

MODULE : TECHNIQUE DE DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES

Chapitre 1 : Evaluation du débit pluvial :

Le dimensionnement des réseaux et ouvrage d'eau pluviale est basé sur la pluie de forte intensité susceptible de survenir dans une période de retour de 10 ans (appelé aussi débit de fréquence décennales). En fonction de l'étendu du bassin et de sont urbanisation, Il y a deux méthodes plus utilisé pour l'estimation du débit d'eau pluviale.

1.1 Méthode superficielle :

La méthode superficielle ou modèle de Caquot est une formule globale de la méthode rationnelle. Elle permet de calculer, le débit de point qui sera intervenir dans le dimensionnement hydraulique des ouvrages évacuateurs.

La méthode superficielle aubier à la loi suivante : $Q = K \times C_r^y \times I^v \times A^w$. Ou : y, v et w sont des paramètres fonction de caractéristiques du bassin (déterminer expérimentalement) et de la période de retour.

Avec :

I : Pente moyenne du cheminement hydraulique le plus long.

K : Coefficient fonction directement de fréquence, il est déterminé expérimentalement $K = f(F)$.

C_r : coefficient de ruissellement.

A : surface d'apport ou surface drainé.

Formule s superficielles régionale des débits fréquentielle pour les périodes de retour de un à dis ans :

T période de retour	Formules pour estimation de débit (Q)
1 an	$Q = 0.682 \times C_r^{1.23} \times I^{0.32} \times A^{0.77}$
2 ans	$Q = 0.834 \times C_r^{1.22} \times I^{0.31} \times A^{0.77}$
5 ans	$Q = 1.192 \times C_r^{1.21} \times I^{0.3} \times A^{0.78}$
10 ans	$Q = 1.43 \times C_r^{1.2} \times I^{0.29} \times A^{0.78}$

Pour la région méditerranéenne : $Q = 520 \times C_r^{1.11} \times I^{0.2} \times A^{0.83}$ pour une période de retour de 10 ans.

La méthode superficielle n'est valable que pour :

- Coefficient d'allongement : $Al > 0.8$.

- La surface du bassin drainé doit être inférieure ou égale à 200 hectares.
- Le coefficient de ruissellement évaluer entre 20% à 100%.
- Les valeurs limites imposées de la pente moyenne I : 0.2% à 5%.

1.2 Méthode rationnelle

Cette méthode est utilisée pour des surfaces relativement faibles (généralement inférieur à 10 hectares), les résultats sont encore meilleur compte elle appliquer pour des toitures et cours c.à.d. pour des petites surfaces. Le débit déterminer est proportionnelle à l'intensité moyenne des pluies, au coefficient de ruissellement est à l'aire balayer.

La méthode rationnelle est définie par la formule ci-dessous:

$$Q = \alpha \times C_r \times I \times A$$

A : surface draine en (hec).

I : intensité des pluies (l/s.hec).

α : coefficient réducteur de l'intensité.

C_r : coefficient de ruissellement.

1.3 Autres méthodes :

Les autres méthodes de calcul :

Les calculs des volumes de rétention se font au moyen de méthodes plus simplifiées (méthode des pluies) qui ne prennent pas en compte le fonctionnement hydraulique des ouvrages de rétention : il en résulte généralement de s sous-estimations des volumes. Il est rappelé ci-après les fondements de ces différentes méthodes.

a) ***La méthode des pluies :***

La première méthode utilisée pour le calcul des bassins de retenue des eaux pluviales en milieu urbain. Elle est connue sous les noms de « méthode hollandaise », « méthode des pluies » ou encore « méthode des courbes enveloppes ». Basée sur un débit de fuite du bassin de retenue, Q_{fuite} , supposé constant, elle utilise les courbes hauteur-durée-fréquence issues de l'analyse fréquentielle des hauteurs de pluie sur diverses durées, observées en un poste pluviographique particulier.

À partir de l'expression des courbes intensité-durée-fréquence (IDF) sous la forme dite « loi de Montana » :

$$i(t) = a \times t^b$$

Ou : $i(t)$ est l'intensité maximale moyenne sur la durée t et de période de retour T et a et b deux paramètres d'ajustement numérique dépendant également de T .

