

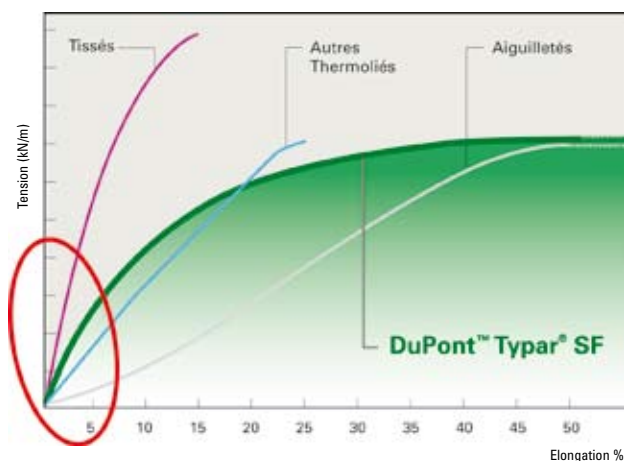
Manuel technique



DuPont™ Typar® SF

GÉOTEXTILE

EXIGEZ PLUS D'ÉNERGIE



- Une grande absorption d'énergie
- Un module initial élevé
- Une elongation importante (> 50 %)
- Une filtration à long-terme
- Une uniformité exceptionnelle



Typar®



Site de Luxembourg

Clause d'exonération de responsabilité

Les conseils fournis dans ce document correspondent à l'état actuel de nos connaissances sur le sujet. Il s'agit uniquement de suggestions pour votre propre expérimentation. Ils ne sont pas destinés à remplacer les essais que vous pouvez être amené à effectuer pour déterminer par vous-même dans quelle mesure nos produits conviennent à vos projets. Ces informations peuvent être modifiées au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances ou expériences. En l'absence de contrôle sur les conditions particulières d'utilisation de ses produits, DuPont ne donne aucune garantie et décline toute responsabilité concernant l'utilisation des présentes informations. La présente publication ne saurait en aucun cas être considérée comme autorisant l'utilisation ou recommandant la violation de droits de brevet existants.



Introduction aux produits DuPont™ Typar® SF

1.1. Introduction	3
1.2. La Qualité DuPont	3
1.3. Qu'est-ce que DuPont™ Typar® SF?	3
1.4. La production des fibres Typar® de DuPont	4
1.5. Caractéristiques types	4

1. Introduction aux produits DuPont™ Typar® SF

1.1. Introduction

Ce guide a pour objectif de fournir les informations essentielles sur les géotextiles, leurs fonctions et leurs propriétés requises en fonction des diverses applications. Ce manuel technique prodigue des conseils relatifs à la conception, la sélection et l'utilisation de géotextiles DuPont™ Typar® SF dans le cadre d'applications propres au génie civil, telles que la construction de fondations granulaires, les systèmes de drainage et le contrôle de l'érosion. Il comprend aussi une description des méthodes d'essais permettant de déterminer les propriétés des géotextiles, ainsi que des données techniques. Pour obtenir plus d'informations sur la gamme de produits géosynthétiques de DuPont, veuillez vous référer à nos brochures DuPont™ Typar® SF et DuPont™ Typar® HR ou à notre site internet www.typargeo.com. Pour bénéficier de conseils supplémentaires et/ou d'une assistance technique, veuillez contacter le centre technique des géosynthétiques Typar® de DuPont.

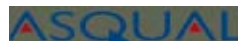
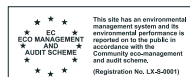
1.2. La qualité DuPont

Depuis près de deux siècles, les inventions de DuPont ont progressé le secteur industriel grâce à la création de matériaux à hautes performances, innovants et complètement originaux, tels que le Nylon, le Kevlar®, le Tyvek® et le Teflon®. Se distinguant par leur excellence incomparable au point de vue technologique et par le fait qu'ils respectent au plus haut point les normes de qualité, les géosynthétiques Typar® de DuPont présentent des performances fiables à long terme dans le domaine du BTP. Inventés il y a 30 ans et fabriqués sur le site industriel de DuPont au Luxembourg, les produits DuPont™ Typar® SF, de qualité et de performances supérieures, ont su résister aux assauts du temps. Avec plus d'un milliard de m² vendus dans le monde entier, les géotextiles DuPont™ Typar® SF ont été utilisés pour l'aménagement de surfaces de routes, de voies ferrées et de bâtiments pour une quantité totale équivalant à une autoroute à six voies de 23 mètres de large, faisant une fois le tour du monde.

DuPont™ Typar® est fabriqué selon les normes ISO 9001. Les exigences rigoureuses de qualité que s'assigne DuPont™ de Nemours garantissent le fait que seuls des produits de haute qualité sont mis sur le marché. Le système intégré de production et d'essais en laboratoire garantit également la traçabilité des conditions du processus de fabrication et des résultats de laboratoire pour chaque rouleau produit.

Le système de gestion de l'environnement de DuPont est conforme aux exigences des normes d'environnement définies par la Réglementation EMAS (Système communautaire de management environnemental et d'audit), ainsi qu'à celles des normes ISO14001. En outre, les géotextiles DuPont™ Typar® SF sont soumis à plusieurs systèmes de certification différents, tels que le système français ASQUAL et le système allemand d'audit externe "Fremdüberwachung DIN 18200".

1



1.3. Qu'est-ce que DuPont™ Typar® SF?

DuPont™ Typar® SF est un géotextile fin non-tissé, perméable à l'eau et thermolié, constitué à 100% de filaments continus de polypropylène. Il a été conçu avec des qualités lui offrant des performances supérieures : un module initial élevé (raideur), une elongation importante (habituellement >50%) et une uniformité exceptionnelle. Grâce à cette combinaison, DuPont™ Typar® SF peut résister à tout endommagement potentiel et ses propriétés de filtration sont excellentes. DuPont™ Typar® SF est un matériau isotrope, c'est-à-dire qu'il présente les mêmes propriétés physiques dans toutes les directions. Ce phénomène est important car il répond à la sollicitation à laquelle est soumise une application de type séparation.

De plus, le fait que DuPont™ Typar® SF soit constitué à 100% de polypropylène stabilisé le rend résistant au vieillissement, à l'humidité et aux attaques chimiques, particulièrement dans le cas des alcalis³.

¹ DQS – Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH.

² BVQI – Bureau Veritas Quality International.

³ Pour plus de détails sur la résistance chimique, consulter le chapitre 7.7 en annexe.

1.4. La production des fibres Typar® de DuPont

Au cours du processus d'extrusion des fibres, des milliers de filaments continus extrêmement fins sont produits. Ils sont d'abord pré-étirés grâce à un procédé breveté par DuPont. Ces filaments fins mais résistants sont ensuite déposés (cf. figure 1) sous forme de voiles de fibres isotropes formant une nappe continue, laquelle est alors liée thermiquement et mécaniquement.



Figure 1 : Filaments déposés en nappe.



Figure 2 : Vue microscopique de DuPont™ Typar®.

En variant les conditions du processus, on peut produire tout un éventail de structures non-tissées de DuPont™ Typar® hautement résistant. Ces structures ont différentes propriétés de finesse, ainsi que diverses propriétés physiques. L'existence de cette technique de production brevetée DuPont constitue l'une des raisons principales pour lesquelles les propriétés de DuPont™ Typar® SF sont uniques en comparaison avec d'autres géotextiles.

1.5. Caractéristiques types

La figure 3 ci-dessous illustre le comportement type de plusieurs géotextiles de poids semblable sous l'effet d'une tension – déformation. DuPont™ Typar® SF est caractérisé par une résistance élevée à la traction, une elongation importante, ainsi qu'un module initial élevé, ce qui représente la combinaison idéale de propriétés pour des applications géosynthétiques.

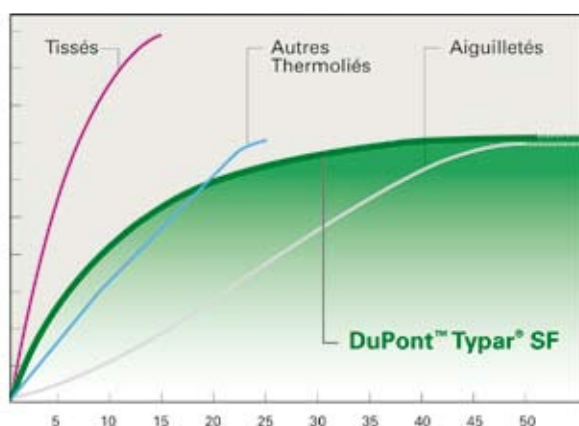


Figure 3 : Courbes types de tension – déformation, propres à DuPont™ Typar® SF et à d'autres géotextiles.

DuPont™ Typar® SF est fabriqué en respectant un niveau très élevé d'uniformité, car il est soumis à un processus de contrôle continu en ligne par rayons β et ultrasons. Tout produit ne correspondant pas aux normes requises est rejeté puis recyclé. Au cours du processus de fabrication, des stabilisateurs sont ajoutés au polypropylène, ce qui augmente la durabilité de DuPont™ Typar® SF. Ce dernier peut résister pendant plusieurs semaines à la lumière du jour, mais une exposition prolongée, particulièrement dans les régions tropicales, peut entraîner une perte de résistance. De manière générale, le géotextile doit être recouvert le plus vite possible, afin d'éviter toute dégradation par les UV, toute dispersion sous l'effet du vent ou tout endommagement mécanique.

	DuPont™ Typar® SF	Tissées	Fibres discontinues aiguilletées	Fibres continues aiguilletées	Autres fibres thermoliées
Energie	élevée	faible	moyenne	moyenne	très faible
Résistance à la traction	élevée	très élevée	moyenne	élevée	élevée
Module initial	élevé	élevé	très faible	faible	élevé
Elongation	élevée	faible	élevée	élevée	faible

Tableau 1 : Propriétés de tension – déformation pour plusieurs types de géotextiles.



Caractéristiques et besoins fonctionnels

2.1. Introduction	6
2.2. Séparation	6
2.3. Stabilisation et renforcement	7
2.3.1. Retenue et confinement	7
2.3.2. Effet de membrane	7
2.3.3. Renforcement local	8
2.4. Filtration	8
2.5. Drainage	9
2.6. Protection	9
2.7. Résistance à l'endommagement au cours de l'installation	9
Absorption de l'énergie	10

2. Caractéristiques et besoins fonctionnels

2.1. Introduction

En fonction des différentes applications, le rôle principal d'un géotextile est soit de séparer, de filtrer, de renforcer, de protéger ou encore de stabiliser. Pour la plupart des applications, une combinaison faisant intervenir plusieurs de ces fonctions est nécessaire. De plus, il doit être résistant à un endommagement potentiel en cours d'installation.

Ce chapitre a pour objectif d'apporter les bases techniques essentielles qui vous permettront de comprendre les caractéristiques et les besoins fonctionnels liés aux géotextiles, ainsi que les différents mécanismes intervenant pour chaque fonction. Il aidera les intéressés à choisir le géotextile approprié selon une utilisation spécifique, tâche difficile s'il en est, en raison des interactions tout à fait complexes qui s'exercent entre de nombreux facteurs en corrélation, tels que les propriétés mécaniques et hydrauliques, le colmatage, la structure, les effets du temps qui passe, la dégradation, etc...

2.2. Séparation

Le terme de séparation se définit de la manière suivante : "Empêcher des sols de nature différente et/ou des matériaux de remblayage de se mélanger grâce à l'interposition d'un géotextile ou d'un produit de nature similaire" ⁴.

Les principaux domaines d'application d'un géotextile utilisé comme séparateur se concentrent sur des projets de construction de routes et de voies ferrées. L'utilisation d'un géotextile préserve et améliore l'intégrité et le rôle fonctionnel des différents matériaux employés. En fait, deux mécanismes interviennent lorsqu'une fondation en agrégats est posée sur un sol mou et qu'une charge verticale est appliquée.

Tout d'abord, le géotextile empêche la perte d'agrégats dans le sol mou de la plate-forme (Figure 4). Un adage propre aux ingénieurs décrit très bien ce risque : "10 kilos de pierre placés sur 10 kilos de boue donnent en fin de compte 20 kilos de boue". Le géotextile permet d'enfermer la fondation en agrégats et ainsi d'obtenir un degré plus élevé de compacité et, par conséquent, une portance plus importante.

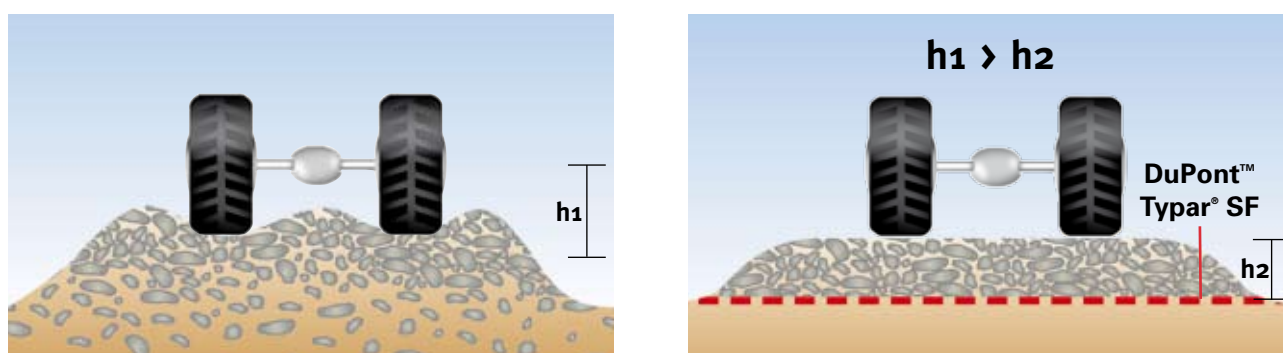


Figure 4 : en haut : Sans géotextile – perte d'agrégats dans le sol mou de la plate-forme.
en bas : Avec un géotextile – aucune perte d'agrégats, meilleure compacité.

Ensuite, il empêche la fondation en agrégats d'être contaminée par le sol de la plate-forme, évitant par là même toute réduction de la portance. La migration des fines particules du sol vers les agrégats propres intervient particulièrement sous l'effet de contraintes dynamiques. Ce phénomène est appelé "effet de pompage". Ces fines agissent telles un lubrifiant entre les gros grains d'agrégats et sont susceptibles de réduire de manière importante la résistance au cisaillement des agrégats.

De même, des agrégats non contaminés continueront à exercer de manière efficace leur fonction de drainage et à maintenir une résistance plus élevée aux effets du gonflement dû au gel.

En jouant son rôle de séparateur, un géotextile peut:

- Empêcher la réduction de la portance de charge, causée par le mélange de grains fins de l'infrastructure avec le soubassement en agrégats.
- Accroître la portance en empêchant la perte d'agrégats à l'intérieur de l'infrastructure meuble et en augmentant le degré de compacité.
- Réduire les effets du gonflement dû au gel, qui détériore les routes.
- Eviter de devoir excaver les sols meubles.
- Permettre de conserver la capacité de drainage du soubassement en agrégats.
- Empêcher la migration des fines particules, particulièrement sous l'effet des charges dynamiques.

2.3. Stabilisation et renforcement

Dans de nombreuses applications, les géotextiles remplissent un rôle de stabilisation ou de renforcement ⁵. Les géotextiles, qui exercent un rôle de stabilisation, procurent au sol des qualités de résistance à la traction. Ils remédient ainsi à l'absence de résistance à la traction dans le sol, lorsque celui-ci est soumis à des charges verticales.

Il existe trois mécanismes distincts permettant à un géotextile de stabiliser le soubassement en agrégats et d'améliorer sa résistance à la déformation permanente sous l'effet de charges répétitives (comme l'illustre la figure 5 ci-dessous) :

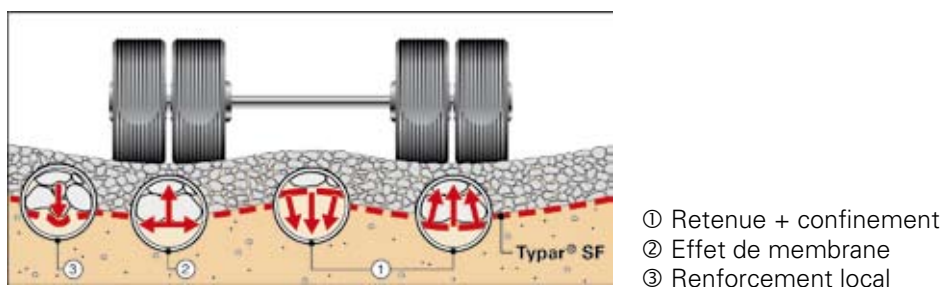


Figure 5 : Les trois mécanismes de stabilisation.

Plus le module initial du géotextile est élevé et plus ces mécanismes sont efficaces. Les géotextiles dont le module initial est faible présentent d'importantes déformations et sont caractérisés par une retenue, un effet de membrane ou un renforcement local de faible importance. Des facteurs non négligeables comme un module initial élevé et une elongation importante leur permettent de résister à des déformations locales étendues ainsi qu'à la perforation.

2.3.1. Retenue et confinement

Comme l'illustre le dessin ci-dessus (Figure 5), il existe deux types de capacité de retenue. La première concerne la courbure inverse du géotextile de chaque côté du passage des roues, qui impriment une pression vers le bas. Ceci a pour effet de provoquer une surcharge qui aplanit les déformations et applique une force de compression sur le sous-sol. La seconde forme de retenue est celle que fournit le géotextile lorsque les particules d'agrégats se mettent à se disperser sous l'effet de la charge. Le géotextile apporte une armature de traction à la couche d'agrégats. Ce confinement des agrégats augmente la résistance et le module, phénomène qui à son tour fait diminuer la contrainte de compression sur l'infrastructure en répartissant mieux la charge sous la pression des roues.

2.3.2. Effet de membrane

L'effet de membrane agit efficacement lorsqu'un géotextile est posé sur un sol déformable et que des charges verticales sont appliquées. L'effort de traction dans le sol se transmet au géotextile, soulageant le sous-sol incapable de l'absorber. Cette force dans le plan s'équilibre avec la composante horizontale de la charge provenant de la diffusion des charges verticales appliquées.

Cet effet revêt donc une grande importance dans la construction de routes provisoires, où il permet de réduire la formation d'ornières de manière considérable. Plus le module initial du géotextile est élevé, plus la possibilité de réduire la formation d'ornières est grande. ¹

⁵ Pour davantage d'informations et de détails sur l'utilisation des géotextiles dans des structures renforcées en terre, veuillez vous référer au guide décrivant les produits DuPont™ Typar® HR et leur conception. Citons des exemples d'applications destinées à des structures renforcées en terre : murs de soutènement, pentes raides, réparations de glissements de terrain, banquettes de sûreté ou talus caractérisés par un sol meuble, renforcement sous des fondations, renforcement ou pontage au-dessus de zones ou cavités karstiques, etc.

2.3.3. Renforcement local

Les charges s'exerçant sur les pierres considérées séparément peuvent être à l'origine de défauts localisés dans l'infrastructure. Tout géotextile caractérisé par un module initial élevé permet de distribuer la charge, de réduire la contrainte et d'exercer une force de résistance au déplacement.

Un allongement important évite toute perforation du géotextile au niveau local, car il lui permet de s'étaler autour d'une pierre susceptible de le pénétrer.

2.4. Filtration

Le terme de filtration se définit de la manière suivante : maintien du sol ou d'autres particules soumis(es) à des forces hydrauliques tout en permettant le passage de fluides à travers ou dans un géotextile ou un produit apparenté aux géotextiles ⁶.

Habituellement, la taille des ouvertures et la perméabilité servent à décrire les propriétés de filtration du géotextile. C'est pourquoi la taille des pores d'un géotextile efficace doit être suffisamment petite pour retenir les plus grosses particules de sol afin d'empêcher le phénomène d'érosion. Les petites particules de sol doivent d'abord passer à travers le géotextile. A l'évacuation de ces dernières, les particules plus grossières vont s'accumuler contre le géotextile formant ainsi un filtre naturel gradué qui réduit progressivement l'érosion interne jusqu'à son arrêt. Si la taille des pores d'un géotextile est trop petite, alors les petites particules ne peuvent pas être drainées entraînant ainsi la formation d'une barrière de sol naturelle caractérisée par une faible perméabilité (Figure 6).

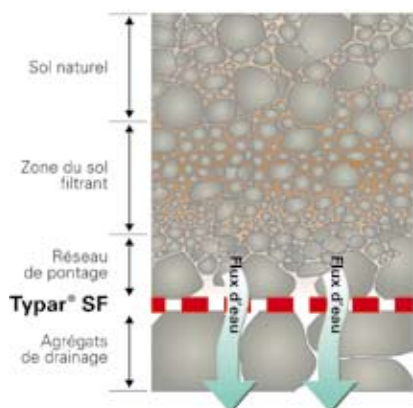


Figure 6 : Filtre de sol naturel à proximité du géotextile.

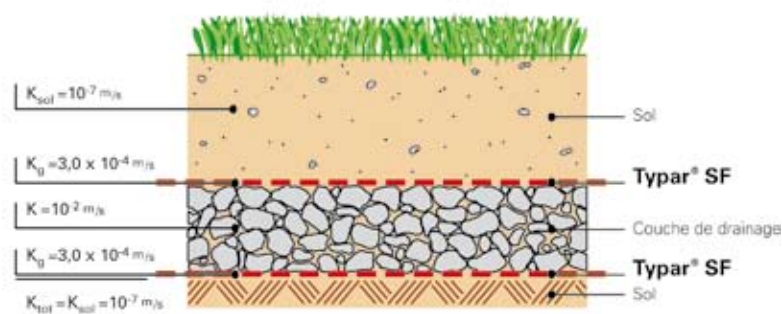


Figure 7 : Système de drainage, sols et géotextile caractérisés par différentes perméabilités. k_{tot} est déterminé par la couche de sol la moins perméable. ⁷

Des filtres géotextiles efficaces doivent avoir des pores de forme et de taille différentes, caractérisés par une répartition similaire à la distribution granu-lométrique du sol.

On ignore souvent que dans un système de fondation granulaire (Figure 7), la perméabilité de la couche la moins perméable détermine la perméabilité du système tout entier. Habituellement, le sol a une perméabilité qui est de manière significative plus faible que celle du géotextile ⁸.

Perméabilités de sols types ⁹:

Gravier	3×10^{-2} m/s
Limon	$10^{-9} - 10^{-7}$ m/s
Sable	10^{-4} m/s
Argile	10^{-9} m/s

La perméabilité d'un géotextile est aussi influencée par sa compressibilité. Généralement, les géotextiles épais sont soumis à une compression qui doit être prise en compte lorsque l'on spécifie la perméabilité requise de ceux-ci. **L'épaisseur en tant que telle constitue plutôt une propriété descriptive que de conception ¹⁰.**

La fonction de filtration est associée à la construction des barrages, la lutte contre l'érosion, le drainage des routes et le drainage du sous-sol. Dans ces constructions, le géotextile remplace un filtre conventionnel à lits granulaires. Dans un système de lutte contre l'érosion sur une berge ou une pente terreuse, des matériaux grossiers (gabions/enrochement) ou des dalles de béton sont couramment utilisés comme protection contre l'écoulement des eaux ou l'action des vagues. L'érosion des fines particules est empêchée grâce à un géotextile utilisé comme filtre.

⁶ EN ISO 10318.

⁷ voir en annexe chapitre 7.10 pour plus de détails sur les perméabilités des sols.

⁸ à l'exception du gros sable et des cailloux roulés.

⁹ En ce qui concerne la perméabilité voir également 4.4.2.

2.5. Drainage

Autrefois, de manière traditionnelle, l'écoulement des eaux était contrôlé et celles-ci étaient évacuées grâce à des matériaux naturels calibrés. Au cours de ces 30 années passées, les filtres géotextiles ont été de plus en plus utilisés pour augmenter la capacité de drainage naturel des sols imperméables.

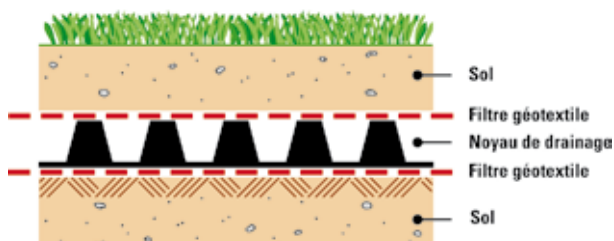


Figure 8 : Élément composite de drainage.

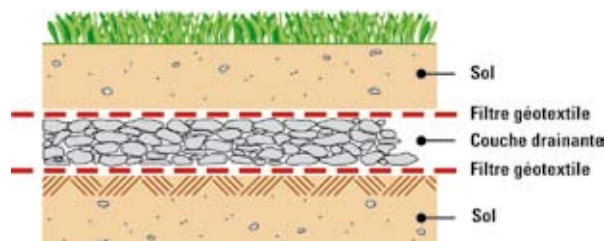


Figure 9 : Couche de drainage conventionnelle en agrégats.

