

**LES TECHNIQUES ALTERNATIVES
EN ASSAINISSEMENT PLUVIAL**

INTERVENANT: Dr Moncef CHABI

**Utilisation des techniques alternatives en
assainissement
HISTORIQUE**

Pourquoi un assainissement alternatif ?

Atteintes des limites de l'assainissement classique

- Gestion de débits plus importants
- Augmentation des diamètres des canalisations
- Développement de l'urbanisation

Conséquences de l'assainissement classique

- Inondation
- Pollution
- Nappes non alimentées

Emploi des techniques alternatives se rapprochant au mieux du cycle naturel de l'eau

**Des principes simples à observer pour la
gestion des eaux pluviales**

Ces principes sont préconisés dans le référentiel « La ville et son assainissement ».

- Déconnecter les eaux pluviales des réseaux
- Retenir l'eau au plus près de la goutte d'eau et favoriser l'infiltration
- Intégrer l'eau dans l'urbanisme
- Prendre en compte la gestion dans la conception des ouvrages.



**Les techniques alternatives en
assainissement pour la gestion des eaux
pluviales**

En zone urbaine

Les contraintes des zones urbaines pour l'assainissement au sens large sont essentiellement :

- Faible disponibilité spatiale
- Réseaux urbains saturés
- Contraintes d'hygiène forte

Les bassins de retenue

CADRE REGLEMENTAIRE INT de 1977 , T = 10 ans

Base de dimensionnement

L'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement nous donne la base de dimensionnement des ouvrages de retenue.

Définition

Les bassins de retenue sont des ouvrages destinés à régulariser les débits reçus de l'amont afin de restituer à l'aval un débit compatible avec la capacité de transport de l'exutoire

**Les bassins de retenue :
Dimensionnement hydraulique**

**Principes de
fonctionnement**

Au niveau des principes, ces ouvrages sont à considérer selon trois fonctions :

- écrêtement des pointes d'orage
- rétention temporaire destinée à maîtriser les débordements
- restitution des volumes stockés à faible débit

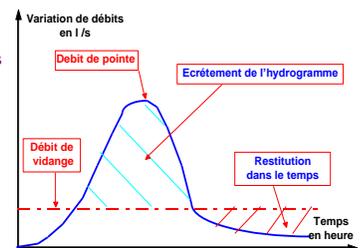


Schéma du mécanisme de la retenue

Les bassins de retenue : Dimensionnement hydraulique

Méthodes de calcul :

- *méthode dite « des pluies » (recommandée)
- *méthode dite « des volumes »

Hypothèses de calcul :

Le calcul suppose :

- que la période de retour soit fixée
- que le débit de fuite admissible soit fixé
- que ce débit de fuite reste constant
- que la surface du bassin versant ainsi que son coefficient d'apport soient connus

Les bassins de retenue : Dimensionnement hydraulique

Calcul du coefficient d'apport (Ca)

Il permet de mesurer le rendement de la pluie.

Son évaluation reste délicate.

On peut considérer pour un bassin versant urbain que Ca est équivalent au coefficient de ruissellement pondéré de la zone d'étude.

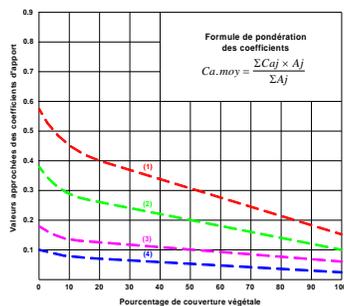
Pour la reprise d'un bassin versant naturel, la détermination du Ca passe par l'utilisation d'un nomogramme.

Les bassins de retenue : Dimensionnement hydraulique

Calcul du coefficient d'apport en milieu rural (Ca)

Pour l'utilisation du nomogramme, on divise le bassin en éléments homogènes auxquels on affecte des Ca en fonction de la nature géologique des sols et du pourcentage de boisement

- (1) Sols imperméables
- (2) Sols plutôt imperméables
- (3) Sols plutôt perméables
- (4) Sols perméables



Les bassins de retenue : Dimensionnement hydraulique

Calcul de la surface active (Sa)

La surface active du bassin versant est donnée par la formule :

$$Sa = Ca \times S$$

avec :

- S surface du bassin versant considéré en ha
- Sa surface active en ha
- Ca coefficient d'apport

Dimensionnement hydraulique Le débit de fuite

Le débit de fuite est souvent imposé par des contraintes de rejet fixées par les gestionnaires de réseaux ou les services de l'État (MISE).

Exemple : $qf = 2$ l/s/ha

Il peut aussi être lié à la capacité des cours d'eau ou des réseaux en aval (nécessité de la connaissance du fonctionnement hydrologique ou du réseau de la collectivité).

