

FICHE N°1 – BASSINS DE RETENTION

DESCRIPTION

Les bassins sont des ouvrages de stockage, de décantation et/ou d'infiltration.

On rencontre différentes configurations :

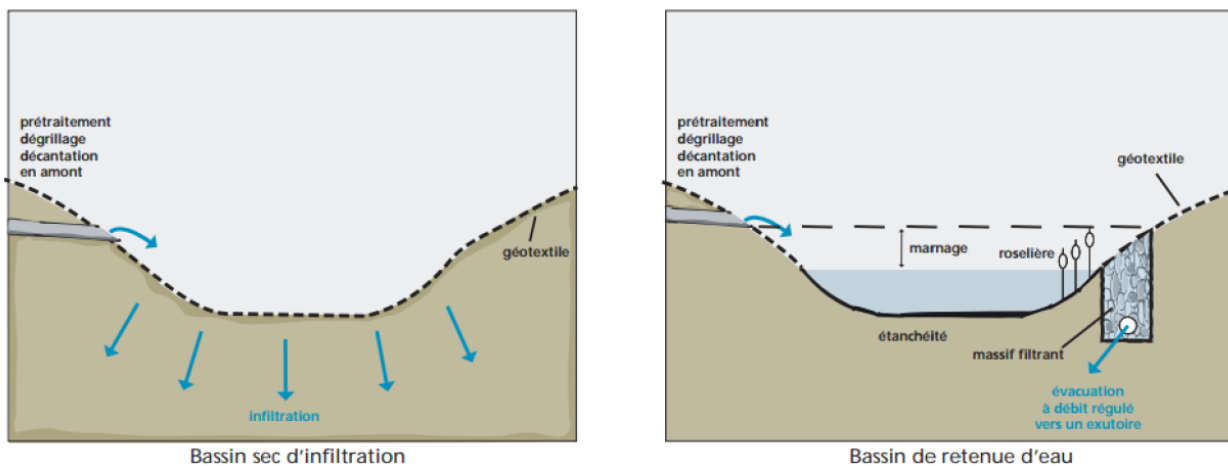
- Les **bassins enterrés**, réalisés en béton ou utilisant des éléments préfabriqués comme des canalisations surdimensionnées ;
- Les **bassins à ciel ouvert**, excavations naturelles ou artificielles, avec ou sans digues ;
- Les **bassins en eau** de façon permanente ou secs, inondés très ponctuellement et partiellement en fonction des pluies.

Aujourd'hui, les bassins à ciel ouvert peuvent et doivent être conçus comme des **espaces multi - usages**, favorisant leur intégration dans le site et leur bon fonctionnement. En général, ils participent aisément à l'amélioration du cadre de vie : bassins d'agrément, espaces verts, terrains de jeux.

Les bassins peuvent avoir différentes fonctions hydrauliques :

- Intercepter des eaux pluviales ;
- Être alimentés systématiquement, en étant placés à l'exutoire d'un réseau ou n'être alimentés par surverses qu'en cas de saturation du réseau, en étant en dérivation ;
- Restituer les eaux (à débit contrôlé et après l'averse) vers le réseau principal, le sol – par infiltration – ou le milieu naturel.

Les bassins ont une fonction de piégeage de la pollution très importante : dégrillage grossier pour piéger les matériaux flottants (plastiques, feuilles), décantation pour la pollution particulaire. La dépollution peut être maîtrisée et optimisée selon la conception du bassin. Elle doit être réalisée en amont des ouvrages d'infiltration et des espaces multi-usages. Dans les bassins en eau ou zones humides, des phragmites ou roselières peuvent améliorer l'épuration naturelle de l'eau.



Principes des bassins de rétention sec et en eau (Source GRAIE)

Un travail poussé permettant d'assurer une intégration paysagère complète du bassin doit être pensé et inclus comme axe majeur de réflexion de l'aménagement ; intégration qui permettra de transformer l'ouvrage hydraulique en un élément à part entière de l'opération.

Pour cela, on cherche à lui donner une valeur paysagère tout en lui conférant (lorsque cela s'avère possible) de multiples autres usages (zone de détente, aire de jeu, ...). Pour permettre la mise en oeuvre d'un bassin plurifonctionnel et l'ouvrir au public, on assure :

- la mise en sécurité des personnes,
- une bonne information des riverains ou des usagers sur son fonctionnement,
- une signalétique adéquate,
- la mise en sécurité des équipements constitutifs de l'ouvrage.

MISE EN OEUVRE

Le bassin de rétention doit être localisé au point bas du terrain, afin d'assurer un fonctionnement gravitaire de l'ensemble de l'aménagement. Il est fortement déconseillé de mettre en place des pompes de relevage pour la gestion des eaux pluviales qui nécessitent de l'entretien.

Les bassins de rétention doivent être en dehors des zones inondables pour le degré de protection prescrit. Pour des événements plus rares, le bassin doit être transparent, il doit donc être équipé d'un système de surverse. Une gestion des débordements nécessite de s'assurer que le milieu récepteur accepte ce surplus d'eau sans aggravation de la situation aval.

Pour les programmes de construction d'ampleur, le concepteur recherchera prioritairement à regrouper les capacités de rétention, plutôt qu'à multiplier les petites entités.

La conception des bassins devra permettre le contrôle du volume utile lors des constats d'achèvement des travaux (certificats de conformité, certificats administratifs, ...), et lors des visites ultérieures du service gestionnaire.

Les volumes des bassins de rétention des eaux pluviales devront être clairement séparés des volumes destinés à la réutilisation des eaux de pluies dans les ouvrages à utilisation mixte.

Toutes les mesures nécessaires seront prises pour sécuriser l'accès à ces ouvrages.

Un dispositif de protection contre le colmatage sera aménagé pour les petits orifices de régulation, afin de limiter les risques d'obstruction (obligatoire lorsque le débit de fuite est inférieur à 20 l/s).

Dans le cas d'un bassin d'infiltration, la mise en place d'un géotextile sera nécessaire. Dans le cas d'un bassin de rétention parfaitement étanche, une géomembrane devra être mise en œuvre.

Pour les bassins enterrés, un évent doit être mis en œuvre systématiquement pour éviter la mise en pression ou dépression de l'ouvrage au remplissage ou à la vidange.

Pour les bassins d'infiltration, en l'absence d'exutoire, une étude hydrogéologique devra déterminer la faisabilité de l'ouvrage ainsi que la perméabilité des terrains. L'ouvrage devra permettre une vidange en moins de 24h de préférence sans toutefois dépasser 48h. L'étude devra étudier les risques de résurgences en aval et prévoir toutes les mesures afin de ne pas aggraver la situation actuelle.

Le mode d'alimentation du bassin va définir sa position et donner des indications sur les paramètres à contrôler lors de sa conception et de sa réalisation.

- Alimentation par déversement : Le bassin est le point bas de l'opération. Il faut donc vérifier l'altimétrie de raccordement, la correspondance entre le fil d'eau de l'exutoire et le milieu récepteur (réseau public, milieu hydraulique superficiel, ...).
- Alimentation par mise en charge et débordement : Le bassin est un vase d'expansion du réseau pluvial. La profondeur du bassin n'est pas fonction du fil d'eau du réseau, mais du volume utile nécessaire et du point de collecte des eaux pluviales le plus bas. Afin d'empêcher tout débordement non désiré on s'assure (dans un cas comme dans l'autre) que le niveau des plus hautes eaux (niveau de surverse) atteint dans le bassin est inférieur au point de collecte des eaux de pluie et de ruissellement le plus bas (au niveau du terrain).
- Alimentation par ruissellement directement des surfaces vers le bassin. Ce mode de fonctionnement ne peut être mis en œuvre que pour des petits bassins. Il permet de limiter, voire de supprimer le réseau pluvial classique.

La collecte des eaux pluviales en amont et l'alimentation du bassin sont réalisées par :

- des canalisations,
- un système de « dégrillage », de pièges à flottants,
- une protection évitant toute intrusion dans les canalisations (type tête d'aqueduc de sécurité),
- des bouches d'injection,
- un aménagement, un accompagnement des eaux afin d'éviter toute érosion prématurée (pour une alimentation par déversement, aménagement jusqu'au fil d'eau du bassin).
- La structure type du bassin à ciel ouvert est assurée par :
- la mise en place d'un géotextile et/ou une géo-membrane en fonction de la destination du bassin et du type d'eau retenue (possibilité de contamination, zone à « risques »),

- une pente des talus le plus faible possible (facilite l'entretien), pour des pentes de talus importantes, privilégier le profil emboîté (marches d'escalier),
- la stabilisation des talus par végétalisation ou autre méthode (géo-grilles, dispositifs antibatillage, enrochements, tunage, rondins, ...),
- une rampe d'accès jusqu'en fond de bassin pour assurer un entretien mécanique (passage suffisant et étudié en fonction du bassin et du type d'engin assurant l'entretien),
- des systèmes de mise à l'air et clapet de décharge.

L'évacuation de la totalité des eaux collectées est assurée par la mise en œuvre :

- d'un système de drainage des eaux stockées au point bas (« ré-essuyage ») par noue, caniveau, cunette ou drain d'évacuation pour assurer l'absence d'eau stagnante après vidange,
- d'une faible pente en fond de bassin afin de rassembler les eaux vers le système de drainage.

L'exutoire est composé :

- d'une protection évitant toute intrusion dans les canalisations (type tête d'aqueduc de sécurité),
- d'un organe ou orifice de régulation, # d'une surverse de sécurité.

L'aménagement du bassin peut être réalisé en végétalisant l'ouvrage ou par divers matériaux :

- Végétaux :
 - gazon résistant à l'eau et à l'arrachement (Herbe des Bermudes, Pueraire hirsute, Pâturin des prés, Brome inerme,...),
 - arbres et arbustes pouvant s'adapter à la présence plus ou moins abondante d'eau pour garantir une bonne stabilité,
 - végétaux dont le système racinaire permet une stabilisation du sol (pivotants, fasciculés ou charnus).
- Matériaux :
 - béton,
 - enrobé,
 - géotextile,
 - géomembrane imperméable,
 - dalles bétonnées.



