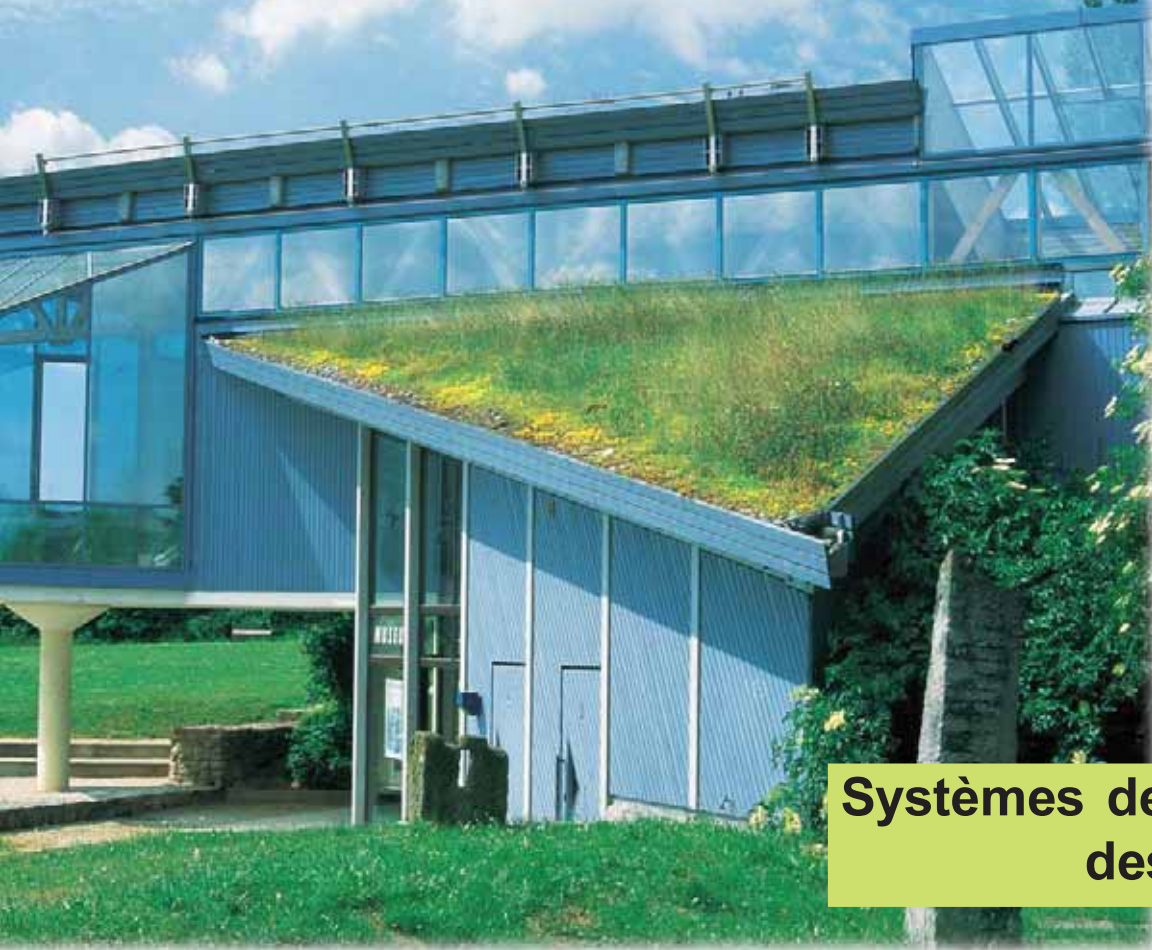


Guide d'aide à la conception



Systèmes de végétalisation des toits en pente



Ingénierie et systèmes de végétalisation de toiture

Pour réussir une végétalisation pérenne sur les

– Que faut-il prendre en compte ?

Qu'appelle-t-on une toiture en pente ?

Bien que les toits plats présentent une pente de 1,5% pour être conforme à la norme SIA, on étudie dans ce guide technique les toits qui ont une pente supérieure à 10°.

En effet, à partir de cette pente, la mise en œuvre des systèmes de végétalisation est différente des toitures plates et de faibles pentes.

D'une part, il faut contenir les forces de poussée provenant du système de végétalisation par l'installation d'appuis fixes. Ces forces augmentent avec la pente. D'autre part, il faut protéger la couche de substrat de l'érosion. Le choix des végétaux et le mode de mise en œuvre doivent être adaptés à la pente de la toiture et à son exposition.

Une étanchéité anti-racines est indispensable

Une étanchéité anti-racines appropriée, par exemple en membrane bitumineuse ou en membrane synthétique, est indispensable pour qu'une toiture végétalisée



fonctionne durablement.

Une étanchéité anti-racines est indispensable car sur les toits en pente des lés anti-racines supplémentaires peuvent être posés que avec de gros efforts.

Dès la conception du projet, il est important d'évaluer les besoins de maintenance. Les ouvertures sur le toit, comme les lucarnes, peuvent servir d'accès pour effectuer l'entretien.

Comme pour toute toiture inaccessible la sécurité du personnel doit être assurée vis à vis des chutes en hauteur !

Autour des émergences et en bord de rive, les relevés d'étanchéité doivent être conformes aux normes.

En rive et en périphérie, la végétalisation peut être bordée par des profils « TRP » en acier inoxydable. Pour les fortes pentes et/ou si la longueur du rampant



induit des poussées importantes, prévoir le long de la gouttière des crochets d'arrimage supplémentaires.

Sur les toitures en faible pente, la végétalisation est compatible avec



l'utilisation de l'énergie solaire. Une étude préalable permettra de déterminer le mode de fixation des appareils solaires sans percer l'étanchéité.