L'infiltration est souvent préférable mais :

- o Le sol doit permettre l'infiltration
- o Il ne faut pas de sensibilité particulière aux eaux souterraines

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE L'infiltration

Aptitude d'un sol à l'infiltration :

Connaissance de la pédologie du site

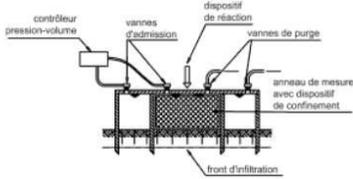
Mesure de la perméabilité du sol k en m/s

- Essai double anneau
- Essai Lefranc / Porchet

Pour les sols peu perméables, la perméabilité est mesurée par essai oedométrique.

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE L'infiltration

Essai double anneau
Diamètre anneau interne ≥ 30 cm
Cet essai s'effectue en surface

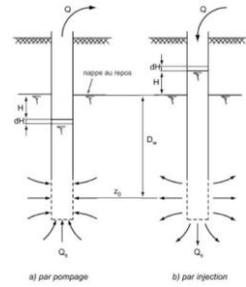


les techniques alternatives 13

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE L'infiltration

Essai LEFRANC, PORCHET,
LUGEON...

Permet de connaître la
perméabilité du sol à
différentes profondeurs



les techniques alternatives 14

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE L'infiltration

Débit de fuite par infiltration : Loi de Darcy

vitesse d'infiltration :

$$V = k \times \frac{dh}{ds}$$

avec un gradient hydraulique égal à 1, il vient :

$$Q_f = K \times S$$

Qf en m³/s S en m² K en m/s

Par exemple, un terrain ayant une perméabilité de 10⁻⁵ m/s, donnera pour une surface de contact au sol de 1000 m² un débit de fuite de 0,01 m³/s soit 10l/s.

les techniques alternatives 15

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE Méthode des pluies

Méthode des « pluies »

On se fixe la fréquence des pluies contre lesquelles on veut se protéger. On suppose le débit de fuite Qf constant. Le volume évacué à l'exutoire pendant un temps t est donc :

$$V1 = 3600 \times Qf \times t$$

ce qui correspond à une hauteur d'eau H évacuée en fonction du temps par hectare de surface active du bassin versant :

$$H = \frac{360 \times Qf \times t}{S \times Ca}$$

avec : hauteur d'eau H évacuée en mm Qf en m³/s S en hectare t en heure
On peut alors reporter sur le graphique des courbes enveloppes la droite d'équation H(t) donnant en fonction du temps la hauteur d'eau évacuée.

les techniques alternatives 16

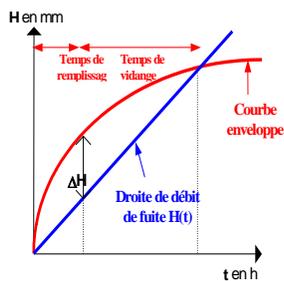
DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE Méthode des pluies

Méthode des « pluies »

La différence d'ordonnées entre cette droite et la courbe enveloppe de durée de retour T donne à chaque instant la hauteur de pluie stockée ; l'écart maximal H entre ces ordonnées correspond au volume à donner au bassin soit :

$$Vu \text{ (m}^3\text{)} = 10 \times H \text{ (mm)} \times Sa \text{ (ha)}$$

Cette méthode permet une approche du temps de remplissage et du temps de vidange par lecture directe sur le graphique.



les techniques alternatives 17

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE Méthode des pluies

Application de la méthode des pluies : Méthode numérique

Calcul de t_{max} :

$$\frac{d(h(t) - q_s \cdot t)}{dt} = 0$$

$$t = \left(\frac{60000 \times Q_f}{S_a \times a \times (1-b)} \right)^{\frac{-1}{b}}$$

Avec :
t en minutes Q_f en m³/s S_a en m²

$$i = a \times t^{-b} \quad i \text{ en mm/min}$$

Attention : t doit être compris dans l'intervalle de validité de a,b

les techniques alternatives 18

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Méthode des pluies

D'où le volume de stockage nécessaire (avec Q_f constant) :

$$V = S_a \times \frac{a \times t^{1-b}}{1000} - 60 \times Q_f \times t$$

t en minutes Q_f en m^3/s S_a en m^2

$i = a \times t^{-b}$ i intensité de pluie en mm/min
 t durée de pluie en minutes

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Méthode des volumes

On transforme le débit de fuite Q en hauteur équivalente q (en mm/h) répartie sur la surface active par la formule :

$$q = \frac{360 \times Q_f}{S_a}$$

en mm/h
en hectare
débit de fuite en m^3/s

On se rapporte à l'abaque A.b.7. et on trace une verticale au niveau du débit de fuite q .

Cette verticale coupe la courbe de l'abaque qui correspond à la région et à la période de retour choisie.

On trace l'horizontale à partir de cette intervention et on lit en ordonnée la capacité spécifique de stockage ha (en mm).