Il est possible d'utilisées les courbes hauteur-durée-fréquence, pour calculer le volume de la retenue, sous la forme :

$$h(t) = i(t) \times t = a \times t^{b+1}$$

Volume total du bassin de retenue (V_T) peut être déterminé analytiquement par la formule :

$$H_{Max}(T) = \left[\frac{B \times q_f}{1+b} \right] \times \left[\frac{q_f}{a(1+b)} \right]^{\frac{1}{b}}$$

Avec :

- H_{Max} : La hauteur maximale de stockage par unité de « surface active »,

- q_f : Le débit de fuite spécifique par unité de surface active, exprimé en (mm/h ou mm/min).

La surface active (S_{ac}) d'un bassin versant est définie par : $S_{ac} = S \times C_a$

Ou :

S : La surface du bassin versant drainé par le bassin de retenue,

C_a : Le coefficient d'apport à la retenue (Analogue à un coefficient de ruissellement).

C_a peut être de détermination délicate en particulier dans les cas de bassins versants faiblement urbanisés.

Le débit spécifique de fuite répond à : $q_f = \frac{Q_f (l/s)}{S \times C_a} \text{ en } (l/s.hac.ac)$.

Avec :

- Q_f : Débit de fuite du bassin en litre par seconde (l/s),

- q_f : Débit spécifique de fuite exprimé en litre par seconde par hectare actif (l/s .hac.ac) ou en mm par heure ($2,78 q_f$ (mm /h)) ou par minute ($167 q_f$ (mm/min)).

Le volume $H_{Max}(T)$ est obtenu en résolvant le système :

$$- H_{Max}(t) = h(t) - q_f \times t$$

$$- \frac{dH_{Max}(t)}{dt} = 0 \text{ ou } \frac{dh(t)}{dt} = q_f$$

Le système précédent doit alors être résolu par approximations numériques successives.
NB : le volume total (V_T) du bassin de rétention calculer par cette méthode est sous-estimé

b) **La méthode des volumes :**

Du point de vue statistique, la méthode des volumes est parfaitement correcte. Les hypothèses retenues de débit de fuite Q_f constant. Pour une série d'épisodes pluvieux observés en un lieu donné, pour chaque épisode et chaque valeur de Q_f retenue, on réalise des échantillons de valeurs $H_i(Q_f)$ dont on étudie la distribution de fréquence.

-Cette méthode surestime les volumes dans la mesure où en utilisant directement les pluies, il n'est pas pris en compte le phénomène d'amortissement associé au ruissellement ;

Elle est établie, pour les régions climatiques et des périodes de retour de 2, 4, 10 et 20 ans, à partir de postes pluviométriques « représentatifs » de courtes séries.

c) ***La méthode de simulation du fonctionnement hydraulique de la retenue :***

Un niveau de protection de période de retour T ayant été choisi, le calcul du volume utile du bassin de retenue des eaux pluviales découle, théoriquement, de la résolution simultanée d'un ensemble d'équations que l'on peut résumer aux éléments suivants : Une équation de continuité s'écrivant :

$$\frac{dV_T(t)}{dt} = Q_{eT}(t) - Q_f(t)$$

Dans laquelle $V_T(t)$ est l'évolution en fonction du temps du volume de la retenue V de période de retour T, $Q_{eT}(t)$ étant l'hydrogramme de période de retour T entrant dans la retenue, $Q_f(t)$ l'hydrogramme sortant de la retenue.

Cette méthode absolument correcte présente de multiples inconvénients au nombre desquels le principal est celui du grand nombre de calculs inutiles et ce d'autant plus que T est grand.

La méthode des pluies: elle n'est pas juste d'un point de vue statistique et en considérant le débit de fuite Q_f constant, elle aboutit à des sous-estimations du volume des bassins de rétention.

La méthode des volumes : est la plus juste du point de vue statistique mais conduit à une surestimation des volumes. Elle n'intègre pas non plus la prise en compte de la variabilité du débit de fuite tout au long du remplissage du bassin.

La méthode de la simulation hydraulique des volumes, la plus juste du point de vue hydraulique, se heurte à la difficulté de la construction des hydrogrammes crue de projet et de leur signification statistique.

Chapitre 2 : Technique de drainage des eaux pluviales

La gestion des eaux pluviales a beaucoup évolué au cours des derniers temps notamment grâce au développement de « techniques alternatives ». Ces techniques, on pour principe soit le stockage dépressionnaire et l'infiltration le plus en amont possible,

soit la limitation du débit de pointe évacué vers le réseau par un stockage de temporisation. Il s'agit donc ici de montrer les solutions dites « alternatives », qui nécessitent peu ou pas de tuyaux. Ces techniques destinées à ralentir, voir à supprimer le ruissellement, aussi bien sur les toitures que sur les voiries, ils sont encore trop peu utilisées, malgré les avantages qu'elles présentent du point de vue quantitatif que qualitatif.