Cette toiture, avec une pente d'environ 10 %, drainée à la noue par un caniveau ne nécessite pas de mesures particulières.



Sur ce toit à pente unique, un dispositif anti-poussée a été installé à 50 cm de la rive. Les eaux excédentaires s'écoulent dans une gouttière pendante.



Sur ce toit en pente de 58 %, une traverse supplémentaire fixée mécaniquement sur le support évite de reporter tous les efforts de poussée sur le bord de rive stabilisé.

Arrosage complémentaire

Un arrosage en période sèche assure un bel aspect à la végétation et prolonge la floraison. L'arrosage peut être réalisé par goutte-à-goutte au niveau du faîtage ou par aspersion.



toitures en pente

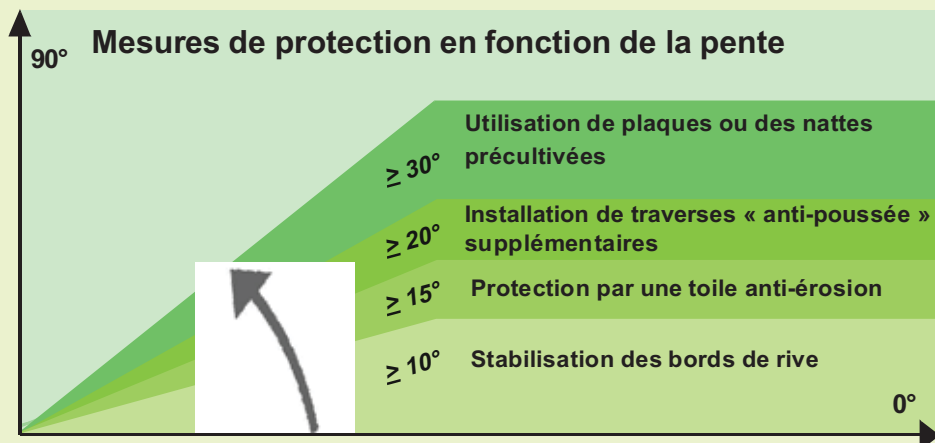


Pour dimensionner les bords de rive ou les dispositifs « anti-poussée », il faut non seulement tenir compte du poids de la végétation à saturation d'eau, d'une charge forfaitaire de 15 daN/m² mais également de la charge climatique.

Pente : Degré	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Poucentage	15%	30%	45%	60%	80%	100%		
Systèmes de végétalisation pour toitures plates (Voir Guide d'aide à la conception « Végétalisation extensive »)	→			→		→		→
Système de végétalisation pour toitures en pente (voir page 4)								→
Système de végétalisation pour toitures à forte pente (voir page 8)								→
Solutions particulières avec les conseils de nos ingénieurs								→

La force de poussée

La figure ci-contre explique les mesures complémentaires qui deviennent nécessaires en fonction de la pente pour la tenue du complexe de végétalisation. En plus des mesures relatives aux toitures plates, il est important de prévenir tout glissement des différents constituants du complexe isolation-étanchéité.



Végétalisation extensive : Le système

TOIT EN PENTE avec Floratec FS 75



- L'entretien réduit du système TOIT EN PENTE avec Floratec FS 75 a été confirmé pour des milliers de m², sur une étanchéité anti-racines installée avec des pentes de 8° à 25°.
- Les éléments FLORASET posés sur toute la surface garantissent une bonne tenue du substrat et empêchent son glissement.
- Les éléments reprennent les forces de poussée du complexe de végétalisation et les dirigent vers les costières de rive ou bien vers des traverses anti-poussée supplémentaires qui doivent faire l'objet d'un calcul statique.
- Pour les pentes > 25% et surtout pour les zones exposées à des vents forts, l'érosion est limitée par la toile de jute JEG à grosses mailles.
- Le système TOIT EN PENTE résiste « aux flammèches et aux radiations », et constitue une « couverture rigide ininflammable ».

