

Intégrer la gestion des eaux pluviales dans son projet

Guide pratique
à l'usage des professionnels
de l'aménagement

Volet 4



Un guide pratique d'accompagnement à la mise en œuvre du zonage pluvial

A qui s'adresse ce guide ?

Ce guide pratique s'inscrit dans une démarche d'information et d'accompagnement.

Il s'adresse aux **professionnels de l'aménagement** :

- les aménageurs, les constructeurs et les entrepreneurs,
- les concepteurs et maîtres d'œuvre tels que les urbanistes, les architectes, les paysagistes, les bureaux d'études VRD et hydrauliques...

Pensé comme un outil technique et pédagogique, il a pour ambition d'apporter une aide pour la conception, la réalisation et l'exploitation des aménagements de gestion des eaux pluviales.

Les règles décrites dans ce guide concernent les projets autres que les Permis de Construire de Maisons Individuelles (qui font l'objet d'autres règles).

Comment prendre en main ce guide ?

Conçu comme un outil d'accompagnement pédagogique à la mise en œuvre des principes de la gestion intégrée des eaux pluviales, ce guide offre une approche progressive, allant de la connaissance du cadre réglementaire à la mise en pratique opérationnelle.

De façon à faciliter son appropriation et son usage, il est composé de 4 volets :

POUR COMPRENDRE : enjeux et objectifs de la gestion intégrée des eaux pluviales, éléments de cadrage technique et réglementaire à connaître avant de concevoir son projet, cadre et prescriptions du zonage pluvial.

POUR S'ORGANISER : démarche de projet et acteurs à y associer, bonnes pratiques et conditions de réussite d'un projet.

POUR METTRE EN ŒUVRE : études de cas illustrées, explicitant les principes de mise en œuvre d'une gestion intégrée des eaux pluviales.

POUR ALLER PLUS LOIN : ensemble de fiches illustrées permettant d'approfondir les éléments présentés dans les volets sur les différents types d'aménagements de gestion des eaux pluviales, les points de vigilance ou les modalités pratiques de mise en œuvre (Fiches dispositifs et Fiches thématiques).

Afin de hiérarchiser les informations apportées, les points importants « **à retenir** » ainsi que les informations complémentaires « **à noter** » ont été mis en relief dans l'ensemble du guide.

Ces 4 volets sont répartis en trois documents distincts :

- un document dédié aux volets 1 et 2,
- un document dédié au volet 3,
- un document dédié au volet 4.

À NOTER

LES AUTRES OUTILS MIS À VOTRE DISPOSITION POUR VOUS AIDER

La démarche d'accompagnement mise en place par Nantes Métropole a conduit à proposer différents outils couvrant le cycle de mise en œuvre des dispositifs de gestion des eaux pluviales.

Pour en savoir plus et consulter les outils mis en ligne :
<https://metropole.nantes.fr/eaux-pluviales>

I Sommaire

FICHE DISPOSITIF N°1 Revêtements perméables	5
FICHE DISPOSITIF N°2 Toitures stockantes	10
FICHE DISPOSITIF N°3 Ouvrages de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert	15
FICHE DISPOSITIF N°4 Espaces temporairement inondables	21
FICHE DISPOSITIF N°5 Ouvrages de gestion des eaux pluviales enterrés	24
FICHE DISPOSITIF N°6 Chaussées à structure réservoir	30
FICHE DISPOSITIF N°7 Équipements de régulation du débit	35
FICHE DISPOSITIF N°8 Systèmes de surverse	38
FICHE THÉMATIQUE N°1 La réglementation des eaux pluviales	43
FICHE THÉMATIQUE N°2 L'infiltration des eaux pluviales	49
FICHE THÉMATIQUE N°3 La pollution des eaux pluviales	64
FICHE THÉMATIQUE N°4 La récupération des eaux pluviales	74
FICHE THÉMATIQUE N°5 Les milieux humides et les eaux pluviales	80

Fiches « Dispositifs »

8 fiches techniques d'accompagnement à la conception et à l'entretien des dispositifs de gestion des eaux pluviales.

Elles concernent :

Des fiches sur les différents types d'aménagements :

Fiche 1 : Les revêtements perméables

Fiche 2 : Les toitures stockantes

Fiche 3 : Les ouvrages de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert

Fiche 4 : Les espaces temporairement inondables

Fiche 5 : Les ouvrages de gestion des eaux pluviales enterrés

Fiche 6 : Les chaussées à structure réservoir

Des fiches sur les dispositifs hydrauliques particuliers :

Fiche 7 : Les équipements de régulation du débit

Fiche 8 : Les systèmes de surverses

Chaque fiche technique est structurée autour des rubriques suivantes :

- Présentation (aspect, domaines d'utilisation) et principes de fonctionnement
- Conception avec des recommandations et des schémas techniques
- Performances en termes d'efficacité hydraulique et d'abattement de la pollution chronique
- Dimensionnement
- Entretien
- Avantages et inconvénients
- Coûts : fourchettes de prix données à titre indicatif
- Pour en savoir plus : liste non exhaustive de documents de référence

REVÊTEMENTS PERMÉABLES

L'utilisation de revêtements perméables (poreux, non étanches) permettent de limiter l'imperméabilisation des sols comme demandé par le zonage pluvial. Les eaux pluviales ne vont pas produire de ruissellement à la surface du revêtement mais s'infiltrer directement à travers. Lors de la réalisation d'un aménagement, les revêtements poreux présentent l'avantage de réduire le volume à stocker. Ils permettent d'infiltrer les eaux pluviales à leur point de chute sur toute leur surface et donc de façon diffuse dans le sol. Cette infiltration rend au sol une grande partie de ses fonctionnalités et de ses nombreux bénéfices pour la biodiversité des sols (organismes vivants), pour la réduction à la source de la pollution ou encore pour lutter contre l'effet de chaleur urbain.

Ils peuvent être utilisés sur les espaces publics et privés, sur les voiries, les trottoirs, les stationnements, les parkings, les places, les aires de jeux et les terrains de sport, etc.



Cours d'école avec revêtement en béton drainant coloré

Source : © Ville de Paris



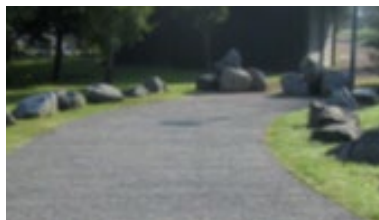
Parking en dalles alvéolées

Source : @société sol-air



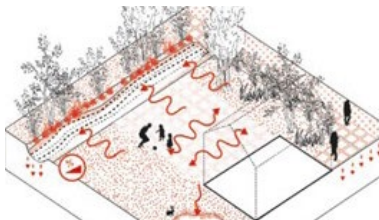
Trottoir en pavés à joints engazonnés - Nantes

Source : ©Plantes & Cité - Sandrine Larramendy



Allée en béton poreux

Source : Grand Lyon



Parking en pavés béton/gazon

Source : PAULHAN Magali – Idron (64)



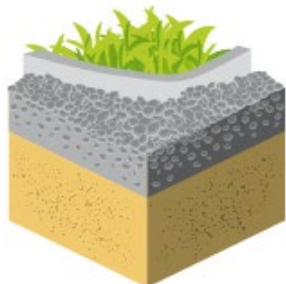
Revêtement en gravier entre voies de busway - Nantes

Source : Nantes Métropole

Présentation

Parmi le large choix de revêtements perméables, on distingue 3 catégories qui peuvent selon le matériau choisi être végétalisées ou non.