Un géotextile ne doit pas être utilisé comme couche de drainage direct en tant que telle car, bien que sa capacité de drainage puisse être mesurée en laboratoire avec de l'eau propre, dans des conditions réelles, propres à un site donné (sol retenu à l'intérieur de la structure), la capacité de drainage est imprévisible. Il est également important que les systèmes de drainage soient capables de maintenir une capacité drainante adéquate afin d'être performants à long terme, même lorsqu'ils sont soumis à une forte pression de la terre. Pour éviter le colmatage et la contamination de la couche drainante, un filtre doit toujours être intégré dans le système de drainage. Les drains artificiels intégrant un filtre géotextile ont fait leurs preuves en tant que solution de remplacement plus économique que les drains de sable, les puits filtrants et autres systèmes de drainage traditionnels. Habituellement, les nappes de drainage ou drains géosynthétiques sont faits d'un noyau enrobé de filtres géotextiles. Le matériau filtrant doit absolument présenter une qualité et des propriétés physiques constantes, une résistance et une durabilité exceptionnelles, une résistance satisfaisante aux contraintes d'installation et de bonnes performances de filtration sur le long terme. Le mauvais fonctionnement ou les défauts prématurés d'un système de drainage peuvent occasionner à la structure concernée des problèmes fonctionnels et de sécurité. À tout le moins, un défaut de drainage nécessitera des réparations coûteuses et des perturbations concomitantes. Il est vital d'utiliser un matériau de filtration qui puisse fonctionner efficacement sur le long terme, même dans les sols les plus difficiles.

2.6. Protection

Le terme de protection se définit de la manière suivante : "Fonction consistant à empêcher ou à limiter les endommagements localisés concernant un élément ou un matériau donné en utilisant un géotextile ou un produit apparenté aux géotextiles"¹⁰.

Habituellement, les géotextiles sont utilisés pour la protection des géomembranes dans les décharges, pour la pose de toitures, les réservoirs et les projets hydrauliques.

Les propriétés les plus importantes d'un géotextile par rapport à son rôle de protection sont la résistance à la perforation et l'uniformité du produit (c'est-à-dire absence de points faibles). En outre, les tests¹¹ de résistance à la perforation par clous ont montré que des propriétés telles que l'épaisseur et le poids spécifique du produit ne peuvent garantir à elles seules une bonne efficacité de protection.

2.7. Résistance à l'endommagement au cours de l'installation

Le géotextile ne jouera plus aucun rôle s'il est détruit pendant ou immédiatement après l'installation. Les analyses démontrent en effet que la période critique dans le cycle de vie d'un géotextile intervient plutôt lors du processus de mise en place que par la suite. 95 % des dégâts ont ainsi habituellement lieu lors de l'installation. Il s'agit simplement très souvent du résultat des dommages dus aux impacts en cours de déchargement et de compaction des agrégats. Habituellement, si le géotextile survit à ces contraintes liées à l'installation, il résistera aussi aux contraintes en cours d'utilisation.

Un travail considérable a été entrepris pour tenter de comprendre la relation existant entre les propriétés physiques d'un géotextile de séparation et ses performances réelles sur le terrain. Ces études ont confirmé l'existence d'une corrélation proche entre la capacité d'un géotextile à absorber l'énergie de l'impact et sa susceptibilité à l'endommagement au cours de l'installation¹².

¹⁰ EN ISO 10318.

¹¹ Tests de perforation par clous simulant le comportement sur le terrain, mis au point par DuPont et réalisés par le laboratoire de DuPont pour le contrôle qualité de DuPont™ Typar®.

Les figures suivantes montrent les différentes formes de défauts d'un géotextile et l'importance d'une capacité élevée d'absorption de l'énergie :

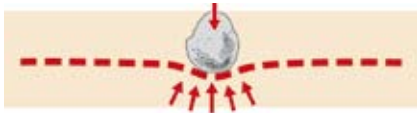


Figure 10 : Une grande élongation permet au géotextile de s'allonger autour de la pierre en train de pénétrer.

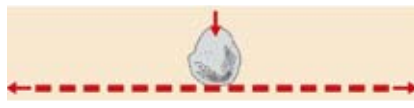


Figure 11 : Une résistance élevée permet au géotextile de résister à la force d'une pierre en train de tomber.



Figure 12 : Endommagement du géotextile dû à un manque de résistance ou à un manque d'élongation.

Absorption de l'énergie

Le potentiel d'absorption d'énergie (W) d'un géotextile peut être décrit comme la combinaison de son élongation et de la résistance qu'il applique. Le graphique suivant (Figure 13) illustre ce concept : il montre les différentes formes de potentiel d'absorption d'énergie réel et théorique, défini ci-dessous par la surface sous la courbe.

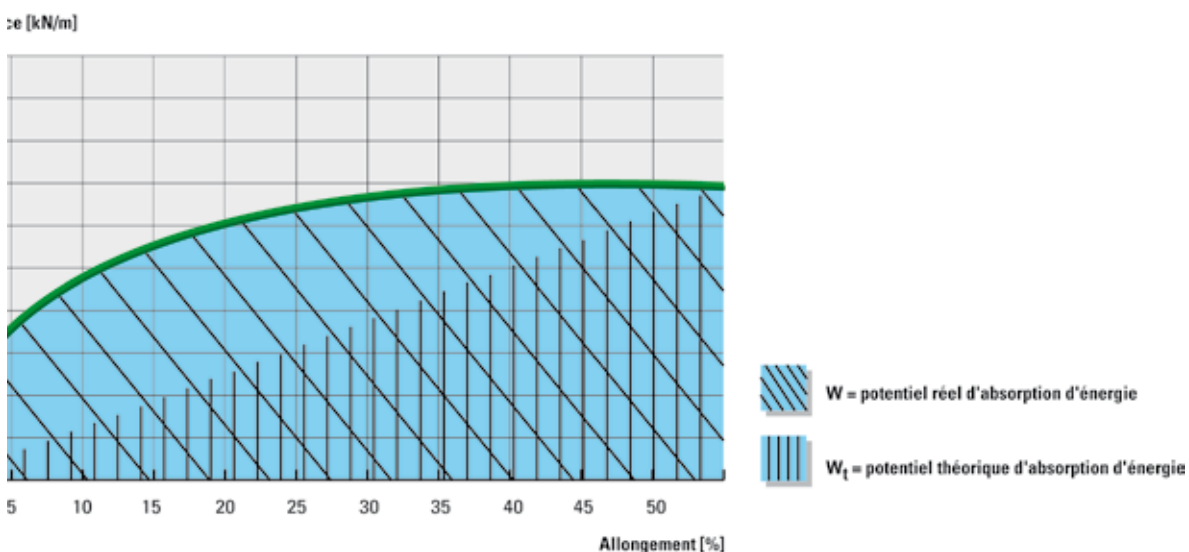


Figure 13 : Comparaison du potentiel réel et théorique d'absorption d'énergie.

Plusieurs spécifications au niveau national sont en train d'intégrer le concept d'absorption d'énergie. Quoi qu'il en soit, certaines spécifications sont davantage basées sur des valeurs théoriques que sur le calcul de la surface sous la courbe $W = \int T * \epsilon$. Ce calcul se simplifie par $W_t = 1/2 T * \epsilon$. Le résultat se traduit par une absorption théorique d'énergie (W_t) pour certains produits, sensiblement plus élevée, tandis que pour d'autres l'absorption théorique d'énergie est plus faible que le potentiel réel d'absorption d'énergie, mesuré au cours de l'essai de résistance à la traction (EN 10319).

Bibliographie

- ¹ Love, J.P., Burd, H.J., Milligan, G.W.E. and Houslyby, G.T. (1987). Analytical and model studies of reinforcement of a granular layer on a soft clay subgrade. Canadian Geotechnical Journal, Vol.24, No 4, p. 611-622.
- ² Koerner, Designing with Geotextiles, 4th edition 1998, p.96.
- ³ SINTEF Report, Arnstein Watn, Non woven geotextiles – Field test on damage during installation, SINTEF Civil and Environmental Engineering, Norway Evaluation of Installation Damage of Geotextiles - A Correlation to Index Tests, R. Diederich, DuPont, Luxembourg.

Fondations granulaires

3.1. Introduction	12
Qu'est-ce que le module initial	12
3.2. Fonctions	12
3.2.1. Stabilisation	12
3.2.2. Séparation et filtration	13
3.2.3. Formation d'ornières	13
3.3. Conception de fondations granulaires avec DuPont™ Typar® SF	14
3.3.1. Chaussées non revêtues	14
3.3.2. Chaussées revêtues	17
3.3.3. Chaussées revêtues avec fondation pour circulation des engins de construction	18
3.4. Sélection du type de DuPont™ Typar® SF adéquat	19
3.4.1. Influence du trafic	19
3.4.2. Influence des conditions de mise en oeuvre	20
3.4.3. Influence du compactage	20
3.4.4. Critères de filtration	20
3.5. Recommandations de mise en oeuvre	21
3.6. Exemples de conception	21
3.6.1. Exemple 1 (d'après 3.3.1)	21
3.6.2. Exemple 2 (d'après 3.3.3)	22
3.6.3. Exemple 3	24

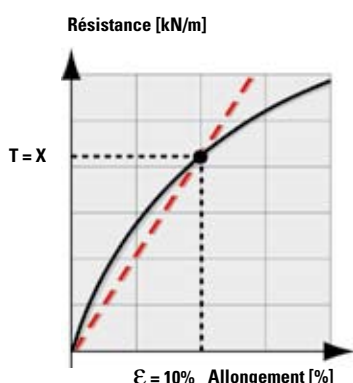
3. Fondations granulaires

3.1. Introduction

Ce chapitre constitue pour vous un guide expliquant la conception et la construction de fondations granulaires pour des structures permanentes et provisoires supportant le trafic routier et utilisant les géotextiles DuPont™ Typar® SF. Cette technologie s'applique aux fondations granulaires supportant des charges plus ou moins dynamiques sur des pistes, des routes et des autoroutes, des routes construites pour un usage/un accès temporaires, des zones de stockage, des parcs de stationnement et des installations sportives.

Pour les surfaces revêtues, telles que les routes, les autoroutes et les pistes, des méthodes de conception ont été mises au point par les Administrations des Réseaux Routiers Nationaux qui se sont fondées sur les conditions locales et leur champ expérience. Par conséquent, il n'est pas dans l'intention de ce guide de proposer de nouvelles méthodes de dimensionnement. Il s'agit simplement de mettre en avant les bénéfices apportés par l'utilisation de DuPont™ Typar® SF dans de telles structures revêtues. Les procédés et méthodes de conception présentés ci-après peuvent être appliqués à des structures revêtues, en considérant que la couche de fondation doit être utilisée comme route provisoire destinée à la construction au cours de la phase de construction.

Ces procédés et méthodes de conception en vue de l'utilisation de DuPont™ Typar® SF sont le résultat de connaissances acquises à partir d'essais sur route grandeur nature, réalisés sur diverses infrastructures de faible portance, fruit d'une expérience de 30 ans.



Qu'est-ce que le module initial ?

Le module du géotextile peut être décrit comme un module sécant, où pour un allongement de par exemple $\epsilon = 10\%$, la charge est $T = X$ kN/m, ce qui donne un module $K = T/\epsilon$ (Figure 14). Plus le gradient augmente, plus le module est élevé.

Plus la résistance à la traction d'un géotextile est élevée, avec une déformation initiale, représentant par exemple 5 % d'allongement, plus le module initial est élevé et plus la résistance à la formation d'ornières est importante!

Figure 14 : Module initial = Module sécant, exemple de valeur à $\epsilon = 10\%$.

3.2. Fonctions

La combinaison des fonctions d'un géotextile, destinées à procurer une résistance supplémentaire à la fondation granulaire (en comparaison avec une épaisseur égale d'agrégats sur une infrastructure sans DuPont™ Typar® SF), est différente pour chaque application. Pour les fondations granulaires, les fonctions principales sont la séparation et la stabilisation. Des études ont montré que les fonctions de stabilisation dépendent en grande partie du module du géotextile¹. En outre, l'épaisseur de la couche d'agrégats peut être sensiblement réduite en utilisant un géotextile.

3.2.1. Stabilisation

L'efficacité des mécanismes décrits dans le chapitre précédent est toute entière liée au comportement du géotextile en situation de sollicitation (voir figure 15). Les divers types de géotextiles ont une courbe tension-déformation différente selon les cas. Le potentiel d'absorption d'énergie W décrit le mieux cette différence (voir également section 2.7).

Les géotextiles tissés ont un module initial très élevé et une résistance à la traction maximale élevée mais une faible elongation, ce qui génère une faible énergie W . Les non-tissés aiguilletés ont un module initial faible et une importante déformation préalable est nécessaire avant qu'une résistance à la traction significative puisse être développée.

Ceci génère un potentiel faible d'absorption d'énergie W . DuPont™ Typar® SF a un module initial élevé, une résistance élevée et un allongement important à charge maximale, et donc un potentiel d'absorption d'énergie W élevé. Comme une absorption d'énergie élevée apporte une résistance élevée aux endommagements, DuPont™ Typar® SF est particulièrement adapté à cette application.

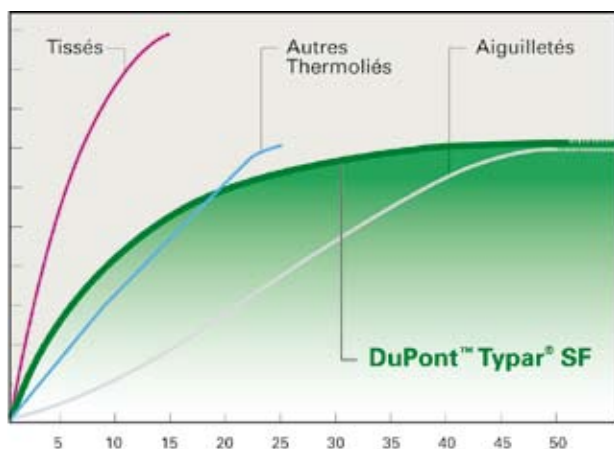


Figure 15 : Courbes types de tension-déformation de différents géotextiles.

3.2.2. Séparation et Filtration

Les exigences hydrauliques telles qu'un éventail adéquat de tailles de pores destinées à jouer un rôle efficace de filtration, sont fournies par l'éventail de tailles d'ouvertures de DuPont™ Typar® SF, qui sont similaires à celles du sol. La perméabilité à l'eau de DuPont™ Typar® SF est généralement plus élevée que celle de la plupart des sous-sols¹⁶. En outre, la perméabilité à l'eau de DuPont™ Typar® SF n'est pas affectée par la compression de la charge, étant donné qu'il a une structure pré-comprimée contrastant avec les géotextiles compressibles plus épais.

3.2.3. Formation d'ornières

La formation d'ornières peut devenir un problème sérieux, en particulier dans le cas des routes provisoires. Le passage régulier d'engins de transport provoque une contrainte de traction qui déforme le sous-sol. Différent de la plupart des autres géotextiles, DuPont™ Typar® SF nécessite un allongement et une déformation plus réduits capables de résister aux contraintes (module initial élevé) et par conséquent il réduit considérablement la formation d'ornières. Dans le graphique ci-dessous (figure 16), les résultats des essais simulant une charge due à la circulation en soumettant divers géotextiles à 1000 cycles de charge dynamique montrent la différence entre DuPont™ Typar® SF et deux produits géotextiles aiguilletés (fibres courtes aiguilletées, fibres continues aiguilletées) dont le module initial est faible.

Les résultats indiquent une relation claire entre le module initial et la déformation (formation d'ornières). Le module initial élevé permet à DuPont™ Typar® SF d'absorber davantage de contraintes externes avant de transmettre cette absorption d'énergie sous forme de déformation.

En raison de sa capacité d'absorption d'énergie élevée, DuPont™ Typar® SF offre une très bonne résistance à l'endommagement au cours de son installation. En outre, un allongement suffisant au point de rupture est nécessaire pour résister à la pénétration locale par des pierres et pour fournir une bonne marge de sécurité une fois que le géotextile est soumis à la contrainte.

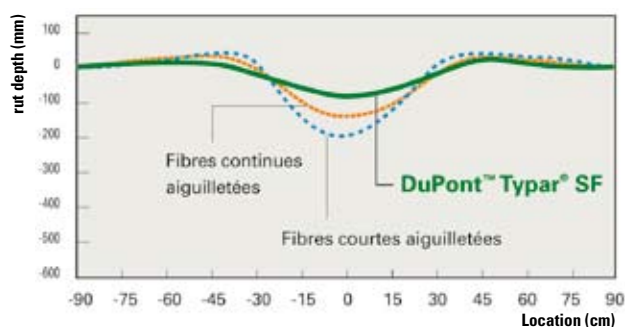


Figure 16 : Estimation des cuvettes de déflexion après 1000 cycles – déflexion mesurée au niveau du géotextile – produits de Classe 3¹⁷

¹⁶ à l'exception des sables grossiers et des cailloux roulés.

¹⁷ selon le Système de Classification Norvégien.

3.3. Conception de fondations granulaires avec DuPont™ Typar® SF

Les principales causes de dégradation de la chaussée sont :

- La contamination de la fondation granulaire par une infrastructure à grains fins sous charge dynamique ("effet de pompage"), causant une réduction substantielle de la résistance au cisaillement des agrégats. L'épaisseur d'agrégats "propres" et, par conséquent, la portance de la structure est réduite à des niveaux inacceptables.
- La contamination de la fondation granulaire, tel que décrit ci-dessus, rendant les agrégats sensibles au gel, la conséquence étant une réduction de la portance au cours des périodes de dégel.
- L'absence de drainage souterrain.
- L'augmentation imprévue du trafic routier.

L'utilisation de DuPont™ Typar® SF empêche la contamination par les agrégats et procure donc une durée de service accrue.

Ce guide utilise le CBR¹⁸ comme mesure de résistance du sol. Les facteurs de corrélation entre le CBR, la résistance au cisaillement non drainé C_u , le module de rigidité E_v et le module de compressibilité M_e sont présentés dans le tableau 2 suivant.

Les propriétés de conception présentées ici et concernant les routes revêtues et non revêtues sont basées sur un style standard de DuPont™ Typar® SF ayant un niveau d'énergie 2. En fonction des conditions d'installation et de circulation, un niveau plus élevé d'absorption d'énergie du géotextile peut être choisi.

Tableau comparatif pour l'évaluation des indices CBR :

Très mou			Mou		Tendre		Tendre à ferme			Ferme		Sol		
0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	CBR		
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	C_u [kN/m ²]*
2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42				C_u [psi]
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	M_e [MN/m ²]**
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	E_v [MN/m ²]

* Résistance au cisaillement non-drainé

** Module de compressibilité

Tableau 2 : Tableau de corrélation permettant d'estimer l'indice CBR de la plate-forme.

3.3.1. Chaussées non-revêtues

Une chaussée non revêtue donnant un accès provisoire ou permanent (c'est-à-dire route pour la construction ou route gravillonnée) est normalement constituée d'une simple couche de fondation non enrobée.

La méthode de conception proposée ci-dessous prévoit que l'installation de DuPont™ Typar® SF entre la plate-forme et la couche de fondation permette :

- Un meilleur compactage des agrégats.
- La consolidation de la plate-forme sous charges dynamiques.
- Le renforcement de la structure par l'effet de membrane et de confinement.
- L'augmentation de la pression admissible sur la plate-forme jusqu'à une portance limite $p = (\pi + 2) * C_u$.

La combinaison de ces avantages est équivalente à une augmentation empirique de l'indice CBR de la plate-forme d'environ 3 points. Cette méthode de conception peut être appliquée uniquement aux constructions utilisant DuPont™ Typar® SF.

La procédure consiste premièrement à déterminer l'épaisseur initiale des agrégats selon les conditions de charge et d'infrastructure. Puis, il faut tenir compte de la durée de vie et de l'efficacité des agrégats. Après avoir spécifié l'épaisseur effective d'agrégats T_{eff} , un style de DuPont™ Typar® SF ayant un niveau d'énergie adéquat doit être choisi.

A. Épaisseur initiale des agrégats T_0 **B. Adaptation de T_0 à la durée de vie $\rightarrow T$** **C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats $\rightarrow T_{eff}$**

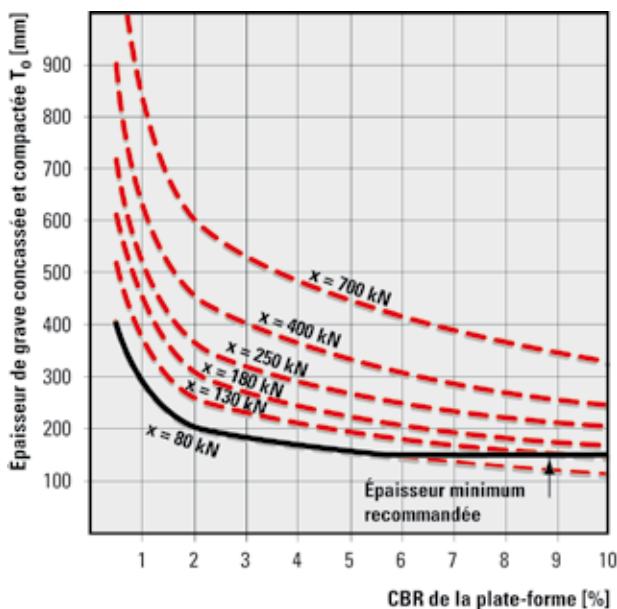
Une attention spéciale doit être apportée aux charges par essieu > 130 kN. La courbe appropriée permettant la détermination de l'épaisseur initiale d'agrégats T_0 doit être sélectionnée et le nombre réel de passages N est utilisé pour déterminer le facteur C d'adaptation à la durée de vie.

Méthode de conception des chaussées non revêtues**A. Epaisseur initiale des agrégats T_0**

Portance du sol CBR, C_u

Charge par essieu P_i

Veuillez consulter la figure 17 en utilisant le CBR de la plate-forme et la charge par essieu P_i ¹⁹ pour déterminer T_0 , l'épaisseur de grave concassée et compactée pour 1000 charges par essieu. En complément, le tableau 3 énonce la formule pour calculer T_0 .



CBR [%]	P_1 [kN]	P_2 [lbs]
0,5	45.31	0.119
1	32.37	0.085
1.5	25.89	0.068
2	22.47	0.059
3	20.56	0.054
4	18.66	0.049
5	17.14	0.045
6	16.00	0.042
7	14.85	0.039
8	13.71	0.036
9	12.95	0.034
10	12.19	0.032

$$T_0 \text{ (mm)} = P_1 \sqrt{\text{Charge par essieu (kN)}}$$

$$T_0 \text{ (in)} = P_2 \sqrt{\text{Charge par essieu (lbs)}}$$

Figure 17 : Chaussées non revêtues : épaisseur de grave concassée et compactée pour 1000 charges par essieu.

Tableau 3 : Facteurs permettant de déterminer la courbe P_i .

B. Adaptation de T_0 correspondant à la durée de vie

Charge par essieu P_i

Nombre réel de passages N_i

Epaisseur de grave concassée et compactée T_0

$$T = C * T_0 = T = (0.27 * \log(\sum N_i * CESE_i) + 0.19) * T_0$$

- Lorsque les charges par essieu les plus fréquentes sont supérieures à 130 kN (par exemple : l'utilisation de la Charge par Essieu Standard Equivalente (CESE) est inappropriée et le facteur C d'adaptation à la durée de vie est déterminé grâce au nombre réel de passages N_i .
- La durée de vie est exprimée par la quantité totale d'applications de la charge par essieu 80kN. La charge par essieu réelle est premièrement convertie en une charge par essieu normalisée équivalente ($P_0 = 80$ kN) en utilisant le facteur d'équivalence CESE :

$$CESE_i = (P_i / P_0)^{3.95}$$

¹⁹ Si les charges par essieux effectives ne sont pas connues, on les estimera en divisant le poids brut du véhicule par le nombre d'essieux. A des fins de dimensionnement, l'effet d'un essieu de charge P peut-être comparé à celui d'un essieu standard équivalent $P_0=80$ kN, à l'aide du facteur d'équivalence E .

Charge par essieu (kN)	ESAL	Charge par essieu (kN)	ESAL
10	0.0003	140	9,12
20	0,004	150	11,98
30	0,021	160	15,45
40	0,065	170	19,64
50	0,16	180	24,61
60	0,32	190	30,47
70	0,55	200	37,31
80	1,0	250	90,08
90	1,59	300	185,10
100	2,41	400	576,70
110	3,52	500	1392,30
120	4,96	600	2860,80
130	6,80	700	5259,30

Tableau 4 : Charges par essieu standard équivalentes (ESAL).

