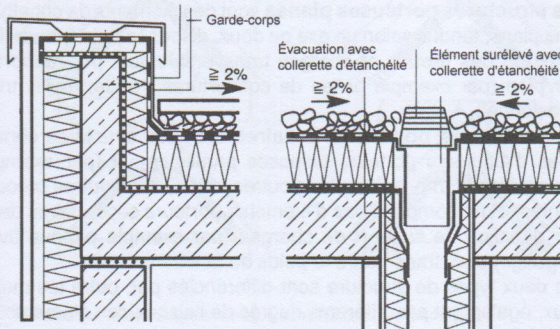
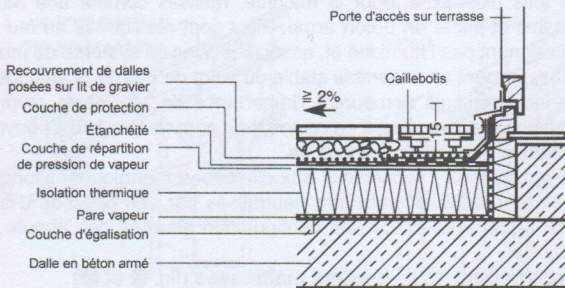


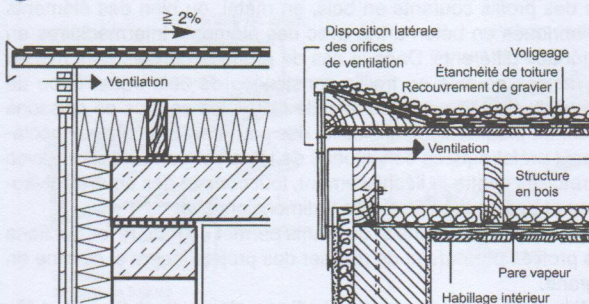
① Acrotère avec couronnement en pierres de taille. ② Relevé d'étanchéité sur un mur.



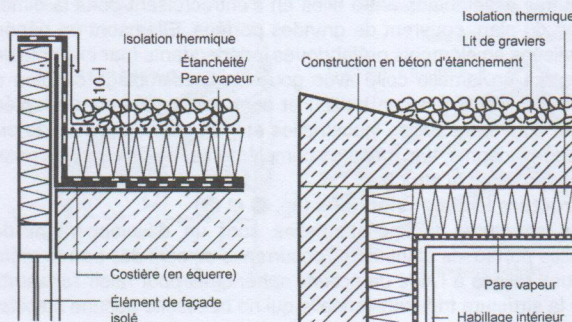
③ Détail acrotère (Terrasse accessible). ④ Détail d'évacuation des eaux avec raccord d'étanchéité.



⑤ Relevé d'étanchéité sur terrasse accessible avec insertion d'un caillebotis.



⑥ Toiture froide sur dalle béton armé. ⑦ Toiture froide en bois.



⑧ Toiture inversée. ⑨ Toit en béton d'étanchéement avec isolation intérieure.

Types de constructions

1. Constructions non ventilées, à une seule paroi (toitures chaudes), dans lesquelles la structure porteuse, le pare-vapeur, l'isolant thermique, l'étanchéité et autres couches intercalaires forment un élément lié. Elles peuvent aussi, à côté du type de construction traditionnel (fig. ⑩), être mises en œuvre soit :

- a) en « toiture inversée » (fig. ⑧) : étanchéité de toiture et pare-vapeur sont directement appliqués sur la structure porteuse, l'isolant (cellulaire) est posé dessus, en indépendance, et protégé par un lit de gravier ;
- b) avec une combinaison des deux types de constructions ;
- c) ou bien avec un isolant intérieur (fig. ⑨).

2. Constructions ventilées, à double parois (toitures froides), dans lesquelles, entre l'étanchéité (et son support) et l'isolant thermique, est ménagée une lame d'air ventilée (fig. ⑥ et ⑦). Garantir une circulation d'air effective et une pose impeccable du pare vapeur à l'intérieur de la construction. Autrement, l'étanchéité se comporte comme un pare vapeur mal positionné et peut entraîner l'humidité (condensation) dans le toit.

