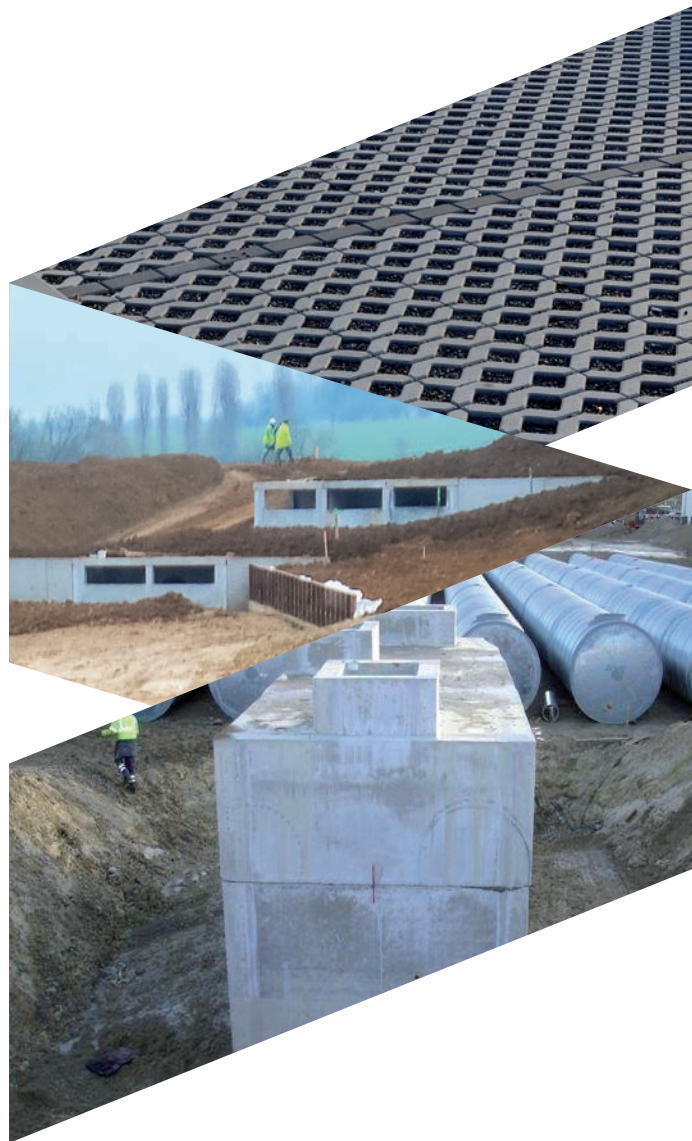




SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES EN BÉTON POUR LA GESTION DES EAUX PLUVIALES



SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I. COLLECTER ET INFILTRER	8
II. STOCKER	28
III. PRÉTRAITER	58
IV. PROTÉGER, RÉGULER ET CONTRÔLER LE REJET	76

1. POURQUOI GÉRER LES EAUX PLUVIALES ?

Le cycle naturel de l'eau est basé sur un équilibre : l'eau de pluie se répartit entre le ruissellement jusqu'aux cours d'eau, l'infiltration dans le sol pour aller lentement alimenter les nappes phréatiques, et l'évaporation dans l'atmosphère et l'absorption par les végétaux. L'urbanisation contribue à augmenter la part liée au ruissellement, et notamment les débits de pointe des eaux pluviales à considérer.

Le plan d'action pour la gestion des eaux pluviales (ministère de la transition écologique, novembre 2021) recense plusieurs leviers pour prévenir le risque d'inondation :

- Limiter l'artificialisation des sols, en fixant un objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) d'ici à 2050, fixé par la loi Climat et Résilience n°2021-1104 du 22 août 2021. Il s'agit de baisser de 50 % d'ici à 2030 le rythme d'artificialisation et de consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers ;
- Désimperméabiliser les sols urbains, notamment en favorisant l'infiltration des eaux pluviales ;
- Utiliser les eaux de pluie et les eaux pluviales ;
- Améliorer le dimensionnement et la maintenance des réseaux existants.

Afin d'éviter les effets négatifs du ruissellement, il est donc nécessaire de gérer les eaux pluviales au plus près de leur point de chute. Les techniques de gestion des eaux pluviales sont l'opportunité de repenser les espaces urbains pour améliorer le cadre de vie et intégrer les eaux pluviales dans l'aménagement des espaces. Ainsi, les eaux pluviales peuvent être infiltrées directement à la parcelle ou stockées temporairement, en vue de leur infiltration ultérieure ou leur rejet dans un réseau.

2. COMMENT LES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON CONTRIBUENT-ELLES À LA GESTION DES EAUX PLUVIALES ?

Les solutions préfabriquées de l'industrie du béton peuvent être utilisées à différentes étapes dans le cycle urbain des eaux pluviales. L'eau est collectée ou infiltrée au plus près de là où elle tombe. L'eau de pluie ruisselée peut se charger de différentes particules ou polluants. Il est possible, si nécessaire, de la prétraiter. Elle peut ensuite être stockée avant d'être restituée au réseau ou au milieu naturel, à un débit régulé.

Ainsi, pour gérer les eaux pluviales, il est nécessaire d'assurer les fonctions suivantes :

- Collecte et/ou infiltration ;
- Stockage ;
- Prétraitement ;
- Régulation et restitution.

Il est porté à l'attention du lecteur que ce guide présente à la fois des solutions constituées intégralement de produits préfabriqués en béton mais également des solutions qui les associent par exemple à des solutions végétalisées.

3. QUELS SONT LES AVANTAGES DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON ?

Réaliser des ouvrages avec des produits préfabriqués en béton présente des atouts en termes de :

- Durabilité ;
- Simplicité ;
- Rapidité de pose ;
- Non déformabilité ;
- Disponibilité sur le territoire avec une production de proximité (grande densité d'usines sur le territoire national) ;
- Adaptabilité / Sur mesure si besoin ;
- Maîtrise des dimensions / des assemblages.

Ces avantages seront développés dans la suite de ce guide.

4. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR COLLECTER ET INFILTRER ?

Dans une démarche de collecter et/ou infiltrer les eaux pluviales au plus près de leur lieu de précipitation, les solutions préfabriquées de l'industrie du béton sont (**voir chapitre I : Collecter et Infiltrer**) :

Pour une collecte linéaire :

- Les caniveaux hydrauliques (à grille ou à fente) ;
- Les bordures et caniveaux de trottoir ;
- Tous produits préfabriqués en béton associés à des noues, fossés ou tranchées (drainantes ou infiltrantes)

Pour une collecte ponctuelle :

- Les bouches d'engouffrement ;
- Les puits d'infiltration ;

Pour une collecte répartie :

- Les revêtements drainants

5. QUELLES SOLUTIONS DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR STOCKER ?

L'urbanisation sans cesse croissante induit une augmentation notable des surfaces imperméabilisées et peut conduire à saturer les canalisations existantes en cas d'événements pluvieux importants. Réaliser un stockage temporaire des eaux pluviales permet de les restituer ensuite dans le réseau à plus faible débit ou de les infiltrer dans le sol si ses caractéristiques le permettent. Cette démarche permet de prévenir les risques d'inondations.

Pour stocker, on peut utiliser (**voir chapitre II : Stocker**) :

- Des bassins de stockage constitués de tuyaux en béton de grand diamètre ;
- Des bassins constitués de cadres rectangulaires en béton ;
- Des bassins à ciel ouvert réalisés par exemple à partir d'éléments en « U » ;
- Des petits éléments creux en béton préfabriqués (Hydrocyl®) pour constituer des chaussées à structure réservoir (CSR).

6. QUELLES SOLUTIONS DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR PRÉTRAITER ?

Afin de retenir les macrodéchets, ou les pollutions accidentelles (par exemple les hydrocarbures), des ouvrages de prétraitement peuvent être installés en amont des ouvrages de stockage ou d'infiltration.

On peut ainsi trouver **pour prétraiter** (**chapitre III : Prétraiter**) :

- Des dégrilleurs ;
- Des séparateurs à hydrocarbures ;
- Des décanteurs.

Si nécessaire, on peut également prévoir d'autres ouvrages de traitements intensifs et compacts notamment :

- Des déshuileurs et des dessableurs.

7. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR RÉGULER ET RESTITUER

La fonction « réguler et restituer » est assurée par différentes solutions qui ont pour objectif de :

- Protéger les ouvrages de stockage, temporairement, en déviant les eaux collectées en cas de forts ou très forts débits ou en cas de pollution accidentelle ;
- Réguler et restituer les eaux pluviales à débit maîtrisé dans un milieu récepteur (réseau ou sol en place).

Pour assurer ces deux rôles, les solutions suivantes sont disponibles (**chapitre IV : Protéger, réguler et contrôler le rejet**) :

- Les ouvrages bypass de dérivation des eaux usées pour court-circuiter un réseau d'assainissement pluvial ou un cours d'eau ;
- Les déversoirs d'orage permettant de rejeter une partie des effluents dans le milieu naturel ou dans un bassin de rétention ;
- Les régulateurs et limiteurs de débit.

8. QUELS SONT LES OUTILS POUR DIMENSIONNER LES OUVRAGES PRÉFABRIQUÉS DE L'INDUSTRIE DU BÉTON ?

Le logiciel ODUC+ peut être utilisé pour concevoir les ouvrages intégrant des produits préfabriqués de l'industrie du béton, à différentes étapes du cycle des eaux pluviales.

Il permet notamment de :

- Calculer les débits en aval d'un bassin versant ;
- Dimensionner des revêtements d'infiltration selon la perméabilité nécessaire ;
- Évaluer les volumes des bassins de stockage ou des structures réservoirs ;
- Déterminer la capacité hydraulique des tuyaux d'assainissement et permettre leur dimensionnement mécanique.



Ce logiciel est libre d'accès et est utilisable directement en ligne sur www.oduc-plus.fr, ou téléchargeable sur www.cerib.com.

9. QUELLES SONT LES OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES POUR LA GESTION DES EAUX PLUVIALES ?

La réglementation est basée sur la Directive européenne Cadre sur l'Eau (2000). Elle définit le cadre de la politique globale communautaire européenne dans le domaine de l'eau.

Elle impose notamment :

- Une identification des eaux et de leurs caractéristiques ;
- Une mise en place de plans de gestion, et de programmes de mesures pour assurer la qualité des masses d'eau.

Cette directive a été traduite par la loi sur l'eau de 2006 au niveau Français, avec la mise en place de différents schémas directeurs :

- Les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) donnent pour chacun des six grands bassins hydrographiques des orientations générales qui ont pour but une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, ainsi que des objectifs de quantité et de qualité des eaux ;
- Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) déclinent ces orientations à l'échelle du bassin versant avec des prescriptions plus détaillées pour une gestion de la ressource au plus près du territoire.

On retrouve également des outils au niveau des communes ou de leur groupement :

- Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) : document de planification de l'urbanisme au niveau local ;
- Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) : à l'échelle de plusieurs communes, (contrairement au PLU qui est établi pour une commune), il constitue un document d'urbanisme qui fixe les orientations fondamentales de l'organisation du territoire, en cherchant l'équilibre et la mise en valeur socioéconomique ;
- Le Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) : son objet est de réglementer l'occupation et l'utilisation des sols à risques en fonction de l'aléa et des enjeux (ne pas augmenter le nombre de personnes et de biens exposés, réduire la vulnérabilité de ceux qui sont déjà installés, ne pas aggraver les risques, ni en provoquer de nouveaux).

Par ailleurs, d'autres textes réglementaires sont applicables dans le cadre de la gestion des eaux pluviales, notamment :

- Le code civil fixant le statut général des eaux pluviales ;
- Le code de l'environnement définissant la procédure « au titre de la loi sur l'eau » qui doit être mise en place si les eaux pluviales peuvent entraîner un risque accru d'inondation ou des pollutions ;
- L'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif ;
- Le décret n° 2015-1783 du 28 décembre 2015 constituant la partie réglementaire du livre 1er du code de l'urbanisme et traite notamment de la modernisation du contenu du plan local d'urbanisme ;
- La loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, traitant notamment de la gouvernance et de la politique de l'eau ;
- La loi n°2014-366 du 24 mars 2014, dite loi ALUR (loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové), prévoyant que le PLU puisse imposer une part minimale de surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables ;
- La loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, définit des exigences de lutte contre l'artificialisation des sols.

10. QUELS SONT LES PRINCIPAUX TEXTES DE RÉFÉRENCE ?

Dans le cadre de la gestion des eaux pluviales, et en complément des exigences réglementaires, des textes de référence permettent de définir les *Clauses Techniques Générales (CCTG)* en vue de la rédaction des documents de marché (*CCTP, Cahier des Clauses Techniques Particulières*). Le Fascicule 70 – Titre II « Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales » - (2021) traite plus particulièrement des ouvrages de gestion des eaux pluviales, et renvoie au Fascicule 70 – Titre I « Fourniture, pose et réhabilitation de canalisations d'eau à écoulement à surface libre » - (2021) concernant les canalisations.

Des guides traitent plus particulièrement du dimensionnement hydraulique :

- Le *memento technique « Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées »* - ASTEE-2017 ;
- Le guide consacré à « la ville et son assainissement » - CERTU- 2003.

La stratégie de collecte des eaux pluviales résulte d'un choix technique, économique et politique. Elle intègre différentes contraintes, à savoir la sensibilité des sites aux risques d'inondations par ruissellement et aux risques de pollution des milieux récepteurs, la capacité du système d'assainissement à transférer les flux d'eaux polluées vers un ouvrage de traitement et à traiter les flux supplémentaires collectés, mais également la capacité de filtration et d'infiltration du sol et du sous-sol.

I. COLLECTER ET INFILTRER



TABLE DES MATIÈRES

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE COLLECTER ET INFILTRER ?	10
1.1 LES OUVRAGES DE COLLECTE «LINÉAIRE»	11
1.1.1 LES CANIVEAUX À GRILLE OU À FENTE	11
1.1.2 LES BORDURES ET CANIVEAUX DE TROTTOIR	11
1.1.3 LES PRODUITS ASSOCIÉS AUX NOUES, AUX FOSSÉS PAYSAGERS ET AUX TRANCHÉES DRAINANTES OU INFILTRANTES	12
1.2 LES OUVRAGES DE COLLECTE «PONCTUELLE»	13
1.2.1 LES DISPOSITIFS D'ENGOUFFREMENT	13
1.2.2 LES Puits D'INFILTRATION	13
1.3 LES OUVRAGES DE COLLECTE «RÉPARTIE» : LES REVÊTEMENTS DRAINANTS	14
1.3.1 LES PAVÉS ET DALLES POSÉS À JOINTS LARGES	15
1.3.2 LES PAVÉS ET DALLES POREUX	15
1.3.3 LES DALLES DRAINANTES ENGAGONNÉES OU GRAVILLONNÉES	15
2. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?	16
2.1 CONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE DU SITE D'IMPLANTATION	16
2.2 PRÉSENCE ÉVENTUELLE D'EAU SOUTERRAINE	16
2.3 PRÉSENCE DE RÉSEAUX DIVERS	17
2.4 ZONES DE CIRCULATION	17
3. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE COLLECTE ET LES OUVRAGES D'INFILTRATION ?	18
3.1 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE	18
3.1.1 DÉBIT À COLLECTER	18
3.1.2 DÉBIT DE SORTIE	19
3.2 DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE	20
4. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE COLLECTE ET LES OUVRAGES D'INFILTRATION ?	18
4.1 LES CANIVEAUX À GRILLE ET À FENTE	21
4.2 LES BORDURES ET CANIVEAUX DE TROTTOIR	21
4.3 LES NOUES ET FOSSÉS PAYSAGERS	21
4.4 LES BOUCHES D'ENGOUFFREMENT	22
4.5 LES Puits D'INFILTRATION	24
4.6 LES REVÊTEMENTS DRAINANTS	24
5. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?	25
6. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?	26
BIBLIOGRAPHIE / INDEX DES FIGURES	27

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE COLLECTER ET INFILTRER ?

Les différentes solutions préfabriquées de l'industrie du béton pour collecter les eaux pluviales considérées dans ce document sont décrites selon le mode de collecte des eaux :

Pour une collecte linéaire :

- Les caniveaux hydrauliques (à grille ou à fente) ;
- Les bordures et caniveaux de trottoir ;
- Tous produits préfabriqués en béton associés à des noues, fossés paysagers ou tranchées drainantes.

Pour une collecte ponctuelle :

- Les bouches d'engouffrement ;
- Les puits d'infiltration.

Pour une collecte répartie :

- Les revêtements drainants.

On considère donc trois familles de produits :

- Famille I : produits permettant une collecte « linéaire » ; qui comprend les caniveaux à grille ou à fente, les bordures et caniveaux de trottoir et les noues, fossés paysagers et tranchées drainantes ;
- Famille II : produits permettant une collecte « ponctuelle » : qui comprend les bouches d'engouffrement ainsi que les regards et boîtes associés, et les puits d'infiltration ;
- Famille III : produits permettant une collecte « répartie » : qui comprend les revêtements drainants.

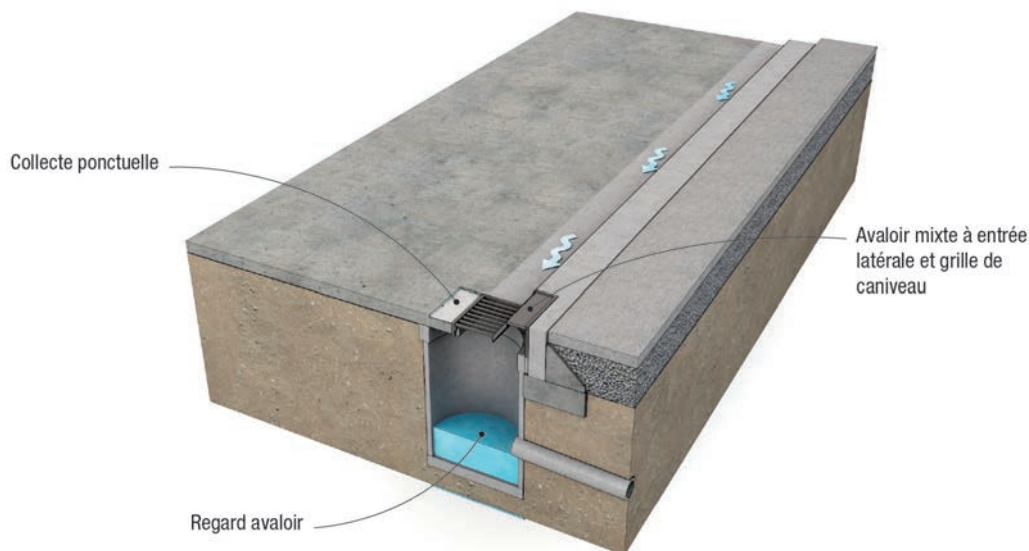


Figure 1 – Exemple de modalité de collecte des eaux pluviales

1.1 LES OUVRAGES DE COLLECTE « LINÉAIRE »

1.1.1 Les caniveaux hydrauliques à grille ou à fente

Les caniveaux hydrauliques à grille ou à fente sont définis selon la norme NF EN 1433 « Caniveaux hydrauliques pour l'évacuation des eaux dans les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules » [1] comme étant un assemblage linéaire composé d'unités préfabriquées, permettant de récupérer et de transporter les eaux de surface sur toute leur longueur pour les décharger en aval. On distingue ainsi :

- Les caniveaux à grilles ;
- Les caniveaux à fentes ;
- Les caniveaux à fentes dans la bordure du trottoir.

Deux types de caniveaux sont définis selon leur mode de mise en œuvre (**Figure 2**) :

- Caniveaux de type I : qui ne nécessitent aucun support supplémentaire pour résister aux charges verticales et horizontales de service ;
- Caniveaux de type M : qui nécessitent un support supplémentaire pour résister aux charges verticales et horizontales de service.

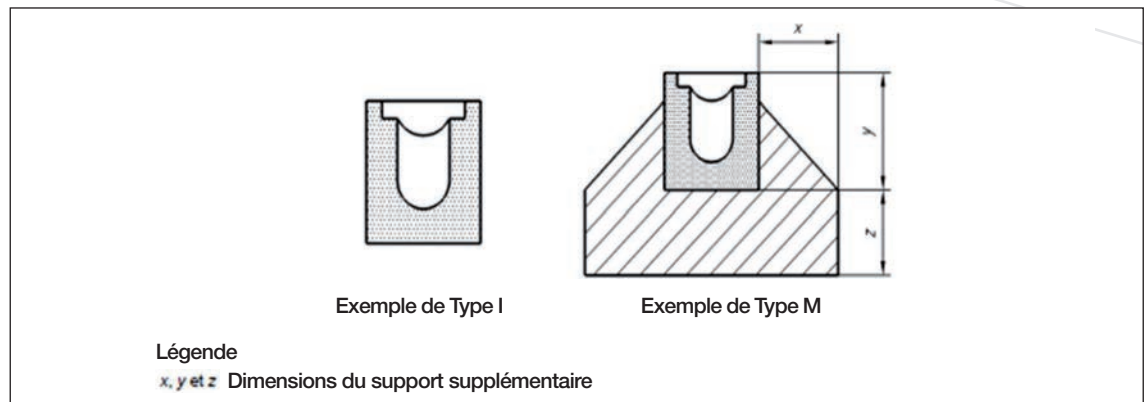


Figure 2 – Exemples de caniveaux de Type I et de Type M [1]

1.1.2 Les bordures et caniveaux de trottoir

Les caniveaux associés aux bordures de trottoir sont définis dans la norme NF EN 1340 « Éléments pour bordures de trottoir en béton Prescriptions et méthodes d'essai » [2]. La norme NF P 98-340/CN : 2004 « Produits industriels en béton – Bordures et Caniveaux – Profils » [3], complément national à la norme NF EN 1340, distingue deux profils de caniveaux en fonction de leurs utilisations, et définit les dimensions et tolérances des modèles par profil (Tableau 1).

Types (Profils)	Modèles	Utilisation
CS	CS1 - CS2 CS3 - CS4	Caniveaux simple pente (Figure 3) - à associer aux bordures de type A (accotements de routes ou autoroutes) ou T (pour parcs de stationnement, allées et terrains de sport).
CC	CC1 - CC2	Caniveaux double pente (Figure 4)

Types de caniveaux de trottoir et modèles associés [3]



Figure 3 - Caniveau simple pente
à associer aux bordures de type
A ou T



Figure 4 - Caniveau double pente

1.1.3 Les produits associés aux noues, aux fossés paysagers et aux tranchées drainantes ou infiltrantes

Selon le contexte dans lequel ils s'insèrent, les ouvrages constitués de noues, fossés paysagers et tranchées peuvent avoir pour fonction de recueillir les eaux pluviales mais peuvent également en assurer le transport, le stockage, la restitution et éventuellement le traitement [7].

Dans ce chapitre du document, on s'intéresse particulièrement à la fonction assurée par ces ouvrages en termes de collecte des eaux pluviales, puis à leur acheminement vers les ouvrages de stockage (voir chapitre II : Stocker). La différence entre les noues et les fossés repose sur leurs conceptions, leurs morphologies (pente, profondeur) et leurs conditions d'entretien.

