



Géogrigille cellulaire

2

Qu'est-ce que c'est ?



Transmission des charges

5



Accotements

7



Chemins en terre

10



Canaux et réservoirs d'eau

12



Protections contre l'érosion superficielle

15



Murs de soutènement

18



Chemins De Fer

21



Aéroports

24



Géogrille cellulaire

Qu'est-ce que c'est?

Le système cellulaire de confinement a été conçu dans les années 70 du XXe siècle dans le cadre d'une coopération scientifique de Presto Product Co. avec le Corps des ingénieurs de l'armée des États-Unis. À grande échelle, il a été utilisé pendant l'opération « Tempête du désert » lors de la guerre du Golfe où il s'agissait de transporter très rapidement et efficacement du matériel militaire lourd.

Comment cela marché-t-il?

Le système de géogrille cellulaire a un effet bénéfique sur les propriétés des matériaux non-compacts, comme le gravier ou le sable. L'emprisonnement de ces matériaux à l'intérieur des cellules géosynthétiques augmente la résistance de ces matériaux au cisaillement suite à leur compactage jusqu'à ce qu'ils atteignent des valeurs adéquates, selon Proctor.

Le principal élément du système est une géogrille cellulaire qui forme un bloc spatial, rempli de différents matériaux. Une telle amélioration du remplissage permet d'éliminer des éléments plus coûteux et complexes ou des techniques coûteuses. La géogrille cellulaire est une solution optimale en cas de faible capacité de charge du sol et elle réduit les coûts de son renforcement.

Ce matériau, ni le produit final, n'est pas dangereux pour la santé. Comme il n'est pas dissoluble à l'eau et se caractérise par une grande résistance à l'action des facteurs chimiques (y compris ceux qui se trouvent dans le sol), il ne provoque pas de dangers pour l'environnement naturel.

Les géogrilles connues sur le marché polonais sous nom de « géocellule » ou « géogrille », sont faites avec du polyester modifié ou avec du polyéthylène. Le polyéthylène est stable dans une plage de températures de -50°C à +80°C

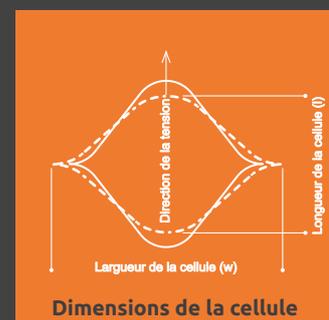
et il devient déformable sous une température de +125°C à +132°C.

Des informations plus détaillées au sujet des différences entre les matériaux se trouvent dans le prospectus consacré à la géogrille cellulaire faite avec du polyester modifié, à savoir le Nanoweb.

La complétude du système et sa polyvalence résultent d'un certain nombre de paramètres, obtenus avec un coût financier minimal, que l'on exige actuellement des ouvrages de terre et des ouvrages hydrauliques, comme : renforcement, filtration, séparation, évacuation des eaux, protection. La simplicité de cette solution et, en même temps, l'efficacité du système résultent de la possibilité d'utiliser un agrégat de faible qualité en tant que remplissage. L'agrégat enfermé dans les différentes cellules de la géogrille cellulaire et compacté jusqu'au paramètres de compactage définis, permet d'augmenter plusieurs fois la capacité de charge du sol. L'utilisation de la géogrille permet d'éliminer des outils compliqués et des méthodes qui augmentent le prix des technologies, donc le coût final.



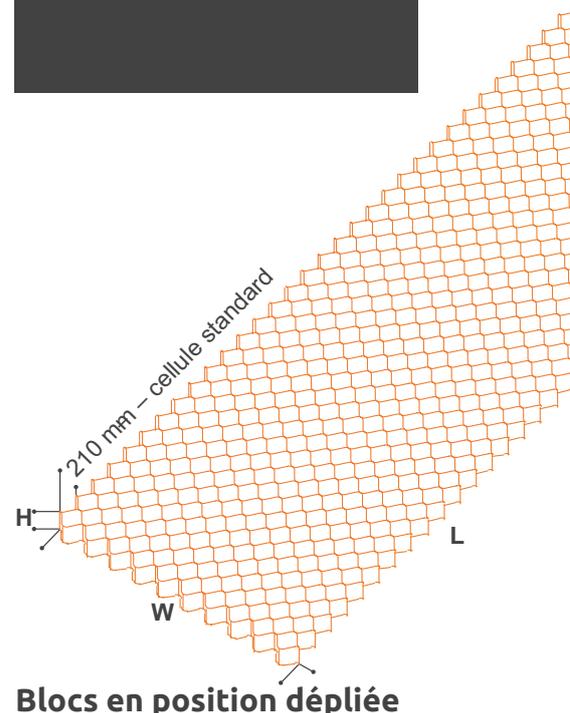
Vue sur une cellule



Dimensions de la cellule



Raccordement des blocs au contact des parois



Blocs en position dépliée



Géogrille cellulaire fabriquée en 2 versions

☑ en bandes texturisées, non-perforées, référence (TN).

☑ en bandes texturisées, perforées, référence (TP).

La profondeur des cellules qui forment la géogrille cellulaire peut être de 50 mm, 75 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm. La profondeur indiquée cellules correspond à la hauteur d'un bloc. La gamme des géogrilles cellulaires est déterminée par la taille d'une cellule, indiquée par la distance entre les soudures sur la bande :

- **petites cellules** 330 mm ± 2%
356 mm ± 2%
- **moyennes cellules** 462 mm ± 2%
462 mm ± 2%
- **grandes cellules** 660 mm ± 2%
712 mm ± 2%
750 mm ± 2%

Dans la plupart des cas, on adopte le principe suivant: plus la charge est importante ou plus le sol est faible, plus les cellules doivent être profondes. Plus la cellule est haute (profonde) et plus la cellule est petite, plus la capacité de transmettre les charges est meilleure.

Effets de l'utilisation d'une géogrille cellulaire

☑ Réduction de l'épaisseur des éléments du corps de chaussée par rapport aux solutions conventionnelles grâce à l'élimination du remplacement de la terre en profondeur,

☑ Augmentation de la résistance des matériaux qui remplissent la géogrille cellulaire au cisaillement suite à leur enfermement et compactage à l'intérieur des cellules.

☑ Réduction de l'affaissement provoqué par un compactage naturel et réduction des déplacements latéraux de l'agrégat qui remplit la géogrille cellulaire.

☑ Réduction des contraintes transmises sur la substructure en sol naturel par les charges utilitaires qui agissent sur le revêtement suite à la répartition des charges concentrées entre les cellules voisines de la géogrille cellulaire, c'est-à-dire sur une surface beaucoup plus grande que dans le cas des solutions conventionnelles.

☑ Possibilité de filtration des eaux de pluie par les couches de l'assise en utilisant des matériaux poudreux.

☑ Stabilisation et protection de la surface des talus contre l'érosion.

☑ Renforcement et la stabilisation du sol sous les remblais routiers ou sous les terrains de football, par exemple.

Types de remplissages

En fonction des exigences du projet et des conditions géotechniques du terrain, il est possible divers remplissages :

☑ sol avec une végétation adaptée

☑ divers matériaux minéraux, à commencer par le sable ou le gravier, jusqu'à l'agrégat plus gros ou les pierres,

☑ béton à différentes résistances ou finitions de la surface

☑ matériaux locaux, disponibles à proximité du chantier

☑ plusieurs matériaux ci-dessus utilisés ensemble – en fonction du projet.

Avantages de la perforation

☑ La perforation et la texture rhomboïdale de la surface des parois d'une géogrille augmentent encore plus l'angle de frottement intérieur entre les remplissages granulaires et la paroi en permettant une meilleure immobilisation du remplissage et une amélioration de la résistance de l'agrégat au cisaillement, par rapport aux géogrilles non-perforées d'environ 20%.

☑ Un nombre de trous adapté, dans les parois des cellules, défini par le pourcentage de la perforation requise, choisi par le projeteur en fonction des exigences, permet un drainage horizontal et une évacuation rapide des eaux phréatiques et superficielles, ce qui réduit les effets négatifs de la circulation des véhicules sur un revêtement humide.

Pose de la géogrille

Les géogrilles individuelles (blocs) sont fournies pliées, en forme d'un faisceau léger. Le dépliage d'un bloc est simple, rapide, non-compliqués. Le remplissage des cellules peut se faire manuellement (avec des outils simples) ou avec un matériel de construction.

La pose de la géogrille cellulaire s'effectue avec des cadres de montage rectangulaires qui ont pour but d'étendre les blocs, souvent coupés et préparés déjà à l'étape de la fabrication des blocs. **La pose nécessite des cadres de montage pour obtenir une géométrie requise des blocs. Ces cadres, à usage multiple, ne sont utilisés que pendant le remplissage des cellules.**

Le raccordement de différents blocs de la géogrille est rapide, à l'aide des colliers de serrage universels, des agrafes ou des ancrages. En cas d'ouvrages plus exigeants, on utilise aussi d'autres accessoires, comme les fils de tension ou des blocs d'ancrage, etc. Les blocs de géogrille préparés sont transportés sur le chantier sur des palettes, sous forme de rouleaux pliés, reliés et entourés de film étirable. Les blocs sont enroulés de façon à permettre leur étirage facile et la pose sur le chantier.

Flexibilité des solutions conçues

Les ouvrages en géogrilles cellulaires peuvent être facilement adaptés aux nombreuses exigences du projet et aux conditions du terrain. La polyvalence du système résulte de sa flexibilité naturelle, de la capacité de supporter des charges inhabituelles et de la possibilité d'utiliser toute une gamme des remplissages.

Couleurs naturelles

Les blocs de la grille se confondent bien avec l'environnement naturel grâce à l'utilisation du vert, **du marron et du noir**. Sur demande, il est possible de les fabriquer en d'autres couleurs, en répondant aux exigences les plus audacieuses. **Le polyéthylène stabilisé aux UV résiste aux rayons du soleil, il se caractérise par une résistance mécanique améliorée et par une qualité qui correspond aux standards de génie civil appliqués.**

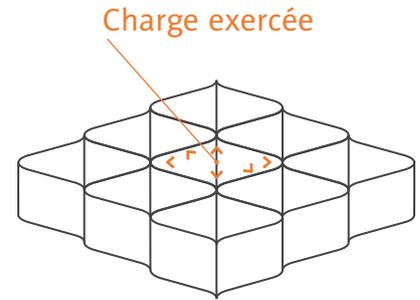


Résistance = résultat du confinement

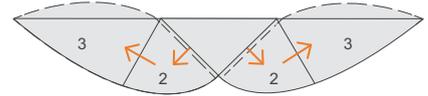
La résistance des remplissages de construction dans le Système Cellulaire de Confinement résulte de l'augmentation de la résistance au cisaillement et de l'augmentation de la rigidité. L'amélioration de la résistance est liée à la résistance périphérique des parois d'une cellule, d'une résistance passive des cellules voisines et de l'interaction des forces de frottement entre le matériau de remplissage et les parois de la cellule.

Sous charge, le système génère des réactions fortes, exercées par les contraintes latérales et par le frottement du sol sur les parois d'une cellule. Ces mécanismes créent la structure d'un pont à haute résistance à la flexion et à haute rigidité. La structure de pont améliore la réaction des matériaux de remplissage simples aux charges et aux déformations de longue durée et permet de réduire considérablement l'épaisseur des éléments constitutifs d'un revêtement.

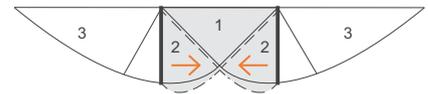
Les avantages du système cellulaire de confinement (c.-à-d. des géogrilles cellulaires) dans les constructions à couche unique, comme l'assise des routes, des parcs de stockage ou des planchers, consistent en réduction du coût des travaux de terrassement et du coût des matériaux de remplissage. Grâce au système cellulaire de confinement (c.-à-d. des géogrilles cellulaires), il est possible d'utiliser des matériaux granulaires locaux au lieu des matériaux livrés de loin. Comme la charge est répartie ou transmise par une structure de pont au-dessus du sol faible, l'épaisseur et le poids des éléments de construction peuvent être réduits de 50% et plus en comparaison aux méthodes traditionnelles de la transmission des charges.



Répartition des forces de confinement

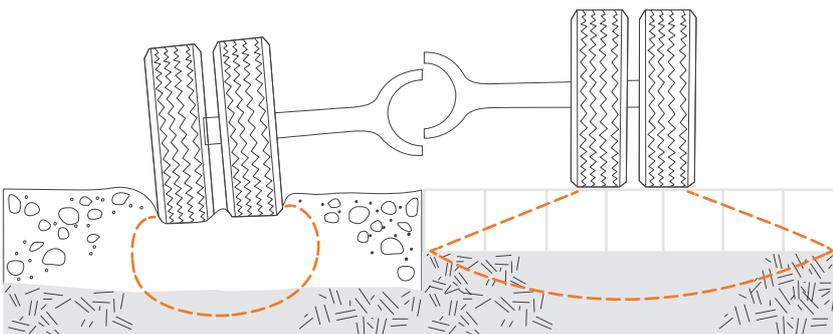


Sans système de géogrilles cellulaires, le terrain se déforme dès que le coin 1 déplace les zones 2 et 3



Le système de géogrilles empêche la déformation du terrain qui limite la zone 2 de façon à rendre impossible son déplacement sous l'action de la charge.