Règles de mises en œuvre (toiture chaude) (fig. ⑩)

Lit de gravier comme couche de protection (épaisseur plus de 5 cm) pour empêcher la formation de cloques, les chocs thermiques, la sollicitation mécanique de l'étanchéité, les dégradations causées par les UV. Dans le cas des terrasses accessibles et des toitures plantées prévoir des couches de protection supplémentaires (avec dalles de caoutchouc) en dessous du lit de gravier.

Étanchéité de toiture

- a) soit multicouche : par exemple trois couches posées avec enduit d'application à chaud et surfacées, comprenant deux couches de feutre bitumé armé d'une toile en résille de verre, et une couche intercalaire de feutre bitumé avec voile de verre ;
- b) soit bicouche : deux couches de lés de bitumes (épaisseur plus de 5 cm) posées par soudure, ou encore par collage à froid ;
- c) soit monocouche avec une seule couche en lés d'étanchéité plastique posée en indépendance (veiller à se protéger contre le soulèvement occasionné par le vent).

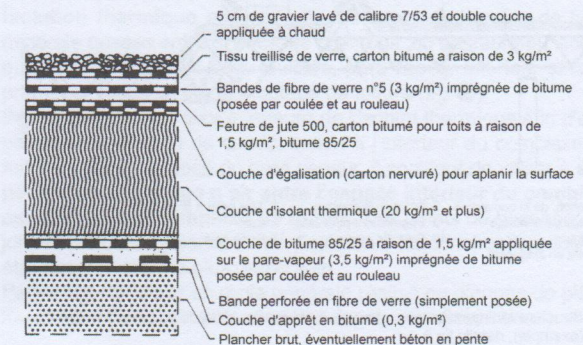
Couche de répartition de pression de vapeur : en carton nervuré ou en feutres bitumés perforés, pour éviter la formation de cloques engendrées par l'humidité s'évaporant des couches des éléments inférieurs.

Isolation : en plaques d'isolant thermique (liège, mousse à haute résistance, matière isolante fibreuse, verre cellulaire) ; posées dans les règles de l'art, soit mortaisées bout à bout, soit jointées en traits de Jupiter, soit jointées par simple feuillure.

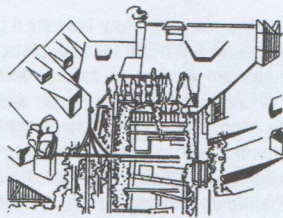
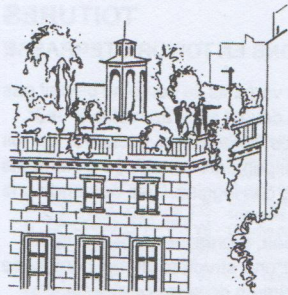
Écran pare-vapeur : en feutres bitumés ou bien en bandes d'étanchéité synthétiques.

Couche de séparation/d'égalisation : en général posée en indépendance.

Structure porteuse : dans le cas de pente, voir page 123. En raison de la dilatation causée par la chaleur prévoir un joint de glissement sur les murs porteurs et une séparation avec les cloisons intérieures et la couverture.

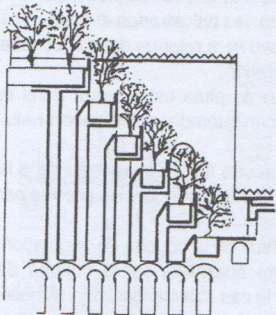


⑩ Réalisation parfaite d'un toit chaud (toit à simple paroi).