AVANTAGES / INCONVENIENTS

Les avantages et les inconvénients des différents types de bassins sont présentés dans le tableau suivant :

	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Généralités pour tous les types de bassins	• Réutilisation des surfaces pour d'autres usages en cas de bonne intégration paysagère, • Réduction des débits de pointe à l'exutoire • Dépollution efficace des eaux pluviales	• Importante emprise foncière • Dépôt de boue de décantation • Dépôt de flottants • Risque de nuisances olfactives (stagnation d'eau) par défaut de réalisation ou manque d'entretien • Contrainte stricte sur la qualité des eaux collectées (réseau séparatif, système de dégrilleur, ouvrage de prétraitement)
Bassin rétention sec	• Conservation d'espace vert en zone urbaine • Utilisation pour les aires de détente, terrains de jeux • Entretien simple (tonte, ...)	• Entretiens fréquents des espaces verts pour les bassins paysagers
Bassin rétention en eau	• Possibilité de recréer un écosystème • Peu d'investissement s'il s'agit de l'aménagement d'un plan d'eau existant • Possibilité de réutiliser les eaux de pluie • Entretien des espaces verts plus réduit	• Assurer une gestion appropriée afin de prévenir de l'eutrophisation.
Bassin rétention - infiltration	• L'infiltration dans le sol permet de recharger la nappe. • Piégeage des polluants en surface de la couche filtrante	• Le sol doit être suffisamment perméable. • Nécessité d'une conception soignée et d'un entretien régulier • Possible contamination de la nappe par une pollution accidentelle (en zone à risques)

Avantages et inconvénients des bassins de rétention (Source Grand Lyon)



PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

Avant toute réalisation d'un bassin de rétention, des études préliminaires topographiques (vérification des possibilités d'implantation du bassin) et géotechniques (faisabilité vis-à-vis de la stabilité du sol recherche de la perméabilité) doivent être menées.

Si le site le permet, la réalisation de bassins à ciel ouvert et intégrés doit être recommandée ; elle ne pose pas de problème particulier, par rapport à des ouvrages plus techniques, complexes, coûteux et d'une efficacité équivalente.

Pour les bassins enterrés, la mise en place d'ouvrages préfabriqués, comme les gros collecteurs, est de plus en plus utilisée.

La profondeur de l'ouvrage peut parfois être limitée pour avoir un ouvrage peu profond donc plus facile à exploiter mais également pour avoir des hauteurs d'eau influençant peu la vidange (dans le cas de non mise en oeuvre d'un régulateur de débit constant).

Pour des ouvrages avec rejet au réseau ou à un cours d'eau, l'organe de vidange doit nécessairement être situé au-dessus du radier du collecteur aval ou au-dessus du niveau d'eau d'une rivière, ce qui peut limiter la profondeur de l'ouvrage ou modifier le débit de fuite en conséquence.

Lors du choix des dimensions de l'ouvrage de rétention des eaux pluviales, il est important de vérifier que la hauteur maximum d'eau admissible dans cet ouvrage (avant action des trop pleins) n'entraîne pas de mises en charge des réseaux amont susceptibles de perturber leur fonctionnement hydraulique

Le dimensionnement devra également tenir compte :

- de la hauteur de stockage du volume prescrit dans le cadre du zonage en fonction de la possibilité ou non de rejet vers un exutoire ;
- d'une hauteur de charge au-dessus de la surverse de sécurité (généralement 0.2m) ;
- d'une revanche de sécurité essentielle pour les ouvrages enterrés.

Ainsi le volume total de l'ouvrage est supérieur à celui prescrit par le zonage qui ne correspond seulement à l'obligation de stockage minimum permettant l'écêtement les eaux en provenance d'un orage pluviométrique inférieur ou égal à un orage de période de retour 30 ans.

Par ailleurs, le volume utile est compté en enlevant tout volume non utile au stockage de l'eau, par exemple : poutre béton, rampe pour l'entretien des engins, ...

De même, si l'ouvrage à réaliser est en site pentu, lors de la détermination du volume, il ne faut pas oublier de prendre en compte la perte de stockage lié à cette pente. Pour améliorer les capacités de stockage, il est possible de mettre en œuvre un cloisonnement de la structure qui permettra d'augmenter les capacités de stockage (voir profil en travers ci-après).

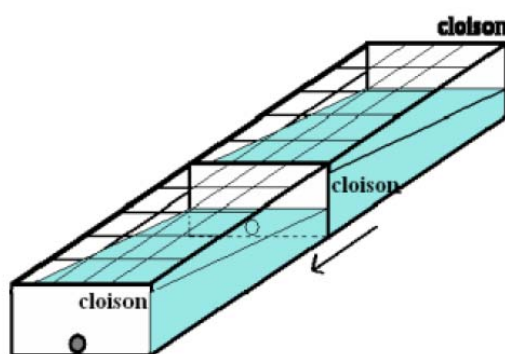
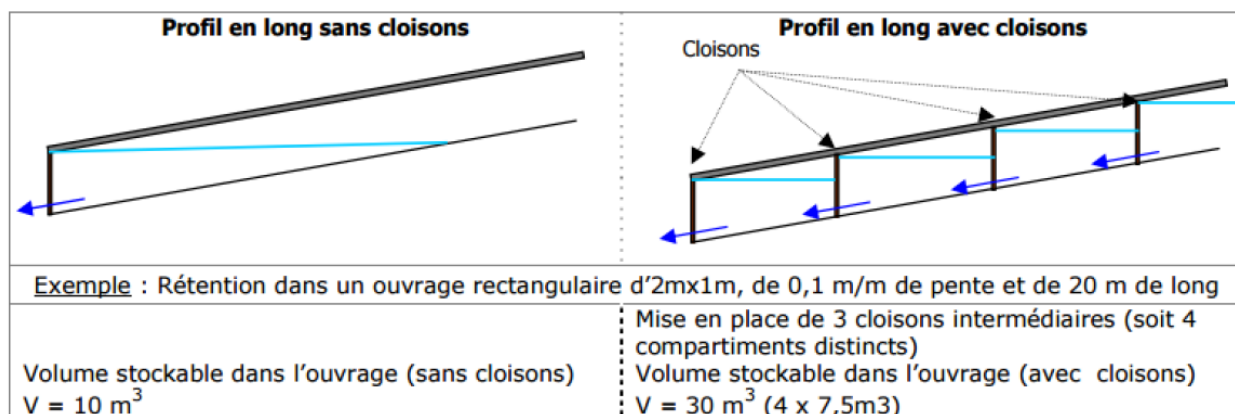


Schéma d'un cloisonnement en 3D



L'ENTRETIEN

Quel que soit le type du bassin, son entretien consiste surtout à l'entretien des systèmes de décantation et/ou débouage et/ou déshuilage. Une intervention annuelle et une inspection à minima après un évènement pluvieux significatif doivent permettre de maintenir ces organes en bon état de fonctionnement.

Pour les bassins à ciel ouvert, l'entretien comprend à minima :

- l'enlèvement des flottants (bouteilles, papiers, etc.),
- le nettoyage des berges,
- la vérification de la stabilité des berges ou de leur étanchéité,

- éventuellement une lutte contre les rongeurs,
- le curage de la fosse de décantation (surprofondeur près de l'exutoire),
- l'entretien de la végétation (surtout pour bassins à sec),
- le nettoyage des grilles,
- la vérification du régulateur de débit (au moins 4 fois /an) et des vannes s'il y a lieu (au moins 2 fois /an).

L'entretien du volume du bassin en lui-même dépend du type de procédé. Les bassins vides présentent un entretien aisé et plus complet. Les bassins de type « curables » sont plus complexes. L'entretien des bassins dits « non curables non visitables » consiste en l'hydrocurage des seuls drains inférieurs du bassin.

Pour les bassins d'infiltration, le suivi de la perméabilité est primordial. Dans le cas d'une absorption insuffisante, il y a lieu de renouveler la couche superficielle.

FICHE N°2 – LIMITATEURS ET REGULATEURS DE DEBITS

Ces ouvrages permettent de limiter ou réguler les débits à l'exutoire des ouvrages de rétention des eaux pluviales (noues, fossés, tranchées drainantes, bassins, ...). Ils sont nécessaires notamment en cas de débit limité imposé avant rejet au réseau d'assainissement.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Systèmes de régulation rustique (à privilégier)

Selon les dispositifs, la limitation ou régulation des débits se fait grâce à un système plus ou moins sophistiqué. Les plus adaptés aux ouvrages de petites dimensions (que l'on trouve chez les particuliers) sont les plaques percées ou à orifice. Mais il existe aussi des systèmes à vanne, à guillotine ou encore à vortex, ou des seuils flottants.

En plus d'être économiques, les systèmes à plaque percée ou à orifice sont simples à réaliser. Ils demandent peu d'entretien et permettent une bonne régulation des débits pour de petits ouvrages.

Autres systèmes de régulation

Les ouvrages de type régulateur (vanne à guillotine, vortex ou seuil flottant...) sont directement conçus pour fonctionner à une valeur de débit donné. Ils ne sont donc pas beaucoup influencés par la hauteur d'eau dans l'ouvrage. En assurant une vidange à débit constant dans le temps, ils permettent de réduire le volume de rétention.

- **Régulateur de débits à effet vortex**

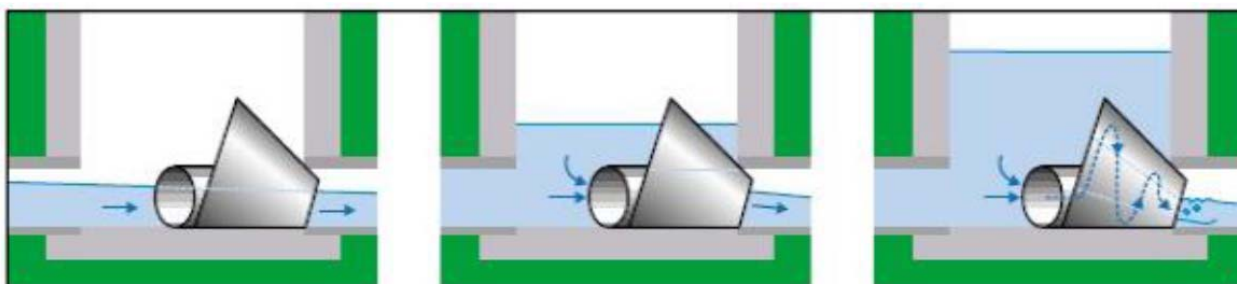
Un régulateur à effet vortex est un dispositif hydraulique constitué d'un corps rigide et hydrodynamique sans pièce mobile. L'effet de régulation est obtenu par la formation d'un noyau tourbillonnaire dans la chambre du régulateur, rempli d'air, et qui « bouche » la plus grande partie de la sortie. Les régulateurs se différencient selon leur mode d'implantation (voir figure ci-dessous), soit ils sont disposés directement dans le bassin de rétention (implantation humide), soit ils le sont en aval du bassin dans un regard adjacent (implantation sèche). En fonction de l'orientation de l'orifice d'entrée, les vortex peuvent être horizontaux ou verticaux.

