE GLOBAL DU DISPOSITIF D'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOMEMBRANES (DEG)

C'est la phase finale du contrôle qui a pour objectif l'ultime vérification de l'intégrité du DEG avant la mise en service de l'ouvrage. Dans la pratique, ce contrôle n'est pas toujours exigé par l'inspecteur des installations classées qui s'appuie sur les différents rapports de contrôle en phase d'exécution pour formuler son avis.

La vérification de l'intégrité du DEG repose sur la mise en œuvre de méthodes globales telles que la mise en eau ou le contrôle géo-électrique. Ce dernier contrôle peut se révéler très intéressant, notamment si la géomembrane est recouverte de matériaux dont la mise en œuvre a présenté un risque pour l'intégrité de la géomembrane. C'est notamment le cas de la mise en place de la couche drainante en fond de casier dans les centres de stockage de déchets (Nosko *et al.*, 2002 ; Rollin *et al.*, 2002).

Pour une description détaillée des méthodes, on se reportera au projet de guide du CFG « Présentation des méthodes de détection et de localisation des défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes »³.

Il s'agit de méthodes permettant un contrôle global du DEG préalablement à sa réception, parmi lesquelles figurent les contrôles géo-électriques. Ces méthodes sont clairement des méthodes de détection de fuites qui doivent être considérées comme un des moyens du contrôle des DEG, en complément à la méthodologie développée précédemment.

La mise en eau des ouvrages pendant une durée de quelques jours avec contrôle du taux d'évaporation permet de mesurer un débit de fuite, mais ne permet pas la localisation du ou des défauts. Cette méthode simple est la plus appropriée pour des ouvrages de dimensions raisonnables.

En cas de baisse anormale du niveau d'eau, il convient de rechercher la ou les fuites par l'une ou l'autre des méthodes ci-avant.

Enfin, dans le cas d'installations industrielles particulières, un contrôle périodique peut être demandé par l'exploitant ou l'inspecteur des installations classées, afin d'avoir l'assurance que

l'étanchéité et la fonctionnalité des ouvrages ne sont pas affectées dans le temps. Ces contrôles périodiques sont pratiqués sur différents ouvrages du secteur de la chimie et du déchet (bassins, stockage de produits polluants) et associent :

- des inspections sur site, lorsque cela est possible,
- des essais en laboratoire sur des coupons témoins de matériaux et d'assemblages préalablement immergés dans les ouvrages et accessibles lors de la vidange des ouvrages ou après enlèvement de la couche de protection.

Ces contrôles et essais périodiques permettent de suivre le vieillissement des DEG et constituent pour l'exploitant une donnée importante pour anticiper le renouvellement éventuel de son installation.

LA VÉRIFICATION DU DOSSIER DE RÉCOLEMENT

Ultime contrôle avant réception de l'ouvrage, la vérification du dossier de récolement est nécessaire pour assurer toute la traçabilité des travaux. Le dossier de récolement correspond à l'ensemble des données de l'ouvrage construit, qui peuvent s'avérer nécessaires en cas de dysfonctionnements futurs. La recherche des causes passe par l'examen de ce dossier qui doit être renseigné de manière très précise et très rigoureuse. On citera l'exemple de ce CET où un écoulement de lixiviat avait été observé dans le drain de contrôle situé entre deux étanchéités par géomembrane. L'examen du plan de récolement des lés et des soudures a permis de privilégier une zone d'investigation, et après avoir dégagé 4 ou 5 m de déchets, une des extrusions situées dans la zone supposée de la fuite s'est révélée défectueuse.

Le coût du contrôle

La notion de contrôle doit être déconnectée de la dimension de l'ouvrage.

On aurait tort de penser que le contrôle concerne seulement les ouvrages de grande capacité, puisque certains petits ouvrages de quelques centaines de m³ peuvent présenter un risque beaucoup plus important que des bassins de plusieurs milliers de m³, du fait du caractère plus ou moins polluant des produits stockés.

De ce fait, le coût du contrôle peut varier de quelques dizaines de centimes d'euros à quelques euros par m².

3. Groupe de travail « Détection de fuites dans les dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques » : <http://www.cfg.asso.fr/>

Le contenu des missions de contrôle dépend également :

- du risque lié à la destination de l'ouvrage,
- du budget alloué à ce poste,
- du caractère réglementaire ou non de l'ouvrage,
- de la pertinence de l'offre technique de contrôle et de l'expérience de l'organisme consulté.

Si le contrôle a un coût, l'absence de contrôle peut en avoir un nettement plus élevé, dû par exemple aux retards sur le planning occasionnés par des non-conformités ou aux pertes d'exploitation lorsque les fuites ou les endommagements apparaissent après mise en service des ouvrages.