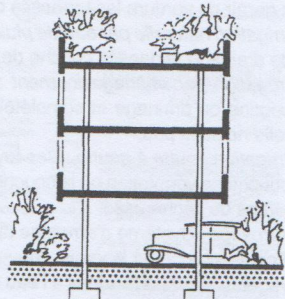


1 Jardins-terrasses sur maisons de rapport : « Programme pour une nouvelle architecture »

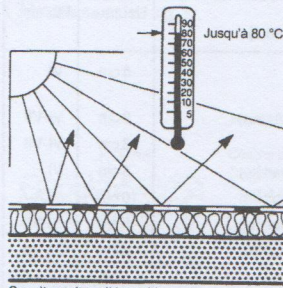
2 Jardins-terrasses comme accumulation de plantes en pots sur balcons et terrasses



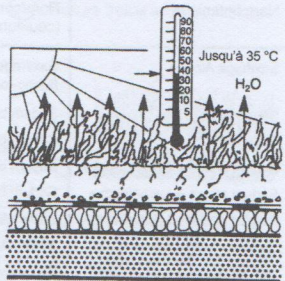
3 Les jardins suspendus de Sémiramis à Babylone (au VI^e siècle avant J.C.)



4 Les espaces verts perdus sont récupérés par la plantation de végétaux sur les toits.



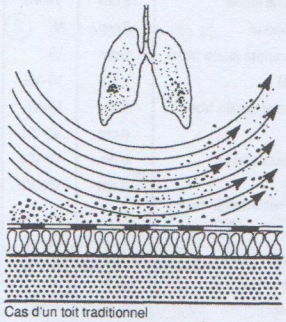
Cas d'un toit traditionnel



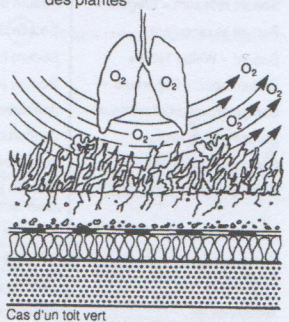
Cas d'un toit vert

5 Air urbain surchauffé et sec (fig. 6)

6 Air plus frais et plus humide grâce à l'énergie dépensée par l'évaporation des plantes



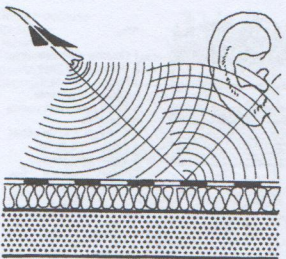
Cas d'un toit traditionnel



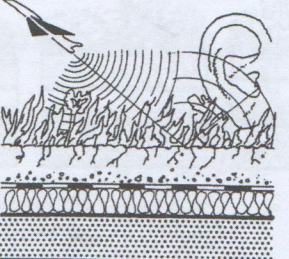
Cas d'un toit vert

7 Production de poussière et tourbillons de poussière (fig. 8)

8 Amélioration de l'air urbain par filtrage et fixation des poussières et par production d'oxygène des plantes



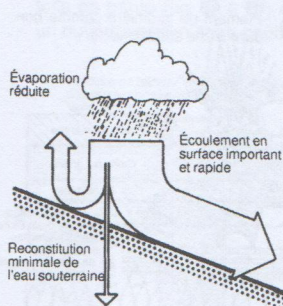
Cas d'un toit traditionnel



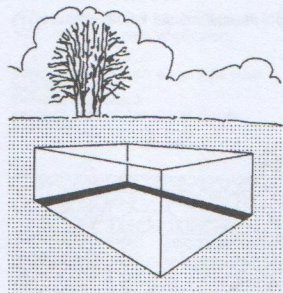
Cas d'un toit vert

9 Réflexion sonore sur les surfaces « dures » (fig. 10)

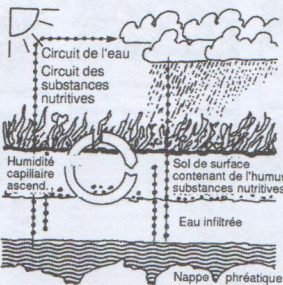
10 Absorption sonore par la surface molle des plantations



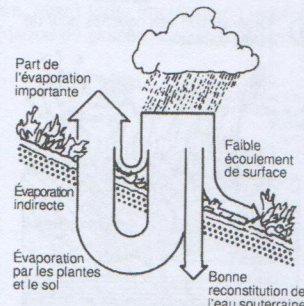
11 Répartition des précipitations sur une surface dure



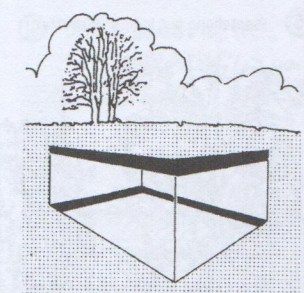
13 Avec chaque construction de maison, une partie de la nature est perdue (fig. 14).