Le tableau 4 présente le facteur d'équivalence ESAL pour différentes charges par essieu.

- En multipliant le nombre réel de passages d'essieux (N_i) par CESE, le nombre de passages de charges par essieu normalisées équivalentes (CESE) est

$$N_E = \sum N_i * CESE_i$$

Puisque T_0 est indicé pour une durée de vie de 1000 charges par essieu appliqués, il doit être ajusté d'un facteur C qui dépend du nombre réel de charges standard N_E . La relation entre N_E et C est illustrée en figure 18.

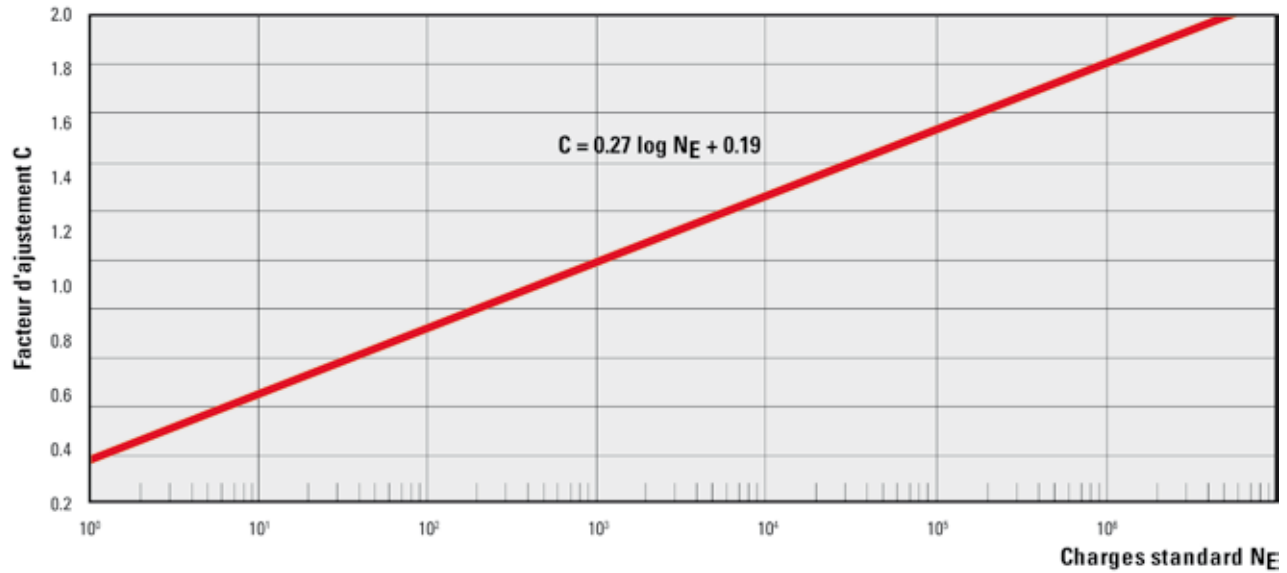


Figure 18 : Facteur d'ajustement correspondant à la durée de service. "

- Alors l'épaisseur d'agréats T devient :

$$T = C * T_0 = (0.27 * \log(\sum N_i * CESE_i) + 0.19) * T_0$$

C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats

$$T_{eff} = \sum T_i / \alpha_i$$

Les agrégats sélectionnés doivent pouvoir être compactés. L'idée consiste à enfermer la masse toute entière sous la charge afin de tirer profit des mécanismes de renforcement de DuPont™ Typar® SF. L'utilisation de grave concassée est recommandée car elle s'emboîte correctement l'un dans l'autre et a une portance élevée. Au fur et à mesure des disponibilités, d'autres matériaux ou mélanges peuvent être utilisés. Le tableau 5 indique le facteur d'équivalence d'un matériau donné par rapport à la grave concassée "standard" utilisé pour le revêtement et les couches de base.

Matériau	Efficacité α
Pavés	2
Enrobés à chaud (béton bitumeux)	2
Couche d'usure compacte	2
Grave stabilisée au ciment (> 5M Pa)	1.5
Grave stabilisée au bitume	1.5
Grave concassée de roche dure - "standard"	1.0
Grave concassée de roche moyennement dure (CBR > 80%)	0.8
Grave propre, de roche dure (CBR > 80%)	0.8
Grave propre, de roche moyennement dure	0.5
Grave tout-venant, propre (CBR = 20 - 30%)	0.5
Calcaire concassé	0.5
Grave tout-venant polluée	0.4
Ex : 10mm d'enrobée à chaud = 20mm de grave "standard"	

Tableau 5 : Adaptation correspondant à l'efficacité des agrégats.

L'épaisseur T , conçue à l'origine, avec de la grave concassée peut donc être remplacée par la superposition de matériaux d'épaisseur T_i et d'efficacité α_i pour obtenir la valeur de conception finale de l'épaisseur des agrégats T_{eff} (épaisseur efficace) :

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$$

Des exemples sont fournis en paragraphe 3.6.

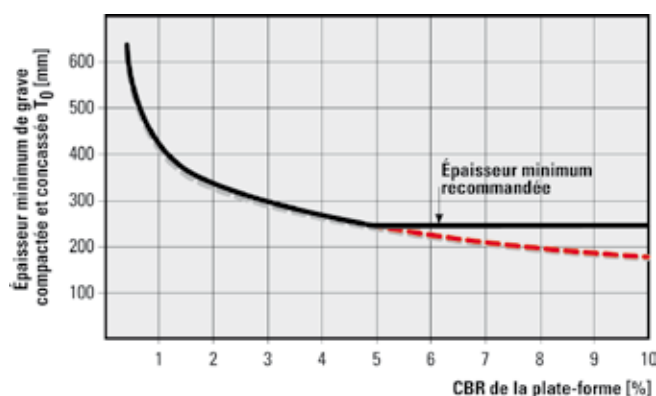
3.3.2. Chaussées revêtues

Les chaussées pavées permanentes consistent généralement en une fondation granulaire, une couche de base bitumineuse et une couche de revêtement en béton ou en bitume.

La méthode de conception proposée prévoit que l'installation de DuPont™ Typar® SF entre la plate-forme et la fondation granulaire des structures revêtues donne les résultats suivants :

- Meilleure compactage de la couche de fondation.
- Consolidation de la plate-forme sous charges dynamiques.
- Prévention à long terme de la contamination de la couche de fondation des agrégats.

Ces avantages signifient une durée de vie prolongée ou en d'autres mots, la possibilité de supporter davantage de charges dues à la circulation, avec une épaisseur de la fondation granulaire donnée. De plus, en utilisant une partie de la fondation granulaire comme route d'accès pour la circulation d'engins de construction, nous pouvons bénéficier de l'effet stabilisant de DuPont™ Typar® SF. Les fonctions de séparation et de filtration favorisent la consolidation de la plate-forme sous l'effet de la charge statique et dynamique.

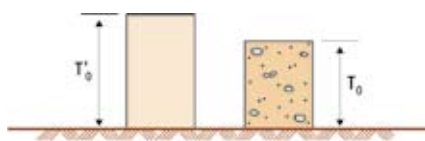
Figure 19 : Epaisseur de grave compactée et concassée T_0 .

Les procédés et méthodes de conception sont similaires à ceux des routes non revêtues (voir paragraphe précédent). Cependant, l'épaisseur de grave compactée et concassée T_0 pour 1000 charges par essieu en ce qui concerne les routes revêtues est déterminée par la figure 19. Cette épaisseur doit être adaptée à la durée de vie et à l'efficacité des agrégats comme pour la structure non revêtue.

3.3.3. Chaussées revêtues avec fondation pour circulation des engins de construction

Tirer pleinement partie du mécanisme de renforcement de DuPont™ Typar® SF en utilisant la figure 16 pour déterminer l'épaisseur minimale d'agrégats destinés à la construction de routes temporaires pour la construction. Intégrer ensuite cette structure dans la construction finale de la route revêtue en ajoutant les agrégats restants pour constituer l'épaisseur nécessaire, comme le précise la figure 18. Les étapes de conception sont présentées sommairement ci-dessous :

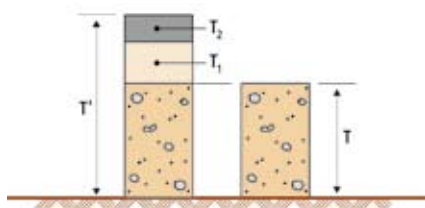
Structure revêtue		Route de construction non revêtue ²⁰	
A. Epaisseur initiale des agrégats T'_0		A. Epaisseur initiale des agrégats T_0	
Portance du sol	CBR, C_u	Portance du sol	CBR, C_u
Charge par essieu	P_i	Charge par essieu	P_i
Figure 19 →	T'_0	Figure 17 →	T_0



B. Adaptation de T'_0 correspondant à la durée de vie		B. Adaptation de T_0 correspondant à la durée de vie	
Charge par essieu	P_i	Charge par essieu	P_i
Nombre réel de passages	N'_i	Nombre réel de passages	N_i
Epaisseur de grave compactée et concassée	T'_0	Epaisseur de grave compactée et concassée	T_0

$$CESE = (P_i/P_0)^{3.95}$$

$N'_E = \sum N'_i * CESE \rightarrow C$ Fig 18	$N_E = \sum N_i * CESE \rightarrow C$ Fig 18
$T' = C * T'_0$	$T = C * T_0$
$\alpha = 1$	



C. Adaptation de T' correspondant à l'efficacité des agrégats	C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats
$T'_{eff} = T_{eff} + \sum T_i / \alpha_i$	$T_{eff} = \sum T_i / \alpha_i$
avec T_{eff} épaisseur minimale effective pour la circulation des engins de construction	

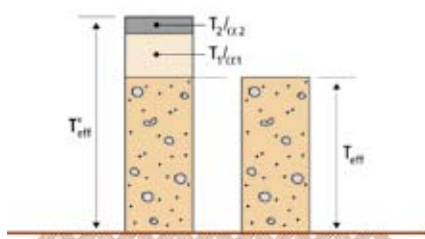


Figure 20 : Tableau de conception. ²¹

3.4. Sélection du style de DuPont™ Typar® SF adéquat

Les lignes directrices concernant la conception, présentées dans le chapitre précédent, sont basées sur un niveau d'énergie 1 de DuPont™ Typar® SF standard. Un niveau d'énergie 2, 3 ou 4 de performance plus élevée peut être utilisé s'il existe des exigences de conception supplémentaires pour résister à l'influence :

- Du trafic.
- Des conditions de mise en oeuvre.
- Du compactage.

Déterminer le niveau requis conformément à la figure 21 à 23 et sélectionner le niveau d'énergie équivalent de DuPont™ Typar® SF à partir du tableau 6 ci-dessous.

Niveau d'énergie			Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Essai	Standard	Unité				
Absorption d'énergie (réelle)	EN ISO 10319/ ASTM D4595	kJ/m²	2,5	5	8	11
Résistance à la traction		kN/m	7	12	20	25
Allongement		%	45	50	50	50
Résistance à 5% d'allongement		kN/m	3	5	8	10
Poinçonnement CBR	EN ISO 12236	N	1000	1500	2500	3500
Perforation dynamique	EN 918	mm	35	30	25	20
Style DuPont™ Typar® SF minimum recommandé			SF 32	SF 49	SF 77	SF 94

Tableau 6 : Valeurs minimum pour différents niveaux d'énergie de DuPont™ Typar® SF. ²²

3.4.1. Influence du trafic :

Des propriétés supérieures du géotextile sont requises pour résister :

- A la fatigue causée par un grand nombre de charges par essieu standard équivalentes (CESE).
- Aux contraintes supplémentaires causées par des engins de chantiers (avec généralement des charges par essieu supérieures à 130 kN).

Le niveau d'énergie correct de DuPont™ Typar® SF peut être sélectionné en utilisant la figure 21 selon la valeur CBR de la plate-forme et le nombre d'applications de la charge par essieu.

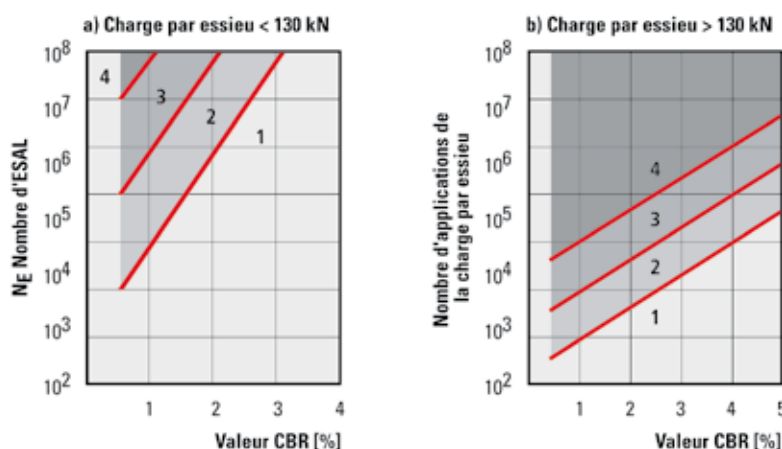


Figure 21 : Niveaux d'énergie recommandés en fonction du trafic. ²³

²² Veuillez noter que la sélection de niveaux d'énergie de DuPont™ Typar® peut dépendre de systèmes de classification et de spécifications nationaux.

²³ $NE = \sum N_i * CESE_i$.

3.4.2. Influence des conditions de mise en oeuvre

Afin de remplir ses fonctions à long terme, le géotextile doit résister aux contraintes d’installation, notamment au déversement et au compactage de la couche d’apport. La figure 22 indique le niveau d’énergie recommandé de DuPont™ Typar® SF en fonction de la taille des matériaux d’apport et de leur hauteur de chute. Il est évident que le déversement et la dispersion des agrégats sur une couche existante, au lieu du déversement direct sur le géotextile permettent d’utiliser des styles ayant un niveau d’énergie plus faible. Une qualité plus faible peut être utilisée si le matériau d’apport est déversé sur une couche déjà en place, puis réparti sur le géotextile à l’aide d’un engin avec lame.

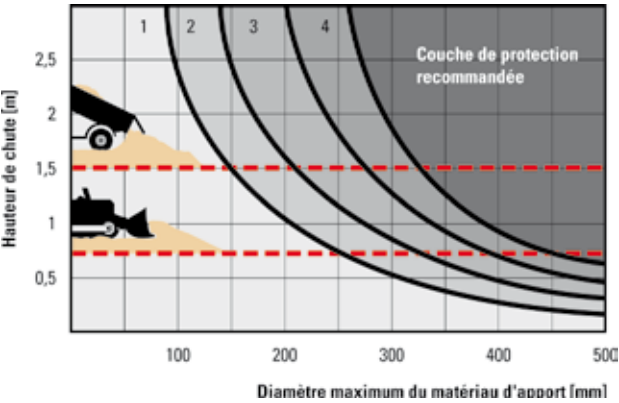


Figure 22 : Niveau d’énergie recommandé comme fonction de la taille des agrégats et de la hauteur de chute.

3.4.3. Influence du compactage

La perforation par des éléments anguleux lors du compactage peut affecter la fonction de séparation à long terme. La figure 23 indique les niveaux d’énergie recommandés de DuPont™ Typar® SF en fonction de l’indice CBR du sol et diamètre D_{90} (taille des passants 90%) du matériau concassé en contact avec DuPont™ Typar® SF.

Remarque : des styles de DuPont™ Typar® SF dont l’énergie est inférieure à 2 kJ/m² peuvent être utilisés en cas de trafic léger (voiture de tourisme) et avec un matériau d’apport de dimension maximale inférieur à 50 mm.

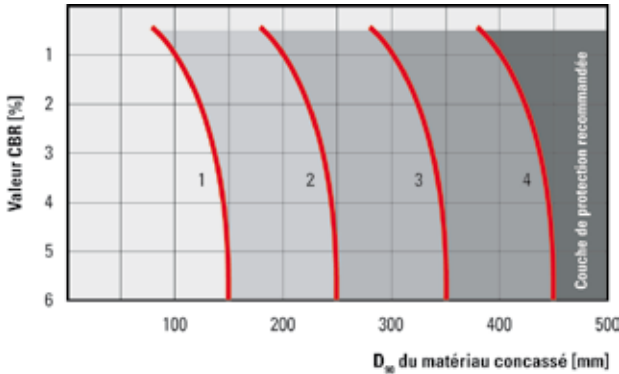


Figure 23 : Niveau d’énergie recommandé en fonction de la dimension du matériau concassé et du CBR de la plate-forme.

3.4.4. Critères de filtration

Pour jouer un rôle efficace de séparation et de filtration à long terme, le géotextile doit satisfaire aux critères simplifiés du tableau 7 dans lequel O_{90} est mesuré par la méthode d’essai du tamisage humide. (EN 12956).

sols cohésifs, très fins	sols non cohésifs
$D_{85} < 0.06, D_{10} < 0.002$	
$O_{90} \leq 0.200\text{mm}$	$O_{90} \leq 2 * D_{85}$

Tableau 7 : Critères généraux de filtration.

3.5. Recommandations de mise en oeuvre

Les mesures suivantes doivent être prises lorsque l'on installe DuPont™ Typar® SF sur des chantiers de construction de routes et des fondations granulaires :

- 1) Retirer tous les gros débris susceptibles de perforer DuPont™ Typar® SF.
- 2) Dérouler DuPont™ Typar® SF sur une largeur au moins égale à celle de la couche de fondation.
- 3) Lorsque l'on utilise deux rouleaux ou plus, s'assurer qu'il y a un recouvrement suffisant (habituellement 30 cm au minimum).
- 4) En cas de vent, utiliser des pelletées de gravier à intervalles réguliers pour maintenir DuPont™ Typar® SF en place.
- 5) Déverser le matériau d'apport en évitant de rouler directement sur DuPont™ Typar® SF non encore recouvert (Figure 24).

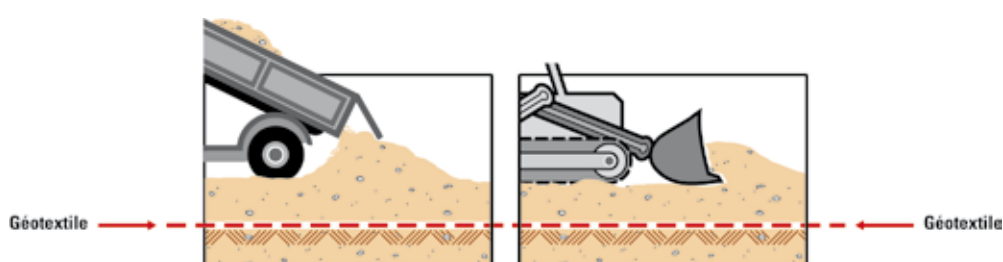


Figure 24 : Déversement du matériau d'apport sur DuPont™ Typar® SF sans rouler dessus.

- 6) Etaler et compacter le matériau d'apport avant qu'un trafic intense n'intervienne.
- 7) La taille des éléments les plus gros du matériau d'apport ne dépassera pas le tiers de l'épaisseur de la couche mise en œuvre.
- 8) Colmater les ornières, dues au trafic, lorsque leur profondeur excède 1/3 de l'épaisseur de la couche de fondation. La formation d'ornières sera alors arrêtée.
- 9) La première couche de matériau d'apport doit avoir au moins une épaisseur de 250 mm.

3.6. Exemples de conception

3.6.1. Exemple 1 (d'après 3.3.1)

Un entrepreneur souhaite avoir accès par tout temps au chantier d'un pont isolé situé sur un sol d'argile organique dont l'indice CBR est de 2.5 %. Environ 6 camions (soit 3 essieux chacun) accèderont au site quotidiennement sur une période de 5 mois.

Une source d'approvisionnement en tout-venant bon marché est proche ($\alpha = 0.4$, $D_{\max} = 100$ mm).

3

A. Epaisseur initiale des agrégats T_0	
Portance du sol	CBR = 2.5
Charge par essieu	$P_i = 80$ kN
Figure 17 →	$T_0 = 190$ mm

B. Adaptation de T_0 correspondant à la durée de vie	
Charge par essieu	$P_i = 80$ kN
Nombre réel de passages	$N_i = 6$ charges/jour
Epaisseur de grave compactée et concassée	$T_0 = 190$ mm

$CESE = (P/P_0)^{3.95} = 1$
$N_E = \Sigma N_i * CESE_i$ $N_E = 5 \text{ mois} * 30 \text{ jours/mois} * 6$ $\text{charges/jour} * 3 \text{ essieux} * 1 = 2700$
Fig 18 → C = 1.12
$T = C * T_0 = 1.12 * 190 = 212 \text{ mm}$

C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats

$$T_{\text{eff}} = \Sigma T_i / \alpha_i = 212 / 0.4 = 530 \text{ mm}$$

Sélection du niveau d'énergie correct de DuPont™ Typar® SF

CBR = 2.5%	$N_E = 2700$	Fig 21 : → niveau 1
Niveau de chute = 1 m	$D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$	Fig 22 : → niveau 1
Fig 23 : seulement applicable aux agrégats concassés		
Tableau 7 : sol cohésif	$O_{\text{max}} \leq 0.200 \text{ mm}$	

→ SF 32

Installation : suivre les recommandations d'installation. Installer deux couches de tout-venant d'une épaisseur de 330 mm chacune et compacter jusqu'à atteindre 265 mm.

3.6.2. Exemple 2 (d'après 3.3.3)

Une compagnie de transport va construire une aérogare et une zone de stationnement dont la durée de vie espérée est de quinze ans. 20 camions par jour utiliseront ces installations et 8 d'entre eux circuleront à vide dans un sens. Les camions ont 4 essieux chargés.

Un CBR de 1 % a été obtenu lors de l'étude géotechnique. La route d'accès et la zone de stationnement vont être revêtues d'une couche de 70 mm enrobée de chaux (= T_{hotmix}). Un gravier sableux sera utilisé pour la fondation de la route destinée à la circulation des engins de construction ($\alpha = 0.5$) et sera complété par un grave rond de bonne qualité ($\alpha = 0.8$, $D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$) pour la structure finale.

Au début, l'entrepreneur devra créer une plate-forme de travail et d'assemblage stables en direction de et autour de l'aérogare. Cette structure en agrégats sera intégrée dans la structure revêtue finale, ce qui économisera du temps et de l'argent. Figure 20 suivante : tableau de conception :

Structure revêtue		Route de construction non revêtue	
A. Epaisseur initiale des agrégats T'_0		A. Epaisseur initiale des agrégats T_0	
Portance du sol	CBR = 1 %	Portance du sol	CBR = 1 %
Charge par essieu	$P_i = 80 \text{ kN}$	Charge par essieu	$P_i = 80 \text{ kN}$
Figure 19	$T'_0 = 420 \text{ mm}$	Figure 17	$T_0 = 280 \text{ mm}$
B. Adaptation de T'_0 correspondant à la durée de vie		B. Adaptation de T_0 correspondant à la durée de vie	
Charge par essieu	$P_{\text{chargé}} = 80 \text{ kN}$ $P_{\text{vide}} = 30 \text{ kN}$	Charge par essieu	P_i
Nombre réel de passages	N'_i	Nombre réel de passages	N_i
Epaisseur de grave compactée et concassée	T'_0	Epaisseur de grave compactée et concassée	T_0

$CESE_{\text{chargé}} = (P/P_0)^{3.95} = 1$	
$CESE_{\text{chargé}} = (30/80)^{3.95} = 0.021$	$CESE_{\text{étude des coûts}} = 3000$

$N'_{\text{chargé}} = 32 \times 6 \times 52 \times 15 \times 4 \text{ essieux} = 599040$	$N_{\text{E étude des coûts}} = 3000$
$N'_{\text{vide}} = 8 \times 6 \times 52 \times 15 \times 4 \text{ essieux} = 149760$	
$N'_E = 599040 \times 1 + 149760 \times 0.021 = 602185$	
Fig 18 → $C = 1.75$	Fig 18 → $C = 1.13$
$T' = C * T'_0 = 1.75 * 420 \cong 740 \text{ mm}$	$T = C * T_0 = 1.13 \times 280 \cong 320 \text{ mm}$
$\alpha = 1$	

C. Adaptation de T' correspondant à l'efficacité des agrégats	C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats
$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + \sum T_i / \alpha_i$	$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$
avec T_{eff} épaisseur minimale effective pour la circulation des engins de construction.	

Sur une épaisseur totale T' de 740 mm, 320 mm ($\alpha=1$) ont été utilisés pour supporter la circulation des engins de construction. 70 mm de couche de revêtement sont équivalents à 140 mm de matériau dont l'efficacité est de $\alpha=1$. Les 280 mm (T_{rem}) restants peuvent être fournis par 350 mm ($= 280 / 0.8$) de grave rond. Le résultat est une épaisseur minimum effective de 790 mm.

