



Guide pour la réalisation et l'exploitation de planches d'essais sur DEG

"Planch'endomm"

Guide pour la réalisation et l'exploitation de planches d'essais sur DEG

Préambule

Ce guide définit une méthode pour la réalisation de planches d'essai des DEG sur site, dans le but d'estimer leur comportement face aux sollicitations mécaniques pouvant conduire à leur endommagement.

La méthode et le canevas uniques, établis objectivement, permettent au producteur de comparer différents DEG, au concepteur de valider plusieurs options ou au maître d'ouvrage de s'assurer de l'aptitude du DEG retenu.

Pour cela, le guide fournit des indications sur la mise en œuvre des planches, précise les informations à recueillir sur les matériaux naturels et synthétiques utilisés, indique les observations à effectuer lors du démontage des planches ainsi que les essais complémentaires qui peuvent être réalisés sur les échantillons prélevés. Enfin, il donne une méthode pour l'exploitation des planches.

Par sa méthode unique, d'applicabilité très large, ce guide a aussi pour intérêt d'enrichir la compréhension de l'endommagement par présentation plus homogène et uniforme des résultats des planches d'essais : les publications qui en sont faites peuvent être comparées exhaustivement.

Comité Français des Géosynthétiques (CFG)

Secrétariat : Danièle PECK
9, rue du Gué
92500 RUEIL MALMAISON

Tél. : 01 41 96 90 93
Fax : 01 41 96 91 05
E-mail : secretariat.cfg@wanadoo.fr

Ce guide a été établi par le groupe de travail du Comité Français des Géosynthétiques (CFG) :

***"Comportement au poinçonnement
des Dispositifs d'Etanchéité par Géomembrane (DEG) "***

Ont tout particulièrement participé à l'élaboration de ce guide :

M.	LAMBERT	CEMAGREF ANTONY Animateur du groupe - Rédacteur du Guide
M.	ARTIERES	BIDIM GEOSYNTHETICS
M.	AUVIN	TARKETT SOMMER
M.	BENNETON	LRPC LYON
M.	BRUHIER	HUESKER SYNTHETIC
M.	CAQUEL	LRPC NANCY
M.	DESGOUILLES	SOPREMA
M.	FAYOUX	ALKOR DRAKA
M.	GIRARD	CEMAGREF BORDEAUX
M.	IMBERT	SNCF
M.	JOLLY	SYNCOTEX
M.	KHAY	CER ROUEN
M.	LANGLOIS	FIBERTEX
Mme	NIKBAKHT	DUPONT DE NEMOURS
M.	PELSY	LANDOLT

Comité Français des Géosynthétiques (CFG)

Secrétariat : Danièle PECK
9, rue du Gué
92500 RUEIL MALMAISON

Tél. : 01 41 96 90 93
Fax : 01 41 96 91 05
E-mail : secretariat.cfg@wanadoo.fr

Guide pour la réalisation et l'exploitation de planches d'essais sur DEG

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
2. PLANCHES SUR DEG	5
2.1. Objectifs des planches d'endommagement	5
2.2. Constitution des deg et des planches	5
3. ENDOMMAGEMENT DES GÉOMEMBRANES - GÉNÉRALITÉS	6
3.1. Influence des caractéristiques des géosynthétiques	6
3.2. Influence des caractéristiques des matériaux naturels	7
3.3. Influence des conditions de mise en oeuvre	7
4. RÉALISATION DES PLANCHES	8
4.1. Généralités	8
4.2. Mise en oeuvre	9
(a) Mise en oeuvre du support	9
(b) Mise en oeuvre du complexe géosynthétique	9
(c) Mise en oeuvre de la couche de recouvrement	11
4.3. Démontage des planches	11
4.4. Marquage DES GÉOSYNTHÉTIQUES	12
5. OBSERVATIONS APRÈS DÉMONTAGE DES PLANCHES	12
5.1. Examen de la géomembrane	12
5.2. Examen des géotextiles	13
5.3. Autres observations	13
5.4. Photographies	13
5.5. Essais de caractérisation de l'endommagement	13
(a) Objectif	13
(b) Prélèvements pour essais	14
5.6. COMPARAISON EN AVEUGLE	14
6. PRESENTATION DES RESULTATS	15
6.1. Généralités	15
6.2. Niveaux d'endommagement	15
(a) Affinement du classement	15
(b) Cas du Niveau II	16
7. NORMES	16
ANNEXES : TABLEAUX 1 A 7	17

1. Introduction

Les géomembranes peuvent être exposées à des sollicitations mécaniques sévères conduisant à leur endommagement. Ces sollicitations, rencontrées à la mise en œuvre ou en service, peuvent engendrer des dégâts allant du défaut de surface au percement de la géomembrane, nuisant ainsi à son intégrité et à sa pérennité.

Le DEG doit ainsi être conçu pour limiter le risque de perte d'étanchéité, propriété fonctionnelle principale des DEG, résultant de l'endommagement. Même si les aspects mécaniques sont à prendre en compte dans le dimensionnement d'un DEG, et ce notamment sur les talus (efforts de traction ou stabilité sur pente), le DEG doit avant tout être conçu pour limiter l'endommagement de la géomembrane.

Dans ce guide, on s'intéressera principalement aux sollicitations à la mise en œuvre sachant que la même méthodologie pourra être suivie pour des planches simulant des contraintes en service.

Dans la pratique, l'élément endommageant peut aussi bien être sous le DEG que dessus. En effet, un DEG peut être posé en fond de bassin sur un sol présentant des éléments grossiers ou bien être recouvert par une couche granulaire. Cependant, dans le cas de planches simulant les sollicitations à la mise en œuvre les éléments présentant le caractère le plus endommageant se trouvent généralement au-dessus du DEG.

L'endommagement mécanique des géomembranes résulte généralement d'un poinçonnement. Celui-ci est le plus souvent le fait de cailloux, granulats ou tout autre objet ou élément de structure, pointu ou proéminent et venant en contact avec le DEG.