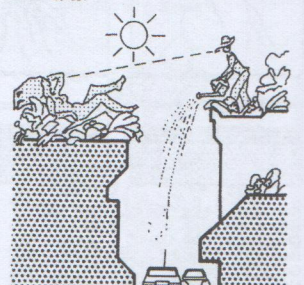
15 Circuit naturel de l'eau et des substances nutritives



12 Répartition des précipitation sur une surface non construite



14 Une grande partie de la surface perdue du sol peut être reconquise en plantant des végétaux sur les toits.



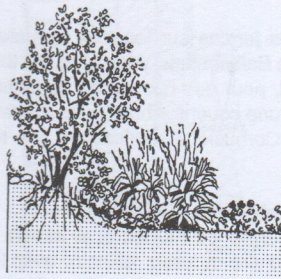
16 Valeur physique et psychique des surfaces vertes (le bien-être des hommes est influencé positivement par les surfaces vertes)

Historique

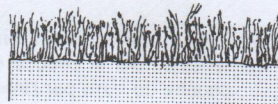
L'implantation des végétaux et les jardins sur les toits existaient déjà six siècles avant J.-C. chez les Babyloniens. Vers 1890, les toits des fermes près de Berlin étaient, pour des raisons de protection contre les incendies, recouverts d'une couche d'humus sur laquelle étaient installées des plantes. Le Corbusier a redécouvert le « toit vert » presque oublié.

Qualités d'une implantation de végétaux sur un toit

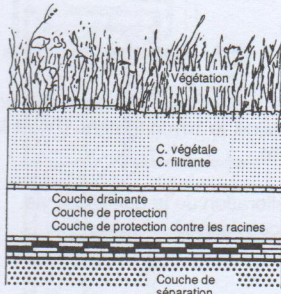
1. Isolation par la couche d'air entre les herbes et à travers la couche de terre par l'intermédiaire du tissu racinaire avec les mécanismes vivants microbiens (processus thermiques).
2. Insonorisation et possibilité d'accumulation thermique.
3. Amélioration de la qualité de l'air dans les zones d'accumulation de population.
4. Amélioration des microclimats.
5. Amélioration du drainage urbain et du régime de l'eau dans la nature.
6. Avantages pour la physique de la construction. La couche protectrice d'herbe et de terre freine le rayonnement UV et les fortes variations de température.
7. Fixation des poussières.
8. Élément de décoration et amélioration de la qualité de vie.
9. Production de nouvelles surfaces vertes.



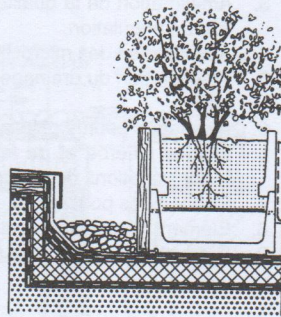
① Plantation intensive.



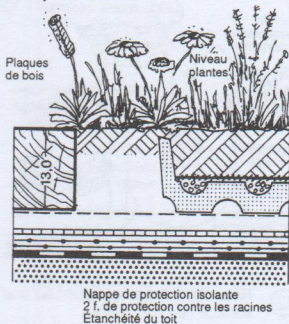
② Plantation extensive.



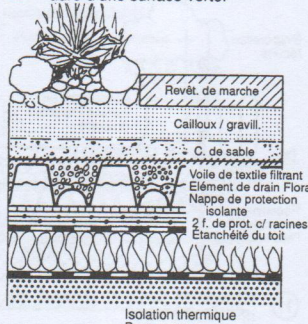
③ Organisation des couches pour un jardin-terrasse.