Le volume utile de retenue est alors :

$$Vu = 10 \times ha \times Sa$$

Vu en m^3
ha en mm
Sa en hectares

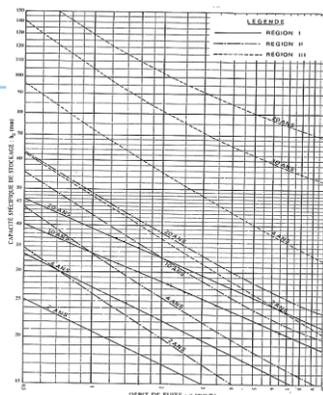
DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Méthode des volumes

Abaque Ab.7

Traduction mathématique pour région I avec une période de retour décennale
 $V = 74,247 Q_f^{0,257} \cdot S_a^{1,257}$
 avec Q_f en m^3/s
 S_a en ha
 V en m^3

Cet abaque ne doit plus être utilisé car les données pluviométriques n'ont pas été actualisées.



DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

LIMITES D'UTILISATION DE LA METHODES

La méthode des pluies utilise des courbes enveloppes définies à partir de courbes IDF en fonction de données locales pluviométriques.

La méthode des volumes ne définit que 3 régions pluviométriques et ne prend pas en compte la pluviométrie locale. Cette méthode n'est plus recommandée (données pluviométriques non actualisées)

Ces méthodes sont applicables pour des surfaces de bassins versants de taille modeste < 200 à 300 ha.

La méthode des débits consiste à simuler les écoulements au travers de modèles mathématiques (logiciels de calcul) et n'a pas de contrainte de surface.

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

REGULATION DU DEBIT SORTANT

Il existe plusieurs possibilités :

- mise en place d'un orifice calibré,
- installation d'un régulateur de débit,
- régulateur par vortex...

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

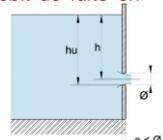
DIMENSIONNEMENT D'UN ORIFICE CALIBRE

Il s'agit d'un simple ajutage délivrant un débit de fuite en fonction d'une hauteur d'eau amont

Formules utilisées :

$$Q_f = \mu \times S \times \sqrt{2gh} \quad \text{soit} \quad S = \frac{Q_f}{\mu \sqrt{2gh}}$$

avec : Q_f = débit de fuite en m^3/s
 μ = coefficient de contraction égal à 0,5 à 0,8
 S = Surface de l'orifice en m^2
 h = hauteur moyenne de charge en m
 g = accélération de la pesanteur soit $9,81 \text{ m.s}^{-2}$



DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

DIMENSIONNEMENT D'UN ORIFICE CALIBRE

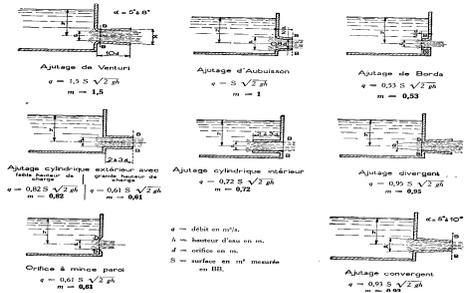
Le diamètre de l'orifice calibré est obtenu en utilisant les formules suivantes:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{d'où} \quad D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

avec D : diamètre de l'orifice calibré en m
 S : surface de l'orifice calibré en m²

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Variation de μ selon la forme de l'ajutage



ORIFICE CALIBRE



DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

REGULATEUR DE DEBIT

Il s'agit d'un appareil couramment utilisé, permettant de contrôler le débit de fuite à une valeur constante.

Il existe différents types de régulateurs :

- la prise d'eau s'effectue en surface par un avaloir maintenu par des flotteurs
- la régulation est réalisée par un obturateur à flotteur

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Remarques :

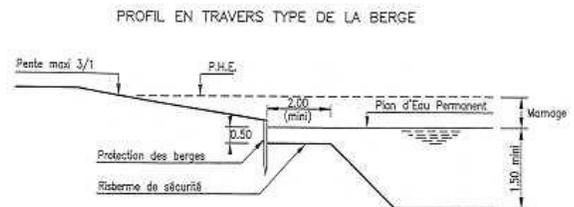
- Le régulateur de débit permet d'obtenir un débit de fuite constant dès le début de l'épisode pluvieux.
- Par contre, pour un orifice calibré, le débit de fuite varie selon la charge d'eau dans le bassin. Pour tenir compte de ce problème, on majore le volume utile.

$$V = Vu \times 1,23 \quad \text{* ou} \quad \Omega = \left(\frac{1}{1+\alpha} \right)^{\frac{b-1}{b}}$$

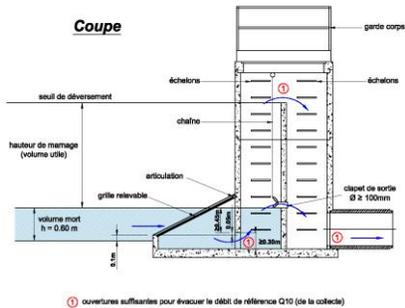
* formule utilisable en région I uniquement