Une noue est un fossé large et peu profond, souvent enherbé, aux pentes transversales douces (généralement inférieures à 25 %), temporairement submersible et assurant un rôle de rétention à l'air libre et d'évacuation des eaux pluviales. Les noues sont le plus souvent situées en bordure de chaussée ou intégrées dans un espace vert pour une vocation paysagère (Figure 5).

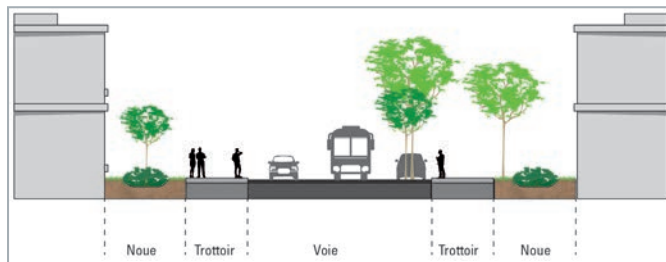


Figure 5 - Schéma de principe d'une noue

On peut distinguer deux types de noues et fossés paysagers :

- Les noues et fossés d'infiltration : l'évacuation de l'eau se fait par infiltration dans le sol ;
- Les noues et fossés de rétention : l'évacuation de l'eau se fait par un exutoire en extrémité d'ouvrage ou de tronçon d'ouvrage.

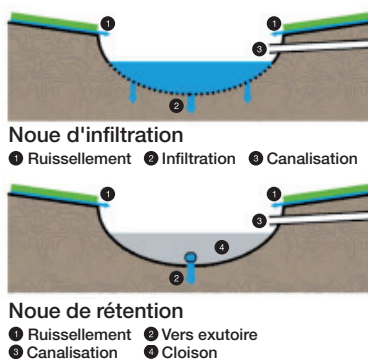


Figure 6 – Exemples de noues [9]

Les tranchées, elles, sont, tout comme les noues et fossés, des ouvrages linéaires. Leur différence réside dans le fait qu'elles sont remplies de matériaux à fort indice de vide, tels que du gravier ou des galets, les eaux pluviales étant collectées par des canalisations ou par ruissellement.

On distingue deux types de tranchées :

- Tranchées drainantes : les eaux collectées sont évacuées par un drain, selon un débit régulé vers un exutoire (réseau de collecte, cours d'eau, bassin de rétention/infiltration) ;
- Tranchées infiltrantes : l'évacuation des eaux pluviales se fait par infiltration directe dans le sol.

1.2 LES OUVRAGES DE COLLECTE « PONCTUELLE »

1.2.1 Les dispositifs d'engouffrement

Les dispositifs d'engouffrement sont des ouvrages destinés à collecter « ponctuellement » en surface les eaux de ruissellement. Ils permettent, par l'intermédiaire d'une canalisation de branchement, d'acheminer ces eaux jusqu'au collecteur pluvial.

Les dispositifs d'engouffrement peuvent être classés selon 3 types :

- Les avaloirs à entrée latérale ;
 - À entrée libre ;
 - À barreaudage vertical.
- Les grilles de caniveau ;
- Les dispositifs mixtes comprenant une entrée latérale, grillée ou non, et une grille de caniveau, de conception séparée ou monobloc.

La Figure 7 représente un schéma de principe d'une bouche d'engouffrement (à passage sélectif avec décantation) avec un regard associé, placée au bord d'un trottoir.

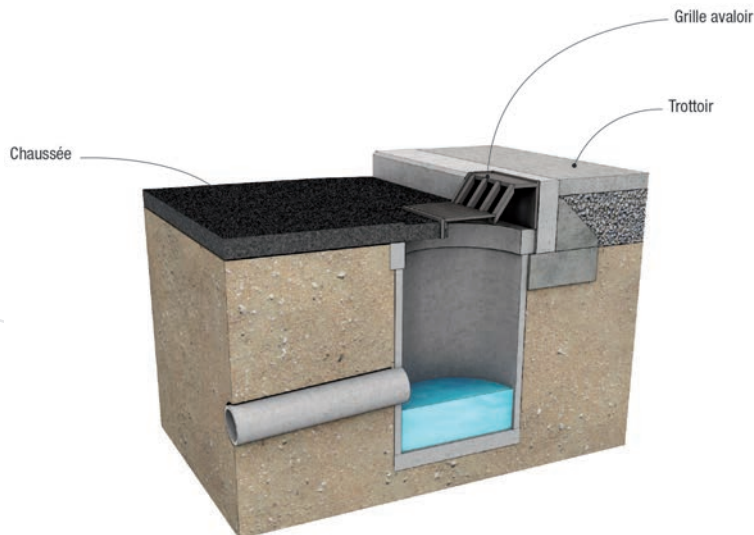


Figure 7 – Schéma de principe d'une bouche d'engouffrement (à passage sélectif avec décantation) et du regard associé

Un dispositif d'engouffrement comporte une cheminée de dimensions variables, dans laquelle l'eau collectée sur les chaussées et trottoirs pénètre par l'intermédiaire de l'avaloir. Dans la plupart des cas, un avaloir comporte un dispositif sélectif qui permet d'assurer une séparation grossière entre les éléments les plus lourds et les eaux de ruissellement proprement dites, et dans certains cas, un dispositif de rétention des éléments flottants.

Les regards associés aux dispositifs d'engouffrement sont définis dans la NF EN 1917 « Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré acier et béton armé » [4] et son complément national NF P 16-346-2 [5].

La certification **NF** associée garantit un niveau de qualité constant assuré par la mise en place par le fabricant d'un système de management de la qualité lui permettant d'exercer un contrôle en continu sur sa production, tout en étant audité régulièrement par un organisme certificateur tierce partie (indépendant et accrédité). La **résistance mécanique**, la **durabilité** du béton, l'**étanchéité**, les **dimensions** sont donc **vérifiées** périodiquement par un organisme tiers impartial (audit, essais sur site et en laboratoire extérieur) et respectées de façon continue par le fabricant.

1.2.2 Les puits d'infiltration

Les puits d'infiltration sont des ouvrages ponctuels qui ont pour fonction principale l'infiltration des eaux dans les couches perméables du sol. Ce sont des ouvrages conçus pour infiltrer sur une emprise restreinte tout ou partie des eaux pluviales ou de ruissellement. L'eau est collectée dans une chambre de décantation en amont du puits, par des canalisations ou par ruissellement. Les puits d'infiltration sont vides ou comblés par des matériaux ou produits dont le taux de vide permet le stockage. Ils peuvent être associés à d'autres ouvrages de gestion des eaux pluviales dont ils assurent la fonction de restitution (tranchées, bassins de stockage...) [7].

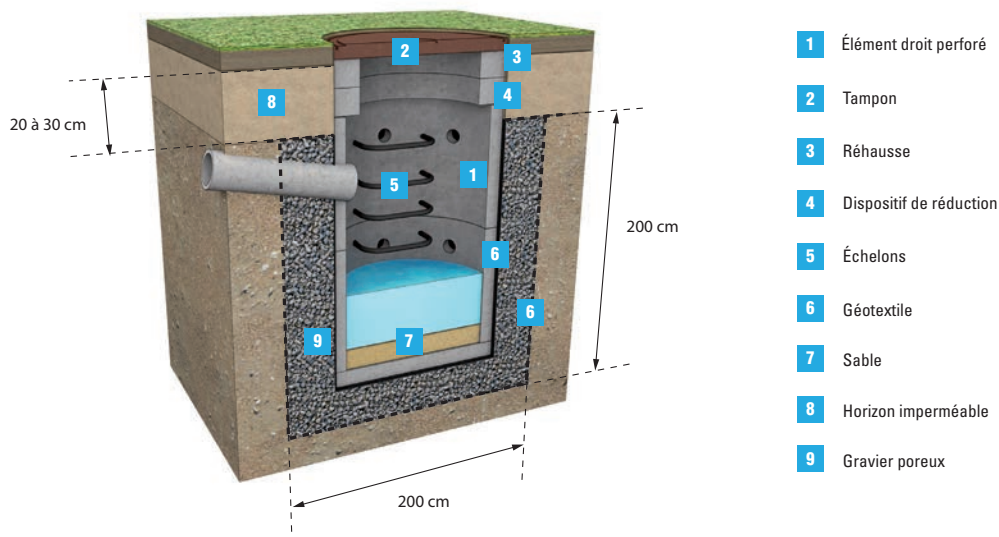


Figure 8 – Schéma de principe de puits d'infiltration

1.3 LES OUVRAGES DE COLLECTE « RÉPARTIE » : LES REVÊTEMENTS DRAINANTS

Cette collecte est réalisée au moyen de revêtements dits « drainants » ou « perméables », qui permettent d'infiltrer les eaux pluviales directement dans le sol. Ces revêtements peuvent également alimenter des solutions de stockage : ils sont alors considérés comme un élément constitutif d'une technique de stockage (par exemple une chaussée à structure réservoir) (voir chapitre II : Stocker) et comme en assurant la fonction de « collecte ».

1.3.1 Les pavés et dalles posés à joints larges

Les pavés et dalles posés à joints larges disposent d'écarteurs, généralement intégrés aux produits, afin d'assurer une largeur de jointoiment dédiée à l'infiltration des eaux. Les joints ainsi créés ont des largeurs de 5 mm à 30 mm, et leur surface peut représenter 10 % ou plus de la surface revêtue. L'écoulement de l'eau se fait à travers les joints, dont le matériau de remplissage doit permettre l'infiltration des eaux pluviales.



Figure 9 – Pavés à joints larges

1.3.2 Les pavés et dalles poreux

Les produits poreux sont réalisés en béton poreux à granulométrie ouverte, conçus de manière à avoir une très grande porosité connectée. L'eau s'écoule principalement à travers les produits, même si les joints peuvent également contribuer à l'infiltration des eaux pluviales.



Figure 10 – Pavés poreux

1.3.3 Les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées

Les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées sont des dalles qui comportent de larges ouvertures dans toute leur épaisseur, afin de favoriser l'infiltration des eaux pluviales. Le profil de leur pourtour peut permettre de former également des ouvertures lors de la pose. Les ouvertures peuvent être soit engazonnées (les alvéoles sont alors remplies d'un mélange terre – sable avant semence du gazon), soit remplies de gravillons ou de sable grossier.



Figure 11 – Dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées

2. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?

Quelles sont les données à prendre en compte par le maître d'œuvre lors de l'élaboration du projet ?

- Le contexte urbain (réseaux existants, encombrement ...), la topographie du site (pentes, obstacles, exutoires possibles), l'usage de l'espace projeté ;
- Le contexte géotechnique et hydrologique : perméabilité des sols en place, capacité de rétention, possibilité de créer des ouvrages souterrains, présence et niveau de la nappe phréatique, divers écoulements ... ;
- Les exigences et prescriptions applicables sur le site (SDAGE, PLU, zonage pluvial ...) ainsi que la caractérisation des événements pluvieux propres au site d'étude (intensité, durées et périodes de retour).

2.1 CONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE DU SITE D'IMPLANTATION

La perméabilité du sol du site conditionne l'emploi des solutions de collecte des eaux pluviales par infiltration :

- Si le coefficient de perméabilité du sol en place est supérieur à 10^{-6} m/s, l'emploi de revêtements drainants préfabriqués en béton est envisageable pour une infiltration directe dans le sol. Toutefois, si le coefficient de perméabilité du sol en place est supérieur à 10^{-2} m/s, des dispositions pour prévenir un risque de pollution sont alors à considérer préalablement à l'infiltration dans le sol : couche filtrante (par exemple constituée de 40 à 60 cm de sable fin et d'une couche de 20-25 cm de graviers 20/40), système de prétraitement des eaux (par décantation par exemple) ;
- Si le coefficient de perméabilité du sol en place est inférieur à 10^{-6} m/s, l'emploi de revêtements drainants préfabriqués en béton est envisageable mais il peut être nécessaire de coupler l'infiltration dans le sol en place à une structure réservoir permettant de différer la restitution des eaux pluviales stockées.

On notera également que les solutions d'infiltration ne sont pas adaptées :

- Dans les zones d'eau protégées (périmètre de protection de captage d'eau potable, zone identifiée dans le Plan de Prévention de Risques, Zone Naturelle d'Intérêt Écologique ...), en raison du risque de pollution accidentelle par infiltration ;
- Dans les sols non propices à la présence d'eau (risques de dissolution, de tassement, problèmes de retrait-gonflement ...).

Si les conditions de mise en œuvre de l'infiltration ne sont pas réunies, il convient alors de concevoir une autre solution avec par exemple un rejet du débit dans le réseau.

2.2 PRÉSENCE ÉVENTUELLE D'EAU SOUTERRAINE

Dans le cas d'une collecte des eaux pluviales par infiltration, le deuxième paramètre à prendre en compte est le niveau maximal de la nappe. Les zones de nappe affleurante ou subaffleurante se prêtent mal à l'infiltration. On les identifie facilement à partir d'indices géologiques, pédologiques et floristiques définis dans la circulaire DGPAAT/C2010-3008 du 18 Janvier 2010 mentionnée dans [6].

2.3 PRÉSENCE DE RÉSEAUX DIVERS

L'implantation des ouvrages de collecte doit respecter les distances minimales par rapport à la végétation et aux bâtiments. On pourra se référer aux normes sur la réalisation des tranchées (NF P 98-331 chaussées et dépendance - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection) et sur les distances entre réseaux (NF P 98-332 chaussées et dépendances - Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux) [7].

2.4 ZONES DE CIRCULATION

Les différentes solutions présentées dans ce document sont adaptées aux zones de circulation des piétons et des véhicules.

> Exemple 1 : Les caniveaux à grille et à fente

Pour leur faible emprise au sol et leur capacité à supporter des charges roulantes, les caniveaux à grille ou à fente sont adaptés aux zones urbaines jusqu'aux chaussées à trafic intense (parkings, cours, zones d'activités, aéroports.). Les groupes d'utilisation des caniveaux sont définis dans la norme NF EN 1433 [1].

Groupe 1 (classe A 15 minimum)

Zones pouvant être utilisées uniquement par les piétons et les cyclistes.

Groupe 2 (classe B 125 minimum)

Trottoirs, zones piétonnes et zones comparables, aires de stationnements privés et parking à étages pour voitures.

Groupe 3 (classe C 250 minimum)

Bordures de trottoirs (figure 10) et zones sans circulation des accotements stabilisés et similaires. Les caniveaux dans la bordure de trottoir sont toujours du groupe 3.

Groupe 4 (classe D 400 minimum)

Voies de circulation (y compris les rues piétonnes), accotements stabilisés (figures 10 et 11) et aires de stationnement pour tous types de véhicules routiers.

Groupe 5 (classe E 500 minimum)

Zones soumises à des charges à l'essieu élevées, par exemple ports et docks.

Groupe 6 (classe F 900)

Zones soumises à des charges à l'essieu particulièrement élevées, par exemple chaussées pour avions.

Figure 12 – Groupes d'installation des caniveaux en fonction du type de circulation selon la norme NF EN 1433 [1]

> Exemple 2 : Les bouches d'engouffrement

Les dispositifs de recouvrement des regards associés aux dispositifs d'engouffrement sont généralement constitués par un cadre métallique pourvu d'un tampon amovible devant résister aux charges le sollicitant. Il est de la classe de résistance D400 (400 kN) sous chaussée circulée, B125 (125 kN) sous trottoir et C250 (250 kN) sous voiries à circulation réduite.

> Exemple 3 : Les revêtements drainants

Les revêtements drainants peuvent être utilisés sur tout type de voirie (chaussée, parking, trottoirs, placettes etc.). Ils sont indiqués pour des chaussées urbaines à moyenne ou forte circulation automobile, en évitant toutefois les zones de freinage, d'accélération ou de manœuvre des engins lourds (effort tranchant).

3. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE COLLECTE ET LES OUVRAGES D'INFILTRATION ?

3.1 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

3.1.1 Débit à collecter

Le dimensionnement hydraulique des ouvrages de collecte est basé sur des notions de débits. Ces débits calculés conduisent à des volumes collectés et éventuellement stockés. D'une manière générale et pour les différentes solutions présentées dans ce document, le débit maximal à collecter (on le notera Q_{voirie}) est calculé suivant la méthode rationnelle (décrite dans le Memento Technique de l'ASTEE [6]). Le calcul peut être effectué au moyen du logiciel ODUIC+.

> Cas particulier des bouches d'engouffrement

Dans le cas des bouches d'engouffrement, on parle de débit à absorber. La détermination du débit total à absorber Q_{ruis} constitue la première étape du dimensionnement et de l'évaluation du nombre d'avaloirs.

$$Q_{\text{ruis}} = Q_{\text{voirie}} + Q_{\text{apports.ext}}$$

L'intensité des pluies est déterminée par la formule de Montana avec une durée critique de pluie courte (en général 6 minutes) [6]. Pour ce calcul on considère [6] :

- Une pluie de période de retour correspondant au minimum au niveau de service 2 ;
- Un coefficient de ruissellement de surface imperméable sur des temps courts qui est égal au taux d'imperméabilisation.

Le débit maximal à absorber est augmenté d'apports extérieurs à la voirie pris en compte dans le calcul : gargouilles alimentées par des toitures voisines, surfaces perméables saturées adjacentes, voiries non captées à l'amont, etc.

Le nombre d'avaloirs nécessaire pour absorber le débit Q_{ruis} peut être évalué par [6] :

$$N = \frac{Q_{\text{ruis}}}{Q_{\text{abs}}}$$

Avec Q_{abs} le débit absorbé par grille (par avaloir).

Le débit absorbé par ouvrage d'engouffrement est limité à 10 l/s pour les surfaces à faibles pentes afin de limiter la hauteur d'eau (de quelques centimètres) [6].

Dans le cas de fortes pentes, étant données les vitesses d'écoulement importantes et l'entraînement des particules solides à l'origine du colmatage, il convient d'augmenter la densité ou la capacité d'absorption des avaloirs.

S'il existe des disparités (de pente, de type de chaussées, de type d'avaloirs...) il convient d'effectuer un dimensionnement sur chaque zone homogène.

Les avaloirs doivent être disposés judicieusement de façon à intercepter les écoulements de surface :

- En point bas des aires revêtues ;
- Aux jonctions des rues ;
- En position intermédiaire selon une répartition homogène.

La capacité réelle de rétention d'un avaloir est dépendante de nombreux facteurs dont les principaux sont :

- Les caractéristiques intrinsèques de l'avaloir (type, géométrie, forme et disposition de chaque barreau, surface d'absorption) ;
- Le contexte d'installation (géométrie du caniveau, présence de bavette, pente transversale et pente longitudinale, positionnement par rapport à l'écoulement...) : il est donc nécessaire de respecter les recommandations d'installations fournies par les constructeurs.

3.1.2 Débit de sortie

Le débit de sortie des ouvrages de collecte est déterminé par le maître d'œuvre.

On parle généralement de débit de restitution lorsque ce débit de sortie est conditionné par les capacités du réseau aval. Il est alors généralement exprimé en m³/s ou m³/h.

On parle de débit d'infiltration lorsque l'évacuation des eaux pluviales collectées se fait par infiltration et est donc dépendante des capacités d'infiltration du sol en place.

Le débit d'infiltration possible est conditionné par la perméabilité du sol et peut nécessiter de combiner ce mode d'évacuation avec un stockage tampon intermédiaire afin d'en assurer la faisabilité.

Le débit d'infiltration conditionne alors le débit de fuite de la solution de stockage considérée.

L'application de la loi de Darcy simplifiée permet, pour une surface d'infiltration $S_{infiltration}$ donnée, de déterminer le débit d'infiltration $Q_{infiltration}$ à travers cette surface dans la zone non saturée. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{infiltration} = K \times S_{infiltration}$$

Avec :

$Q_{infiltration}$ en m³/s

K en m/s est considéré comme étant homogène sur la surface d'infiltration

$S_{infiltration}$ en m²

Cette approche est directement applicable lorsque des revêtements drainants sont utilisés pour la collecte des eaux.

> Cas particulier des noues

L'application de la loi de Darcy dans cet exemple prend en compte que la surface d'infiltration, $S_{infiltration}$, peut être variable selon les conditions de remplissage de l'ouvrage. Dans ce cas, le débit d'infiltration varie avec le remplissage jusqu'à Q_{max} . L'incertitude liée à la variation de surface est faible par rapport à l'incertitude affectant la perméabilité ; c'est pour cela qu'elle est négligée.

Ainsi, pour les noues et fossés paysagers assimilables à des bassins d'infiltration alimentés directement par le ruissellement, on prend en compte la largeur au miroir de l'ouvrage à condition que le fond soit protégé contre le colmatage. La détermination du débit d'infiltration est ainsi exprimée par la formule suivante :

$$Q = K \times L_{miroir}$$

Où L_{miroir} varie de 0 à la largeur de la noue.

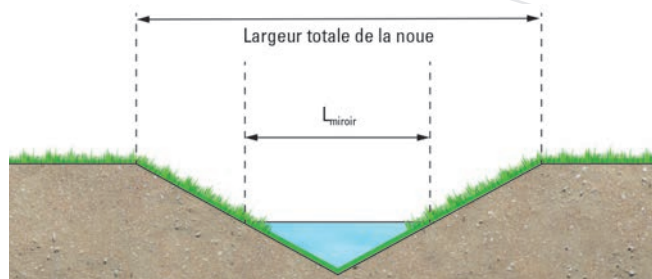


Figure 13 – Dimensions caractéristiques d'une noue [6]

> Cas particulier des puits d'infiltration

Pour un puits d'infiltration circulaire, la détermination du débit d'infiltration s'exprime de la façon suivante [6] :

$$Q = K \times \pi \times \left(\frac{B^2}{4} + B \times H \right)$$

Où H varie de 0 à Hp. Hp est la profondeur du puits dans l'horizon perméable. B est la largeur ou le diamètre du puits.

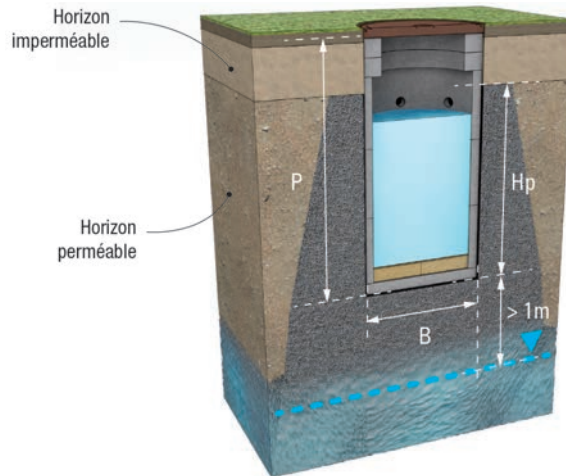


Figure 14 – Notions utilisées dans la loi de vidange d'un puits d'infiltration [6]

3.2 DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE

De manière générale, il convient d'utiliser des produits dont la classe de résistance mécanique est adaptée à l'usage prévu. Des dimensionnements spécifiques sont à réaliser dans les cas décrits ci-après.