Lors de la mise en œuvre du matériau de recouvrement sur le DEG, il y a application d'une surcharge par circulation des engins, avec éventuellement compactage, et également déplacement des granulats. Il y a donc compression de la couche granulaire sur le DEG et, dans une moindre mesure, ripage des granulats. Les contraintes générées sur le DEG sont ainsi des contraintes de frottement, avec abrasion, et de poinçonnement localisé. Il peut en résulter pour la géomembrane des endommagements de surface (marques, griffures), une déformation (rémanente ou non), voire un percement. Toutes ces sollicitations entraînent une dégradation des caractéristiques physiques et mécaniques des géosynthétiques.

L'état ultime de l'endommagement est le percement de la géomembrane. Cependant, toute autre forme d'endommagement peut nuire à la pérennité de la géomembrane. En effet, toute déformation ou rayure excessive peut contribuer à la perte des propriétés d'étanchéité à long terme. Le défaut peut évoluer en perforation par mise en traction, fluage, fissuration sous contrainte... Après expérimentation, il y a donc lieu de s'intéresser à la fois à l'imperméabilité de la géomembrane mais également à son état général.

Les géotextiles utilisés pour constituer le DEG seront d'abord examinés dans leur aptitude à protéger la géomembrane. Cependant, les caractéristiques résiduelles des géotextiles, i.e. après exposition aux sollicitations de mise en œuvre, peuvent avoir une grande importance pour la pérennité du DEG (résistance en traction sur les pentes ou fonction protection face aux sollicitations de service). Aussi, les géotextiles pourront être l'objet d'observations et essais plus poussés.

2. Planches sur DEG

2.1. Objectifs des planches d'endommagement

L'objectif de planches sur chantier est d'évaluer le comportement des DEG face aux sollicitations d'endommagement liées aux conditions réelles de mise en œuvre.

Deux types de planches peuvent être réalisés : des planches de convenances et des planches d'essais. Dans le premier cas, l'objectif de la planche sera de valider un choix de DEG. Dans le second cas l'objectif des planches pourra être de comparer ou de définir :

- divers DEG,
- différents moyens et techniques de mise en œuvre de la couche de recouvrement,
- les critères d'acceptabilité de la couche support (état compactage),

que ce soit dans un objectif de recherche ou pour un projet précis.

Ces deux types de planche peuvent être réalisés en suivant les indications du présent guide.

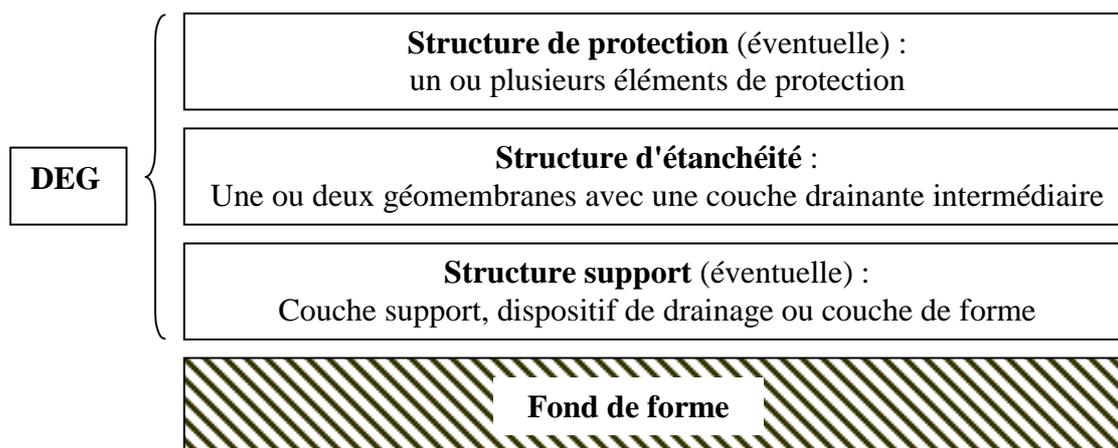
La réalisation des planches, de convenances ou d'essai, peut être une opération lourde et coûteuse. Y recourir permet généralement de minimiser les risques. Le coût de ces planches doit ainsi être mis en regard du risque et des avantages apportés.

Lorsque des planches d'essai sont envisagées, il convient de définir clairement les objectifs de celles-ci. En fonction notamment de la finalité des planches, de leur nombre et de la taille de l'ouvrage en projet les moyens à mettre en œuvre seront très variables. La méthodologie globale devra être définie entre les différentes parties. Seront notamment fixés le nombre et le type d'essais et contrôles à effectuer.

L'obtention de résultats exploitables, et à forte plus-value, nécessite que les conditions techniques de réalisation, de suivi et d'examen aient été bien identifiées et validées au préalable.

2.2. Constitution des DEG et des planches

La figure suivante présente le DEG tel défini par la norme NF P 84-500.



La structure de protection et la structure de support peuvent être constituées de matériaux naturels (sol fin, graviers...) ou synthétiques (géotextile, géocomposites ...).

Dans le cadre des planches d'endommagement, l'objet examiné est principalement le 'complexe géosynthétique', c'est à dire l'ensemble des éléments géosynthétiques qui constitue tout ou partie du DEG. On sera ainsi amené à observer l'état de chaque géosynthétique après démontage de la planche.

Si le DEG inclut des matériaux naturels, l'endommagement de ceux-ci ne sera pas l'objet d'examen. Cependant, les matériaux naturels mis au contact direct des géosynthétiques seront évalués par rapport à leur comportement mécanique et à leur agressivité, ces deux paramètres pouvant avoir une forte incidence sur l'endommagement du DEG.

De fait, dans ce guide, par souci de simplification et de clarté, on décrira les planches comme étant constituées de trois éléments distincts :

- le support (i.e. le fond de forme, la couche de forme ou la couche support),
- le complexe géosynthétique,
- la couche de recouvrement.