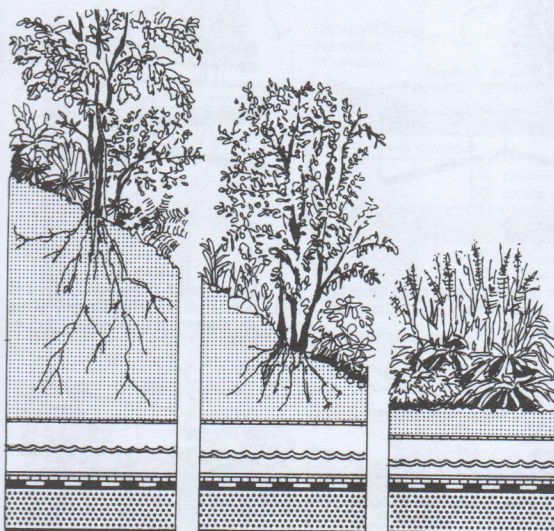
④ Élément de jardinière comme bordure d'une surface verte.



⑤ Plantations sur toiture-terrasse.



⑥ Plantations sur toiture-terrasse.



Haut. de croissance > 250 cm Haut. aménagée jus. 35 cm Charge surfacique 3,7 kN/m ² Réserve d'eau 170 l/m ² Couche d'écorce - cm Mélange de terre 23 cm Couche drainante 12 cm Arrosage manuel ou automatique	Jusqu'à 250 cm 19 à 35 cm 1,9 à 3,7 kN/m ² 80 à 170 l/m ² - cm 7 à 23 cm 12 cm manuel ou automatique	5 à 25 cm 14 cm 1,4 kN / m ² 60 l/m ² - cm 5 cm 9 cm manuel ou automatique	5 à 20 cm 12 cm 1,1 kN/m ² 45 l/m ² 1 cm 4 cm 7 cm manuel	5 à 20 cm 12 cm 1,15 kN/m ² 40 l/m ² - cm 7 cm 5 cm manuel	5 à 10 cm 10 cm 0,9 kN/m ² 30 l/m ² 1 cm 4 cm 5 cm manuel
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

⑦ Différents types d'implantation végétale sur les toits.

Pentes des toits : Pour les toits à deux versants, la pente ne devrait pas dépasser 25°. Pour les toits plats, elle devrait avoir au moins 2° à 3°.

Types de jardins en toitures-terrasses : Plantation intensive. Le toit devient un jardin-séjour avec des équipements constitués d'éléments de décoration comme des pergolas ou des loggias. Cela demande une attention et des soins constants.

Végétation : gazon, arbustes, boqueteau, arbres.

Plantation extensive : Elle repose sur une structure de sol composée d'une fine couche et demande un minimum de soin.

Végétation : mousse, herbe, plantes herbacées, plantes vivaces, bosquets.

Plantations mobiles : Les plantes en pots et autres récipients servent à garnir de verdure les terrasses de toits, les balustrades et balcons.

Irrigation naturelle par eau de pluie : L'eau sera retenue dans la couche de drainage et dans la couche de végétation.

Irrigation par emmagasinement : L'eau de pluie est retenue dans la couche de drainage et complétée mécaniquement si l'irrigation naturelle ne suffit pas.

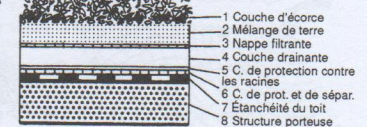
Irrigation goutte à goutte : Des tuyaux goutte à goutte enterrés dans la couche de végétation ou la couche de drainage irriguent les plantes par temps de sécheresse.

Arosage : Système d'arrosage au-dessus de la couche de végétation.