Conclusion

À chaque stade de la construction d'un ouvrage impliquant des géosynthétiques, il est possible de mettre en œuvre des contrôles, qu'ils soient

intégrés dans l'offre du constructeur ou pris en charge par le maître d'ouvrage. Les méthodes et les moyens existent, aussi bien sur site qu'en laboratoire pour prévenir les aléas de la construction. Si la réglementation est aujourd'hui encore imprécise quant au contenu des missions de contrôle (à quelques rares exceptions près), la profession s'est organisée pour fournir aux décideurs des normes d'essais et des recommandations de mise en œuvre et de contrôle.

D'autres sujets de réflexion subsistent cependant parmi lesquels l'accréditation des bureaux de contrôle et la certification des contrôleurs. En effet, dans ce domaine où les enjeux et les risques environnementaux peuvent être très importants, leur mission dépasse alors le cadre classique de la protection d'un ouvrage. Il nous semble donc primordial que des efforts importants soient réalisés en matière de formation des contrôleurs intervenant sur les chantiers dans ce domaine spécifique des géosynthétiques afin d'améliorer la qualité du contrôle. □

Résumé

Le contrôle des géosynthétiques dans les installations classées revêt un intérêt tout particulier compte tenu du risque inhérent aux produits fabriqués ou stockés. Du centre de stockage de déchets (CSD) à l'usine de production chimique, en passant par les stockages d'effluents agricoles, les contraintes et les réglementations diffèrent. Les contrôles spécifiques aux géosynthétiques et à leur application présentent donc souvent de nombreuses variantes.

Après un bref rappel sur le contexte réglementaire, cet article fait le point sur l'organisation générale des missions de contrôle à différents niveaux (contrôles intérieur et extérieur), avant d'axer plus particulièrement notre propos sur les géomembranes, dont le rôle essentiel est d'assurer l'étanchéité des ouvrages. Nous examinons ainsi les différentes méthodes permettant de vérifier la conformité des réalisations aux textes et aux règles de l'art, à tous les stades du projet, de la conception à la mise en service de l'ouvrage.

Abstract

Controls of geosynthetics in hazardous industry is particularly important due to the nature of the products or wastes which are stored. Laws which applied to the control of geosynthetics in chemical industries, landfills or agricultural effluents differ and so specific controls of geosynthetics display a various kind of prestations.

After a short description of the French rules and laws concerning the geosynthetics and their installation, we describe internal and external controls and tests which are done and particularly in the specific domain of geomembrane whose first function is the tightness of the buildings. We also introduce the main control methods used at the successive stage of the project to verify the conformity of the construction with the regulations and the art rules.

Bibliographie

- BENNETON, J.-P. ; GERARD, Y., 2002, Mechanical strength evaluation of geomembrane welds-welding factors, *Geosynthetics, State of the art, recent development*, Geosynthetics, 7th ICG, Nice, p. 1411-1414.
- BIGUET, R., 2002, Certification for geosynthetics: ASQUAL certification, *Geosynthetics, State of the art, recent development*, Geosynthetics, 7th ICG, Nice, p. 1471-1472.
- Comité français des géosynthétiques, 1995, *Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage des déchets*, Fascicule n° 11.
- Comité français des géosynthétiques, 1998, *Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques*, Fascicule n° 12.
- Démarche qualité pour la mise en oeuvre des géosynthétiques. Application aux centres de stockage des déchets*, 1998, Coll. Connaître pour agir, ADEME.
- Étanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier, Guide technique*, 2000, SETRA-LCPC, 95 p.
- Étanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier, Guide complémentaire*, 2000, SETRA-LCPC, 71 p.
- NF P 03-100, *Critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction*.
- NF P 84-502-1, *Géomembranes. Essais sur joints. Détermination des caractéristiques en traction-cisaillement*.
- NF P 84-502-2, *Géomembranes. Essais sur joints. Détermination des caractéristiques en traction-pelage*.
- NOSKO, V. ; BISHOP, J. ; KONISHI, Y., 2002, Study of the use of electrical leak/damage detection and location systems around the world, *Geosynthetics, State of the art, recent development*, 7th ICG, Nice, p. 769-774.
- ROLLIN, A. ; PIERSON, P. ; LAMBERT, St., 2002, *Géomembranes, Guide de choix*, Presses internationales POLYTECHNIQUE, Montréal, 274 p.
- ROLLIN, A. ; MARCOTTE, M. ; CHAPUT, L. ; CAQUEL, F., 2002, Lessons learned from geo-electrical leaks surveys, *Geosynthetics, State of the art, recent development*, 7th ICG, Nice, p. 527-530.
- TOUZE FOLTZ, N., 2002, Méthodes de détection et de localisation de défauts dans les géomembranes, *Ingénieries-EAT*, n° 31, septembre 2002, p. 17-25.