Les matériaux non liés : gravillons, graviers concassés, mélanges terre-pierre...



L'eau s'infiltré par la porosité du matériau organique et/ou minéral. Esthétique et paysager (végétalisation possible), ces revêtements sont naturellement très perméables. Ils s'intègrent bien à des aménagements simples où la circulation est faible comme les chemins piétonniers et cyclables, les stationnements, ou encore les allées et accès, etc.

Les matériaux modulaires : pavés poreux ou à joint perméable, dalles alvéolées, platelage.



Pour les pavés à joints perméables, l'infiltration est assurée par les joints avec des espaces suffisants pour laisser passer l'eau (2 à 3 cm). Les joints sont remplis avec du gravier fin ou du sable grossier.

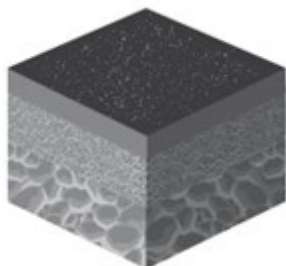
Pour les pavés et dalles poreux l'infiltration est assurée sur toute la surface par la porosité du matériau lui-même et par les joints non remplis.

Pour les dalles alvéolées l'eau passe au travers des alvéoles qui sont remplies de graviers, sables, terre végétale engazonnée (dalle gazon) ou même d'autres éléments en béton (dalles pavées).

La possibilité de végétaliser ces solutions modulaires apporte une plus-value paysagère.

Ils sont adaptés à des aménagements où la circulation est calme comme les parkings et chemins, voies d'accès pour véhicules légers, les places publiques, les trottoirs, etc.

Les matériaux liés : enrobés et bétons poreux



Les bétons et enrobés poreux présentent une forte porosité permettant l'infiltration de l'eau sur toute leur surface.

Ils peuvent être utilisés pour les chaussées urbaines (voies pour véhicules légers, lourds) à l'exception des zones de freinage, d'accélération ou de manœuvre (efforts tranchants). Ils sont également adaptés pour les voies cyclables, les aires de jeux et d'activité, etc.

Source des illustrations :
Plante & Cité | Étude
Revêtements Perméables I
FICHES REVÊTEMENTS | Avril
2021 | Sandrine Larramendy



Exemples de matériaux perméables (hors n°8 : asphalte) (1) gazon, (2) gravier-gazon, (3) dalles gazon en matière plastique ou (4) en béton, (5) revêtements en béton perméable, (6) surfaces empierrées, (7) asphalte poreux, (8) asphalte imperméable.

Source : © prokop et al. 2011

Conception

Les revêtements perméables sont choisis en fonction de leur utilisation (voiture, piéton, cyclable, accessibilité PMR...), de la fréquentation (passage fréquent ou non, ainsi que de la portance du sol).

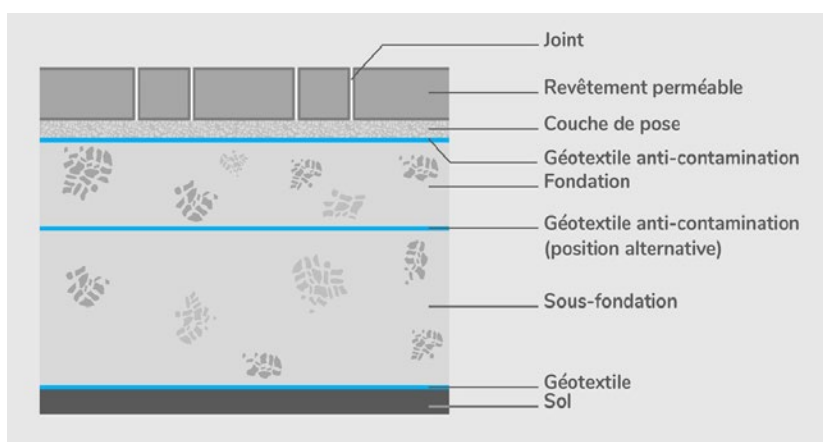
On peut les classer en fonction de la circulation et des charges qu'ils supportent en surface :

- **Faible** (chemins piétons, cours, terrasses, etc.) tous les types de revêtements conviennent ; on favorise la mise en place de matériaux naturels qui permettent un développement de la végétation (non liés : gravier, mélange terre-pierre...).
- **Moyenne à forte** (voies de circulations pour véhicules légers, chemins et voies carrossables, aires de stationnement, parkings, etc.) : les matériaux modulaires (pavés ou dalles poreuses ou à joint perméable) et les matériaux liés (enrobés et bétons poreux).
- **Très forte** : globalement, on évite le recours à des revêtements perméables pour les trafics très fréquents de poids-lourds, les zones à fort risque de pollution accidentelle, les zones où beaucoup d'écoulements chargés en fines sont susceptibles de venir colmater le revêtement (terres cultivées, zones de chantier, de dépôt de matériaux...), les virages serrés, giratoires, zones de freinage (effort de cisaillement trop important). Dans ce cas les eaux sont à infiltrer au niveau de l'accotement à l'aide de dispositifs à ciel ouvert (noue, fossé...).

Portance

Une mise en œuvre adaptée permet la stabilité et la tenue dans le temps d'un revêtement perméable.

Un dimensionnement de la structure est nécessaire.



Exemple d'une structure avec pavés poreux

Source : Bruxelles Environnement

Les couches suivantes sont généralement utilisées :

- **Revêtement perméable et/ou joint** : le coefficient de perméabilité du revêtement en surface est indiqué par le fournisseur ; pour les revêtements étanches, la surface des joints perméables est de l'ordre de 10 %.
- **Couche de pose** : permet de maintenir les éléments modulaires (notamment les pavés drainants ou les dalles alvéolées) ; le lit de pose est mis en place au-dessus de la couche de fondation sur 3 à 5 cm (sable/gravillon selon le type de revêtement)
- **Géotextile** : non tissé perméable, assure le maintien du fond de forme (sol en place) et évite le mélange des différents matériaux (couche de fondation entourée par le géotextile) ; il assure également un rôle de filtre des eaux de ruissellement et limite le transfert de polluants.
- **Fondations** : occupent un rôle de portance pour assurer la stabilité du revêtement et un rôle de réservoir pour le stockage des eaux pluviales ; les couches de fondation doivent être perméables ; les Graves Non Traitées Poreuses (GNTP) peuvent être mise en œuvre pour la plupart des couches de fondation. La couche de fondation d'une épaisseur de 15-35 cm dépend de la charge de trafic et du matériau utilisé. La couche de sous-fondation d'une épaisseur de 20 à 50 cm est fonction du volume d'eau à stocker temporairement dans la grave lavée à fort indice de vide (GNTP 20/60 mm).
- **Drains (facultatif)** : peuvent être nécessaires pour faciliter l'écoulement vers un exutoire lorsque le sol n'est pas suffisamment perméable ; possibilité d'infiltrer les eaux excédentaires au niveau de l'accotement par la mise en place d'autres dispositifs (noue, massif, etc.)
- **Sol** : l'étude de sol (perméabilité, portance...) est indispensable pour dimensionner l'ouvrage et notamment le volume de stockage nécessaire dans les couches de fondations.

Mise en œuvre : durant le chantier, il faut éviter de compacter le sol qui aurait pour effet d'en diminuer la perméabilité.