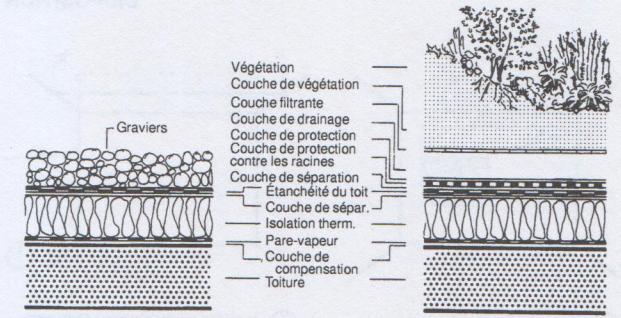
Fertilisation : Les engrais peuvent être éparpillés sur la couche de végétation ou additionnés à l'eau dans le cas d'une irrigation artificielle.

Nom botanique	Nom commun (couleurs de fleurs)	Hauteur	Florais.
Saxifraga aizoon	Saxifrage (blanc-rose)	5 cm	VI
Sedum acre	Sedum brûlant (jaune)	8 cm	VI-VII
Sedum album	Sedum blanc	8 cm	VI-VII
Sedum album « Coral Capet »	Sedum blanc (variété)	5 cm	VI
Sedum album « Laconicum »	Sedum blanc (variété)	10 cm	VI
Sedum album « Micranthum »	Sedum blanc (variété)	5 cm	VI-VII
Sedum album « Murale »	Sedum blanc (variété)	8 cm	VI-VII
Sedum album « Clorticum »	Sedum vert clair	5 cm	VI-VII
Sedum hybr.	Sedum jaune	8 cm	VI-VII
Sedum floriferum	Sedum doré	10 cm	VIII-IX
Sedum reflexum « Elegant »	Sedum de rocaille jaune	12 cm	VI-VII
Sedum sexangulare	Sedum délicat jaune	5 cm	VI
Sedum « Weibe Tatra »	Sedum blanc (variété jaune clair)	5 cm	VI
Sedum spur. « Superbum »	Sedum (variété)	cm	VI-VII
Sempervivum arachnoideum	Joubarbe toile d'araignée (rose)	6 cm	VI-VII
Sempervivum hybr.	Joubarbe rose	6 cm	VI-VII
Sempervivum tectorum	Joubarbe des toits (rose)	8 cm	VI-VII
Pelosperma	Ficoïde (jaune) (pas tout à fait résistant à l'hiver)	8 cm	VII-VII
Festuca glauca	Fétuque (bleu)	25 cm	VI
Festuca ovina	Fétuque de brebis (vert)	25 cm	VI
Koeleria glauca	Isolame (vert argenté)	25 cm	VI
Melicia ciliatx	Mélisse (vert clair)	30 cm	V-VI

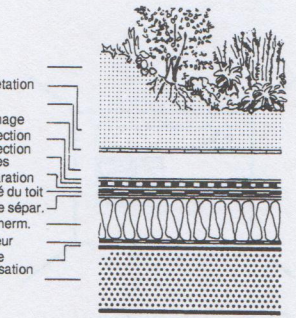
⑧ Types et sortes éprouvés pour plantation en toiture-terrasse (extensive).



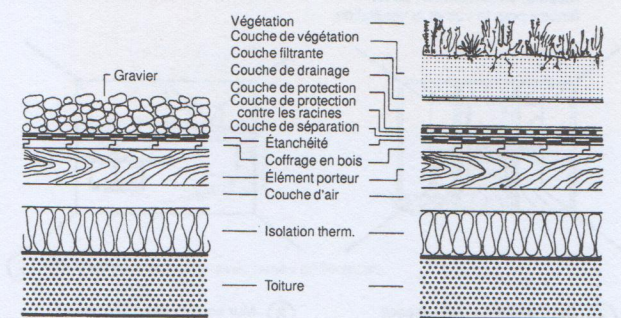
Éléments de construction



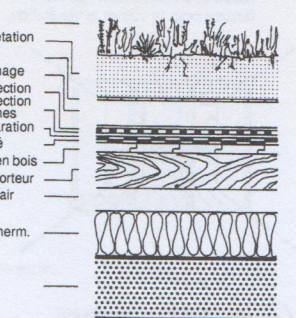
1 Toiture chaude (fig. 2).