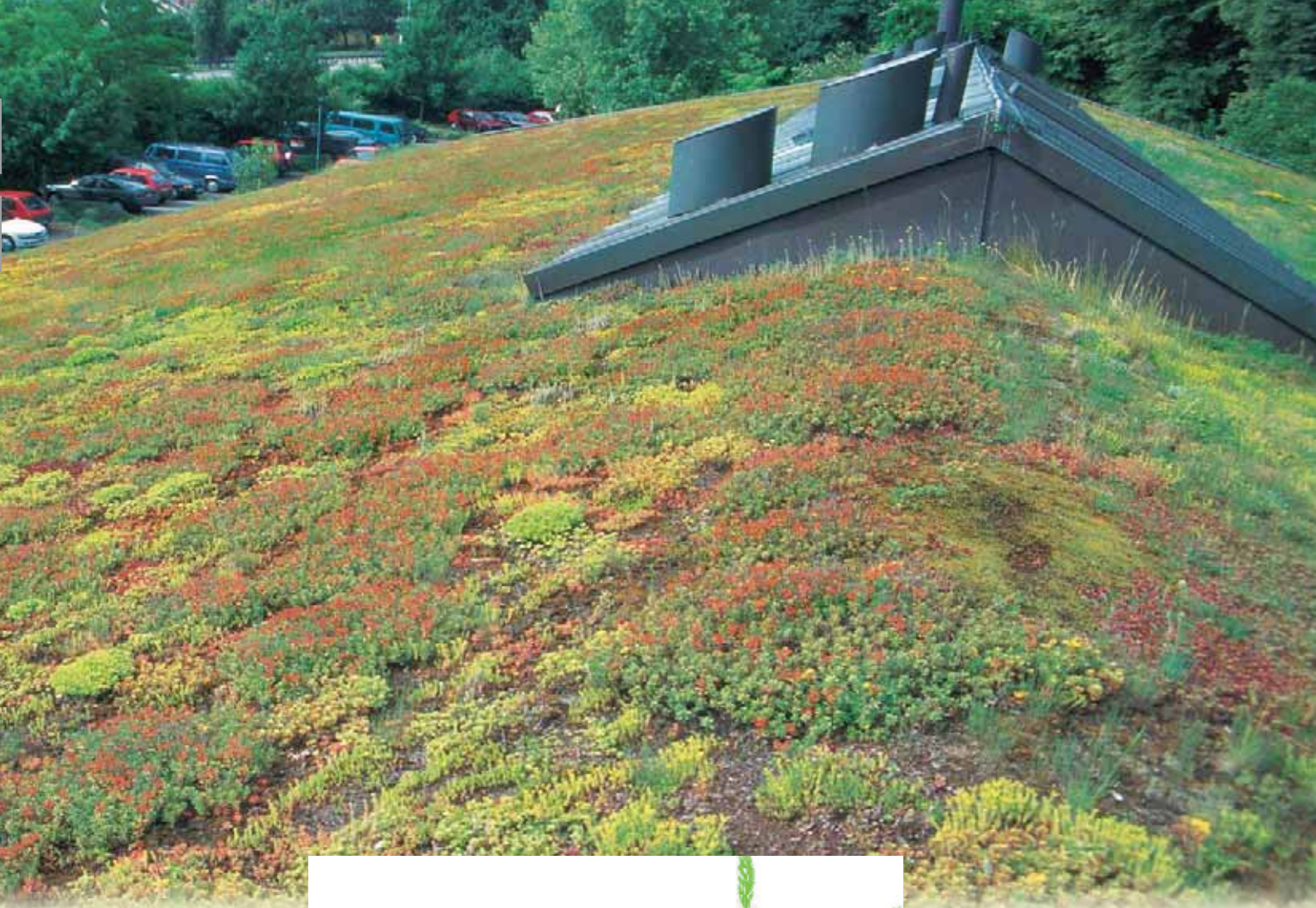


Habitation privée d'un couvreur, plantée à base de vivaces en 1987 sur le système TOIT EN PENTE. La pente est légèrement inférieure à 45%.

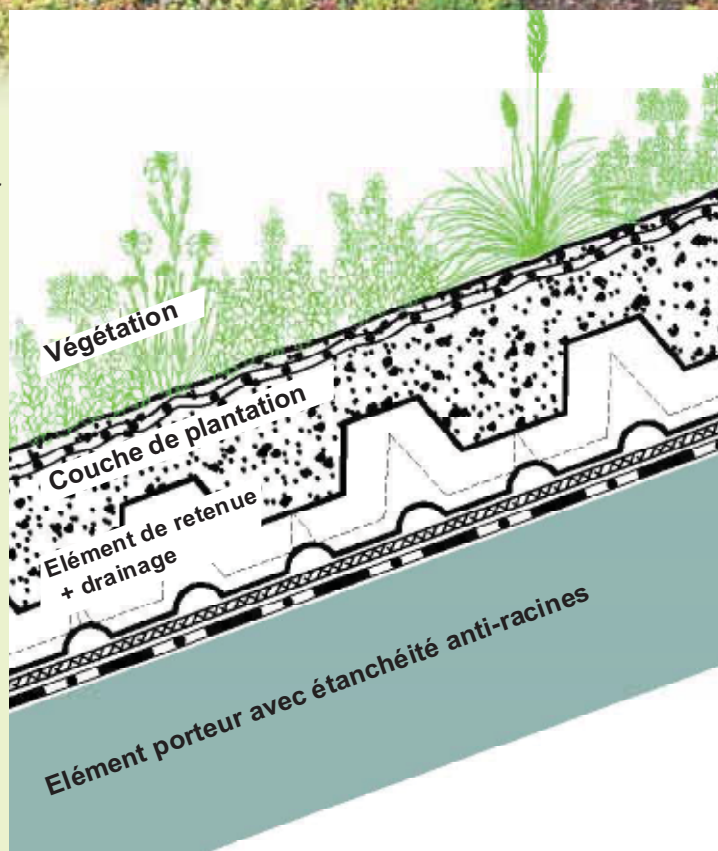
Sans arrosage et avec un à deux entretiens annuels, les caractéristiques de la végétation ont peu changé. Naturellement, l'une ou l'autre espèce a disparu, d'autres ont été apportées par les oiseaux et le vent.

Le manteau végétal est resté dense et il n'y a pas eu de phénomène d'érosion. La végétalisation comme l'étanchéité anti-racines remplissent parfaitement leur fonction. La maison en bois avec son toit végétalisé offre un point de vue attrayant.





Poids kg/m ²		Epaisseur cm
sec	à saturation en eau	
80	105	
3	10	
83	115	



Plantation selon la liste de végétaux 'Steinrosenflur'

A partir d'une pente d'env. 15°,
toile de jute anti-érosion JEG

Zincoterre 'Steinrosenflur'
≥ 5 cm au-dessus du FLORASET

FLORASET FS 75

Natte absorbante de protection
BSM 64

Remarque:
Anti-racines obligatoire !