- 1 Les forces de confinement qui résultent de l'action des forces de frottement entre le remplissage et les parois des cellules
- 2 Les forces de confinement qui résultent de la résistance passive des cellules voisines
- 3 Les forces de confinement qui résultent de la résistance périphérique des parois de la cellule



Apparition des ornières sans système de confinement

Répartition des charges dans un système de géocellules





Transmission des charges

Stabilisation des assises de chaussée

Les blocs en géogrilles cellulaires forment des assises porteuses à haute résistance au pliage. Ce système fonctionne comme un panneau semi-rigide en réduisant, dans une grande mesure, et en répartissant les charges verticales focalisées en composantes horizontales, ce qui permet de réduire les contraintes au contact, dans le sol.

La déformation et l'affaissement sont minimaux.

Par rapport aux méthodes traditionnelles qui nécessitent certaines épaisseurs, il est possible de réduire l'épaisseur de l'assise en gravier et en pierre concassée de 50% et plus. L'utilisation d'un système des géogrilles cellulaires permet d'utiliser du sable de faible qualité pour des constructions routières temporaires ou permanentes, même en présence d'un sous-sol très mou.

Parcs de stockage

L'utilisation d'un système de rétention cellulaire améliore les caractéristiques de la répartition des charges dans les zones couvertes de revêtements durs et dans les zones sans revêtement dur. Les contraintes de l'assise au contact, générées par les charges statiques ou dynamiques, sont réparties par un réseau tridimensionnel des cellules du système. Cela permet de réduire la déformation des revêtements, de réduire les ornières et de réduire le coût des réparations.

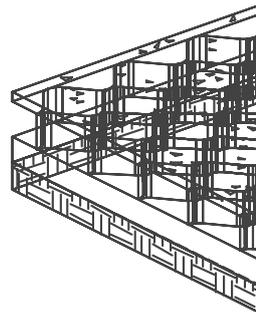
Ballast des voies ferrées

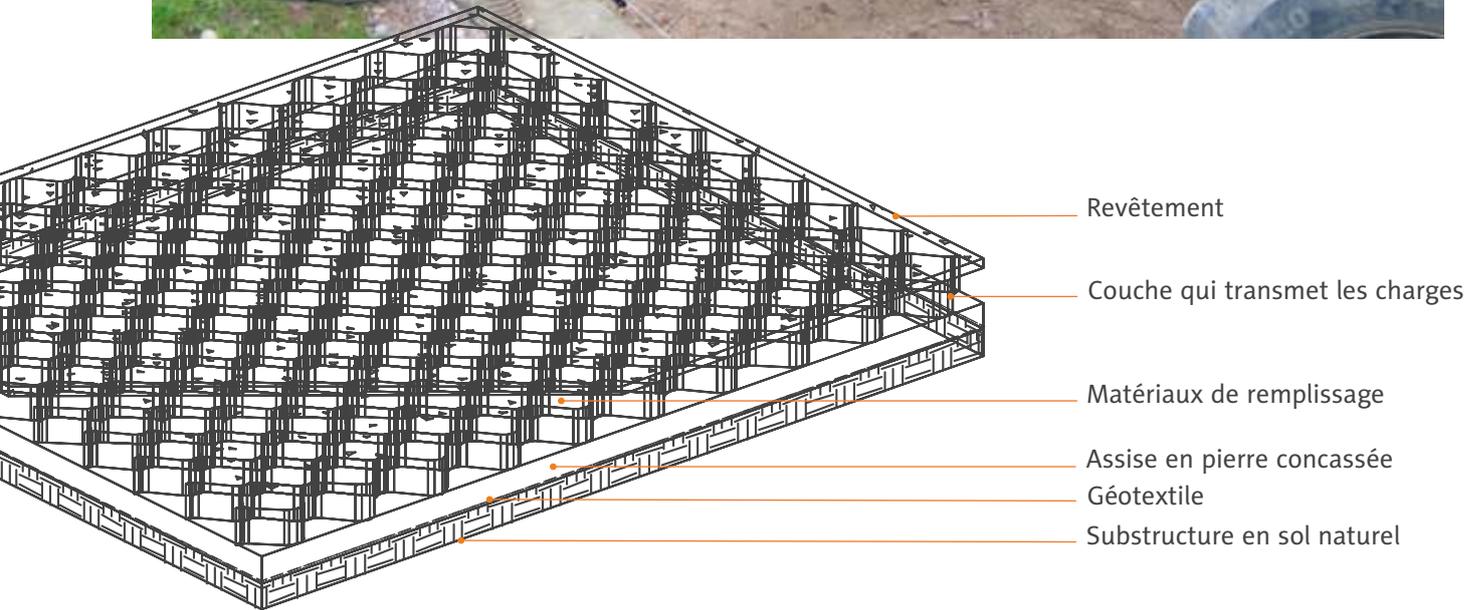
Les blocs du système de rétention cellulaires empêchent le déplacement latéral de la couche en pierre concassée et de son assise, accompagnés des géotextiles non-tissés, aiguilletés, en tant que couches de séparation. Cette configuration améliore la rigidité du corps de la voie ferrée, augmente la capacité de charge et la stabilité de la voie ferrée. L'affaissement hétérogène et total du ballast, même sur une assise à faible résistance, est sensiblement réduit.

Les géogrilles cellulaires assurent une longue résistance dans les endroits à trafic intense, comme passages à niveaux, aiguilles et branchements.

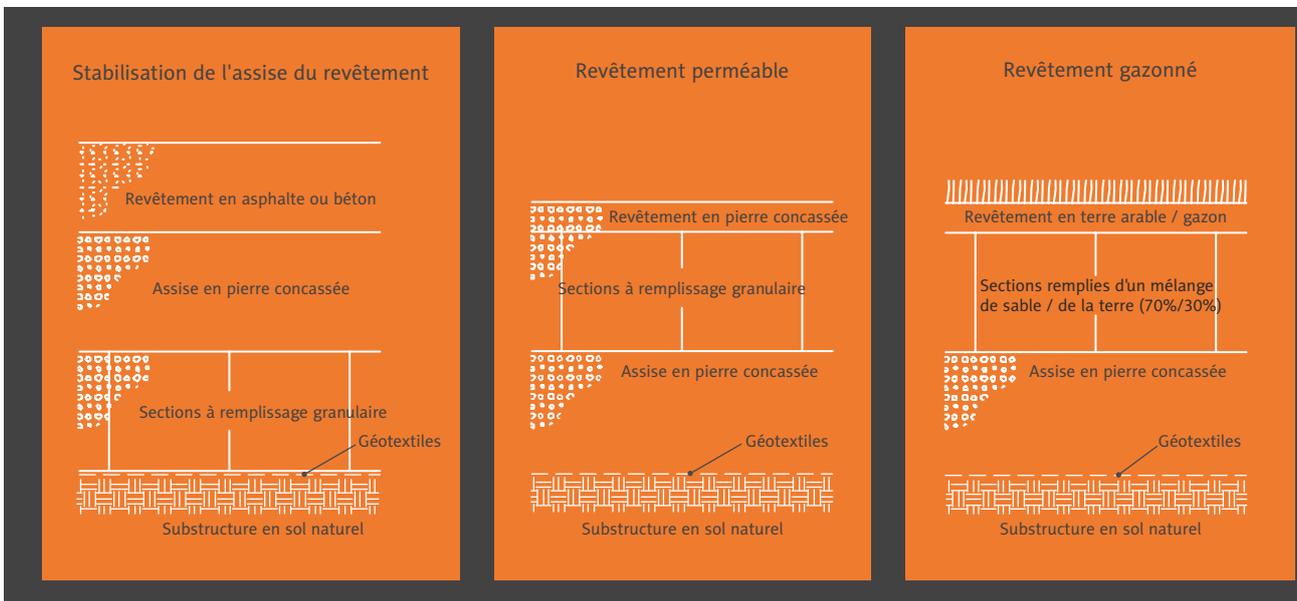
Applications types

- ☑ routes d'accès permanentes et temporaires
- ☑ revêtements perméables, résistants aux charges
- ☑ substructure des fondations et protection des conduites
- ☑ quai de chargement dans les ports et terminaux
- ☑ voies cyclables et trottoirs
- ☑ accotements des routes
- ☑ assise des revêtements en asphalte et en pavé
- ☑ parc de transport et parc de stockage
- ☑ parcs dans les ports, substructure des machines de transbordement
- ☑ terminaux de transport et à conteneurs





CONSTRUCTION TYPE POUR LA TRANSMISSION DES CHARGES





Accotements

Un accotement stable fait partie, avec un bon état de la route, des principaux facteurs qui influencent la sécurité de la circulation. Dans de nombreux pays de l'Europe, on travaille sur ce problème depuis des années en allouant des moyens destinés à améliorer la sécurité routière. **Selon les statistiques élaborées par ADAC allemand il y a eu 56.800 accidents sur la route en 2005, avec 2.350 morts, provoqués par des accotements instables.** En 20 mois, dans les années 2006 et 2007, l'Allemagne a réalisé 150 projets de renforcement et de modernisation des accotements en technologie de géogrille cellulaire.

L'état des accotements en Pologne laisse à désirer et, sans aucun doute, c'est l'un des domaines où l'utilisation des géogrilles cellulaires permet d'augmenter la sécurité, mais aussi de réaliser des gains techniques et économiques tangibles.

Les accotements renforcés améliorent aussi la sécurité de la circulation des piétons et des cyclistes. Les effets économiques, indépendamment de la réduction des risques d'accident grâce à un revêtement résistant à l'orniérage et à géométrie contrôlée, sont générés avec cette technologies à travers :

- ☑ la possibilité d'utiliser des matériaux localement disponibles, compactables,
- ☑ l'absence d'une assise traditionnelle,
- ☑ les faibles dimensions des matériaux synthétiques lors du transport,
- ☑ l'utilisation des moyens techniques simples (compacteurs à plaque simples)
- ☑ la rapidité de la pose (p.ex. 3 personnes posent plus de 200 ml par relève).

L'utilisation des géogrilles cellulaires permettrait de faciliter et de simplifier la rénovation, le renforcement et la régénération des accotements en terre existants, sur les routes départementales, cantonales et communales (en empêchant le lavage de l'accotement au long du rebord des chaussées en bitume), comme on le fait dans d'autres pays de l'Union européenne.

Description de la construction – solution pratique

La solution proposée pour le renforcement et la régénération de l'accotement peut être utilisée aussi bien dans les zones désertes que dans les zones construites. Elle assure la sécurité de la construction avec les charges par essieu de 115 kN.

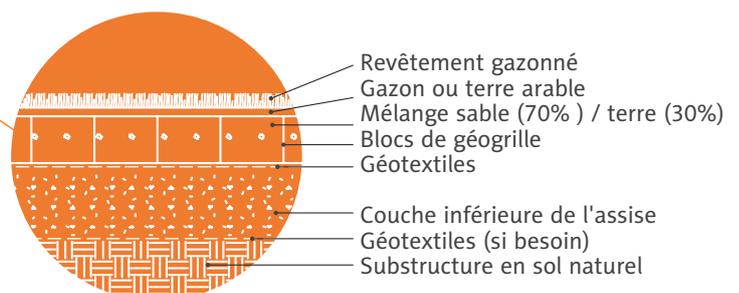
On propose deux **largeurs d'accotement, à savoir 1,0 et 1,5 m** et ce sont les largeurs de l'accotement en terre les plus fréquentes sur les routes en Pologne. La largeur des blocs des géogrille y est adaptée :

- ☑ largeur finale de l'accotement = 1.0 m : un bloc contient 5 cellules de 20,3 cm chacune
- ☑ largeur finale de l'accotement = 1.5 m : un bloc contient 7 cellules de 20,3 cm chacune

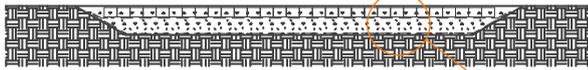


Route à revêtement gazonné

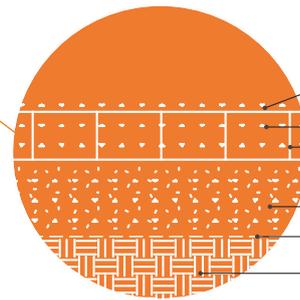
Revêtement gazonné type



Revêtement perméable type



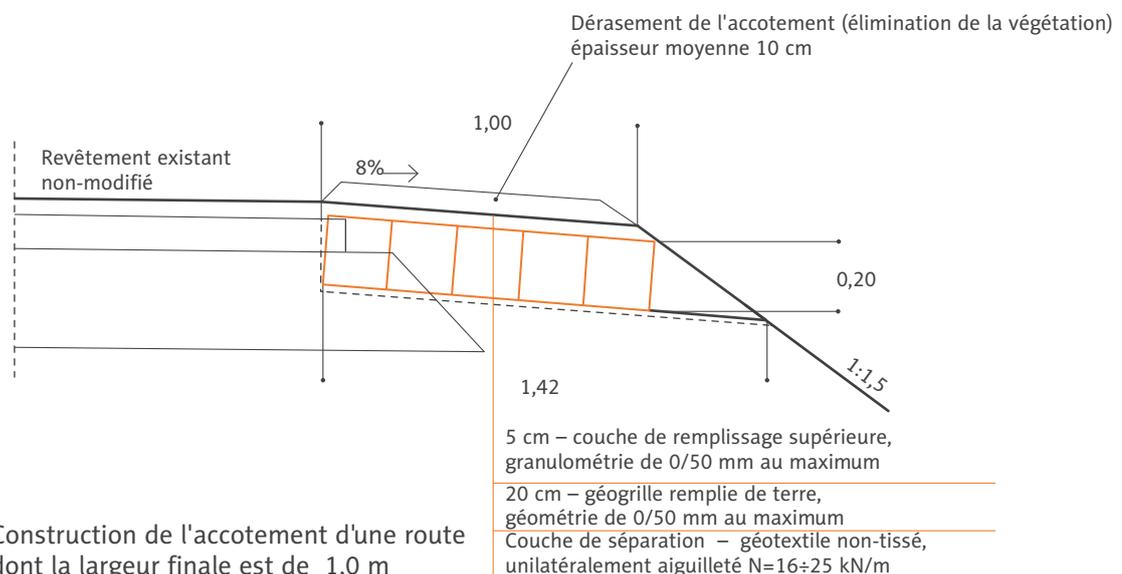
Route avec un revêtement granulaire (pierre concassée, p.ex.)