$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + T_{\text{hotmix}} / \alpha_{\text{hotmix}} + T_{\text{rem}} / \alpha_{\text{rem}}$ $T_{\text{rem}} = T' - T - T_{\text{hotmix}} (\alpha=1) = 740 - 320 - 140 = 280 \text{ mm}$ $T'_{\text{eff}} = 640 + 140/2 + 280/0.8 = 1060 \text{ mm}$	$T_{\text{eff}} = 320 / 0.5 = 640 \text{ mm}$
--	---

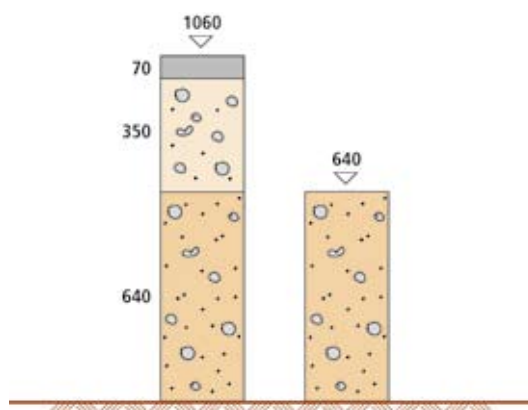
Sélection du niveau d'énergie correct de DuPont™ Typar® SF

CBR = 1.0 %	$N'_E = 602185$	Fig 21 : → niveau 2
Hauteur de chute = 1 m	$D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$	Fig 22 : → niveau 1
Fig 23 : seulement applicable aux agrégats concassés		

→ SF 49

Installation :

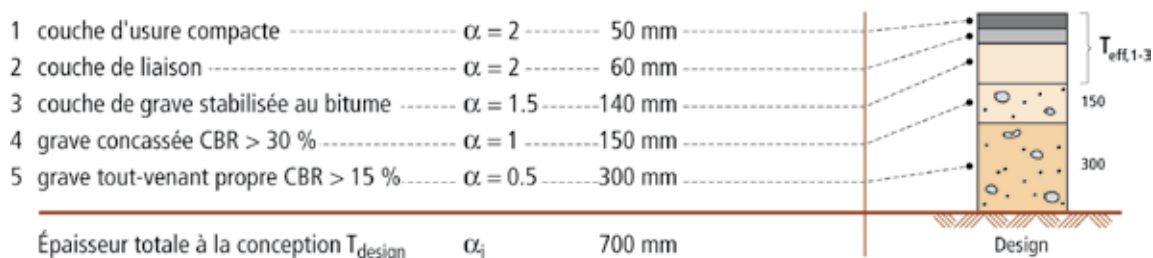
- Suivre les recommandations d'installation (paragraphe 3.5).
- Déposer 400 mm de grave rond pour la circulation des engins de construction.
- Déposer 350 mm d'agrégats de grave rond et 70 mm de revêtement en enrobé à chaud.



3.6.3. Exemple 3

Un entrepreneur veut suggérer un concept de route précis aux autorités routières afin d'obtenir de possibles économies grâce à un géotextile. Le concept original présenté par les autorités routières pour la réponse à l'appel d'offres est le suivant :

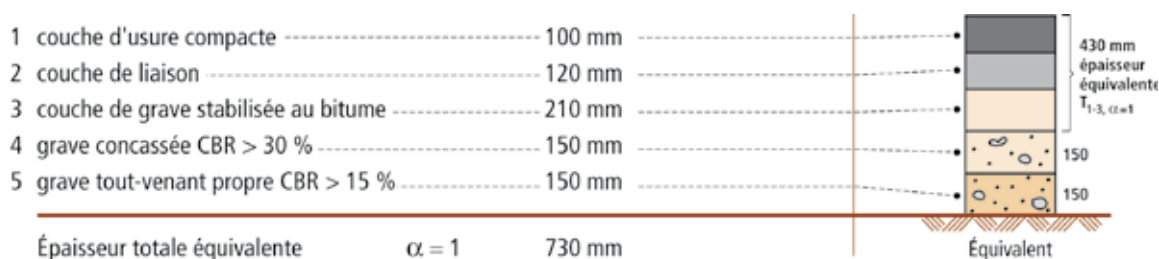
Structure de la route :



Cette conception se fonde sur les estimations concernant la circulation :

- Circulation : charge par essieu égale à 8 tonnes ou 80 kN
10 ans de durée de vie calculée
total de $15 \cdot 10^6$ charges par essieux / durée de vie de la voie.
- Portance : plateforme existante CBR 1 – 5 %.

Etant donné que le CBR de la plate forme existante varie, une nouvelle structure de la route est déterminée selon un CBR = 1 %, 3 % et 5 %. De plus, les couches 1, 2, 3 restent inchangées avec une telle épaisseur à la conception de $T'_{eff1-3} = 250$ mm et une épaisseur équivalente $T_{1-3, \alpha=1} = (T_1 + T_2) \cdot \alpha_{1,2} + T_3 \cdot \alpha_3 = 430$ mm en utilisant les facteurs d'efficacité des agrégats $\alpha_{1,2} = 2$ et $\alpha_3 = 1.5$. L'épaisseur équivalente pour la couche 4 est $150/(\alpha = 1) = 150$ mm, pour la couche 5, l'épaisseur est $300/(\alpha = 0.5) = 600$ mm. Toutes les comparaisons suivantes sont fondées sur une efficacité d'agrégats $\alpha = 1$. La structure équivalente de la route est brièvement présentée ci-dessous :



A. Epaisseur initiale des agrégats T_0

Portance du sol	CBR = voir tableau ci-dessous
Charge par essieu	$P_i = 80$ kN
Figure 17 →	$T'_0 =$ voir tableau ci-dessous

CBR	1%	3%	5%
T'_0 (épaisseur) (fig 8) [mm]	420	300	250

B. Adaptation de T_0 correspondant à la durée de vie

Charge par essieu	$P_i = 80 \text{ kN}$
Nombre de passages (CESE)	$N'_E = 15 * 10^6 \text{ charge par essieu}$
Épaisseur de grave compacté et concassé	$T'_0 = \text{voir tableau ci-dessous}$

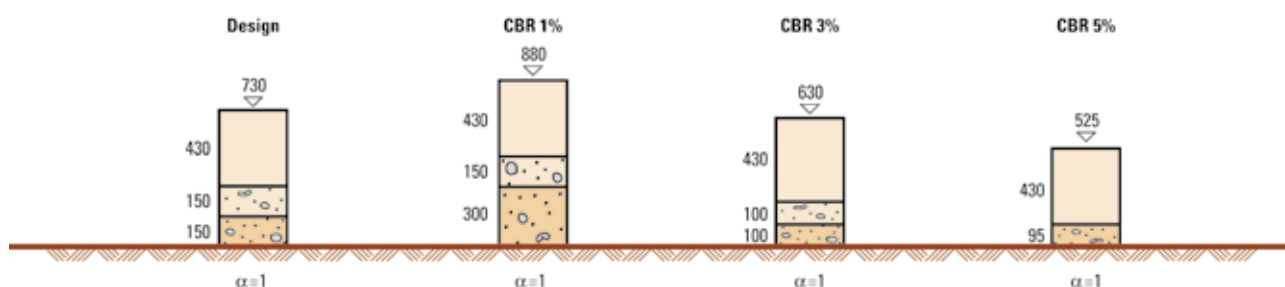
CBR	1%	3%	5%
C (adaptation à la durée de vie)	2.1	2.1	2.1
$T = T'_0 * C \text{ (min avec } \alpha=1) \text{ [mm]}$	880	630	525

C. Adaptation de T correspondant à l'efficacité des agrégats

CBR	1%	3%	5%
$T_{\text{restant}} (= T - T_{1-3, \alpha=1}) \text{ [mm]}$	450	200	95

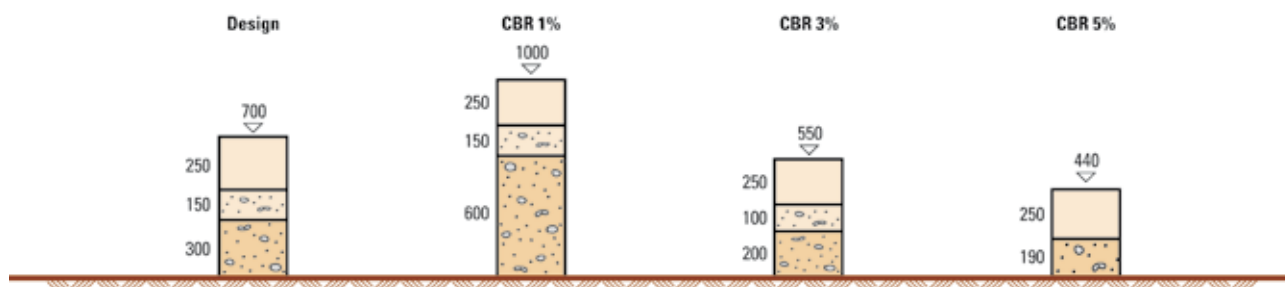
L'épaisseur restante T_{restant} peut être répartie entre les deux matériaux disponibles de la manière suivante :

T_4 (grave concassé standard) [mm]	150	100	-
T_5 (grave tout-venant propre) [mm]	300	100	95
Réduction (= $T - 730 \text{ mm}$) [mm]	+150	-100	-205



Ceci permet des économies par rapport à l'épaisseur effective selon un CBR = 3 % et 5 % et à une augmentation de l'épaisseur pour CBR = 1 %.

CBR	1%	3%	5%
$T_{4, \text{eff}}$ (grave concassé standard) [mm]	150	100	-
$T_{5, \text{eff}}$ (grave tout-venant propre) [mm]	600	200	190
Réduction eff. (= $T_{\text{design}} - T_{\text{eff}}$) [mm]	+300	-150	-260



Bibliographie

¹ Robnett, Q.L. et Lai, J.S., Fabric Reinforced Aggregate Roads – An Overview., 61st Annual Meeting of TRB in Washington, Janvier, 1982
Lavin, J.G., Murray, C.D., Murch, L.E., Robnett, Q.L. et Lai, J.S., Prospects of spunbonded Fabrics in Civil Engineering, Proceedings of Nonwoven Fabrics Conference, University of Manchester, Institute of Science & Technology, Juin, 1980
Robnett, Q.L., Lai, J.S., et autres, Use of Geotextiles in Road Construction : Laboratory Study, Proceedings of First Canadian Symposium in Geotextiles, Calgary, Alberta, Canada
Robnett, Q.L., Lai, J.S., et autres, Use of Geotextiles in Road Construction, Proceedings, Third Conference – Road Engineering

Association of Asia and Australia, Taipei, Avril, 1981.
Robnett, Q.L., Lai, J.S., et autres, Use of Geotextiles to Extend Aggregate Resources, ASTM Symposium on Extending Aggregate Resources, Décembre 1980.

Giroud, J.P., Noiray, L., Geotextile Reinforced Unpaved Road Design, Journal of the Geotechnical Division, ASCE, Volume 107, GT9, Septembre, 1981.

² Hammit II.G.M., “Thickness Requirements for unsurfaced Roads and Airfields Bare Base Support”. Technical report s. 70 – 5, Juillet 1970. US Army Engineer Waterway Experiment Station, Vicksburg M.S.

Systèmes de drainage

4.1. Introduction	28
4.2. Fonctions	28
4.3. Propriétés des géotextiles	29
4.4. Conception des systèmes de drainage	29
4.4.1. Critère de rétention du sol	30
4.4.2. Critère de perméabilité	31
4.4.3. Sols spéciaux	32
4.4.4. Commentaires et critères de sélection supplémentaires	32
4.5. Systèmes types de drainage	33
4.5.1. Drains de pierre sèche	33
4.5.2. Drain de talus	33
4.5.3. Drainage de surface	34
4.5.4. Couches drainantes	34
4.5.5. Drains composites	35
4.6. Recommandations d'installation	36
4.6.1. Tranchées	36
4.6.2. Couches drainantes	36
4.6.3. Drains verticaux avec DuPont™ Typar® SF	37

4. Systèmes de drainage

4.1. Introduction

Ce chapitre vous permet de définir la bonne utilisation de DuPont™ Typar® SF comme couche filtrante, ainsi que la conception fondamentale et la construction de quelques systèmes typiques de drainage. Les méthodes et les procédés de conception permettant d'utiliser DuPont™ Typar® SF sont le résultat de connaissances obtenues lors d'essais dans plusieurs laboratoires et sont "in situ", le fruit de l'expérience acquise lors de milliers d'installations de par le monde.

4.2. Fonctions

Dans les applications de drainage (évacuation contrôlée des eaux) la pratique habituelle est maintenant de remplacer le filtre conventionnel à lits granuleux par un filtre géotextile. Un filtre géotextile remplit la même fonction : empêcher le colmatage du drain, tout en présentant l'avantage d'une installation facile et d'une qualité de filtre contrôlée qui ne soit pas compromise par de mauvaises conditions de construction. L'utilisation des géotextiles conduit à des économies d'échelle substantielles grâce à des temps d'installation plus courts, des travaux de terrassement moins importants et l'utilisation de moins de matériaux. Les propriétés d'un géotextile sont sensiblement influencées par sa structure. Les géotextiles tissés en bandes ont habituellement une faible proportion de surface de vide. Comme leurs pores en nombre limité ont généralement le même diamètre, ils sont soumis à l'engorgement ou au colmatage sous l'effet des particules de sol. Les géotextiles épais ont un circuit d'écoulement long et tortueux, les petites particules de sol peuvent être facilement prises au piège dans les canaux étroits. Ce colmatage partiel et la sensibilité des géotextiles à la compression peuvent entraîner une réduction sensible de leur perméabilité.

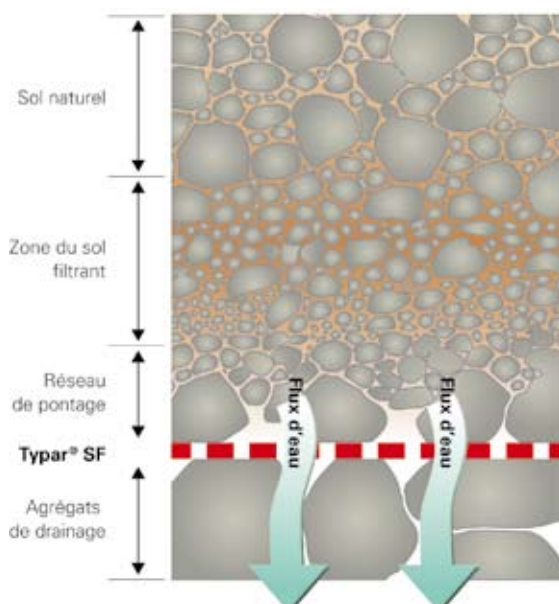


Figure 6' : Filtre de sol naturel à proximité du géotextile

DuPont™ Typar® SF, tout au contraire, a des qualités supérieures de rétention des particules de sol et de perméabilité à l'eau. Il permet d'obtenir une bonne rétention des particules du sol en raison de son large éventail de tailles et de formes de pores. Il est improbable que les particules de sol soient piégées dans DuPont™ Typar® SF en raison de sa fine structure pré-comprimée. C'est aussi la raison pour laquelle ses propriétés hydrauliques sont insensibles à la compression.

En outre, le géotextile doit résister à toute contrainte d'installation pour être capable de jouer efficacement son rôle de filtration. En raison de son module initial élevé et d'un allongement important, DuPont™ Typar® SF a un potentiel d'absorption d'énergie élevé qui le rend résistant à l'endommagement en cours d'installation et lui procure une stabilité dimensionnelle au niveau de la taille et de la perméabilité des pores.

Comment DuPont™ Typar® SF fonctionne-t-il ? DuPont™ Typar® SF permet la constitution d'un filtre de sol naturel voisin du géotextile après l'installation. Le système de liaison qui en résulte ne pourra se développer que si le géotextile a une répartition correcte des tailles des pores. Les recommandations suivantes vous permettront de choisir le bon filtre.

4.3. Propriétés des géotextiles

De vastes programmes de recherche ont été entrepris dans le monde entier pour définir les performances de filtration des géotextiles en mettant en relation la répartition des particules selon leur taille dans le sol devant être filtré et les conditions hydrauliques propres à la répartition des pores selon leur taille et à la perméabilité à l'eau du géotextile. Les propriétés les plus importantes d'un filtre sont la taille des pores O_{90} et la perméabilité à l'eau. O_{90} est la taille des pores, qui correspond au D_{90} du sol passant à travers le produit. La répartition des pores du filtre géotextile selon leur taille est évaluée en utilisant l'une des multiples techniques de tamisage. Les résultats de tels essais permettent de créer la courbe de répartition des pores du géotextile selon leur taille.

La propriété de performance O_{90} peut être lue à partir d'une telle courbe. Une description des différentes méthodes pour déterminer la répartition des pores selon leur taille peut être consultée en annexe.

La perméabilité k [m/s] caractérise l'écoulement de l'eau perpendiculaire au plan. L'épaisseur du géotextile a un fort impact sur la perméabilité sous l'effet de la charge. Pour évaluer le caractère adéquat de divers produits selon différentes épaisseurs, il convient de comparer la perméabilité sous l'effet de la charge. La figure 25 suivante montre comment la perméabilité d'un géotextile non-tissé épais de type aiguilleté change sous l'effet de la pression comparée à un DuPont™ Typar® SF précomprimé.

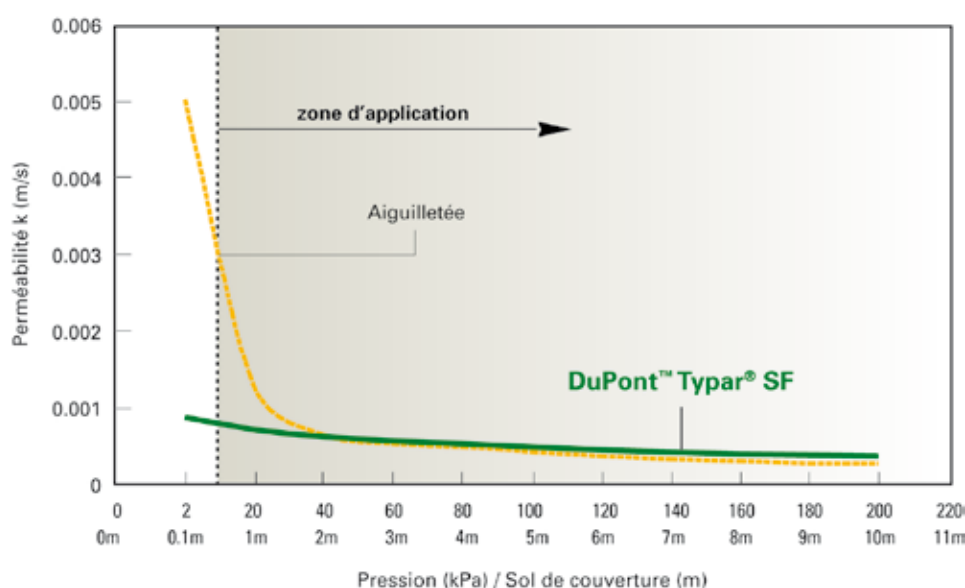


Figure 25 : Perméabilité sous pression – Comparaison des Aiguilletés avec DuPont™ Typar® SF.

Une autre manière de décrire la perméabilité du géotextile consiste à la présenter comme conductivité hydraulique ou débit à un niveau de contrainte normal pour une perte de charge donnée ($l / (m^2 \cdot s)$).

La perméabilité du géotextile doit être plus élevée que celle du sol afin de ne pas réduire le débit en eau du sol.

4.4. Conception des systèmes de drainage

La sélection d'un filtre est un processus relativement complexe et les facteurs suivants déterminent l'interaction entre le sol et le filtre :

- Propriétés des géotextiles : distribution des pores selon la taille (O_{90}), perméabilité à l'eau, compressibilité et structure.
- Conditions du sol : répartition des particules selon la taille, coefficient d'uniformité, plasticité et cohésion.
- Conditions hydrauliques : flux unidirectionnel ou réversible, gradient et précipitation chimique.
- Conditions d'installation : endommagement physique en cours d'installation et teneur du sol en eau en cours d'installation.

Les deux critères principaux devant être pris en considération lorsque l'on conçoit une application de filtre sont la rétention du sol et la perméabilité.

4.4.1. Critère de rétention du sol :

La sélection commence par la détermination de la répartition des particules du sol devant être filtré. En appliquant les critères du Comité Suisse Géotextile les limites de la taille d'ouverture maximale O_{max} peuvent être déterminées. Les critères généraux pour les situations non-critiques (écoulement régulier, gradient faible) sont ' :

$$O_{90} < 2 * D_{85}$$

Pour les applications où la limitation du phénomène de renard est le facteur prédominant, les critères suivants doivent être appliqués :

	Sols cohésifs, très fins $D_{85} < 0.06$ et $D_{10} < 0.002$	Sols très fins, non cohésifs $D_{40} < 0.06$	Sols grossiers $D_{40} > 0.06$
Ecoulement régulier	$O_{90} < 0.200$	$O_{90} < 6 * D_{60}$	$O_{90} < 5 * D_{10} \sqrt{C_u}$ ²⁷
Ecoulement dynamique	Essais de laboratoire nécessaires ²⁸		$O_{90} < 1,5 * D_{10} \sqrt{C_u}$ $O_{90} < D_{60}$

Tableau 8 : Critères des filtres pour différents sols et conditions d'écoulement.

Dans le cas de sols à granulométrie discontinue, tel qu'indiqué sur le graphique (Fig. 26) ci-dessous D'_{85} (le D_{85} de la partie la plus fine du sol) doit être utilisé à la place de D_{85} . Pour déterminer D'_{85} prolonger le gradient de la partie la plus fine du sol et le plateau. Le point d'intersection détermine D'_{100} pour la partie la plus fine du sol. Relier D'_{100} et D_0 permet de matérialiser D'_{85} .

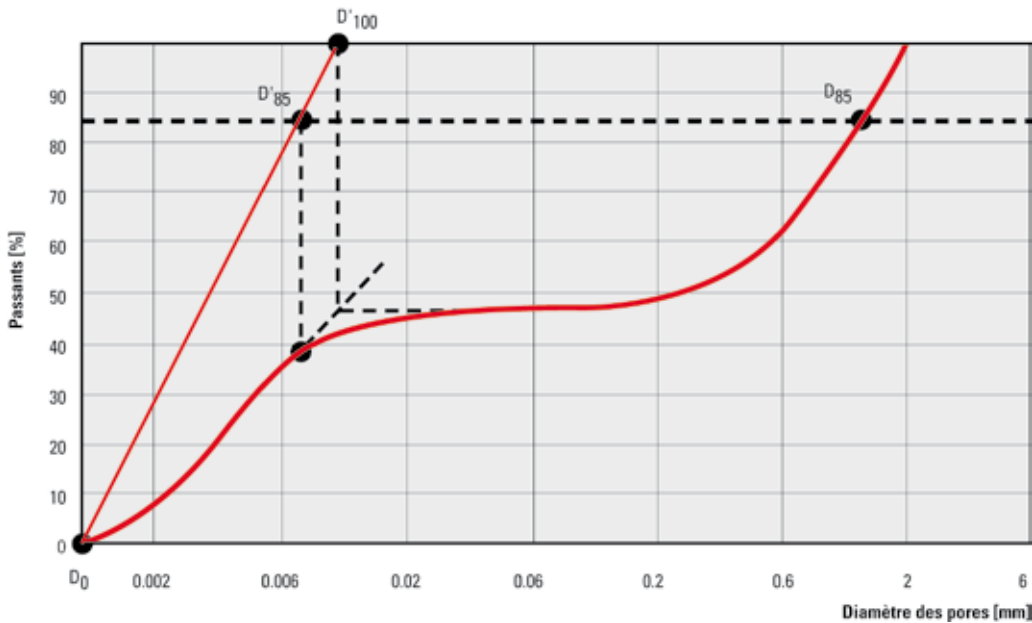


Figure 26 : Sols à granulométrie discontinue.

²⁷ $C_u = D_{60}/D_{10}$.
²⁸ Vous pouvez demander au Centre Technique des Géosynthétiques DuPont ou utiliser le schéma en annexe 7.10.

4.4.2 Critère de perméabilité

En règle générale, la perméabilité du géotextile doit être plus importante que celle du sol à filtrer. Lorsque l'on compare les filtres de granulats aux filtres de géotextiles J.P. Giroud " suggère que pour assurer une capacité de débit équivalente, la perméabilité à l'eau du géotextile soit 10 fois supérieure à la perméabilité du sol à filtrer. Murray et McGown suggèrent à leur tour un facteur 10 pour les tissés et non-tissés fins (≤ 2 mm) et un facteur 100 pour les géotextiles épais non-tissés (> 2 mm) à utiliser pour le revêtement de la chaussée et le drainage structurel.

La valeur de la perméabilité du sol peut être approchée à partir de la valeur de la taille de particules D_{20} grâce à la figure 27.