Les ouvrages suivant relèvent de cette « philosophie » :

- ❖ les chaussées à structure réservoir,
- ❖ les tranchées drainantes,
- ❖ les fossés et les noues,
- ❖ les bassins de rétention et d'infiltration,
- ❖ les toitures s-terrasses,

2.1- Chaussées a structure réservoir :

La chaussée qui comporte une couche d'au moins 10 cm d'épaisseur et constituée d'un matériau poreux ou drainant dont la porosité est supérieure à 15%. Ces aménagements supportent la circulation et sont majoritairement réalisés dans des zones d'activités commerciales ou des lotissements. Le revêtement peut être classique ou poreux.

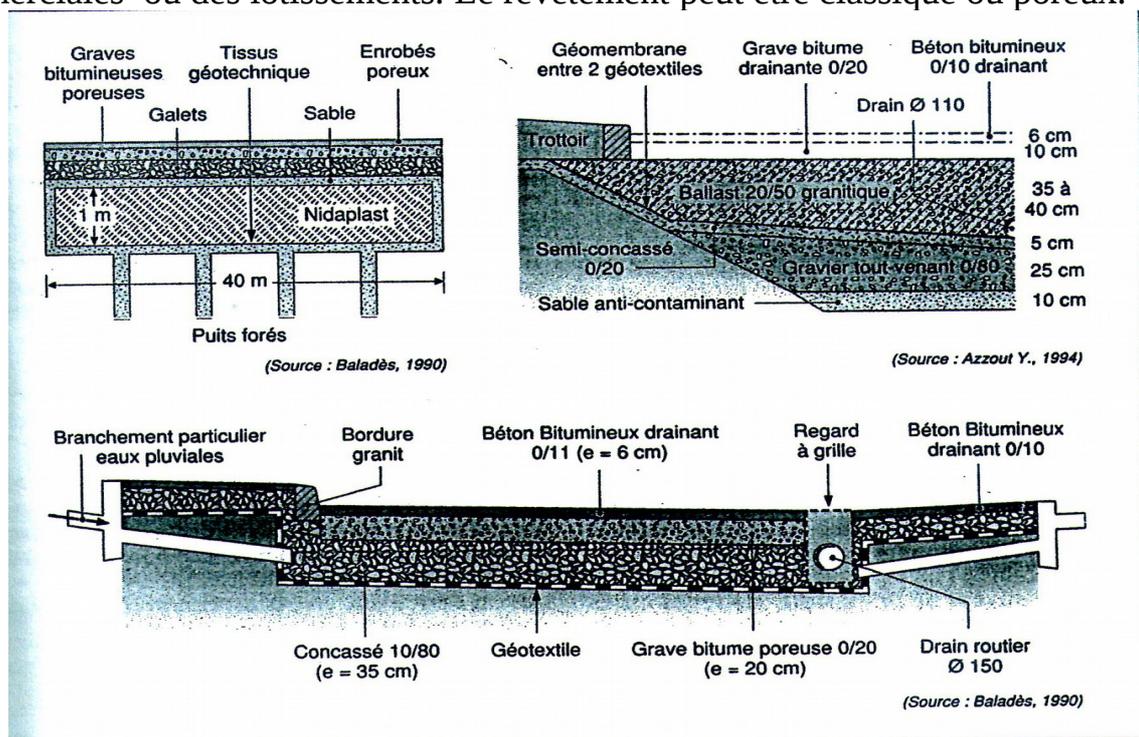


Figure : Constitution des chaussées réservoirs

Les dimensions de la couche drainante doivent permettre le stockage d'un volume bien déterminé qui s'appelle volume de rétention.

Volume de rétention de la chaussée drainante : $V = \eta \times S \times h$

η : porosité du matériau, S: Surface du drain (m²), h: Epaisseur ou Hauteur du drain (m).