Facteur de concentration : lorsque le revêtement collecte sa propre surface ($F_c=1$) l'infiltration est optimale quelle que soit la perméabilité du sol en place.

Pente : la surface du revêtement doit être relativement plate pour assurer une infiltration uniforme et diffuse sur toute la surface.

Gel : pas de contrainte particulière car l'eau stockée en profondeur ne gèle pas ; il n'y a plus de flaque d'eau en surface.

Végétation : bien que l'objectif ne soit pas de recréer des supports propices au développement d'une faune et d'une flore variées, il est tout de même possible grâce à certains revêtements (à joints perméables...) de proposer des aménagements « verts » permettant de concilier les fonctions d'infiltration de l'eau, de support de circulation, et de développement de la végétation ; il est alors nécessaire d'accepter le développement de la végétation (semis ou spontané) ; éviter la plantation de végétaux à proximité car l'entretien de la surface sera plus important.

À NOTER

Les revêtements poreux ont une capacité d'infiltration cent fois plus élevée que les pluies les plus intenses. Aussi même lorsqu'ils sont partiellement colmatés, ils restent efficaces.

À NOTER

Pour se voir affecter un coefficient d'apport de 0,2 (comme une surface de pleine terre), la perméabilité du sol support doit être supérieure à 10-5 m/s (36mm/h), la nappe à une profondeur supérieure à 1 m et le revêtement doit avoir une pente inférieure à 1 %. A défaut, la surface est considérée comme partiellement perméable et le coefficient d'apport retenu pour le calcul du volume à stocker est de 0,5.

À NOTER

PERFORMANCES

Efficacité hydraulique : ★★★★★

Bon potentiel de stockage (si volume utile de stockage et régulation de débit) et de déconnexion (si végétalisé et épaisseur de substrat adaptée)

Abattement de la pollution chronique : ★★★★★

Du fait de l'absence de ruissellement, les eaux pluviales ne se chargent pas en polluants.

DIMENSIONNEMENT

- Revêtement dimensionné selon les contraintes de circulation
- Fondations dimensionnées selon la perméabilité et la portance du sol support

Entretien

La fréquence des opérations d'entretien varie selon la qualité des eaux de ruissellement, le trafic et les usages.

- Nettoyages réguliers des feuilles mortes et autres débris à l'aide d'un souffleur ou d'une balayeuse/ aspiration de voirie (au moins une fois par an, après la chute des feuilles par exemple).
- Pour les pavés à joints : éviter l'utilisation d'un nettoyeur haute pression qui risque d'endommager les joints.
- Quelques travaux complémentaires peuvent être nécessaires selon les besoins (arrosage, ratissage, garnissage/rebouchage, tonte, désherbage mécanique ou manuel).
- Surveillance et protection spécifiques à mettre en place en cas de chantier au voisinage du dispositif ; dépôt de sable ou matériaux de chantier interdits à même le revêtement.
- Surveillance d'éventuelles stagnations d'eau sur le revêtement signe d'un colmatage :
 - Pour les pavés, les joints infiltrant à remplacer
 - Pour les bétons ou enrobés poreux, un décolmatage mécanique par hydrocurage combiné à l'aspiration haute pression (1,5-1,8 €/m²)

À RETENIR

Pour répondre aux objectifs du zonage pluvial, le revêtement perméable doit être associé à une couche de fondation avec un volume libre suffisant pour stocker au minimum la pluie moyenne à forte. Sans réel surcoût, il est recommandé de surdimensionner ce volume pour éviter la saturation en eau du revêtement et garantir ses performances.

AVANTAGES

- Conception simple et mise en œuvre possible sur quasiment tous les types d'espaces et de sol.
- Conception simple et mise en œuvre possible sur quasiment tous les types d'espaces et de sol.
- Large éventail de revêtements disponibles (diversité de traitement, couleur, forme...) permettant une bonne intégration dans son environnement.
- Dépollution efficace et bonne performance hydraulique.
- Alimentation diffuse du sol, de la nappe.
- Pour le pavé, facilité d'intervention ultérieure.
- Pour les solutions végétalisées, cadre de vie, sensibilisation des riverains et rafraîchissement.
- Pour les matériaux liés, améliore le confort des usagers (adhérence, visibilité, sonore...).

INCONVÉNIENTS

- Choix adapté aux usages de surface.
- Forte sensibilité aux chantiers avoisinants.
- Gestion des pollutions accidentelles.
- Pour les bétons poreux, conditions de mise en œuvre strictes et difficiles à obtenir pour assurer sa pérennité.
- Pour les enrobés poreux, à proscrire dans les zones de virage, freinage d'accélération ou de manœuvre.

Coûts d'investissement

(Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

- Gravier, mélange terre-pierre... : 10 à 40 €/m²
- Dalles alvéolées : 50 à 150 €/m²
- Pavé à joints : 50 à 150 €/m²
- Béton et enrobé poreux : 40 à 80 €/m²

POUR EN SAVOIR

Fiche dispositif 6 : Chaussées à structure réservoir

Étude Revêtements Perméables, Plante & Cité Avril 2021.

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales, ASTEE 2017.

TOITURES STOCKANTES

Les toitures stockantes permettent le stockage temporaire des eaux pluviales sur quelques centimètres sur le toit grâce à un parapet. L'eau tombée sur le toit est stockée à la source puis évacuée par un dispositif de vidange assurant la régulation à faible débit.



Toiture Magellan à Nantes

Source : Nantes Métropole



**Toiture de la Médiathèque
Saint-Luce-sur-Loire**

Source : Nantes Métropole



Toiture Imbrika à Nantes

Source : Nantes Métropole

Présentation

La toiture stockante peut être végétalisée ou ne pas être végétalisée. Le stockage d'eau pluviale se fait soit dans des graviers, soit dans le substrat de la végétation, soit dans un espace vide laissé sur le toit.

Rétention en toiture terrasse

L'eau est stockée dans du gravier et évacuée par un dispositif de vidange assurant la régulation.

Une toiture stockante non végétalisée (minérale) avec un volume libre pour stocker la pluie moyenne à forte permet de répondre aux objectifs de limitation de débit (niveau de service n°2) ; elle ne permet pas la déconnexion de la pluie faible (niveau de service n°1) et un dispositif d'infiltration complémentaire doit être mis en place en aval des descentes d'eau (tranchée, noue d'infiltration...).

Rétention en toiture végétalisée

L'eau est stockée dans le substrat et dans une couche de drainage. Une partie de l'eau est absorbée grâce à la végétation (évapotranspiration).

Une toiture végétalisée peut être équipée ou non d'un dispositif de régulation du débit en amont des descentes d'eau. Sans dispositif de régulation, elle n'est pas à considérer comme une toiture stockante et ne permet pas de répondre aux objectifs du zonage pluvial de limitation de débit pour la pluie moyenne à forte (niveau de service n°2). Elle permet toutefois la déconnexion de la pluie faible par évapotranspiration (niveau de service n°1), à condition de disposer d'un volume libre d'au moins 16 mm (équivalent à une épaisseur de substrat de 20 cm minimum). Un dispositif complémentaire doit être mis en place en aval des descentes d'eau pour stocker/infiltrer/réguler la pluie moyenne à forte (tranchée, noue...).