Revêtement en pierre concassée
Remplissage en pierre concassée
Blocs de géo grille
Couche inférieure de l'assise
Géotextiles (si besoin)
Substructure en sol naturel

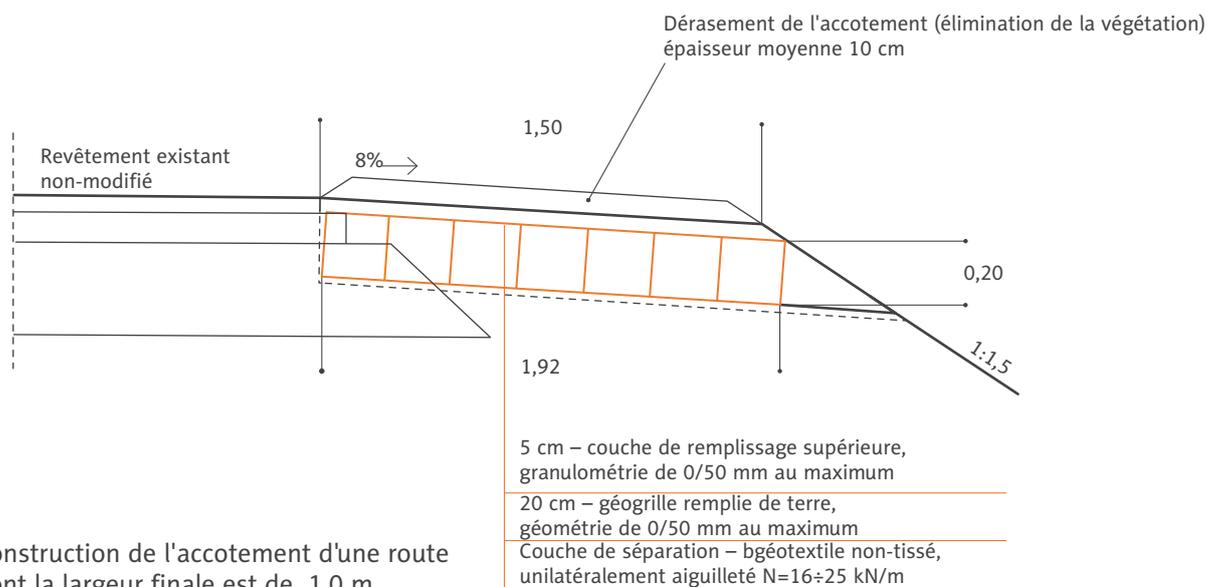
Avantages des géocellules

- ☑ Elles répartissent horizontalement les charges et réduisent les déformations verticales et la pression au contact, exercée sur la substructure en sol naturel, ce qui minimise les déformations durables et l'affaissement.
- ☑ Elles séduisent sensiblement la formation des ornières (éliminent l'orniérage profond).
- ☑ Les géogrilles cellulaires multiplient la capacité de charge du sol, ce qui permet de réduire la couche de construction de 50% et plus.
- ☑ Les géocellules limitent le cisaillement et les mouvements latéraux du remplissage perméable à gros grains.
- ☑ Elles forment une couche naturelle de rétention – confinement temporaire et limitent l'écoulement des eaux d'orage dans le cas des remplissages ouverts en matériaux minéraux.
- ☑ Elles permettent d'éviter un remplacement profond du sol, ce qui limite considérablement le coût.
- ☑ Facilité de montage, même dans des conditions difficiles.
- ☑ Le montage ne nécessite pas d'équipements lourds et les faibles gabarits pendant le transport limitent le coût de celui-ci.
- ☑ La pression sur la substructure en sol naturel est réduite grâce à la répartition des charges verticales en charges horizontales.
- ☑ Ce système réduit la flexion horizontale en limitant le pompage des particules fines d'une substructure faible vers les couches de l'assise.
- ☑ Elles limitent un affaissement irrégulier et total, même dans une substructure à faible résistance.
- ☑ Les cloisons perforées des cellules forment un drainage naturel en assurant une résistance au soulèvement du sol par congélation.



Construction de l'accotement d'une route dont la largeur finale est de 1,0 m





Principaux travaux de renforcement de l'accotement

- ☑ Dérasement d'une couche de terre enherbée, avec son évacuation du chantier.
- ☑ Préparation d'un lit de 25 cm de profondeur, avec dépose du matériau extrait (terre résistante au soulèvement par gel) à côté du déblai.
- ☑ Découpe du rebord de la chaussée bitumée.
- ☑ Pose du géotextile (non-tissé, unilatéralement aiguilleté, avec résistance à la rupture N=16÷25 kN/m).
- ☑ Pose de la géogrille cellulaire.
- ☑ Remplissage des cellules de la géogrille et le compactage du matériau de remplissage. L'épaisseur de la couche supérieure compactée est de 25 cm (taux de compactage $I_s \geq 0,98$).

Le renforcement est le plus économique quand il est possible **d'utiliser la terre qui se trouve dans l'accotement**. Cette terre devrait être résistante au soulèvement par gel. Les cellules de la géogrille doivent être remplies jusqu'à 25 cm de hauteur (valeur obtenue après le compactage) avec la terre extraite lors de la construction du lit (remplissage des cellules de la géogrille sur 20 cm, puis 5 cm de couche supérieure).

Si le Maître d'ouvrage dispose du bitume fraisé (obtenu après le fraisage des couches de surface bitumineuses), il peut l'utiliser en tant que couche superficielle de 5 cm d'épaisseur. Une telle couche empêchera l'enherbage excessif de l'accotement en terre. Les cellules de la géogrille sont alors remplies sur 20 cm (valeur obtenue après le compactage) avec la terre extraite lors de la construction du lit. La granulométrie des graines d'agrégat les plus grandes ne doit pas dépasser 50 mm. En cas de graines plus grandes, il faut les enlever avant le compactage et remplir les trous avec le matériau de remplissage.

Si le matériau extrait de l'accotement n'est pas résistant au soulèvement par gel, il faut augmenter sa granulométrie avec des pierres concassées ou avec du laitier de haut fourneau. Quand l'amélioration de la granulométrie n'est pas économiquement justifiée, il faut évacuer toute la terre extraite et la remplacer par un matériau résistant au soulèvement par gel. La taille des particules d'agrégat les plus grandes, utilisées pour remplir les cellules de la géogrille, ne doit pas dépasser 50 mm.

Afin d'améliorer la qualité de la surface de l'accotement (limiter l'enherbement, limiter la poussière en période sèche), on pulvérise, en une seule application, une émulsion bitumineuse cationique à vitesse de rupture moyenne, puis la saupoudrer avec des pierres concassées de 0/5 mm.



Chemins en terre (forestiers, p.ex.)

Les problèmes avec le maintien des routes dans un état correct concernent les routes avec un revêtement dur, mais aussi les chemins locaux, les chemins forestiers, les voies pompiers ou les chemins d'accès aux champs agricoles. Ils résultent d'une assise inadaptée de telles routes qui provoque l'apparition des ornières, des nids-de-poule, des brèches, le lessivage et l'affaissement des revêtements non durcis.

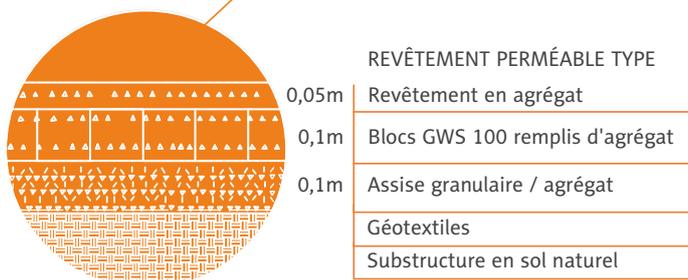
Le système cellulaire de confinement (géogrille cellulaire) est une solution moderne qui facilite la maintenance, la réparation et la construction des routes, surtout sur des sols naturels imperméables à faible résistance.

Ce système permet de réaliser des gains importants, techniques et économiques, grâce à la réduction du remplacement profond du sol, à la possibilité d'utiliser des agrégats de moindre qualité (agrégat recyclé), à la création d'un drainage très efficace et à une durée de vie considérablement plus longue que dans le cas des solutions traditionnelles.

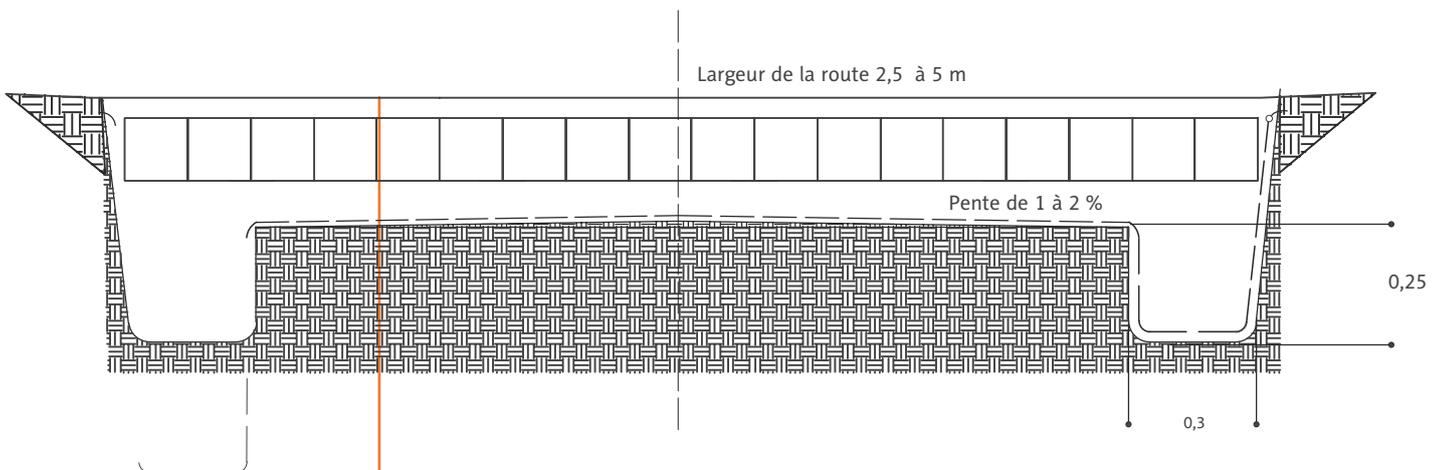
Ce système peut être utilisé pour construire les chemins en terre permanents ou temporaires. Il assure une importante capacité de charge aux chemins couverts de revêtement granulaires, perméables, utilisées par un matériel lourd, et il permet de minimaliser les coûts. Il réduit l'écoulement superficiel et complète le niveau des chemins en terre. Les revêtements destinés à la circulation ou au stationnement peuvent être couverts de végétaux, ce qui est particulièrement avantageux dans les zones protégés.

Le système cellulaire stabilise le matériau de l'assise de la chaussée. Il fonctionne comme un panneau semi-rigide qui répartit les charges verticales en contraintes latérales, réduit la pression de contact dans le sol, minimise les déformations et l'affaissement.