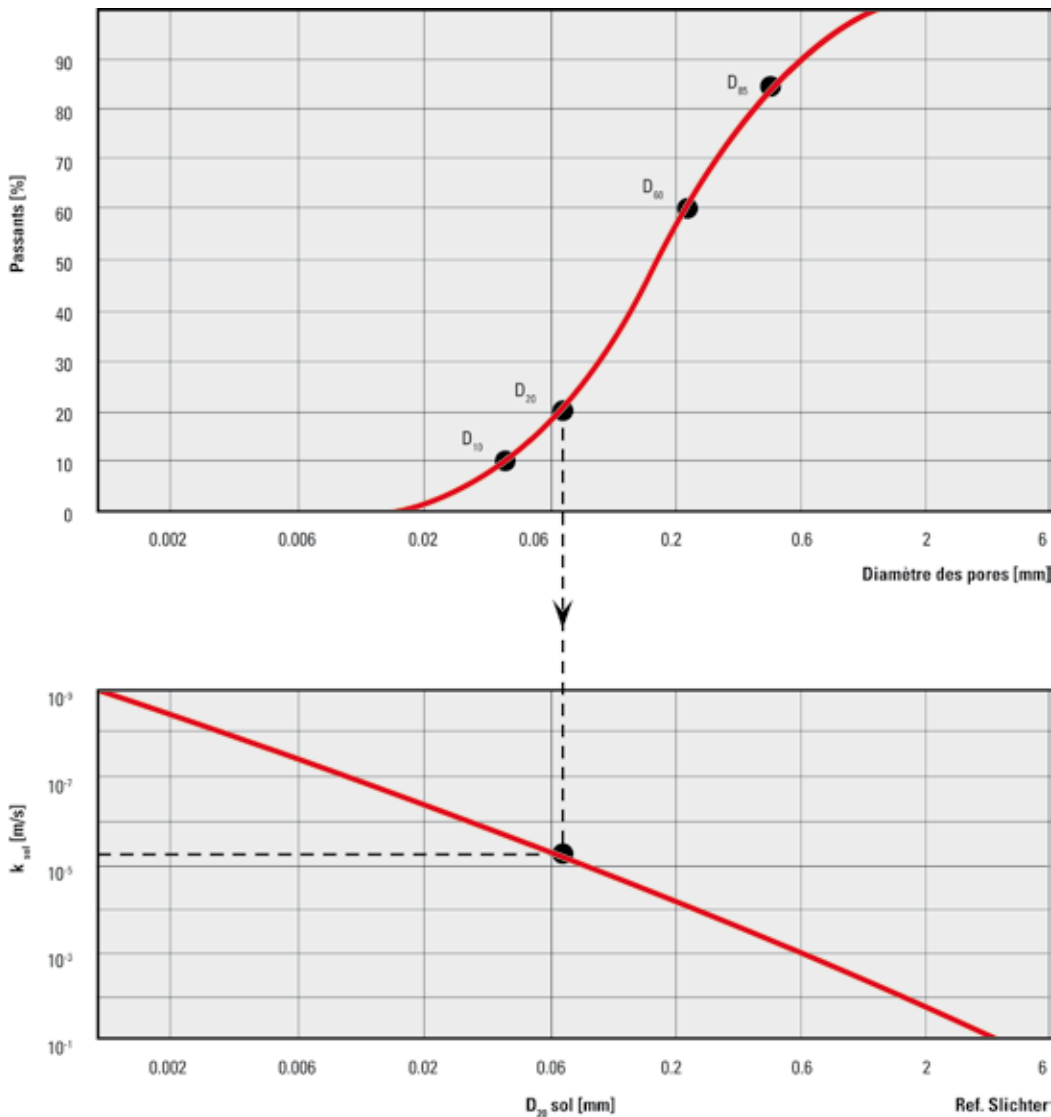


Figure 27 : Approximation de la perméabilité du sol en fonction de D_{20} .

4.4.3. Sols spéciaux

La figure 28 ci-dessous indique que :

- Des sols avec $C_u < 3$ et moins de 10 % de particules < 0.002 mm, dont la courbe granulométrique est entièrement à l'intérieur de la zone grise, ne seront pas bien retenus par les géotextiles de style DuPont™ Typar® SF. Des essais en laboratoire sont requis avant toute sélection du géotextile. Pour des sols dont la courbe granulométrique traverse les zones grises, les critères usuels de filtration s'appliquent.
- Les sols dont la courbe granulométrique traverse le rectangle gris en bas à droite, ne satisfont pas au critère de perméabilité. La formation de pression hydrostatique peut poser des problèmes structuraux.

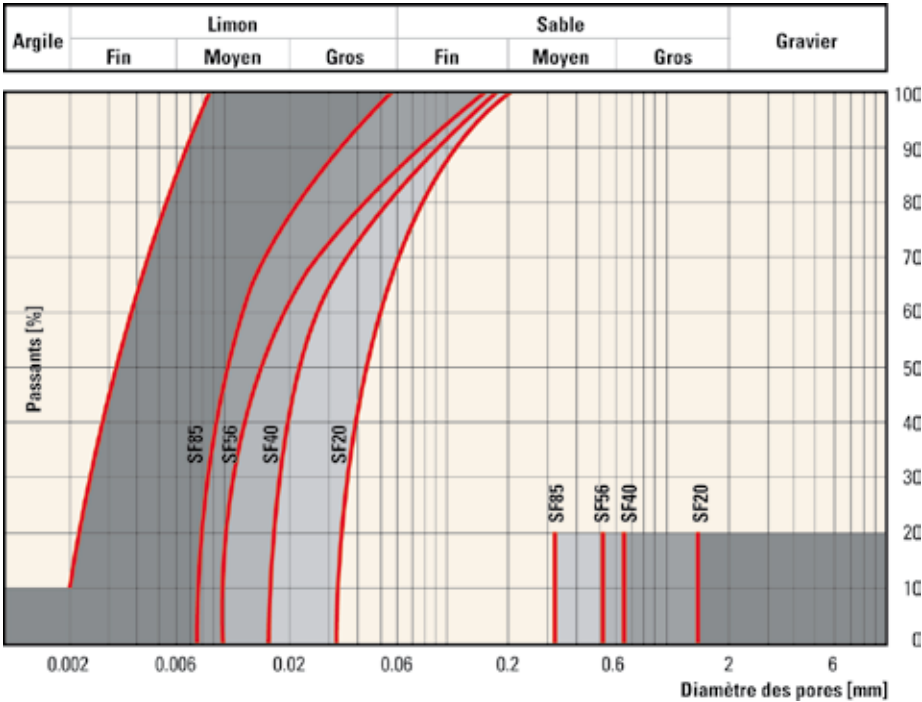


Figure 28 : Sols spéciaux requérant une considération complémentaire lors de la sélection du style de DuPont™ Typar® SF.

4.4.4. Commentaires et critères de sélection supplémentaires

Les essais de laboratoire et l'expérience sur le terrain ont montré que les styles de DuPont™ Typar® SF aux tailles des pores supérieures à celles spécifiées par les critères de filtration susmentionnés, se comportent bien sur une longue période avec des sols très fins^{iv}.

Au regard des conditions d'installation (hauteur de chute, type d'agrégats, compacité), un style plus lourd et plus résistant de DuPont™ Typar® SF que nécessaire aux exigences de perméabilité ou de filtration peut être recommandé. Des détails sont disponibles en tableau 9 :

Application	Style de DuPont™ Typar® SF recommandé
Drainage agricole	SF20 ou SF27
Systèmes de drainage utilisant des agrégats d < 20mm	SF32
Systèmes de drainage utilisant des agrégats d > 20mm	SF37 ou supérieur

Tableau 9 : Styles de DuPont™ Typar® SF recommandés pour différentes applications.

4.5. Systèmes types de drainage

4.5.1. Drains de pierre sèche

DuPont™ Typar® SF est communément utilisé pour la construction de drains de pierre sèche dans lesquels il agit comme filtre et maintien la capacité de drainage du drain d'agrégats. La capacité de débit des drains de pierraille est proportionnelle à la fois à la coupe transversale et au gradient.

Taille d'agrégats [mm]	Gradient du drain [%]	Capacité de débit Q [l/sec]				
		0.3 x 0.3	0.3 x 0.6	0.6 x 0.6	0.6 x 0.9	0.6 x 1.2
50	1.0	0.7	1.4	2.8	4.2	5.6
	2.0	1.4	2.8	5.6	8.4	11.2
19 - 25	1.0	0.4	0.8	1.6	2.4	3.2
	2.0	0.8	1.6	3.2	4.8	6.4
9 - 12	1.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
	2.0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
6 - 9	1.0	0.02	0.04	0.08	0.12	0.16
	2.0	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32

Tableau 10 : Capacité de débit des drains de pierre sèche. ^v

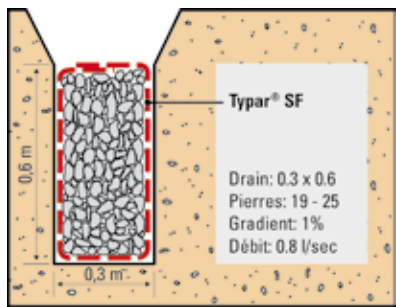


Figure 29 : Exemple de drain de pierres sèches.

4.5.2. Drain de talus

Un drain souterrain de talus au bord d'une voie doit permettre d'évacuer rapidement les eaux d'infiltration pour empêcher la détérioration de la couche de fondation.

W = route + largeur du talus

L = section du drain entre les exutoires [m]

i = gradient du drain [%]

R = taux maximum de précipitations [m/sec]

P_R = coefficient de pénétration des eaux de pluie [%]

La capacité de débit Q est déterminée :

$$Q = 10^3 * L * W * R * P_R \text{ [l/sec]}$$

La section de drain nécessaire est alors déterminée en utilisant le tableau 10 ci-dessus.

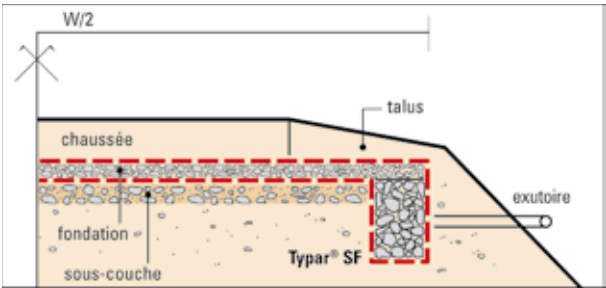


Figure 30 : Section d'un drain de talus.

4.5.3. Drainage de surface

Dans des conditions où la saturation superficielle est causée par une quantité excessive de précipitations, l’espacement des drains permettant d’abaisser le niveau des eaux souterraines peut être déterminé grâce au tableau 11. En assumant que chaque drain devra évacuer les eaux de ruissellement et d’infiltration, le débit Q est le suivant :

$$Q = 10^6 \cdot S \cdot L \cdot R \text{ [l/sec]}$$

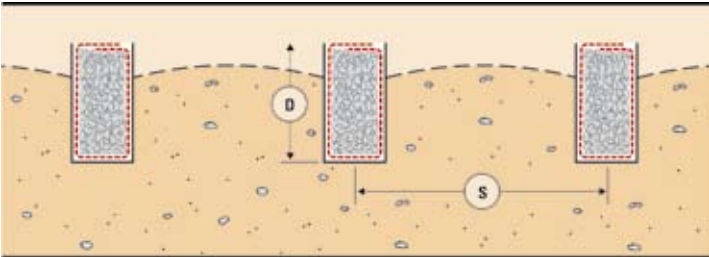


Figure 31 : Section d'un système de drainage.

La distance entre les drains est alors déterminée grâce au tableau 11 ci-dessous.

Type de sol	Perméabilité k [m/sec]	Espacements des drains profonds S [m] pour plusieurs profondeurs de tranchée		
		D = 1.0 m	D = 1.3 m	D = 1.6 m
Argile limoneux	3.0 x 10-7	5 m	6 m	8 m
Limon	5.0 x 10-6	18 m	25 m	30 m
Limon sableux	3.0 x 10-5	47 m	62 m	77 m
Sable limoneux	7.0 x 10-5	67 m	88 m	109 m

Tableau 11 : Espace nécessaire des drains profonds.

4.5.4. Couches drainantes

Les terrains de sport sont un exemple typique où l’application de couches drainantes permettant le ruissellement des eaux superficielles n’est pas tolérée. Une couche drainante doit être disposée sous le sol et la végétation superficiels pour permettre à l’eau de s’écouler goutte à goutte rapidement. La couche drainante doit être contenue entre deux couches de DuPont™ Typar® SF comme filtre pour l’empêcher de se colmater. Lorsque l’on installe une combinaison de drain de pierre et de tapis drainant sableux, une couche supplémentaire de DuPont™ Typar® SF devra être installée entre les deux différents sols pour éviter la contamination.



Figure 32 : Section de deux différentes couches drainantes utilisant DuPont™ Typar® SF.

L’épaisseur t du tapis drainant , ou la perméabilité nécessaire du tapis k_d sont calculées de la manière suivante :

$$t = s/2 \sqrt{R/k_d}$$

Avec

- t = épaisseur [m]
 - s = espacement entre les drains [m]
- k_d = perméabilité du matériau de drainage [m/s]
 - R = précipitation maximum [m/s]

Comme marge de sécurité suffisante, nous recommandons un facteur de sécurité 10 pour la perméabilité k_d . L'espacement des drains s et la section des drains peuvent être déterminés soit par le tableau 10 soit par :

$$Q = 10^3 * S * L * R \text{ [l/sec]}$$

Notez que le sol superficiel doit être suffisamment perméable pour permettre l'écoulement des eaux superficielles vers la couche drainante.

4.5.5. Drains composites



Au cours des 10 dernières années, une nouvelle sorte de matériau de drainage est apparue sur le marché des géosynthétiques et acquiert actuellement une rapide reconnaissance dans la construction et l'industrie du BTP : les composites de drainage.

Un drain composite est généralement composé d'un noyau synthétique rigide entouré par/ou enveloppé dans un filtre géotextile. Le noyau doit avoir une structure plutôt ouverte mais incompressible qui permet l'écoulement libre de l'eau même quand il est installé. Le filtre empêche le noyau d'être colmaté par le sol.

Figure 33 : Installation de composite de drainage comme drain de talus pour route.

Ces produits existent dans de nombreuses tailles et formes dépendant des applications spécifiques pour lesquelles ils sont utilisés :

Applications pour le génie civil

- Drains de routes : drains de bordure, couches drainantes, drains du revêtement bitumineux, écrans de rives.
- Décharge : évacuation des gaz, récupération des lixiviats.
- Tapis drainants sous les terrains de sport, ...
- Drainage agricole.
- Drains verticaux ou drainage par mèche.

Applications pour le bâtiment

- Nappes de drainage pour la protection des murs souterrains, les fondations, les parkings, ...
- Tapis drainants pour les terrasses, les terrasses engazonnées, les balcons, ...

Les produits de drainage composite remplacent de plus en plus les systèmes de drainage traditionnels constitués d'agréats enveloppés dans un géotextile. Leur fabrication industrielle et leur facilité d'installation en font une solution de remplacement économique au drain traditionnel.

Pour obtenir davantage d'informations sur ces produits, leurs applications et leur disponibilité, veuillez contacter votre représentant local DuPont™ Typar® SF.

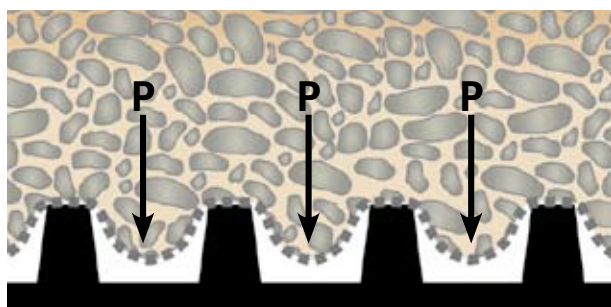


Figure 34a : Réduction de la capacité de drainage avec un géotextile déformable.

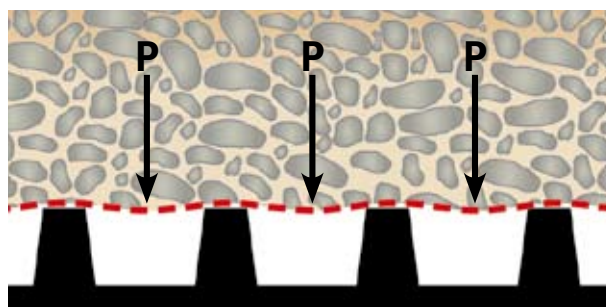


Figure 34b : DuPont™ Typar® SF et ses performances supérieures comme filtre dans un système de drainage composite.

4.6. Recommandations d'installation

Il est très important de couvrir DuPont™ Typar® SF aussi rapidement que possible après l'avoir déroulé. Lorsqu'il pleut, les petites particules sont transportées par lavage du sol et peuvent sécher sur le géotextile en formant une couche de sol d'argile **imperméable**.

Les recommandations suivantes concernant les différents systèmes de drainage doivent être suivies lors de l'installation de DuPont™ Typar® SF :

4.6.1. Tranchées

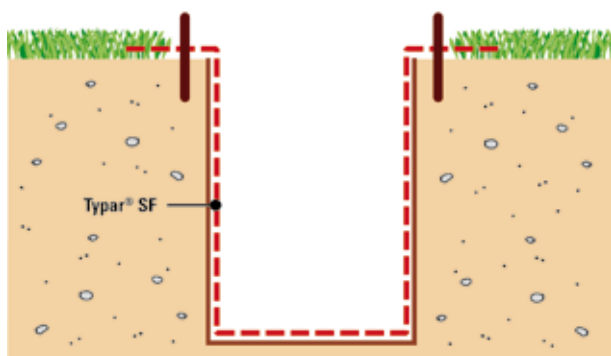


Figure 35 : Fixer DuPont™ Typar® SF pour éviter que le textile soit emporté vers le bas, ce qui provoquerait une contamination des agrégats de drainage.

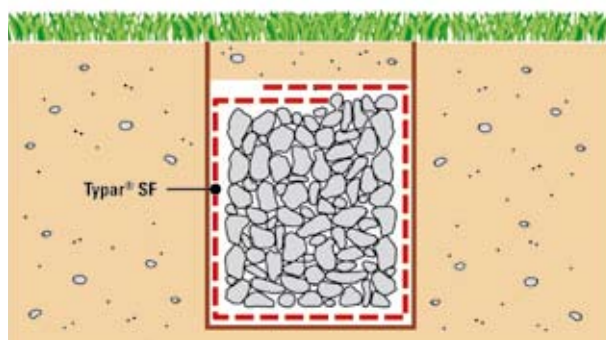


Figure 36 : Enfermer les agrégats avec DuPont™ Typar® SF et faire se chevaucher le géotextile sur au moins 30 cm.

- Les parois de base et latérales de la tranchée doivent avoir le moins d'irrégularités possible (trous, racines, etc.).
- Poser DuPont™ Typar® SF parallèlement à la tranchée et fixer les bords du géotextile.
- Ne pas traîner le géotextile dans la boue. Ceci peut provoquer le dépôt d'une grande quantité de fines particules à la surface de DuPont™ Typar® SF créant ainsi une pellicule imperméable.
- Décharger les agrégats de drainage avec précaution pour éviter que le géotextile soit emporté vers le fond de la tranchée.
- Ne pas utiliser de pierres surdimensionnées pour remplir la tranchée. Des cailloux roulés d'une taille max. de 2 cm sont nécessaires pour assurer un bon contact entre le géotextile et le sol.
- Compacter les agrégats et les enfermer avec DuPont™ Typar® SF avant de remblayer jusqu'en haut de la tranchée.
- Faire se chevaucher DuPont™ Typar® SF sur toute la longueur sur au moins 30 cm de largeur.

4.6.2. Couches drainantes

- Faire se chevaucher sur 30 cm min.
- Ne pas dérouler DuPont™ Typar® SF trop à l'avance, notamment lorsque le vent souffle.
- Utiliser des agrégats de taille relativement petite pour assurer un bon contact entre le géotextile et le sol.

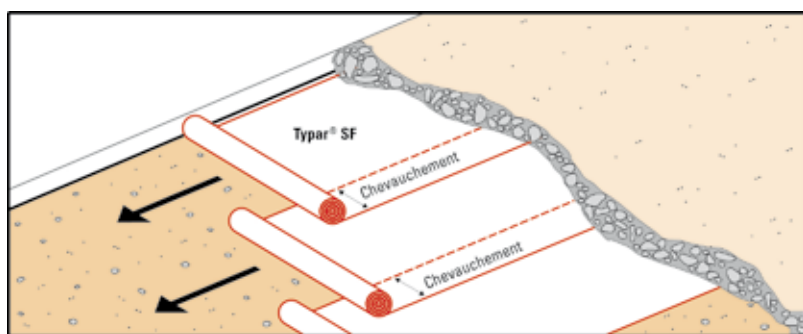


Figure 37 : Application de DuPont™ Typar® SF pour un tapis drainant.

4.6.3. Drains verticaux avec DuPont™ Typar® SF

- Dans certains cas, des drains verticaux sont nécessaires pour accélérer la consolidation des sols meubles et saturés. Afin de réaliser l'installation spéciale de drains verticaux en utilisant un équipement lourd, il est nécessaire d'installer une couche d'agrégats grossiers sur DuPont™ Typar® SF. La couche d'agrégats agira également comme tapis drainant.
- Etant donné que DuPont™ Typar® SF est intercalé entre le sous-sol et la couche de cailloux roulés, les forces de friction sont habituellement suffisantes pour le maintenir en place au cours de la perforation par le mandrin du drain vertical.
- Pour de plus amples informations sur les drains verticaux pré-fabriqués, veuillez prendre contact avec le centre technique Typar® de DuPont .

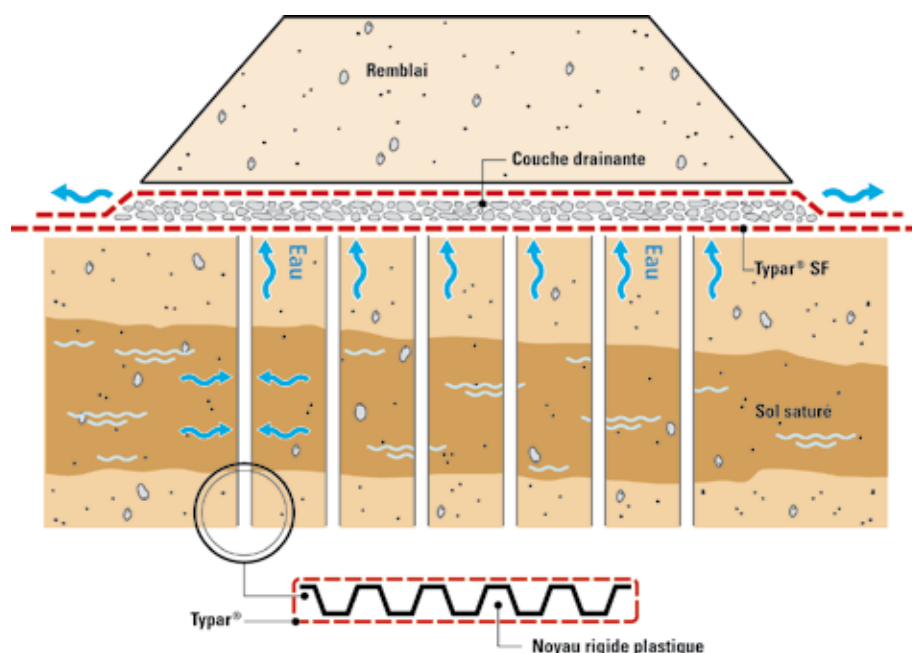


Figure 38 : Elimination rapide de l'eau dans des sols compressibles saturés par drainage vertical.

Bibliographie

¹ selected and most suitable criteria only according to "Das Geotextilhandbuch", SVG Schweizer Verband der Geotextilfachleute, 1999.

² "Filter Criteria for Geotextiles", J.P. Giroud, Woodward-Clyde Consultants – Chicago, Ill., USA, Second Int. Conference on Geotextiles, Las Vegas 1982 p.103.

³ Ground Engineering Applications of Fin Drains for Highways, R.T. Murray and A. McGown, TRL Application Guide No.20, 1992.

⁴ "Synthetic drain envelope-soil interactions", L.S. Willardson, R.E. Walker, Journal of the irrigation and drainage division, Dec 1979, pp 367-373.

⁵ "The soil retention and waterflow performance of some drain

tube filter materials", R.S. Broughton, C. Damant, S. Ami, B. English, McGill University Quebec, Canada, 3rd National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, Dec 1976.

⁶ "A laboratory test of performance of civil engineering filter fabrics", D.B. Simons, Yung Hai Chen, S.M. Morrison, P.M. Demery, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1979.