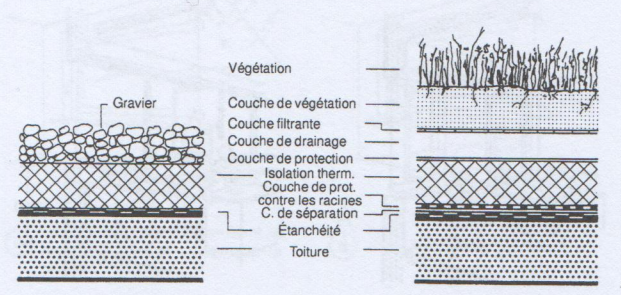
2 Toiture chaude avec plantations.



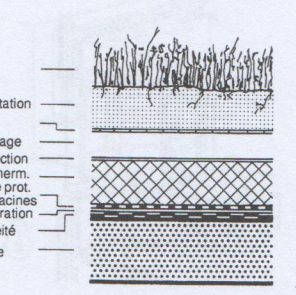
3 Toiture froide (fig. 4).



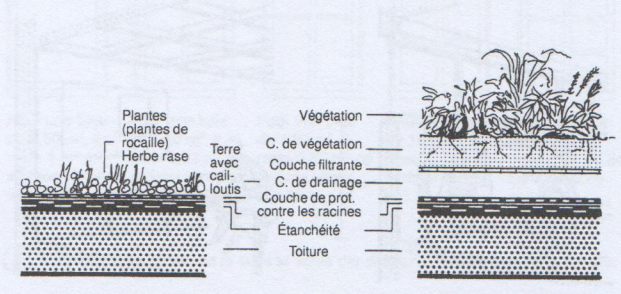
4 Toiture froide avec plantations.



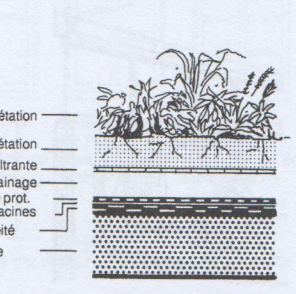
5 Toiture inversée (fig. 6).



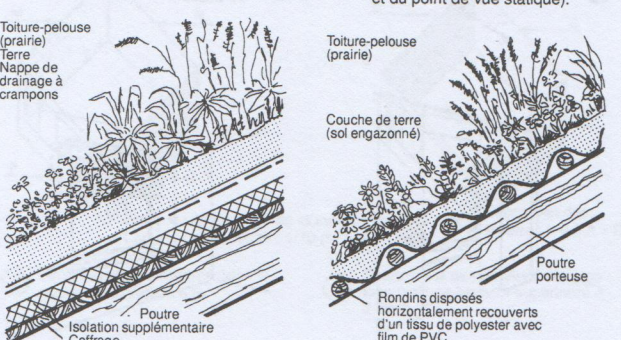
6 Toiture inversée avec plantations.



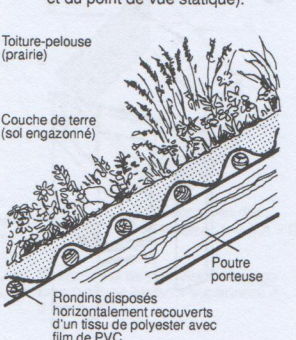
7 Plantations après construction et à moindre frais.



8 Plantation après construction (possible du point de vue construction et du point de vue statique).



9 Plantation pour toiture en pente.



10 Plantation sur un toit en pente raide.

Préparation de la toiture

Couche de végétation : On utilise l'argile expansée et la terre allégée. Elles offrent : stabilité de construction, capacité d'aération du sol, d'emmagasinement de l'eau et de modelage du sol. Fonctions : réserve de substances nutritives, réaction du sol (valeur de pH), aération, réserve d'eau.