Cette description simplifiée de la structure des planches permet d'éviter toute confusion des termes, tout en respectant les définitions existantes. Cette description a pour intérêt majeur de distinguer les éléments essentiels de la structure par rapport à l'objet principal de la planche, c'est à dire le complexe géosynthétique.

Chacun de ces éléments peut être lui-même constitué de plusieurs couches. Le support peut être constitué de deux sols de caractéristiques différentes. Le complexe géosynthétique peut être constitué d'une superposition d'une géomembrane et de plusieurs géosynthétiques de part et d'autre de celle-ci. La couche de recouvrement peut être constituée d'une couche de sol fin recouverte d'un matériau plus grossier. Toutes ces couches seront mentionnées et prises en compte.

3. Endommagement des géomembranes - Généralités

L'endommagement de la géomembrane dépend :

- des caractéristiques des géosynthétiques (géomembrane et géotextile(s)) : nature du polymère, type de fabrication, masse surfacique, épaisseur ...
- de la qualité des matériaux en contact avec le complexe géosynthétique : granulométrie, angularité, portance, rhéologie,
- des conditions de mise en œuvre de la couche de recouvrement : modalités de mise en place du matériau, énergie de compactage, épaisseur de la couche compactée...
- des contraintes en service.

3.1. Influence des caractéristiques des géosynthétiques

D'une famille de géomembrane à l'autre les comportements sont très variables face à une même sollicitation. Ceci est dû à la nature du constituant de base de la géomembrane et, dans une moindre mesure, aux autres composants. Les paramètres influant sur la résistance à l'endommagement sont nombreux et mal maîtrisés. On cite pour principal exemple la résistance au poinçonnement, mais ce paramètre n'intègre pas les aspects de résistance à l'abrasion. L'épaisseur de la géomembrane a également de l'importance.

Pour ce qui concerne les géotextiles, le polymère les constituant et leur mode de fabrication (non-tissé, tissé, composite, grille) influent sur le niveau de l'endommagement de la géomembrane et sur leur niveau d'endommagement propre. Les principales caractéristiques pertinentes dans la fonction protection sont, entre autres, la masse surfacique, l'épaisseur, la

résistance au poinçonnement. Bien sûr, sur pente, il conviendra également de tenir compte des propriétés en traction.

Dans le cas d'un complexe géosynthétique, le comportement face à l'endommagement, dans un contexte donné, dépendra bien évidemment des propriétés de chacun des éléments.

3.2. Influence des caractéristiques des matériaux naturels

Le support sur lequel repose le complexe géosynthétique intervient par sa portance, son état de surface, son ouverture (dimensions des vides en surface) et par la présence éventuelle d'éléments grossiers.

En première approche, la portance peut être définie par des essais géotechniques tels qu'essai à la plaque ou à la dynaplaque. Cette portance 'macroscopique' devra éventuellement être complétée par une information sur la portance locale du support. En effet, les éléments poinçonnant le complexe géosynthétique sont de taille plus petite que ces plaques d'essais et la portance estimée sur une grande surface peut ne pas être représentative du comportement local du support.

Le matériau de recouvrement intervient sur l'endommagement par sa nature, sa granulométrie et l'angularité des éléments granulaires. Un matériau grossier, à granulométrie uniforme ou discontinue, comportant des éléments concassés et anguleux génère des sollicitations très sévères sur le complexe géosynthétique.

La nature des éléments grossiers, et donc le risque d'évolution du granulat lors de la mise en œuvre devra aussi être pris en compte ; un roulé soumis à un fort compactage devient un concassé par éclatement.

Pour ces deux matériaux la granulométrie est importante et, plus encore, c'est la taille des plus gros éléments au contact du complexe géosynthétique qui est le plus critique.

Si le support ou la couche de recouvrement sont composés de plusieurs couches de matériaux différents, chacune devra être considérée. Pour ce qui concerne le support, c'est le risque de déformation de la couche inférieure qui devra être considéré. Pour la couche de recouvrement, c'est la transmission des contraintes depuis l'engin jusqu'aux géosynthétiques qui devra être considéré.

3.3. Influence des conditions de mise en œuvre

La contrainte exercée sur le complexe géosynthétique à la mise en œuvre dépend des modalités de mise en place de la couche de recouvrement par les engins mécaniques et de son compactage, le cas échéant.

La seule circulation d'engins peut entraîner d'importants dégâts sur le complexe géosynthétique, et notamment lorsque les véhicules tournent, démarrent ou freinent alors qu'ils évoluent sur la couche de recouvrement en cours de mise en œuvre. De manière générale, on prendra les dispositions nécessaires, à la conception, pour éviter ce type de sollicitations. Cependant, si la réalisation de l'ouvrage envisage de telles manœuvres, elles devront être simulées lors des planches.

Dans ce cas, les paramètres à considérer sont l'épaisseur de la couche de recouvrement, le poids des engins, le type de pneumatiques, le type de manœuvres envisagées.

Lorsqu'il y a compactage, les principaux paramètres à considérer sont l'épaisseur de la couche compactée et l'énergie de compactage appliquée (classe de compacteur, nombre de passes et

vitesse de translation). Ce compactage est généralement effectué par des engins de type vibrant.

Une énergie de compactage élevée appliquée par un compacteur vibrant lourd sur une couche relativement mince (≤ 25 cm) de matériau grossier mise en œuvre sur un support très peu déformable ou très déformable provoque des dommages importants du complexe géosynthétique. Les contraintes mécaniques exercées sur le géosynthétique à la base d'une couche de grave par le compactage peuvent atteindre plusieurs dixième de MPa. Dans ce cas, le niveau élevé de sollicitation associé à la présence d'éléments anguleux ou de gros éléments du matériau de recouvrement provoque des déchirures ou des perforations des géosynthétiques. Certaines recommandations préconisent une mise en œuvre à l'avancement et une couche de matériau d'épaisseur minimale supérieure à 15 cm.