Profil hydraulique d'un bassin de retenue en eau ouvert au public

SCHEMA DE PRINCIPE

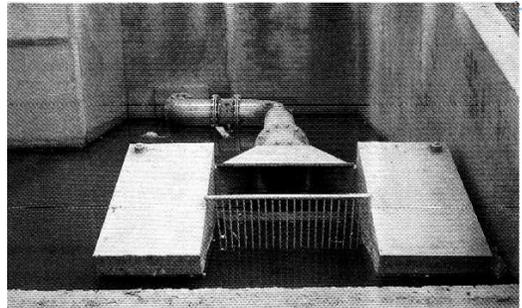


Coupe type d'un ouvrage de sortie muni d'un orifice calibré



les techniques alternatives 31

Régulateur de débit à seuil flottant



les techniques alternatives 32

Obturateur variable à flotteur



les techniques alternatives 33

Clapet de sortie (orifice calibré)



les techniques alternatives 34

Bassin en eau

BASSIN DE RETENUE (technopôle Montesquieu à la Brède (33))



les techniques alternatives 35

Les techniques alternatives possibles ...autres que les bassins de retenue

- **Pourquoi un assainissement alternatif ?**
 - Pour éviter les bassins et les réseaux enterrés
 - Avoir des techniques moins chères et moins lourdes
 - Redonner si possible l'eau à la surface qui la reçoit (infiltration des eaux de chaussée)

les techniques alternatives 36

Les techniques alternatives possibles ...autres que les bassins de retenue

Les principaux avantages

- Souvent moins onéreuses que les techniques d'assainissement classiques ou pour un prix équivalent donne une protection supérieure
- Intimement liées à l'aménagement (bonne utilisation paysagère : noues)

les techniques alternatives 37

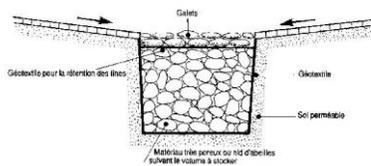
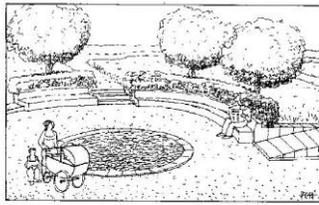
Les techniques alternatives possibles ...autres que les bassins de retenue

Les principales techniques utilisées sont :

- les puits d'absorption
- les tranchées d'infiltration
- les fossés et les noues
- les toits stockants
- le stockage à la parcelle
- les conduites stockantes
- les chaussées réservoir

les techniques alternatives 38

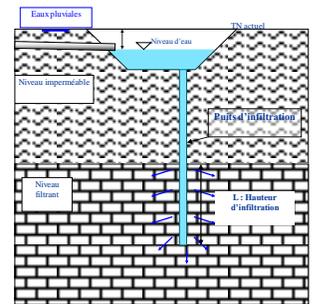
Les puits d'infiltration



les techniques alternatives 39

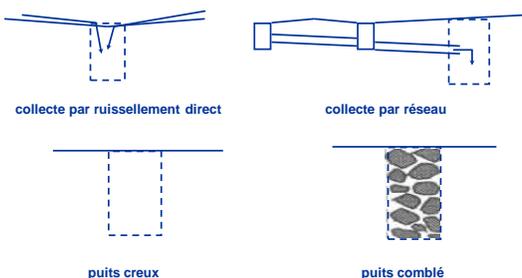
Les puits d'infiltration

En zone urbaine :
Le puits d'infiltration est utilisable :
Dans le cas d'absence ou d'éloignement d'exutoire éloigné
Pour les eaux de toitures d'un lotissement



les techniques alternatives 40

Les puits d'infiltration Principe des dispositifs de mise en place



les techniques alternatives 41

Les puits d'infiltration Choix des matériaux

- cailloux, graviers, granulats concassés à forte porosité (30 %)
- crépine ou buse perforée



les techniques alternatives 42

Les puits d'infiltration



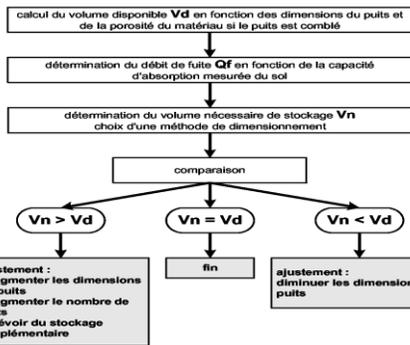
les techniques alternatives 43

Les puits d'infiltration

- **Avantages :**
 - Diminution des réseaux à l'aval du projet
 - Pas d'emprise foncière
 - Bonne intégration dans un tissu urbain
 - Pas de contraintes topographiques
- **Inconvénients :**
 - Colmatage
 - Entretien régulier
 - Capacité de stockage limitée
 - Tributaire de la capacité d'infiltration du sol encaissant
 - Risque de pollution de nappe : à éviter pour les aménagements routiers.