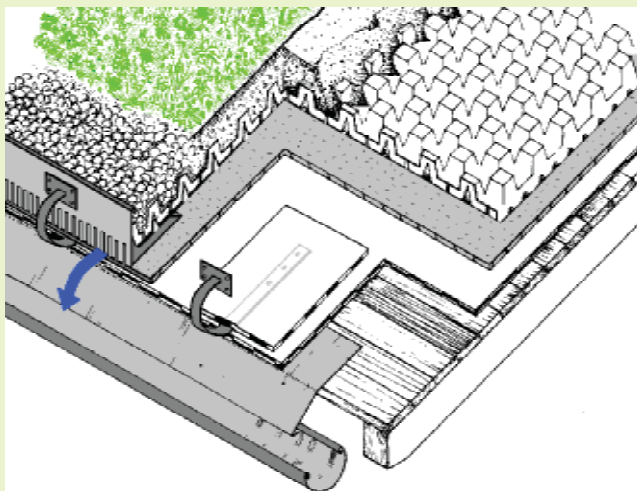
Pente de la toiture	10-15°	15-20°	20-25°	
Hauteur du complexe:	13	14	15	cm
Poids à saturation en eau :	115	130	145	kg/m ²
Capacité de rétention en eau :	32	36	40	l/m ²

Des solutions techniques élaborées garantissent un

ment durable des toitures en pente.

Bord de rive avec gouttière pendante

Pour les toits végétalisés en pente, l'évacuation des eaux se fait habituellement par des gouttières pendantes. La force de poussée du système de végétalisation doit être reprise et reportée sur la charpente. Pour cela, on utilise des profils TRP ajourés et des crochets d'arrimage ou bien un

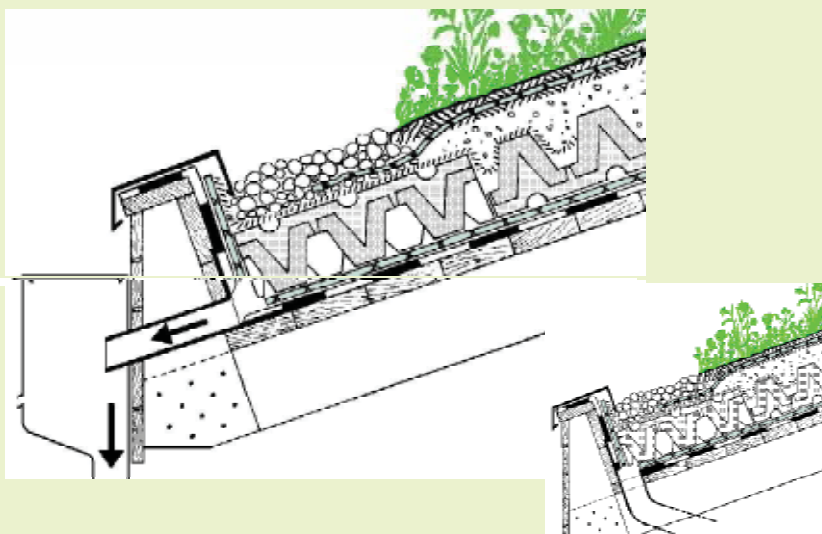


bord de rive maintenu à distance du support d'étanchéité par des équerres.

L'excédent d'eau pourra ainsi s'écouler librement. Les dispositifs « anti-poussée » seront dimensionnés en tenant compte de la charge statique.

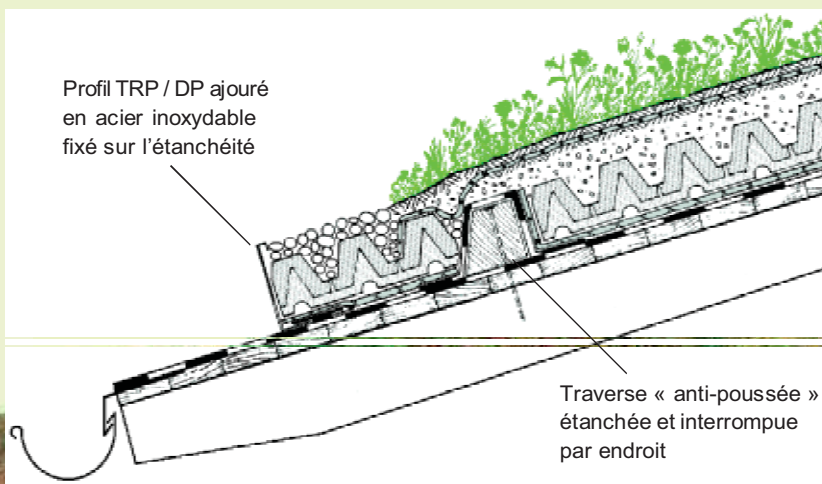
Bords de rive avec avaloir latéral et naissance

Un toit végétalisé en pente peut être conçu comme une toiture plate « qui a basculé ». Dans cette configuration, le bord de rive devra être suffisamment haut et solide. En passant par les avaloirs latéraux, les excédents d'eau seront dirigés vers la naissance et les descentes d'eaux. Le réseau de canaux sur la face inférieure des éléments FLORATEC assure l'évacuation transversale de l'eau et évite l'utilisation de drains supplémentaires. En principe, l'évacuation des eaux peut être effectuée avec des descentes internes qui traversent le support. La distance habituelle de 30 cm entre la descente et la rive n'est pas réalisable dans ce cas.



Bord de rive « discret »

Souvent et en particulier sur les toits à pente unique on cherche à créer un bord de rive discret pour des raisons esthétiques. Pour cela on fixe d'abord une traverse à une certaine distance de la rive pour contenir la charge principale. Ensuite, il suffit de prévoir, en rive, un profil TRP ajouré de faible hauteur qui pourra lui-même être fixé en léger retrait du bord. L'étanchéité anti-racines doit, dans tous les cas, être fixée mécaniquement ou collée.