Couche filtrante : Elle est constituée de matériau filtrant et empêche le colmatage de la couche de drainage.

Couche de drainage : Elle empêche l'excès d'irrigation pour les plantes. **Matériau :** nappes en fibres de textile, bandes en mousse alvéolaire, dalles en matière plastique, matériaux de protection.

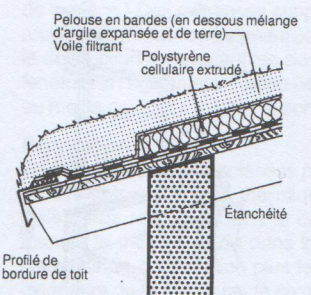
Couche de protection : Elle protège pendant la phase de construction et contre les charges ponctuelles.

Couche de protection contre les racines : L'action des racines sera maintenue par des feuilles de PVC/ECB et de EPDM.

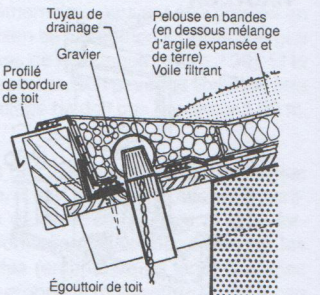
Couche de séparation : Elle sépare la construction porteuse de l'implantation végétale.

Exemples (fig. 1 à 8) : Ils montrent des structures de toitures plates avec des plantations en variante. Avant plantation, il faut s'assurer que la toiture est dans un parfait état et que les différentes couches peuvent remplir leur fonction. Contrôler soigneusement les surfaces de toiture du point de vue de leur état technique. Faire attention aux points suivants : préparation des couches (état), constitution des pentes, inégalités et fléchissement de la couverture. Étanchéité du toit (cloques, fissures), joints de dilatation, raccordement des bords, traversées (prises de lumière, coupoles transparentes, tuyaux), écoulements.

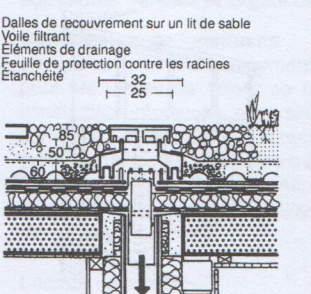
On peut aussi implanter des végétaux sur des toits à deux pentes. Les toits en pente (fig. 9 à 12) exigent, avant toute implantation végétale, un ouvrage préliminaire coûteux (risque de glissement, déshydratation).



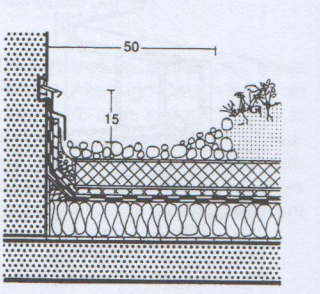
11 Détail d'une gouttière pour toiture inclinée avec végétation.



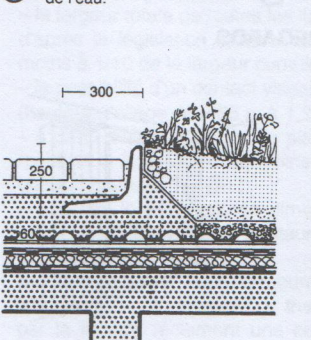
12 Détail de gouttière (fig. 11).



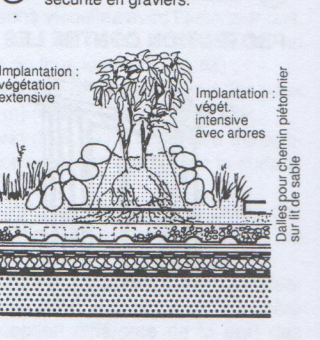
13 Regard de contrôle de l'écoulement de l'eau.



14 Raccordement mural avec bande de sécurité en graviers.



15 Partie intermédiaire entre la zone de végétation intensive et la voie de circulation.



16 Partie intermédiaire entre un chemin piétonnier et une zone de végétation intensive ou extensive.