Le comportement hydraulique d'un régulateur à effet vortex n'est pas décrit par une formule mathématique. Le concepteur du bassin de rétention devra par conséquent se référer aux indications du fabricant (tables, abaques etc.) pour le choix du régulateur.

Lorsque le vortex n'est pas en charge, celui-ci se comporte comme un orifice calibré (position ouverte). Lorsque le niveau d'eau augmente, l'air s'échappe par l'orifice. Dès que le niveau d'eau dépasse le sommet de la chambre du vortex, il se crée un courant tourbillonnaire autour d'un noyau d'air (position d'étranglement) et l'organe entre en phase de régulation. La résistance à l'écoulement est importante et le débit de sortie faible. Les régulateurs de débits à effet vortex peuvent être utilisés tant pour les petits que pour les grands bassins de rétention.

Les fournisseurs proposent des vortex pour garantir une régulation à partir d'environ 0.5 l/s. La section libre de passage est jusqu'à 6 fois supérieure à celle d'un orifice calibré, pour un même débit de régulation, d'où risque moins grand d'obstruction.

Compte tenu de la faible influence de la charge d'eau sur le débit de sortie, les caractéristiques hydrauliques d'un régulateur vortex peuvent être intéressantes pour optimiser le volume utile de rétention lorsque la seule contrainte de dimensionnement est un débit de sortie maximum constant.



Principe de l'effet Vortex

- **Régulateur à flotteur**

Une vanne à flotteur est composée d'un flotteur relié à un système de transmission mécanique faisant soit pivoter soit glisser un obturateur devant l'orifice d'écoulement ce qui permet d'obtenir un débit de régulation constant (voir figures ci-dessous). Les vannes à flotteur peuvent être mécaniques ou électromécaniques, au besoin couplées à un système de télégestion.



Le comportement hydraulique d'une vanne à flotteur n'est pas décrit par une formule mathématique. Le concepteur du bassin de rétention devra par conséquent se référer aux indications du fabricant (tables, abaques etc.) pour le choix du régulateur.

Pour les petites hauteurs d'eau, le débit régulé n'est pas constant. A partir d'une certaine hauteur d'eau, le débit régulé est constant. Au-delà d'une certaine hauteur d'eau, le flotteur est à son niveau maximum, l'orifice de sortie atteint son minimum. Le régulateur se comporte comme un orifice calibré et le débit augmente en fonction de la hauteur dans le bassin.

Les vannes à flotteur présentent des courbes caractéristiques hauteur-débit très intéressantes par rapport à d'autres organes de régulation, lorsque la seule contrainte de dimensionnement est un débit de sortie maximum constant. Lorsque le niveau d'eau dans le bassin de rétention est élevé, l'ouverture libre pour le passage de l'eau est extrêmement faible, d'où risque assez élevé d'obturation. Pour remédier à ce problème, il est possible de recourir à des dispositifs spéciaux à doubles vannes.

Equipements complémentaires

Une grille de protection est préconisée sur l'ouvrage de sortie afin d'éviter le colmatage de l'orifice, il est obligatoire pour les débits de fuite inférieurs à 20 l/s.

Une vanne guillotine placée sur l'ouvrage de fuite permet de confiner toute pollution accidentelle. La vanne est obligatoire dans tous les projets avec plus de 1000 m² de voirie et/ou parkings.

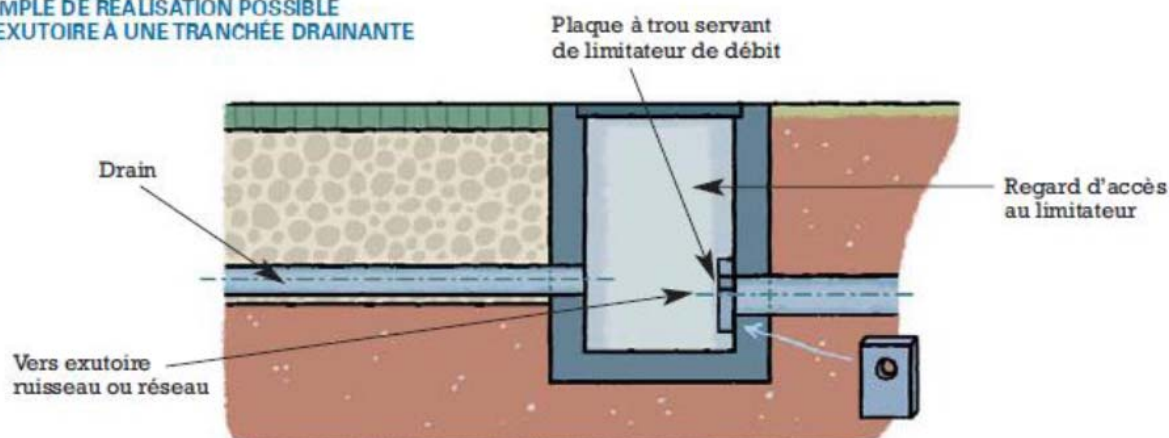


MISE EN OEUVRE

La plaque à trou pourra être choisie en acier galvanisé pour limiter les phénomènes de corrosion.

Pour faciliter son entretien, elle peut être amovible. Dans ce cas, il faudra la mettre en place entre 2 glissières fixées à la paroi du regard. Le dispositif de limitation des débits peut être sécurisé par la mise en place d'une grille. Il est conseillé de mettre cet ouvrage dans un regard accessible (cf. figure ci-dessous).

EXEMPLE DE RÉALISATION POSSIBLE À L'EXUTOIRE À UNE TRANCÉE DRAINANTE



Principe d'un limiteur (source Grand Lyon)

La forme et la taille du trou d'une plaque percée ou d'un orifice calibré sont choisies de telle sorte qu'elles permettent de laisser passer un certain débit.



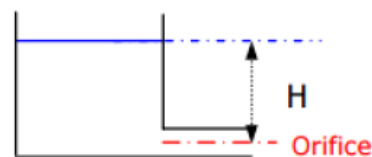
DIMENSIONNEMENT

Seul le dimensionnement des orifices calibrés est expliqué ici. Pour les régulateurs de débit, il faut s'informer auprès du fabriquant.

Le débit au-travers d'un orifice varie en fonction de la hauteur d'eau dans l'ouvrage (loi de Toricelli) :

$$Q_f = m \times S \times \sqrt{g \times H}$$

Niveau d'eau



Avec :

m, coefficient dépendant de la forme de l'orifice (pour un orifice circulaire mince m = 0,6)

S, section de l'orifice (en m²) g, accélération de la pesanteur (g = 9,81 m/s²)

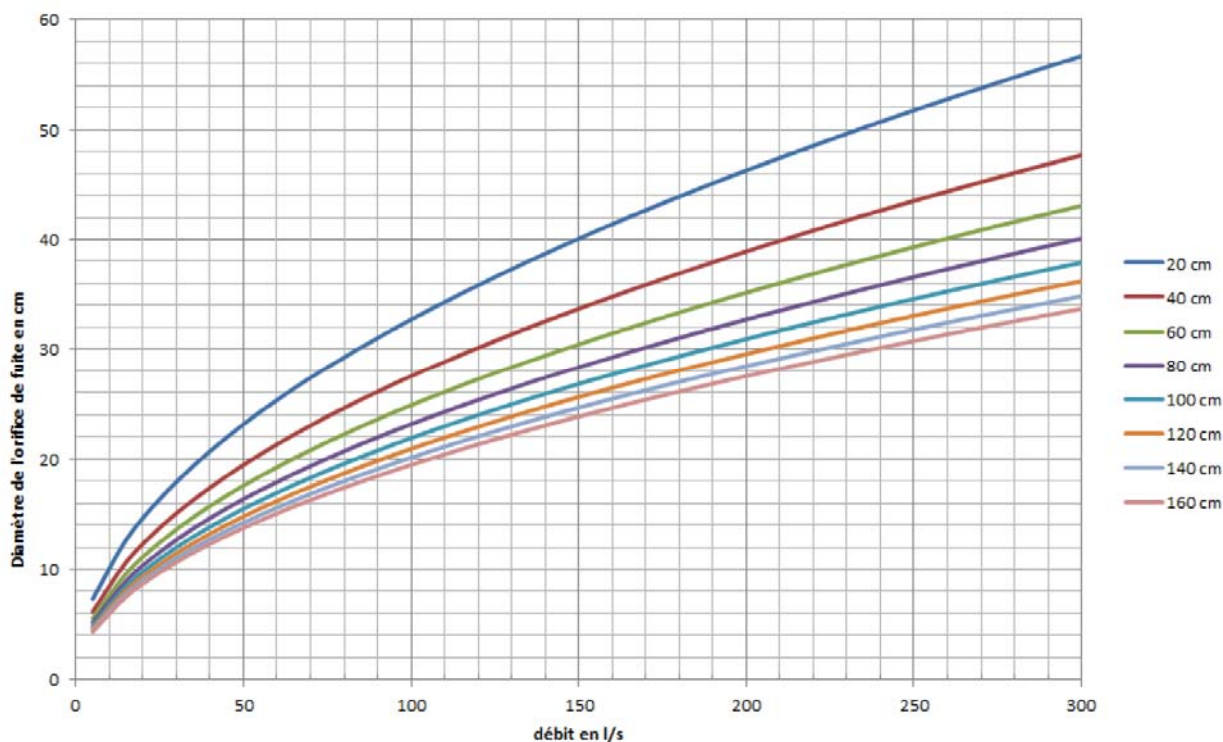
H, charge hydraulique sur l'orifice (en m)

Pour de petits ouvrages (profondeur comprise entre 20 cm et 1,5 m), on pourra retenir les valeurs de dimensionnement issues de l'abaque de la page suivante.

ENTRETIEN

En raison des petites dimensions des orifices de vidange, le risque d'obturation par des flottants (feuilles, brindilles, ...) est élevé. L'entretien doit être effectué à minima après chaque plus intense et un entretien mensuel est fortement conseillé pour éviter l'obturation de l'organe de vidange.

L'opération consiste à enlever les résidus : feuilles, encombrants, déchets...



Abaques pour le dimensionnement des orifices de régulation

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT

Le débit de fuite calculé est de 150 l/s. La hauteur utile du bassin est de 60 cm (courbe verte). Le diamètre de l'orifice de fuite est donc de 30 cm.