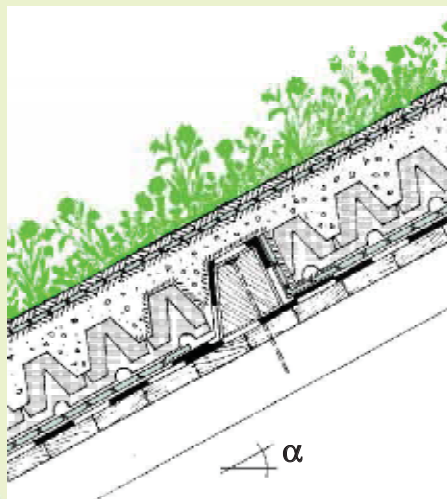
Profil TRP / DP ajouré en acier inoxydable fixé sur l'étanchéité

Traverse « anti-poussée » étanchée et interrompue par endroit



Traverses « anti-poussée » supplémentaires

En règle générale, jusqu'à des pentes de 35%, en raison de la bonne tenue du substrat dans les éléments FLORASET, les forces de poussée peuvent être entièrement reprises par le bord de rive. Pour des pentes plus importantes et/ou des rampants longs, l'installation de traverses « anti-poussée » supplémentaires devient nécessaire. Elles doivent être fixées mécaniquement sur le support du toit et étanchées individuellement.



De plus, elles doivent être interrompues afin que l'eau excédentaire puisse s'écouler facilement.

La force que doit contenir le bord de rive ou la traverse « anti-poussée » dépend : du poids du système (charge climatique incluse), de la pente de la toiture ($\sin \alpha$), du ~~rampant~~ et de la rugosité de l'étanchéité. Cette dernière ne devrait pas, pour des raisons de sécurité, rentrer dans les calculs.

Mis à part le calcul, l'expérience montre que les écartements entre traverses « anti-poussée » ne devraient pas excéder les intervalles suivants* :

≥ 35%	~ 10 m
≥ 45%	~ 8 m
à 55%	~ 5 m

* Si la charge de neige est supérieure à 75 kg/m² il faut réduire les intervalles. Faire appel à un ingénieur structure !



Végétalisation extensive jusqu'à 70% : Le système

TOIT EN FORTE PENTE avec les éléments Ge

Avec le système TOIT VEGETALISE EN FORTE PENTE présenté ci-contre, ayant pour base les éléments Georaster, la végétalisation des toitures inclinées (à plus de 45%) devient possible. Les éléments Georaster en polyéthylène recyclé (PEHD) sont brevetés.

Ils s'emboîtent les uns dans les autres sans outil particulier. Chaque élément mesure environ 54 cm X 54 cm pour 10cm de haut. Ces éléments assemblés forment immédiatement une structure stable et solide sur toute la surface. Cette résille permettra de circuler en toute sécurité et sera remplie de substrat.

Par leur forte contenance, les éléments Georaster laissent un espace libre important pour le développement des racines. Bien entendu, les plantes sélectionnées devront supporter les conditions extrêmes des toitures végétalisées en forte pente. Par exemple, le versant exposé au sud, reçoit un rayonnement solaire plus intense. L'écoulement des eaux est beaucoup plus rapide que sur un toit plat.

Pour éviter la formation de vides dans la végétation, qui peuvent être le point de départ de l'érosion, il faut prévoir dès

la conception du projet la possibilité d'arroser même si une irrigation d'appoint n'est nécessaire qu'en période de sécheresse.

Il faut également s'assurer que les bords de rive soient suffisamment stables pour contenir les forces de poussée et si cela est nécessaire prévoir des traverses « anti-poussée » complémentaires. En plus de l'application sur les toits en forte pente, les éléments Georaster peuvent servir de fondation pour les gazons renforcés, être utilisés pour construire des cheminements ou pour protéger des talus.

Étapes de construction d'une végétalisation sur un toit en forte pente:



❶ La surface du toit à végétaliser est protégée par une membrane d'étanchéité anti-racines conformément aux règles FLL.

❷ Les éléments Georaster sont posés, en commençant par le bas, sur une natte absorbante WSM 150 préalablement déroulée sur l'étanchéité.

❸ Les éléments Georaster sont ensuite remplis avec Zincoterre 'Lavendelheide'. Le substrat compacté doit recouvrir les éléments Georaster d'1cm. Ce substrat peut être soufflé sur le toit à partir d'un camion-silo.

❹ La végétalisation du toit se fait par une plantation dense de différentes espèces de sédums associés à d'autres vivaces de la liste de plantes 'Steinrosenflur'.

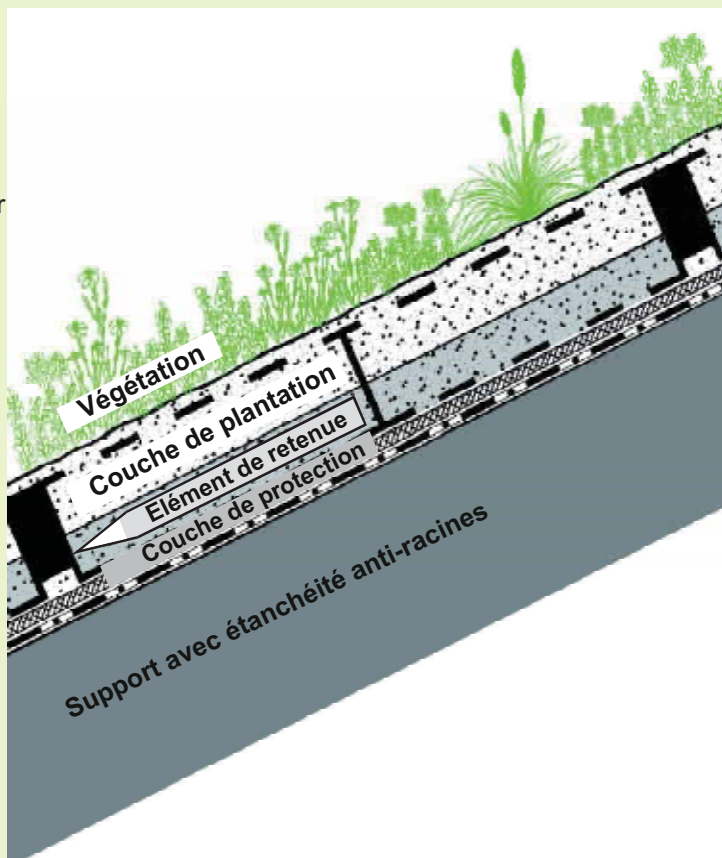
❺ Après une saison, le taux de recouvrement de la végétation est important.