> Cas des structures de chaussée

L'objectif du dimensionnement mécanique est de déterminer l'épaisseur des couches de la structure de chaussée nécessaire pour le trafic attendu, et pour la durée de service prévue. Les critères pris en compte sont :

- Le trafic caractérisé par le nombre de poids lourds sur la voie la plus chargée et leur agressivité (Ce critère est pris en compte au travers du coefficient d'agressivité moyenne CAM, qui dépend de la composition du trafic, de la configuration des essieux (isolé, tandem, tridem), du type de roues (simples ou jumelées), de la charge des essieux, mais aussi de la nature des matériaux constituant la structure (un PL donné ne provoque pas le même endommagement selon qu'il circule sur une chaussée bitumineuse ou hydraulique). Ce CAM permet de ramener le trafic à un nombre équivalent d'essieux de 13 t) ;
- La portance de la plateforme ;
- Les caractéristiques mécaniques des produits et matériaux constitutifs de la structure de chaussée pour leur aptitude à la tenue au trafic.

Le dimensionnement mécanique des structures de chaussées en pavés et dalles en béton peut être réalisé à l'aide des structures types ou du logiciel VoirIB.

> Cas des noues, fossés paysagers, puits d'infiltration et tranchées

Le dimensionnement doit prendre en compte [7] :

- La stabilité des berges des noues et fossés paysagers en phase chantier et en phase d'exploitation ;
- La stabilité des parois des tranchées et puits d'infiltration en phase chantier et en phase d'exploitation.

> Cas des caniveaux à grille ou à fente

Les charges horizontales dues à la circulation ou au comportement thermique du revêtement de surface doivent être absorbées par les corps de caniveaux proprement dits ou par l'enrobage éventuel en béton. Lorsque le caniveau seul reprend les charges, il est dit de type I. Lorsqu'un enrobage béton est nécessaire, il est de type M [1].

4. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE COLLECTE ET LES OUVRAGES D'INFILTRATION ?

4.1 LES CANIVEAUX À GRILLE ET À FENTE

Les caniveaux hydrauliques à grille ou à fente sont généralement posés sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur. Les côtés du corps de caniveau sont comblés au moyen du matériau constituant la structure de la chaussée ou d'un béton lorsque les produits sont de type M.

Comme les tuyaux, la mise en œuvre des caniveaux est réalisée dans le sens contraire du flux, de l'aval vers l'amont, à partir du raccordement à la canalisation principale.

Si des forces horizontales importantes peuvent solliciter les caniveaux, par exemple sur les passages des voies ferrées, des rampes ou voies de circulation rapide, la tenue aux charges est également conditionnée par la présence de joints de dilatation disposés dans les éventuelles surfaces de béton attenantes, et le long du corps de caniveau.

4.2 LES BORDURES ET CANIVEAUX DE TROTTOIR

Le « Guide de pose des bordures et caniveaux préfabriqués en béton » [11] détaille les préconisations de mise en œuvre de ces produits. Les principales spécifications devant être respectées sont les suivantes.

- Dans le cas général, le massif de fondation doit avoir les caractéristiques suivantes :
 - Béton de résistance équivalente à celle d'un béton C16/20 ;
 - Épaisseur de fondation supérieure à 10 cm ;
 - Largeur de fondation au moins égale à la largeur du produit, augmentée de 10 cm de part et d'autre,
- La mise en œuvre se réalise sur béton frais.
- Le calage des bordures est obligatoire (en continu ou au niveau des joints).
- L'exécution des joints et leur remplissage doivent être soigneusement réalisés, en veillant à permettre la dilatation sur le linéaire concerné.
- En cas de bordures franchissables, un délai minimum de 7 jours doit être observé entre la pose et la mise en service.

4.3 LES NOUES ET FOSSÉS PAYSAGERS

La section de l'ouvrage peut être triangulaire, trapézoïdale ou courbe en fonction de l'emprise au sol disponible (Figure 15).

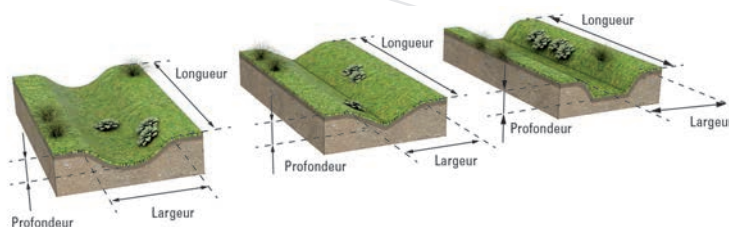


Figure 15 – Différentes sections des noues et fossés paysagers

Ces ouvrages sont adaptés sur des terrains plats ou à faible pente, et devront suivre au plus près les courbes de niveau.

> Comment se fait l'alimentation ?

L'alimentation s'effectue soit directement par ruissellement naturel vers la noue (Figure 16) (ruissellement de surface, sans équipement annexe, lorsque les pentes et le nivellement des surfaces d'apport le permettent), soit par des équipements de collecte connectés à la noue (Figure 17).

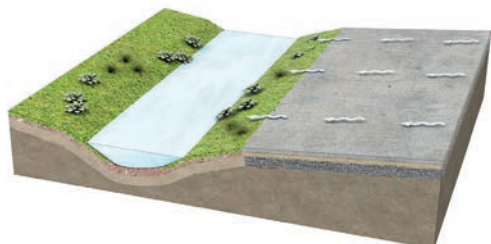


Figure 16 – Apport réparti (par ruissellement) [7]

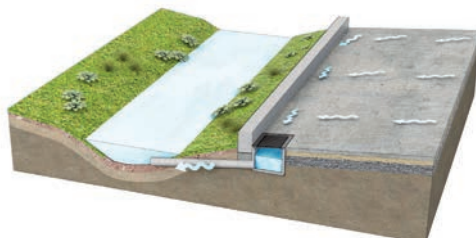


Figure 17 – Apport localisé (canalisation) [7]

Dans le cas de pente importante, la mise en place de cloisons ou redents est nécessaire pour maintenir un volume de stockage suffisant et limiter les vitesses d'écoulement [6]. Les noues sont alors compartimentées par des cloisons transversales installées sur l'ensemble du profil en long. Les noues ainsi compartimentées peuvent alors être des noues de transit dans lesquelles on veut ralentir la vitesse de circulation des eaux de ruissellement ou des noues d'infiltration installées sur des pentes supérieures à 1%.

La présence de redents améliore l'efficacité des noues : ils présentent l'intérêt d'allonger considérablement le temps de séjour de l'eau dans chaque compartiment jusqu'à ce que le niveau supérieur du redent soit atteint ; l'infiltration est ainsi favorisée. Par ailleurs, les eaux affectées par la turbidité décantent et les polluants éventuels ne migrent pas : ils sont piégés soit dans les sédiments, soit dans les plantes qui accompagnent l'aménagement.

Une pente minimale de 0,5% est souhaitable. Dans le cas d'une pente inférieure à 0,5% (0,2 à 0,3%) et de terrain peu perméable, un aménagement de cunette en béton ou une tranchée drainante peut être réalisé en fond d'ouvrage pour améliorer les conditions de vidange.

Il est possible de planter des arbres dans les noues. En effet, les arbres, par leur développement racinaire, permettent d'améliorer l'infiltration et participent également à la régulation de l'eau par évapotranspiration. Il est alors préférable de planter des espèces adaptées aux milieux humides.

4.4 LES BOUCHES D'ENGOUFFREMENT

Le long d'une voirie équipée de bordures et de caniveaux, la cheminée du dispositif d'engouffrement peut se trouver sous trottoir, dans ce cas les eaux sont recueillies soit :

- Par un avaloir à entrée latérale insérée dans la bordure (profil A ou T) comprenant un tampon amovible ;
- Par un avaloir mixte qui permet un engouffrement par une entrée latérale complétée par une entrée sur le dessus.

Sous un double caniveau (profil CC), dans des parcs de stationnement, des zones piétonnières ..., les eaux sont recueillies par le dessus de la cheminée à l'aide de grilles amovibles plates ou concaves suivant le cas.



Figure 18 – Collecte par bouche

Les cheminées des bouches d'engouffrement sont considérées comme des dispositifs destinés à l'accès du personnel ou à la descente de matériel (dispositifs d'inspection ou de curage). Leurs règles de mise en œuvre sont donc basées sur celles des regards et des boîtes. Le guide « des réseaux de qualité en béton » décrit les principales règles de bonnes pratiques [13].

On distingue :

- Les regards de visite : dont la cheminée est d'une dimension intérieure supérieure ou égale à 1 m. Ces ouvrages peuvent être équipés d'un système de descente et d'un dispositif de réduction de dimension entre la cheminée et le trou d'homme permettant l'accès à la cheminée. Les changements de pente ou de direction sont réalisés dans des regards.
- Les regards occasionnellement visitables : dont la cheminée est d'une dimension intérieure supérieure ou égale à 0,80 m et inférieure à 1 m. Ils ne sont généralement pas équipés d'un système de descente.
- Les boîtes d'inspection ou de branchement dont la dimension intérieure est inférieure à 0,80 m.

Dimension intérieure de cheminée	Ouvrage	Introduc-tion de matériel	Accès du personnel
≥ 1000	Regards de visite (visitables)	Oui	Oui
$800 \leq D < 1000$	Regards occasionnellement visitables	Oui	Oui, uniquement dans des circonstances exceptionnelles et sous réserve d'être équipé d'un harnais
< 800	Boîtes d'inspection ou boîtes de branchement (nota : seules celles dont la profondeur fil d'eau est inférieure ou égale à 2 m sont couvertes par la norme NF EN 1917 [4])	Oui	Non

Principales caractéristiques des regards et boîtes de branchement

Les regards comportent (de haut en bas) :

- Un dispositif de recouvrement constitué par un cadre métallique pourvu d'un tampon amovible ;
- Une ou plusieurs réhausses sous cadre ;
- Un dispositif de réduction de section, constitué par un élément tronconique ou une dalle réductrice de couronnement ;
- Des éléments droits éventuels, assemblés entre eux et sur le dispositif de réduction de manière étanche ;
- Un élément de fond raccordé de manière étanche sur l'élément droit inférieur. Cet élément de fond comporte :
 - Une cunette dont la largeur est adaptée aux diamètres de canalisations entrantes et sortantes ;
 - Une ou des banquettes ;
 - Un raccordement des canalisations entrantes ou sortantes qui se fait à l'aide d'un joint souple et étanche.

Il est nécessaire d'assurer l'étanchéité de l'assemblage entre la bouche d'engouffrement et la cheminée. Celle-ci est réalisée à l'aide d'un joint. Avant d'emboîter les éléments, il est donc nécessaire de s'assurer qu'aucune impureté ne s'est glissée sur le joint.

Le nombre de dispositifs d'engouffrement dépend de la surface dont on veut collecter les eaux pluviales, du choix du dispositif d'engouffrement et de la configuration (la topographie) de la zone collectée. L'emplacement des dispositifs d'engouffrement se situe aux points bas des zones collectées.

Dans les voies à déclivité importante, il convient d'en prévoir en cours de pente afin d'éviter l'érosion mécanique des caniveaux et des rigoles et l'accumulation rapide des eaux chargées dans les points bas pouvant entraîner le colmatage rapide des avaloirs. Dans ce cas, il y a lieu de prendre toutes dispositions utiles pour faciliter l'entrée des eaux dans les dispositifs d'engouffrement (doublement de l'avaloir, adjonction d'une grille de caniveau, retrait du bordurage...) et en augmenter l'efficacité [6].

4.5 LES PUITS D'INFILTRATION

Les points suivants doivent être pris en compte lors de la réalisation d'un puits d'infiltration :

- Le puits d'infiltration est installé dans la partie basse de parcelle et est implanté à une distance minimale de 3 m par rapport à tout végétal arbustif ou arborescent (prévention du risque de dégradation de l'ouvrage par le système racinaire) et à plus de 5 m des bâtiments. Pour une implantation plus proche, par exemple en sous-sol, une étude spécifique est nécessaire.
- Il est recommandé de prévoir un accès pour l'entretien et la vérification du bon fonctionnement.

Les parois des puits d'infiltration sont autoportantes. Le puits peut être rempli par un matériau comportant un indice de vides compatible avec un stockage temporaire [6]. La profondeur de la cheminée doit être maximisée par rapport à son diamètre pour assurer une distribution uniforme et minimiser la remontée de nappe.

Dans le cas du remplissage du puits par des matériaux à fort indice de vides (par exemple, produits creux préfabriqués en béton de type « Hydrocyl® »), celui-ci doit être protégé par un géotextile approprié.

En général, il faut éviter de construire des puits d'infiltration sur un remblai, sous les aires de stationnement ou sous les aires à usages multiples. Dans le cas d'un système d'infiltration qui draine une aire de stationnement, il faut utiliser un système de prétraitement raccordé en amont de manière à maximiser la durée de vie et éviter qu'il ne se bouche [6].

4.6 LES REVÊTEMENTS DRAINANTS

Le « Guide de mise en œuvre des revêtements drainants préfabriqués en béton » [10] définit les préconisations de pose des différentes familles de revêtement drainant en produits préfabriqués en béton.

Les principales étapes de pose des revêtements drainants sont les suivantes :

- Acceptation des assises ;
- Réalisation des blocages de rives ;
- Réalisation du drainage des assises et du lit de pose ;
- Réalisation du lit de pose ;
- Pose des produits drainants ;
- Réalisation des joints et, pour les produits évidés, remplissage des ouvertures.

Cette solution présente-elle un risque de pollution chronique ?

Le risque de pollution chronique des sols et des nappes par l'infiltration directe est quasiment nul. En effet, d'une part l'eau de pluie ne ruisselle pas sur le revêtement et ne se charge donc pas en polluant et d'autre part les eaux se filtrent très rapidement lors de leur transfert à travers les matériaux et le sol.

5. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?

L'accessibilité des ouvrages et de leurs équipements éventuels est fondamentale pour leur future exploitation et leur entretien mais également pour leur bonne intégration dans l'aménagement (par exemple les noues conçues en tant qu'espaces publics). Pour les différentes solutions de « Collecte et Infiltration » présentées dans ce chapitre on peut citer les différents points de contrôles suivants [7] :

- Conformité topographique et géométrique (le CCTP fixe la tolérance de réception pour chaque solution) ;
- Conformité de l'orientation et du nivellement des surfaces d'apport (dans le cas d'un recueil des eaux pluviales) et ceci par :
 - Inspection visuelle des surfaces d'apport ;
 - Analyse du levé topographique ;
 - Test d'écoulement superficiel si besoin.
- Vérification des capacités d'injection dans l'ouvrage et conformité des branchements (par inspection visuelle ou télévisuelle) ;

Nota : Les engazonnements et les plantations relèvent du Fascicule 35 [12].

6. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE COLLECTE ET DES OUVRAGES D'INFILTRATION ?

D'une manière générale, l'objectif de l'entretien des ouvrages de collecte est de maintenir leur fonction de collecte des eaux et d'en assurer l'acheminement jusqu'aux ouvrages situés en aval.

> Exemple 1 : Entretien des bordures et caniveaux

Dans le cas de collecte linéaire par bordures et caniveaux de trottoir, un nettoyage fréquent à la balayeuse aspiratrice est recommandé. Des bacs et pièges à sable peuvent être utilisés en accessoires (raccordés à la sortie des caniveaux) afin de recueillir les déchets.

> Exemple 2 : Entretien des noues, fossés paysagers et tranchées drainantes

L'entretien des noues est similaire à celui d'un espace vert : tonte du gazon une à deux fois par mois (avec évacuation des produits de tonte), arrosage, ramassage des feuilles, des débris et des déchets en limitant l'usage de fertilisant et en interdisant les désherbants chimiques. Les ouvrages de régulation en sortie doivent être surveillés et entretenus périodiquement (voir fiche « régulation »).

Pour les fossés paysagers et tranchées drainantes, il est recommandé de disposer d'un géotextile sur les parois de l'ouvrage afin de faire obstacle aux matériaux fins susceptibles de pénétrer dans l'ouvrage et de le colmater [7].

Il est aussi recommandé de ne pas tasser ou compacter le sol des noues au risque de diminuer la capacité d'infiltration.

> Exemple 3 : Entretien des bouches d'engouffrement

La pérennité est assurée principalement par le dispositif d'engouffrement avec éventuellement un prétraitement intégré.

Comment retenir les déchets ?

La retenue des déchets peut se faire de deux manières en fonction de la méthode prévue pour l'entretien des ouvrages

- Sans décantation (à passage direct) ; dans le cas d'un entretien manuel et comportant un panier amovible. Le volume de rétention des paniers est faible (10 litres) pour permettre leur relevage manuel.
- Avec décantation : dans le cas d'un entretien à l'aide d'un camion aspirateur vidange : la décantation doit être d'un volume suffisant pour assurer une véritable sélectivité (240 litres de décantation est le minimum recommandé).

Lorsque les dispositifs d'engouffrement collectent des eaux destinées à être envoyées dans des systèmes de collecte des eaux pluviales, le dispositif sélectif doit être d'une efficacité maximale.

De même, l'efficacité de la ventilation pour les dispositifs d'engouffrement siphoniques doit être maintenue.

L'entretien courant vise à maintenir et à améliorer toutes les fonctions de l'avaloir. Il consiste à :

- Dégager les grilles en enlevant les branches, feuilles, cailloux, etc venus réduire la surface de passage de l'eau ;
- Veiller à l'orientation des grilles. Lorsque les grilles sont plates et carrées, les fentes doivent être perpendiculaires à la circulation ;
- Nettoyer le fond de l'avaloir ;
- Surveiller le fonctionnement : à l'occasion de pluies importantes, il faut s'assurer que toute l'eau s'écoule dans l'avaloir. Dans le cas contraire, on vérifiera que l'eau est bien collectée vers l'avaloir et que la sortie de celui-ci n'est pas colmatée.

Il est important d'effectuer une visite et un nettoyage des dégrilleurs.

Nota : L'entretien des revêtements drainants est précisé dans « Guide de mise en œuvre des revêtements drainants préfabriqués en béton » [10].

- [1] NF EN 1433 « Caniveaux hydrauliques pour l'évacuation des eaux dans les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules » – AFNOR – Novembre 2003
- [2] NF EN 1340 « Éléments pour bordures de trottoir en béton Prescriptions et méthodes d'essai » – AFNOR – Février 2004
- [3] NF P 98-340/CN « Produits industriels en béton – Bordures et Caniveaux – Profils » – AFNOR – Mars 2004
- [4] NF EN 1917 « Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré acier et béton armé » – AFNOR – Décembre 2003
- [5] NF P 16-346-2 – complément national de la NF EN 1917
« Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré acier et béton armé » – AFNOR – Décembre 2003
- [6] Memento Technique – conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées – ASTEE – Décembre 2017
- [7] Fascicule 70-2 – Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales – Octobre 2021
(<https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Bulletinofficiel-0030524>)
- [8] Éléments modulaires en béton pour revêtements des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : Référentiel technique – CERIB – réf 353.E v2 – Février 2017
- [9] Gestion des eaux pluviales – Guide pour la mise en œuvre des techniques alternatives – SYMASOL (Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique) – 2016
- [10] Guide de mise en œuvre des revêtements drainants préfabriqués en béton – CERIB – DP 136 – Mars 2021
- [11] Guide de pose des bordures et caniveaux en béton – CERIB – réf 153.E v3 – Avril 2013
- [12] Fascicule n°35 – Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air – Avril 1999
(<https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Bulletinofficiel-0030524>)
- [13] Des réseaux de qualité en béton – FIB – CERIB – Canaliseurs de France – DP 88 – Avril 2009

Index des figures

Figure 1 – Exemples de modalités de collecte des eaux pluviales	10
Figure 2 – Exemples de caniveaux de Type I et de Type M [1]	11
Figure 3 – Caniveau simple pente à associer aux bordures de type A ou T	12
Figure 4 – Caniveau double pente	12
Figure 5 – Schéma de principe d'une noue	12
Figure 6 – Exemples de noues [9]	12
Figure 7 – Schéma de principe d'une bouche d'engouffrement (à passage sélectif avec décantation) et du regard associé	13
Figure 8 – Schéma de principe de puits d'infiltration	14
Figure 9 – Pavés à joints larges	15
Figure 10 – Pavés poreux	15
Figure 11 – Dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées	15
Figure 12 – Groupes d'installation des caniveaux en fonction du type de circulation selon la norme NF EN 1433 [1]	17
Figure 13 – Dimensions caractéristiques d'une noue [6]	19
Figure 14 – Notions utilisées dans la loi de vidange d'un puits d'infiltration [6]	20
Figure 15 – Différentes sections des noues et fossés paysagers	21
Figure 16 – Apport réparti (par ruissellement) [7]	22
Figure 17 – Apport localisé (canalisation) [7]	22
Figure 18 – Collecte par bouche	22

II. STOCKER



TABLE DES MATIÈRES

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UN BASSIN DE STOCKAGE ENTERRÉ ?	30
2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UNE CHAUSSÉE À STRUCTURE RÉSERVOIR ?	32
3. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UN BASSIN DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?	33
4. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR IMPLANter UN BASSIN DE STOCKAGE ?	34
4.1 CONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE DU SITE D'IMPLANTATION	34
4.2 PRÉSENCE ÉVENTUELLE D'EAU SOUTERRAINE	34
4.3 PRÉSENCE DE RÉSEAUX DIVERS EXISTANTS ET LEURS DENSITÉS	35
4.4 IMPLANTATION PAR RAPPORT AUX CONSTRUCTIONS ET AUX VOIES DE CIRCULATION	35
5. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'UN BASSIN DE STOCKAGE ?	36
5.1 DÉBITS D'ENTRÉE	36
5.2 DÉBITS DE RESTITUTION	36
5.3 COMMENT DÉTERMINER LE VOLUME D'UN BASSIN DE STOCKAGE ?	37

6. COMMENT SE FAIT L'ALIMENTATION DES BASSINS DE STOCKAGE ?	38
7. DANS QUELLES CONDITIONS LES TUYAUX ET LES CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON PERMETTENT-ILS DE CONSTITUER DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?	39
8. COMMENT RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS EN TUYAUX ET EN CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON ?	40
9. DANS QUELLES CONDITIONS LES ÉLÉMENTS CREUX EN BÉTON PRÉFABRIQUÉS PERMETTENT-ILS DE CONSTITUER LE STOCKAGE DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?	45
10. COMMENT RÉALISER LES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR EN ÉLÉMENTS CREUX EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ ?	46
10.1. TRAVAUX PRÉPARATOIRES	46
10.2. TERRASSEMENT	46
10.3. ÉTAPES DE LA MISE EN PLACE	46
10.3.1 STRUCTURE RÉSERVOIR À INFILTRATION	46
10.3.2 STRUCTURE RÉSERVOIR ÉTANCHE	47
11. DANS QUELLES CONDITIONS LES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT SONT-ILS IMPLANTÉS ?	48
12. COMMENT RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?	49
13. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?	51
14. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?	52
15. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?	53
16. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?	54
17. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?	55
18. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?	56
BIBLIOGRAPHIE / INDEX DES FIGURES	57

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UN BASSIN DE STOCKAGE ENTERRÉ ?