FICHE N°3 – NOUES ET FOSSES

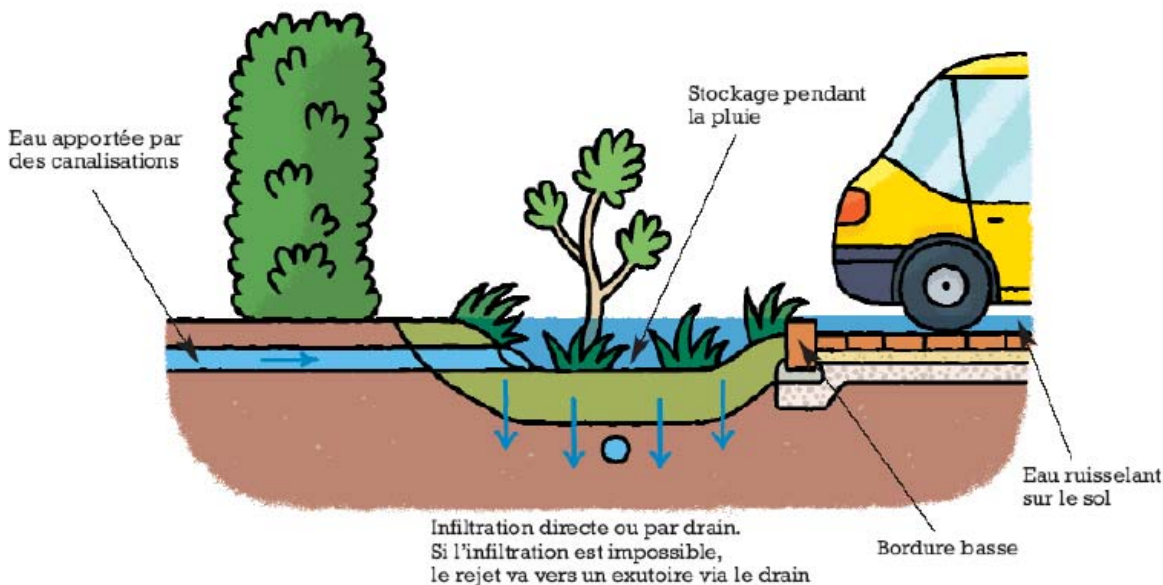
DESCRIPTION

Les noues et fossés sont simples à réaliser. Ils apportent des solutions efficaces pour la gestion des eaux pluviales à un coût minime.

Une noue est un large fossé, peu profond, présentant des rives à pentes douces. Son profil est courbe, triangulaire ou trapézoïdale. Le linéaire épouse le terrain naturel en s'adaptant au relief. Il est toutefois conseillé que la pente longitudinale n'excède pas 0,5 %, sans quoi la capacité de rétention est amoindrie.

Les noues ou les fossés traditionnels permettent l'écoulement et le stockage de l'eau à l'air libre.

L'eau est collectée soit par l'intermédiaire de canalisations (ex : récupération des eaux de toiture), soit directement après ruissellement sur les surfaces adjacentes. L'eau est évacuée vers un exutoire (réseau, fossé) ou par infiltration dans le sol et évaporation.



Principe de la noue (source : Grand Lyon)

MISE EN OEUVRE

La mise en œuvre se fait par mouvement de terre, dans une dépression du terrain. La mise en place d'un drain sous la noue ou le fossé peut permettre en plus de faire circuler l'eau sous la surface du sol, par percolation, à travers un milieu poreux.

L'évacuation peut se faire soit par infiltration lorsque le sol est suffisamment perméable, soit par drainage et évacuation au débit de fuite régulé vers un exutoire (réseau fluvial, fossé).

La noue est généralement engazonnée, ce qui crée des espaces verts. Les abords de la noue peuvent être « embellis » par des plantations.

Dans le cas de terrains présentant de forte pente, des parois de surverse devront être mises en œuvre dans la noue pour y réguler l'écoulement afin de temporiser le transfert des volumes.



Profil en long d'une noue sur un terrain en forte pente

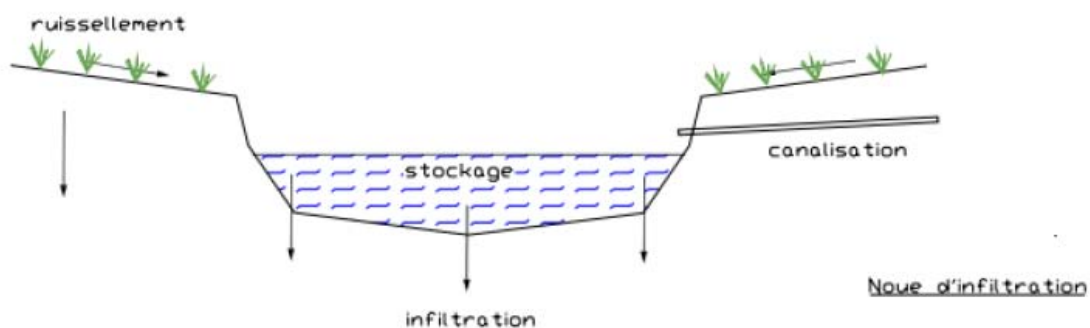
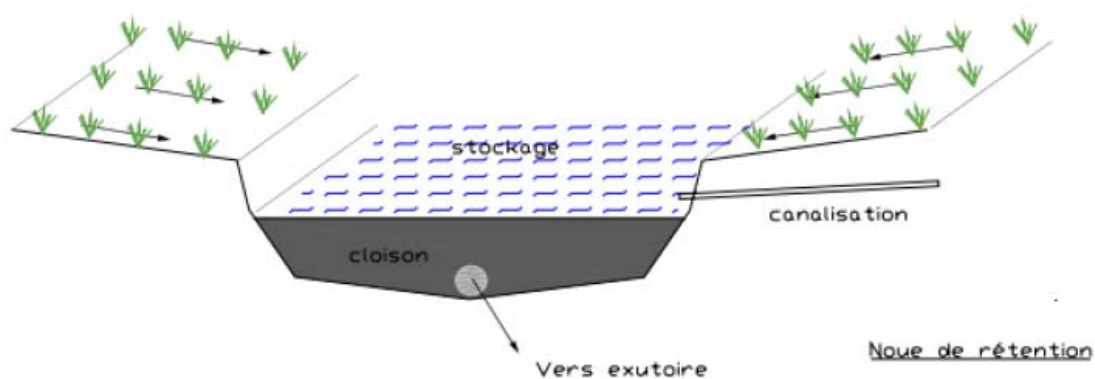
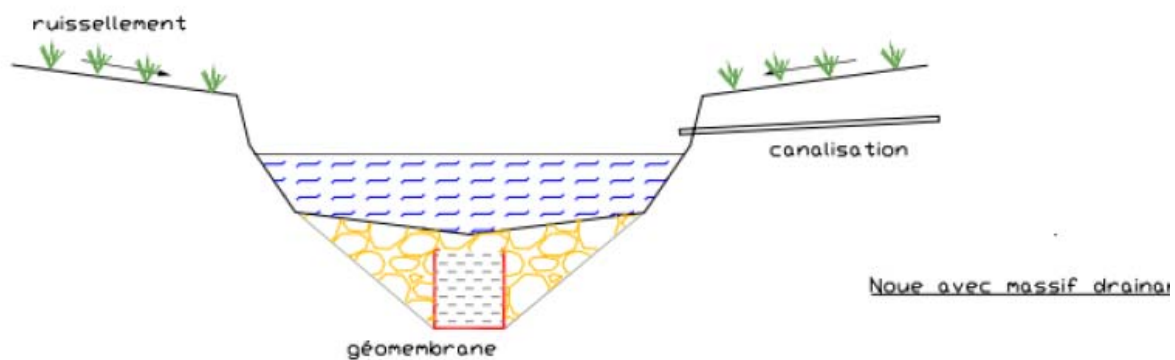


Schéma de principe de différents types de noue



AVANTAGES / INCONVENIENTS

Les avantages et les inconvénients sont présentés dans le tableau suivant :

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Fonctions de rétention, de régulation, d'écêtement qui limitent les débits de pointe à l'aval Contribuent à une meilleure délimitation de l'espace Bon comportement épuratoire Bonne intégration dans le site et plus-value paysagère Diminution du risque d'inondation	- Entretien et nettoyage régulier spécifique indispensable (tonte, ramassage des feuilles, ...) - Nuisance liée à la stagnation éventuelle de l'eau - Colmatage possible des ouvrages - Sur site pentu, cloisonnement nécessaire pour limiter les pertes de volume de stockage
<i>Cas particulier de l'infiltration</i> - Il n'est pas nécessaire de prévoir un exutoire sur un sol perméable - Alimentation de la nappe phréatique	Risque de pollution accidentelle de la nappe si celle-ci est trop proche du fond de l'ouvrage (risque limité si prise en compte des prescriptions générales données dans le guide et dans fiche 0)
<i>Cas particulier des noues</i> - Possibilité d'être intégrées comme espace paysager et esthétique - Utilisation éventuelle en espaces de jeux et de loisirs, de cheminement piéton par temps sec - Solution peu coûteuse	Emprise foncière importante dans certains cas

Avantages et inconvénients des noues et fossés (Source Grand Lyon)



PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

Afin de favoriser le stockage dans les noues et fossés, l'aménagement doit respecter quelques critères :

- Faible pente (ne devrait pas excéder 0,5 %) ;
- Toutefois l'existence d'une forte pente n'est pas rédhibitoire. Des cloisons peuvent être mises en place afin d'augmenter le volume de stockage et réduire les vitesses d'écoulement, ce qui favorise l'infiltration et empêche l'érosion du sol causée par la vitesse de l'eau.
- Faible profondeur par rapport à la largeur ;
- Aspect linéaire de l'aménagement, à l'aspect d'un ruisseau.

Il faut préalablement vérifier que l'ouvrage ne se situe pas dans une zone à infiltration réglementée (ex : protection des nappes d'alimentation en eau potable).

Le stockage est réalisé dans la dépression du terrain entre le fond de la noue et la hauteur du terrain naturel.

Dans le cas d'une pente très faible, inférieure à 0,2 à 0,3 %, une cunette en béton devrait être réalisée au fond de la tranchée pour assurer un écoulement minimal.