⁷ "Model tests on drainage materials", F.C. Zuiema, J. Scholten, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Smedinghuis, Lelystad, 1977
⁸ "Comparison of seven filter cloth materials as a wrap for underdrains", Department of State Highways and Transportation, Michigan, 1977.

⁹ "Seepage, drainage and flow nets", H.R. Cedergren Wiley & Sons Inc, 1967, John.

Lutte contre l'érosion

5.1. Introduction	40
5.2. Fonctions	40
5.3. Sélectionner le style de DuPont™ Typar® SF approprié	41
5.3.1. Critères de filtration	41
5.3.2. Critères d'énergie	41
5.4. Recommandations d'installation : système de lutte contre l'érosion avec DuPont™ Typar® SF	42

5. Lutte contre l'érosion

5.1. Introduction

La lutte contre l'érosion se définit comme suit : "Utilisation d'un géotextile ou d'un produit de nature similaire pour empêcher les mouvements du sol ou d'autres particules à la surface, par exemple, d'une pente" ³⁴.

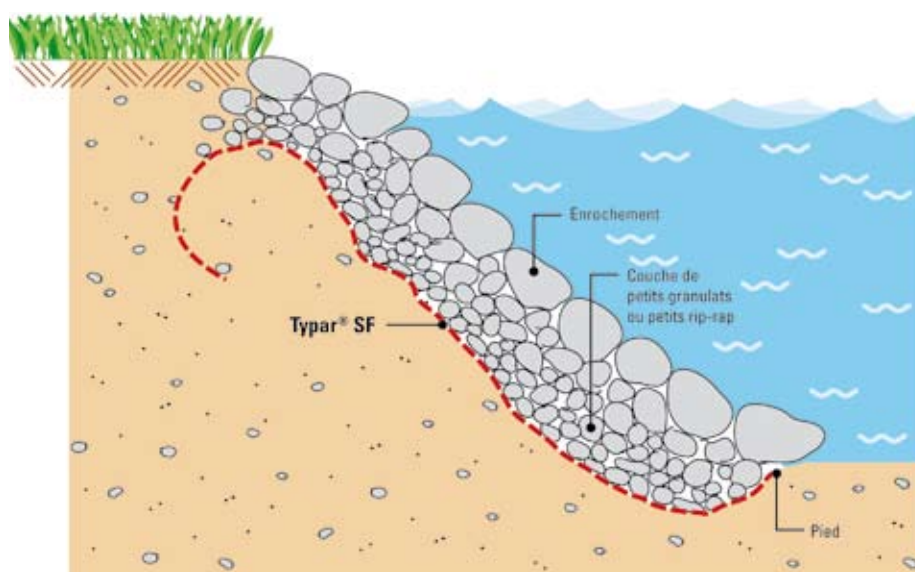


Figure 39 : DuPont™ Typar® SF dans une application de lutte contre l'érosion.

Le processus d'érosion fait partie du cycle géologique, phénomène naturel. L'eau et l'air étant des facteurs particulièrement agressifs, ils sont à l'origine de l'érosion du sol. Un géotextile est utilisé comme partie d'un système de lutte contre l'érosion pour protéger le sol (pentes de digues au bord de la mer, berges de rivières, protection d'un lit de rivière) de cette influence. Selon la force de l'eau (vitesse d'écoulement, action des vagues, ressaut de la marée) et les caractéristiques du sol, les effets peuvent être dévastateurs (par exemple glissements de terrains).

5.2. Fonctions

La fonction principale du géotextile dans un système de lutte contre l'érosion est la rétention du matériau sans que la pression de l'eau dans les pores ne devienne excessive. Le géotextile remplace un filtre conventionnel de bonne qualité placé entre le sol à retenir et les revêtements en gabions, en pierres ou en blocs de béton, qui protègent le géotextile. Sa taille d'ouverture particulière retient le sol et évite ainsi l'érosion de la pente. En outre, le géotextile doit répondre aux exigences de résistance.

DuPont™ Typar® SF est le filtre idéal pour la lutte contre l'érosion et il est utilisé pour remplacer les filtres d'agrégats multi-phasés, parce que :

- Sa structure résistante, homogène et cohésive absorbe et dissipe la force frontale des eaux de façon efficace, résistant ainsi à la désintégration.
- Ses caractéristiques de perméabilité permettent le passage de l'eau tout en retenant les particules de sol et de ce fait, éliminent la formation d'une pression hydrostatique à long terme.
- Sa structure est plus consistante en qualité et en uniformité que celle des agrégats.
- Il évite que les structures soient sapées en empêchant l'effet de renard et l'érosion des sols autour d'eux.

5.3. Sélectionner le style de DuPont™ Typar® approprié

Les éléments importants devant être pris en considération par l'ingénieur lorsqu'il conçoit les systèmes de drainage sont la topographie, la nappe phréatique, la composition du sol et les caractéristiques du drain et du filtre à utiliser. La sélection du filtre géotextile doit prendre en compte à la fois le filtre et l'absorption d'énergie.

5.3.1. Critères de filtration

Le géotextile utilisé dans les systèmes de lutte contre l'érosion doit satisfaire aux critères de filtration dans des conditions d'écoulement dynamique (écoulement réversible), c'est-à-dire dans des conditions permettant de satisfaire aux exigences de perméabilité, la taille d'ouverture maximum du géotextile (O_{95}) devant être aussi petite que possible. Par exemple, pour les sols grossiers ($D_{40} \geq 0.06$ mm), les conditions suivantes doivent être respectées :

$$O_{90} \leq D_{60} \text{ and } O_{90} \leq 1.5 * D_{10} * \sqrt{Cu}$$

Concernant la perméabilité, les aspects suivants doivent être considérés :

- Condition de contact entre le sol et DuPont™ Typar® SF : Pour les applications de lutte contre l'érosion, il est possible d'observer une absence de contact entre le géotextile et le sol en raison d'un effet de gonflement. Ce gonflement est dû à un écoulement réversible des eaux, à l'origine de la liquéfaction du sol au-dessous des géotextiles et de la décomposition de la couche naturelle de filtration sous les géotextiles. Quoi qu'il en soit, grâce à l'utilisation de cailloux roulés de petite taille (50 mm à 100 mm), le contact entre le géotextile et le sol sous-jacent peut être assuré.
- L'influence de la couche supérieure sur la perméabilité : La perméabilité de DuPont™ Typar® SF est adaptée à celle du sol. Cependant, dans certaines situations, il est nécessaire de l'adapter à la perméabilité de la couche supérieure. Par exemple, si les blocs de béton sont appliqués directement sur le DuPont™ Typar® SF et s'il y a un espace minimum entre le géotextile et les blocs, la perméabilité de DuPont™ Typar® SF reste la même mais ne peut être appliquée sur toute la surface. L'eau provenant du sous-sol doit d'abord être dirigée vers les ouvertures entre les blocs. La surface perméable effective est réduite. Pour éliminer cet effet, et pour produire une protection supplémentaire contre les dommages en cours d'installation, une couche de cailloux roulés ou de sable sera placée entre le géotextile et les blocs de béton. En outre, ceci protégera le géotextile d'une exposition aux UV.

5.3.2. Critères d'énergie

Au cours de la construction du système de lutte contre l'érosion, des grosses pierres peuvent être déversées sur le géotextile. Dans ce cas, un style DuPont™ Typar® SF à potentiel d'absorption d'énergie élevé, est nécessaire, par exemple un style avec un niveau d'énergie 3 (voir Fig. 21).

Lorsque le sol se déforme localement, alors que la partie voisine reste inchangée, une importante déformation de traction locale peut se manifester dans le géotextile. Cette déformation locale traduit deux mécanismes : tassement non uniforme et transport de matériaux au-dessous de DuPont™ Typar® SF. Le tassement différentiel peut être causé par une variation de la portance du sous-sol, une variation dans la charge superficielle, l'assouplissement ou la déformation plastique. Un module initial élevé permet de stabiliser le sol sous-jacent et réduire le tassement non uniforme. Le transport de matériaux au-dessous du géotextile peut être causé par des excavations le long de la bordure du géotextile ou par un endommagement dû à l'usure. Un géotextile dont l'absorption d'énergie est élevée est idéalement adapté pour résister à de telles conditions d'installation difficiles et minimiser les dommages potentiels.

5.4. Recommandations d'installation : système de lutte contre l'érosion avec DuPont™ Typar® SF

- Si possible, régaler et compacter les pentes.
- Si la largeur de la pente est inférieure à 8 m, dérouler DuPont™ Typar® SF sur la moitié inférieure de la longueur de la pente, puis placer DuPont™ Typar® SF sur la moitié supérieure de la pente avec un chevauchement de 0.5 à 1 m.

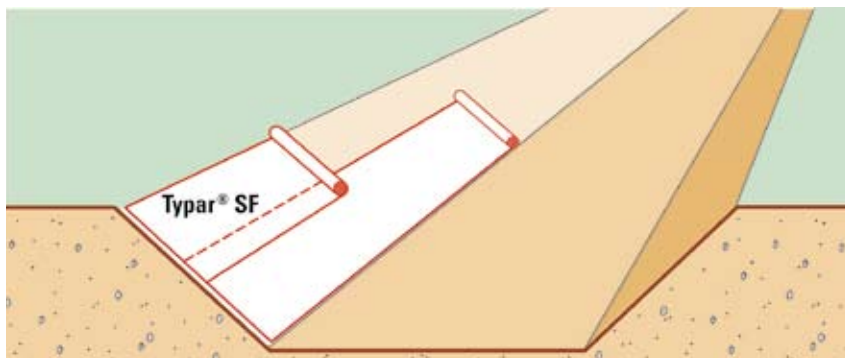


Figure 40 : DuPont™ Typar® SF d'abord déroulé sur la moitié inférieure de la pente et ensuite sur la moitié supérieure.

- Si la longueur de la pente dépasse 8 m, placer des longueurs de DuPont™ Typar® SF sur toute leur largeur depuis le haut de la pente jusqu'au bas. Faire se chevaucher en direction de l'écoulement d'eau.
- Creuser des fossés pour fixer DuPont™ Typar® SF en haut et au pied de la pente. Le pied constitue la fondation de la structure et mérite une attention spéciale pour empêcher qu'elle soit sapée.
- Lorsque l'on place des enrochements ou des gabions, commencer par le pied et continuer le travail sur la pente vers le haut, afin d'empêcher tout glissement. Installer l'enrochement avec précaution sans le lâcher de la hauteur élevée où il est sur DuPont™ Typar® SF.
- Pour assurer un bon contact géotextile-sol, placer tout d'abord une couche de matériau d'assise (cailloux roulés ou sable) sur DuPont™ Typar® SF. Cette couche permettra également d'empêcher la perforation grâce aux lourds enrochements.
- Fixer le géotextile dans le fossé sur le bord supérieur de la pente avec le sol et la végétation. Cette méthode d'ancrage profond empêchera les volumes importants d'eaux superficielles de passer sous le géotextile et de soulever la structure entière.

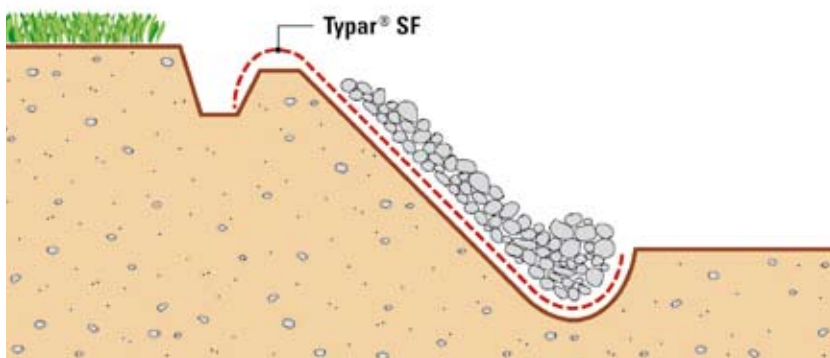


Figure 41 : Fixation de DuPont™ Typar® SF sur le bord supérieur de la pente.

Applications hydrauliques :

Lors de l'installation du géotextile sous l'eau, DuPont™ Typar® SF aura tendance à flotter, car la densité du polypropylène (0.91) est plus faible que celle de l'eau. Afin de maintenir le géotextile en place, du sable ou des cailloux roulés doivent être disposés sur le géotextile, immédiatement après le passage de la machine destinée à sa mise en oeuvre.

Pour réaliser une installation rapide et performante, attacher des tiges d'acier (par exemple : barre de renforcement standard d'un diamètre de 6 mm) tous les 5 mètres. Ces tiges maintiendront le textile à plat, permettant ainsi un chevauchement régulier (aucun besoin de scaphandriers, chevauchement moindre = économies financières).

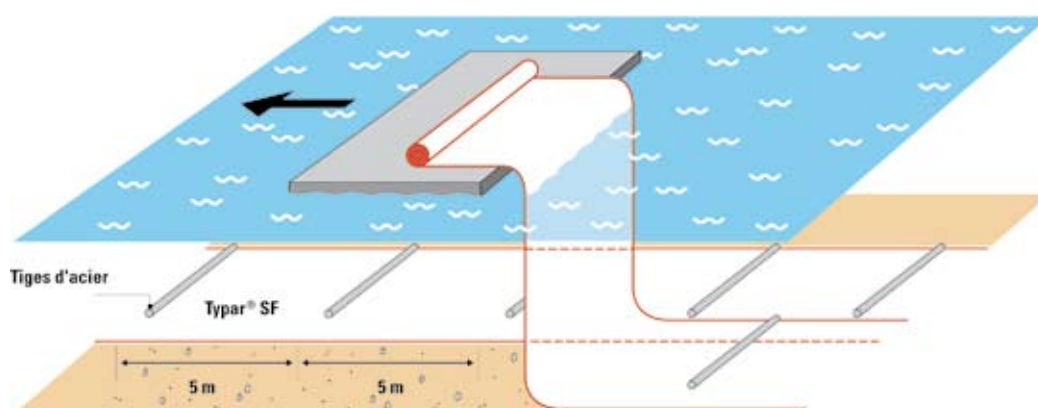


Figure 42 : Attacher des tiges d'acier à DuPont™ Typar® SF maintient le textile à plat et permet l'installation sous l'eau.

Suggestions d'applications

Contrôle de la montée capillaire des eaux salines	46
Jardins sur terrasses	46
Irrigation de la végétation le long des routes	47
Pistes avec dalles de béton ou pierres de revêtement	47
Drainage des murs de fondation	47
Drainage des fondations de bâtiments	47
Brèche capillaire pour la construction des murs	48
Assainissement ménager individuel	48
Tuyaux sur sol meuble	48
Plages artificielles sur les lacs	49
Protection par revêtement	49
Chemins de fer, nouvelles voies et rénovation des voies	49
Drains agricoles et tuyaux de drains	49
Brise-lames et jetées sur le sol meuble du fond de la mer	50
Assainissement des terres par un remblai hydraulique	50

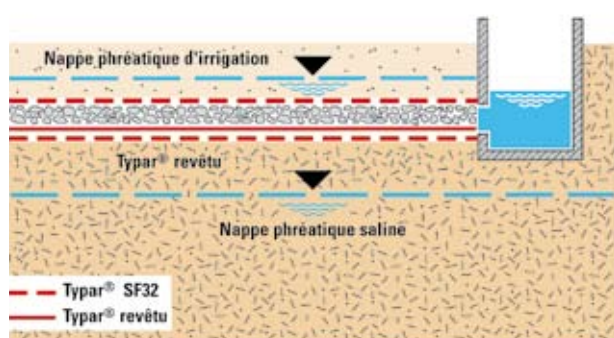
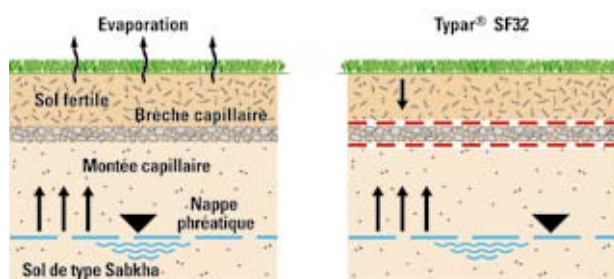
6. Suggestions d'applications

En dehors des applications les plus courantes, dans les projets de construction de fondations granulaires, de drainage et de lutte contre l'érosion, les géotextiles sont aussi largement utilisés dans une multitude d'autres applications telles que :

- Les systèmes de pose de toiture plate.
- L'aménagement paysager.
- Les fondations de bâtiments.
- Les sentiers pédestres, etc.

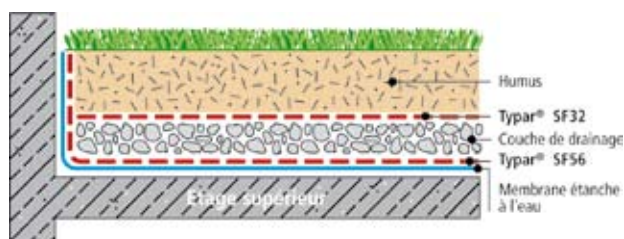
Vous trouverez ci-après quelques applications spécifiques de DuPont™ Typar® SF.

Contrôle de la montée capillaire des eaux salines



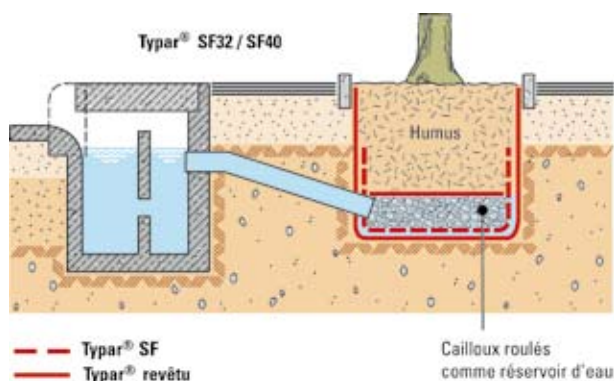
- Dans les pays arides, une évaporation superficielle intense provoque la montée capillaire des eaux salines sous-jacentes dans le sol fertile au détriment de la végétation.
- Lorsque l'on vient de l'installer, une brèche capillaire granulaire empêche la montée capillaire des sels. Cependant, l'entraînement vers le bas du sol fertile remplit finalement le matériau granulaire et favorise même le processus capillaire.
- Le filtre DuPont™ Typar® SF empêche l'entraînement du sol vers le bas.
- La séparation efficace grâce à DuPont™ Typar® SF permet d'installer une couche de brèche capillaire plus fine.
- L'installation de DuPont™ Typar® dont le revêtement est imperméable, au fond de la brèche capillaire retient les eaux d'irrigation et/ou permet l'alimentation en eaux d'irrigation à travers la couche granulaire, diminuant ainsi les pertes par évaporation et favorisant la croissance des racines profondes.
- Ce système peut également être utilisé dans des conditions normales, la couche granulaire agissant simplement comme couche de drainage ou d'irrigation.

Jardins sur terrasses



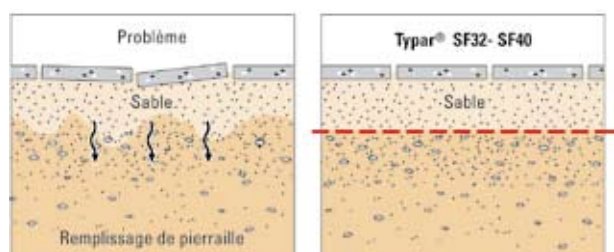
- La couche supérieure de DuPont™ Typar® empêche l'entraînement de l'humus vers la couche de drainage.
- La couche inférieure de DuPont™ Typar® SF empêche la membrane étanche à l'eau d'être perforée et agit comme une barrière de racines.

Irrigation de la végétation le long des routes



- Les précipitations en excès peuvent être utilisées pour l'irrigation des plantes.
- Si le sol in situ est trop poreux, DuPont™ Typar® SF peut être utilisé pour empêcher une rapide absorption de l'eau.
- DuPont™ Typar® SF empêche le lavage de l'humus.

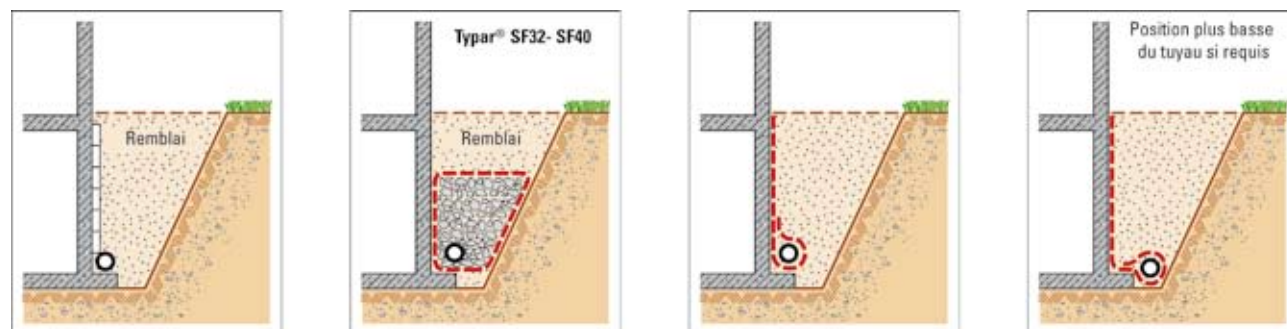
Pistes avec dalles de béton ou pierres de revêtement



- DuPont™ Typar® SF empêche l'entraînement du sable utilisé pour poser les pierres de revêtement et les dalles de béton.
- DuPont™ Typar® SF minimise l'affaissement des dalles.

Drainage des murs de fondation

Les systèmes de drainage avec DuPont™ Typar® SF sont plus faciles et rapides à installer. DuPont™ Typar® SF empêche le colmatage du tuyau de drainage et maintient une performance efficace.

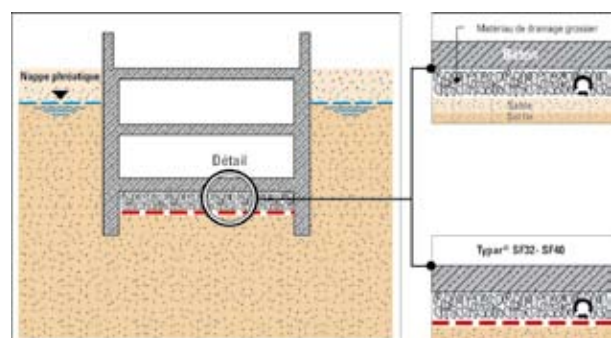


Conventionnel.

Avec DuPont™ Typar® et des cailloux roulés.

Avec DuPont™ Typar® combiné à une âme drainante du type plaque de drainage de plastique strié/de polystyrène expansé (drainage composite).

Drainage des fondations de bâtiments



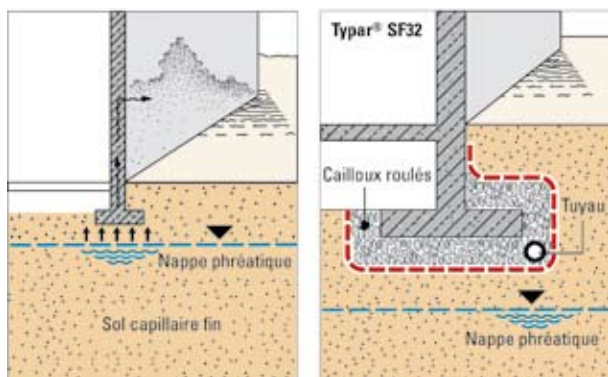
Solution conventionnelle :

- Filtre granulaire calibré.
- Risques de colmatage du système de drainage.
- Installation difficile et inégale dans des conditions humides avec risque de contamination du filtre.

Solution avec DuPont™ Typar® SF :

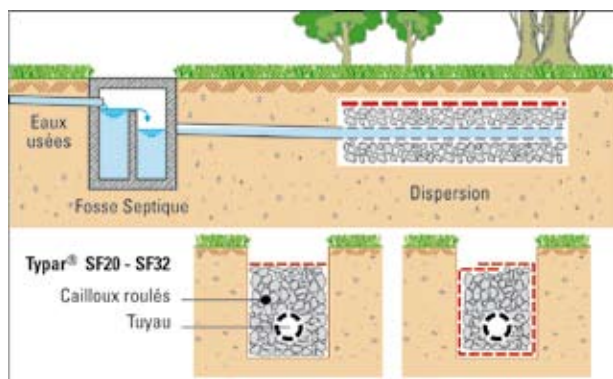
- Facile à installer.
- Empêche la contamination de la couche de drainage.
- Agrégats à granularité étalée.