L'évacuation des eaux excédentaires peut s'effectuer, comme le montre l'exemple ci-dessus : trois évacuations latérales qui se déversent dans une gouttière pendante.

me oraster



Poids kg/m ²		Epaisseur cm
sec	à saturation en eau	
110	174	12



Plantation dense de godets plats (à dominante sédum)

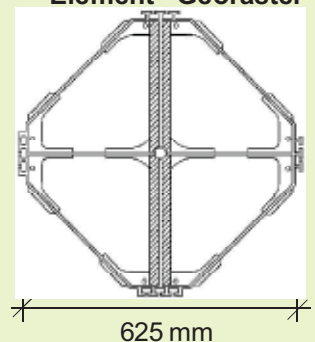
Remplissage compacté avec Zincoterre 'Lavendelheide' (1 cm au-dessus de l'élément Georaster)

Éléments GEORASTER

Natte absorbante de protection WSM 150

Remarque:
Anti-racines obligatoire !

Élément - Georaster



Les éléments Georaster sont en général végétalisés avec une forte densité de plantation de 28 godets de sédums/m², soit au minimum deux plants par alvéoles. D'autres vivaces selon la liste de plantes 'Steinrosenflur' peuvent être ajoutées en complément. A partir de 30° utiliser des nattes précultivées !

Hauteur du complexe :	env. 12 cm
Poids à saturation en eau :	env. 155 kg/m²
Capacité de rétention en eau :	env. 64 l/m²

Des solutions de végétalisation pour des toits en pente de

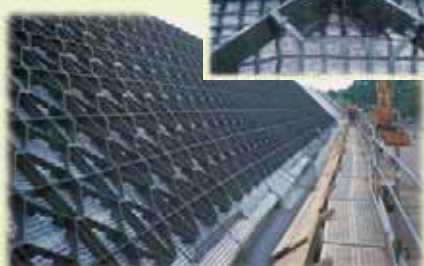
Nos techniques de « Système sur mesure » les rendent poss

Ce « fortin » a été complètement rénové en 2003. Des éléments Georaster ont été utilisés sur une nouvelle étanchéité pour réaliser la végétalisation de la toiture. En raison de l'absence de bord de rive, toute la surface du toit a été recouverte par une maille synthétique très résistante à la traction, sur laquelle



Cette photo montre le « fortin » avant sa réfection en mars 2003. Des bâches protégeaient provisoirement le bâtiment des infiltrations d'eau de pluie.

les éléments Georaster ont été fixés par des colliers de câblage solides. Les grilles Georaster ont ensuite été remplies d'un substrat spécifique et recouvertes de nattes de végétation pré-cultivées. Après quelques semaines, les nattes étaient



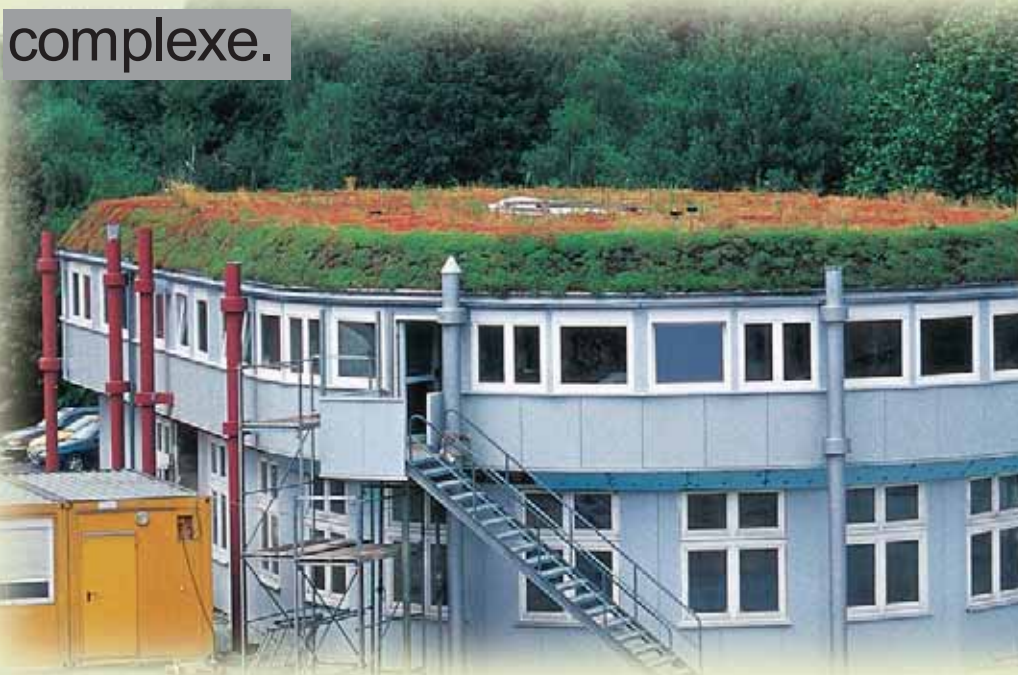
La pente atteint 45° et est recouverte avec des mailles synthétiques sur lesquelles les éléments Georaster sont fixés avec des colliers de câblage solides.

fortement enracinées dans le substrat. Un système d'arrosage permet aux graminées de survivre même si l'été est sec.