Les dimensions des noues et fossés sont variables. Globalement le fossé est plus profond que la noue. On peut estimer les dimensions suivantes :

- Noue : Largeur = 5 à 6 x Profondeur
- Fossé : Largeur = 4 x Profondeur

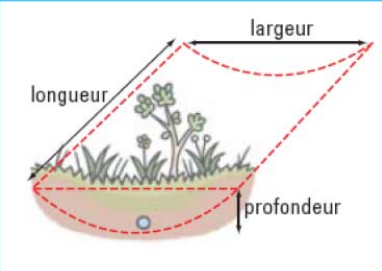
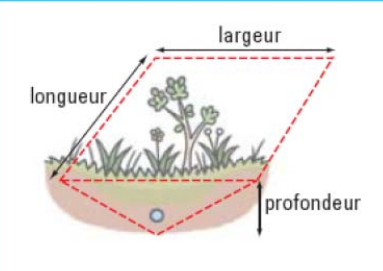
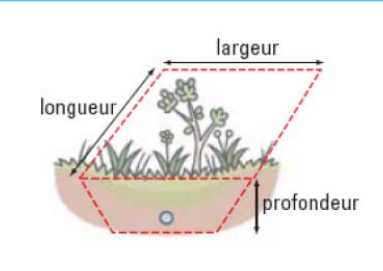
Le Grand Lyon donne des dimensions classiques de ces aménagements.

NOUE DISPOSÉE...		
	...le long des voiries	...dans les jardins privés
Profondeur	20 cm à 1 m	15 à 50 cm
Largeur	1 à 5 m	0,5 à 3 m

FOSSÉ DISPOSÉ...		
	...le long des voiries	...dans les jardins privés
Profondeur	1 à 1,5 m	20 cm à 1 m
Largeur	2 à 6 m	1 à 4 m

Les dimensions classiques d'un ouvrage (Source Grand Lyon)

Pour estimer le volume pouvant être stocké dans la noue (ou le fossé), la formule varie en fonction de la forme de l'aménagement. Trois formules permettant le calcul du volume de stockage pour les noues courbe, triangulaire et trapézoïdale respectivement sont données ci-dessous :

Section courbe	Section triangulaire	Section trapézoïdale
		
Ces formules permettent de calculer le volume de stockage dans ces 3 cas :		
$\text{longueur} \times \text{Largeur} \times \text{profondeur} \times (3,14/4)$	$\text{longueur} \times (\text{largeur}/2) \times \text{profondeur}$	$\text{longueur} \times \text{profondeur} \times (\text{largeur} + \text{base})/2$

Calcul du volume pouvant être stocké dans l'ouvrage (Source Grand Lyon)

L'ENTRETIEN

Les noues sont considérées comme des espaces verts et doivent être entretenus sous risque d'être envahis par la végétation : tonte de la pelouse, fauchage périodique, ramassage de feuilles et débris, à l'image de l'entretien d'un jardin.

Pour les noues végétalisées, les racines et les rhizomes des végétaux assurent l'aération du sol et permettent de limiter le colmatage. Ils permettent de plus le développement d'une faune bactérienne susceptible de traiter les apports de polluants.

Pour les fossés et les noues de rétention, il est nécessaire de curer les dispositifs de vidange périodiquement pour ne pas compromettre leur fonction de régulation. Pour pallier le risque d'obturation des orifices, un drain peut être mis en place sous la noue ; l'eau s'infiltre dans le fond de la noue puis atteint le drain et s'écoule vers l'exutoire.

Par ailleurs, il faudra veiller à éviter l'appropriation de ces espaces verts par les riverains pouvant détourner la fonction hydraulique initiale de l'ouvrage.

Important :

Conservez la trace des ouvrages réalisés afin de ne pas les détourner de leur fonction hydraulique initiale : pour ne pas altérer ses capacités de rétention d'eau et d'infiltration, une noue ne devra pas être utilisée pour stocker de la terre et d'autres matériaux, ou pour du stationnement.

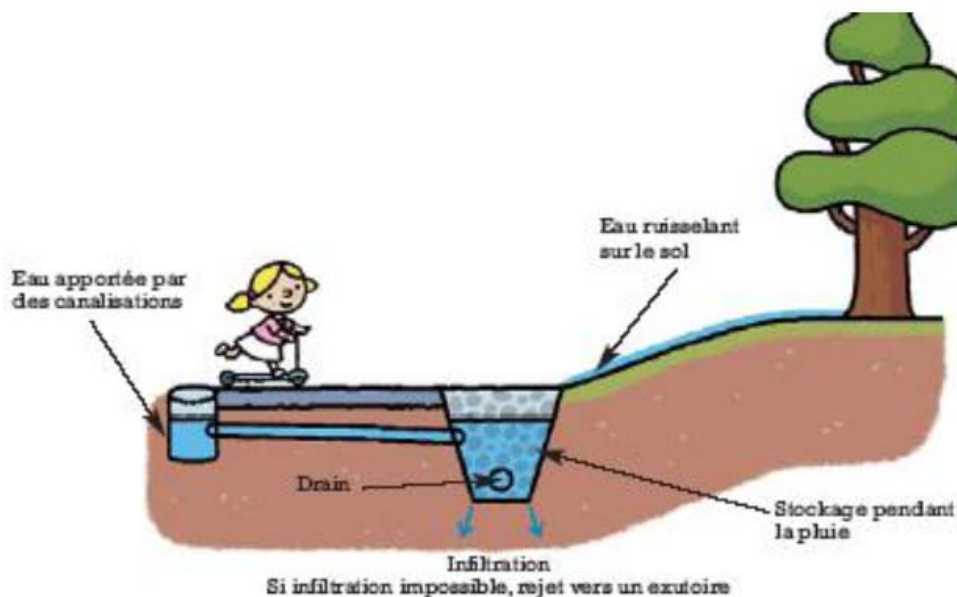
La noue doit reprendre uniquement les eaux de pluies.

FICHE N°4 – TRANCHEES DRAINANTES OU INFILTRANTES

DESCRIPTION

Ces ouvrages superficiels, peu profonds et peu larges, ressemblent à des fossés comblés. Facile à réaliser et d'un coût abordable, ils contiennent des matériaux poreux tels que du gravier ou des galets.

L'eau de pluie collectée par des canalisations ou par ruissellement est évacuée, après stockage provisoire, grâce à un drain, selon un débit régulé, vers un exutoire (réseau de collecte, bassin de rétention ou rivière) ou bien par infiltration dans le sol.



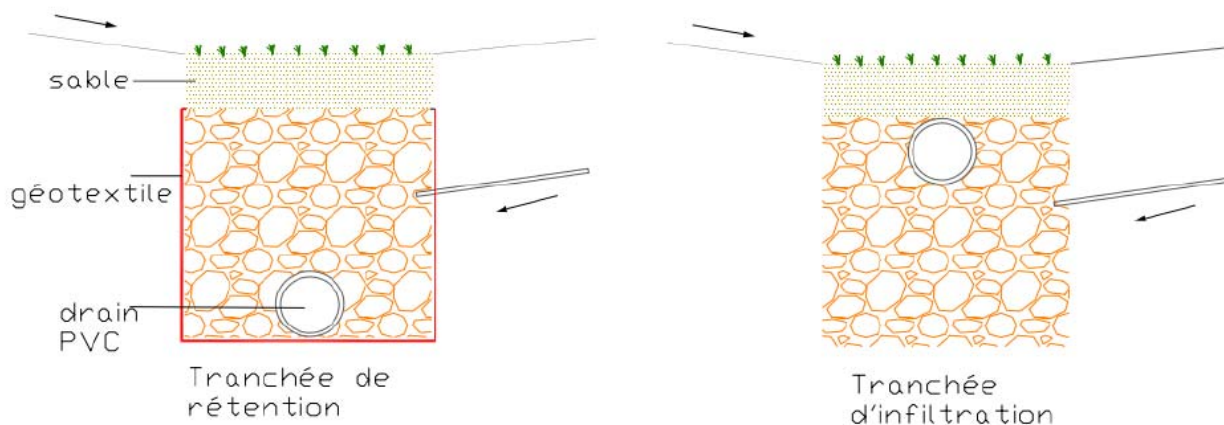
Principe de la tranchée drainante ou infiltrante (Source Grand Lyon)

MISE EN OEUVRE

La section de la tranchée est généralement de forme trapézoïdale. En fond d'ouvrage, un drain aux extrémités bouchées et d'un diamètre préférentiel de 100 à 150 mm, offre l'avantage de répartir les eaux dans toute la tranchée.

La mise en œuvre demande de respecter les principes suivants :

- Veiller à ce que le fond de la tranchée soit bien horizontal afin de faciliter la diffusion de l'eau dans la structure.
- Éviter la plantation d'arbres, buissons... à proximité de la tranchée ainsi que la pose d'une clôture.
- Il est suggéré de placer la tranchée drainante dans une zone minéralisée sans plantation (allée de jardin, accès de garage) et de s'écarter au minimum de 2 m des habitations.
- Positionner le drain au 2/3 de la zone drainante.



Les matériaux de remplissage sont choisis en fonction de leurs caractéristiques mécaniques (résistance à la charge) et hydrauliques (porosité). Les matériaux de surface sont des revêtements étanches ou poreux dans le cas de voies ouvertes à la circulation routière ou sous trottoirs ; des galets s'il n'y a pas de circulation. La tranchée peut également être végétalisée (gazon), elle doit dans ce cas être recouverte d'un géotextile empêchant la migration des éléments fins de la terre végétale vers la tranchée.

Sur des terrains en pente, des cloisons formant barrages permettent d'empêcher l'érosion causée par la vitesse de l'eau et d'augmenter les volumes de stockage. Pour éviter tout colmatage en cours de chantier, il est important de réaliser l'ouvrage après le gros œuvre, à moins d'assurer une protection efficace.

AVANTAGES / INCONVENIENTS

Les avantages et les inconvénients sont présentés dans le tableau suivant :

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
• Diminution des réseaux à l'aval du projet • Peu coûteux • Diminution du risque inondation par répartition des volumes et des flux • Mise en œuvre facile • Bonne intégration paysagère • Pas d'exutoire (tranchée d'infiltration) • Alimentation de la nappe	• Phénomène de colmatage • Entretien spécifique régulier • Contrainte dans le cas d'une forte pente (cloisonnement nécessaire) • Contrainte liée à l'encombrement du sol • Risque de pollution de la nappe

Avantages et inconvénients de la tranchée drainante ou infiltrante (Source Grand Lyon)

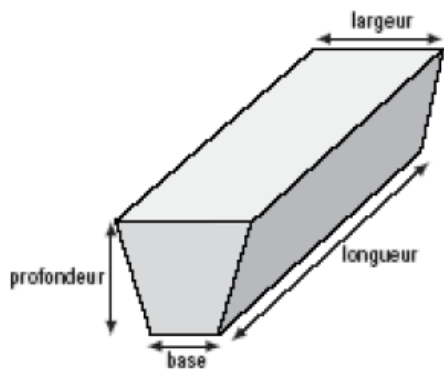
PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

Le Grand Lyon donne des dimensions classiques pour ce type d'aménagement.