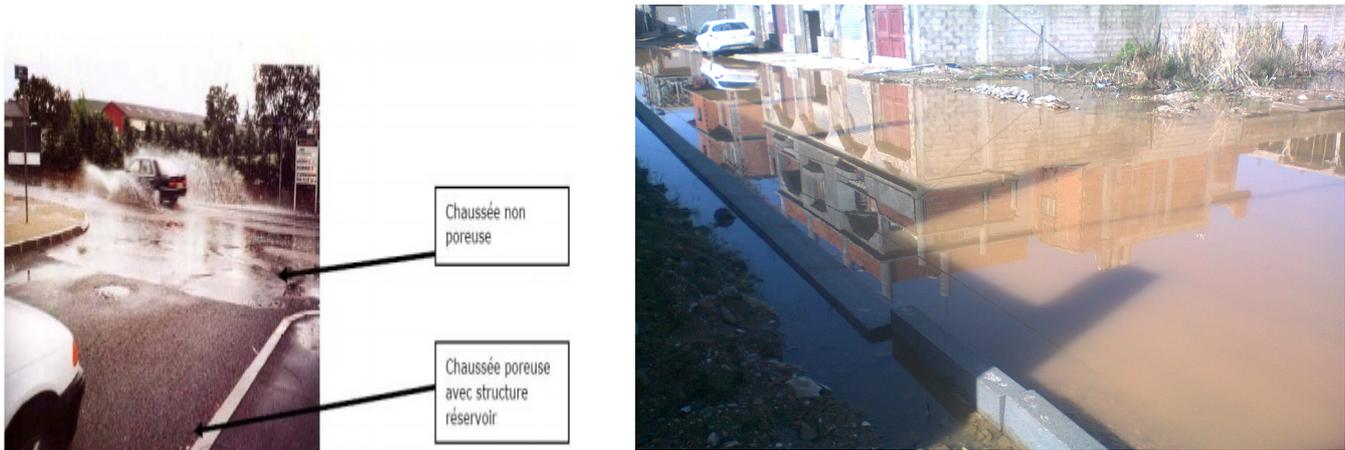


Figure : Chaussées poreuse et non poreuse (lotissement)

2.2- Tranchées drainantes :

Un ouvrage de forme rectangulaire remplis de matériaux granulaires permettant un stockage des eaux. Généralement le remplissage se fait direct par ruissellement ou par une conduite de cheminement. Les eaux stockées occupent les vides et les interstices des matériaux poreux. Evacuation des eaux stockées se fait par infiltration dans le sol, et au besoin par un réseau de drainage, à un débit régulé.

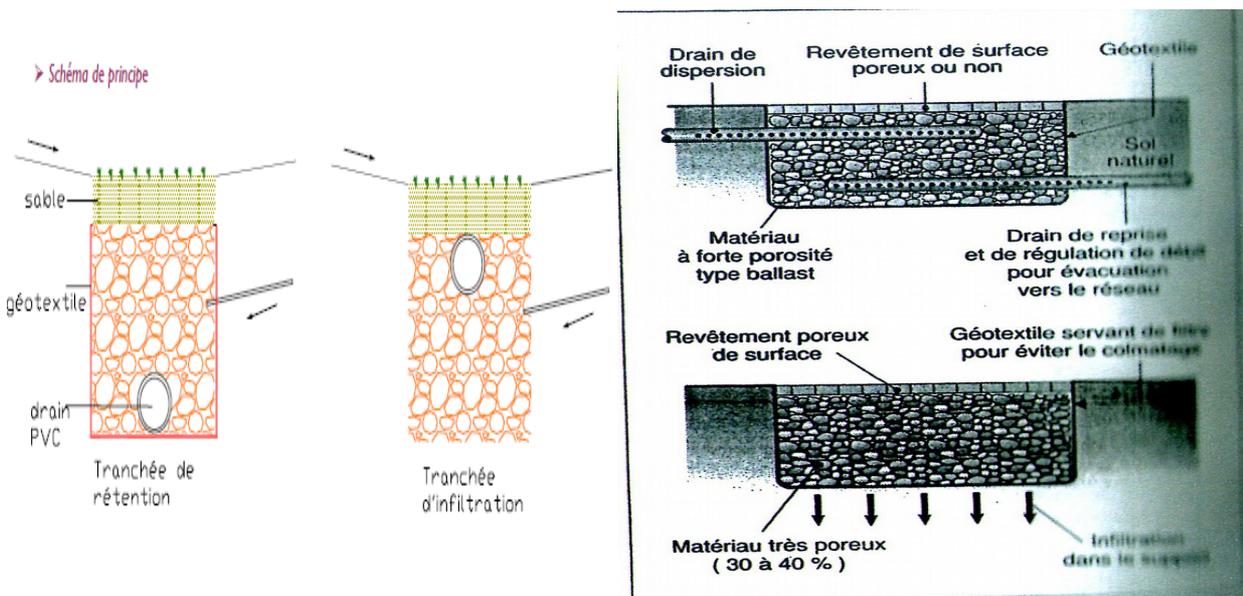


Figure : Cas d'une tranchée de rétention et d'infiltration

Les dimensions de la tranchée doivent répondre aux besoins de stockage.