Par ailleurs, les conditions atmosphériques ont une importance, et tout particulièrement la température ambiante et la température de la géomembrane lors de la mise en œuvre.

4. Réalisation des planches

4.1. Généralités

Ce document aide à la réalisation et à l'interprétation des planches. Il fournit 7 fiches type permettant un relevé méthodique des informations importantes et la présentation complète des informations recueillies. Ces fiches concernent :

- la planche : voir tableau 1,
- le support et la couche de recouvrement : voir tableaux 2 et 5,
- les géosynthétiques : voir tableaux 3 et 4,
- les observations après réalisation des planches : voir tableau 6,
- la synthèse des planches, avec classement indicatif en fonction de l'endommagement : voir tableau 7.

Les différentes étapes de réalisation de planche d'essais sont présentées au tableau suivant par ordre chronologique. Les paragraphes du présent guide s'y rapportant et les tableaux à renseigner à chacune d'entre elles sont également précisés.

Etape	Paragraphe concerné	Tableaux à renseigner
Définition de l'objectif des planches	2.1	-
Description des différentes planches	2.2	1
Définition des éléments constituant les différentes planches	4.2,	2, 3, 4, 5,
Mise en œuvre des planches et application des sollicitations	4.2, 4.3,	2, 5
Démontage des planches	4.4, 4.5	-
Examen des éléments constituant les planches et essais complémentaires éventuels sur géosynthétiques	5	6
Synthèse des planches	6	7

Pour chaque type de matériau on remplira un tableau 2, 3, 4 ou 5. Pour chaque planche, on renseignera un tableau 1, 6 et 7.

Cet ensemble permet l'enregistrement des données importantes et leur organisation, et ce quel que soit le nombre de planches et le nombre de matériaux naturels et synthétiques utilisés.

4.2. Mise en oeuvre

(a) Mise en oeuvre du support

Normalement, les planches seront réalisées sur le site même du projet.

Le support devra présenter les mêmes caractéristiques que le sol prévu pour le chantier. Sa mise en oeuvre, sa préparation, sa teneur en eau, sa planéité, la granulométrie en surface devront être représentatives de ce qu'il est prévu pour le chantier. La mise en oeuvre de cette couche ne doit pas être l'objet de minutie particulière.

Pour cette mise en oeuvre comme pour le projet, on pourra se référer au GTR SETRA-LCPC (1992).

La surface du sol préparé devra être supérieure à celles des planches ; en effet, il doit être possible de mettre en oeuvre la couche de recouvrement dans de bonnes conditions et de manière uniforme, sans solliciter de manière non uniforme la géomembrane.

Si deux couches distinctes sont mises en oeuvre, il conviendra de le préciser. La couche en contact de la géomembrane devra faire l'objet d'une description complète et l'autre devra principalement être décrite en termes de portance.

(b) Mise en oeuvre du complexe géosynthétique

La mise en oeuvre du complexe géosynthétique ne demande aucune disposition autre que celles prévues par les règles de l'art et doit correspondre à ce qui est prévu pour le chantier.

A l'issue de cette mise en oeuvre, on renseignera le tableau 2.

La géomembrane sera manipulée avec soin, et ancrée en crête de talus au besoin, de même que les géotextiles.



Photographie 1 : mise en oeuvre du DEG (Cemagref Bordeaux)

A moins d'un objectif particulier, on évitera de disposer des échantillons de géomembrane présentant des soudures en zone d'essai. Si il n'est pas possible de faire autrement, il sera essentiel de distinguer, lors de l'analyse des résultats, les zones soudées des parties courantes de géomembrane.

La surface de complexe géosynthétique devra être suffisante pour permettre une observation représentative du chantier et également le prélèvement d'échantillons pour observations en laboratoire, conservation, essais complémentaires....

Cette surface dépendra également des moyens utilisés pour la mise en œuvre de la couche de recouvrement, et notamment de la largeur des engins : les dimensions des planches devront permettre des passages de compacteur ou autre engin, sans chevauchement entre deux passages.

Un minimum de 5 mètres de long sur 5 mètres de large est conseillé. La largeur des planches pourra être définie en fonction de la largeur de compacteur à utiliser, le cas échéant.

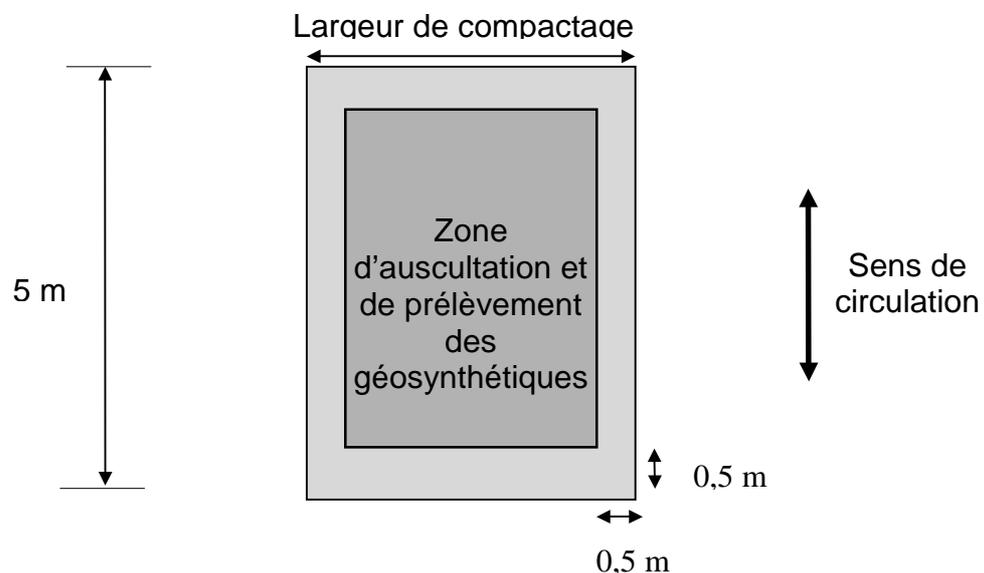


Figure 1 : Exemple de planche d'essai (dimensions indicatives)

Il conviendra d'ancrer le géotextile de protection mis en place sur la géomembrane, pour éviter tous déplacements intempestifs de celui-ci lors de la mise en œuvre du matériau de recouvrement, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas représentatifs des conditions de réalisation normale de l'ouvrage.