Principe de fonctionnement d'une toiture terrasse avec système de rétention et débit régulé

Source : Guide Toitures terrasses végétalisées et gestion des eaux pluviales en Seine-Saint-Denis, Département de Seine-Saint-Denis, F. Bellagamba pour SEPIA Conseils

Végétalisation

La surface plantée peut offrir un aspect esthétique proche d'un jardin « paysager » (massifs de différentes couleurs, étalement des floraisons sur l'année, ...).

- Privilégier les espèces locales adaptées aux conditions météo ; résistantes au stress hydrique (alternance pluie/sécheresse) et à l'exposition de la toiture (vent, gel...) pour assurer leur pérennité et limiter l'arrosage.
- Diversifier les espèces et les hauteurs de végétaux (herbe, arbustes, arbres) pour favoriser la biodiversité.
- Accorder les espèces choisies et l'épaisseur de substrat.

Exemples d'espèces végétales adaptées :

- Sur toiture extensive : sedums, mousses, lichens, plantes couvre-sols, plantes succulentes, herbacées, petits bulbes ; épaisseur de substrat < 12 cm.
- Sur toiture semi-intensive : graminées, vivaces, bulbes et petits arbustes, plantes horticoles et régionales moyennement exigeantes ; épaisseur de substrat < 30 cm.
- Sur toiture intensive : arbustes moyens, plantes horticoles plus exigeantes voire légumes, petits fruits et fleurs (agriculture urbaine) ; épaisseur de substrat > 30 cm.

Conception

Les maîtres d'œuvre, concepteurs de toitures végétalisées se réfèrent aux **Règles Professionnelles** ainsi qu'aux **D.T.U.** et normes concernées. Quelques points de vigilance spécifiques sont identifiés ci-après.

Caractéristiques du bâtiment

- Charges admissibles (toit et bâtiment) ; pour la plupart des toitures stockantes, en réalité les surcharges à considérer en cas d'obstruction de l'évacuation ou encore pour la neige sont supérieures à celles à considérer pour le stockage de l'eau pluviale.
- Toiture horizontale ou à faible pente pour une plus grande efficacité (< 5 %) ; dans le cas de toits en pente, on peut utiliser des caissons avec cloison pour augmenter le stockage.

Une toiture stockante est constituée

Bande stérile : C'est un espace aménagé autour de la toiture contre le parapet pour faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations d'eaux pluviales.

Couche d'étanchéité pour toute la surface de la terrasse (parties courantes, zones stériles, relevés) ; par-vapeur et isolant thermique, elle doit être particulièrement soignée.

Couche de drainage : elle assure l'évacuation de l'eau en excès, évitant aussi l'asphyxie des racines pour les toits végétalisés. Elle constitue également un volume de rétention. Elle peut être constituée de matériaux granuleux, de tapis filtrants ou de solutions alvéolaires (nid d'abeille).

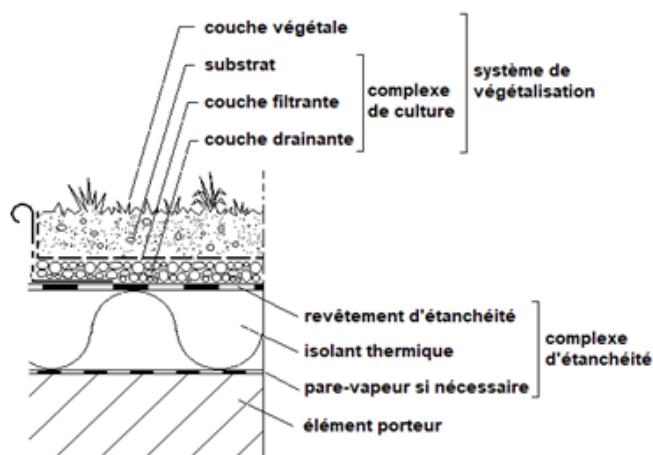
Membrane filtrante : géotextile entre la couche de drainage et le substrat.

Substrat : il assure l'ancrage des racines, la rétention en eau et la nutrition des plantes.

Épaisseur : dépend du type de végétalisation (extensive 4 à 12 cm, semi-intensive 12 à 30 cm, intensive > 30cm).

Constitution : mélange de matières minérales et organiques pour les toitures extensives et semi-intensives, et terre végétale pour les toitures intensives.

Dispositif de vidange : les évacuations des eaux pluviales se situent généralement dans la zone stérile. Les entrées du dispositif sont équipées d'une grille avec garde grève (crapaudine) pour arrêter les débris. Les descentes d'eau avec trop-pleins permettent d'éviter la trop forte mise en charge de la toiture.



Coupe d'une toiture végétalisée Source : Règles professionnelles toitures et terrasses végétalisées

3^e édition – Adivet

Descente d'eau et règles techniques

La mise en œuvre des toitures végétalisées (ouvrages neufs ou réhabilitation) est régie par plusieurs règles techniques en vigueur :

- DTU 43.1 (étanchéité des toitures terrasse) et DTU 60.11 (évacuation des eaux pluviales de toiture),
- Règles professionnelles de la Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées,
- Classement FIT des revêtements d'étanchéité.

Les prescriptions définissent notamment le nombre minimum d'Entrée d'Eau Pluviale (EEP) par toiture :

- Surface de toit : 1 EEP pour 700 m².
- Distance entre point du toit et EEP \leq 30 m.
- Nombre de descentes : 2 évacuation minimum : 1 régulée (débit de fuite minimum de 0,1 l/s) avec Trop Plein + 1 Trop Plein supplémentaire.

Si la toiture végétalisée possède plusieurs points d'évacuation (EPP), il est nécessaire de caler finement leur altimétrie afin de s'assurer que l'ensemble des apports de la toiture seront bien drainés et se répartiront équitablement entre les différents EPP.

Les constructeurs fournissent généralement des abaques de débits pouvant être évacué en fonction des caractéristiques de la toitures terrasses sachant qu'il est techniquement possible de réguler de très faible débit (0,1 l/s/EPP).

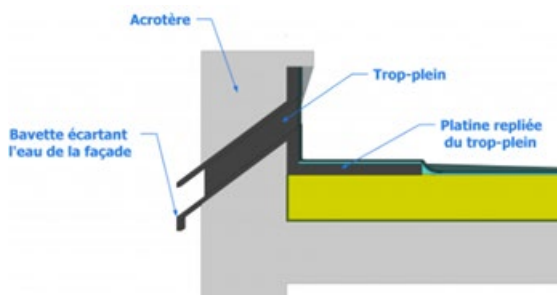
Dispositif de vidange

Les évacuations des eaux pluviales se situent généralement dans la zone stérile. Les entrées du dispositif sont équipées d'une grille avec garde grève (crapaudine) pour arrêter les débris. Les descentes d'eau avec trop-pleins permettent d'éviter la trop forte mise en charge de la toiture.