les techniques alternatives 44

Les puits d'infiltration Démarche de dimensionnement



les techniques alternatives 45

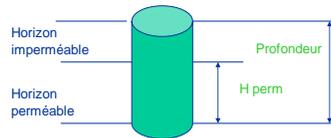
Les puits d'infiltration Dimensionnement hydraulique

1. Détermination du débit de fuite

Le débit de fuite est considéré constant

$$Q_s = S \times q_{as}$$

Avec : Q_s débit en m^3/s , S surface intérieure permettant l'infiltration en m^2 , q_{as} capacité d'absorption du sol en $m^3/s/m^2$,



$$S_{perm} = 2 \times \pi \times R \times H_{perm}$$

par sécurité on prend les $\frac{3}{4}$ de S_p si aucune précaution de traitement ou $\frac{1}{2}$ de S_p si en + aucun entretien

les techniques alternatives 46

Les puits d'infiltration Dimensionnement hydraulique

2. Estimation du volume nécessaire

Méthode simplifiée

$$V_n = \frac{\max(V_{entré}(t) - V_{sorti}(t))}{n}$$

Avec : $V_{entré}$ volume d'eau drainée en m^3 , V_{sorti} volume d'eau sorti du puits au temps t en m^3 et n porosité du matériau

3. Détermination des dimensions du puits

Il suffit de comparer le volume géométrique (V_g) du puits au volume nécessaire (V_n) avec :

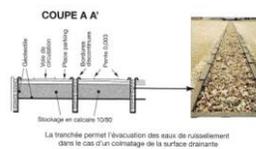
$$V_n \geq V_g = \pi \times R^2 \times p$$

p correspond à la profondeur

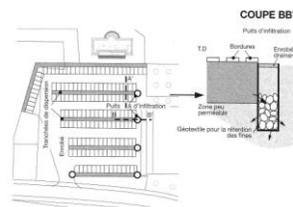
les techniques alternatives 47

Les puits d'infiltration

Exemple de réalisation :



La tranchée permet l'évacuation des eaux de ruissellement dans le cas d'un colmatage de la surface drainante



Parking de centre commercial sur la région de BORDEAUX

les techniques alternatives 48

Les tranchées d'infiltration ou de rétention

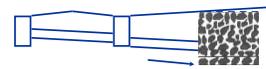


Tranchée longeant une voirie de lotissement sous une couche d'enrobé

Les tranchées d'infiltration ou de rétention Principe des dispositifs de mise en place



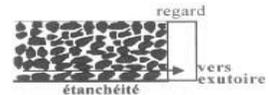
collecte par ruissellement direct



collecte par réseau



Tranchée d'infiltration



Tranchée de rétention

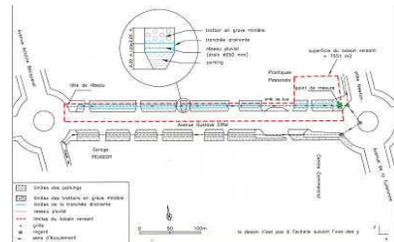
Les tranchées d'infiltration ou de rétention



Les tranchées d'infiltration ou de rétention

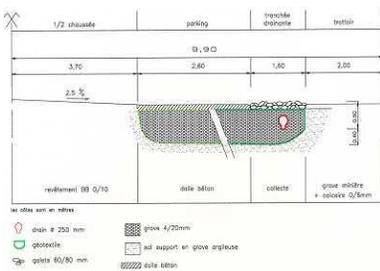
• Tranchée drainante Avenue G. Eiffel

Cette ZAC de l'agglomération bordelaise reçoit un trafic très important. Construite en 1986, cette tranchée drainante a été suivie et « autopisée » après plus de 10 ans de fonctionnement.



Les tranchées d'infiltration ou de rétention

• Coupe transversale de principe Avenue G. Eiffel



Les tranchées d'infiltration ou de rétention

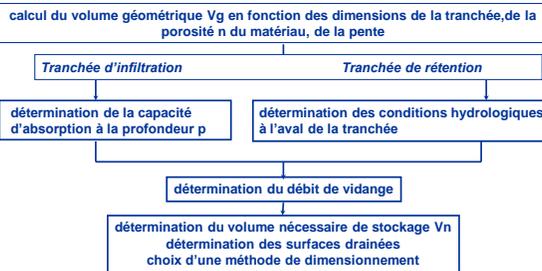
• Avantages :

- Diminution des réseaux à l'aval du projet
- Pas d'emprise foncière
- Gain financier à l'aval et peu coûteux
- Bonne intégration dans le tissu urbain
- Pas besoin d'exutoire
- Mise en œuvre facile

• Inconvénients :