Si plusieurs planches sont envisagées, on alignera celles-ci dans le sens de roulement des engins de telle sorte que les mêmes sollicitations soient appliquées sur les différentes planches. Si plusieurs planches sont envisagées avec le même matériau de recouvrement, la mise en œuvre sera simplifiée si les planches sont contiguës.

Les tableaux 3 et 4 devront être renseignés (autant de tableaux que de matériaux différents). La fiche technique ou le certificat ASQUAL de chaque géosynthétique sera annexé au dossier.

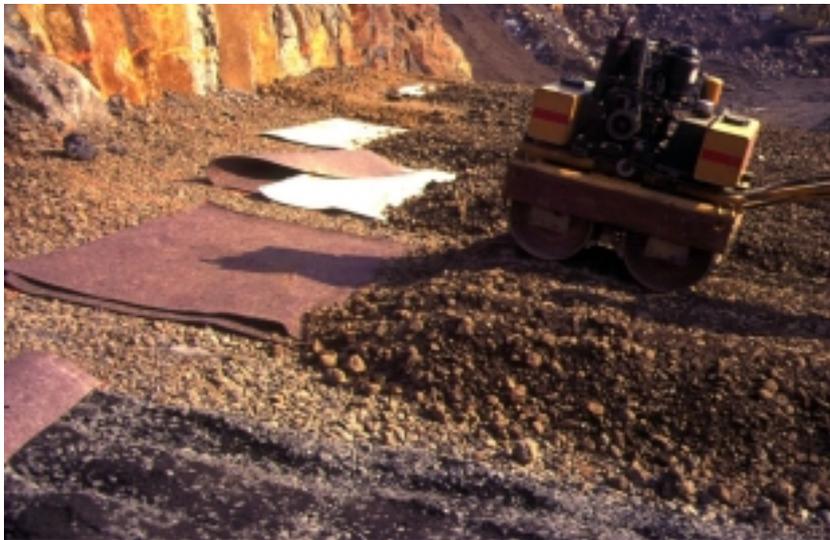
(c) Mise en œuvre de la couche de recouvrement

La couche de recouvrement devra être identique, en épaisseur et qualité, à celle prévue pour l'ouvrage final. Les équipements et méthodes pour la mise en œuvre de cette couche devront être similaires à ceux définis pour le chantier, par le nombre de couches élémentaires, le type et le poids des engins, le nombre de passages, le plan de balayage ...

Lorsque la qualité de la couche de recouvrement ou les modalités de sa mise en œuvre sont l'enjeu des planches d'essai, les moyens et techniques devront être identiques à ceux qui seront réellement mis en œuvre pour le chantier.

Si deux couches distinctes sont mises en œuvre il conviendra de le préciser. La couche au contact des géosynthétiques devra faire l'objet d'une description complète et l'autre devra principalement être décrite en termes de granulométrie.

Le tableau 5 devra être renseigné pour chacune des couches de recouvrement utilisées pour les différentes planches.



Photographie 2: Application des sollicitations (Cemagref Bordeaux)

4.3. Démontage des planches

Après essai, le démontage des planches doit être effectué soigneusement de manière à ne pas endommager les géosynthétiques à prélever. La couche de recouvrement doit être enlevée avec des moyens légers, en général manuellement, sans circulation de quelque nature que cela soit sur le complexe géosynthétique. Sur pente, la couche sera ôtée en commençant par le haut.

Le dégagement des géosynthétiques sera facilité si il y a eu repérage préalable de l'emplacement du complexe géosynthétique (débord extérieur ou repérage par cordons ou autres moyens).

On pourra se limiter au dégagement d'une partie du complexe géosynthétique. La surface minimale doit permettre des observations représentatives de la planche : celle-ci doit être définie clairement au préalable. La surface observée ne devra pas être inférieure à 1 m².

Les observations visuelles des géosynthétiques (paragraphe « Observations après essais ») devront impérativement être réalisées avant toute manipulation de ceux-ci.

4.4. Marquage des géosynthétiques

Tout échantillon mis au jour devra être marqué, avant toute autre action, et notamment avant les observations et photographies. Il conviendra alors que ce marquage fasse une référence explicite à l'identifiant du géosynthétique ainsi qu'à l'identifiant de la planche concernée.

5. Observations après démontage des planches

Les observations seront faites selon les indications données dans les paragraphes suivant et en fonction de la chronologie de démontage des planches. L'examen d'un matériau (géosynthétique ou sol) se fait avant tout déplacement ou remaniement de celui-ci.

Lors de l'examen, on remplira le tableau 6.

5.1. Examen de la géomembrane

Observer l'état de surface de la géomembrane dégagée, repérer les endommagements éventuels, leur répartition sur la planche. En cas de concentration de celles-ci on recherchera la cause dans l'application des sollicitations : un chevauchement des passages ou un essai géotechnique peuvent avoir occasionner des endommagements plus importants localement. Il conviendra de ne pas considérer les bords de la planche (50 cm - voir Figure 1).