TRANCHÉES DRAINANTE OU INFILTRANTE DISPOSÉE...		
	...le long des voies	...dans les jardins privés
Profondeur	50 cm à 3 m	50 cm à 1,5 m
Largeur	0,50 m à 2 m	0,5 m à 1,5 m

Pour estimer le volume pouvant être stocké dans la chaussée drainante (ou infiltrante), la formule varie en fonction de la forme de l'aménagement. En général, la section est trapézoïdale et la formule employée est :

$$\text{Porosité} \times \text{longueur} \times \text{profondeur} \times \frac{\text{largeur} + \text{base}}{2}$$



La porosité dépend du matériau de remplissage de la tranchée. Par exemple, pour un remplissage avec des galets la porosité est de l'ordre de 0.35. Cette porosité est largement augmentée en remplissant avec des matériaux spécifiques en plastique alvéolaire, elle peut atteindre 0.90.

L'ENTRETIEN

Le travail d'entretien consiste à ramasser régulièrement les déchets ou les débris de végétaux qui obstruent les dispositifs d'injection locale (orifices entre bordures, avaloirs) et à entretenir le revêtement drainant de surface.

Dans le cas des tranchées engazonnées, le géotextile de surface doit être changé après constatation visuelle de son colmatage.

FICHE N°5 – TOITURES STOCKANTES

DESCRIPTION

Ce type de technique permet de retenir l'eau de pluie sur une toiture terrasse à faible pente. Aucune installation électrique (chaufferie, ventilation, machineries, nettoyage de façades, locaux d'ascenseur ou de monte-charge, capteur solaires...) ne doit être présente.

L'eau de pluie est stockée provisoirement sur le toit, sur quelques centimètres, par l'intermédiaire d'un parapet en pourtour de toiture. Dans le cas des toitures végétalisées, une partie est absorbée ou s'évapore. L'autre est évacué par un dispositif de vidange assurant la régulation des débits.



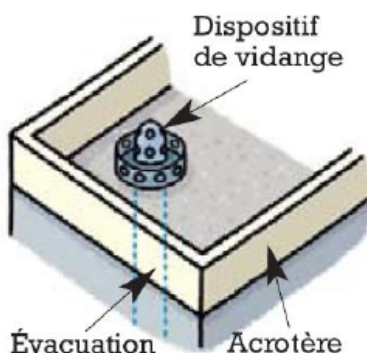
MISE EN OEUVRE

Les toitures stockantes peuvent être ou ne pas être végétalisées.

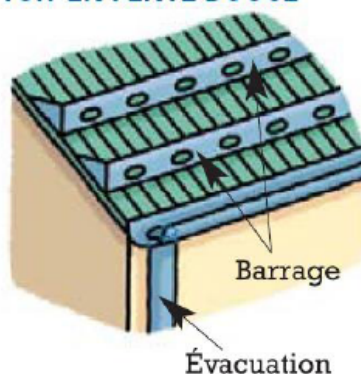
Le stockage d'eau se fait donc soit dans l'espace vide laissé sur le toit, soit dans des graviers, soit dans la végétation. Les toits doivent être plats ou légèrement inclinés (pente comprise entre 0,1 à 5 %).

Dans le cas de toits pentus, on peut utiliser des caissons cloisonnant la surface. Avant toute chose, compte tenu de la surcharge liée à la présence de l'eau et de la végétation, il faut bien sûr vérifier la stabilité de la toiture.

TOIT PLAT



TOIT EN PENTE DOUCE



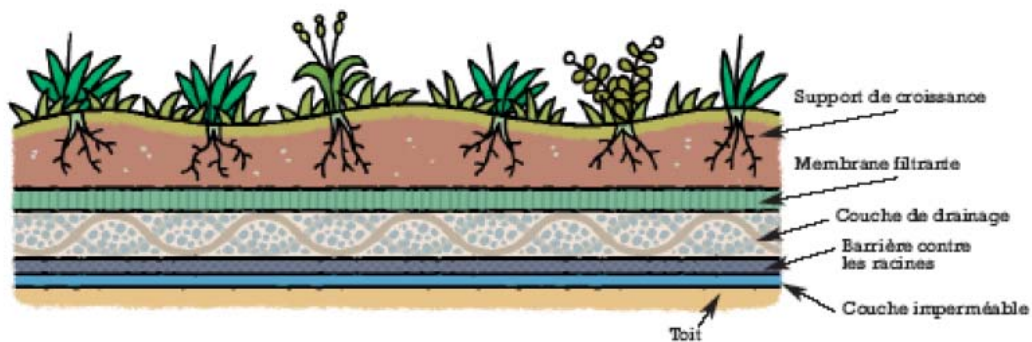
TOIT VEGETALISE



Principes des toitures stockantes (à gauche et au centre) et végétalisée (à droite) (Source Grand Lyon)

Une toiture stockante est constituée des éléments suivants :

- Un pare-vapeur et un isolant thermique.
- Un revêtement d'étanchéité (obligatoirement constitué de 2 couches).
- Une couche de drainage (agrégats ou couches en plastique alvéolée) : située sur la couche étanche, elle permet d'éliminer du toit l'eau en excédent (toiture végétalisée).
- Une membrane filtrante : géotextile entre la couche de drainage et le substrat (toiture végétalisée).
- Un support de croissance ou substrat : sol artificiel léger (matériaux agrégés comme la brique broyée, billes d'argile...) sur lequel pousse la végétation (sédums et autres crassulacées, mousses, prairie naturelle courte, graminées...), ou gravillons (toiture végétalisée).
- Un ensemble de dispositifs de vidange. Ces systèmes de régulation et de trop pleins de sécurité doivent être munis de grilles pour limiter leur obturation (par les feuillages et les branchages, par exemple).



Coupe d'un toit végétalisé (Source Grand Lyon)

Les toitures végétalisées devront de préférence être plantées d'une végétation extensive constituée de plantes herbacées et variétés de sédums formant un système peu épais, avec un fonctionnement quasi autonome, nécessitant un faible entretien.

La couche drainante est facultative pour les toitures ayant une pente > 5 %. L'épaisseur du substrat varie entre 4 à 15 cm pour une végétation extensive.

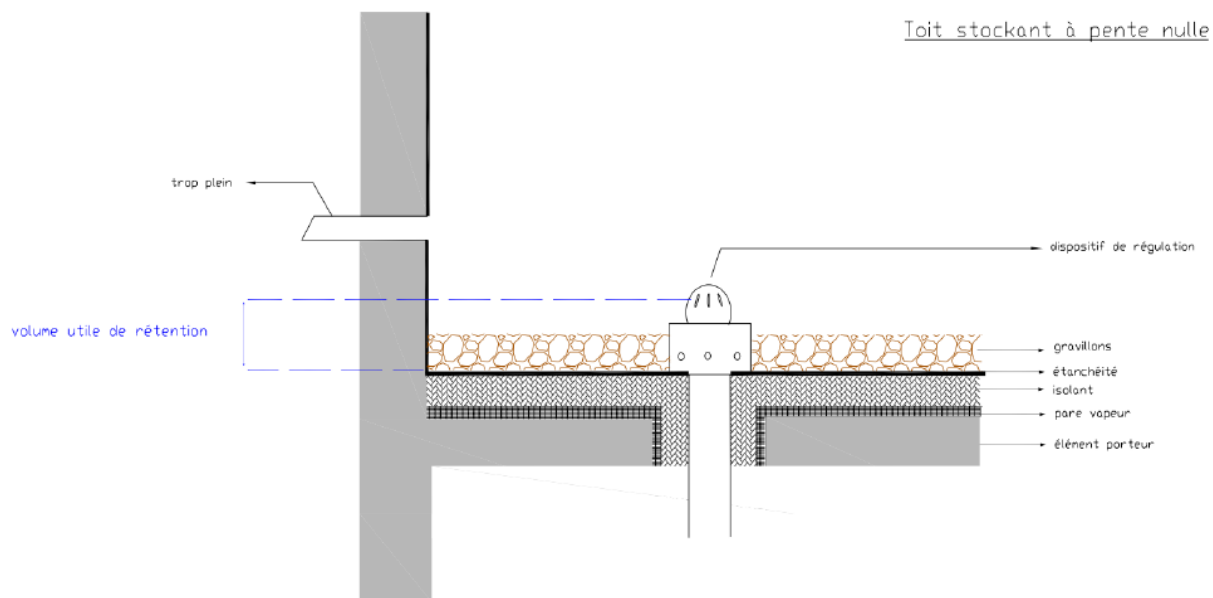
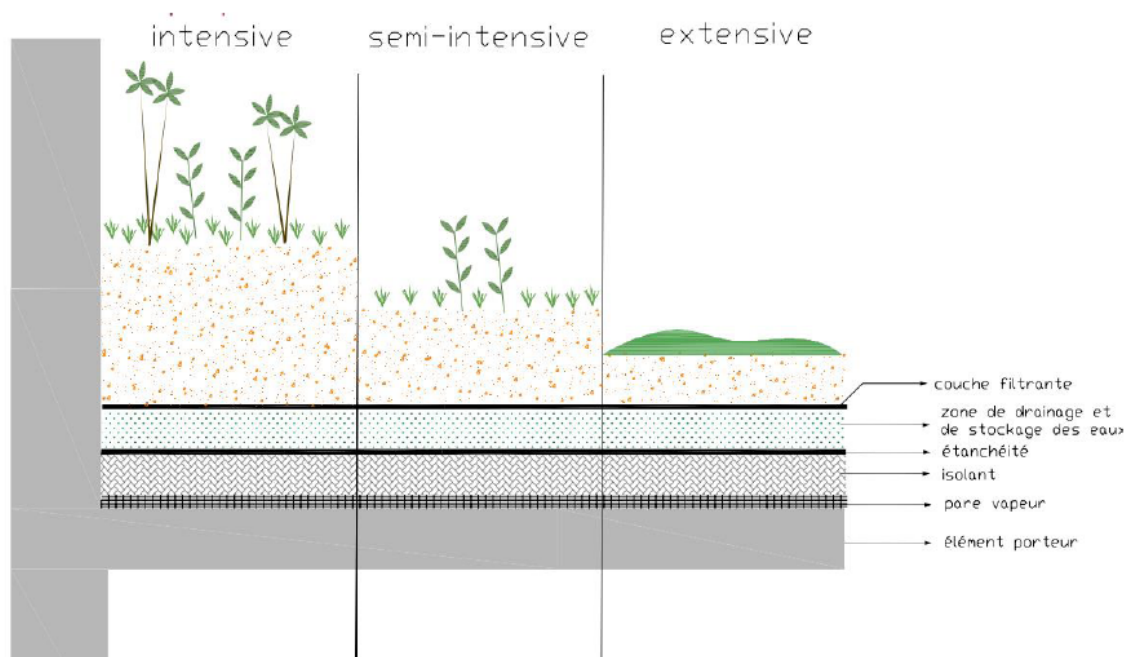


Schéma de principe d'un toit stockant



Législation

La mise en œuvre de toits stockants (ouvrages neufs ou réhabilitation) est régie par des règles techniques en vigueur qu'il faut respecter (documents techniques unifiés, avis techniques, règles professionnelles de la Chambre syndicale nationale de l'étanchéité pour la réfection des toitures, ...).