Dispositif d'évacuation des eaux pluviales sur un collège à Issy-les-Moulineaux (92)

Source : CD92



Coupe d'un trop plein

Source : Guide de construction Toitures terrasses BILP



Toiture stockante engravillonnée

Source : CD92

DIMENSIONNEMENT

- Épaisseur du substrat et volume de stockage de la zone de drainage à définir selon la capacité maximale en eau et l'indice de vide pour stocker la pluie moyenne à forte.
- Si le volume libre est insuffisant, mise en place d'un dispositif de rétention en aval des descentes d'eau pour stocker-infiltrer/réguler les pluies moyennes à fortes. Pour le dimensionnement de ce dispositif en aval :
 - Si volume libre compris entre 16 mm et 50 mm : **coefficient d'apport de 0,5** pour la toiture.
 - Si le volume libre supérieur à 50 mm : **coefficient d'apport de 0,2** pour la toiture.
- **Régulation de débit** : compte tenu des performances des régulateurs en toiture proposées par les fabricants, au moins l'une des 2 conditions suivantes doit être respectée :
 - un débit de 0,1 l/s par descente d'eaux pluviales régulée (hors trop plein),
 - zone de texture débit maximum régulé en sortie de toiture de 3 ou 10 l/s/ha selon la zone du zonage pluvial.

PERFORMANCES

Efficacité hydraulique : ★★★★★

Bon potentiel de stockage (si volume utile de stockage et régulation de débit) et de déconnexion (si végétalisé et épaisseur de substrat adaptée)

Abattement de la pollution chronique : ★★★★★

Du fait de l'absence de ruissellement, les eaux pluviales ne se chargent pas en polluants.

Entretien

L'entretien des toitures stockantes est obligatoire sur l'ensemble de la toiture (étanchéité, végétalisation, équipement d'évacuation...).

- Contrôle régulier du bon fonctionnement du drainage, des ouvrages d'évacuation et des relevés d'étanchéité (au minimum 2 par an).
- Entretien de la végétation (fréquence selon le type de végétation).
- Irrigation (selon le type de végétation).

AVANTAGES

- Aucune emprise au sol car situé sur le bâtiment
- Régulation optimale des débits à la source (gestion des eaux pluviales au plus près de là où elle tombe et à très faible débit)
- Protection du bâtiment (membrane d'étanchéité) contre les chocs thermiques et les agressions (UV), contribue à en prolonger la durée de vie
- Économique, très peu de surcoût par rapport à une toiture terrasse traditionnelle
- Conception simple, pas de technicité particulière, sa mise en œuvre doit être soignée comme pour une toiture terrasse classique
- Esthétique, permet une diversité des traitements (en herbe, végétation variée, avec des matériaux variés : bois...)

Pour la toiture végétalisée :

- Isolation thermique et acoustique, elle diminue les consommations d'énergie pour le chauffage en hiver et la climatisation en été
- Cadre de vie et sensibilisation
- Intégration paysagère, renforcement de la biodiversité, contribue à la qualité de l'air et lutte contre les îlots de chaleur urbains

INCONVÉNIENTS

- Robustesse dépendante de l'entretien, qui garantit la performance en matière d'efficacité hydraulique, mais aussi les autres bénéfices environnementaux, étanchéité...
- Peut venir en concurrence avec des dispositifs techniques implantés en toiture (panneaux solaires, etc.) Stockage et végétalisation possible sur les parties du toit non occupées
- Plus difficile à mettre en œuvre sur une toiture en pente (cloisonnement) et sur une toiture existante (vérifier la charge admissible et l'étanchéité)

Coûts d'investissement et d'exploitation

(Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

- Réalisation
 - Toiture stockantes (non végétalisée) : 10 à 30 €/m²
 - Toitures végétalisées extensives : 25 à 100 €/m²
 - Toitures semi-intensives : 100 à 200 €/m²
 - Toitures intensives : 150 à 300 €/m²
- Entretien : 1 à 5 €/an/m²

POUR EN SAVOIR

Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. ADIVET. 2018

Classement FIT des revêtements d'étanchéité (cahier CSTB n°2358 de septembre 1989).

Recommandations professionnelles sur les toitures végétalisées, UNEP. B.C.4-RO, avril 20120

DTU 43.1 (étanchéité des toitures terrasse)

DTU 60.11 (évacuation des eaux pluviales de toiture)

OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES À CIEL OUVERT

Les ouvrages à ciel ouvert sont des dépressions peu profondes pour stocker temporairement à l'air libre les eaux pluviales. Ces espaces végétalisés à fort caractère paysager et écologique sont recommandés par Nantes Métropole.

Adaptés à la parcelle et aux espaces publics, ils permettent d'associer aux fonctions de gestion des eaux pluviales un autre usage valorisant l'utilisation de l'espace, tel qu'un jardin, un délaissé ou un espace vert. Ces espaces multi-usages contribuent à la qualité environnementale et à la mise en valeur de l'aménagement.

Implantés au point bas, ces dispositifs recueillent les eaux de ruissellement des espaces environnants qui s'écoulent naturellement (descente de gouttière, terrasse, trottoir, cheminement, voirie...).

La forme d'un espace végétalisé infiltrant peut être **linéaire** (adapté aux chaussées, cheminements...), **ou surfacique** de géométrie variable (adaptée aux espaces libres) selon les opportunités foncières de l'opération au sein duquel il est aménagé.

Entrent dans cette catégorie de dispositifs : les noues, les fossés, les jardins de pluie, les bassins à sec et espaces verts en creux. D'autres espaces publics temporairement inondables tels qu'une place ou un parking sont présentés dans la fiche suivante (Cf. Fiche « espaces temporairement inondables »).



Cour privée à Paris : jardin de pluie

Source : © APUR



Noues végétalisées avec ruissellement direct

Source : AESN - Agence quatre-vingt-douze



La Courneuve : noue végétalisée avec ruissellement direct

Source : © APUR



Romainville : espace végétalisé infiltrant en décaissé de l'espace public.

Source : Agence ATM



Carquefou : Bassin à sec

Source : Nantes Métropole

Présentation

Noues et fossés

Ils permettent la gestion des eaux pluviales de manière linéaire en bordure de propriétés bâties, de voiries ou de parkings par exemple. Ils assurent la collecte, le stockage, la décantation, la filtration, l'infiltration et le transit des eaux pluviales.



Le fossé est une dépression étroite utilisée le long des voiries lorsque l'emprise foncière disponible est réduite. La noue est un fossé large et peu profond avec des berges en pente douce. Il est recommandé de concevoir un ouvrage le moins profond possible avec des profils très évasés de type noue plutôt que des profils de type fossé.

Jardin de pluie en accotement de voirie

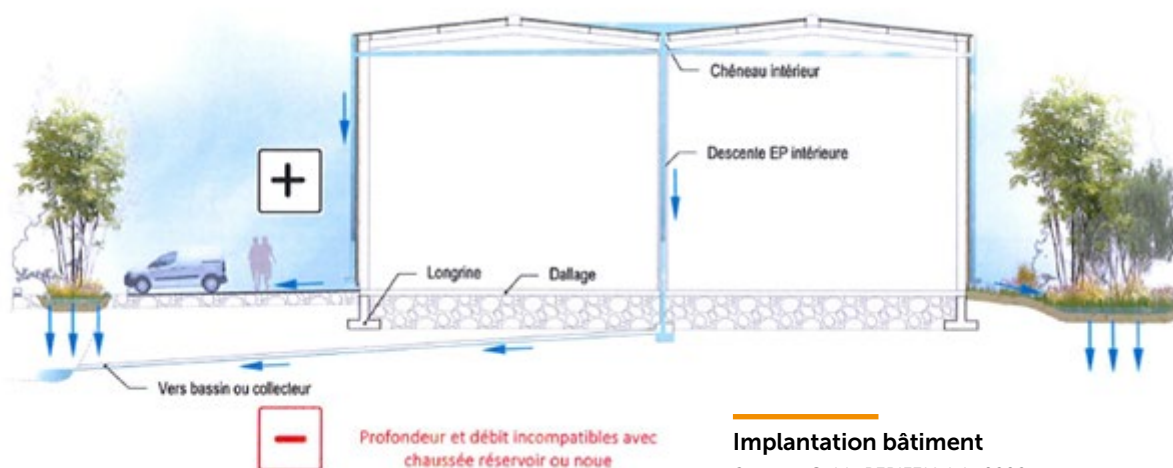
Source : US-EPA

Espaces verts en creux, jardins de pluie et bassins paysagers

Aujourd'hui, les bassins à ciel ouvert sont des dépressions peu profondes conçues comme des espaces ouverts au public favorisant ainsi leur insertion qualitative dans le paysage et l'aménagement urbain. Ce type d'ouvrage à ciel ouvert, superficiel et végétalisé, couplant des fonctions de stockage des eaux pluviales et d'aménagement paysager, s'apparente désormais à des noues « élargies », plutôt qu'à des bassins de rétention.