CHEMINS AVEC UN REVÊTEMENT EN MATÉRIAUX GRANULAIRES



Projet d'un chemin local ou forestier sur un sol naturel faible



Revêtement en agrégat et gravier, compacté mécaniquement jusqu'à $I_s \geq 0,97$

Système cellulaire GWS 150 perforée et texturisé rempli d'agrégat et gravier, compacté mécaniquement jusqu'à $I_s \geq 0,97$

Couche d'agrégat et gravier, p.ex. 0/31, compactée et stabilisée mécaniquement

Géotextile non-tissé aiguilleté, p.ex. PES Polifelt TS 40/TS 50 avec résistance à la rupture $N \geq 14$ à 16 kN/m

Projet d'un chemin forestier et du renforcement du fond d'un ravin dans le loess

Chemins forestiers

Une méthode bon marché et rapide de la stabilisation des chemins forestiers est basée sur un système des géogrilles cellulaires. Elle empêche le lessivage et le déplacement latéral du talus par les eaux de pluie et par les eaux phréatiques, sans impact sur l'environnement naturel. Ce système assure une croissance correcte et la protection des racines d'arbres qui alors ne détruisent pas la structure de la route, ni son assise.



Canaux et réservoirs d'eau

Le système de géogrille cellulaire permet d'exploiter pleinement les propriétés uniques des ouvrages hydrauliques. C'est possible grâce, entre autres, au remplissage des cellules avec des matériaux divers, comme la terre, l'agrégat ou le béton, afin d'adapter le type et le poids du remplissage aux conditions hydrauliques, à la construction et aux conditions géotechniques attendues. Les géogrilles cellulaires offrent un nombre de protections flexibles, prévues pour les cours d'eau ouverts et pour les ouvrages hydrauliques. Ce système assure la stabilité et la protection des canaux exposés à l'action des forces d'érosion.

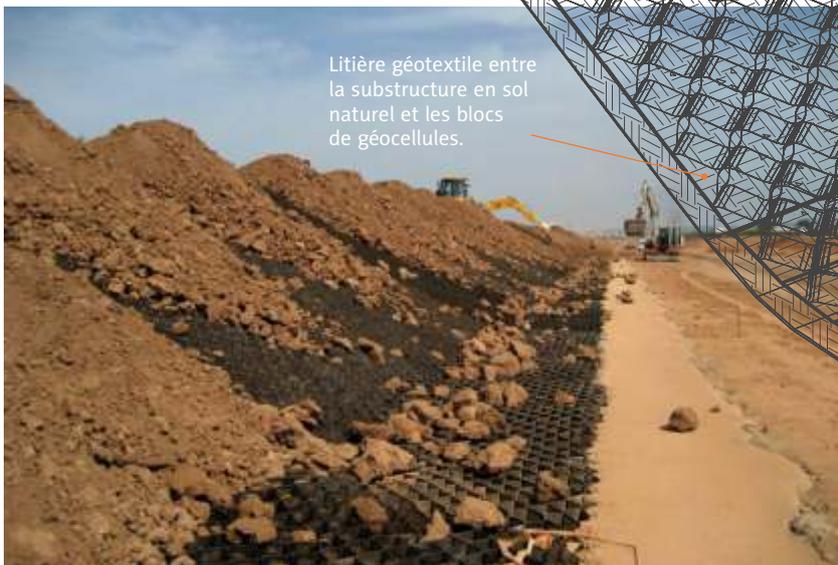
Protections des canaux

L'utilisation du système cellulaire de confinement permet de construire une protection à rugosité et à stabilité définies. Il crée des systèmes de protection à une ou à plusieurs couches qui répondent à un large spectre d'exigences relatives à la construction et à l'hydraulique. Un talus gazonné est parfait sur un terrain où les flux sont ponctuels, dans des vallées boueuses et sur les talus des canaux à la montagne. Le béton est recommandé dans les zones à flux constant ou à une vitesse de flux élevée.

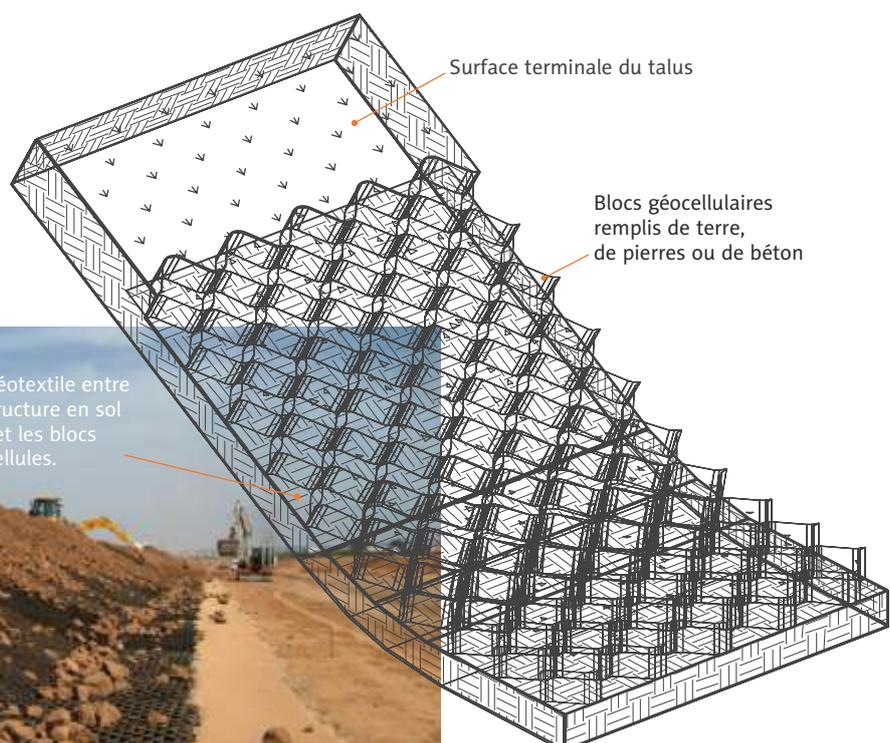
Protections végétales

Le confinement cellulaire augmente considérablement la résistance naturelle car il enveloppe et protège le système racinaire dans la couche végétale. Il intègre et renforce la couche végétale au moment d'un flux d'eau important en dirigeant le flux plutôt au-dessus de cette couche qu'à travers la couche végétale.

UNE PARTIE DU LIT PROTÉGÉ AVEC UN SYSTÈME GÉOCELLULAIRE



Litière géotextile entre la substructure en sol naturel et les blocs de géocellules.



Surface terminale du talus

Blocs géocellulaires remplis de terre, de pierres ou de béton





Protection en béton

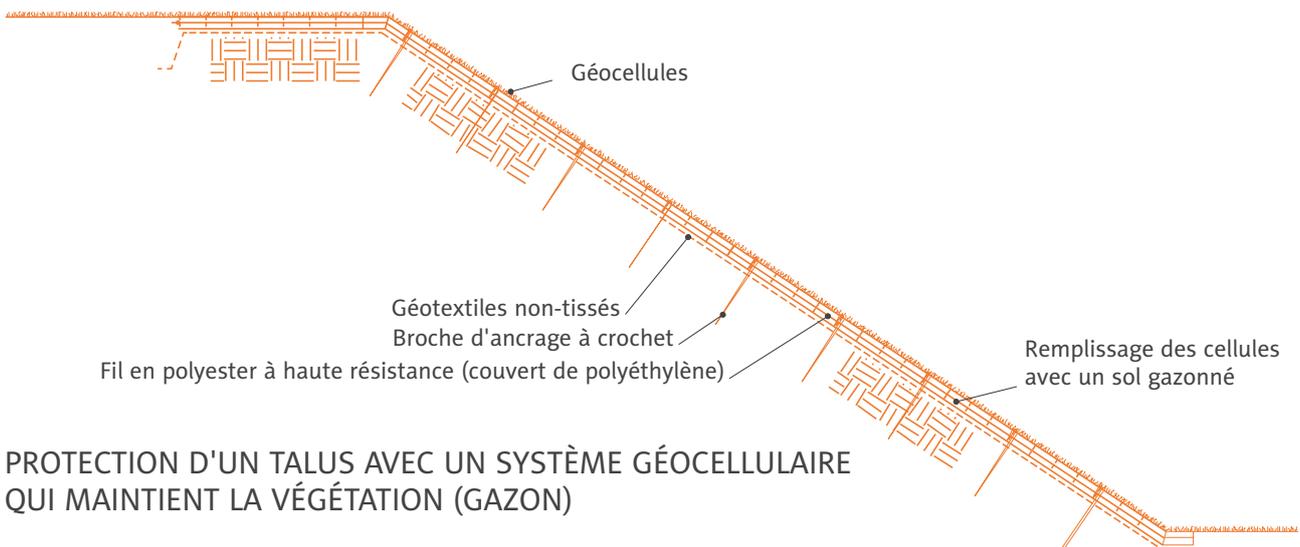
Les géogrilles cellulaires remplies de béton forment un coffrage déformable et agissent comme une série de raccords de dilatation. Un tel système est flexible, contrairement au système rempli d'agrégat qui reste semi-rigide. Les cellules fléchissent et s'adaptent au déplacement du sol, protègent contre les fissures indésirables du béton. Le système cellulaire de confinement est une solution parfaite pour protéger les talus exposés à des forces d'érosion fortes et pour protéger les canaux à flux permanent.

Avantages des géocellules

- ☑ Le système permet de respecter les exigences relatives au drainage sous la surface et au contrôle des déformations potentielles à l'intérieur de la structure.
- ☑ Les projets sont adaptés aux conditions locales spécifiques, en tenant compte de la protection de l'environnement, de l'écologie et de l'esthétique.
- ☑ Il permet de créer un panneau en béton pour armer les canaux.
- ☑ Il maintient les matériaux de remplissage en améliorant leurs propriétés.

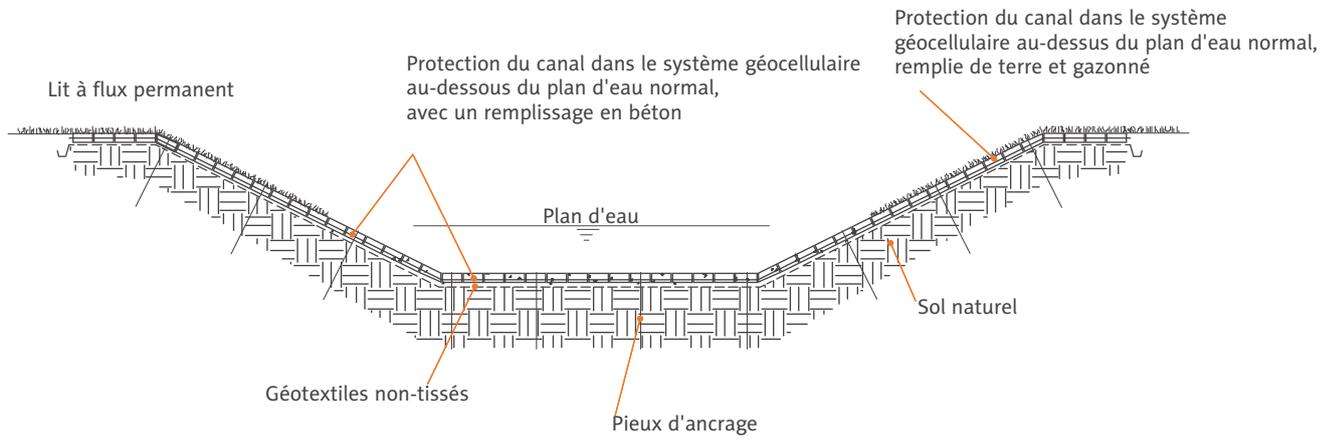
Applications type

- ☑ Émissaires d'eaux d'orage et réservoirs de régularisation
- ☑ Canaux des eaux technologiques
- ☑ Canaux de dessèchement
- ☑ Canaux à flux périodique ou permanente
- ☑ Digues insubmersibles
- ☑ Bassins de rétention des eaux d'orage
- ☑ Réservoirs pompier
- ☑ Canaux à proximité des installations sportives

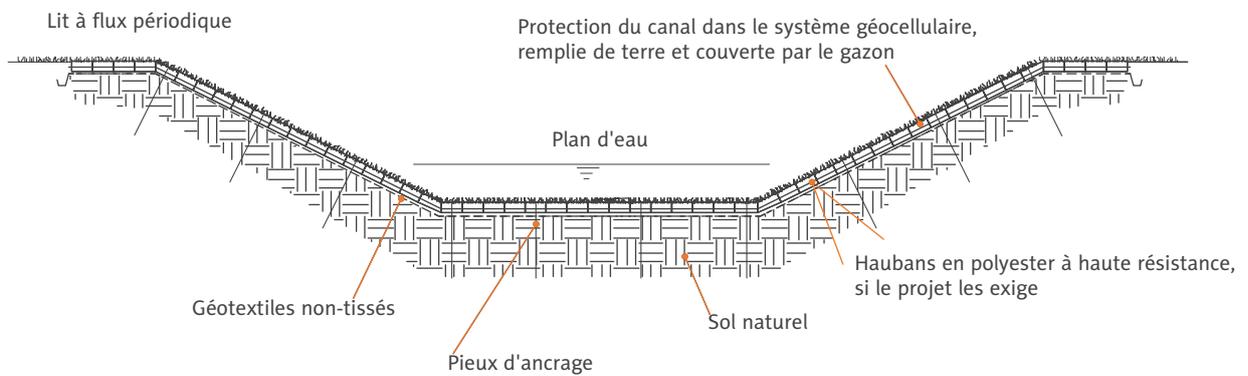


PROTECTION D'UN TALUS AVEC UN SYSTÈME GÉOCELLULAIRE QUI MAINTIENT LA VÉGÉTATION (GAZON)