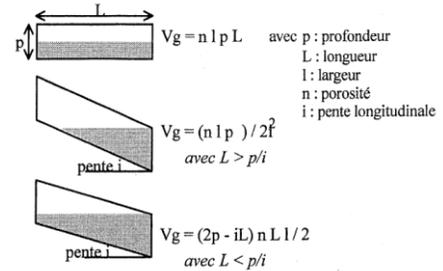
- Colmatage
- Entretien régulier
- Contrainte dans les fortes pentes
- Contrainte liée à l'encombrement du sous-sol
- Risque de pollution de nappe dans le cas d'infiltration : à éviter pour les aménagements routiers
- Utiliser la tranchée de rétention étanche

Les tranchées d'infiltration ou de rétention Démarche de dimensionnement



les techniques alternatives 55

Les tranchées d'infiltration ou de rétention Détermination du volume géométrique



les techniques alternatives 56

Les tranchées d'infiltration ou de rétention Détermination du débit de vidange

- En cas d'une tranchée d'infiltration

$$Q_s = S \times q_{as}$$

Avec : Q_s débit de vidange en m^3/s , S surface active contribuant à l'évacuation en m^2 , q_{as} capacité d'absorption du sol en m^3/m^2 ,

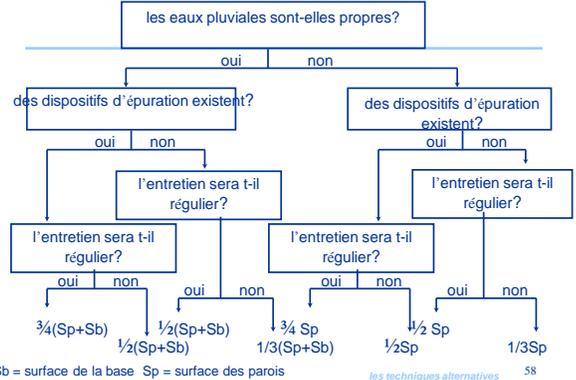
La surface participant à l'infiltration dépend de la nature des eaux pluviales, de l'existence de dispositifs de décantation situé en amont et de l'entretien prévu (idem puits).

- En cas d'une tranchée de rétention

Régulation du débit de vidange généralement par un orifice calibré

les techniques alternatives 57

Les tranchées d'infiltration Démarche de dimensionnement



les techniques alternatives 58

Les tranchées d'infiltration ou de rétention Détermination du dimensionnement

- Estimation du volume nécessaire

$$V_n = \frac{\max(V_{entré}(t) - V_{sorti}(t))}{n}$$

Avec : $V_{entré}$ volume d'eau drainée en m^3 , V_{sorti} volume d'eau sortie de la tranchée au temps t en m^3 et n porosité du matériau de remplissage

- Détermination des dimensions de la tranchée

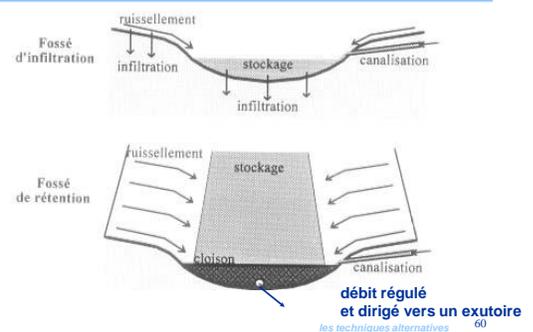
Il suffit de comparer le volume géométrique (V_g) de la tranchée au volume nécessaire (V_n) et vérifier :

$$V_n \geq V_g$$

Pour le cas d'une tranchée, il faut jouer sur : la largeur, la profondeur, la longueur, la porosité des matériaux

les techniques alternatives 59

Fossés et noues



les techniques alternatives 60

Fossés et noues - Étude hydraulique

- $Q_s = K.S$
- $S_a = \text{Surf imperméable} + \text{Surf noue}$
- méthode des pluies
- détermination de la profondeur de la noue ; en fonction de la longueur et de la largeur disponibles

les techniques alternatives 61

Noues

Exemple en Allemagne de noues en espaces verts recevant les eaux de toitures



les techniques alternatives 62

Noue en eau

BELBEUF (76)
recueil des Eaux pluviales par des noues engazonnées



les techniques alternatives 63

Noue sèche

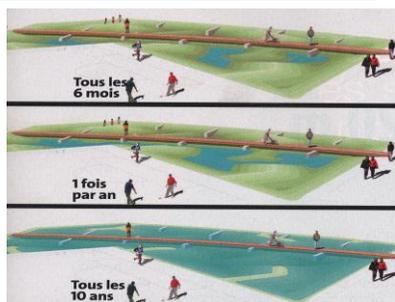
Autre exemple de noues engazonnées



les techniques alternatives 64

Noue sèche

Inondation de la zone en fonction de l'importance de l'événement pluvieux
T6mois à 10 ans