• Volume de rétention de la tranchée : $V = \eta \times S \times L$

Ou: η : porosité du matériau, S : surface transversal de la tranchée (m^2), L : longueur de la tranchée (m).

Calcul du débit d'infiltration

Le débit d'infiltration est donné par la formule suivante : $Q_{inf} = \varphi \times K \times S$

Avec :

Q_{inf} : Débit d'infiltration de l'ouvrage en (m^3/s), φ : Facteur de sécurité égal à 50%,

K : Coefficient de perméabilité retenu en m/s, S : Superficie d'infiltration en m².

2. 3- Noues et fossés :

Les noues sont des fossés élargis et peu profonds. Leurs remplissage se fait directement par les eaux pluviales ruisselées ou acheminé par une conduite, ces eaux recueillies sont stockées à l'air libre. L'évacuation des eaux stockées par infiltration dans le sol, évaporation dans l'air et par un réseau de drainage avec un débit régularisé pour des besoins nécessaires.



Figure : Cas des noues de rétention et d'infiltration

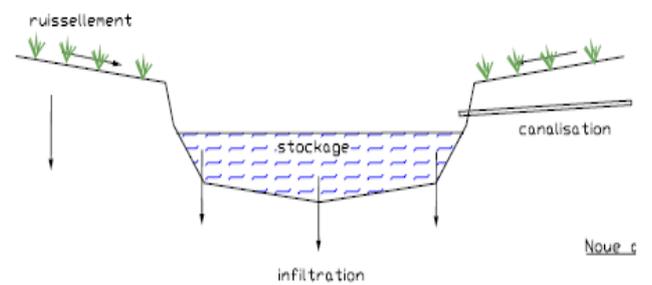
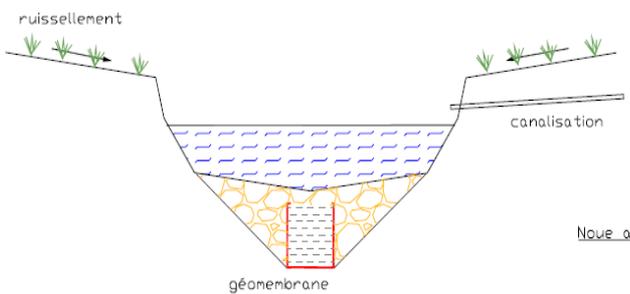


Figure : 1-Noues avec massif filtrant

2- Noues d'infiltration

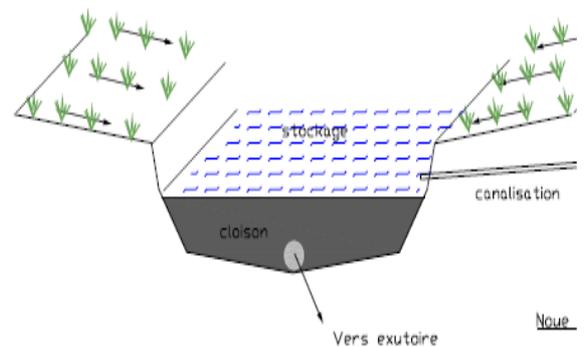


Figure : Cas des noues de rétention

Les dimensions des noues doivent répondre au volume stocké :

$$\text{Volume de rétention } V = S_{PHE} \times \frac{h}{2}$$

Ou: S : surface de plus haute eaux (m²), h: la hauteur d'eau dans le noue (m).

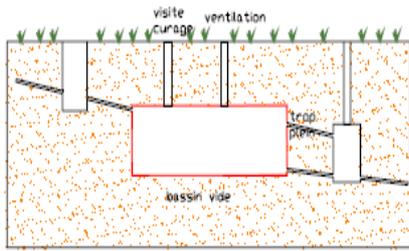
$$\text{Débit de vidange : } Q = m \times V \times S$$

Avec :

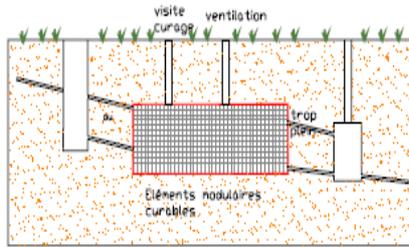
Q : débit de fuite ; m= 0,62 (coefficient de Borda) ; V : vitesse en m/s, S : section de l'orifice (m²).