Afin de gérer les eaux pluviales au plus près de la parcelle, la réalisation de bassins enterrés permet de stocker temporairement les eaux pluviales.

Ces ouvrages souterrains peuvent être placés sous des espaces verts, des voiries ou encore des parkings. Ils se vidangent complètement suite à l'épisode pluvieux [15].

Ces bassins peuvent être réalisés au moyen de canalisations de grand diamètre, d'ouvrages cadres, de cuves de formes diverses constituées par assemblage d'éléments en béton. Ces solutions présentent des capacités de stockage de 100 %. Ces ouvrages sont différents des bassins de rétention et des bassins d'orage qui, eux, stockent de façon centralisée les effluents après leur collecte par le réseau.

Dans ce document, on présente plus en détail deux familles de produits pour réaliser des bassins de stockage :

- Les tuyaux de grand diamètre (parfois nommés collecteurs surdimensionnés préfabriqués en béton) ;
- Les cadres monoblocs préfabriqués en béton (Figure 19).



Figure 19 – Bassins de rétention en cadres préfabriqués [Chapsol Ecobassin]

Les bassins enterrés peuvent comprendre une cunette directionnelle qui permet d'améliorer l'écoulement par faible débit (Figure 20).

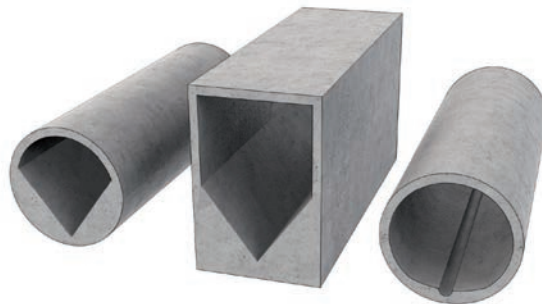


Figure 20 – Ouvrages à cunettes ou sections transversales spécifiques [21]

Les bassins de stockage sont associés à des ouvrages d'alimentation et des ouvrages de régulation. Un schéma de principe comprenant les différents équipements associés à un bassin de stockage et leurs emplacements est donné dans la Figure 21.

> Quels équipements complémentaires aux produits constitutifs du stockage ?

- Une vanne d'entrée ;
- Les cloisons d'extrémités amont et aval ;
- Les regards de visite ;
- Les équipements de prétraitement en amont et/ou en aval du bassin ;
- Les équipements de régulation en aval du bassin.

Quelle est l'utilité des regards de visite en amont et en aval des bassins de stockage enterrés ?

Les regards de visite sont nécessaires pour permettre l'accès à l'ouvrage pour son inspection et pour son entretien. Ils sont équipés d'une cheminée dont la dimension intérieure est supérieure ou égale à 1 m. Les regards d'accès doivent être fermés par des dispositifs de fermeture lourds ou verrouillés afin de réduire les risques d'intrusion.

L'eau stockée est-elle prétraitée ?

Oui ! Lorsque les eaux collectées sont susceptibles de transporter des éléments solides importants, des dégrilleurs sont installés en amont des bassins (voir chapitre III : Prétraiter). De même, si l'ouvrage est implanté dans une zone potentiellement exposée à une pollution accidentelle, un séparateur de liquides légers, ou encore un décanteur lamellaire et/ou particulaire peut être nécessaire avant l'entrée des eaux dans l'ouvrage.

Comment éviter le rejet d'eaux polluées en aval des bassins ?

À la sortie du bassin enterré, un séparateur de liquides légers peut être mis en œuvre pour séparer et retenir les boues et les liquides légers contenus dans les eaux pluviales stockées avant d'être rejetées dans le réseau.

Comment limiter et/ou réguler les débits de sortie ?

Les bassins enterrés ont pour rôle de différer les apports d'eau à l'aval, grâce à une restitution du volume stocké à débit régulé (voir chapitre IV : Réguler).

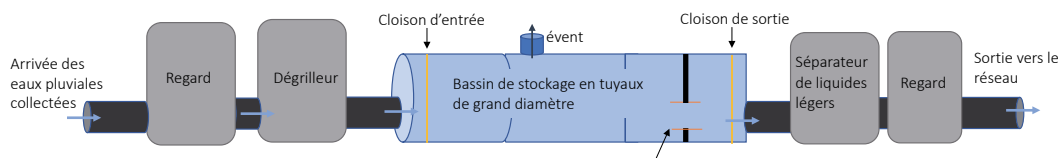


Figure 21 – Exemple d'un bassin réalisé en tuyaux de grand diamètre - Schéma de principe - Produits et équipements en amont et aval du bassin de stockage

2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UNE CHAUSSÉE À STRUCTURE RÉSERVOIR ?

Les chaussées à structure réservoir, en complément de leur fonction consistant à résister au trafic léger et lourd des véhicules ou du transit piétonnier, stockent les eaux pluviales dans les couches constitutives du corps de chaussée [15].

Les chaussées à structure réservoir peuvent être réalisées en produits creux en béton. La solution « Hydrocyl® » se présente sous la forme de cylindres creux de 8 cm de hauteur, 8 cm de diamètre, et d'épaisseur 2 cm. Associée à une couche de 15 cm de grave d'égalesation de type 20/50, cette solution permet de stocker 60 litres d'eau par m³ mis en œuvre.

La géométrie des cylindres permet d'assurer à la fois le stockage et l'écoulement des eaux pluviales.

> Quels sont les produits complémentaires ?

- Les regards de visite ;
- Les bouches d'engouffrement ;
- Les drains ;
- Les géotextiles et/ou géomembranes ;
- La vanne de sortie (cloison) ;
- Les bordures et caniveaux ;
- Les pavés et dalles (drainants ou non) ;
- Les systèmes de mise à l'air et les clapets anti-retour ;
- Le système de régulation de débit.

Des dispositifs de prétraitement sont-ils mis en œuvre ? Si oui, dans quel objectif ?

Des dispositifs de prétraitement sont mis en œuvre au droit des bouches avaloirs pour limiter les pollutions à l'entrée de la structure. Il peut s'agir de dispositifs siphoniques, de bouches à décantation ou de décanteurs lamellaires. Ce système est adapté pour les zones à forte pollution ou susceptibles de charrier des matériaux fins qui risquent de générer un colmatage précoce notamment pour les revêtements drainants.

Dans quel cas un régulateur de débit est-il mis en place ?

Dans le cas de chaussées à structure réservoir dont le débit de rejet (au réseau ou au milieu naturel) est fixé, un ouvrage de régulation de débit est mis en place en aval (voir chapitre IV : Réguler).

Dans le cas des chaussées à structure réservoir, l'épaisseur de la structure de stockage constituée des produits « Hydrocyl® » dépend du volume d'eau à stocker. Elle peut être déterminée au moyen du logiciel ODUK +.

3. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER UN BASSIN DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?

Un bassin sec à ciel ouvert est situé au niveau du terrain naturel ou légèrement endigué. Les bassins secs se vidangent complètement à l'issue de l'épisode pluvieux. Le volume de stockage disponible est égal au volume utile du bassin. Ces bassins peuvent être plantés ou enherbés, ou étanchés. L'étanchéité peut être assurée par une géomembrane, ou par l'utilisation de produits en béton.

Les bassins en eau, eux, disposent d'un volume d'eau permanent. Le volume de stockage disponible est égal au volume de marnage. Réalisés en produits préfabriqués en béton, ces bassins peuvent être constitués d'un assemblage d'éléments (en L ou en U) (Figure 22).



Figure 22 – Bassin en murs préfabriqués assemblés [Chapsol]

Les bassins à ciel ouvert ont pour fonction principale d'écarter les eaux pluviales. Après stockage, les eaux sont évacuées soit vers un exutoire avec réduction des débits de pointe, soit dans le sol par infiltration, soit par combinaison des deux [15].

4. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR IMplanTER UN BASSIN DE STOCKAGE ?

Le Fascicule 70-2 [15], mentionne que le CCTP du marché doit permettre de définir l'environnement immédiat (habitation, sous-sol, terrain pentu...) d'un ouvrage de stockage des eaux pluviales à réaliser.

Un diagnostic précis de la topographie, du tissu urbain avoisinant et de la situation dans le bassin versant doit permettre l'implantation de ce type d'ouvrages qui doit tenir compte notamment des paramètres suivants :

- La connaissance géotechnique du site d'implantation ;
- La présence éventuelle d'eau souterraine ;
- La présence de réseaux divers existants et leur densité ;
- L'implantation par rapport aux constructions existantes et aux voies de circulation.

4.1 CONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE DU SITE D'IMPLANTATION

Le comportement d'un bassin réalisé avec des tuyaux en béton de grand diamètre ou en cadres est conditionné, comme pour la réalisation d'une canalisation de transport, par son environnement géotechnique et en particulier la stabilité du sol en place.

Des études géotechniques préalables sont nécessaires. Elles s'articulent en trois phases dont l'objectif est d'évaluer la résistance du sol de fondation et l'amplitude des tassements potentiels par remaniement du sol sous le fond de fouille et par consolidation afin d'éviter les désordres structuraux et par conséquent les pertes d'étanchéité.

Ces études doivent également permettre de déterminer si les matériaux extraits pourront être réemployés pour réaliser l'enrobage ou le remblai proprement dit des tuyaux en béton de grand diamètre ou des cadres.

Une attention particulière doit être portée aux matériaux utilisables pour le remblaiement, et aux possibilités de respecter les conditions d'exécution prévues (remblai par couches, compactage, mise en œuvre éventuelle du drainage du remblai).

Dans le cas des chaussées à structure réservoir, la connaissance du site d'implantation doit également intégrer la préparation du terrain et les travaux préalables aux terrassements tels que débroussaillage, abattage d'arbres, dessouchage ou arrachage dans le respect des éléments à conserver.

4.2 PRÉSENCE ÉVENTUELLE D'EAU SOUTERRAINE

Le niveau de la nappe phréatique est déterminé par un diagnostic hydrogéologique préalable qui peut être couplé à l'étude géotechnique initiale.

Dans le cas du stockage par tuyaux en béton de grand diamètre ou par cadres, il peut limiter la profondeur disponible pour l'implantation des ouvrages de stockage des eaux pluviales. On notera toutefois que le poids des produits en béton limite le risque de flottabilité lors d'une pose éventuelle en présence de nappe.

Dans le cas d'une réalisation de chaussée à structure réservoir, une solution consiste à l'étancher, afin d'éliminer tout risque de venue d'eau souterraine dans le volume prévu pour le stockage.

4.3 PRÉSENCE DE RÉSEAUX DIVERS EXISTANTS ET LEURS DENSITÉS

Le CCTP précise l'existence de réseaux existants qui peuvent faire l'objet d'un dévoiement préalable à la construction des ouvrages dus par l'entreprise ou si celle-ci doit prendre en compte dans son mode opératoire la présence et le maintien des réseaux existants.

Le maître d'ouvrage envoie une déclaration de travaux (DT) à chacun des opérateurs concernés à la suite de la consultation du téléservice « réseaux et canalisations ». Dans cette déclaration, il précise l'emprise du chantier, qui correspond au périmètre maximal de la zone des travaux y compris les zones de préparation du chantier, d'entreposage et de circulation des engins.

L'exécutant des travaux est tenu d'adresser une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) à chaque exploitant de réseau concerné par l'emprise du chantier. La DICT est en principe transmise après la DT.

4.4 IMPLANTATION PAR RAPPORT AUX CONSTRUCTIONS EXISTANTES ET AUX VOIES DE CIRCULATION

On considère la présence éventuelle de constructions et de voies de circulation au droit ou à proximité des ouvrages.

Les charges d'exploitation routières ainsi que les charges permanentes ou de chantier doivent être prises en compte pour le dimensionnement des ouvrages, conformément :

- Au Fascicule 70-1 [14] dans le cas des ouvrages réalisés en tuyaux de grand diamètre ;
- Aux règles de dimensionnement des chaussées dans le cas de chaussées à structure réservoir ;
- Aux règles de l'art du calcul géotechnique lorsque le stockage est constitué de cadres.

5. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR DÉTERMINER LE VOLUME D'UN BASSIN DE STOCKAGE ?

Le volume utile d'un bassin de stockage dépend du type et de l'implantation des dispositifs d'alimentation et de vidange et nécessite de connaître :

- Les débits des eaux de ruissellement du bassin versant amont en entrée de l'ouvrage de stockage ;
- Les débits de restitution autorisés en sortie de l'ouvrage de stockage ;
- Les temps de vidange visés du bassin pour pouvoir prendre en compte deux événements pluviaux successifs.

5.1 DÉBITS D'ENTRÉE

Pour déterminer les débits d'entrée, le memento technique ASTEE [16] décrit trois méthodes, en fonction notamment de la surface du bassin versant du projet et des paramètres de pluviométrie :

- Méthode de Caquot ;
- Méthode rationnelle ;
- Méthode des réservoirs linéaires.

L'intérêt et les limites de ces trois méthodes sont décrits dans le memento technique ASTEE [16].

Le logiciel ODUC + permet de réaliser des calculs selon ces trois méthodes.

5.2 DÉBITS DE RESTITUTION

La valeur admissible du débit de restitution est déterminée par le maître d'œuvre.

Le débit de restitution des eaux est une caractéristique essentielle de l'ouvrage de stockage.

Il peut donc être le débit admissible compatible avec le bon fonctionnement des ouvrages aval du bassin, notamment lorsque celui-ci se décharge dans un réseau. Il est alors généralement exprimé en m^3/s ou m^3/h .

Le débit de restitution peut également caractériser l'excédent de volume des eaux de ruissellement dû à l'imperméabilisation des surfaces du bassin versant. Il s'exprime alors en l/s/ha .

Les débits admissibles sont généralement définis localement par les DDTM (Directions Départementales des Territoires et de la Mer) pour intégration dans les dossiers spécifiques aux projets (dossiers « Loi sur l'eau »).

À titre d'exemple :

- Lille donne des débits de 4 l/s/ha pour les surfaces inférieures à 2 hectares et de 2 l/s/ha pour les surfaces supérieures
- Nîmes et Montpellier 7 l/s/ha
- Paris : 1 l/s/ha
- Bordeaux : 3 l/s/ha

Le débit évacué vers l'exutoire est limité ou régulé au moyen de composants annexes (voir chapitre IV : Réguler).

5.3 COMMENT DÉTERMINER LE VOLUME D'UN BASSIN DE STOCKAGE ?

Le memento technique ASTEE [16] recommande d'approcher le volume de stockage en premier lieu par des méthodes simples. Dans un deuxième temps, il est conseillé de vérifier le fonctionnement de l'ouvrage intégré dans son réseau environnement et aval avec un modèle numérique simulant l'effet d'une chronique de pluies.

Parmi les méthodes simples décrites dans le Memento technique ASTEE [16] on retrouve la méthode des pluies (Figure 23). C'est une méthode basée sur une analyse, pour une période de retour donnée, des lames d'eau précipitées sur des durées croissantes, de quelques heures à quelques jours, pour construire une courbe enveloppe des précipitations. Cette courbe est ensuite comparée à la courbe des volumes évacués sur la même durée (une droite dans le cas d'un débit de fuite constant) pour évaluer une capacité de stockage.

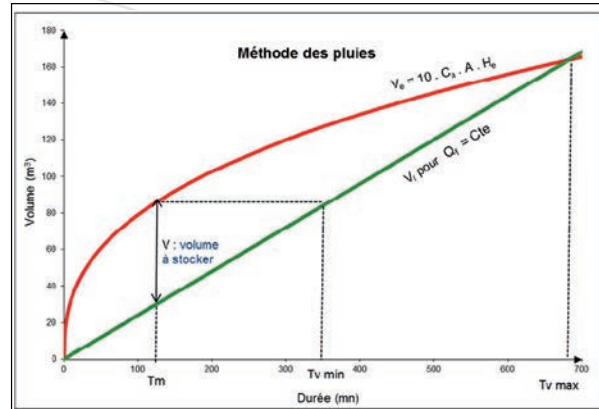


Figure 23 - Principe du calcul de la méthode des pluies [16]

L'ouvrage de stockage se caractérise par les différents paramètres suivants :

- Le débit de restitution des eaux autorisé ;
- Le volume de rétention qui doit permettre de stocker les volumes d'eau générés par les événements pluvieux pour lequel il a été dimensionné, compte tenu du débit de fuite (ou de restitution) autorisé ;
- Le temps de fonctionnement qui est la durée pendant laquelle le bassin est en eau T_f ;
- Le temps nécessaire pour atteindre la hauteur d'eau maximale dans le bassin T_p ;
- Le temps de vidange qui est le temps mis par le bassin pour se vidanger $T_v = T_f - T_p$.

Le temps de vidange dépend du débit d'entrée, du débit de sortie et du volume du bassin.

La Figure 24 suivante illustre ces définitions.

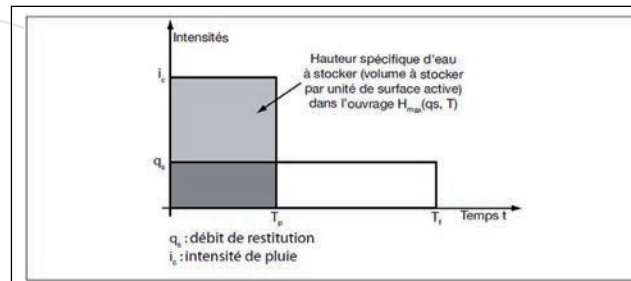


Figure 24 - Temps de fonctionnement et temps de vidange [21]

Quel est le temps de vidange recommandé ?

Le temps de vidange doit être suffisamment court (inférieur à 24h) pour que le bassin puisse être fonctionnel lors d'événements pluvieux successifs ainsi que pour des raisons de salubrité.

6. COMMENT SE FAIT L'ALIMENTATION DES BASSINS DE STOCKAGE ?

L'alimentation des bassins peut être directe (en ligne) ou en dérivation du réseau de collecte (Figure 25).

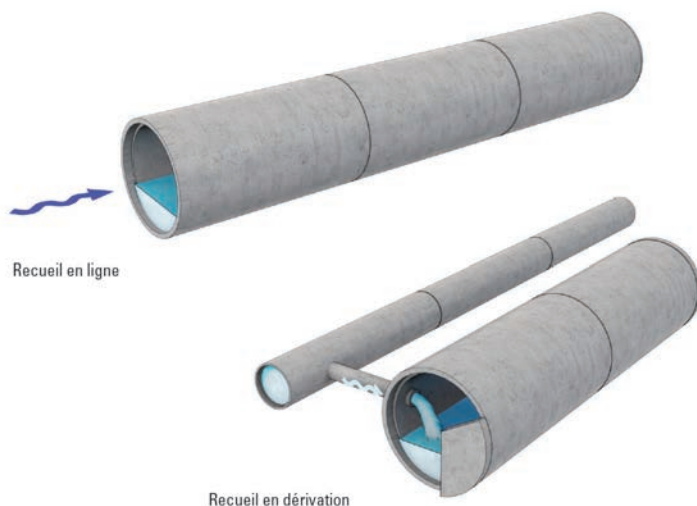


Figure 25 - Collecte des eaux pluviales en ligne (en haut) ou en dérivation (en bas)

Le recueil des eaux pluviales des bassins de stockage peut être réalisé selon les modes décrits dans le chapitre I : Collecter et infiltrer :

- **Collecte linéaire** : par des canalisations collectant les eaux de ruissellement des surfaces en amont de l'ouvrage : le bassin pouvant constituer un stockage temporaire en ligne de l'ensemble des eaux ou un stockage de dérivation destiné à recueillir les débits les plus importants. L'alimentation des bassins peut également être assurée par des noues et des tranchées drainantes.
- **Collecte ponctuelle** : par des bouches d'engouffrement (parfois appelées bouches avaloirs) (voir chapitre I : Collecter et infiltrer ») reliées directement au bassin (Figure 26). Les bouches d'engouffrement permettent une première décantation et un piégeage des flottants.

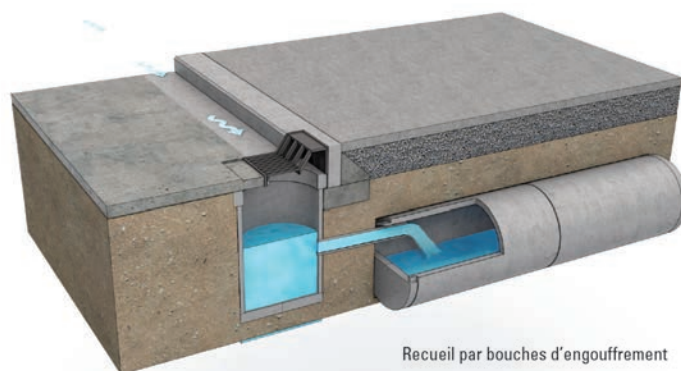


Figure 26 - Collecte des eaux pluviales par les bouches d'engouffrement

- **Collecte répartie** : la surface est alors perméable, et est constituée d'un revêtement de surface drainant ou de produits poreux ; ce mode d'alimentation est principalement utilisé pour les chaussées à structure réservoir.

7. DANS QUELLES CONDITIONS LES TUYAUX ET LES CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON PERMETTENT-ILS DE CONSTITUER DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?

Les tuyaux en béton de grand diamètre peuvent permettre de stocker temporairement les eaux de pluie et de ruissellement. Cette solution technique simple et facile à mettre en œuvre ne nécessite pas d'investissement pour leur intégration paysagère. Leur emprise en surface est limitée aux seuls regards de visite (Figure 27).



Figure 27 – Exemple d'implantation d'un bassin enterré constitué de tuyaux de grand diamètre vis-à-vis du collecteur principal

Le volume intérieur des tuyaux est-il le volume de stockage ?

En première approximation Oui ! MAIS les modes d'implantation des dispositifs d'alimentation et de vidange du bassin doivent être définis de manière précise et rigoureuse pour évaluer le volume de stockage effectif (volume utile).

Le dimensionnement mécanique des tuyaux en béton de grand diamètre est réalisé conformément au Fascicule 70-1 [14] et doit prendre en compte les données propres du projet pour les traduire en actions statiques et dynamiques. Une implantation sous voiries, parkings, espaces verts est possible, à condition de prendre en compte les charges de circulation correspondantes dans le dimensionnement mécanique du projet.

Quelles sont les fonctionnalités du logiciel ODOC+ associées à la notion de stockage ?