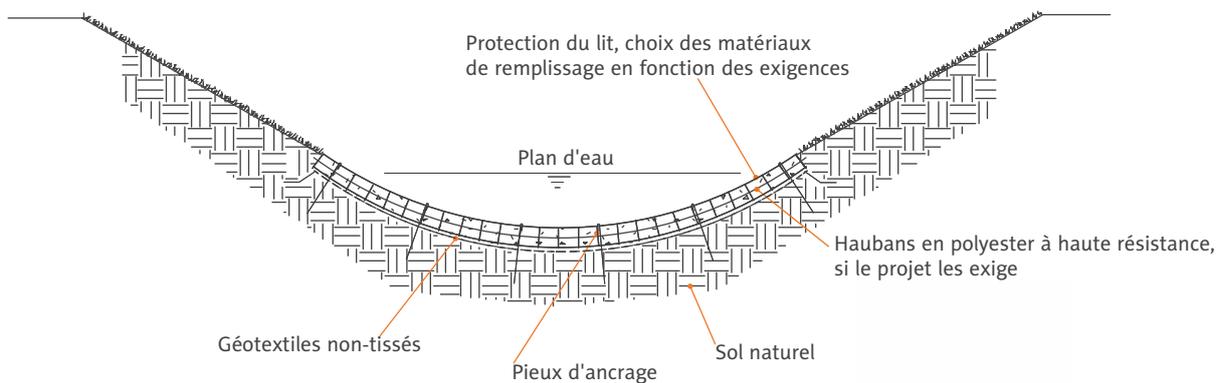




PROTECTION DU LIT EN BÉTON AVEC LE SYSTÈME GÉOCELLULAIRE



PROTECTION BIOLOGIQUE DU LIT AVEC LE SYSTÈME GÉOCELLULAIRE



PROTECTION D'UN FOSSÉ (LIT)





Protection contre l'érosion superficielle

Dans le cas couvertures plates à couche unique, sur les talus et sur les versants, le sol qui remplit les cellules est maintenu par les parois des cellules qui forment des séries de mini-barrières. Celles-ci protègent le remplissage contre le glissement grâce à l'augmentation de la résistance au lavage, tout en assurant des conditions favorables à la croissance et au maintien des végétaux. Ainsi, on obtient des couvertures résistantes et durables, même sur des talus et des versants abrupts.

Les ouvrages en terre armée (murs de soutènement) construits avec notre technologie remplissent les mêmes fonctions que d'autres ouvrages de soutènement traditionnels, mais le coût est sensiblement réduit par rapport aux solutions traditionnelles. En même temps, toutes les exigences géotechniques sont respectées et la durée de l'installation est relativement courte.

Talus couverts de végétation

Les blocs des géogrilles cellulaires enferment et renforcent une couche végétale. Les cellules augmentent la résistance naturelle des plantes contre l'érosion et protègent les racines contre le glissement des particules du sol. Ce système fonctionne particulièrement bien sur des talus abrupts et dans les zones à flux faibles ou modérés.

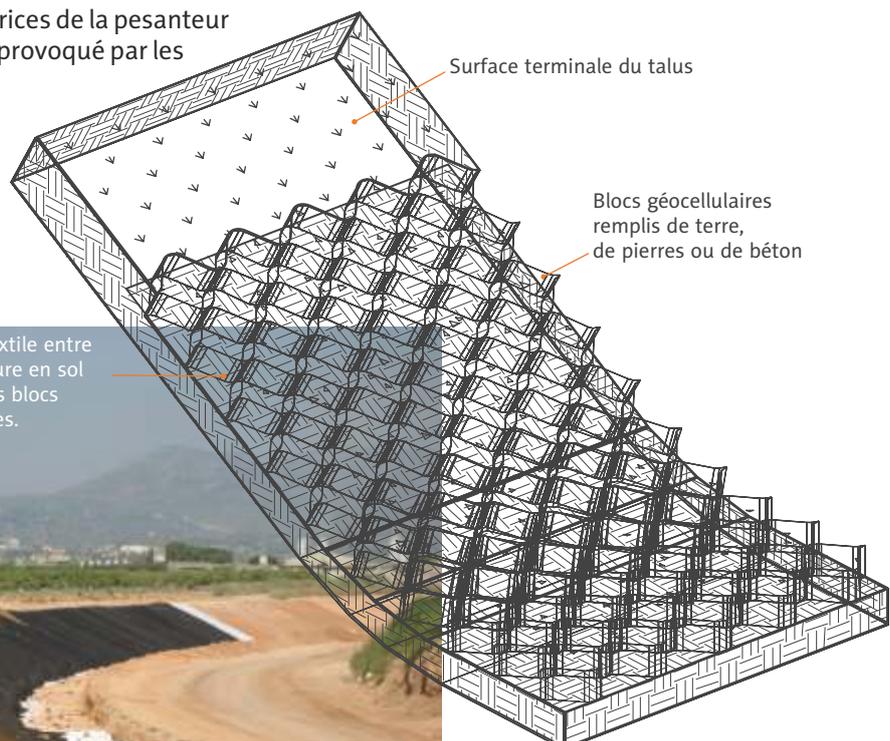
Talus sans végétation

Les blocs de géogrilles cellulaires améliorent la résistance des matériaux granulaires à l'érosion. L'énergie hydraulique est dispersée et les particules individuelles du sol ne se déplacent pas vers le bas du talus car elles sont protégées contre les forces destructrices de la pesanteur et contre l'entraînement vers le bas provoqué par les flux hydrauliques.

UNE PARTIE DU LIT PROTÉGÉ AVEC UN SYSTÈME GÉOCELLULAIRE

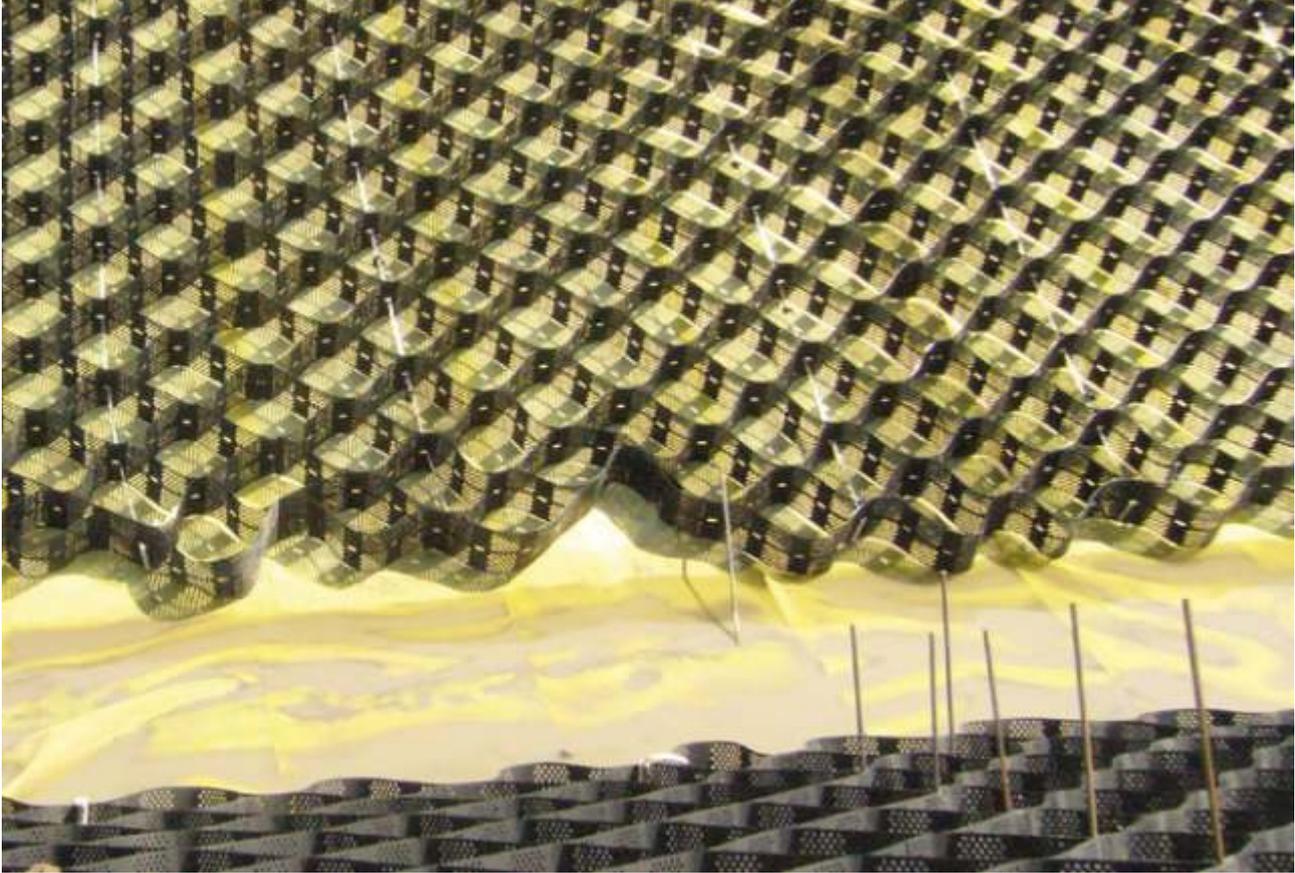


Litière géotextile entre la substructure en sol naturel et les blocs de géocellules.



Surface terminale du talus

Blocs géocellulaires remplis de terre, de pierres ou de béton



Talus armés avec du béton

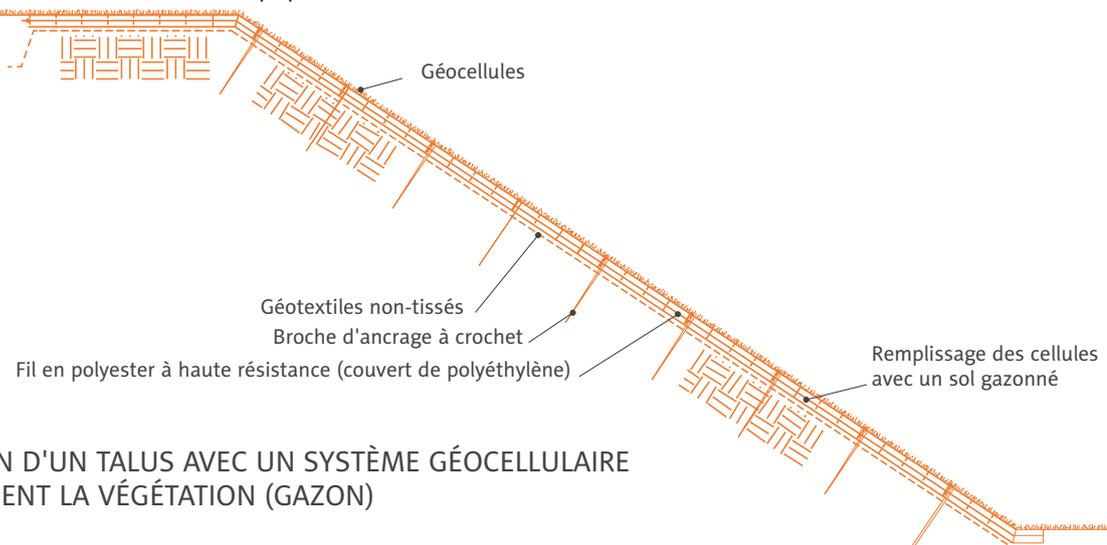
Les blocs de géogrilles cellulaires éliminent la nécessité d'utiliser des éléments de construction coûteux et complexes qui nécessitent une longue installation. Les géocellules remplies de béton fonctionnent comme un coffrage et comme un système de dilatation continu. Les géocellules fléchissent et s'adaptent au déplacement du sol en réduisant les fissures.

Géogrillages cellulaires à grandes cellules

Les blocs de géogrilles cellulaires à grandes cellules entourent et protègent les racines de la couche végétale. Les arbustes et les petits arbres peuvent être facilement plantés à l'intérieur des cellules. Les grandes cellules sont parfaites sur les talus couverts de végétation à pente modérée et à flux hydraulique minimal.

Avantages des géocellules

- ☑ Les cellules remplies de béton forment un matelas de béton flexible avec une structure de dilatation incorporée.
- ☑ Elles protègent efficacement les versants et maintiennent la structure remplie de matériaux granulaires (sable, gravier, d'autres matériaux de construction).
- ☑ Rapidité du renforcement du talus et la durabilité de la construction.
- ☑ Réduction de l'utilisation des équipements lourds.