Brèche capillaire pour la construction des murs



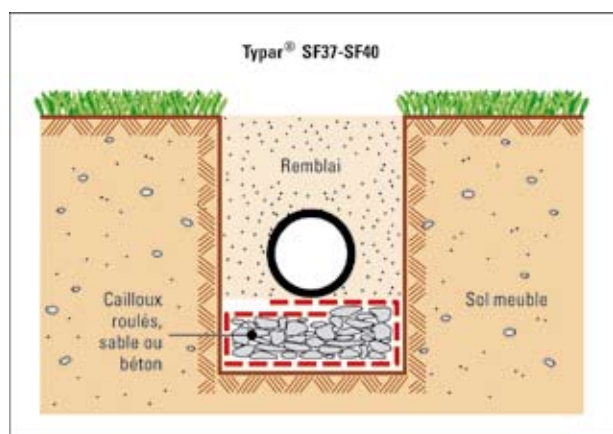
- Dans les sols fins, une nappe phréatique proche de la surface peut monter par capillarité dans les murs du bâtiment, provoquant l'humidification des murs et la dégradation du revêtement.
- Une couche d'agrégats grossiers produira une brèche capillaire.
- DuPont™ Typar® SF empêche la brèche capillaire d'être contaminée par les sols fins.

Assainissement ménager individuel



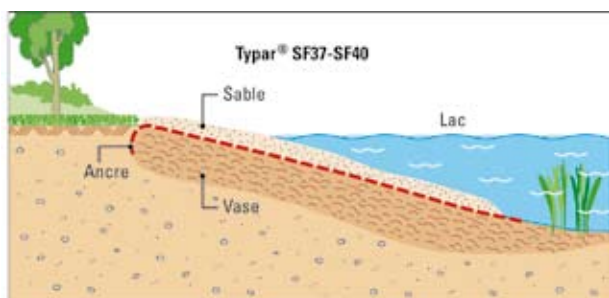
- DuPont™ Typar® SF empêche la contamination des cailloux roulés par le sol. Il permet une transformation biologique efficace grâce à une bonne aération des cailloux roulés.

Tuyaux sur sol meuble



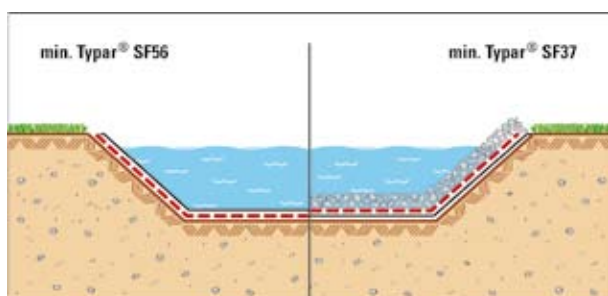
- DuPont™ Typar® SF permet une installation propre du matériau de support des tuyaux.
- Une meilleure compaction peut être obtenue.
- DuPont™ Typar® SF minimise le tassement différentiel.

Plages artificielles sur les lacs



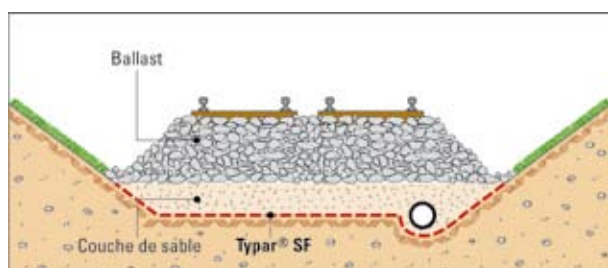
- DuPont™ Typar® SF empêche l'érosion de la berge.
- DuPont™ Typar® SF est facile à installer.
- Dans les pays septentrionaux, DuPont™ Typar® SF et le sable peuvent être posés à la surface gelée d'un lac. Lorsque la glace fond, ils se déposent sur le fond du lac.
- DuPont™ Typar® SF empêche la croissance des mauvaises herbes.

Protection par revêtement



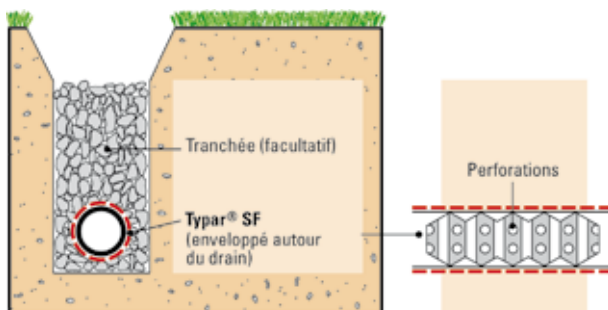
- DuPont™ Typar® SF entre le revêtement du bassin et le sol : SF56 (min).
- DuPont™ Typar® SF entre les bords du bassin et la couche protectrice de sable : SF37.
- DuPont™ Typar® SF apporte une protection contre la perforation.

Chemins de fer, nouvelles voies et rénovation des voies



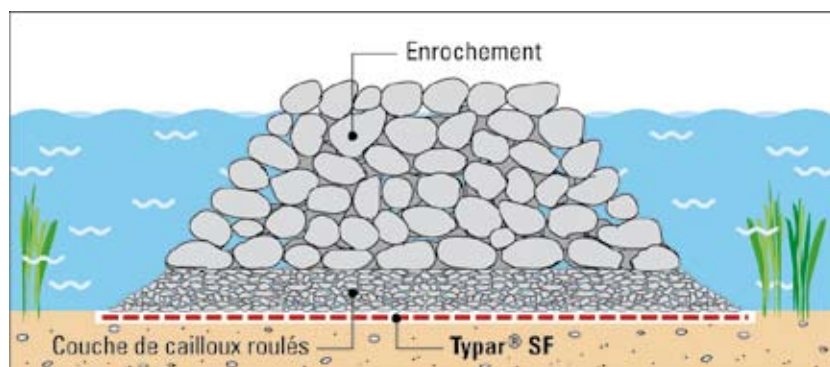
- DuPont™ Typar® SF évite la contamination du ballast par effet de pompage en raison de la charge dynamique et des vibrations dues à la circulation des trains.
- Il permet une meilleure compaction et une économie d'agréats.
- DuPont™ Typar® SF retient les particules de sol sans se colmater.
- Il assure une durée de vie plus longue de la voie ferrée.

Drains agricoles



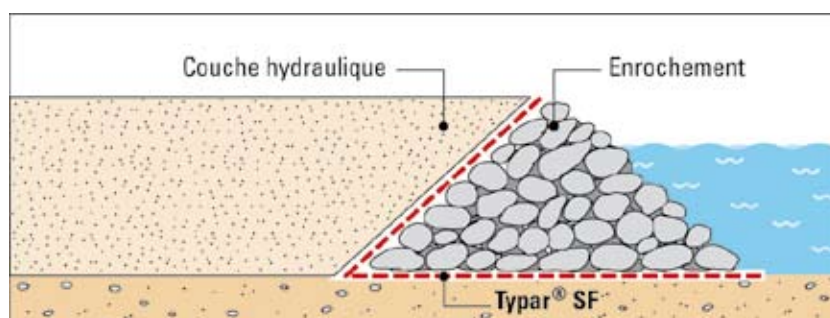
- Un tuyau ondulé enveloppé avec DuPont™ Typar® SF peut être disposé dans le sous-sol avec ou sans tranchée.
- La surface de drainage du tuyau ondulé est augmentée jusqu'à 90 fois.
- La zone d'influence du drain enveloppé est plus élevée.
- L'espacement entre les drains peut être augmenté.
- La rigidité de Typar® SF empêche le géotextile d'être déformé lorsque le tuyau est plié.

Brise-lames et jetées sur le fond meuble de la mer



- Une couche de séparation de DuPont™ Typar® SF empêche l'enrochement de s'effondrer sur le sol meuble.
- DuPont™ Typar® SF doit être protégé par une couche de pierre de petite taille.

Assainissement des terres par un remblai hydraulique



- La couche de séparation et de filtration de DuPont™ Typar® SF permet de retenir le remblai hydraulique.
- DuPont™ Typar® SF évite d'utiliser des couches filtrantes onéreuses et difficiles à installer.

Annexe

7.1. Méthodes d'Essais Standards	52
7.1.1. Propriétés descriptives	52
7.1.2. Propriétés mécaniques	52
7.1.3. Propriétés hydrauliques	53
7.2. Absorption d'énergie	54
7.3. Comparaison des propriétés	55
7.4. Matières premières	55
7.5. UV et résistance chimique	56
7.6. Résistance à la température	58
7.6.1. Faibles températures	58
7.6.2. Températures élevées	58
7.7. Méthodes d'assemblage	58
7.7.1. Assemblage par couture	58
7.7.2. Chevauchement	59
7.8. Données utiles	60
7.9. Cahier des charges	64
Géotextiles utilisés pour séparer les matériaux de terrassement	64

Annexe

7.1. Méthodes d'Essais Standards

Comme les géotextiles ont été mis au point par l'industrie du textile, leurs propriétés ont été mesurées dans un premier temps par des essais textiles. Il est rapidement devenu évident que ces essais n'étaient pas adaptés au comportement spécifique du géotextile, en particulier lorsqu'il est placé en contact avec le sol.

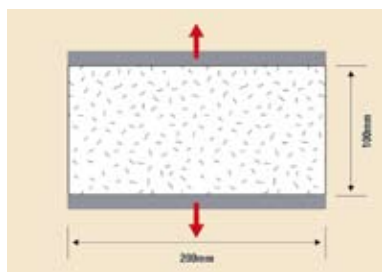
Des instituts de différents pays ont mis au point de nouveaux équipements et méthodes d'essais plus appropriées aux utilisations finales du géotextile. Mais ceci a également rendu plus difficile la comparaison de divers produits en provenance de différents pays. Depuis plusieurs années, les normes d'Essais Standards Européens nous apportent une base commune de mesures (voir 7.1.1 – 7.1.3) et sont acceptées non seulement dans l'ensemble de l'Union Européenne mais également dans toute l'Europe, et ont été largement adoptées par l'ISO (International Standard Organisation).

7.1.1. Propriétés descriptives

Masse par Unité de Surface EN ISO 9864 – La masse est déterminée par le poids de petits échantillons de taille connue qui ont été sélectionnés en tenant compte de leur pleine largeur et longueur.

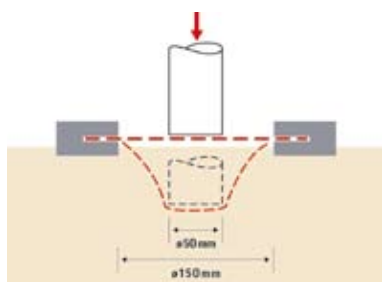
Epaisseur à des pressions spécifiées EN ISO 9863-1 – L'épaisseur du géotextile est déterminée à des pressions de 2 kPa à 200 kPa, ce qui correspond aux conditions d'utilisation du géotextile.

7.1.2. Propriétés mécaniques



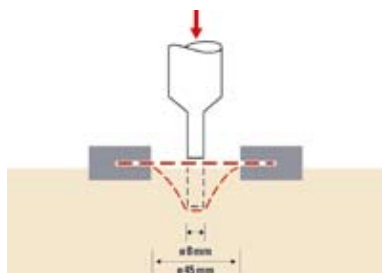
Essai de traction des bandes larges EN ISO 10319

Cet essai est réalisé pour toutes sortes de géotextiles et de géogrilles sur une éprouvette de 200 mm de largeur et 100 mm de longueur. Une force longitudinale est appliquée à l'éprouvette jusqu'à ce qu'elle casse. La résistance de traction maximum, l'élongation et l'absorption d'énergie sont mesurées. La principale différence entre cette méthode et d'autres telles que DIN 53857, ASTM D1682, etc. est la largeur de l'éprouvette ou le taux de déformation.



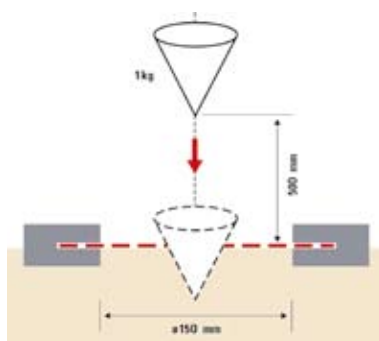
Essai de poinçonnement statique (CBR) EN ISO 12236

Un piston d'acier (50 mm de diamètre) est poussé à une vitesse constante vers le centre du spécimen, jusqu'à ce qu'il le transperse. La résistance maximale et le déplacement du piston sont mesurés.



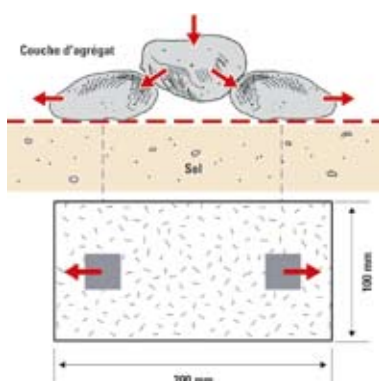
Essai de poinçonnement (tige US) ASTM D4833

Cet essai est similaire à l'essai de poinçonnement statique (CBR) mais un piston différent (Ø 8 mm) est utilisé et l'éprouvette est plus petite. Koerner recommande cependant l'essai CBR car il donne des résultats plus cohérents.



Essai de perforation dynamique (chute du cône) EN ISO 13433

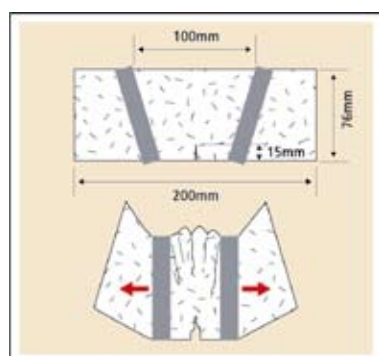
Un cône d'acier est lâché d'une distance de 50 cm sur une éprouvette de géotextile fixée dans des mors. Le degré de pénétration est mesuré par le diamètre du trou.



Essai d'arrachage ASTM D4632

Une charge croissante est appliquée longitudinalement sur l'éprouvette et l'essai est réalisé jusqu'à la rupture. Les valeurs correspondant à la résistance d'arrachage et à l'élongation maximale de l'éprouvette sont mesurées.

Cet essai simule le comportement du géotextile pendant qu'il est soumis en traction et que la pression de surface est appliquée de telle façon que la pierre tend à se déplacer vers les côtés.



Résistance à la déchirure ASTM D4533

Une éprouvette est prédécoupée et la résistance de propagation de la déchirure est enregistrée.

Essai d'éclatement au Mullen ASTM D3786

Une membrane en caoutchouc gonflable est utilisée pour déformer le géotextile en une hémisphère de 30 mm de diamètre jusqu'à ce qu'il éclate. En raison de la petite taille de l'éprouvette, les résultats de cet essai varient de manière importante, notamment entre les différents instituts.

7.1.3. Propriétés hydrauliques

Débit BS 6906-3

Le débit de l'eau à travers une couche simple de géotextile normalement au plan du géotextile est mesuré selon des conditions spécifiques [$l/(s \cdot m^2)$].

Perméabilité à l'eau (Indice de vitesse) EN ISO 11058

Méthode à charge constante : une couche simple de géotextile est soumise à un flux unidirectionnel d'eau normal au plan selon un éventail de hauteurs d'eau constantes. Méthode de la chute d'eau : comme la méthode de hauteur d'eau constante mais avec une chute d'eau. Le résultat est l'indice de vitesse (VI_{H50}) en m/s correspondant à une perte de charge de 50 mm à travers une éprouvette, exprimée au mm⁻¹ près.

Perméabilité sous charge DIN 60500-4

La perméabilité perpendiculaire au plan est mesurée sous une hauteur d'eau constante et selon un éventail de charges différentes. Ceci est particulièrement intéressant lorsque l'on compare des géotextiles de différentes épaisseurs.

La perméabilité k

La perméabilité k [m/s] (vitesse de l'écoulement de l'eau) décrit l'écoulement de l'eau perpendiculaire au plan et est mesurée grâce à un perméamètre avec de l'eau déminéralisée et désaérée. La mesure du débit Q et du gradient hydraulique i permet la détermination du coefficient de perméabilité de l'eau $K_p = Q/i$ pour un flux laminaire constant. Le gradient hydraulique i est défini de manière générale comme le rapport entre la perte de charge dH et l'épaisseur t du matériau : $i = dH/t$. Pour les géotextiles, on adapte cette formule en introduisant l'épaisseur du géotextile t_g : $i = dH/t_g$. Il serait préférable pour les géotextiles d'utiliser un gradient hydraulique égal à 1 pour supprimer l'influence de l'épaisseur. Sans cela, des géotextiles d'épaisseurs différentes mais présentant la même vitesse d'écoulement de l'eau auraient des perméabilités différentes, ce qui est incorrect. Il convient donc plutôt de déterminer la permittivité du géotextile.

La permittivité Ψ

La permittivité $\Psi = K_p / t_g$ [s^{-1}] est le ratio de K_p du géotextile divisé par l'épaisseur du géotextile. Cette valeur permet de comparer les géotextiles de différentes épaisseurs.

La transmissivité Θ

La transmissivité $\Theta = k * t_g$ [m^2/s] décrit la perméabilité dans le plan du géotextile. La quantité de particules de sol piégées dans la structure du géotextile (effet de colmatage) et la pression exercée sur le géotextile par le sol ont un effet direct sur la transmissivité du géotextile. Contrairement à la pression du sol, le colmatage ne peut être reproduit en laboratoire et donc ne peut être prévu à l'avance. Par conséquent, la transmissivité est bien plus adaptée à des géosynthétiques constitués d'une âme drainante et d'un filtre (composites de drainage) et décrira alors la capacité du drain de maintenir l'écoulement de l'eau à long terme. La transmissivité des géotextiles "épais" mesurée en laboratoire ne reflète pas l'écoulement réel de l'eau une fois installés.

Tamissage à sec (ASTM D 4751)

Un échantillon de géotextile est placé dans un cadre de tamis et des billes de verre dimensionnées sont placées sur le géotextile. Le géotextile et le cadre sont mis en vibration pour que les billes passent à travers l'éprouvette. La procédure est répétée sur le même échantillon avec différentes répartitions des billes de verre selon leur taille jusqu'à ce que leur taille d'ouverture apparente O_{95} soit déterminée à partir de la répartition des particules qui sont passées à travers l'éprouvette.

Tamissage humide (EN ISO 12956)

Une procédure similaire au tamissage à sec, mais comportant une vaporisation supplémentaire d'eau sur un matériau granulaire spécifié, lequel doit être tamisé à travers le géotextile. O_{90} est la taille d'ouverture caractéristique du géotextile déterminée à partir de la répartition des particules qui sont passées à travers l'éprouvette.

7.2. Absorption d'énergie

- Définition : "l'absorption d'énergie W " – travail fait pour déformer l'échantillon; défini comme l'intégrale de la courbe contrainte-déformation (à un point choisi) et exprimé en kJ/m^2 . L'absorption d'énergie W sous charge maximale (basée sur EN ISO 10319).
- Calculer l'absorption d'énergie W , exprimée en kilojoules par mètre, directement des données obtenue lors des essais de traction, en utilisant l'équation suivante :

$$W = \int_0^{\epsilon} Ff(x) dx * c * d \text{ [kJ/m}^2\text{]}$$

$F(x)$ est la fonction enregistrée de la courbe contrainte-déformation et est obtenu par l'équation (1) ou l'équation (2), selon ce qui est le plus approprié :

Pour les non-tissés, tissés ou matériaux similaires,

$$c = 1/B \text{ (1)}$$

Où B est la largeur nominale de l'échantillon en mètres

Pour les géotextiles tissés bruts, les géogrilles ou les matériaux à structures ouvertes similaires :

$$c = N_m / N_s \text{ (2)}$$

Où

N_m est le nombre minimum d'éléments soumis à l'élongation sur une surface d'un mètre de large du produit testé

N_s est le nombre d'éléments soumis à l'élongation sur toute la surface du produit testé

$$d = 1/H$$

Où H est la hauteur nominale de l'échantillon en mètres.

7.3. Comparaison des propriétés

Les ingénieurs sont fréquemment appelés à comparer les propriétés de différents géotextiles. Souvent, les propriétés sont données selon différentes normes, ou bien les produits diffèrent fortement entre eux (comme un matériau tissé et non-tissé), ce qui les rend difficile à comparer. Une méthode facile pour comparer ces produits est de comparer les valeurs d'absorption d'énergie, selon la méthode recommandée par le Comité Géotextile Suisse. Il s'agit d'une comparaison plus pertinente car l'absorption d'énergie est une combinaison de propriétés. Il faut noter tout de même que ce calcul donne seulement une valeur approximative de l'énergie absorbée réelle déterminée lors des essais de traction mais qui permet tout de même de comparer la performance de plusieurs produits différents.

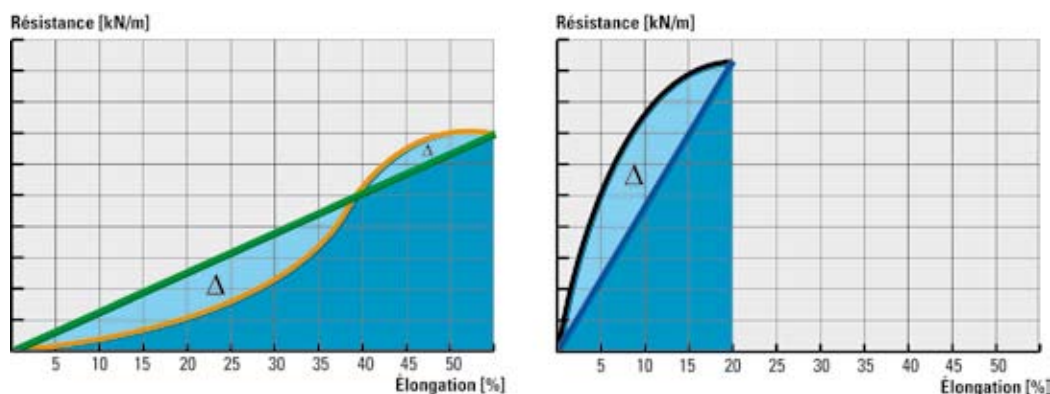


Figure 43 : Différence entre potentiel d'absorption d'énergie réel et théorique illustrée par deux courbes contrainte – déformation différentes.

Il s'agit également d'une comparaison de la résistance avec les contraintes d'installation et de construction. Comme illustré dans le second chapitre, la résistance du géotextile à l'endommagement est une combinaison de la résistance élevée à la traction et d'une élongation élevée (absorption d'énergie).

Dans plusieurs pays, l'absorption d'énergie théorique ($W_{\text{index}} = 0.5 * T * \Sigma$) est utilisée par simplification. Le potentiel d'absorption d'énergie réel W est plus précis et ses différentes valeurs doivent être comparées car elles prennent en compte les caractéristiques de la courbe contrainte – déformation (par exemple le module initial).

7.4. Matières premières

Un large éventail de différents polymères est utilisé pour la production de géotextiles, les plus courants étant le polypropylène et le polyester. Chaque polymère possède ses propres avantages et désavantages. La densité et la température de fusion habituelles sont énumérées dans le tableau suivant :

	PP	PET	PA	HDPE
Densité (g/cm³)	0.91	1.38	1.12	0.95
Température de fusion (°C)	165	260	220-250	130

- Le polypropylène (PP) est un polymère thermoplastique à chaîne longue, caractérisé par une grande rigidité, de bonnes propriétés de traction et une bonne résistance aux acides et aux bases.
- Le polyamide (PA) est un thermoplastique caractérisé par une résistance importante à des températures élevées, une résistance à l'usure et à l'abrasion et une bonne résistance chimique.
- Le polyéthylène (PE) utilisé sous sa forme à haute densité HDPE est un thermoplastique caractérisé par une résistance et une rigidité élevées et une bonne résistance aux produits chimiques.
- Le polyester (PET) est un thermoplastique dont la résistance est élevée à des températures élevées, un taux faible de déformation de fluage et une bonne résistance chimique à la plupart des acides et à de nombreux solvants. Bien que conçus pour des applications de polyester dans des environnements hautement alcalins avec un $\text{pH} > 10$, particulièrement en présence de chaux, de ciment ou de béton, des essais supplémentaires doivent être envisagés.

7.5. UV et résistance chimique

Dans le processus de production, des stabilisateurs sont ajoutés au polypropylène pour augmenter la durabilité de DuPont™ Typar® SF. Il peut résister jusqu'à plusieurs semaines à une exposition directe à la lumière naturelle, mais une exposition prolongée au soleil surtout dans les pays tropicaux peut provoquer des pertes de résistance. Généralement, un géotextile doit être couvert le plus vite possible après la pose afin d'éviter la dégradation par les UV, le soulèvement par le vent ou la détérioration mécanique.

DuPont™ Typar® SF n'est pas affecté par les acides et les bases présents dans la nature. Les essais où le géotextile a été mis en contact avec les produits suivants n'ont pas montré de dégradation de Typar® :

- l'acide lactique (pH 2.4) 15 jours à 50°C,
- le carbonate de sodium (pH 11.6)) 15 jours à 50°C,
- l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (pH 12.5) 10g/l, 15 jours à 25°C

Le tableau suivant présente sommairement la résistance du géotextile DuPont™ Typar® SF à une gamme plus large de substances chimiques.