Le logiciel ODOC+ permet :

- D'évaluer les débits des eaux de ruissellement issues d'un bassin versant ;
- De prédimensionner les ouvrages de stockage en calculant le volume d'un bassin et son temps de vidange ;
- De vérifier la tenue mécanique des tuyaux de grand diamètre



www.oduc-plus.fr

Les cadres monolithiques en béton armé, de forme rectangulaire, permettent de couvrir la gamme de dimensions intérieures allant de 0,5 m à 4 m. Des dimensions plus importantes peuvent être réalisées en assemblant des éléments préfabriqués. Le dimensionnement mécanique des cadres monolithiques en béton est réalisé conformément aux Eurocodes et doit prendre en compte les données propres du projet pour les traduire en actions statiques et dynamiques. Une implantation sous voiries, parkings, espaces verts est possible, à condition de les prendre en compte dans le dimensionnement mécanique du projet. Le recours à l'essai est possible (NF EN 14844 : 2008, annexe B [19]).

8. COMMENT RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS EN TUYAUX ET EN CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON ?

Les bassins enterrés en tuyaux de grand diamètre

Les ouvrages de stockage réalisés à partir de tuyaux préfabriqués en béton armé peuvent atteindre un diamètre de 3500 mm. Jusqu'au diamètre 1750, les tuyaux en béton sont conformes à la norme NF EN 1916 [17] « Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé » et à son complément national (NF P 16 345-2 « Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé Partie 2 » [18]) qui définissent les spécifications relatives à aux tolérances dimensionnelles, à l'étanchéité et à la résistance mécanique. Pour les différents diamètres et épaisseurs de parois, l'assemblage entre les tuyaux se fait via des joints d'étanchéité. Ces joints souples ou « bagues d'étanchéité » sont définis suivant leurs matériaux constitutifs et encadrées par la norme NF EN 681-1 relative aux garnitures d'étanchéité en caoutchouc vulcanisé.

La certification **NF** associée garantit un niveau de qualité constant assuré par la mise en place par le fabricant d'un système de management de la qualité lui permettant d'exercer un contrôle en continu sur sa production, tout en étant audité régulièrement par un organisme certificateur tierce partie (indépendant et accrédité).

La résistance mécanique, la durabilité du béton, l'étanchéité, les dimensions sont donc vérifiées périodiquement par un organisme tiers impartial (audit, essais sur site et en laboratoire extérieur) et respectées de façon continue par le fabricant.

> Quelle est la différence avec la pose d'une canalisation dédiée au transport des eaux ?

Lorsqu'on réalise des ouvrages de stockage au moyen de tuyaux de grand diamètre, il n'y a pas de différence avec une pose classique d'une canalisation de transport. Les tuyaux et les regards de visite en béton sont posés et remblayés de la même façon que pour la réalisation de canalisations, en respectant les dispositions définies par le Fascicule 70-1 [14] et le guide « des réseaux de qualité en béton » [25].

> Peut-on réaliser un ouvrage de stockage au moyen de deux canalisations parallèles ?

Lorsque l'ouvrage de stockage comprend deux canalisations posées en parallèle, on prendra soin d'assurer une distance suffisante entre les deux tronçons afin de permettre un compactage de qualité sur les côtés des produits.

Le Fascicule 70-1 [14] recommande une distance D (Figure 28) de :

- 0,40 m pour des tuyaux de diamètres extérieurs $D_{ext} \leq 600$;
- 0,50 m pour des tuyaux de diamètres extérieurs $D_{ext} > 600$.

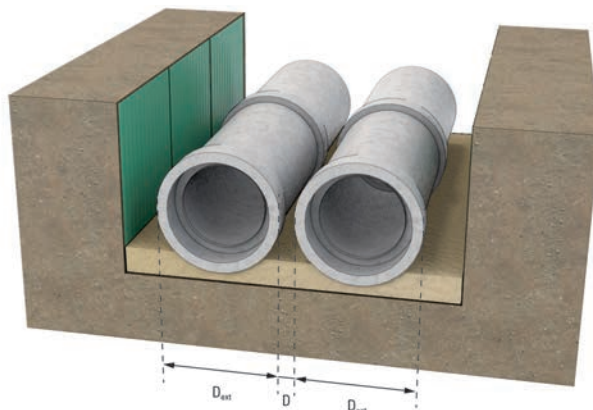


Figure 28 – Exemple de pose multiple en tranchée avec blindage et distance minimale entre les deux canalisations



Figure 29 – Exemple de pose multiple de canalisations de grand diamètre, sans respect des distances entre tuyaux

> Les bassins enterrés en cadres préfabriqués

Les cadres enterrés sont couverts par la norme NF EN 14844 « Produits préfabriqués en béton – cadres enterrés » [19].

L'étanchéité des composants préfabriqués peut être vérifiée sur la base des deux normes NF EN 1916 [17] et NF EN 476 [20].

La norme NF EN 476 [20] spécifie en effet les exigences générales applicables aux composants à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, qu'ils soient de sections circulaires ou non.

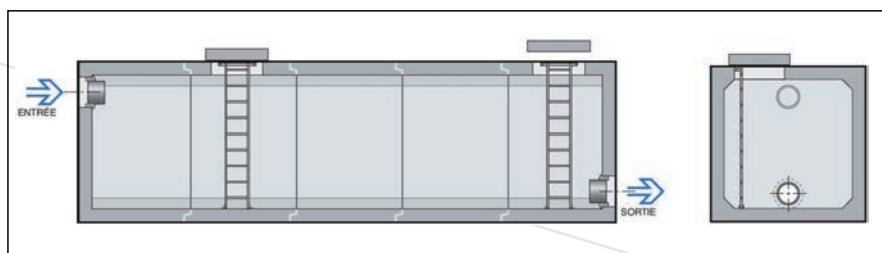


Figure 30 – Vue de face d'un bassin de rétention en cadres préfabriqués en béton [Stradal]

L'annexe C de la norme NF EN 14844 [19] définit des recommandations pour la mise en œuvre des cadres.

Le fond de fouille doit être homogène et de portance cohérente avec les hypothèses considérées dans la note de calcul. Généralement, si la portance est suffisante et que le sol en place ne comporte pas de gros éléments de plus de 30 mm, le fond de fouille peut être conservé en l'état. Si tel n'est pas le cas, il convient de prévoir des dispositions permettant de reconstituer un fond de fouille adéquat, par exemple en réalisant une substitution.

8. RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS EN TUYAUX ET EN CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

S'agissant du lit de pose, il doit être composé d'un matériau granulaire ou d'un béton de propreté d'une épaisseur adéquate et convenablement nivelée. Lors de la réalisation d'un radier, un lit de sable ou un mortier réalisé sur une épaisseur de quelques centimètres (2 ou 3 cm) permet de réaliser l'interface entre le radier et le cadre.

Une ligne de cadres est généralement posée depuis l'extrémité située en aval. Dans le cas de cadres avec about femelle, ceux-ci sont généralement orientés vers l'amont pour recevoir le cadre suivant à poser.

Il convient de combler la tranchée jusqu'en haut du cadre, en remblayant alternativement sur les deux côtés, en utilisant des matériaux granulaires sélectionnés, compactés à l'aide de compacteurs légers ou à main, en couches n'excédant pas 200 mm et en respectant un écart de niveau de chaque côté du cadre n'excédant pas 500 mm [17].

Une pose de cadres préfabriqués en plusieurs lignées est également possible (Figure 31).



Figure 31 – Pose de cadres préfabriqués en parallèle [Chapsol Ecobassin]

> Comment est réalisée la ventilation pour ces ouvrages ?

La ventilation de l'ouvrage peut se faire soit par :

- Des événements directement reliés à l'ouvrage (Figure 31) ;
- Des tampons ventilés raccordés aux systèmes d'entrée et de sortie de l'ouvrage (Figure 32).

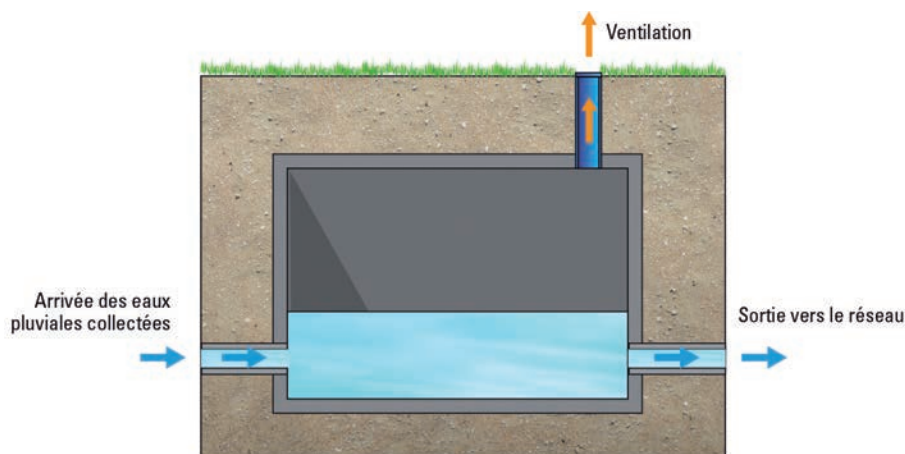


Figure 32 - Ventilation par évent relié au bassin

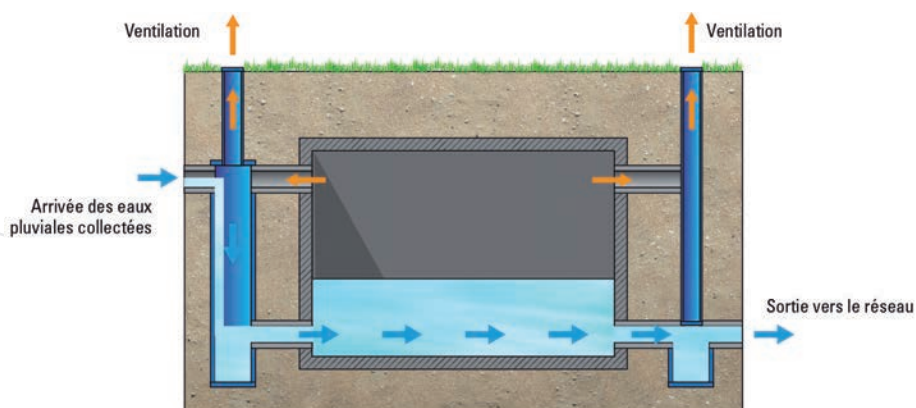


Figure 33 - Ventilation par tampons ventilés en amont et aval du bassin

Cette ventilation doit être dimensionnée en prenant en limite haute une vitesse de flux sortant [15].

Pourquoi est-il nécessaire de dimensionner le système de ventilation ?

Le système de ventilation doit être dimensionné pour permettre l'équilibrage de la pression de l'air lors des phases de remplissage. Une ventilation insuffisante peut entraîner des désordres dans l'ouvrage lors des événements pluvieux intenses. Ce dimensionnement inclut le nombre et la localisation des dispositifs d'évacuation d'air ainsi que leurs caractéristiques géométriques.

> Comment est réalisée l'évacuation des solides à faible débit ?

L'évacuation des matières solides peut s'effectuer dans certains cas par auto-curage : la prévention des dépôts peut être réalisée par l'emploi de produits à cunettes ou à sections transversales spécifiques qui favorisent le transport des particules à faibles débits (Figure 34).



Figure 34 – Tuyaux de grandes dimensions équipés de cunette

8. RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS EN TUYAUX ET EN CADRES PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

> Comment est réalisée la régulation du débit de sortie de ces ouvrages ?

Il existe deux types de dispositifs de régulation en fonction du débit :

- Des orifices calibrés ou des ajutages, couramment utilisés pour les faibles débits (inférieurs à 50 l/s) (Figure 35) ;
- Pour les forts débits, on peut mettre en place des flotteurs à commande radiale, axiale ou par effet vortex.

Ces équipements sont généralement fournis avec une plage d'utilisation définissant le débit évacué en fonction de la hauteur stockée. Les différentes solutions sont explicitées dans le chapitre IV : Protéger, réguler et contrôler le rejet.

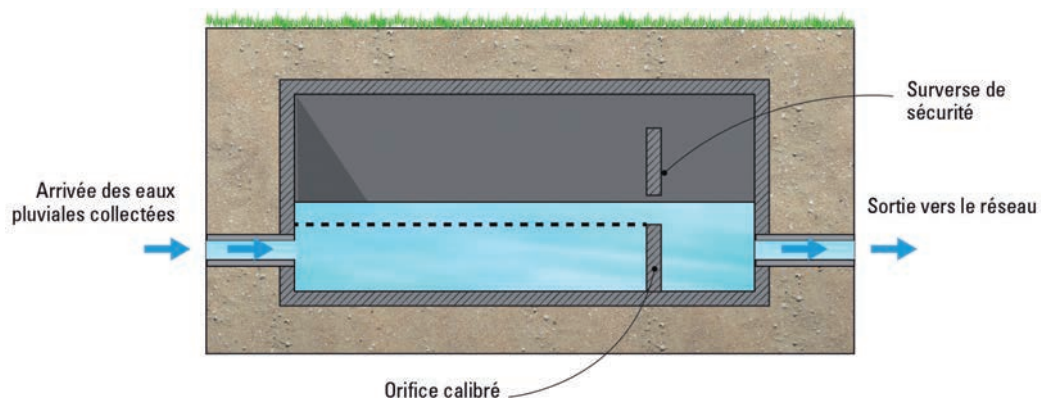


Figure 35 – Volume utile, volume non videngeable et orifice de restitution muni d'un dispositif de régulation

9. DANS QUELLES CONDITIONS LES ÉLÉMENTS CREUX EN BÉTON PRÉFABRIQUÉS PERMETTENT-ILS DE CONSTITUER LE STOCKAGE DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?

L'alimentation des chaussées à structure réservoir peut se faire soit (Figure 36) :

- De manière répartie au moyen de revêtements drainants (voir chapitre I : Collecter et infiltrer) ;
- De manière ponctuelle à travers les avaloirs et bouches d'engouffrement associés (voir chapitre I : Collecter et infiltrer).

La restitution des eaux stockées peut se faire soit vers un collecteur aval, soit vers le milieu naturel par infiltration dans le sous-sol. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de remplir les conditions suivantes :

- Une perméabilité du sous-sol comprise entre 10^{-3} m/s et 3.10^{-6} m/s ;
- Une distance de 1 m minimum entre l'interface d'infiltration et le niveau le plus haut de la nappe.

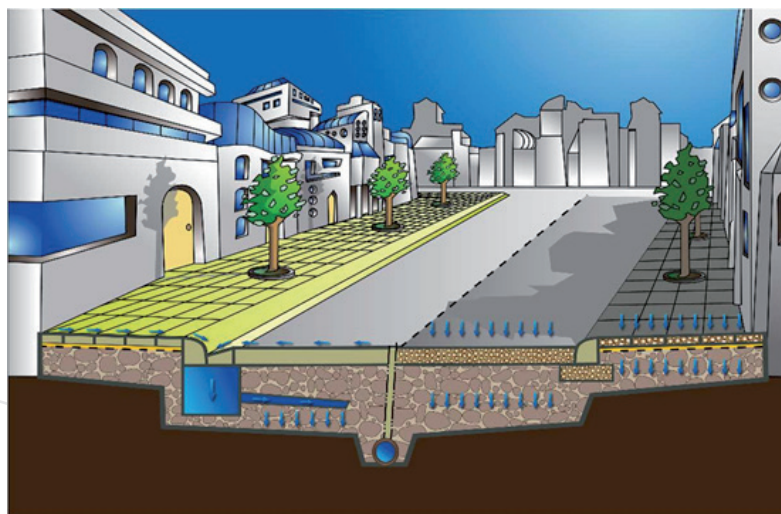


Figure 36 – Mode d'alimentation et de restitution des chaussées à structure réservoir

Afin d'éviter la pénétration des racines, il est conseillé d'éloigner les ouvrages des arbres ou des arbustes d'une distance de 3 mètres au minimum.

La structure de stockage peut être intégrée à la structure de chaussée ou en constituer la plate-forme. On notera qu'un complexe minimal en produits creux préfabriqués (Hydrocyl®) (40 cm d'Hydrocyl® + 15 cm de grave d'égalisation) permet l'obtention d'une portance minimale PF2 si la plate-forme initiale a une portance PF2 ou meilleure [24].

Pour la détermination du volume d'eau, il suffit de diviser la hauteur d'eau à stocker (déterminée par la méthode des pluies par exemple), convertie en mm en divisant par la surface de la chaussée par la porosité de la structure. Lorsque le stockage est intégré à la structure de chaussée, il convient de vérifier l'épaisseur obtenue vis-à-vis de sa fonction mécanique.

10. COMMENT RÉALISER LES CHAUSSEES À STRUCTURE RÉSERVOIR EN ÉLÉMENTS CREUX EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ ?

10.1 TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Ces travaux comprennent :

- La vérification de l'implantation de l'ouvrage ;
- La vérification de l'altimétrie, de la planéité et de la pente du fond de fouille ;
- La vérification des dimensions des tranchées nécessaires à la pose des drains ou des caniveaux hydrauliques.

10.2 TERRASSEMENT

Les terrassements sont réalisés conformément au titre I du fascicule 70 (réseaux), au fascicule 2 (terrassements généraux) et au fascicule 35 (aménagement paysagers) du CCTG, sauf prescriptions particulières du CCTP [15]. La pente du fond de fouille à réaliser est de 2 à 4%. Une attention particulière est accordée lorsque la restitution est réalisée par infiltration afin de ne pas altérer les capacités d'infiltration du sol support.

Les précautions suivantes doivent être considérées :

- Veiller à ne pas colmater les surfaces d'infiltration (fond de fouille et talus), colmatage qui peut être engendré par la circulation des engins ou les apports solides transportés par les eaux de ruissellement ;
- Ne pas polluer la nappe par des hydrocarbures ou autres polluants (les herbicides et pesticides sont proscrits).

10.3 ÉTAPES DE LA MISE EN PLACE

Le document CERIB « Structure réservoir en béton - Cahier des charges de mise en œuvre des petits produits préfabriqués creux en béton » [23] décrit les différentes étapes de mise en place des chaussées à structure réservoir en éléments préfabriqués.

10.3.1 Structure réservoir à infiltration

Après le terrassement, les différentes étapes de réalisation d'une structure réservoir à vidange par infiltration, sont les suivantes [23] :

- Mise en place du géotextile choisi sur le fond de fouille et les parois. Le géotextile mis en place pour l'enrobage de la partie inférieure peut être remplacé par une géogrille. Le recouvrement entre deux couches est d'au moins 70 cm pour les largeurs de 5 m et plus, et de 50 cm pour les largeurs inférieures à 5 m ;
- Pose d'un drain ou d'un caniveau drainant ;
- Remplissage de la fouille par les produits Hydrocyl® ;
- Mise à niveau à la pelle mécanique ;
- Égalisation et serrage avec le rouleau compacteur et sans vibration ;
- Mise en place de la couche d'égalisation avec de la grave 20/50 sur une épaisseur de 15 cm ;
- Compactage avec vibration ;
- Mise en place de la structure supérieure ; le dimensionnement prend en compte les charges de surface (trafic, espace vert, accotement, autres charges...).



Figure 37 – Étapes de mise en place d'une structure réservoir en produits creux préfabriqués en béton (Hydrocyl®)

10.3.2 Structure réservoir étanche

La mise en œuvre pour cette alternative se fait selon les étapes suivantes [23] :

- Mise en place du géotextile et de la géomembrane choisis sur le fond de fouille et les parois. Le recouvrement entre deux couches est d'au moins 70 cm pour les largeurs de 5 m et plus, et de 50 cm pour les largeurs inférieures à 5 m ;
- Pose d'un drain ou d'un caniveau drainant ;
- Remplissage de la fouille par les produits Hydrocyl® ;
- Mise à niveau à la pelle mécanique ;
- Égalisation et serrage avec le rouleau compacteur et sans vibration ;
- Mise en place de la couche d'égalisation avec de la grave 20/50 sur une épaisseur de 15 cm ;
- Compactage avec vibration ;
- Mise en place de la structure supérieure ; le dimensionnement prend en compte les charges de surface (trafic, espace vert, accotement, autres charges...) ;
- Les raccordements de la géomembrane avec les ouvrages d'entrée et de sortie de la structure réservoir doivent être réalisés au moyen de dispositifs permettant d'assurer l'étanchéité.

11. DANS QUELLES CONDITIONS LES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT SONT-ILS IMPLANTÉS ?

L'implantation d'un bassin à ciel ouvert (sec, étanché ou en eau) se fait en fonction des contraintes propres à chaque site (topographie, hydrogéologie, occupation du sol, type d'activité sur le bassin de collecte), à une distance minimale de 5 m des bâtiments et de 3 m de la limite de la parcelle.

Une restitution des eaux stockées par infiltration est à privilégier. Cette technique de restitution est utilisée en milieu périurbain lorsque les conditions le permettent et qu'un espace suffisant est disponible.

La perméabilité du sol doit permettre l'infiltration des eaux collectées dans un délai inférieur à 24 heures après un événement pluvieux.

Pour les zones industrielles générant des pollutions chroniques, ainsi que dans les périmètres de protection des sources et forages, l'infiltration est à proscrire.

Si les conditions de mise en œuvre de l'infiltration ne sont pas réunies, il convient alors de concevoir un bassin avec vidange au réseau par un débit de fuite régulé.

En cas de risque de pollution accidentelle, le bassin doit être étanche et est équipé d'une vanne de contrôle permettant le confinement des eaux polluées.

D'une façon générale, les préconisations suivantes, concernant l'implantation des bassins, sont à respecter :

- L'implantation est à privilégier en point bas du réseau ;
- Les pentes des talus doivent être les plus faibles possibles pour assurer leur stabilité mais aussi pour faciliter leur entretien.

Le volume de stockage est déterminé par la géométrie de l'ouvrage et par la hauteur comprise entre le fond de l'ouvrage ou le niveau de plan d'eau permanent et le niveau des plus hautes eaux défini par le concepteur et éventuellement matérialisé par la surverse de sécurité de l'ouvrage. Le volume d'eau à stocker est déterminé lors des études de conception et répond à un niveau de service défini par le maître d'ouvrage [15].

12. COMMENT RÉALISER LES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?

> En amont du bassin de stockage

Il est important de vérifier l'altimétrie de raccordement entre le fil d'eau en sortie d'ouvrage et celui de l'exutoire final (réseau public, milieu hydraulique superficiel).

Le nombre d'entrées au bassin doit être limité afin de faciliter sa gestion.

Il est aussi nécessaire de prévoir un prétraitement (dégrillage, dessablage,) afin de limiter les pollutions visuelles.

Le réseau de collecte en amont du bassin peut être assuré par un système de canalisations, par des noues, ou encore des tranchées drainantes (voir chapitre I : Collecter et infiltrer) [15].

L'alimentation du bassin peut être directe ou en dérivation du réseau de collecte.

L'alimentation du bassin de collecte à ciel ouvert peut se faire via une tête d'entonnement en amont du bassin, qui suit un by-pass à la sortie du collecteur des eaux pluviales (Figure 38).