On les appelle « jardin de pluie » lorsque ces espaces associent l'eau et le végétal (irrigation par les eaux pluviales d'arbres et de la végétation). Ils peuvent être implantés à l'échelle du jardin d'une construction ou ponctuellement au bord d'une place ou d'un cheminement.

Les espaces verts en creux sont adaptés pour gérer collectivement les eaux pluviales générées par le ruissellement de grandes surfaces, que ce soit en milieu urbain dense, péri-urbain ou rural. Ils assurent l'infiltration des eaux pluviales après stockage voire si nécessaire leur régulation vers un exutoire.



Implantation bâtiment

Source : Guide PERIFEM, juin 2020

La solution préconisée par Nantes Métropole (+) : évacuation diffuse des eaux issues des surfaces imperméabilisées vers des dispositifs de stockage-infiltration situés à proximité (noues, jardins de pluies, espaces verts inondables). Cette solution surfacique (non enterrée) permet d'infiltrer à la source les eaux sans rejet vers le réseau, un meilleur contrôle des dispositifs et la valorisation des eaux pluviales.

La solution non souhaitée par Nantes Métropole (-) : rejet concentré direct des eaux vers les collecteurs ou un bassin enterré qui dégrade la qualité des eaux ainsi collectées. Cette solution enterrée est plus coûteuse qu'une gestion en surface, difficilement contrôlable, elle pose des contraintes fortes d'entretien et d'évolution.

Conception

Implantation : au point bas (pente du terrain naturel) et au plus proche des surfaces de ruissellement ; la concentration des écoulements ($F_c > 10$) influe sur les volumes, la durée de vidange, l'efficacité et la pérennité de l'ouvrage.

Alimentation : par ruissellement de surface de préférence pour éviter les collecteurs (orienter les surfaces d'apport vers l'ouvrage légèrement en creux).

Profil en travers : le moins profond possible (< 40 cm de préférence et jusqu'à 1 m selon l'emprise disponible) avec des profils très évasés (pente des talus : 1 pour 3, 30 ° maximum) afin de faciliter l'intégration paysagère, l'accès et l'entretien.

La section de l'ouvrage peut avoir différentes formes (courbe, triangulaire, trapézoïdale).

L'ouvrage peut aussi prendre toute autre forme qui suit la pente naturelle (rétrécir ou s'évaser par endroit).

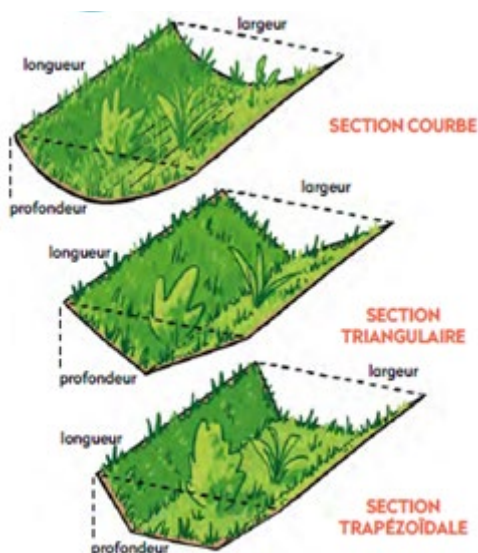
Profil en long : la pente du fond de l'ouvrage est de préférence faible (< 0,3 %) ; sur site pentu, des cloisons (redents) sont mises en place afin de réduire les vitesses et d'améliorer son rôle de stockage et d'infiltration.

Stockage complémentaire : Lorsque les emprises foncières sont insuffisantes, l'ouvrage peut être associé à une structure réservoir remplie de graves drainantes pour en augmenter la capacité de stockage avant infiltration et faciliter le ressuyage et l'utilisation de la surface.

Évacuation : par évapotranspiration, infiltration (de préférence) ou à débit régulé ; en cas de rejet vers un exutoire, un système de régulation de débit devra être mis en place et entretenu.

Accessibilité : l'ouvrage doit avoir un autre usage pour favoriser son acceptation, son entretien et donc assurer sa pérennité (paysager, aire de jeux ou de promenade...) ; signalisation, accès et protection des équipements devront être mis en œuvre.

Cheminements : peuvent être aménagés à l'intérieur de l'ouvrage pour participer à l'organisation des usages et valoriser l'espace.



Différentes formes de noue

Source : Loire Forez Agglo



Saint-Denis : parc inondable

Source : Urbanwater

Végétalisation

La végétalisation permet en plus de l'aspect esthétique qui participe à la qualité paysagère et à l'embellissement du cadre de vie pour les habitants :

- de conserver et d'améliorer la capacité d'infiltration en décompactant le sol grâce aux racines des végétaux et organismes du sol,
- de traiter la pollution des eaux de ruissellement grâce à un sol vivant et organique,
- de participer à la diminution des températures (îlot de fraîcheur urbain) grâce à la présence d'eau à l'évapotranspiration et l'ombre du végétal,
- de participer à l'équilibre écologique favorable à la conservation d'une biodiversité,
- de sécuriser les berges d'un ouvrage ou d'organiser l'espace avec une barrière végétale,
- de stabiliser et protéger le sol et/ou les berges contre l'érosion,
- de faciliter voire de limiter l'entretien.

Il existe différentes possibilités pour végétaliser un espace de gestion des eaux pluviales et un large choix de plantes permet des compositions paysagères variées très qualitatives :

- l'engazonnement de graminées végétation de prairie (colonisation spontanée par exemple) donne un résultat vert facile d'entretien (par simple tonte ou fauchage),
- les systèmes pré-cultivés (natte de coco plantée par exemple) offrent une végétalisation rapide,
- la plantation d'essences variées à développement maîtrisé (plantes vivaces, couvre-sol, arbustes...).

2 points de vigilance :

- Choisir des plantes résistantes à l'inondation temporaire, selon leur capacité à supporter la sécheresse, les variations hydriques et les hauteurs de submersion.
- Veiller à ce que la végétalisation ne soit pas au détriment de l'usage de gestion des eaux pluviales et de les disposer de manière à ne pas gêner l'inspection visuelle ou l'entretien (zone délimitée). Il convient par exemple de proscrire les essences invasives ou le paillage qui favorise l'obturation des grilles et équipements hydrauliques.



Végétalisation : parc d'activités Prologis à Moissy-Cramayel (77)

Source : Elleny

À NOTER

La dépollution des eaux recueillies dans le dispositif sera réalisée par décantation puis filtration dans le substrat et le sol qui retiendront les polluants.