les techniques alternatives 65

Noue sèche

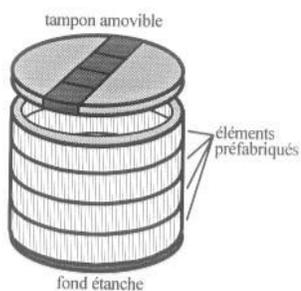
Réalisation concrète



les techniques alternatives 66

Stockage à la parcelle

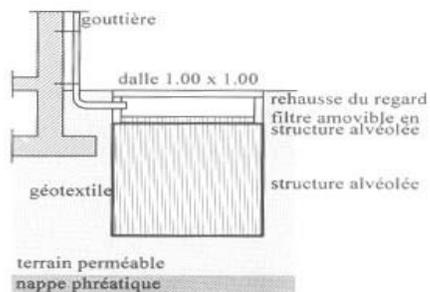
Technique adaptée au niveau de chaque parcelle : Citerne préfabriquée



les techniques alternatives 67

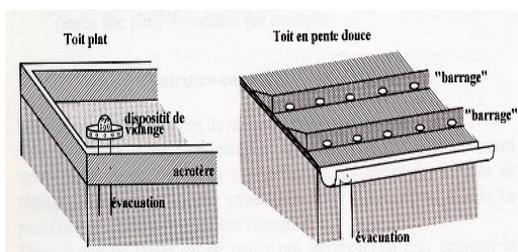
Stockage à la parcelle

Technique adaptée au niveau de chaque parcelle : Structure réservoir poreuse



les techniques alternatives 68

Toit stockant



les techniques alternatives 69

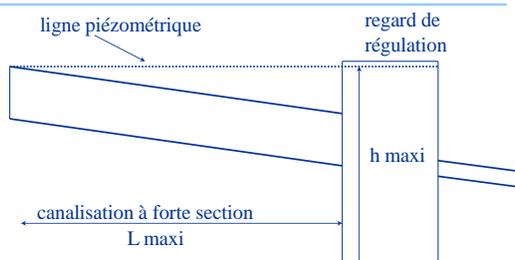
Toit stockant

Exemple de logements en construction à KUPPERSBUCH en Allemagne



les techniques alternatives 70

Canalisations stockantes



les techniques alternatives 71

Canalisations stockantes - Conception

- détermination du débit de fuite
- détermination de la surface active
- méthode des volumes pour débit constant
- longueur canalisation suivant ligne piézo
- détermination de la section

les techniques alternatives 72

Canalisation stockante

Exemple de canalisation utilisée



les techniques alternatives 73

Canalisation stockante

Mise en place d'une batterie de canalisations stockantes



les techniques alternatives 74

Canalisation Haute Capacité et Structure Alvéolaire Ultra Léger

Chambre de stockage



Bassin à Villers au flos

Alvéolaire



Auchan - Site de Longuenesse

les techniques alternatives 75

Mise en œuvre d'une Structure Alvéolaire Ultra Léger



les techniques alternatives 76

Les chaussées réservoirs

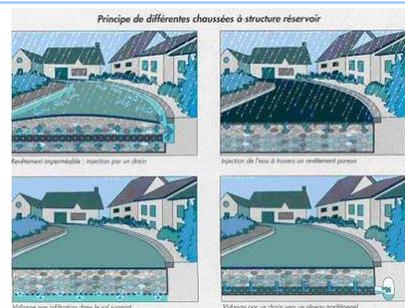
- Guide Certu chaussées poreuses urbaines (juin 1999) : une CPU est une chaussée dont au moins une couche du corps de chaussée est poreuse, c'est à dire présentant un taux de vide total >15%.

les techniques alternatives 77

Chaussées réservoir: circulation d'eau

PRINCIPE GENERAL

Deux possibilités pour introduire l'eau dans le réservoir



Deux possibilités pour la vidanges

les techniques alternatives 78

Les chaussées réservoirs



Structure réservoir - Douai

les techniques alternatives 79

Les chaussées réservoir

• Avantages :

- Gain de place (intégré dans la chaussée)
- Gestion des eaux au plus près de la source
- Permet d'être hors des plus hautes eaux sur une zone inondable car dans le remblai routier

• Inconvénients :

- Plus cher qu'un assainissement classique
- Maintenance et entretien des chaussées poreuses
- Pas toujours facile d'accès en cas de pollution accidentelle

18-19 novembre 2014 perfectionnement

les techniques alternatives 80

Les chaussées réservoirs : dimensionnement

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

- volume à stocker
- surface de stockage
- porosité matériaux
- pente et cloisonnement

DIMENSIONNEMENT MECANIQUE

- trafic
- classe de portance du sol
- caractéristiques matériaux
- durée de service