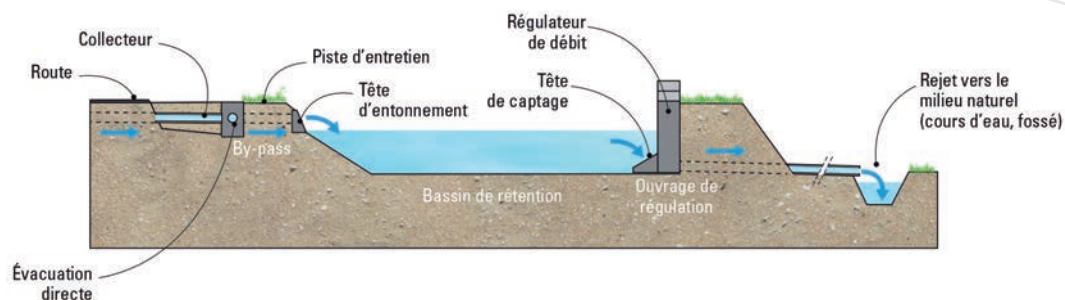


Figure 38 – Schéma de principe de bassin à ciel ouvert

> Le bassin de stockage

Dans le cas des bassins en eau, le stockage est assuré par la hauteur du marnage.

Il est important de respecter ces différents points :

- Un drainage efficace du fond de bassin (pente de 1 à 2% minimum sur géomembrane, drain, cunette, caniveaux) est impératif afin d'éviter les stagnations d'eaux propices aux développements d'odeurs et de moustiques ;
- Une protection contre l'érosion de type enrochement peut s'avérer nécessaire au débouché du réseau de collecte dans le bassin ;
- Un accès pour l'entretien des talus et du fond du bassin est indispensable ;
- Une signalétique adaptée peut sensibiliser le public aux fonctions de l'ouvrage (hydraulique, paysage etc.) et aux précautions qui lui sont associées (sécurité, propreté, etc.) ;
- La vidange des eaux du bassin doit être dimensionnée dans un délai inférieur à 24 heures après un événement .

> *En aval du bassin de stockage*

Les ouvrages de restitution et de régulation comportent :

- Une protection évitant toute intrusion dans les canalisations (type tête d'aqueduc de sécurité) ;
- Un organe ou orifice de régulation ;
- Une surverse de sécurité.

Il est en général préférable que ces ouvrages soient situés dans la digue et dans une chambre pour faciliter l'accès et les activités d'entretien.

Un déversoir d'urgence peut être prévu au cas où il y aurait colmatage des autres orifices. La conduite de sortie de la chambre doit par ailleurs être de dimensions suffisantes pour accepter les débits maximaux. Une vanne d'isolement doit systématiquement être mise en place pour confiner toute pollution accidentelle.

13. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?

Les ouvrages réalisés font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage. Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception.

Le fascicule 70-2 [15] définit les contrôles à réaliser sur les ouvrages préalablement à leur réception. L'étanchéité doit être garantie entre les éléments constitutifs du stockage. Une compatibilité avec les éléments situés en amont et en aval (géométrie de la connexion, joints ...) doit également être assurée.

Pour valider la fonction « stockage » de l'ouvrage, il convient de contrôler les points suivants (au préalable de la réception de l'ouvrage) [15] :

- Présence et accessibilité d'éventuels dispositifs tels que dégrilleurs et dessableurs pour garantir leur entretien et éventuellement les remplacer (produits conformes au CCTP) ;
- Conditions de remplissage : présence et position des événements prévus selon les préconisations du fabricant ;
- Conformité des dispositifs d'accès ;
- Régulation si restitution localisée ;
- Dispositifs de surverse, trop-plein : Pour ce point, il est nécessaire de prendre des levés planimétriques et altimétriques et d'analyser les seuils de débordement.

En ce qui concerne les bassins enterrés en tuyaux de grand diamètre, des essais de compactage sont réalisés autour des canalisations ainsi qu'un examen visuel afin de s'assurer de l'absence de désordres dans l'ouvrage.

Ces contrôles ont pour but d'attester à la fois des performances de l'ouvrage mais aussi de sa conformité en lien avec son exploitation.

14. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?

Les ouvrages réalisés font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage. Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception ; le Fascicule 70-2 [15] détaille les opérations de contrôles à effectuer. Ces contrôles portent sur les fonctions suivantes :

- Le recueil ;
- Le stockage ;
- La restitution.

Les contrôles durant la mise en œuvre de la chaussée à structure réservoir constituée d'éléments creux préfabriqués de type Hydrocyl® portent d'une manière générale sur :

- L'intégrité des produits en béton livrés ;
- La conformité des géotextiles et géomembranes par rapport à la commande ;
- La conformité des drains et caniveaux par rapport à la commande.

L'entreprise doit s'assurer que l'épaisseur minimale de la couche en produits Hydrocyl® est d'au moins 40 cm. Il est aussi important que les débouchés en surface des systèmes de mise à l'air soient protégés contre les risques d'obstruction.

15. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?

Les ouvrages réalisés font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage. Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception ; le Fascicule 70-2 [15] détaille les opérations de contrôles à effectuer.

Ces contrôles portent sur les fonctions suivantes :

- Le recueil ;
- Le stockage ;
- La restitution.

Parmi les opérations de contrôles on peut citer [15] :

- Levés topographiques et altimétriques de l'ouvrage définitif ;
- Inspection visuelle ou télévisuelle (continuité hydraulique, absence de contre-pentes, de dépôts) ;
- Contrôle global de l'étanchéité (par mise en eau par exemple) ;
- Inspection visuelle des talus, vérification de l'absence de glissements ;
- Essai de vérification de la perméabilité du sol (dans le cas d'une restitution par infiltration) ; à défaut, si besoin, essais de remplissage en fin d'exécution ;
- Essai de réception éventuel dans le cas d'une restitution en débit régulé (contrôles sur les ouvrages en aval du bassin) ;
- Contrôle du réseau d'évacuation.

16. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES BASSINS DE STOCKAGE ENTERRÉS ?

L'entretien des canalisations est conditionné par les dispositifs d'accès. Il s'agit d'un entretien classique (curage, hydrocurage).

Le Memento Technique de l'ASTEE [16] précise qu'un entretien des événements est nécessaire pour éviter les nuisances olfactives pour les riverains et la formation de poches de gaz potentiellement dangereuses pour le personnel d'entretien. Sa fréquence dépend de l'alimentation du bassin. Le curage peut être manuel ou automatique. L'entretien est contraignant en raison de l'accessibilité réduite et du confinement.

Si des équipements annexes sont installés, tels que des systèmes de décantation et/ou débouillage et/ou déshuilage et/ou régulation, une part de l'entretien annuel consiste à intervenir sur ces systèmes.

Il est conseillé d'effectuer des visites de contrôles à la suite d'événements pluvieux significatifs afin de vérifier les ouvrages d'alimentation (incluant le ou les dégrilleurs) et de régulation du débit de vidange après la pluie importante.

Il est aussi conseillé, en curatif (intervalle de quelques années), de nettoyer les sédiments accumulés en fond de l'ouvrage.

17. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR ?

Dans le cas d'un revêtement de chaussée imperméable, l'entretien consiste en un curage des bouches d'injection, regards et avaloirs (1 curage/semestre ; 1 remplacement de filtre/an). Un curage occasionnel est recommandé sur les drains.

Dans le cas des chaussées avec un revêtement drainant, l'enjeu est d'éviter le colmatage.

- En préventif la chaussée peut être nettoyée par une simple aspiration ou hydrocurage/aspiration sur toute sa largeur. Le balayage entraîne un colmatage plus rapide, et est donc à proscrire ;
- En curatif, le lavage à haute pression combiné à l'aspiration donne des résultats satisfaisants à un coût raisonnable.

Les fiches techniques du « memento technique » de l'ASTEE [16] donnent des recommandations quant à la fréquence des entretiens à réaliser sur les revêtements perméables. Le « guide de mise en œuvre des revêtements drainants préfabriqués en béton » précise les modalités dans le cas de revêtements préfabriqués en béton [26].

18. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES BASSINS DE STOCKAGE À CIEL OUVERT ?

L'entretien des bassins à ciel ouvert est en relation avec leur utilisation, leur fréquence de sollicitation et l'efficacité des ouvrages d'entrée et de sortie.

Il est ainsi recommandé de respecter les points suivants pour un entretien préventif :

- La vérification des ouvrages d'alimentation (incluant le ou les dégrilleurs) après chaque pluie importante ;
- Pour les parties enherbées, la tonte une à deux fois par mois et un entretien de type espace vert en limitant l'usage de fertilisant et en interdisant les désherbants chimiques (pour les bassins paysagés ouverts au public) ;
- Le ramassage des flottants et autres déchets une à deux fois par mois ;
- Le curage et l'entretien des ouvrages de prétraitement et de régulation de débit (voir chapitres III : Prétraiter et IV : Protéger, réguler et contrôler le rejet) ;
- L'entretien des abords (accès, clôture éventuelle...).

En curatif (intervalle de quelques années), il convient de prévoir l'enlèvement et l'évacuation des sédiments accumulés en fond d'ouvrage.

- [14] Fascicule 70-1 – Fourniture, pose et réhabilitation de canalisations d’eaux à écoulement à surface libre – Octobre 2021
(<https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Bulletinofficiel-0030524>)
- [15] Fascicule 70-2 - Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales – Octobre 2021
(<https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Bulletinofficiel-0030524>)
- [16] Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées – Memento Technique – ASTEE – Décembre 2017
- [17] NF EN 1916 « Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé » – Décembre 2003
- [18] NF P 16 345-2 « Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé Partie 2 » – Décembre 2003
- [19] NF EN 14844 « produits préfabriqués en béton – cadres enterrés ». Décembre 2008
- [20] NF EN 476 « Exigences générales pour les composants utilisés pour les branchements et les collecteurs d’assainissement »
- [21] Techniques alternatives en produits préfabriqués en béton pour l’assainissement Troisième partie : bassins de rétention et de décantation – Rapport CERIB 134.P – Juin 2008
- [22] Chaussée à structure réservoir en béton : capacité de rétention hydraulique Rapport CERIB 222.E – Novembre 2010
- [23] Structure réservoir en béton - Cahier des charges de mise en œuvre des petits produits préfabriqués creux en béton – rapport CERIB 168.E – Novembre 2008
- [24] Chaussée à structure réservoir en béton : tenue au trafic - rapport CERIB - 220.E Novembre 2010
- [25] Des réseaux de qualité en béton – FIB – Canaliseurs de France – DP 88 – Avril 2009
- [26] Guide de mise en œuvre des revêtements drainants préfabriqués en béton - CERIB - DP 136 – Mars 2021

Index des figures

Figure 19 – Bassins de rétention en cadres préfabriqués [Chapsol Ecobassin]	30
Figure 20 – Ouvrages à cunettes ou sections transversales spécifiques [21]	30
Figure 21 – Exemple d'un bassin réalisé en tuyaux de grand diamètre - Schéma de principe - Produits et équipements en amont et aval du bassin de stockage	31
Figure 22 – Bassin en murs préfabriqués assemblés [Chapsol]	33
Figure 23 – Principe du calcul de la méthode des pluies [16]	37
Figure 24 – Temps de fonctionnement et temps de vidange [21]	37
Figure 25 – Collecte des eaux pluviales en ligne (en haut) ou en dérivation (en bas)	38
Figure 26 – Collecte des eaux pluviales par les bouches d'engouffrement	38
Figure 27 – Exemple d'implantation d'un bassin enterré constitué de tuyaux de grand diamètre vis-à-vis du collecteur principal	39
Figure 28 – Exemple de pose multiple en tranchée avec blindage et distance minimale entre les deux canalisations	40
Figure 29 – Exemple de pose multiple de canalisations de grand diamètre sans respect des distances entre tuyaux	41
Figure 30 – Vue de face d'un bassin de rétention en cadres préfabriqués en béton [Stradal]	41
Figure 31 – Pose de cadres préfabriqués en parallèle [Chapsol Ecobassin]	42
Figure 32 – Ventilation par évent relié au bassin	42
Figure 33 – Ventilation par tampons ventilés en amont et aval du bassin	43
Figure 34 – Tuyaux de grandes dimensions équipés de cunette	43
Figure 35 – Volume utile, volume non vidangeable et orifice de restitution muni d'un dispositif de régulation	44
Figure 36 – Modes d'alimentation et de restitution des chaussées à structure réservoir	45
Figure 37 – Etapes de mise en place d'une structure réservoir en produits creux préfabriqués en béton (Hydrocyl®)	47
Figure 38 – Schéma de principe de bassin à ciel ouvert	49

III. PRÉTRAITER



TABLE DES MATIÈRES

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT POUR LA PROTECTION (AMONT DES OUVRAGES) ?	61
1.1 LES DÉGRILLEURS STATIQUES	62
1.2 LES DÉGRILLEURS AUTOMATIQUES À EXTRACTION DE DÉCHETS	62
2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER DES OUVRAGES DE TRAITEMENT POUR CONTRÔLER LA QUALITÉ DU REJET (AVAL) ?	63
2.1 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS	63
2.2 LES DÉCANTEURS	64
2.3 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS	64
3. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?	65
3.1 LES DÉGRILLEURS	65
3.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS	65
3.3 LES DÉCANTEURS	65
3.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS	65
4. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?	66
4.1 LES DÉGRILLEURS	66
4.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS	66
4.3 LES DÉCANTEURS	67
4.3.1 LES DÉCANTEURS STATIQUES	67
4.3.2 LES DÉCANTEURS LAMELLAIRES	67
4.3.3 LES SÉPARATEURS À VORTEX HYDRODYNAMIQUE	69
4.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS	69
5. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?	70
5.1 LES DÉGRILLEURS	70
5.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS	70
5.3 LES DÉCANTEURS	70
5.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS	70
6. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?	72
7. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?	73
7.1 LES DÉGRILLEURS	73
7.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS	73
7.3 LES DÉCANTEURS	73
7.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS	74
BIBLIOGRAPHIE / INDEX DES FIGURES	75

La masse de pollution apportée par une surface imperméabilisée augmente avec la surface du bassin versant. Il est donc toujours préférable de privilégier une gestion des eaux pluviales à la source plutôt qu'à l'échelle du bassin versant.

Afin de statuer sur la nécessité du traitement des eaux pluviales ainsi que de déterminer le niveau du traitement nécessaire, une évaluation du degré de pollution des eaux de ruissellement en fonction de la nature du bassin versant est nécessaire. Ce degré de pollution doit être croisé avec les données du milieu récepteur (rejet direct ou infiltration dans le sol) pour déterminer le rejet acceptable.

Les fonctions de dépollution à utiliser sont dépendantes des types de pollutions à traiter.

Fonction	Ouvrage	Type de pollution traitée	Rôle de l'ouvrage
Dégrillage	Dégrilleur manuel	Macro-déchets	Protection ouvrage aval
	Dégrilleur automatique	8 à 80 mm	Réduction pollution esthétique
Dessablage	Longitudinal « classique »	Particules supérieures à 200 µm	Piégeage graviers et sables
	À vitesse constante		Protection matériels (pompes)
Désuage	Cloison siphonide plots	Hydrocarbures, graisses, flottants	Réduction pollution esthétique
	Déboureur désuileur		Piégeage pollution accidentelle
Décantation	Décanteur déboureur classique	Particules supérieures à 20 µm	Réduction pollution solide, organique, métaux lourds, hydrocarbures adsorbés
	Décanteur lamellaire		

Tableau 2 - Les ouvrages de prétraitement [27]

Les techniques de traitement au moyen de produits préfabriqués en béton concernent principalement le dégrillage, le dessablage ou débouillage et le désuage. Ils visent le plus souvent à intercepter des éléments grossiers ou des polluants spécifiques (Les Matières En Suspension (MES), les hydrocarbures).

Les MES étant souvent porteuses de la pollution des eaux pluviales (métaux lourds, hydrocarbures, DCO...) la décantation ou la « tranquillisation » sont des étapes qui peuvent s'avérer incontournables pour traiter les eaux pluviales.

Les différentes solutions en béton préfabriqué pour prétraiter les eaux pluviales considérées dans ce document sont les suivantes :

- Les dégrilleurs ;
- Les dessableurs / débouilleurs ;
- Les décanteurs ;
- Les séparateurs de liquides légers / désuileurs.

Ces solutions sont implantées en amont des ouvrages afin de les protéger et/ou en aval afin de maîtriser la qualité du rejet.

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT POUR LA PROTECTION (AMONT DES OUVRAGES) ?

Les solutions préfabriquées en béton destinées à protéger les ouvrages de stockage des eaux pluviales afin de garantir leur bon fonctionnement sont essentiellement basées sur la technique du dégrillage.

Les dégrilleurs ont pour fonction de retenir les solides grossiers pour protéger les équipements situés à l'aval, assurer le bon fonctionnement des ouvrages et réduire les pollutions visuelles.

Quelle est l'origine des déchets solides interceptés ?

Les déchets peuvent avoir pour origine :

- Les activités humaines (bouteilles, emballages, films plastiques, papiers, etc...) ;
- L'environnement (végétaux : feuilles, bois, cailloux...).

Une grille (Figure 39) constituée de barreaux équidistants est placée en travers de l'écoulement, arrêtant ainsi les éléments de dimensions supérieures à celles de l'écartement des barreaux.

On distingue alors :

- Les dégrilleurs statiques ;
- Les dégrilleurs automatiques à extraction de déchets.



Figure 39 - Dégrilleur statique [Cimentub]

1.1 LES DÉGRILLEURS STATIQUES

Les dégrilleurs statiques sont des équipements :

- Dont la fonction est de protéger les ouvrages situés en aval (de stockage ou de transport) du colmatage mais aussi de la pollution visuelle (dans le cas des bassins à ciel ouvert) ;
- Nécessitant un entretien régulier, en particulier après les événements pluviaux importants ;
- À réserver aux ouvrages strictement pluviaux.

Ils sont caractérisés par leur espacement des barreaux, qui dépend de la qualité du dégrillage souhaité, et est usuellement compris entre 50 et 100 mm [32].

1.2 LES DÉGRILLEURS AUTOMATIQUES À EXTRACTION DE DÉCHETS

Les dégrilleurs automatiques à extraction de déchets comportent une commande automatique destinée à racler la grille et à extraire les déchets et flottants qui sont ensuite stockés temporairement dans des conteneurs pour évacuation ultérieure à la décharge. Ces équipements nécessitent une alimentation électrique et une mise à disposition d'un container à déchets adapté au volume collecté entre deux opérations d'entretien.

Ils sont également caractérisés par leur espacement des barreaux, qui dépend de la qualité du dégrillage souhaité [32] :

- Pré-dégrillage (dégrillage grossier) : espacement entre 30 et 40 mm ;
- Dégrillage : espacement entre 10 et 20 mm ;
- Dégrillage fin : espacement d'environ 10 mm ;
- Tamisage : maille < 10 mm.

2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON PERMETTENT DE CONSTITUER DES OUVRAGES DE TRAITEMENT POUR CONTRÔLER LA QUALITÉ DU REJET (AVAL) ?

2.1 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS

Les dessableurs (chambres à sable) sont dimensionnés pour retenir des sables fins (et des particules de petites tailles). Ils ont également pour objectif de protéger les ouvrages situés en aval, notamment les pompes.

La séparation gravitaire s'effectue en limitant la vitesse horizontale des fluides.

Les débourbeurs ont le même objectif que les dessableurs, mais ils permettent la rétention des particules de granulométrie plus importante (de 250 microns à 1000 microns) et donc les solides grossiers plus denses que l'eau (graviers, sables).

Les débourbeurs peuvent être associés à un ouvrage de déshuilage (séparateur de liquides légers) et assurent alors les rôles de protection de l'ouvrage, de stockage des eaux pluviales et de contrôle de la qualité du rejet aval dans le réseau.

Quels sont les principaux avantages des dessableurs et des débourbeurs préfabriqués en béton ?

- Un faible encombrement ;
- Un faible coût d'investissement.

2.2 LES DÉCANTEURS

Les décanteurs permettent de retenir des particules non solubles minérales et organiques d'un diamètre supérieur à 20 μm . Leur rendement épuratoire est relativement élevé puisqu'une décantation de quelques heures réduit notablement les Matières En Suspension (MES) qui fixent l'essentiel de la pollution des rejets urbains par temps de pluie (en particulier les polluants de types HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique) et les métaux lourds).

Ces équipements doivent permettre un traitement efficace de la pollution chronique (pour le niveau de service 1 de pluies faibles [32]). Cela permet en outre la rétention d'hydrocarbures en cas d'accident.

Différentes techniques sont développées pour cette fonction. Parmi elles, on retrouve :

- Les décanteurs statiques ;
- Les décanteurs lamellaires (Figure 40) ;
- Les décanteurs vortex hydrodynamique.



Figure 40 - Décanteur lamellaire [Cimentub]

2.3 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS

Les séparateurs de liquides légers, ou déshuileurs, ont pour fonction d'intercepter les liquides légers (huiles, hydrocarbures) de densité inférieure à 0,95 présents dans les effluents. Ils sont le plus souvent associés à des débourbeurs. On les nomme alors débourbeurs séparateurs de liquides légers.

Ces produits sont couverts par les normes suivantes :

- NF EN 858-1 « Installations de séparation de liquides légers », partie 1 : Principes pour la conception, les performances et les essais, le marquage et la maîtrise de la qualité, 2005 [28] ;
- NF EN 858-2 « Installations de séparation de liquides légers », partie 2 : Choix des tailles nominales, installation, mise en service et entretien, 2003 [29] ;
- NF P16-451-1/CN [30] : complément national à la NF EN 858-1 de 2007, qui définit les catégories d'utilisation (différentes implantations), les justificatifs techniques relatifs à la stabilité structurelle des ouvrages, les conditions d'extrapolation relatives à la conception des ouvrages de taille nominale supérieure à 50 et les tests de non-entraînement des hydrocarbures préalablement piégés pour les séparateurs équipés d'un dispositif de dérivation by-pass ;
- NF P16-442 « Mise en œuvre et maintenance des séparateurs de liquides légers et débourbeurs », 2014 [31].

3. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?

Les ouvrages de prétraitement sont essentiellement implantés en fonction de la nature de l'activité sur le site du projet d'installation (urbain, industriel, commercial, etc.), des débits des eaux pluviales et de l'emprise au sol disponible pour l'implantation.

3.1 LES DÉGRILLEURS

Les dégrilleurs manuels ont un faible encombrement.

Les dégrilleurs automatiques sont recommandés pour des bassins versants supérieurs à quelques hectares et avec une forte présence de déchets végétaux (feuilles).

3.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS

L'implantation d'un dessableur est recommandée dans les collecteurs de grandes dimensions (visitables) :

- En réseau séparatif, eaux pluviales ;
 - En amont sur un réseau à faible pente (prévention de la sédimentation et de l'obturation) ;
 - En amont d'une structure d'infiltration ;
 - En amont d'un siphon ;
 - En amont de certains ouvrages de traitement.
- En réseau unitaire :
 - Dans les réseaux à faible pente ;
 - Avant rejet dans un collecteur plus important dans lequel la vitesse d'écoulement est généralement plus lente.

3.3 LES DÉCANTEURS

L'utilisation des décanteurs implique une grande disponibilité foncière au regard de leur emprise importante au sol.