Le substrat spécifique doit être appliqué humide et compacté légèrement, pour que les nattes de graminées (photo de droite) puissent être posées parfaitement à plat.

Sur le plan technique la végétalisation de ce projet était complexe.



La structure de base des nouveaux bureaux de l'entreprise de recyclage des matériaux de construction Riedel, également surnommé l'OVNI, est un

ancien stand en acier construit pour une exposition. Le toit a été fabriqué exclusivement avec des déchets de bois provenant de démolition. Pour la

représentait un sacré challenge avec ses pentes à 100 %. Des profils ajourés TRP en acier inoxydable d'une hauteur de 12 cm ont été installés comme bord de rive.



protection de l'étanchéité monocouche, une végétalisation qui respecte la démarche développement durable du bâtiment a été mise en place (le substrat ainsi que les éléments de drainage sont fabriqués avec des matériaux recyclés).

La végétalisation en rive

forme particulière.

ibles.



Le « fortin », situé à l'entrée de la zone piétonne, retrouve aujourd'hui son aspect d'origine.

La végétalisation au service de votre créativité!



Les éléments FLORASET FS 75 et 8 cm de substrat Zincoterre 'Steinrosenflur' ont servi de base pour la végétalisation avec des nattes pré-cultivées de sédums. Pour améliorer la tenue des nattes sur la pente, une partie de celles-ci repose à plat sur 50 cm.



Les toitures végétalisées peuvent prendre des formes remarquables, comme le montre ces photos. Dans ces deux exemples, les éléments FLORASET FS 75 forment la base du système de végétalisation.

L'originalité architecturale – un défi pour la te

La construction du nouvel immeuble d'habitation à usage privé et professionnel de la famille Zoller devrait devenir la « maison modèle » de l'entreprise du même nom. Le bâtiment possède, sur le côté sud, des capteurs solaires, tandis que la toiture est végétalisée dans sa partie haute où la pente est

plus douce. Sur la partie basse plus pentue une couverture en métal à joint debout a été choisie. Du fait d'une accessibilité difficile, la végétalisation doit être pérenne et ne demander que peu d'entretien. De plus les végétaux doivent s'enraciner solidement pour éviter les phénomènes d'érosion.

Une des clés de la réussite a été de poser sur l'étanchéité anti-racines une natte absorbante de protection et des éléments FLORADRAIN® de 40 mm d'épaisseur, préfabriqués à la bonne longueur.



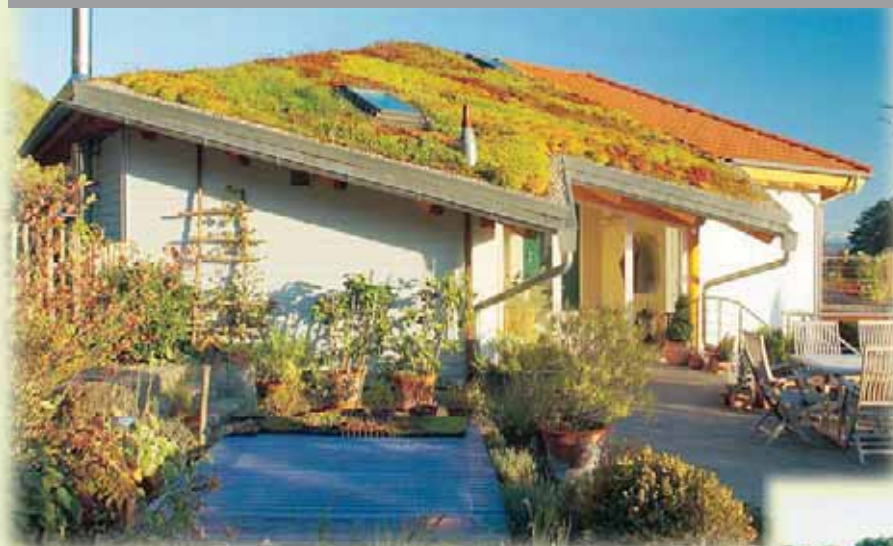
Un dispositif « anti-poussée » complémentaire, constitué de tubes en acier fixés mécaniquement, étanchés et disposés parallèlement au bord de rive, a été prévu sur la partie végétalisée de la toiture. Des profils en tôle perforée, en appui sur les tubes, retiennent le substrat et laissent passer l'eau excédentaire.

La toile de jute anti-érosion JEG à grosses mailles, posée sur une couche épaisse de substrat Zincoterre 'Steinrosenflur' d'environ 10 cm est ensuite recouverte de substrat.

Les végétaux de la liste de plantes 'Steinrosenflur' ont été fournis en godets plats et plantés à raison de 16 plants/m² pour les zones plates et de 24 plants par m² pour les zones en forte pente.

Une autre idée pour la toiture:

L'association de la tuile et de la végétalisation



Cette maison mitoyenne contraste formidablement entre les bâtiments. D'une part, les façades « bois – enduit », d'autre part les toits « en tuiles et végétalisés ».

Le toit végétalisé avec une pente de 55% a déjà plus de 10 ans.

Cette maison d'habitation présente une singularité : la moitié de la toiture est couverte de tuiles d'argile et l'autre moitié est végétalisée. La base de la toiture végétalisée est évidemment imperméabilisée avec une membrane anti-racines. La construction correspond au système TOIT EN PENTE présenté aux pages 4 et 5.



chnique.



L'immeuble d'habitation à usage privé et professionnel « Zoller » séduit par son originalité architecturale.