La technicité employée pour la réalisation d'une toiture stockante est similaire à la mise en œuvre d'une toiture-terrasse classique. Le nombre de descentes est imposé par les règles du DTU 60.11 :

- Tout point de la terrasse est situé à moins de 30 m d'une descente.
- Toute bouche draine une surface maximale de 700 m².
- Les descentes doivent avoir un diamètre minimum de 60 mm pour éviter toute obstruction et être dimensionnées suivant les règles habituelles DTU 60.11.
- En cas de volume important à stocker, il faut assurer une sécurité à l'effondrement de la structure. Pour cela, la toiture doit pouvoir évacuer un débit de 3 l/min/m² par des trop-pleins.

AVANTAGES / INCONVENIENTS

Ce dispositif utilise peu de place puisqu'il se trouve sur le bâtiment. Les débits évacués sont moins importants qu'avec une toiture classique.

En été, la toiture tient la maison au frais. En hiver, elle permet de diminuer la consommation de chauffage. Elle apporte également une protection phonique efficace et protège la membrane d'étanchéité contre les chocs thermiques et les rayons ultraviolets (sa durée de vie est ainsi prolongée).

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
• Diminution des réseaux à l'aval (diminution des encombrements, travaux) • Pas d'emprise foncière • Bonne intégration dans le tissu urbain • Pas de technicité particulière par rapport aux toitures traditionnelles • Diversité de traitement : en herbe, avec matériaux (bois) • Permet de réguler le débit en sortie, et peut-être combinée avec d'autres Techniques alternatives	• Entretien régulier • A utiliser avec précautions sur une toiture existante (vérification de la stabilité et de l'étanchéité) • Nécessité de prévoir des cloisonnements Difficile à mettre en place sur toiture en pour les pentes > 2% • Surcoût dans certains cas • Réalisation soignée par entreprises spécialisées (étanchéité) • Possibilité de problème lié au gel • Méthode inadaptée aux terrasses, aux toitures terrasses comportant des locaux techniques (chaufferie, monte-charge...)

Avantages et inconvénients des toitures stockantes (Source Grand Lyon)

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement de la couche de « stockage » est effectué en fonction de la surface totale (S) du toit à gérer, du volume d'eau à stocker (V) et de la porosité du matériau utilisé (P). Ainsi on détermine l'épaisseur de la couche (E) à mettre en place avec la formule suivante : $E = V / (S \times P)$.

Parallèlement, un dimensionnement structurel doit être réalisé.

Précision - Dans le cas d'une hauteur d'eau à stocker sur le toit de 20 cm, la surcharge induite sur le toit est alors de 20 kg/m². Compte tenu d'une surcharge de 250 kg/m² couramment prise en compte dans le dimensionnement des toitures, la surcharge est tout à fait admissible sans disposition constructive particulière.



L'ENTRETIEN

La Chambre syndicale nationale d'étanchéité préconise un minimum de 2 visites annuelles pour les toitures stockantes : l'une avant la période estivale afin de contrôler les avaloirs, les descentes d'eaux pluviales, et l'autre après la période automnale afin d'enlever les feuilles mortes, les mousses et espèces parasites. Il est par ailleurs nécessaire de pratiquer un enlèvement des mousses, tous les 3 ans, en moyenne, au niveau du dispositif de régulation.

Dans le cas des toitures végétalisées, un arrosage peut être prévu, ainsi qu'une taille et une tonte des végétaux présents. Le désherbage des végétaux indésirables doit être effectué, pour chaque type de toiture.

FICHE N°6 – STRUCTURES POREUSES

DESCRIPTION

Les structures poreuses sont des revêtements de sol permettant aux eaux pluviales de s'infiltrer là où elles tombent. Ces techniques réduisent de façon conséquente les quantités d'eau provenant du ruissellement.

Une structure poreuse constitue une solution alternative au revêtement traditionnel. Elle limite l'imperméabilisation des sols et donc le ruissellement par temps de pluie et s'intègre bien à des aménagements simples comme les chemins piétonniers, les parkings, les voiries légères, les pistes cyclables ou encore les entrées de garage et les terrasses.

Principe de fonctionnement :

- Stockage des eaux pluviales dans les matériaux et dans les fondations ;
- Infiltration des eaux pluviales dans le sol, selon son degré de perméabilité ;
- La quantité d'eau pluviale non infiltrée est évacuée en différé.



Places de parking enherbées non étanches (Source Grand Lyon)

MISE EN OEUVRE

Le principe de ces aménagements est de limiter l'imperméabilisation du sol en favorisant l'infiltration. Ainsi cet aménagement présente un intérêt lorsque le sol est relativement perméable.

Comme toutes les techniques basées sur l'infiltration, il est fortement conseillé de réaliser une étude de sol.

Les structures poreuses peuvent être constituées de matériaux modulaires. Elles sont alors essentiellement destinées aux chemins piétonniers. On distingue :

- Les pavés non poreux (pavage en béton classique), utilisés en surface perméable. L'infiltration est assurée par des joints larges ou par des perforations.
- Les pavés et dalles poreux en béton. L'infiltration est assurée par la porosité du matériau et par les joints non garnis.
- Les dalles et pavés engazonnés. L'infiltration se fait à partir de l'herbe qui se développe dans les loges des dalles.



Pavés en béton poreux



Pavage en béton avec ouvertures de drainage

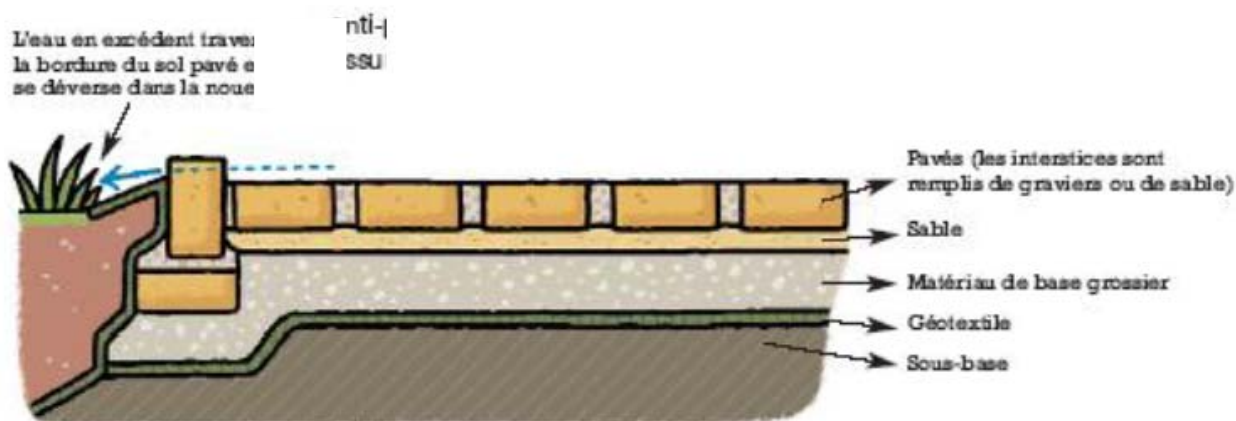


Dalles de gazon

Exemples de matériaux contribuant à rendre la chaussée poreuse

D'autres matériaux sont efficaces pour réaliser des cheminements piétonniers, des parkings ou des voiries à faible circulation :

- Les matériaux non traités sans fines ou GNT (Grave Non traitée Poreuse).
- Les gravillons concassés, éclats de pierre, graviers.
- Les bétons bitumineux.
- En général, les matériaux de revêtement poreux sont installés sur un sol relativement plat, dont la pente est inférieure à 2,5 %. Les éléments de type « pavé » sont généralement posés sur une couche de sable de 3 à 4 cm d'épaisseur.



Structure d'une chaussée poreuse

Le choix du type de pavage en béton dépend principalement du lieu d'application. Les différentes couches doivent disposer d'une capacité drainante, mais d'autre part, elles doivent présenter une stabilité suffisante et être suffisamment compactables. Pour ce faire, la quantité de parties fines doit être réduite, et il faut éviter que les granulats d'une couche ne se précipitent dans la couche suivante, d'où la nécessité de placer des géotextiles.

Enfin, il est important de surdimensionner le massif filtrant pour améliorer la portance dans le cas des chaussées circulées. Le surdimensionnement permet une bonne diffusion de la charge et réduit les sollicitations du sol.



AVANTAGES / INCONVENIENTS

Les avantages et les inconvénients de cette technique sont présentés dans le tableau suivant.

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
• Conception simple • Bonne intégration dans le tissu urbain, dans la mesure où il n'y a pas trop de végétaux à proximité de l'ouvrage (risque de colmatage sinon) • Contribue à l'alimentation de la nappe	• Phénomène de colmatage (réduit si des dalles alvéolaires sont utilisées) • Entretien spécifique et régulier indispensable • Risque de pollution accidentelle de la nappe : une réalisation rigoureuse est incontournable • Désherbage

Avantages et inconvénients des structures poreuses (Source Grand Lyon)



L'ENTRETIEN

Un nettoyage annuel est préconisé, soit par des balayeuses aspiratrices (pour les espaces publics), soit par l'utilisation d'eau sous pression. Cet entretien est requis pour conserver la porosité du matériau.

L'emploi de désherbants chimiques est à proscrire pour éviter toute contamination de l'eau.