Définir et quantifier les endommagements à partir des définitions suivantes :

- Eraflure : rayure de surface (préciser le nombre et la longueur maximale) ;
- Entaille : rayure en profondeur, sans percement (préciser le nombre ainsi que la longueur et la profondeur estimée maximales) ;
- Indentation : poinçonnement ponctuel rémanent et sans perforation, avec réduction d'épaisseur importante, correspondant généralement à l'empreinte d'un granulat. (préciser le nombre et le diamètre maximal) ;
- Déformation : déformation de la géomembrane du fait d'une irrégularité dans la planéité du support (du fait d'un tassement ou d'un défaut initial de planéité ou de continuité) ou de la pro-éminence d'un élément grossier, rémanente ou non et sans réduction notable de l'épaisseur - voir figure 2 - (préciser le nombre et la dimension caractéristique) ;
- Percement : trou ou déchirure (préciser le nombre, la forme, et la dimension caractéristique).

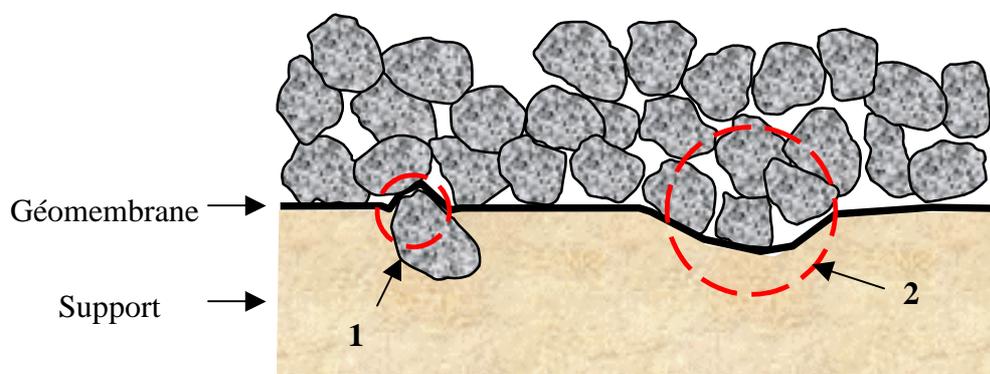


Figure 2 : représentation schématique d'endommagements de type 'déformation' – Déformation due (1) à un élément proéminent et (2) à un défaut de planéité du support observé après démontage

A noter que tous ces types d'endommagement ne sont pas rencontrés pour tous les types de géomembranes. L'indentation est observable sur les géomembranes bitumineuses mais rarement sur les géomembranes PVC ou EPDM.

5.2. Examen des géotextiles

Il conviendra de caractériser l'état des géotextiles placés sur et sous la géomembrane, suivant une typologie simple : intact, perforé, déchiré, abrasé, déformé, empreintes des granulats... L'importance de cet examen dépendra de l'agressivité du matériau en contact avec le complexe géosynthétique.

Sur pente, on portera une attention particulière à toute déformation importante du géotextile placé sur la géomembrane dans le sens perpendiculaire à la pente, généralement en haut de pente, et pouvant mettre en évidence une insuffisante résistance à la traction.

Si un géotextile ou produit apparenté, ayant une autre fonction que la protection (drainage...) a été intégré dans le complexe géosynthétique il conviendra également de caractériser son état en regard de sa fonction dans l'ouvrage.

Ces informations seront portées sur le tableau 6.

5.3. Autres observations

Lors du dégagement de la couche de recouvrement, on notera l'état de celle-ci : s'il apparaît que certains granulats se sont fragmentés du fait de l'application des contraintes, il conviendra de le noter, et tout particulièrement si cette fragmentation apparaît à proximité de la géomembrane. Les observations seront notées en bas du tableau 6.

Après observation du complexe géosynthétique, on dégagera celui-ci délicatement afin de ne pas endommager le support. On observera la surface de celui-ci et relèvera toute déformation ou fragmentation des éléments grossiers. Elles seront notées sur le tableau 6.

5.4. Photographies

Des photographies des planches prises à chaque étape (avant, pendant, après) pourront utilement compléter les observations visuelles. Dans ce cas, chaque prise de vue intégrera une échelle (règle...) et l'identifiant de la planche. Ces prises de vue pourront concerner l'ensemble de la planche mais également des détails (déchirures, perforations...) sur les géosynthétiques comme sur les matériaux naturels.

5.5. Essais de caractérisation de l'endommagement

(a) Objectif

Des essais complémentaires sur la géomembrane, réalisés en laboratoire, peuvent permettre de caractériser le niveau d'endommagement de celle-ci. Ceci peut être pertinent quand l'indentation ou la déformation est significative sans avoir apparemment conduit à la perforation. On pourra notamment recourir à des essais de traction bi-axiale (NF P 84-523). Cet essai peut mettre en évidence un début de percement ou une fragilisation de la géomembrane.

D'autres essais mécaniques ou hydrauliques ou analyses peuvent être réalisés.

L'endommagement des géotextiles, ou produits apparentés, pourra également être l'objet d'essais. Ceux-ci devront être définis en fonction de la fonction éventuellement attendue du géotextile au-delà de la période de mise en œuvre. Les fonctions seront principalement protection, drainage et renforcement et les essais pertinents pour caractériser l'état du géotextile auront principalement pour objet de définir les caractéristiques résiduelles des géotextiles par rapport à cette fonction.

(b) Prélèvements pour essais

Les prélèvements d'échantillons pour essais seront préférentiellement effectués avant déplacement du géosynthétique concerné. On pourra se limiter à des prélèvements ponctuels, correspondant à la surface nécessaire pour réaliser les essais envisagés. Chaque échantillon devra être identifié clairement, en donnant le n° de la planche et la position sur la planche. On indiquera également le sens (production ou travers) sur les prélèvements, et ce notamment si des essais de traction sont envisagés.

Les échantillons prélevés pour essais devront être représentatifs de l'état d'endommagement de la planche dont ils proviennent. Si l'endommagement est non uniforme, les éprouvettes devront être, dans leur ensemble, représentatives de l'état de la planche.

Si les échantillons sont prélevés aux fins d'essais de traction biaxiale ('éclatométrie'), on fera en sorte que les endommagements se trouvent en zone centrale de l'échantillon (au préalable, on se sera renseigné sur les dimensions nécessaires pour la réalisation de cet essai). En effet, l'incidence d'un endommagement localisé sur les propriétés en traction bi-axiale ne peut pas être déterminée si le défaut se trouve en bordure d'éprouvette soumise à essai.