Principes de végétalisation des toitures cintrées



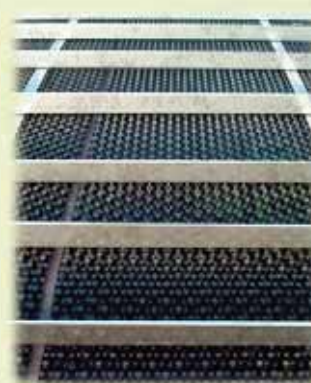
Pour les toitures cintrées, si un bord de rive stable existe, il est possible de végétaliser avec le système TOIT EN PENTE. Pour des voûtes importantes, les éléments de retenue de substrat Floraset FS 75 peuvent éventuellement être coupés en deux, comme cela a été fait sur l'ancienne forteresse « Lunette » (voir ci-dessus).

S'il n'y a pas de bord de rive, la tenue du substrat est assurée par la mise en œuvre d'éléments de drainage, sans filtre non-tissé, du type Floradrain® en rouleaux de 40 mm d'épaisseur préfabriqués à la bonne longueur. La force de poussée de la végétalisation est ainsi transformée en force de traction. Ce système a été utilisé pour

végétaliser les garages de « forme ovoïde » de la société Zapf (photo de droite). Pour les toits cintrés, il n'y a pas de solution standard – cependant avec l'aide de nos ingénieurs, il est possible de trouver une solution spécifique pour certains projets, comme le montre l'exemple de cette couverture en bac acier (photo de droite).

Si la pente de la toiture cintrée est très forte, la couche de substrat doit être fractionnée par un système de retenue. Exemple : Profils placés en travers et fixés sur

des bandes en acier inoxydable (photo de droite) recouverts par la couche de substrat. L'utilisation des éléments Georaster n'est pas possible sur des toits cintrés.



Point important pour les toitures en pente :

Un choix approprié de plantes !



Pour éviter les problèmes d'érosion, le manteau végétal des toitures en pente doit rester dense et homogène au cours du temps. Étant donné que les surfaces sont en général visibles, la végétalisation des toitures en pente doit évidemment conserver un bel aspect. Il existe des différences entre les toits en pente et les toits plats : en pente, l'eau

s'écoule plus rapidement et est moins bien retenue. Pour les fortes pentes exposées plein sud, les différences sont encore plus extrêmes. Une augmentation de l'épaisseur de la couche de substrat n'est généralement pas possible pour des questions de charge. Sans irrigation, le choix des plantes est particulièrement réduit. Les trois photos (voir ci-dessus) montrent quel type de végétation parvient à résister sans

irrigation. Le système TOIT EN PENTE a été réalisé en 1986. Le gazon, en rouleaux précultivés, posé à l'origine côté nord du toit avait disparu peu de temps après, alors que la végétation de système SAXATILIS plantée côté sud a conquis progressivement le versant nord.

Du gazon sur le toit

Comme le montre les exemples ci-contre, il est également possible d'installer du gazon sur des toits en pente. Dans ce cas, il faut prévoir des tontes régulières et évacuer les coupes. Sur des systèmes de faible épaisseur, il est indispensable d'installer un arrosage qui fonctionnera parfaitement.

En règle générale, il est plus judicieux de préférer au gazon une association de graminées résistantes à la sécheresse, comme l'association 'Gräserdach'.

Le résultat obtenu ressemble à une « prairie sèche »



comme sur cette maison en bois qu'il suffira de faucher une fois tous les 2-3 ans pour éviter l'installation d'arbustes au cours du temps.





Choix des plantes

Sur les toits en pente, les végétaux en godets plats de la liste de plantes SAXATILIS peuvent être utilisés. Les sédums constituent la végétation de base. A partir de 35%, d'autres vivaces de cette liste peuvent - spécialement sur les versants les moins exposés - donner d'autres aspects à la floraison. En règle générale, les vivaces pour bouquet de la liste SAXATILIS devraient être plantées par groupe de 3 à 5 unités (max.7). A partir de 45%), la proportion de vivaces tapissantes tolérant la sécheresse doit augmenter car elles

limitent les phénomènes d'érosion. Pour des toitures > à 55%, la végétalisation réalisée avec uniquement du sédum est judicieuse. Une espèce de sédum doit coloniser en général une surface limitée à 1 ou 2 m² maximum. Quatre espèces de sédums, au minimum, sont utilisées pour établir une végétalisation pérenne. Les espèces adaptées pour les zones en pente sont présentées ci-dessous dans les listes de plantes SAXATILIS et SUCCULIS.



Plantes pour la végétalisation des toits en pente

- Différentes variétés de Sedum album
- Sedum floriferum 'Weihenstephaner Gold'
- Sedum hybridum 'Immergrünchen'
- Sedum sexangulare
- Variétés de Sedum spurium
- En complément plantes pour bouquets isolés de la liste de plantes 'Steinrosenflur'
- Densité de plantation
 - < 15° : min. 20 plantes/m²
 - < 20° : min. 24 plantes/m²
 - < 25° : min. 28 plantes/m²



Pente > à 30°

A partir de cette pente ainsi que sur les zones de faîtage et en rive, installer des nattes ou des plaques pré-cultivées ECOSEDUM.

Domaines d'utilisation particuliers : ECOSEDUM



Pour des pentes supérieures à 35° ainsi que pour des projets particuliers, consultez nos équipes d'ingénieurs !

Avec la technique de système : une végétalisation pérenne.



Ce guide technique cherche à vous exposer une vue générale des différentes techniques de végétalisation des toits en pente.

Pour l'élaboration de vos projets de végétalisation nos **ingénieurs** ainsi que nos **conseillers techniques** vous assisteront de la conception jusqu'à la mise en œuvre.

Contactez-nous!



ZinCo AG
Dachbegrünungssysteme
Lischmatt 7 • 4624 Härkingen
Tel. 062 389 01 60 • Fax 062 389 01 62
E-Mail: info@zinco.ch • www.zinco.ch