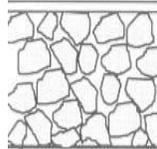
EPAISSEUR DE LA STRUCTURE
LA PLUS IMPORTANTE

les techniques alternatives 81

Chaussées réservoir - Structures régionales en PF1

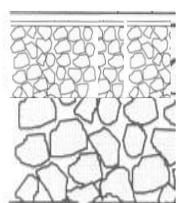
Voie de lotissement

4 BB ou
6 BBDr
60 GNTp



Voie de desserte

4 BB ou
6 BBDr
(12 GB) ou
20 GBp

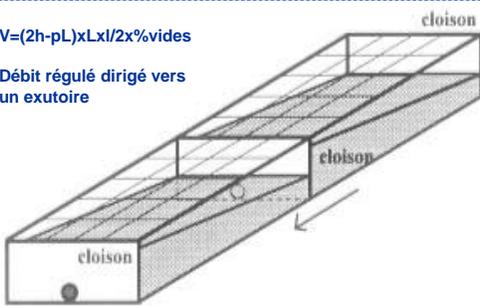


les techniques alternatives 82

Les chaussées réservoirs : compartimentage

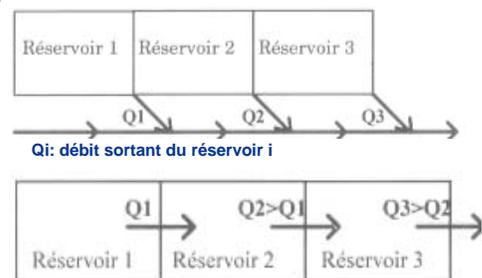
$$V=(2h-pL)\times Lx/2x\%vides$$

Débit régulé dirigé vers un exutoire



les techniques alternatives 83

Les chaussées réservoirs : association des compartiments

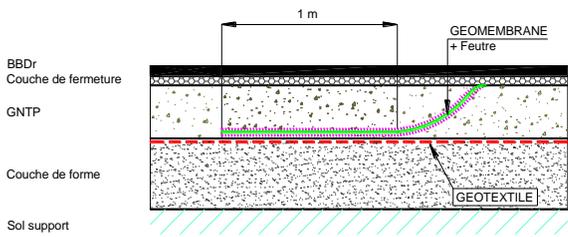


Qi: débit sortant du réservoir i

Qi: débit sortant du réservoir i

les techniques alternatives 84

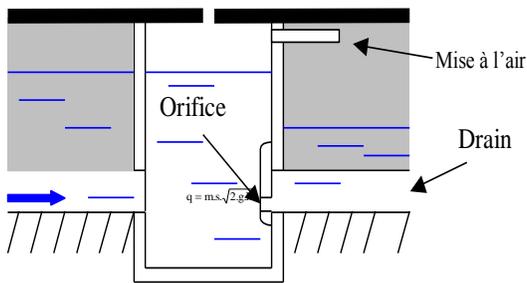
Les chaussées réservoirs : cloison



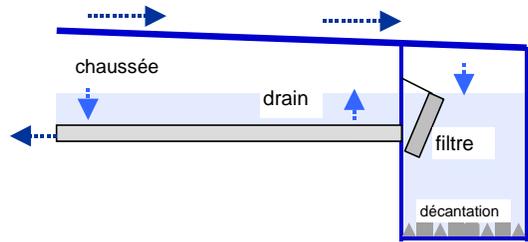
Les chaussées réservoirs : cloison



Les chaussées réservoirs : régulation des débits



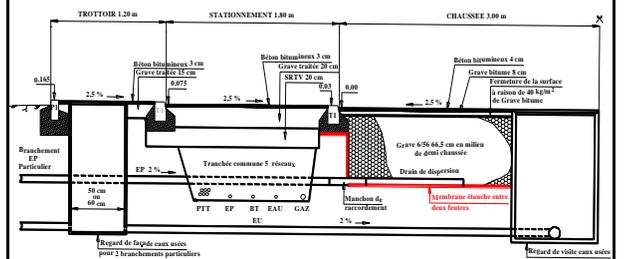
Les chaussées réservoirs : injection



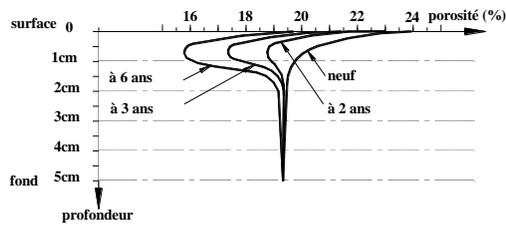
Les chaussées réservoirs : injection BI - Filtre



Les chaussées réservoirs : réseaux divers



Les chaussées réservoirs : évolution de la porosité de surface



les techniques alternatives 91

Les chaussées réservoirs : mesures curatives

- après 5 à 10 ans : lavage sous pression et aspiration puissante
 - restitution de la perméabilité
 - boues de décantation
- renouvellement du revêtement drainant

les techniques alternatives 92

Chaussée réservoir

Rues
Cross et
Corot
à Douai



les techniques alternatives 93

Parking en structure réservoir



les techniques alternatives 94