PROTECTION D'UN TALUS AVEC UN SYSTÈME GÉOCELLULAIRE QUI MAINTIENT LA VÉGÉTATION (GAZON)



Utilisations type

- ☑ Bords et versants abrupts
- ☑ Protection des talus sur les culées des ponts et des tunnels
- ☑ Protection des versants, couverture des dépôts de déchets
- ☑ Protection des géomembranes
- ☑ Murs de soutènement sur les berges
- ☑ Dignes anti-érosion
- ☑ Talus d'autoroutes

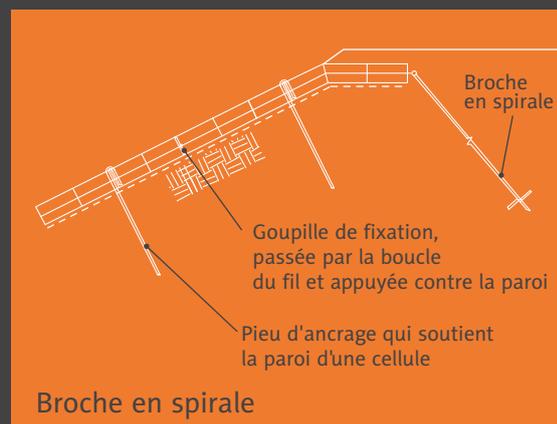
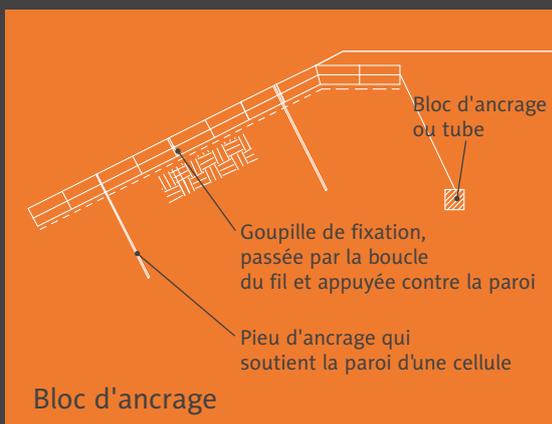
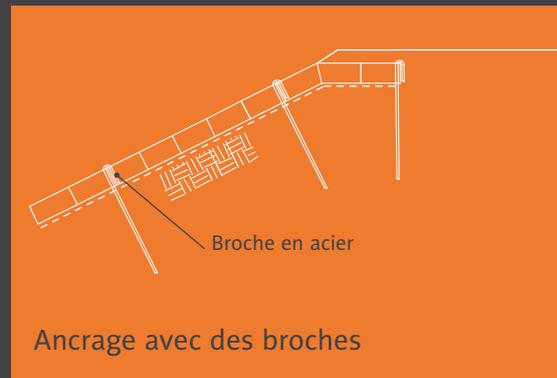
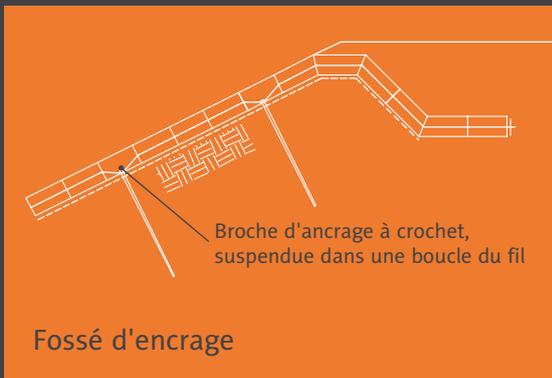
Avant



Après



EXEMPLES D'ANCRAGE D'UN BLOC GÉOCELLULAIRE SUR LA CRÊTE DU TALUS





Murs de soutènement

Les géogrilles cellulaires, posées en plusieurs couches, souvent avec d'autres géosynthétiques, comme les géotextiles en non-tissé aiguilleté, forment une construction de soutènement durable en respectant toutes les exigences structurelles du projet.

Les ouvrages de soutènement en géogrilles cellulaires offrent une esthétique attendue et des bénéfices pour l'environnement sous forme des surfaces frontales escarpées qui sont couvertes d'une couche de végétaux. Leur stabilité correspond à celle des murs de soutènement traditionnels.

Il s'agit de solutions économiques qui sont beaucoup moins chères que les solutions conventionnelles et qui ne nécessitent pas de fondations profondes.

Grâce aux géogrilles, les constructions sveltes s'adaptent avec flexibilité aux besoins du secteur de bâtiment. Elles peuvent faire face aux défis de la compressibilité du sol ou de la difficulté à accéder à la zone de travaux.

Murs de soutènement

L'utilisation du système cellulaire de confinement dans les constructions multicouches permet de construire des murs conformes aux exigences utilitaires. Les méthodes de stabilité classiques peuvent être utilisées dans ce système. Il y a des logiciels qui traitent un large éventail des paramètres du sol, du remblai et des charges exercées sur la partie extérieure. La finition extérieure (le parement) de la surface des murs peut être faite avec des éléments qui ne font pas partie de la construction elle-même ou profiter des caractéristiques naturelles du sol et les végétaliser. Le recours aux techniques de construction simples et efficaces permet d'utiliser ce système de confinement à des endroits éloignés et difficilement accessibles.

Murs de soutènement lourds

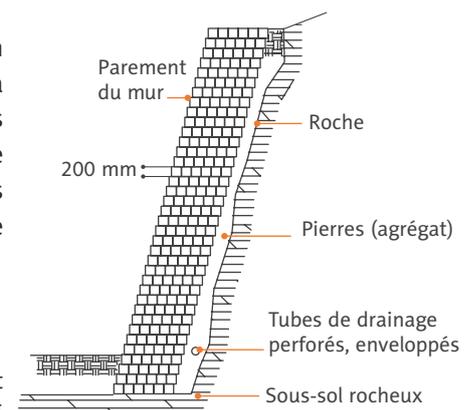
Les blocs du système cellulaire de confinement retiennent et renforcent le remblai granulaire qui forme le corps de l'ouvrage. Celui-ci transfère la pousse latérale du sol et il constitue une construction porteuse grâce aux forces de frottement importantes entre les couches. Les déformations du sol possibles ne mènent pas à la perte de la capacité de charge de la construction. Les géogrilles cellulaires peuvent soutenir les finitions des surfaces de parement qui ne font pas partie de la construction porteuse ou elles peuvent être couvertes d'une couche végétale naturelle.

Murs de soutènement en composites

Le confinement cellulaire dans un système de géogrilles élimine le besoin d'utiliser des panneaux de parement chers qui font partie de la construction. Ce système forme des surfaces de parement des murs totalement découvertes. Ces surfaces peuvent être raccordées à la partie supérieure avec divers systèmes d'ancrage. Les cellules extérieures peuvent être remplies de terre pour maintenir une couche végétale naturelle.

Protection des roches – Mur de parement (façade)

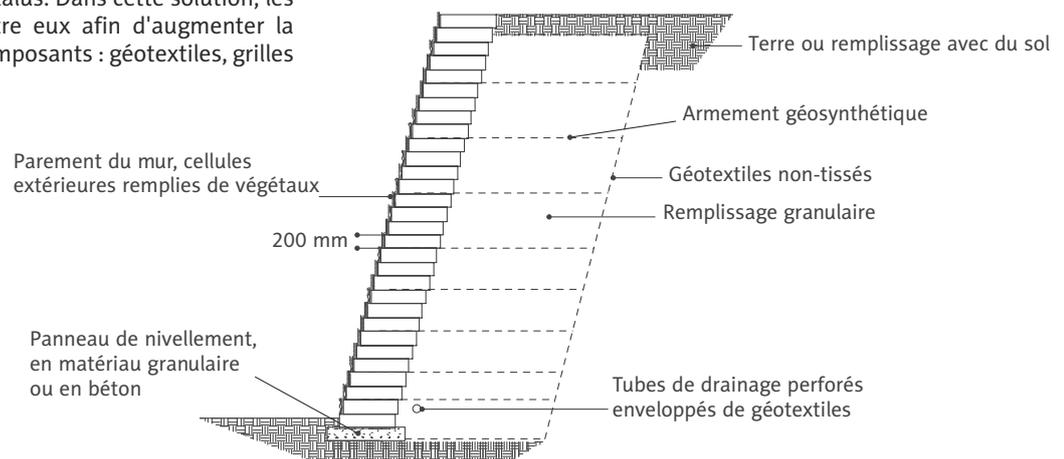
Surfaces escarpées – mur de parement (façade). Les géogrilles cellulaires sont posées en plusieurs couches et elles ne nécessitent pas de renforcements supplémentaires là où la structure stable du terrain nécessite juste une simple protection de la surface.





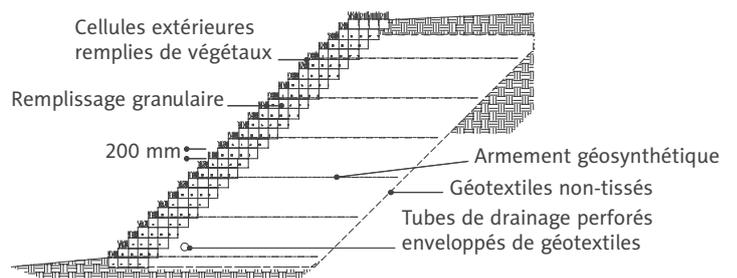
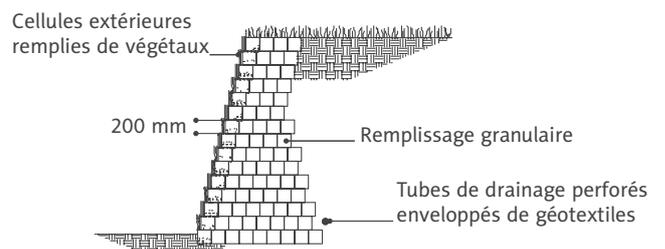
Mur de géocomposites

Murs de soutènement à structure complexe de la construction – mur de géocomposites. Cet ouvrage est construit sur base de matériaux géocomposites avec un renforcement supplémentaire de la surface des talus. Dans cette solution, les différents éléments sont liés entre eux afin d'augmenter la stabilité de la construction. Les composants : géotextiles, grilles plates, ancrages, etc.



Mur gravitationnel

Une construction de soutènement qui freine l'action de la gravitation universelle – mur gravitationnel. Ce système fonctionne bien dans les endroits où il est impossible d'utiliser la terre à cause de la surface disponible très limitée. Les différentes couches de la construction sont conçues de façon à retenir la force de la gravitation universelle. Cette structure freine l'appui latéral et garde son intégralité même sur un sol déformé.



PROTECTION D'UN TALUS – MUR DE PAREMENT



Avantages des géocellules

- ☑ Elles gardent la stabilité de leur structure par rapport aux charges extérieures.
- ☑ Elles sont facilement adaptables aux nombreuses exigences du projet et à la configuration du terrain.
- ☑ Elles ne sont pas soumises à la corrosion, ni à la destruction auxquelles sont exposés le béton, l'acier et les systèmes basés sur les constructions en bois ou en fil de métal.
- ☑ L'utilisation de l'agrégat permet de réduire les forces hydrostatiques.
- ☑ Elles facilitent de la construction et du transport vers des sites difficilement accessibles ou éloignés.
- ☑ Les géocellules peuvent être installées dans des canaux à courant rapide – le système peut être rempli d'agrégat grossier ou de mortier de ciment.
- ☑ Cette solution est esthétique et avantageuse pour l'environnement naturel car la végétation peut se développer de manière uniforme sur toute la surface du mur.

Utilisation types

La structure de l'ouvrage à plusieurs niveaux peut être utilisée pour construire plusieurs types de murs.

- ☑ Protection de la couche de parement sur des surfaces escarpées.
- ☑ Murs de soutènement à structure complexe de la construction avec un renforcement géosynthétique supplémentaire de la surface des talus.
- ☑ Murs résistants à l'action de la gravitation universelle, construits dans les endroits où il est impossible d'utiliser de grandes surfaces du terrain.
- ☑ Construction multicouche de la protection des canaux.
- ☑ Murs en terre des aménagements paysagistes.
- ☑ Murs couverts de végétation.
- ☑ Rivages abrupts et digues insubmersibles.
- ☑ Protection des réservoirs de régularisation, barrages, digues.
- ☑ Murs de front des dalots.
- ☑ Parements végétalisés des canaux.
- ☑ Écrans acoustiques en terre.

Avantages pour l'environnement

Les couches qui se recouvrent créent des terrasses horizontales. Celles-ci constituent un environnement naturel pour des plantes spécialement sélectionnées. L'eau de pluie tombe alors sur les terrasses végétalisées en évitant le lavage du terrain. Le système imperméable des murs de soutènement contrôle l'évaporation des eaux phréatiques et cet ensemble crée un environnement favorable au développement des plantes. Grâce à sa construction verticale, le système empêche la dégradation du terrain et réduit l'exploitation excessive du terrain.