Pour leur transport, les éprouvettes devront être maintenues à plat, protégées en surface et isolées les unes des autres. Les géomembranes, quel que soit leur type, ne devront pas être roulées, ni pliées pour le transport. On pourra disposer les éprouvettes sur une palette, en les intercalant avec un géotextile.

Les résultats de ces essais seront portés sur le tableau 6. Ceux-ci pourront être résumés en indiquant le type d'essai réalisé et le rapport entre caractéristique du matériau vierge et caractéristique du matériau prélevé sur planche.

Si une comparaison de l'endommagement de la géomembrane en aveugle est envisagée (voir paragraphe suivant), l'identifiant des éprouvettes devra être neutre et ne pas être explicite quant aux conditions de réalisation des planches.

5.6. Comparaison en aveugle

On pourra procéder à une comparaison des planches en aveugle. Ceci consistera à soumettre les planches pour examen comparatif visuel à une ou plusieurs personnes. Ces personnes ne devront pas être en mesure de définir l'origine de chacune des planches et devront pouvoir s'exprimer séparément.

Chaque comparaison s'appuiera sur les principes définis au paragraphe suivant et sera formalisée à l'aide d'un tableau 7.

6. Présentation des résultats

6.1. Généralités

Les tableaux 1 à 6 permettent, si correctement renseignés, une présentation claire des résultats de chaque planche d'essais.

Si une comparaison de plusieurs planches doit être effectuée, celle-ci se fera par comparaison des tableaux 6 respectifs de chaque planche.

Cette comparaison doit s'appuyer sur des critères objectifs. Cependant, ces critères dépendent notamment du type de géomembrane et du contexte dans lequel celle-ci se trouve. En effet, l'incidence de tel type d'endommagement sur la pérennité de la géomembrane est fonction du type de géomembrane mais doit également être modulée en fonction des sollicitations mécaniques et physico-chimiques que subira la géomembrane en service. Par exemple, une rayure profonde sur une géomembrane posée sur un talus sera bien plus préjudiciable que si la géomembrane présentant le même endommagement est posée à plat, sans mise en traction. Egalement, une mise en déformation importante de géomembrane à base de polyoléfines (PEHD ou PP) pourra être à l'origine de l'apparition du phénomène de fissuration sous contrainte, et ce d'autant plus facilement que le contexte physico-chimique s'y prête (milieu tensio-actif par exemple). Par contre une géomembrane à base de PVC ou d'EPDM sera moins sensible à une telle mise en déformation durable.

De plus, une comparaison de deux planches présentant le même type d'endommagement en nombre et taille différents dépendra des valeurs obtenues. Une entaille unique très profonde est-elle toujours plus préjudiciable qu'un grand nombre d'entaille de moindre profondeur ? La réponse est relative, tant sur le nombre de perforations que sur la profondeur des entailles

De fait, il n'est pas possible de définir une méthodologie précise unique d'analyse des planches pour tout type de géomembranes et pour tout ouvrage. Cependant, quelques grandes lignes peuvent permettre d'orienter la comparaison, sur la base des niveaux d'endommagement décrits ci-après.

6.2. Niveaux d'endommagement

Il est possible de classer les planches en fonction de leur état d'endommagement en trois niveaux d'endommagements, par ordre décroissant :

- Niveau I : la géomembrane présente un ou des percements,
- Niveau II : la géomembrane présente une ou des indentations, entailles, déformations ou rayures,
- Niveau III : la géomembrane ne présente aucun endommagement.

(a) Affinement du classement

Ce classement peut être affiné. Pour cela, on peut classer les planches d'un même niveau en fonction du nombre et de la taille des endommagements observés. On numérotera les planches par endommagement décroissant. Ainsi, le classement général des planches pourra s'appuyer sur le numéro du niveau d'endommagement et du numéro de classement dans ce niveau, par exemple n°I-1 sera attribué à la planche présentant le plus de percements. Ce numéro est l'indicateur d'endommagement de la planche.

Le classement des planches, au sein des niveaux II et III, devra aussi prendre en compte les résultats des essais de caractérisation réalisés en laboratoire sur la géomembrane, le cas échéant. Les modifications de propriétés importantes (diminution > 25% en résistance et en déformation à la traction par exemple) devront systématiquement être considérées.

L'état de tout autre géosynthétique constituant le DEG devra être examiné eu égard à la fonction qu'il doit éventuellement remplir au delà de la mise en œuvre. Les résultats obtenus contribueront à pondérer le classement des planches. En particulier, si plusieurs planches sont au niveau III, celles-ci seront classées en fonction des propriétés résiduelles des géotextiles, qu'ils aient ou non une fonction au-delà de l'étape de mise en service. Lors du classement, l'importance accordée aux caractéristiques résiduelles des autres géosynthétiques ne devra pas prévaloir sur l'état de la géomembrane constatée visuellement ou résultant des essais complémentaires.

Le Niveau I constituant normalement un état inacceptable, il ne nécessite en général pas d'essai complémentaire, ni sur la géomembrane ni sur les autres géosynthétiques.

(b) Cas du Niveau II

Compte tenu des remarques précédentes (paragraphe 6.1 notamment) le classement au sein du niveau II doit se faire sur des critères clairement définis. Ce classement intègre une part de subjectivité et dépend notamment des connaissances en matière de résistance à l'endommagement de différents types de géomembrane présentant les divers types d'endommagements. Le classement au sein de ce niveau devra donc être considéré comme indicatif et ce tout particulièrement lorsque les planches font appel à plusieurs types de géomembrane. Cependant, dans le cas le plus simple où les géomembranes à comparer sont du même type, les essais (voir paragraphe 5.5) pourront permettre d'aboutir à un classement.