Cette dépollution sera favorisée par le système racinaire des plantes et la vie du sol.

La mise en œuvre d'un accotement végétalisé le long des surfaces imperméabilisées (des voiries ou des stationnements par exemple) est particulièrement recommandée. Cette surface facile à entretenir (identification visuelle d'une pollution et décapage/arasement de l'accotement) est le dispositif de prétraitement qui assure les meilleures performances de dépollution des eaux de ruissellement (sans aucun surcoût).

DIMENSIONNEMENT

- Les dimensions de l'ouvrage doivent au minimum permettre de stocker la pluie exigée par le zonage pluvial. Ces dispositifs sont adaptés pour gérer par infiltration des pluies de période de retour 10 ans, 30 ans, 50 ans voire 100 ans.
- Le volume à stocker est calculé en fonction de la surface collectée et du débit de vidange qui dépend directement de la surface d'infiltration. Pour réduire les coûts (volumes, équipements...) on cherche à réduire les surfaces imperméabilisées collectées et à mobiliser la plus grande surface d'infiltration possible (retenir l'eau à la source).
- Le volume utile de stockage disponible est calculé à partir de son emprise, sa forme, sa pente et de sa profondeur (cote de plus hautes eaux avant surverse).

À NOTER

PERFORMANCES

Efficacité hydraulique : ★★★★★

Grande capacité de stockage et d'infiltration.

Abattement de la pollution chronique : ★★★★★

Décantation et filtration assurées par le stockage, la végétation et le substrat.

Entretien

L'entretien d'un ouvrage de gestion des eau pluviales à ciel ouvert est comparable à celui d'un espace vert classique (fréquence en fonction de l'usage). Il peut très vite devenir inesthétique dans le paysage dès lors qu'il est laissé à l'abandon. Plus les pentes sont douces plus l'entretien est facile.

- Tonte, fauche et taille de la végétation (gestion raisonnée, remplacement si nécessaire de végétaux)
- Ramassage des produits de la tonte, feuilles, déchets et détritux...
- Contrôle visuel de l'ouvrage et des équipements hydrauliques (régulièrement et obligatoirement après un événement pluvieux)
- Nettoyage régulier des équipements hydrauliques (collecte/évacuation)
- Curage tous les 10 à 20 ans
- Protection de l'ouvrage et veiller à ne pas compacter le sol (en cas de travaux ou de stationnements).
- Surveillance visuelle pour détecter une éventuelle stagnation d'eau (> 48 h). Dans ce cas : scarification en surface et si nécessaire la couche superficielle doit être enlevée et renouvelée.
- En cas de pollution accidentelle, curer la partie du sol pollué à remplacer.

AVANTAGES

- Économique en investissement et en exploitation
- Mise en œuvre facile, bien maîtrisée avec un panel d'utilisation (parcelle et collectif)
- Très bonne efficacité hydraulique (volume de stockage important et infiltration favorisée par la végétation)
- Dépollution efficace par décantation et filtration dans le sol
- Gestion des pollutions accidentelles (visibles et facilité d'intervention)
- Robuste et possibilité d'évolution
- Entretien simple, et contrôle visuel **facilité**
- Alimentation de la nappe phréatique
- Trame verte et bleue favorable à la biodiversité
- Multi-usages et valorisation des espaces (aire de jeu, de détente, de promenade...)
- Cadre de vie et sensibilisation des habitants
- Très bonne intégration paysagère (palette végétale et de forme)
- Lutte contre les îlots de **chaleur urbains**

INCONVÉNIENTS

- Emprise foncière en pleine terre nécessaire
- Entretien de la végétation comme un espace vert

Coûts d'investissement et d'exploitation

(Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

- Réalisation
 - Noues et fossés : 30 à 50 €/m³
 - Jardin de pluie : 50 à 100 €/m³
 - Bassin et espace vert en creux : 50 à 150 €/m³
- Entretien : 5 à 10 €/m²/an (économie grâce à la superposition des fonctions paysagères et hydrauliques)

POUR EN SAVOIR

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales. ASTEE. 2017

Fascicule 70-2 du CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales)

Aménagement et choix des végétaux des ouvrages de gestion des eaux pluviales de proximité.

Onema et Plantes & Cités. 2014

ESPACES TEMPORAIREMENT INONDABLES

Les espaces inondables sont conçus de manière à pouvoir assurer la rétention des eaux pluviales, par une inondabilité temporaire et maîtrisée en surface.

Il s'agit d'une déclinaison particulière des dispositifs à ciel ouvert (cf. Fiche « ouvrages de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert »), qui permet de superposer la fonction de gestion des eaux pluviales à un espace public fréquentable. Face au foncier disponible et à la maîtrise du coût global, il est pertinent pour une opération de rechercher cette solution multifonctionnelle pleinement intégrée aux espaces urbains. Il peut s'agir d'un espace vert d'agrément, d'une aire de jeux, d'un terrain de sport, d'une place publique ou d'un parking, selon les opportunités d'aménagement sur l'espace public comme privé.

Ces ouvrages peuvent être alimentés par ruissellement direct, des équipements de surface ou des avaloirs.

Ils peuvent aussi être utilisés comme un ouvrage complémentaire. Dans ce cas, l'espace inondable n'est alimenté que par surverse du dispositif principal, ce qui évite sa sollicitation fréquente pour les faibles pluies. Ceci permet de limiter les volumes des dispositifs de gestion des eaux pluviales. Pour les pluies importantes le parking, la place ou le terrain de sport, peut alors être recouvert sur quelques centimètres d'eau et servir temporairement de stockage complémentaire.



Hauts-de-Seine : Terrain de sport inondable pour les pluies exceptionnelles après mise en charge du bassin de rétention.

Source : SEPIA Conseils



Villetaneuse-Collège Lucie Aubrac (93) : Parvis inondable.

Source : Urbanwater



Nantes : parc inondable.

Source : Nantes Métropole

Conception

- Etudier la topographie et définir les pentes très précisément et les équipements de surface de manière à assurer une inondation et une vidange lente et progressive (seuils d'inondabilité).
- Définir les caractéristiques acceptables de l'inondation temporaire des lieux compte tenu des usages, en termes de fréquence, de vitesse d'écoulement et de hauteur de submersion notamment (une hauteur d'eau inférieure à 40 cm est généralement adoptée ainsi qu'une fréquence et une durée d'indisponibilité limitée). Le stockage des eaux pluviales ne doit pas être une gêne et rendre l'espace inaccessible pour les usages urbains par temps sec et lors de pluies faibles et fréquentes. Selon l'importance de la pluie, l'emprise de la zone inondée peut être progressive ou l'eau être stockée dans un dispositif complémentaire combiné à l'espace inondable (des espaces végétalisés en creux par exemple).
- Limiter le nombre d'entrées d'eau et de préférence à l'air libre pour en faciliter la gestion (contrôles de fonctionnement, entretien des zones d'admission).
- Prévoir un prétraitement en amont (dégrillage, décantation...) afin de limiter les pollutions visuelles et faciliter la remise en fonctionnement de l'espace après la pluie.
- Assurer l'évacuation de l'eau soit par régulation vers un exutoire, soit vers un ou plusieurs dispositifs combinés à l'espace inondable (par infiltration à travers le revêtement de surface ou, après ruissellement et injection).
- Installer une signalétique adaptée (panneaux explicatifs) pour informer le public sur les fonctions de l'ouvrage par temps de pluie (hydraulique, paysage etc.) et les précautions qui lui sont associées (sécurité, propreté, etc.).
- Choisir des matériaux et des plantations compatibles avec la présence temporaire d'eau.
- Assurer la mise en sécurité des équipements hydrauliques.
- Assurer les cheminements piétons principaux (maintenus hors d'eau), y compris pour les pluies exceptionnelles.