2. 4- Les bassins de rétention enterrés

Ce sont des ouvrages souterrains de stockage des eaux de pluie, avec un système de vidange régulée. Pour une utilisation à grande échelle sous des espaces verts, des voiries ou des parkings, ou pour la rétention de petits volumes chez les particuliers. Les eaux sont stockées puis évacuées vers un exutoire.



bassin de rétention enterré visitable
(buses ou cuves béton ou métalliques)



bassin de rétention enterré curable
(éléments modulaires en plastique)



Figure : Bassins de rétention enterrée



Figure : Bassins de rétention en terrée à ciel ouvert

Calcul du volume de rétention $V = \eta \times S \times h$

Avec η : porosité du matériau, S : surface du bassin suivant sa forme (m^2), h : hauteur maximal d'eau dans le bassin (m).

Débit de vidange : $Q = m \times V \times S$

Avec :

Q : débit de fuite ; $m = 0,62$ (coefficient de Borda) ; V : vitesse en m/s, S : section de l'orifice (m^2).

Pour le cas d'un bassin d'infiltration, le débit d'infiltration est donné par la formule suivante : $Q_{inf} = \varphi \times K \times S$

Avec :

Q_{inf} : Débit d'infiltration de l'ouvrage en (m^3/s), φ : Facteur de sécurité égal à 50%,

K : Coefficient de perméabilité retenu en m/s, S : Superficie d'infiltration en m^2 .

2. 5-Puits d'infiltration

Ce sont des ouvrages de profondeur variable, permettant un stockage et une évacuation directe des eaux pluviales (les eaux de toitures) vers le sol. Le remplissage des puits se fait par des conduites d'alimentation ou par ruissellement. En amont du puits on prévoit un ouvrage de décantation, le stockage des eaux dans le puits est temporaire, leur évacuation est directement par infiltration dans le sol. Le puits d'infiltration (ou puisard) assure le stockage des eaux pluviales et l'infiltration des eaux dans le sol. Sa profondeur doit être située à 1 m minimum du toit de la nappe phréatique. Une étude de sol est cependant nécessaire pour s'assurer une perméabilité du terrain suffisante ($10^{-5} < K$).

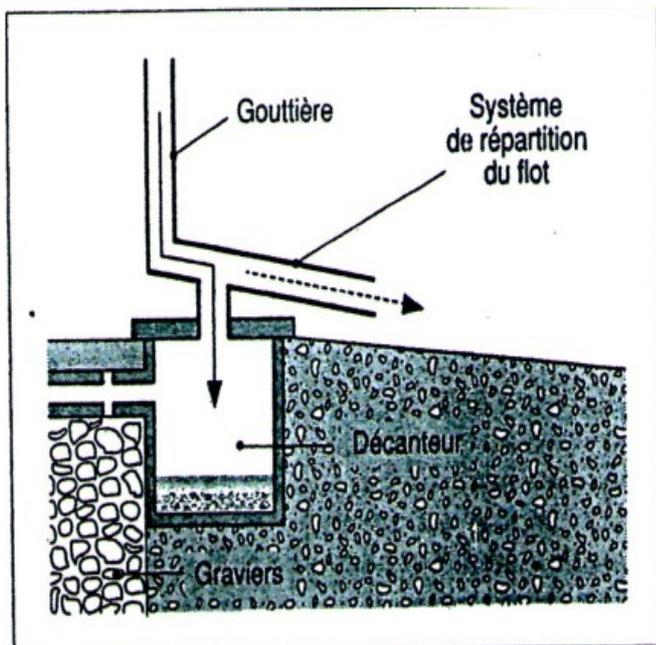


Figure : 1-Puits d'infiltration en descente de gouttière 2- Puisard en buse de béton perforées

Le puisard est constitué de buses en béton perforées de un mètre de diamètre, entourées de cailloux concassés de gros calibre (ballast) enfouis au sein d'un géotextile afin de pallier l'infiltration de fines depuis le terrain naturel. Le volume de « ballast » enrobant

les buses est généralement de 50 cm sur l'ensemble du périmètre et en fond de fouille, cependant cette épaisseur peut être adaptée pour augmenter la capacité de stockage. Un tampon de visite et une échelle permettent d'accéder à ce puisard afin d'en assurer son entretien. Le puisard doit être situé à 3 mètres minimum des habitations et des arbres.

2. 6-Toits stockant

Les toitures ou terrasses, ce sont des toits plats de pente nulle ou faible, aménagés avec des garde-fous sur le pourtour permettant un stockage temporaire des eaux de pluie.