3.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS

Ce type d'ouvrage est réservé à l'équipement des surfaces présentant des risques avérés de pollution accidentelle aux hydrocarbures : station-service, dépôt de poids lourds, station de lavage de véhicules, etc.

4. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?

4.1 LES DÉGRILLEURS

Ces ouvrages sont caractérisés par :

- L'écartement des barreaux, fonction des types d'occupation des zones urbanisées et des fréquences d'entretien ;
- La forme de la grille (courbe, droite) ;
- La position de la grille : verticale, inclinée (60 – 80°) ;
- Le nombre de grilles en série ;
- Le mode de nettoyage de la (des) grille(s) ;
- La forme des barreaux (section circulaire, rectangulaire, trapézoïdale).

La surface de la grille nécessaire pour assurer un débit d'entrée donné dépend de la surface de passage permise par le barreaudage.

En première approximation :

$$S = \frac{Q}{V \cdot O \cdot C}$$

Avec

S = surface minimale de la grille traversée par l'écoulement en m² ;

Q = débit d'entrée en m³/s ;

V = vitesse de l'effluent au travers de la grille (comprise entre 0,3 et 1,2 m/s) ;

C = coefficient de colmatage (de 0,10 à 0,30 pour les dégrilleurs statiques et de 0,40 à 0,50 pour les dégrilleurs automatiques) ;

O = rapport entre la surface de passage et la surface totale (m²/m²).

$$O = \frac{\text{Surface des espaces libres entre barreaux}}{\text{Surface des espaces libres} + \text{surface liée à l'épaisseur des barreaux}}$$

4.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS

La conception des dessableurs dépend de la taille des particules à intercepter. Le piégeage des particules est réalisé :

- Soit par une diminution de la vitesse horizontale de l'eau provoquée par une augmentation de la section transversale du collecteur entraînant, du fait des forces de gravité, la chute des sables (cas des dessableurs longitudinaux) ;
- Soit par un allongement vertical du parcours de l'eau dans un ouvrage cylindrique au fond duquel les sables se déposent sous l'action conjointe des forces centrifuges et de gravité (cas des dessableurs tangentiels).

Les dessableurs longitudinaux se présentent sous la forme de bassins longs à écoulement horizontal et sont souvent munis d'une fosse dans laquelle sont stockés les sables qui se déposent.

Afin de permettre la sédimentation des particules à intercepter, on s'efforce de réduire, par un élargissement de la section du collecteur, la vitesse horizontale de l'eau jusqu'à une valeur de l'ordre de 0,4 m/s. Une vitesse plus faible provoque le dépôt de particules de densité inférieure à celle des sables (matière organique) et une vitesse trop rapide ne permet pas d'obtenir un dépôt suffisant de sables.

Ils sont généralement prévus pour des débits de pointe correspondant aux faibles pluies (niveau de service 1). En effet, les débits de pointe des fortes pluies conduiraient à des ouvrages de très grande taille.

La surface du dessableur est déterminée comme le ratio du débit de pointe (m^3/h) à la charge hydraulique (en $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$). Le volume est le produit du débit de pointe (m^3/h) par le temps de séjour prévu (h).

4.3 LES DÉCANTEURS

Le dimensionnement des décanteurs se base essentiellement sur la détermination de sa charge surfacique ou vitesse ascensionnelle V_a . Elle est définie comme étant le rapport du débit à la surface de l'ouvrage projetée sur un plan horizontal, et ce quelle que soit la direction principale de l'écoulement.

$$V_a = \frac{Q}{S}$$

Cette vitesse est à comparer à la vitesse de chute V_c des particules à piéger.

Les particules transportées par les eaux pluviales ont une vitesse de chute comprise entre 0,3 et 3 m/h.

Si V_a est inférieure à V_c alors les particules sont pour la plupart piégées. Si V_a est supérieure à V_c alors le rendement de l'ouvrage est considéré nul.

La vitesse ascensionnelle définit donc un seuil de coupure vis-à-vis des vitesses de chute des particules.

La vitesse de chute est fonction de la taille des particules, de leur densité et de leur forme ; elle est très variable d'un événement à l'autre, voire au cours d'un même événement. On peut se fixer des objectifs de rendement moyen en fonction du seuil de coupure retenu.

Ces objectifs peuvent être : 65% sur les MES et les éléments métalliques et 50% sur la DCO, les hydrocarbures et les HAP.

La connaissance de la charge hydraulique superficielle est déduite à la suite d'une campagne de prélèvements avec réalisation de mesures de vitesses de chute de MES (selon le protocole Vicas) [33].

Il est aussi important de pouvoir estimer le volume des boues, nécessaire à la définition de la conception du décanteur la mieux appropriée au projet. Cette estimation se fait par la connaissance de la nature du bassin versant et les surfaces imperméabilisées [33].

4.3.1 Les décanteurs statiques

Dans ce type d'ouvrage, l'écoulement des effluents est horizontal. Pour assurer une interception durable de MES, leur conception doit intégrer les paramètres suivants :

- Flux piston, en éloignant autant que possible l'entrée et la sortie ;
- Surface horizontale déterminée en corrélation avec les objectifs fixés ;
- Répartition du flux hydraulique équilibrée sur toute la largeur de l'ouvrage ;
- Vitesse horizontale inférieure à la vitesse critique d'entraînement des particules interceptées ;
- Dimensionnement adapté de la chambre de stockage des boues ;
- Mode d'évacuation des boues (dispositifs de raclage, colonnes d'aspiration, vidange ...).

Pour les décanteurs classiques, pour assurer une stabilité suffisante de la décantation dans une large gamme de régimes, il est préconisé d'utiliser un rapport longueur/largeur égal à 1,5 et une profondeur de 2,5 à 3 mètres.

4.3.2 Les décanteurs lamellaires

La technique de décantation lamellaire revient à fractionner le débit entre un certain nombre de décanteurs de faible épaisseur empilés les uns sur les autres. Elle permet ainsi de démultiplier la surface projetée et de réduire l'encombrement par un facteur de l'ordre de 5 à 10.

Chaque module de décantation est caractérisé par un diamètre hydraulique, d_h , défini par la relation suivante [34] :

$$d_h = 4 \times (\text{section mouillée} / \text{périmètre mouillé})$$

4. CONCEVOIR LES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT

Un faible diamètre hydraulique conduit à une réduction de la valeur du nombre de Reynolds, favorable à un écoulement laminaire ($R_e < 2000$).

Avec

$$R_e = (\rho_{\text{eau}} \times u \times d_h) / \eta_{\text{eau}}$$

ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau (kg/m^3)

u est la vitesse de l'écoulement (m/s)

η_{eau} est la viscosité dynamique de l'eau (de l'ordre de 10^{-3} Pa.s)

Il existe différents types de structures lamellaires : plaques parallèles planes ou ondulées, faisceaux de tubes carrés, circulaires ou hexagonaux. Chacune d'entre elles est caractérisée par une certaine surface développée de lamelles par m^2 de surface horizontale.

Pour obtenir une évacuation en continu des boues, une forte inclinaison des lamelles (50 à 60°) est nécessaire [27].

On distingue trois types de décanteurs :

- À contre-courant (la boue et l'eau circulent en sens inverse) ;
- À co-courant (la boue et l'eau circulent de haut en bas) ;
- À courants croisés (la boue et l'eau circulent perpendiculairement).

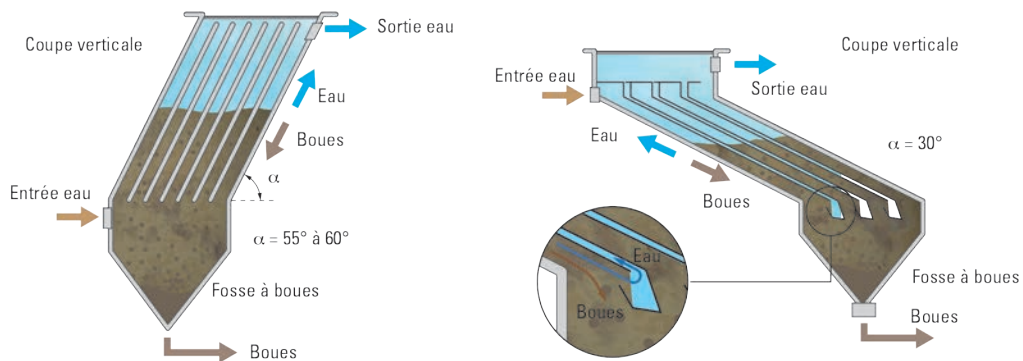


Figure 41 - Schéma de principe d'une décantation à contre-courant et à co-courant

Le décanteur tubulaire à contre-courant est conçu pour permettre la décantation des MES et le stockage des boues produites sous une grille anti-remobilisation. Il est destiné à traiter les effluents contenant des particules grossières (cailloux, graviers...) et des particules fines (supérieures à $20 \mu\text{m}$). Il permet aussi de piéger les liquides légers en cas de pollution accidentelle et est uniquement adapté au traitement des eaux pluviales. Il peut atteindre jusqu'à 80% d'abattement en MES pour des débits de 2 l/s à 20 l/s par appareil. Plusieurs appareils peuvent être installés en parallèle pour des débits supérieurs.

Les lamelles peuvent être [34] :

- En plaques : différents matériaux sont alors possibles (aluminium, polyester). Elles sont adaptées aux principes de décantation à contre-courant et à courants croisés, avec un risque de colmatage réduit si l'espacement entre les lames est de 30 mm ;
- En nid d'abeilles : elles sont alors en polypropylène, et sont inadaptées à la décantation selon le principe des courants croisés.

4.3.3 Les séparateurs à vortex hydrodynamique

Les séparateurs à vortex hydrodynamique utilisent la gravité et la force centrifuge pour séparer et capter les MES, flottants et autres déchets.

Le pourcentage d'abattement s'exprime pour une granulométrie et un débit. Il peut atteindre jusqu'à 80% d'abattement pour des particules à partir de 50 µm et des débits de 40 l/s à 350 l/s selon la taille du système.

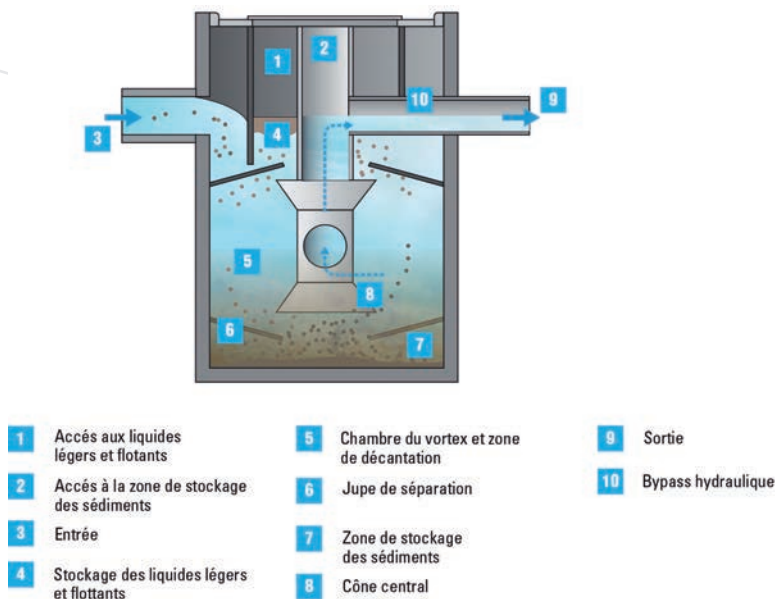


Figure 42 - Principe de séparateur à vortex hydrodynamique

4.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS

Les éléments suivants doivent être pris en compte :

- Le débit maximum des eaux pluviales ;
- Le débit maximum des eaux résiduaires (par exemple les effluents industriels) le cas échéant ;
- La masse volumique du liquide léger ;
- La présence de substances pouvant entraver la séparation (les détergents par exemple).

La taille nominale de l'installation est déterminée suivant la formule suivante :

$$TN = (Q_e + f_x \times Q_{eu}) \times f_d$$

Avec

- Q_e = débit des eaux pluviales pris en compte (l/s) ;
- Q_{eu} = débit de pointe des eaux usées (l/s) ;
- f_x = facteur de correction lié au domaine d'application ;
- f_d = facteur de densité du liquide léger.

Un dimensionnement de ces installations peut être réalisé au moyen de l'outil de calcul SeparH disponible sur www.cerib.com, qui permet de déterminer la taille nominale (TN) d'un séparateur ou d'un groupement de séparateurs de liquides légers en béton. Il permet également de calculer le volume du déboureur associé.

La capacité à piéger les hydrocarbures et à atteindre les classes de rejet normatives sur un effluent synthétique est définie dans le mode opératoire de la norme NF EN 858-1 [28] :

- Classe 1 avec rejet < 5 mg/l ;
- Classe 2 avec rejet maximal de 100 mg/l ;

5. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?

5.1 LES DÉGRILLEURS

Dans les dégrilleurs statiques, la mise en œuvre d'une grille manuelle implique la réalisation d'un by-pass à l'amont, utilisable en cas de colmatage de la grille. Une pluie d'orage peut en effet être suffisante à l'obstruction de la grille. La réalisation d'une surverse au-dessus de la grille est à proscrire si les équipements situés à l'aval sont sensibles au colmatage.

5.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS

Les dessableurs en assainissement pluvial sont souvent des ouvrages rectangulaires à couloir [33].

5.3 LES DÉCANTEURS

Les décanteurs lamellaires sont le plus souvent enterrés, et accessibles par des puits d'accès. Ils peuvent également être posés à ciel ouvert. Ces ouvrages sont dimensionnés à partir d'un débit nominal, il est donc impératif de s'assurer de la maîtrise du débit à l'amont de l'ouvrage, par la mise en place d'une vanne de régulation mobile ou motorisée, ou encore d'un pompage (une chambre de tranquillisation est alors nécessaire).

Certains décanteurs lamellaires peuvent être équipés de dispositifs d'extraction de boues permettant ainsi d'isoler le flux hydraulique des boues piégées et évitant ainsi leur réentraînement en cas de saturation de la capacité de stockage située sous les modules lamellaires.

5.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS

Afin d'atteindre la classe de rejet 1 ($< 5 \text{ mg/l}$), différents concepts de coalesceurs sont retenus par les fabricants. Les coalesceurs les plus fréquents sont constitués de mousse filtrante, de cellules coalescentes ou de blocs lamellaires ; ces derniers sont à privilégier pour une majorité d'applications, car ils apportent une plus grande durabilité, à condition que ces dispositifs soient caractérisés par des « alvéoles rectilignes » et aisément accessibles lors des opérations de maintenance [33].



Figure 43 - Séparateur de liquides légers

Les coalesceurs constitués de « mousse » et qui sont caractérisés par un fin maillage, doivent être exclus dans l'application de l'assainissement pluvial. En effet, la présence de MES dans les rejets par temps de pluie conduit à un colmatage rapide du coalesceur ayant pour conséquence une forte réduction de la performance de la fonction déshuilage. La mise en place du système lamellaire est fortement recommandée dans ce cas [33].

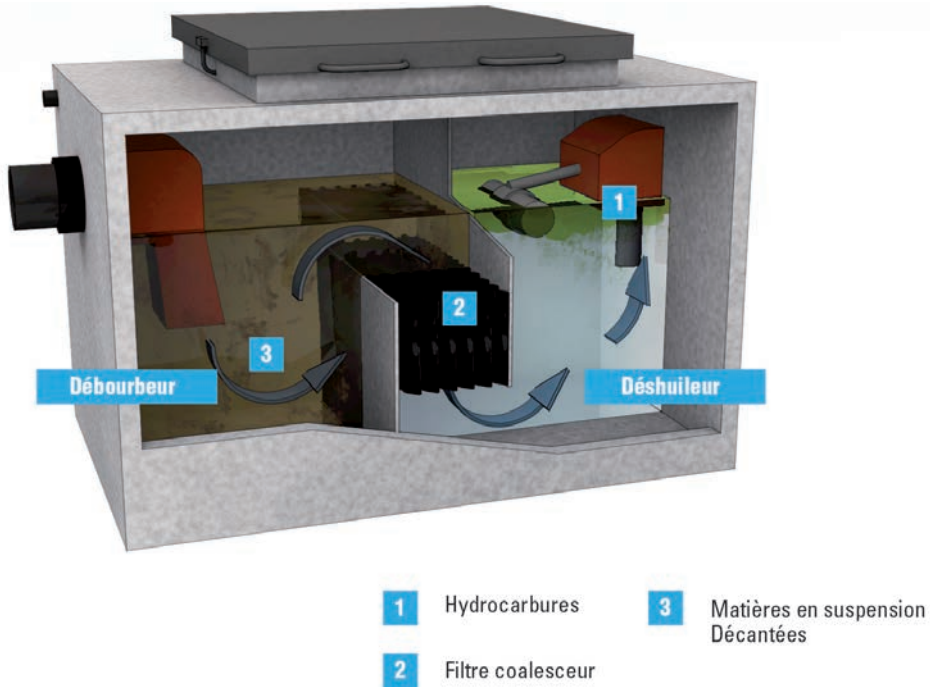


Figure 44 - Schéma de principe d'un décanteur - déshuileur

6. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?

Les différentes solutions présentées dans le document sont des solutions préfabriquées en béton et comprennent des éléments en d'autres matériaux. Il est nécessaire de vérifier le bon fonctionnement de ces ouvrages avant leur réception sur chantier afin de garantir que leur rôle est assuré.

> Cas particulier des séparateurs de liquides légers

Les performances des produits sont déterminées par des essais réalisés conformément à la norme NF EN 858-1 [28]. La production des éléments peut alors faire l'objet d'une certification **NF**.

Seul le séparateur doit être soumis à essai. Pour les séparateurs avec débourbeurs combinés, le volume du débourbeur doit être neutralisé dans les cas suivants :

- Si le débourbeur est combiné et est en ligne avec le séparateur, ainsi le volume du débourbeur doit être neutralisé par une (ou des) canalisation de raccordement placée en travers ou au travers du débourbeur (Figure 45) ;
- Si le débourbeur est combiné et se trouve sous le niveau statique d'eau du séparateur, le volume du débourbeur à neutraliser doit être combiné en utilisant un matériau inerte et imperméable à surface lisse (Figure 46).

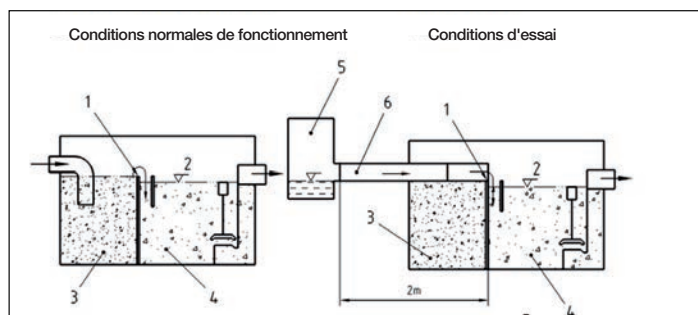


Figure 45 - Conditions normales de fonctionnement et conditions d'essai d'un débourbeur combiné en ligne avec un séparateur [NF EN 858-1]

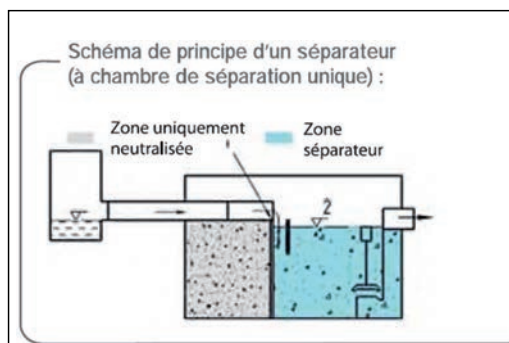


Figure 46 - Conditions d'essai d'un débourbeur combiné se trouvant sous le niveau statique d'eau du séparateur [NF EN 858-1]

L'utilisation de produits dont les performances sont attestées par des essais de type et maîtrisées par un contrôle de production permet de simplifier les opérations de contrôles préalables à la réception.

7. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE PRÉTRAITEMENT ?

Il est important d'assurer la pérennité des ouvrages dans le système de collecte et de stockage des eaux pluviales afin de garantir des rejets des eaux pluviales dans le réseau avec la qualité prévue.

L'entretien de ces ouvrages assure également le bon fonctionnement des autres composants du système pluvial (les ouvrages de collecte (chapitre I : Collecter et infiltrer) et les ouvrages de stockage (chapitre II : Stocker).

7.1 LES DÉGRILLEURS

L'efficacité des dégrilleurs dépend non seulement des paramètres constructifs (espacement et forme des barreaux) mais également de la vitesse d'approche de l'eau qui, s'élevant, augmente l'enfouissement des déchets entre les barreaux et donc le risque de colmatage de la grille. Il est recommandé de prévoir un chenal d'approche rectiligne capable de répartir de façon homogène les vitesses sur l'ensemble de la grille. D'autre part, un piège à cailloux placé à l'amont de la grille évitera que les pierres charriées ne détériorent les barreaux. Enfin, pour prévenir le colmatage de l'ouvrage, il est souhaitable de placer un by-pass à l'amont du dégrilleur ou de maintenir une section sans barreaux en partie haute de la grille pour permettre l'écoulement des eaux. Les opérations d'entretien, notamment après les événements pluvieux importants, contribuent également à maintenir la pérennité des fonctions de traitement.

7.2 LES DESSABLEURS ET LES DÉBOURBEURS

L'efficacité des dessableurs peut être améliorée en diminuant la vitesse de l'écoulement en amont de l'ouvrage par la mise en place d'obstacles générateurs de pertes de charge (barreaux verticaux pour casser le flot arrivant). Il est également possible de disposer des plaques favorisant le captage des solides sans augmenter la turbulence, défavorable à la décantation. Pour éviter le relargage des particules piégées un by-pass peut être installé pour faire transiter les débits excédents la capacité fonctionnelle de l'ouvrage. Il existe des dessableurs à simple ou à double compartiment avec possibilité d'isolation pour entretien de chaque compartiment. L'entretien dans un système d'eaux pluviales peut être effectué par temps sec et ne nécessite donc qu'un bassin unique.

7.3 LES DÉCANTEURS

La condition impérative pour obtenir de bons rendements est de curer très régulièrement ces ouvrages.

L'efficacité d'un décanteur n'est garantie que si on limite les débits admis pour éviter de réentraîner les sédiments accumulés ce qui conduit à installer des déversoirs à l'amont de ces ouvrages. L'entretien est réalisé régulièrement par pompage de l'eau puis hydrocurage des boues, notamment, tout comme sur les ouvrages précédents, après des événements pluvieux importants.