Si différents types d'endommagements apparaissent sur une même planche, on retiendra celui jugé le plus préjudiciable pour la géomembrane en question, en fonction de son type et du contexte, pour procéder au classement. Le type d'endommagement considéré pour procéder au classement devra être indiqué au tableau 7.

Les endommagements de type "éraflure" seront généralement considérés comme moins critiques que tout autre type d'endommagement. Ils peuvent éventuellement relever du niveau III et une telle décision pourra s'appuyer sur les résultats des essais complémentaires.

Le classement devra être reporté sur le tableau 7.

7. Normes

- NF P 84-500 : Géomembranes - Terminologie
- NF P84-520 : Geomembranes - Identification sur site
- NF EN ISO 10320 : Géotextiles et produits apparentés - Identification sur site
- XP P 18-540 : Granulats - Définitions, conformité, spécifications.
- NF P 11300 : Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières

Cette liste n'est pas exhaustive.

Annexes : tableaux 1 à 7

Tableau 1 : Présentation de la planche

Nom du projet	
Lieu	
Date de réalisation de la planche	

Identifiant de la planche / n°	
Dimensions du DEG – Largeur et longueur planche totales	
Géomembrane – Type, épaisseur, et identifiant	
Géotextile sous géomembrane – Type, épaisseur, et identifiant	
Géotextile sur géomembrane – Type, épaisseur, et identifiant	
Support Type et identifiant	
Couche de recouvrement Type et identifiant	
Type de sollicitation	
Température ambiante à la mise en œuvre	
Température de la géomembrane à la mise en œuvre	

Joindre à ce tableau un croquis présentant la planche, les passages des engins, les points de mesure des caractéristiques de la couche de recouvrement ...

Tableau 2 : Nature et structure du support

Identifiant de ce support	
Identifiants des planches concernées par ce support	

Si la structure est constituée de plusieurs couches, préciser les caractéristiques de chacune.

L'intérêt de renseigner certaines cases dépend du type de matériau utilisé.

Caractéristique	Méthode		Valeur	
Type de sol (nature) *				
Portance (Module, IPI, classe...) *				
Classe et état hydrique *				
Ouverture (diamètre des plus grandes ouvertures en surface)				
Taille des plus gros éléments en surface				
Angularité des éléments grossiers en surface (cocher la ou les cases correspondante(s))	<i>Roulé</i>		<i>Arêtes vives</i>	
	<i>Concassé</i>		<i>Arêtes émoussées</i>	
Nature des éléments grossiers				
Pente				

* Pour la définition du support, on se reportera à la norme NF P 11-300 et au GTR SETRA-LCPC (1992).

Pour la définition des granulats, on se reportera au projet de norme XP P 18-540.

On annexera la courbe granulométrique du sol à cette fiche.

Tableau 3 : Caractéristiques de la géomembrane

Identifiant de la géomembrane	
Identifiants des planches concernées par cette géomembrane	

Référence commerciale	
Type (matériau de base)	
Etat de surface (lisse...)	

Caractéristiques	Méthode	Valeur	Origine**
Épaisseur*			
Masse surfacique*			
Poinçonnement statique	NF P 84 507*		
	EN 12236		

- * renseignements obligatoires dans tous les cas
- ** Fiche technique ou mesure par laboratoire sur lot

Joindre en annexe la fiche technique

Tableau 4 : Caractéristiques du géotextile

Identifiant du géotextile	
Identifiants des planches concernées par ce géotextile	

Référence commerciale	
Type (tissés, non-tissé, ..)	

Caractéristiques	Méthode	Valeur	Origine**
Epaisseur*	NF EN 964		
Masse surfacique*	NF EN 965		
Poinçonnement statique	NF G 38 019*		
	NF EN 918 *		
	NF P 84 507		
	NF EN 12236		
Résistance en traction	NF EN 10319		

- * renseignements obligatoires dans tous les cas
- ** Fiche technique ou mesure par laboratoire sur lot

Joindre en annexe la fiche technique

Tableau 5 : Nature et structure de la couche de recouvrement

Identifiant du matériau	
Identifiants des planches concernées par ce matériau	

Si la structure est constituée de plusieurs couches, préciser les caractéristiques de chacune.

L'intérêt de renseigner certaines cases dépend du type de matériau utilisé.

Caractéristique	Méthode		Valeur	
Modalités d'apport (poussage, hauteur de déversement...)				
Type de matériau				
Portance				
EV2				
Teneur en eau				
Fraction > 50 mm				
Fraction 31 < < 50 mm				
Fraction < 31 mm				
Taille des plus gros éléments				
Angularité des éléments grossiers en surface (cocher la ou les cases correspondante(s))	<i>Roulé</i>		<i>Arrêtes vives</i>	
	<i>Concassé</i>		<i>Arrêtes émoussées</i>	
Nature des éléments grossiers				
Energie de compactage				
Nombre de passes				
Type d'engin utilisé				
Épaisseur après compactage				

* Pour la définition du support, on se reportera à la norme NF P 11-300 et au GTR SETRA-LCPC (1992).

Pour la définition des granulats, on se reportera au projet de norme XP P 18-540.

On annexera la courbe granulométrique du sol à cette fiche.

**Tableau 6 : Examens et essais après réalisation des planches
(planche hors bords)**

Identifiant de la planche :	
Surface de la planche hors bords :	

Examen de la géomembrane	
Surface examinée :	m²

Type d'endommagement (voir définitions)	Nombre d'endommagements de ce type	Forme et dimension caractéristique du plus grand endommagement de ce type	N° photo
Eraflure			
Entaille			
Déformation			
Indentation			
Percement			

	Type	Résultat
Essais complémentaires sur géomembrane		

Examen visuel et essais complémentaires sur les autres matériaux après démontage

	Examen lors du démontage	Essais complémentaires éventuels (type et résultat)
Couche de recouvrement		
Géotextile sur la géomembrane		
Géotextile sous la géomembrane		
Support		