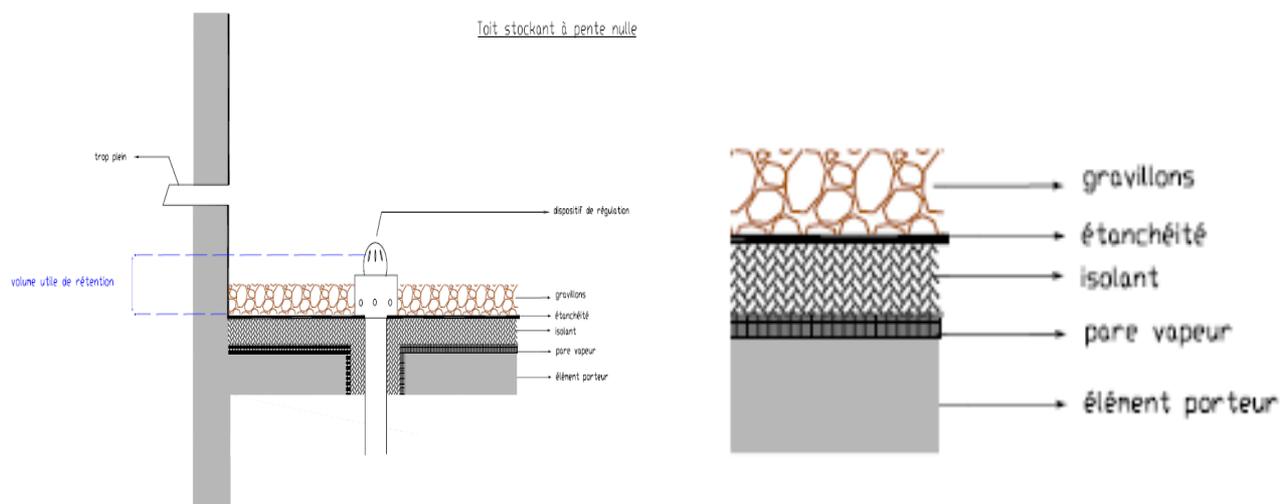
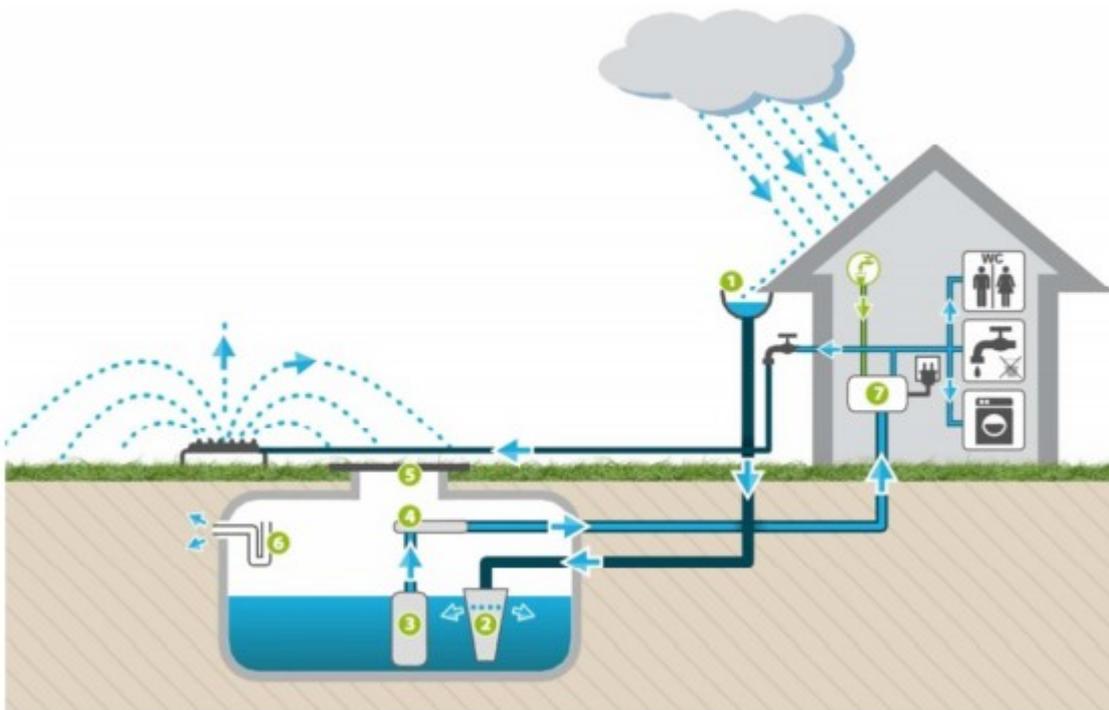