Choix du mur

Les ouvrages de soutènement offrent un nombre de solutions relatives à la construction des murs tout en respectant les exigences du projet. La décision de construire un mur dépend du sol naturel, de la place disponible, de la possibilité de livrer les matériaux de remplissage, le budget et l'aspect esthétique de l'ouvrage terminé.

Avantages

Ce système est déjà fréquemment utilisé pour construire les soutènements pour renforcer les remblais. Les matériaux de remplissage, l'eau phréatique et tous les autres paramètres relatifs aux charges exercées peuvent être soumis aux méthodes d'analyse de la stabilité classiques. Le recours aux techniques de construction simples et efficaces permet d'utiliser ce système de confinement à des endroits éloignés et difficilement accessibles.

Protection multicouche des canaux

Les blocs de géogrille qui couvrent les berges des canaux se remplissent de plantes et forment une surface naturelle qui assure la stabilité et la protection des canaux exposés à l'érosion par l'eau. La structure multicouche résiste à l'affaissement irrégulier du terrain, elle ne se désintègre pas et retient une surface escarpée sans avoir besoin d'un large espace.

Dans les endroits exposés aux courants forts des rivières, les blocs de géogrilles peuvent être protégés avec la fibre de coco afin d'éviter le lavage de la terre pendant le développement des plantes. Il est également possible de remplir les géogrilles d'agrégat grossier ou de mortier de ciment.

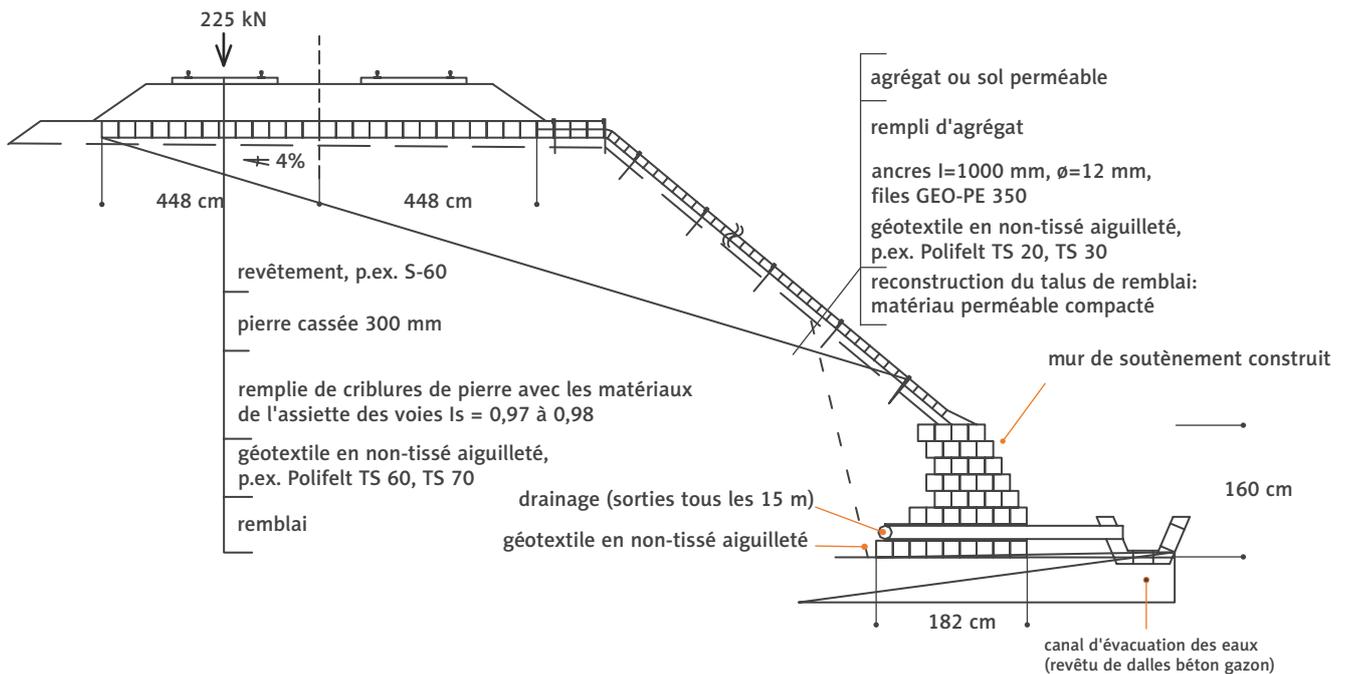




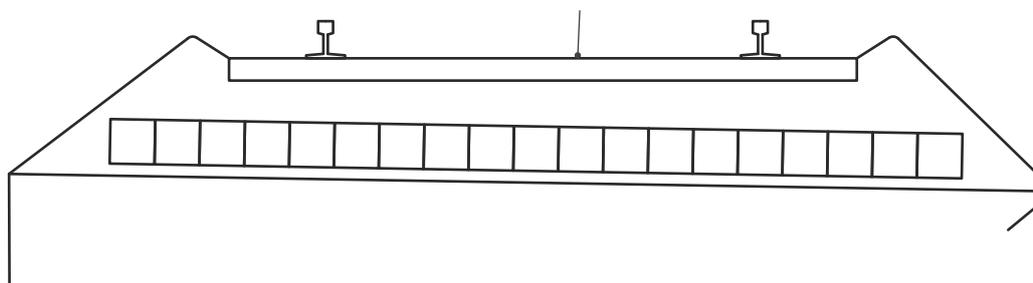
Quelque soit le phénomène constaté, toutes les opérations doivent mener à des interventions techniques qui élimineraient les effets et les causes de la détérioration de la stabilité du terrain. L'utilisation des géogrilles cellulaires permet de réduire sensiblement le temps et le coût des travaux par rapport aux solutions traditionnelles. Cet aspect a déjà été souligné dans les chapitres précédents, mais en cas d'urgence il est très important.

Dans le secteur ferroviaire, le système de géogrilles cellulaires est utilisé depuis 1984 dans de nombreux pays, comme l'Angleterre, les États-Unis, le Canada, le Japon, l'Afrique du Sud ou l'Espagne. Les travaux de recherche et les essais sur le terrain aux États-Unis et au Japon ont confirmé l'utilité de ce système pour les chemins de fer caractérisés par une importante charge par essieu et à grande vitesse. essieu et à grande vitesse.

Les sols compressibles à faible résistance, ainsi que les remblais ferroviaires et l'assiette des voies dégradés posent de grands problèmes et provoquent des difficultés dans la maintenance du trafic ferroviaire. En général, il faut réduire la vitesse de circulation. Dans des cas extrêmes, la fermeture de certaines voies ferrées s'impose. Le danger vient aussi des talus instables dans les excavations traversées par les voies ferrées, des pentes exposées à l'érosion et des éboulements dans l'enceinte des voies. Au final, tous ces phénomènes génèrent des pertes économiques importantes.



Stabilisation de la plate-forme de la voie ferrée

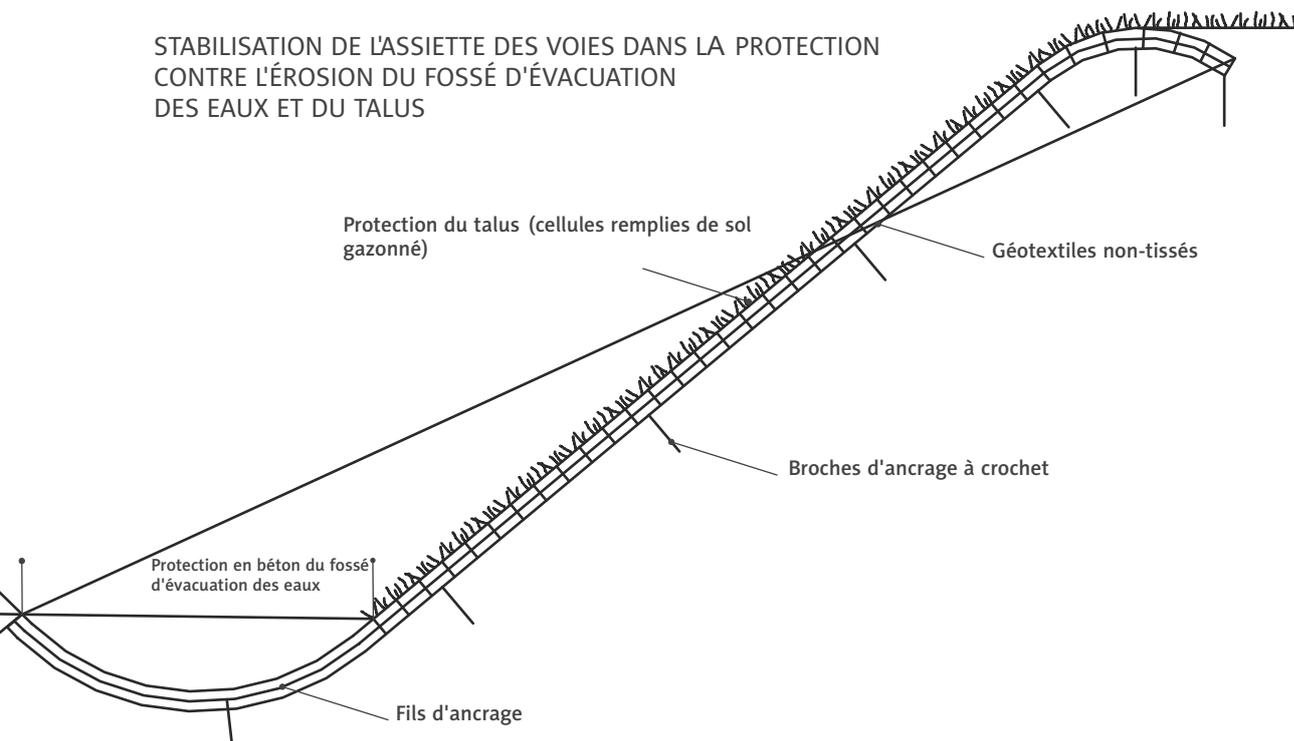


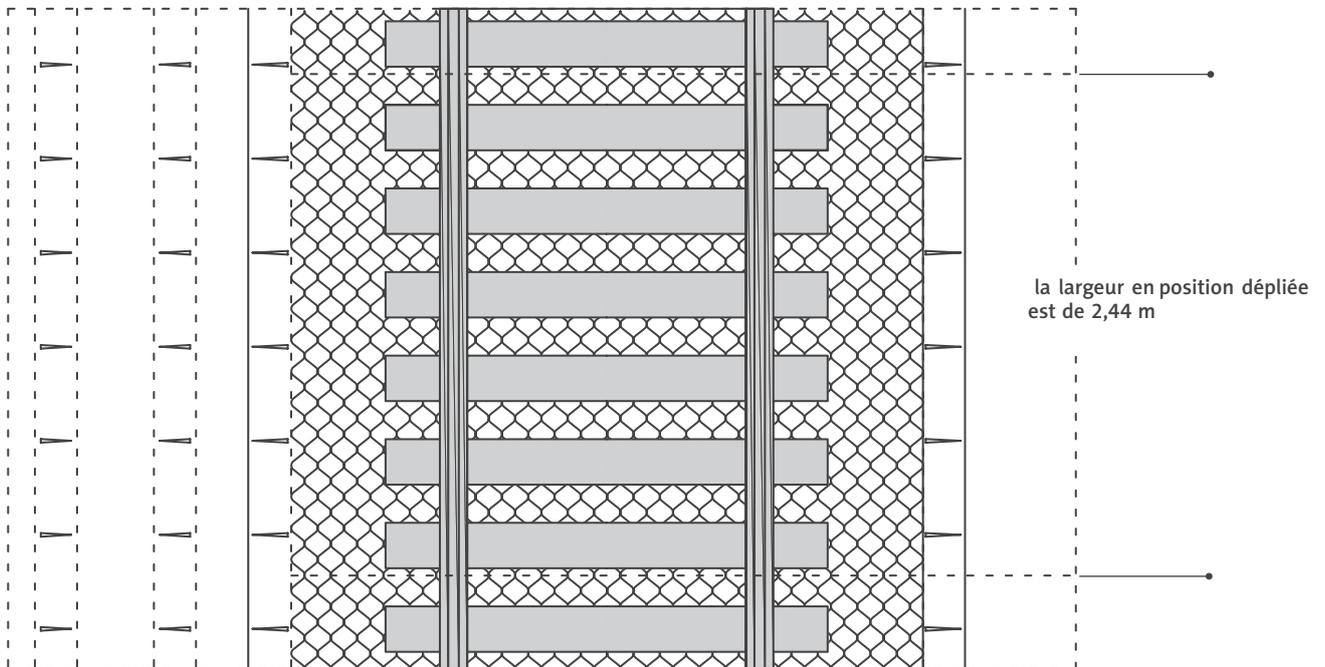
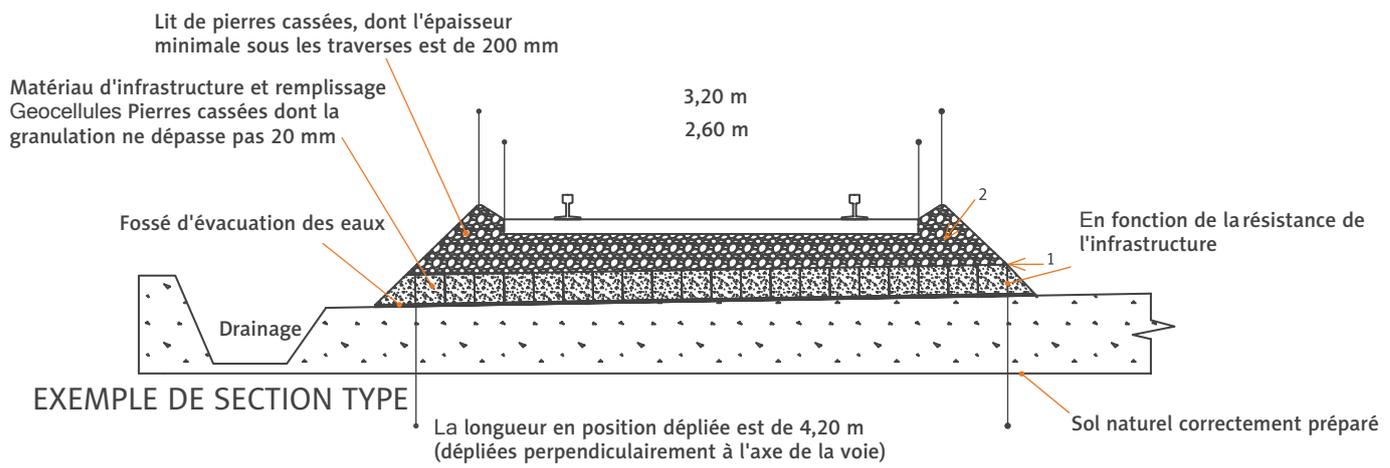
La technologie basée sur le Système Cellulaire permet de résoudre les problèmes techniques et économiques suivants:

- ☑ stabiliser les et renforcer l'assiette des voies sur des sols meubles et souples (important en cas d'utilisation des traverses et des traverses d'aiguille en béton prétendu et des longs rails soudés)
- ☑ construire des passages à niveaux stables et durables
- ☑ éliminer les endroits délavés
- ☑ réutiliser les pierres cassées pendant la rénovation des voies
- ☑ limiter le remplacement profond du sol
- ☑ limiter la propagation des oscillations et des vibrations, verticales et horizontales, de l'assise des voies (protection des bâtiments historiques classés)
- ☑ prévenir l'apparition des courants vagabonds, augmenter la durée de vie des rails et des appareils de voies
- ☑ construire des raccords durables et stables dans les endroits où l'assiette des voies passe par les ponts ou les viaducs
- ☑ utiliser des revêtements quelconques au long et à l'intérieur de l'assiette des voies, favorables à l'environnement, conformément aux exigences relatives à l'esthétique du paysage
- ☑ réparer ou moderniser rapidement les croisements / les passages à niveau sur des sols faibles
- ☑ réparer ou moderniser beaucoup plus rapidement, souvent en rendant possible l'exploitation de la voie voisine
- ☑ stabiliser et sécuriser les talus et les pentes des excavations et des remblais contre l'érosion
- ☑ construire les remblais sur des sols à faible résistance
- ☑ construire des murs de soutènement ou des barrières acoustiques en terre

L'expérience acquise dans la résolution des problèmes géotechniques liés à la réparation, à la modernisation et à la construction des voies ferrées a confirmé la possibilité, ainsi que le bien-fondé technique et économique de l'utilisation des systèmes de confinement géocellulaires dans certaines applications types.

STABILISATION DE L'ASSIETTE DES VOIES DANS LA PROTECTION CONTRE L'ÉROSION DU FOSSÉ D'ÉVACUATION DES EAUX ET DU TALUS





Vue d'en haut

STABILISATION DE L'ASSIETTE DES VOIES



Installation de l'assiette des voies à Ptazskowa

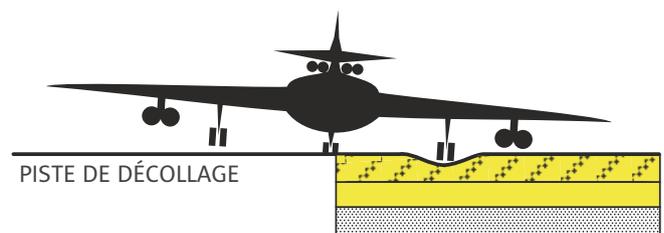
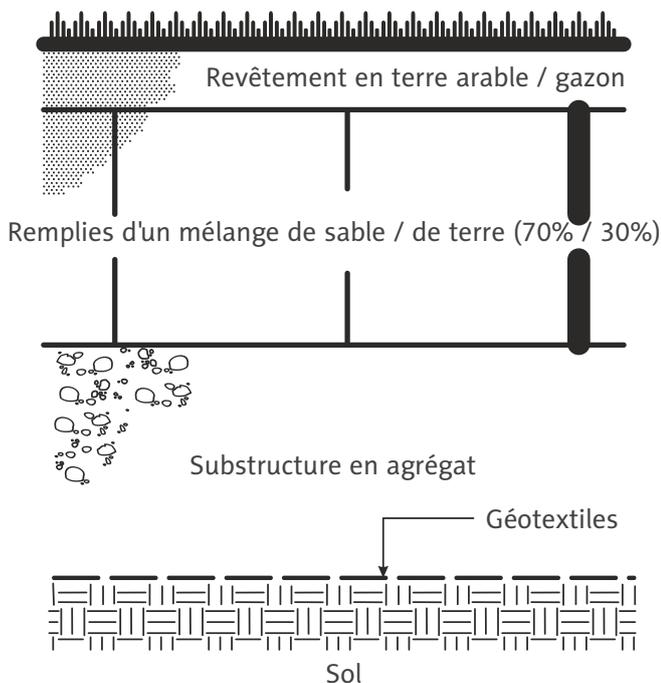


Les géogrilles cellulaires dans la construction des aéroports et de l'infrastructure d'aviation civile et militaire

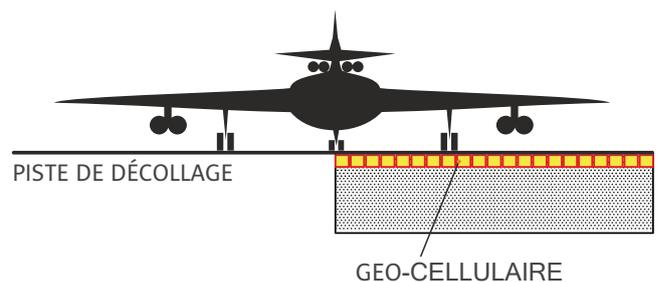
Plus de 25 ans d'utilisation pratique ont démontré que les Geo-cellulaires constituent une solution technique et économique alternative et justifiée, notamment en présence des sols faibles ou peu stables lors de la construction, entre autres, des ouvrages suivants :

- ☑ pistes de décollage (substructure des revêtements conventionnels ou directement sous forme de revêtements gazonnés ou en terre)
- ☑ bordures des pistes de décollage
- ☑ plateformes de dégivrage des avions
- ☑ aires de stationnement des avions
- ☑ digues de protection des aérodromes
- ☑ réservoirs d'eaux usées après le lavage des revêtements d'aéroports
- ☑ substructure et cuves de sécurité pour les réservoirs de carburants
- ☑ kits de réparation des aéroports bombardés (angl. ADR)
- ☑ dépôts de camp pour les munitions et les carburants, protections des postes de tir
- ☑ substructures et plateformes en terre pour des dispositifs spéciaux (p.ex. constructions autonomes en terre armée pour l'installation des radars)

Les schémas présentent des sections indicatives types pour les pistes de décollage avec le revêtement en gazon ou en terre, ainsi que les bordures des pistes de décollage.



SOLS FAIBLES DES BORDURES DE LA PISTE



BORDURE RENFORCÉE PAR LE SYSTÈME CELLULAIRE



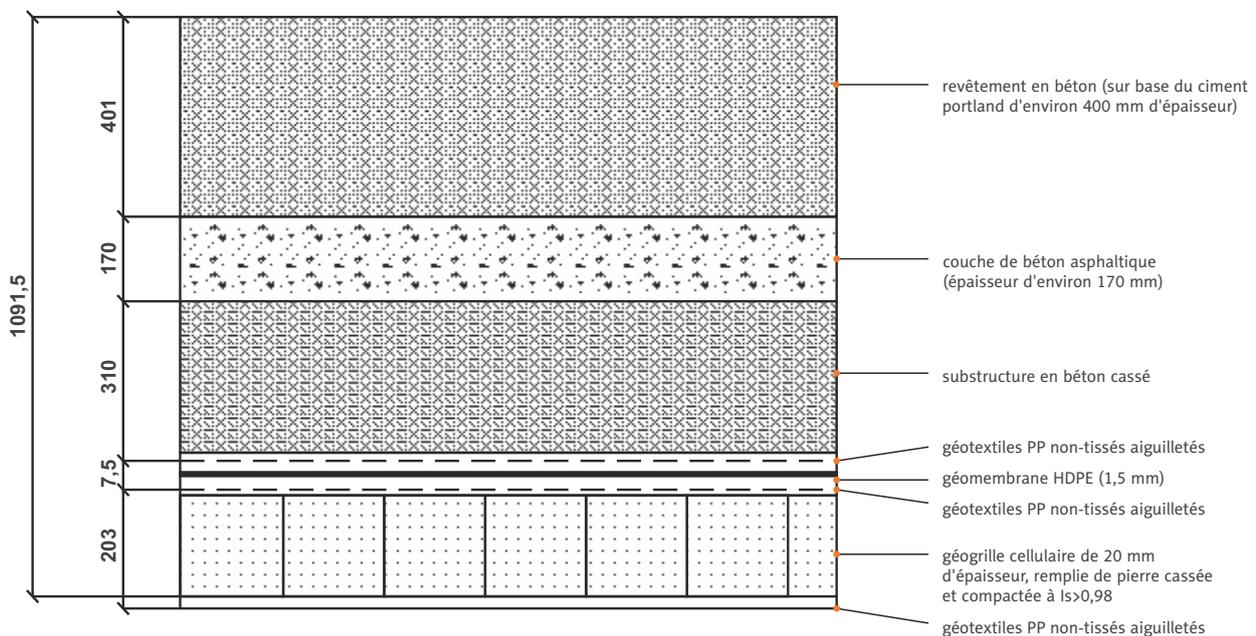
Plateformes de dégivrage des avions – un problème de génie civil et de protection de l'environnement

Dans le programme de modernisation et de construction des aéroports en Pologne (Varsovie, Gdansk, Poznan), la construction des plateformes de dégivrage des avions fait partie des éléments d'infrastructure des aéroports exigés pour une classe d'aéroport donné dans les conditions climatiques données.

Les recherches menées par FAA (Federal Aviation Administration) aux États-Unis ont démontré qu'une fine couche de 0,4 mm de glace sur ailes de l'avion suffit pour réduire la capacité de vol en montée de 12 à 24%. Pour des raisons de sécurité, le décollage de tout avion givré est interdit.

Mis à part les facteurs de la sécurité du trafic aérien, il est également important de protéger le sol et les eaux contre la dégradation de l'environnement provoquée par les pollutions.

Il s'agit d'un problème considérable car les surfaces de telles plateformes dans les aéroports internationaux peuvent occuper de 6 à 12 hectares (ce qui correspond à environ 7 à 11 terrains de football)



Exemple de section d'une plateforme de dégivrage des avions

Le plus souvent, le dégivrage des avions est effectué à l'aide des liquides, à savoir d'un mélange du l'éthylène glycol (60%) et de l'eau (40%) ou du propylène glycol dont le point de congélation est plus bas. Le fait de couvrir un avion d'une couche de ce produit permet de le protéger contre le givrage pendant environ 70 minutes. En cas d'une humidité d'air élevée, dans certaines conditions hivernales, il faut 700 à 4 500 litres de ces liquides, voire parfois 18 000 litres dans les conditions les plus difficiles. Une partie coule sur l'aire de stationnement et le reste s'enlève de l'avion pendant le décollage. En cas de décollage retardé, le dégivrage doit être répété. Les liquides utilisés pour le dégivrage sont toxiques. Ils ne doivent pas rester sur l'aire de stationnement ou de trafic et elles constituent une charge pour le système d'évacuation des eaux de pluie.

La complexité du problème réside dans le fait que les plateformes de dégivrage doivent disposer d'un système de drainage adapté qui régénère et épure les eaux usées, qui isole le sol des pollutions. L'infrastructure d'une telle plateforme doit protéger l'ouvrage entier construction contre un affaissement irrégulier. Dans le cas des sols faibles, compressibles et hétérogènes, il faut remplacer le sol sur une profondeur importante. Compte tenu de la superficie d'une plateforme qui doit desservir plusieurs avions, il s'agit d'une dépense financière importante.