FICHE N°7 – CHAUSSEE A STRUCTURE RESERVOIR

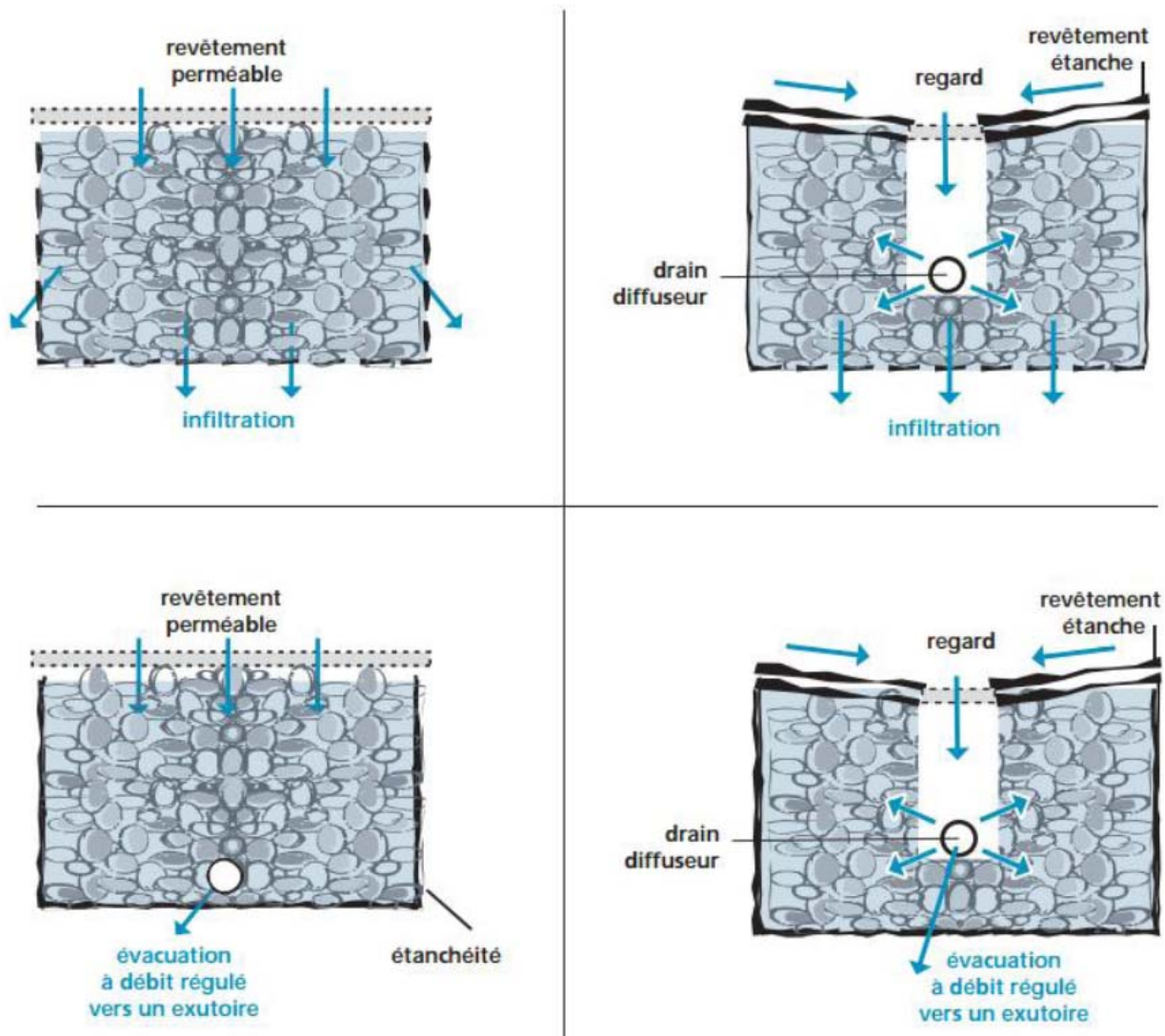
DESCRIPTION

Ce type de technique est adapté à la gestion des eaux pluviales d'un lotissement ou d'une ZAC.

En effet, une structure réservoir peut être mise en place sous des surfaces supportant circulation ou stationnement telles que des chaussées, des voiries, des parkings ou des terrains de sport.

Les chaussées à structure réservoir ont pour but d'écarter les débits de pointe de ruissellement en stockant temporairement la pluie dans le corps de la structure. Elles reprennent uniquement les eaux de pluie.

Si le revêtement de surface est poreux (enrobés drainants, béton poreux ou pavés poreux), les eaux s'infiltrent directement dans la structure. En revanche si le revêtement est étanche, les eaux sont injectées dans la structure par l'intermédiaire d'avaloirs.



Différents types de structures réservoir (Source GRAIE)

Les eaux stockées sont ensuite évacuées soit par infiltration directe dans le sol support, soit par restitution vers un exutoire (par exemple le réseau d'assainissement ou le milieu naturel via un drain).

Le corps de la structure est couramment composé de grave poreuse, sans fine ou bien de matériaux plastique adapté (nid d'abeille, casier réticulés, pneus...).

MISE EN OEUVRE

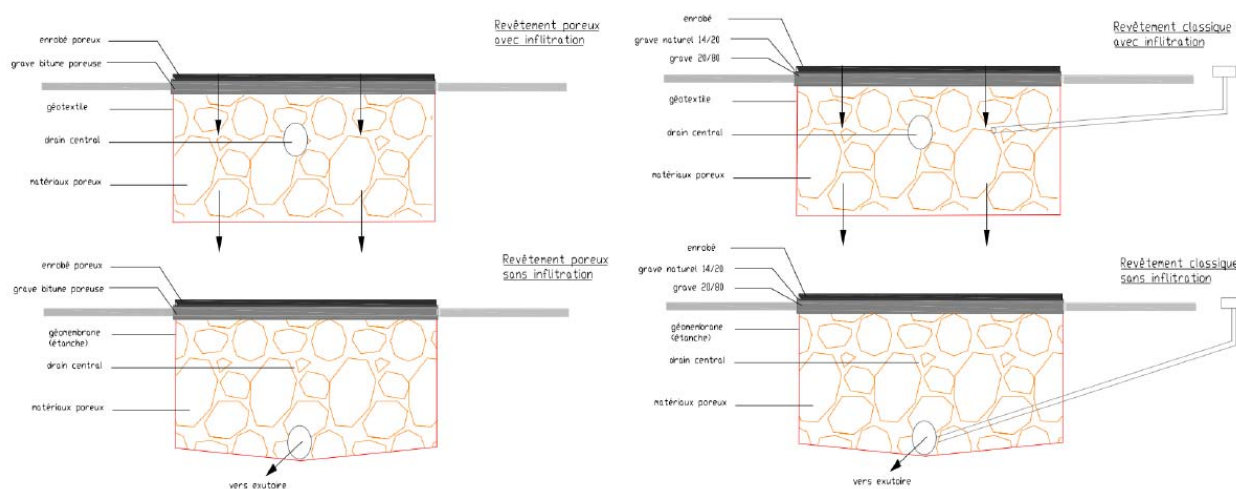
Les matériaux seront choisis en fonction des différentes couches :

- Couche de surface : dalles et pavés, enrobés drainants, bétons drainants, revêtement étanche,
- Couche de base : matériaux non liés, traités en liant bitumineux, traités au liant hydraulique, des matériaux alvéolaires en plastique ou de récupération.
- Couche de formation et de forme : des matériaux non liés ou alvéolaires en plastique ou de récupération.
- Interfaces : géotextile entre la couche de formation et la couche de forme et entre la couche de forme et le sol support.
- Un drainage interne ventilé favorise la respiration de la structure.
- La chaussée à structure réservoir est une technique qui demande à être intégrée très tôt dans l'étude d'aménagement. Une attention particulière devra être apportée aux différents éléments suivants : granulométrie, pose des drains, diamètre des drains adaptés.

Les chaussées à structure réservoir sont sensibles au colmatage, il faut donc éviter tout dépôts de terres ou de sables sur la voirie.

S'il existe des risques d'apport boueux, il est déconseillé de mettre en œuvre une technique de gestion des eaux pluviales par une chaussée à structure réservoir sauf s'il existe un ouvrage sélectif à l'amont.

Tout stockage doit avoir des événements pour l'évacuation de l'air.



Schémas de principes de différentes chaussées à structure réservoir



AVANTAGES / INCONVENIENTS

Les avantages et les inconvénients de cette technique sont présentés dans le tableau suivant.

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Revêtement drainant et revêtement étanche • Écrêtements des débits et diminution du risque d'inondation, • Aucune emprise foncière supplémentaire, • Filtration des polluants, • Alimentation de la nappe en cas d'infiltration. • Réduction du bruit de roulement • Réduction des flaques et projections d'eau	Revêtement drainant et revêtement étanche • Structure tributaire de l'encombrement du sous-sol, • Sensibilité au gel, inconvénient surmontable techniquement, • Coût parfois plus élevé, • Risque de pollution de la nappe par infiltration
	Revêtements drainants • Les enrobés drainants sont sensibles au colmatage et nécessitent un entretien régulier spécifique. • A proscrire dans les giratoires et virages sérés • A proscrire si les apports de fines ne peuvent être évités

Avantages et inconvénients des structures poreuses (Source Grand Lyon)



PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement est effectué en fonction des surfaces imperméables à gérer et de la granulométrie des matériaux constituant, en général l'indice de vide recherché de l'ordre de 35% (graviers).

Parallèlement, un dimensionnement mécanique doit compléter les précédents calculs.



L'ENTRETIEN

L'entretien vise à éviter le colmatage et la pollution de la couche de stockage.

Revêtement classique (surface étanche) :

Les structures avec une couche de surface étanche ne posent pas de problèmes particuliers par rapport à une chaussée classique. Le curage des regards et des avaloirs ainsi que le nettoyage des équipements associés (orifices, paniers, dispositifs d'épuration...) doivent être assez fréquents. Le curage des drains doit être effectué régulièrement.

Revêtement poreux :

Afin de limiter le colmatage des surfaces drainantes, l'entretien préventif recommandé est l'hydrocurage / aspiration (lavage à l'eau sous moyenne pression). Le simple balayage classique est à proscrire car il peut provoquer l'enfouissement de détritiques dans l'enrobé. L'entretien curatif intervient lorsque le préventif n'est plus suffisant face au colmatage de la chaussée. On recourt à un procédé combiné de lavage haute pression et aspiration. Cependant, il ne faut pas oublier que les enrobés poreux ont, au moment de leur pose, une perméabilité supérieure à 100 fois les besoins d'infiltration de la pluie.

Dans le cas d'une pollution accidentelle, les polluants pourront être aspirés par les regards pour les chaussées à structure réservoir de rétention.