Figure : Toit stockant en pente nulle

2. 7- Cuve de récupération enterrée :

L'eau récupérée peut être utilisée pour les usages suivants : WC, lave-linge, arrosage du jardin, remplissage de la piscine, nettoyage des surfaces, lavage des véhicules, sous réserve de création d'un réseau spécifique. Ces eaux doivent en effet circuler obligatoirement dans des réseaux différents, muni d'un système de dis-connexion permettant d'éviter toute pénétration d'eau de pluie dans le réseau d'eau de ville



Le principe de fonctionnement de la cuve de récupération d'eau : L'eau de pluie est acheminée par les gouttières (1) vers une citerne pour y être traitée via le système de filtration(2). L'eau de pluie filtrée est stockée en attendant d'être utilisée. Une pompe de refoulement(3) permet l'exploitation de cette eau. Les eaux sont ensuite acheminées dans le réseau d'eau de la maison (4) via le gestionnaire d'eau de pluie (7).

Références Bibliographiques:

1. **CHOW V.T., MAIDMENT D.R., MAYS L. W.**, 1988, Applied hydrology. McGraw-Hill, New-York.
2. **LABORDE J.P.**, 2000, Éléments d'hydrologie de surface. Université de Nice - Sophia Antipolis.
3. **BERTRAND-KRAJEWSKI J. L., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G.**, Mesures en Hydrologie Urbaine et Assainissement, Editions Tec et Doc Lavoisier, 2000, 792 p. ISBN 2-7430-0380-4.
4. **AZZOUT Y., BARRAUD S., CRES F. N., ALFAKIH E.**, Techniques alternatives en assainissement pluvial, Editions tec et Doc Lavoisier, 1994, 372 p. ISBN 2-85206-998-9
5. DDTM34 /**Guide méthodologique** pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement
TOME 2 : Méthodes d'investigation et de dimensionnement.
6. **Guide technique de l'assainissement** « groupe Moniteur (Editions du Moniteur), Pars 2006.

7. ie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement, coordination B. Chocat et Eurydice 92, Editions Tec et Doc Lavoisier, 1997, 1124 p. ISBN 2-7430-0126-7.
8. □ Mesures en Hydrologie Urbaine et Assainissement, J.-L. Bertrand-Krajewski, D. Laplace, C. Joannis, G. Chebbo, Editions Tec et Doc Lavoisier, 2000, 792 p. ISBN 2-7430-0380-4.

11. □ Techniques alternatives en assainissement pluvial, Y. Azzout, S. Barraud, F.-N. Cres, E. Alfakih, Editions tec et Doc Lavoisier, 1994, 372 p. ISBN 2-85206-998-9
12. Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement, coordination B. Chocat et Eurydice 92, Editions Tec et Doc Lavoisier, 1997, 1124 p. ISBN 2-7430-0126-7.
13. □ Mesures en Hydrologie Urbaine et

Assainissement, J.-L.
Bertrand-Krajewski, D.
Laplace, C.

16. Joannis, G. Chebbo,
Editions Tec et Doc
Lavoisier, 2000, 792 p.
ISBN 2-7430-0380-4.

17. □ Techniques alternatives
en assainissement pluvial,
Y. Azzout, S. Barraud, F.-N.
Cres, E.

18. Alfakih, Editions tec et
Doc Lavoisier, 1994, 372
p. ISBN 2-85206-998-9

19. Encyclopédie de
l'Hydrologie Urbaine et de

- l'Assainissement,
coordination B. Chocat et
Eurydice 92, Editions Tec
et Doc Lavoisier, 1997,
1124 p. ISBN 2-7430-
0126-7.
- Mesures en Hydrologie
Urbaine et
Assainissement, J.-L.
Bertrand-Krajewski, D.
Laplace, C.
- Joannis, G. Chebbo,
Editions Tec et Doc
Lavoisier, 2000, 792 p.
ISBN 2-7430-0380-4.
- Techniques alternatives
en assainissement pluvial,

Y. Azzout, S. Barraud, F.-N. Cres, E.

24. Alfakih, Editions tec et Doc Lavoisier, 1994, 372 p. ISBN 2-85206-998-

25. Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement, coordination B. Chocat et Eurydice 92, Editions Tec et Doc Lavoisier, 1997, 1124 p. ISBN 2-7430-0126-7.