La concentration chimique et la température influencent fortement la résistance chimique de DuPont™ Typar® SF. Aucune perte de résistance mesurable selon SN195808/Iso 105/B04 n'a été mesurée.

Agent	Conc. %	Temp. C°	Temps, Heures/Mois	Effet sur DuPont™ Typar® SF ¹
Acides				
Acétique	100	20°	6 mois	Aucun
Chromique	10	21°	10 heures	Aucun
Bromhydrique	10	21°	10 heures	Aucun
Chlorhydrique	10	21°	1000 heures	Aucun
Chlorhydrique	37	71°	10 heures	Aucun
Nitrique	10	99°	10 heures	Aucun
Nitrique	70	21°	10 heures	Aucun
Nitrique	95	21°	1000 heures	Considérable
Phosphorique	85	21°	10 heures	Aucun
Sulphurique	60	99°	10 heures	Aucun
Sulphurique	96	21°	1000 heures	Aucun
Formique	100	20°	6 mois	Aucun
Chlorhydrique	30	60°	6 mois	Aucun
Chlorhydrique	30	100°	6 mois	Dégradé
Sulphurique	98	20°	6 mois	Aucun
Sulphurique	98	60°	6 mois	Considérable
Sulphurique	98	100°	6 mois	Décomposé
Bases				
Ammoniaque	30	20°	6 mois	Aucun
Ammoniaque	58	21°	1000 heures	Aucun
Soude	50	21°	6 mois	Aucun
Soude	50	60°	6 mois	Aucun
Hypochlorite de sodium	20	20°	6 mois	Aucun
Hypochlorite de sodium	20	100°	6 mois	Considérable

Agent	Conc. %	Temp. C°	Temps, Heures/Mois	Effet sur DuPont™ Typar® SF ¹
Chimie organique				
Acétone	100	20°	6 mois	Aucun
Acétone	100	56°	6 mois	Aucun
Benzène	100	21°	1000 heures	Aucun
Benzène	100	20°	6 mois	Moderate
Benzène	100	60°	6 mois	Considérable
Tétrachlorure de carbone	100	20°	6 mois	Considérable
Cyclohexane	100	20°	6 mois	Aucun
Cyclohexane	100	60°	6 mois	Considérable
Ethanol	96	20°	6 mois	Aucun
Ethanol	96	60°	6 mois	Aucun
Ethanol	96	81°	6 mois	Aucun
Ethylène glycol	100	20°	6 mois	Aucun
Ethylène glycol	100	60°	6 mois	Aucun
Diméthylformamide	100	93°	10 heures	Aucun
Diméthylformamide	100	153°	10 heures	Dégradé
Diméthylsulfoxyde	100	93°	10 heures	Aucun
Essence	100	20°	6 mois	Considérable
Huile de lin	100	20°	6 mois	Aucun
Huile de lin	100	60°	6 mois	Aucun
Chlorure de méthylène	100	20°	6 mois	Considérable
Tétrachloroéthylène	200	93°	10 heures	Considérable
Tétrachloroéthylène	250	121°	10 heures	Dégradé
Solvant Stoddard	100	93°	10 heures	Aucun
Huile isolante pour transformateur	100	20°	6 mois	Aucun
Huile isolante pour transformateur	100	60°	6 mois	Considérable
Trichloroéthylène	100	20°	6 mois	Considérable
Térébenthine	100	100°	6 mois	Aucun
Métaxylène	100	93°	10 heures	Aucun
Métaxylène	100	20°	6 mois	Considérable

¹ Changement de la résistance à la rupture causée par l'exposition

Aucun : 90 % jusqu'à 100 % de résistance originelle retenue

Modérée : 60 % jusqu'à 79 % de résistance originelle retenue

Considérable : 20 % jusqu'à 59 % de résistance originelle retenue

Dégradée : 0 % jusqu'à 19 % de résistance originelle retenue

7.6. Résistance à la température

7.6.1. Faibles températures

La résistance aux basses températures est importante lorsque le géotextile doit être utilisé dans des régions froides, telles que l'Alaska, le Nord de la Scandinavie, etc. Dans des conditions de froid extrême, la résistance à la traction augmente, alors que l'allongement diminue de quelques pourcents. Cet effet est réversible au fur et à mesure que la température augmente. Aucune modification significative de la résistance à la traction n'a été observée sur un DuPont™ Typar® SF de 200g/m² après 4 cycles de 0 à -18°C dans des conditions humides et sèches. Puisque DuPont™ Typar® SF n'absorbe pas l'eau, les rouleaux ne gèlent pas.

7.6.2. Températures élevées

La résistance à la traction diminue et l'allongement augmente dans des conditions de températures élevées. Les propriétés hydrauliques sont peu affectées.

Pour obtenir davantage de détails, veuillez contacter le Centre Technique des Géosynthétiques Typar® de DuPont.

7.7. Méthodes d'assemblage

7.7.1. Assemblage par couture

L'assemblage par couture de DuPont™ Typar® SF permettant l'obtention d'une grande largeur dans les installations de drainage et de lutte contre l'érosion est une méthode pratique d'élimination du chevauchement du géotextile et donc de réduction des coûts. La couture est la méthode d'assemblage la mieux appropriée, particulièrement car elle peut être facilement réalisée sur le terrain, tandis que le soudage et le collage nécessitent un espace de travail propre et sec.

La couture devant être utilisée est illustrée dans la figure ci-dessous. La machine à coudre doit être réglée pour faire 2 points/cm. Bien qu'un assemblage par couture soit préférable, un assemblage par soudage ou par collage peut également donner de bons résultats en ce qui concerne la résistance à la traction.

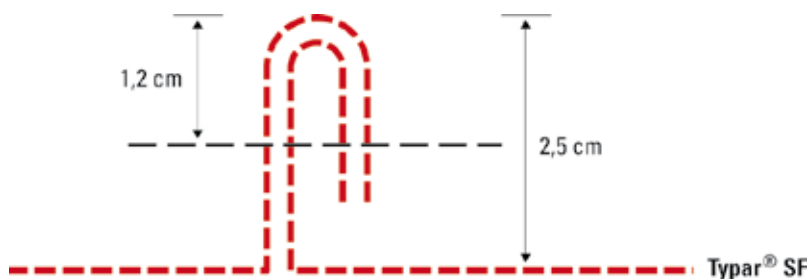


Figure 44 : Style de couture recommandé.

7.7.2. Chevauchement

Les chevauchements nécessaires sur les côtés et les extrémités dépendent des propriétés du sol (CBR), de la nature du projet et des déformations qui pourraient apparaître. En général les chevauchements suivants sont utilisés :

- Routes temporaires, systèmes de drainage : min. 30 cm.
- Parcs de stationnement, routes permanentes : 30 à 50 cm.
- Systèmes de lutte contre l'érosion : 50 à 100 cm.
- Routes temporaires : voir figure 45.

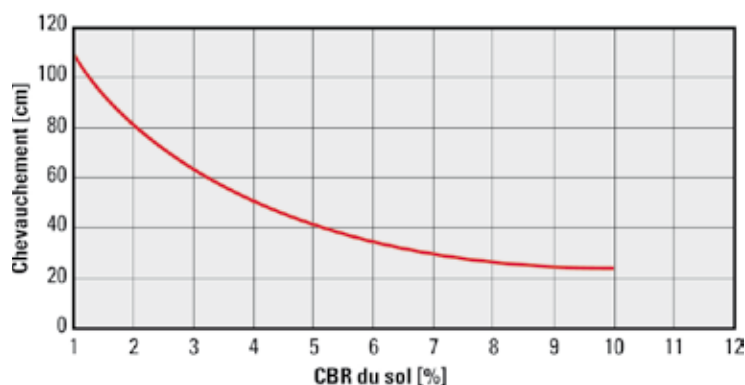


Figure 45 : Chevauchement du DuPont™ Typar® SF.

Le graphique suivant décrit la quantité supplémentaire de DuPont™ Typar® SF nécessaire lors du chevauchement en fonction de la surface et de la largeur du chevauchement. Les économies possibles grâce à l'assemblage par couture ou soudure au lieu du chevauchement sont clairement démontrés.

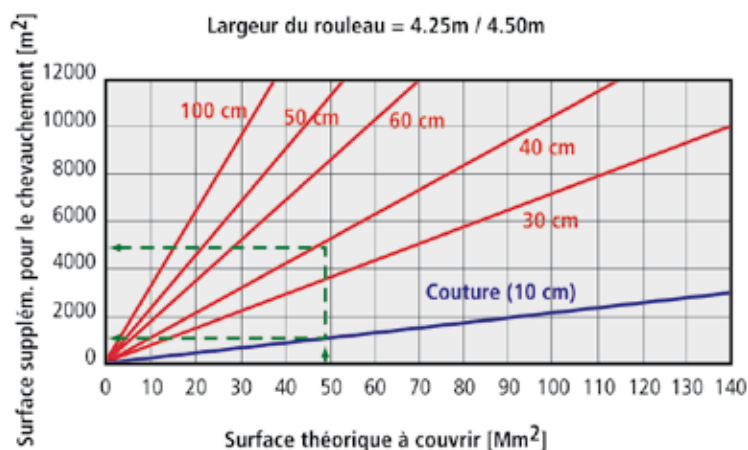


Figure 46 : Surface nécessaire dépendant de la largeur du chevauchement.

Dans les applications où DuPont™ Typar® est utilisé à des fins de renforcement, le chevauchement nécessite une attention spéciale. Des calculs réalisés par des ingénieurs concepteurs peuvent être nécessaires pour vérifier la transmission correcte des contraintes.

7.8. Données utiles

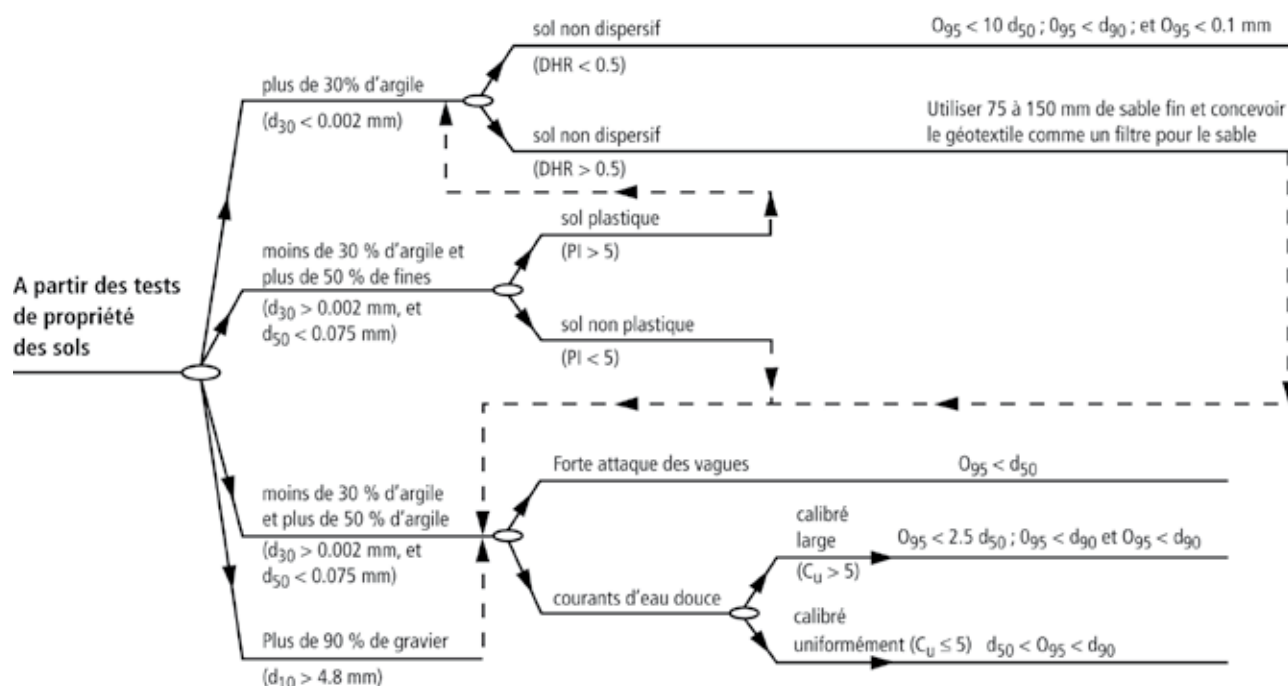
Eventail approximatif des propriétés de sol pour les types les plus communs de sol (pour la conception préliminaire).

Propriété du sol	symbole	unité SI	Sable			Cailloux roulés	sable graveleux non-uniforme	enrochement anguleux sans sable	Cailloutis	
			meuble	moyennement dense	dense				sans sable	avec cailloux roulés et sable
Poids unitaire, sol sec	γ	kN/m ³	17	18	19	18	20	17	17	19
sol saturé	γ_g	kN/m ³	19	20	21	20	21	-	-	20
Porosité	n	%	45	35	25	25 - 45	20 - 35	40 - 60	40 - 50	25 - 45
Coefficient de perméabilité	k	cm/sec	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹
Hauteur de montée capillaire	h _k	cm	20	25	30	1 - 5	25	-	-	20
Densité de Proctor simple	γ_p	kN/m ³	17 - 20			19	22	-	-	-
Teneur optimale en humidité	W _{opt}	%	6 - 10			5	7	-	-	-
Module de rigidité	E _s	MN/m ²	20 - 50	40 - 100	80 - 150	100 - 200	150 - 250	100 - 200	100 - 150	150 - 250
Module de déformation	E _{v1}	MN/m ²	15 - 40	30 - 60	50 - 80	70 - 120	100 - 150	70 - 120	60 - 100	100 - 150
Valeur CBR	CBR	%	10 - 20	20 - 30	30 - 40	50	70	90 - 100	100	90 - 100
Angle efficace de frottement	φ'		30	32,5	35	37,5	37,5	40	35	37,5

Tableau 12 : sols non-cohésifs.

Propriété du sol	symbole	unité SI	argile			marne flottante	marne		limon	argile organique, limon	tourbe
			semi solide	rigide	souple		rigide	souple			
Poids unitaire	γ_g	kN/m ³	19	18	17	21	21	19	18	15	11
Porosité	n	%	50	60	70	30	30	40	40	60	90
Teneur naturelle en humidité	w	%	20	30	40	10	15	20	30	80	400
Limite liquide	W _L	%	40 - 100			30	20 - 40		15 - 30	70 - 120	-
Limite plastique	W _p	%	20 - 30			15	10 - 20		10 - 15	20 - 30	-
Index de plasticité	I _p	%	20 - 70			15	10 - 25		5 - 15	50 - 90	-
Coefficient de perméabilité	k	cm/sec	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁹			10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸		10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻³
Hauteur de montée capillaire	h _k	m	5 - 100			1 - 5	1 - 5		1 - 5	1-5	-
Densité de Proctor simple	γ_p	kN/m ³	14 - 17			18 - 22	17 - 19		17-19	14-17	-
Teneur optimale en humidité	w _{opt}	%	15 - 30			10 - 15	12 - 20		12-20	20-25	-
Module de rigidité	E _s	MN/m ²	5 - 10	2 - 5	1 - 3	30 - 100	5-20	4 - 8	3-10	1-5	0,5 - 2
Module de déformation	E _{v1}	MN/m ²	3 - 8	1 - 4	0,5 - 2	15 - 50	5-15	3 - 6	2-8	1-3	0 - 1
Valeur CBR	CBR	%	2 - 5	1 - 3	0 - 2	10 - 20	3-10	2 - 5	1-5	0-2	0
Angle efficace de frottement	φ'	.	20	17,5	15	15	25	22,5	25	17,5	15
Cohésion efficace du sol	c'	MN/m ²	25	20	10	25	10	0	0	10	0
Résistance eff. au cisaillement	c _u	MN/m ²	40 - 100	20 - 60	5 - 40	200 - 500	50 - 200	40 - 100	20 - 100	5 - 40	0
Coefficient de consolidation	c _v	m/sec	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶			-	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷		10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶	10 ⁻³

Tableau 13 : sols cohésifs.



NOTES:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

d_x = taille de particules dont x pourcents sont plus petits

PI = indice de plasticité du sol

DHR = double rapport hydrométrique du sol

O_{95} = taille d'ouverture du géotextile selon ASTM 04751-87

Figure 47 : Critères de rétention du sol pour la conception d'un filtre géotextile dans des conditions d'écoulement dynamique. [6]

	Désignation	% particules			Index de plasticité I(%)	Perméabilité type K(m/s)
		<0.006	0.06-2mm	>2mm		
GW	Cailloux roulés à granulométrie continue, gravier sableux	< 5	VAR	> 50	-	$10^{-1} - 10^{-4}$
GP	Cailloux roulés à faible granulométrie, gravier sableux	< 5	VAR	> 50	-	$10^{-1} - 10^{-4}$
GM	Gravier limoneux, G + S + M	< 15	VAR	> 50	< 7	$10^{-6} - 10^{-9}$
GC	Gravier argileux, G + S + C	< 15	VAR	> 50	> 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
SW	Sable à granulométrie continue, sable graveleux	< 5	> 50	VAR	-	$10^{-2} - 10^{-4}$
SP	Sable à faible granulométrie, sable graveleux	< 5	> 50	VAR	-	$10^{-2} - 10^{-4}$
SM	Sable limoneux	< 15	> 50	VAR	< 7	$10^{-4} - 10^{-6}$
SC	Sable argileux	< 15	> 50	VAR	> 7	$10^{-6} - 10^{-10}$
ML	Limon, sable très fins	> 50	~ 50	VAR	< 4	$10^{-6} - 10^{-8}$
CL	Argile	> 50	~ 20	VAR	> 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
GM - ML	Gravier limoneux	> 15	VAR	> 40	< 4	$10^{-6} - 10^{-8}$
GM - GC	Gravier argileux limoneux	> 15	VAR	> 40	4 - 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
GC - GL	Gravier argileux	> 15	VAR	> 40	> 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
SM - ML	Sable limoneux - limon sableux	15 - 50	~ 50	VAR	< 4	$10^{-6} - 10^{-8}$
SM - SC	Sable argileux - limoneux	15 - 50	~ 40	VAR	4 - 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
SC - CL	Sable argileux - argile sableuse	15 - 50	~ 40	VAR	> 7	$10^{-8} - 10^{-10}$
CL - ML	Limon argileux	> 50	VAR	VAR	4 - 7	$10^{-7} - 10^{-10}$
OL	Limon organique	> 50	VAR	VAR	> 10	-
OH	Argile organique	> 50	VAR	VAR	> 20	-
PT	Tourbe	-	-	-	-	-

Tableau 15 : Classification des sols.

Données utiles relatives aux sols et aux tuyaux

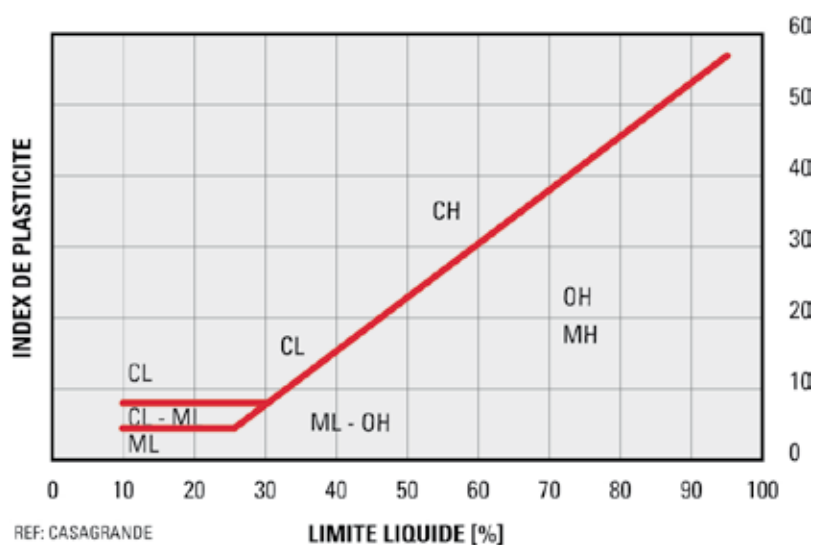


Figure 48 : Classification des sols USCS basée sur l'indice de plasticité.

CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR
Classification des sols selon ASTM											
OH		CH									
MH					OL						
PT					CL				ML		
Classification des sols selon AASHTO											
									A-2-6		
				A-4							
A-5											
A-6											
A-7-6				A-7-5							
Classification des sols selon l'Administration Fédérale de l'Aviation											
										E-6	
						E-7					
					E-8						
				E-9							
			E-10								
		E-11									
		E-12									
Infrastructure très mauvaise			mauvaise		passable		moyenne			bonne	
Résistance au cisaillement, kPa											
15		30		60		120		140			
0		10		20		30			Valeur R (Californie)		
2		3		4		5			Valeur S de soutien du sol		
20		15		10		5			Indice de catégorie		
0		5		10		15		20		25	
30		35		40		45		50		Valeur R (Washington)	
50		100		150		200		250		Indice de cône (CI) - en utilisant une sonde 320 mm ²	
140		170		210		280		330			
				70		Valeur de portance, kPa, 760 mm de diamètre, déflexion 2.5 mm					
			27		40		Module de réaction de l'infrastructure, kPa/mm				
					55						
CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR

CBR approché	Procédure d'identification	Symboles de catégories	Nom de la catégorie du sol
Moins de 2	Facilement pénétré par un doigt	ML	Limon
2-3	Effort modéré pour pénétrer avec un doigt	MH	Limon micacé
3-6	Pénétré par un doigt	OL	Limon organique
6-16	Pénétré par un ongle	CL	Argile limoneuse
Plus de 16	Difficile de pénétrer avec un ongle	CH	Argile hautement plastique
		OH	Argile organique
		PT	Tourbe et boue

Tableau 16 : Tableau de corrélation permettant d'estimer les valeurs de CBR non saturées correspondant à la résistance ou aux valeurs de propriété du sol.

7.9. Cahier des charges

Géotextiles utilisés pour séparer les matériaux de terrassement

_____ m² de géotextiles seront livrés et installés

Cahier des charges de DuPont™ Typar® SF __ ou équivalent.

Produit manufacturé thermolié non tissé

- à partir de filaments continus 100 % polypropylène.
- conforme au système qualité ISO 9001, ISO 14001, EMAS.
- conforme au marquage CE.

Rapport de compressibilité à 200kN/2kN	EN 964	< 15 %
Absorption d'énergie	EN ISO 10319	≥ _____ kJ/m ²
Résistance à la traction	EN ISO 10319	≥ _____ kJ/m
Résistance à la traction à 5 % d'allongement	EN ISO 10319	≥ _____ kJ/m
Allongement	EN ISO 10319	≥ _____ %
Poinçonnement CBR	EN ISO 12236	≥ _____ N
Perforation par cône dynamique	EN 918	≤ _____ mm
Résistance à la déchirure	ASTM D4533	≥ _____ N
Débit à 10 cm WH	BS 6906 : partie 3	≥ _____ litres/m ² /s
Perméabilité sous 20kN/m ²	DIN 60500	≥ _____ 10 ⁻⁴ m/s
Ouverture de filtration O ₉₀	EN ISO 12956	≤ _____ μm (microns)

Le géotextile sera stabilisé contre les UV et inerte aux produits chimiques couramment rencontrés dans le sol et l'eau.

Les rouleaux de géotextiles seront fournis avec un emballage approprié pour la protection et chaque rouleau sera étiqueté et identifié pour l'identification sur le terrain ainsi que pour des raisons de contrôle des stocks et de contrôle qualité.

La surface destinée à recevoir le géotextile sera préparée dans des conditions relativement régulières, de telle manière qu'il soit débarrassé des obstacles, des dépressions et des débris. L'installation du géotextile devra être réalisée dans la direction de la construction. Les joints longitudinaux dans le tissu auront un chevauchement minimum de 30 cm, seront cousus ou liés comme spécifié par l'ingénieur. Dans le cas où des engins de travaux publics seraient utilisés pour mettre en place le géotextile, la plateforme de travail destinée aux engins devra être le sol ou la couche de granulats précédemment déposée et compactée, et non pas le géotextile précédemment posé.

Autres publications

Autres publications concernant les géosynthétiques Typar® de DuPont :

- Brochure Typar® SF
- Styles de Typar® SF recommandés
- Fiches techniques Typar®
- Brochure Typar® HR
- Manuel technique Typar® HR
- Etudes de cas Typar®

Pour plus d'informations, contactez nous:
DuPont de Nemours (Luxembourg) S.à r.l.
DuPont™ Typar® Géosynthétiques
L-2984 Luxembourg
Tél. : +352-3666 5779
Fax : +352-3666 5021
www.typargeo.com
E-mail: typargeo@lux.dupont.com



The miracles of science™