7.4 LES SÉPARATEURS DE LIQUIDES LÉGERS

Afin de conserver l'efficacité de ces ouvrages, les opérations de maintenance et d'entretien consistent à vérifier régulièrement l'évolution des niveaux d'hydrocarbures, ainsi que le bon état du dispositif coalesceur et du système d'obturation automatique. À partir des accès, les opérations suivantes sont effectuées :

- L'aspiration des liquides légers à la surface de l'ouvrage, dans les deux compartiments ;
- Le pompage des boues et des flottants dans le débourbeur ;
- Le pompage des boues déposées dans le compartiment « séparateur » à l'aide de la conduite d'aspiration de l'hydrocureuse ;
- Le nettoyage des équipements et des compartiments à l'aide d'un jet d'eau. Les eaux de nettoyage seront ensuite pompées ;
- Le remplacement du coalesceur si celui-ci est colmaté ou dégradé. Afin de conserver la capacité de filtration et de coalescence des liquides légers, la mousse coalescente est un consommable à changer régulièrement ;
- La remise en eau de l'ouvrage. Une attention particulière sera apportée à la position du flotteur du dispositif d'obturation ; la partie supérieure du flotteur situé dans la cage placée à l'aval doit rester visible.

Comme mentionné dans les normes NF EN 858-1 [28] et NF P 16-442 [31], un dispositif d'alarme de détection d'hydrocarbures est obligatoire.

- [27] Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales, STU et Agences de l'eau, 1994 ;
- [28] NF EN 858-1 « Installations de séparation de liquides légers », partie 1 : Principes pour la conception, les performances et les essais, le marquage et la maîtrise de la qualité, 2005 ;
- [29] NF EN 858-2 « Installations de séparation de liquides légers », partie 2 : Choix des tailles nominales, installation, mise en service et entretien, 2003.
- [30] NF P16-451-1/CN : complément national à la NF EN 858-1 de 2007, qui définit les catégories d'utilisation (différentes implantations), les justificatifs techniques relatifs à la stabilité structurelle des ouvrages, les conditions d'extrapolation relatives à la conception des ouvrages de taille nominale supérieure à 50 et les tests de non-entraînement des hydrocarbures préalablement piégés pour les séparateurs équipés d'un dispositif de dérivation by-pass ;
- [31] NF P16-442 « Mise en œuvre et maintenance des séparateurs de liquides légers et débourbeurs », 2014
- [32] Memento Technique – Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées – ASTEE – Décembre 2017
- [33] Gestion et Traitement des eaux pluviales – Les classeurs de Techni.Cités – Mise à jour n° 24 – Avril 2021

Index des figures

Figure 39 – Dégrilleur [Cimentub]	61
Figure 40 – Décanteur lamellaire [Cimentub]	64
Figure 41 – Schéma de principe d'une décantation et à contre-courant [6]	68
Figure 42 – Principe de séparateur vortex hydrodynamique	69
Figure 43 – Séparateurs de liquides légers	70
Figure 44 – Schéma de principe d'un décanteur - déshuileur	71
Figure 45 – Conditions normales de fonctionnement et conditions d'essai d'un déboucheur combiné en ligne avec un séparateur [NF EN 858-1]	72
Figure 46 – Conditions d'essai d'un débourbeur combiné se trouvant sous le niveau statique d'eau du séparateur [NF EN 858-1]	72

IV. PROTÉGER, RÉGULER ET CONTRÔLER LE REJET



TABLE DES MATIÈRES

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR LA PROTECTION DES OUVRAGES ?	78
2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR LA RÉGULATION ET LE CONTRÔLE DU REJET ?	79
2.1 LES RÉGULATEURS À FLOTTEUR	79
2.2 LES RÉGULATEURS À EFFET VORTEX	80
2.3 LES RÉGULATEURS ÉCRÉMEURS DE SURFACE ET DÉVERSOIRS FLOTTANTS	80
2.4 LES VANNES DE RÉGULATION	80
2.5 LES LIMITEURS PAR ORIFICES CALIBRÉS OU AJUTAGES	80
3. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?	81
4. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE PROTECTION ?	82
5. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?	83
6. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?	84
7. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?	85
8. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?	86
BIBLIOGRAPHIE / INDEX DES FIGURES	87

On parle de fonction de protection lorsque l'on met en œuvre des solutions qui ont pour but de protéger les ouvrages de stockage des eaux pluviales. Le principe de protection consiste à dériver les eaux collectées dans le cas de forts débits ou de pollution accidentelle. On parle alors d'**ouvrages de dérivation ou de protection**.

La fonction de restitution, elle, consiste à transférer le volume stocké vers le milieu récepteur. Dans ce document, on s'intéresse à la restitution par des dispositifs localisés et à débit maîtrisé, on parle donc d'**ouvrages de régulation ou de contrôle du rejet**.

1. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR LA PROTECTION DES OUVRAGES ?

Les ouvrages de dérivation, ou déversoirs d'orage, permettent de dériver, par un bypass, une partie ou la totalité des eaux qui entrent dans un bassin de stockage lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur que l'on appelle « débit seuil » ou « débit de consigne ».

Au-delà de ce débit, et grâce au by-pass, les eaux collectées sont orientées soit vers le bassin, soit vers l'exutoire.

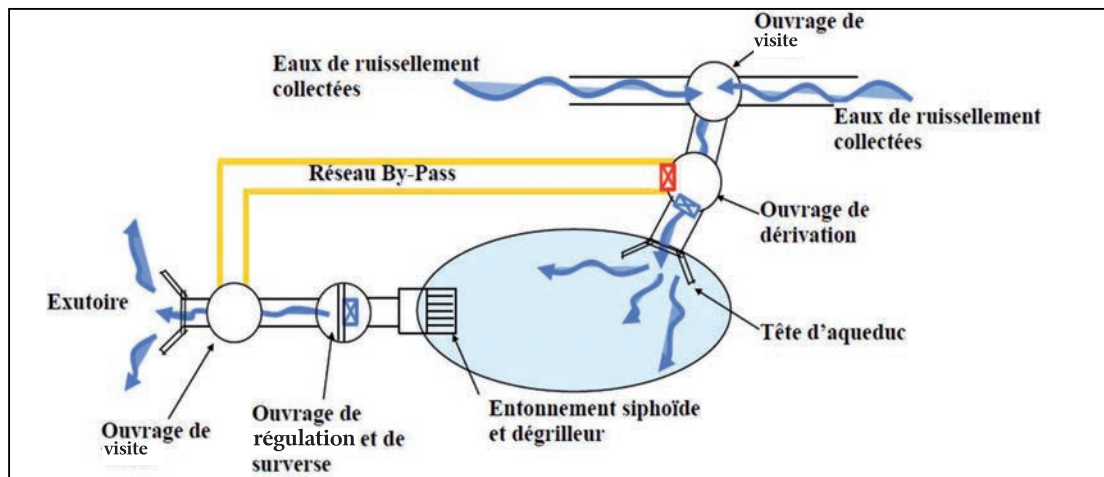


Figure 47 – Schéma de principe de fonctionnement normal d'un ouvrage de stockage avec dérivation et régulation [Cimentub]

S'ils sont équipés de vannes, les ouvrages de dérivation peuvent également servir d'ouvrage de confinement de pollution accidentelle.

2. QUELLES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE L'INDUSTRIE DU BÉTON POUR LA RÉGULATION ET LE CONTRÔLE DU REJET ?

Les ouvrages de régulation sont destinés à maîtriser le débit maximal de rejet au milieu naturel ou aux ouvrages situés en aval. Ce débit est fixé par les règlements d'assainissement issus des SAGE, SDAGE ou des schémas directeurs d'assainissement pluvial. Les valeurs de rejet généralement admises sont comprises entre 1 et 20 l/s par hectare imperméabilisé [35].

Deux types d'équipements peuvent être intégrés aux ouvrages de régulation :

- Un **régulateur** de débit, qui assure un débit quasi-constant pour une plage de hauteurs d'eau donnée, en ajustant la section de passage de l'obturateur en fonction du niveau variable de l'eau. La régulation peut se faire au moyen de vannes, de dispositifs à flotteur ou à effet vortex ;
- Un **limiteur de débit**, qui est dimensionné afin de s'assurer que le débit maximal visé ne sera pas dépassé. Ce limiteur prend généralement la forme d'un orifice calibré ou ajutage, d'une vanne dans une position fixe, ou d'une plaque de limitation de section.

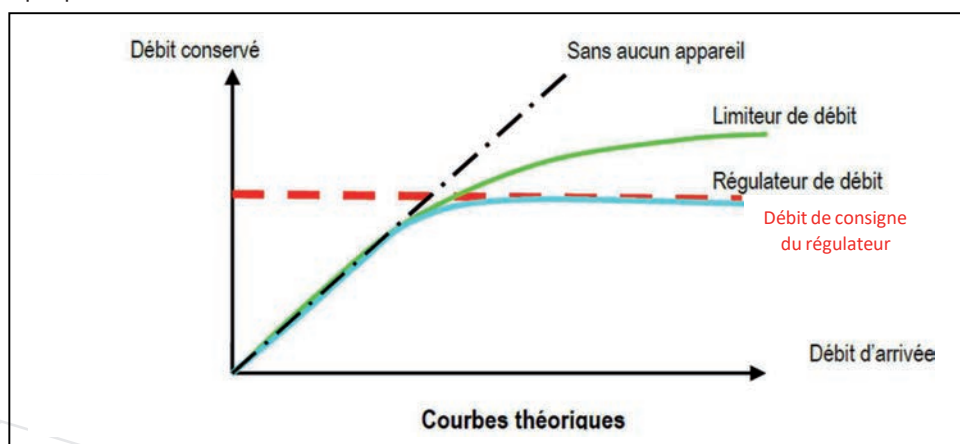


Figure 48 – Fonction des limiteurs et régulateurs de débit [34]

2.1 LES RÉGULATEURS À FLOTTEUR

Les régulateurs de débit à flotteur sont équipés d'un flotteur qui assure la lecture directe du niveau d'eau. Un dispositif de transmission (plus ou moins direct), réduit la section de passage de la canalisation de vidange du bassin par déplacement d'un opercule. Cette commande est généralement radiale mais peut être axiale.

Ces ouvrages sont principalement adaptés pour la régulation des débits de fuite des bassins d'orage et des déversoirs d'orage. La gamme de débit est de 5 à 1000 l/s et ils peuvent gérer des hauteurs d'eau équivalentes de 3 à 6 fois le diamètre de l'orifice, soit par exemple un débit de 10 l/s sur une hauteur d'eau d'environ 1 m [34].

2.2 LES RÉGULATEURS À EFFET VORTEX

Les régulateurs de débit à effet Vortex sont caractérisés par une section de passage constante. Contrairement aux régulateurs de débit à flotteur, il n'existe pas de pièces en mouvement sur ces dispositifs.

La limitation du débit est assurée par [37] :

- Une section de passage supérieure à celle d'un ajutage, gage d'une plus grande fiabilité et d'une évacuation plus rapide des eaux vers l'aval ;
- La création d'un noyau d'air avec la mise en charge de l'orifice, réduisant ainsi la section d'écoulement de l'eau au travers du limiteur de débit. La création de ce vortex permet dès sa création de descendre le débit restitué en dessous de sa valeur initiale, puis de poursuivre une restitution progressive croissante du débit avec la charge.

Ce type d'appareil convient pour les eaux usées chargées et les eaux pluviales, ou vidanges de bassin. La gamme de débit standard s'étend de 5 à 500 l/s [34], mais dans le cadre des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, les régulateurs de débit à effet vortex sont mis en œuvre pour des débits de fuite de 1 à 20 l/s, avec des hauteurs d'eau souvent comprises entre quelques dizaines de centimètres et un à deux mètres [37].

Les régulateurs à effet vortex s'installent dans une chambre munie d'un seuil de déversement. Afin de protéger l'appareil des chocs dus à des objets transportés lors de gros orages, il est préférable de prévoir une grille ou un « masque » solide [34].

2.3 LES RÉGULATEURS ÉCRÉMEURS DE SURFACE ET DÉVERSOIRS FLOTTANTS

Les écrémeurs de surface limitent le débit de fuite d'un bassin d'orage quel que soit le marnage en privilégiant les eaux de surface [34]. Il sont constitués d'une lame déversante maintenue à une hauteur fixe de la surface par des flotteurs.

Le déversoir flottant permet de maintenir une hauteur sur crête de déversoir circulaire constante.

Le débit d'évacuation est alors constant, et généralement compris entre 5 et 170 l/s pour les écrémeurs [34].

Les écrémeurs de surface sont généralement utilisés en aval d'un bassin d'orage ; ils permettent d'évacuer intégralement les eaux issues du bassin d'orage en privilégiant les eaux de surface, favorisant ainsi la décantation des matières en suspension dans le bassin [37].

2.4 LES VANNES DE RÉGULATION

Une vanne classique à passage direct (pelle, murale, à orifice circulaire ou rectangulaire) est actionnée par un servo-moteur et réducteur le plus souvent (énergie électrique) ou bien par vérin pneumatique ou hydraulique ; l'ouverture de la vanne, asservie à une consigne de débit, nécessite un appareil de mesure de débit. La valeur du débit régulé est en général envoyée vers un système de télésurveillance ou télégestion [34]. Ces dispositifs permettent de réguler de très faibles débits, à partir de 1 l/s [34].

2.5 LES LIMITEURS PAR ORIFICES CALIBRÉS OU AJUTAGES

Ces dispositifs répondent à la fonction de limiteur de débit et sont donc caractérisés par un débit qui augmente avec la charge d'eau en amont. Le débit maximal est atteint lorsque la hauteur d'eau est maximale. Les orifices calibrés ou ajutages sont recommandés pour les faibles débits (inférieurs à 50 l/s).

3. QUELLES SONT LES DONNÉES NÉCESSAIRES POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?

Le choix de la solution de régulation adaptée au projet s'effectue en fonction du débit de fuite et de la hauteur maximale dans l'ouvrage.

Le choix final résulte généralement d'un compromis entre un ensemble d'exigences et de contraintes de conception comme :

- La gamme de débits à restituer et sections d'ouverture associées aux dispositifs (par exemple pour prévenir le colmatage, des sections d'ouverture de dimension minimale de 100 mm sont recommandées) ;
- La topographie et la zone de marnage disponible : elles influencent les lois de vidange des limiteurs de débit (possibilité d'adapter la géométrie de l'ouvrage de stockage pour influencer sur la zone de marnage), la position verticale du dispositif est une variable d'ajustement du dimensionnement ;
- Les tolérances sur la loi de restitution des eaux pluviales (tolérance de variation selon la charge hydraulique) selon le ou les niveau(x) de service défini(s) et les exigences de rejets/restitution associées ;
- Le volume de stockage et les coûts associés : à débit de consigne égal, les limiteurs de débits entraîneront un « surdimensionnement » du volume de stockage par rapport à un régulateur (vidange plus lente, pluie dimensionnante plus longue, donc généralement plus de volume à évacuer) ;
- La durée de vidange de l'ouvrage associée aux niveaux de service : à débit de consigne égal, la vidange de l'ouvrage de stockage par un limiteur de débit est plus longue que par un régulateur de débit : on s'assurera que la durée de vidange n'excède pas 24 heures ;
- Les opérations de maintenance et coûts du système (investissement, exploitation).

4. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE PROTECTION ?

Le principe se base sur le comportement hydraulique d'un déversoir, qui peut être caractérisé par la courbe de fonctionnement de la Figure 50.

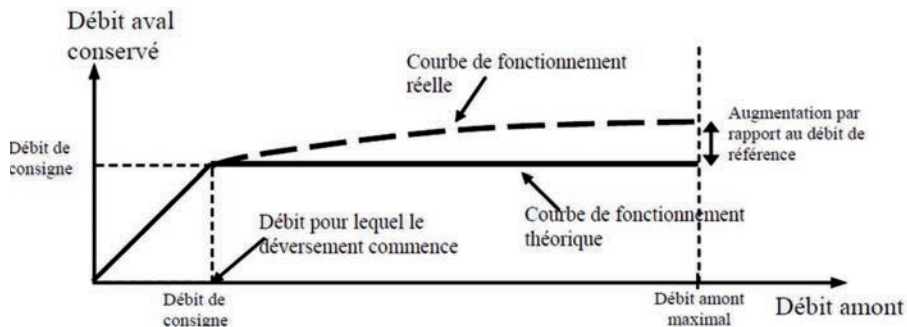


Figure 49 – Principe de fonctionnement hydraulique du déversoir d'orage [34]

Le débit de consigne est le débit à partir duquel l'ouvrage commence à déverser.

Il peut donc représenter, par exemple :

- Le débit maximal admissible à l'aval ;
- Le débit des petites pluies représentant le débit de protection du milieu naturel correspondant au débit d'un événement pluvieux ayant une période de retour de quelques mois (niveau 1).

La courbe de fonctionnement théorique représente le cas de régulation idéale dans lequel, quel que soit le débit amont supérieur au débit de consigne, le débit conservé est égal au débit de consigne. La création d'un tel déversoir nécessite une régulation dynamique (par exemple par une vanne autorégulée ou par une pompe).

Dans le cas de déversoirs statiques, la courbe de fonctionnement réelle nous montre qu'à partir du moment où le débit amont dépasse le débit de consigne, le débit aval va continuer à augmenter.

La caractérisation hydraulique d'un déversoir se fait donc en calculant :

- Le débit de consigne ;
- L'augmentation du débit aval par rapport au débit de consigne et ce pour un débit amont maximal. Ce débit maximal est le plus souvent le débit de projet pour des pluies de niveau 2 (débit décennal par exemple) ;
- Cette augmentation est caractérisée par le pourcentage d'augmentation du débit aval conservé par rapport au débit de consigne c'est-à-dire.

$$\% \text{ d'augmentation du débit aval} = \frac{\text{débit aval conservé} - \text{débit de consigne}}{\text{débit de consigne}} \%$$

Plus ce pourcentage est important, plus le déversoir est performant. L'objectif du déversoir est principalement de contrôler le débit aval et donc de limiter au maximum le dépassement du débit de consigne.

Pour surveiller le bon fonctionnement de ces ouvrages, des équipements métrologiques doivent être mis en place.

5. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION POUR LES OUVRAGES DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?

Pour les limiteurs de débit par orifice calibré, il s'agit de déterminer la section d'ouverture de l'orifice en fonction d'une valeur maximale de débit de consigne à restituer, associée à une différence de charge hydraulique maximale amont.

$$Q = mS\sqrt{2gh}$$

Avec

Q = débit restitué par l'orifice en fonction de la différence de charge hydraulique amont (m³/s) ;

m = coefficient de débit dépendant de la forme de l'orifice (en première approche m = 0,6) ;

S = l'aire de l'orifice (m²) ;

h = différence de charge hydraulique amont sur l'orifice (distance entre la surface du plan d'eau et l'axe central de l'orifice) (m) ;

g = accélération de la pesanteur (g=9,81 m/s²).

Le débit de surverse doit être en rapport avec la capacité d'évacuation à l'aval du bassin. Il se calcule comme suit

$$Q = \mu \cdot L \cdot H \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{1/2}.$$

Avec

Q = débit de la surverse (m³/s) ;

u = coefficient de débit : $\mu = (0,45 + \frac{0,0003}{H}) \cdot [1 + 0,55 \cdot (H/(H + Z))^2]$;

L = longueur de la surverse (m) ;

g = accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ;

H = distance entre le déversoir et le plan supérieur de la structure (m) ;

Z = hauteur du déversoir (m).

Cette formule n'est applicable que si :

- 0,08 m ≤ H ≤ 0,70 m ;
- L ≥ 4H ;
- 0,2 m ≤ Z ≤ 2 m.

Le débit calculé doit être au moins égal au débit entrant dans la chambre de régulation.

6. COMMENT RÉALISER LES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?

La mise en œuvre des dispositifs de protection et de régulation est effectuée selon les prescriptions du fabricant. Afin d'assurer leur accessibilité pour l'entretien, ils sont placés dans un regard / une chambre d'accès.

Le regard / la chambre d'accès en béton préfabriqué est alors mise en œuvre classiquement, sur un lit de pose permettant d'assurer l'uniformité de l'appui, et remblayée symétriquement, par couches.

Lorsque les dispositifs de protection et de régulation sont uniquement dédiés aux eaux pluviales, ils doivent être mis en œuvre avec une sur-profondeur, variable selon les préconisations des fabricants, afin de piéger les éléments les plus lourds et retenir les flottants lorsque la prise d'eau est siphonoïde. Un système de trop-plein peut être mis en place lorsque le niveau des plus hautes eaux est atteint au sein de l'ouvrage de rétention.

7. QUELS CONTRÔLES RÉALISER AVANT LA RÉCEPTION DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?

L'entreprise s'assure du contrôle régulier des niveaux altimétriques pour garantir la continuité et les performances hydrauliques des ouvrages.

Lorsqu'une lame siphonée est implantée, l'altimétrie de pose par rapport au niveau d'eau maximal pouvant être atteint dans l'ouvrage fait l'objet d'un contrôle régulier.

Lorsqu'une surverse est implantée, l'entreprise est tenue d'assurer son implantation conformément aux niveaux altimétriques prévus au marché. Le CCTP précise les modalités du raccordement du trop-plein des puits d'infiltration vers le milieu récepteur ou le réseau de collecte.

8. COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DES OUVRAGES DE PROTECTION, DE RÉGULATION ET DE CONTRÔLE DU REJET ?

Le CCTP décrit les éventuels dispositifs d'autosurveillance à mettre en place pour le contrôle quantitatif et qualitatif de la restitution des eaux pluviales.

Une surveillance et un contrôle des orifices associés à un nettoyage des chambres ou regards sont fortement recommandés.

Certains modèles de régulateur de débit à effet vortex peuvent être placés à l'amont d'un regard (en implantation sèche), et souvent associés à une vanne d'isolement, ce qui apporte un confort et une facilité lors des opérations d'entretien et de maintenance et en cas de colmatage.

L'entretien doit être régulier pour éviter l'obturation de l'organe de vidange.

- [34] Memento Technique - Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées – ASTEE- Décembre 2017
- [35] Gestion et Traitement des eaux pluviales - Les classeurs de Techni.Cités – Mise à jour n° 24 – Avril 2021
- [36] Fascicule 70-2 - Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales – Octobre 2021
(<https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/notice?id=Bulletinofficiel-0030524>)
- [37] Catalogue Saint Dizier Environnement – Edition 2017

Index des figures

<i>Figure 47 – Schéma de principe de fonctionnement normal d'un ouvrage de stockage avec dérivation et régulation [Cimentub]</i>	78
<i>Figure 48 – Fonction des limiteurs et régulateurs de débit [34]</i>	79
<i>Figure 49 – Principe de fonctionnement hydraulique du déversoir d'orage [34]</i>	82

NOTES



SMART SYSTÈMES EN BÉTON est le nouveau programme de valorisation de l'industrie des produits préfabriqués en béton et de l'intelligence embarquée dans chacun de ses systèmes. Cette intelligence est le fruit d'une expérience passionnée, engagée et collective, qui s'enrichit de chaque nouvel enjeu émergeant pour les professionnels de la construction.

Les **SMART SYSTÈMES EN BÉTON**, c'est une industrie humaine et responsable, un matériau intelligent au cœur de la vie et au service de tous, des systèmes intelligents pour vous, qui construisez le futur de nos territoires et cadres de vie.

www.fib.org/smart-systemes