Parc Mermoz à Villemomble (93)

Source : Urbanwater



DIMENSIONNEMENT

- Définir la fréquence et la hauteur d'eau acceptables en fonction des usages de l'espace inondable.
- Dimensionner en fonction de la surface de ruissellement raccordée, du débit de vidange, et le cas échéant du volume excédentaire de l'ouvrage combiné (noue, structure enterrée d'infiltration ...).

PERFORMANCES

Efficacité hydraulique : ★★★

Bon potentiel de stockage sur des faibles hauteurs d'eau et sur des surfaces importantes

Abattement de la pollution chronique :

Variable selon le type d'espace inondable et le mode d'évacuation Très bon potentiel pour les espaces en pleine terre (parc inondable) ou les ouvrages combinés infiltrants (noue ou structure réservoir)

À NOTER

Entretien

L'espace inondable est entretenu comme n'importe quel espace public (fréquence en fonction de l'usage). L'entretien de la surface est fonction de sa fréquence de sollicitation et l'entretien hydraulique des équipements mis en place.

Visite d'entretien une à deux fois par an et après chaque pluie importante avec :

- nettoyage des abords (ramassage des débris, balayage...)
- vérification, nettoyage, curage des équipements hydrauliques (grille, regard, régulation...)

AVANTAGES

- Adaptabilité selon l'espace et les usages (panel d'utilisation et permet de combiner les ouvrages pour répondre aux différents niveaux de pluie)
- Economie foncière, d'investissement et d'exploitation par superposition des fonctions hydrauliques et d'espace ouvert au public
- Bonne efficacité hydraulique (volume de stockage important)
- Cadre de vie et sensibilisation des riverains (gestion en surface et communication sur le fonctionnement en temps de pluie)

INCONVÉNIENTS

- Compatibilité des usages

Coûts d'investissement et d'exploitation

- Pas ou peu de surcoût par rapport à l'aménagement urbain initial
- Entretien des équipements hydrauliques le cas échéant

POUR EN SAVOIR

Fiche 3 : ouvrages de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales. ASTEE. 2017

OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES ENTERRÉS

Les structures enterrées sont réalisées uniquement lorsqu'il est avéré que la réalisation d'ouvrages à ciel ouvert n'est pas possible ou suffisante pour gérer la totalité du volume de stockage nécessaire.

Elles permettent de stocker temporairement les eaux de ruissellement et de les évacuer soit vers un exutoire (fossé, cours d'eau, réseau), soit par infiltration dans le sol par les parois verticales (infiltration horizontale) et par le fond de l'ouvrage (infiltration verticale). Ces deux modes d'évacuation peuvent être combinés (infiltration/régulation). Implantés au point bas, ces dispositifs recueillent de préférence les eaux de ruissellement des espaces environnants qui s'écoulent naturellement ou sinon par des canalisations (descente de gouttière, terrasse, trottoir, cheminement, voirie...).

Ne consommant pas ou peu d'emprise en surface, ces techniques sont adaptées aux zones urbaines et peuvent être implantées sous différents types d'espaces, en domaine privé ou public : cours, allées, trottoirs, etc.

Pour les dispositifs implantés sous les chaussées voir également la fiche suivante (Cf. Fiche « Chaussée à structure réservoir »).

L'alimentation en eau au sein de l'ouvrage enterré peut être directe par la surface à l'aide d'un revêtement poreux (voir Fiche « revêtement perméable ») ou indirecte par injection avec des grilles et regards avaloirs et drains (la surface de l'ouvrage peut alors être imperméable). Le choix est surtout lié à la pratique des usages attendus et aux contraintes (colmatage, trafic...).

Le choix d'une technique de stockage enterrée par rapport à une autre se fait en fonction du volume de rétention nécessaire et de l'espace disponible. Le volume de l'ouvrage peut être constitué d'un matériau de remplissage (graves), de structures préfabriquées vides (SAUL ...).

La forme de l'ouvrage peut être linéaire, ponctuelle, ou surfacique. Entrent dans cette catégorie de dispositifs : les puits d'infiltration (forme ponctuelle et verticale), les tranchées d'infiltration (forme linéaire), les bassins enterrés (SAUL, en Béton ou canalisation surdimensionnée).



Puits d'infiltration

Source : SYMASOL



Puits d'infiltration

Source : SYMASOL



SAUL pour la gestion des eaux pluviales

Source : SYMASOL



Tranchée d'infiltration sous chemin

Source : Nantes Métropole

Présentation

La capacité de stockage des ouvrages enterrés permet de les classer par ordre croissant : les puits d'infiltration, les tranchées puis les bassins enterrés.

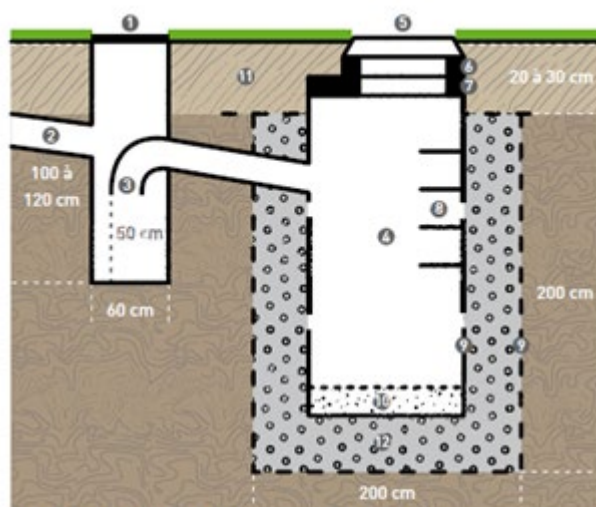
Les puits d'infiltration

Ce sont des ouvrages ponctuels plus ou moins profonds. L'eau est collectée par des canalisations. Entraînant une concentration de l'infiltration (ouvrage compact, vertical et potentiellement profond), ces dispositifs ne sont pas conseillés par Nantes Métropole (vulnérabilité de la nappe et risque de dysfonctionnement).

Principalement utilisés pour gérer des volumes limités (d'une partie des toitures d'un bâtiment par exemple ...) ou pour des cas particuliers afin d'atteindre des couches profondes plus perméables ou moins vulnérables (pollution en surface). Le fond du puits sera situé à une distance minimale d'1m par rapport au niveau des plus hautes eaux de la nappe (les puits ou forage d'injection directement dans la nappe sont interdits).

Il est recommandé de remplir le puits de matériaux poreux qui permettent la filtration de la pollution et d'associer le puits avec d'autres dispositifs de gestion pluviale à la source comme les tranchées ou les espaces végétalisés. Plusieurs puits réalisés en série augmentent la surface d'infiltration superficielle (moins profond) et sont moins coûteux qu'un unique puits de plus grandes dimensions.

Pour protéger le puits du colmatage, on limite le facteur de concentration ($F_c < 10$), l'alimente en surverse par un regard décanteur et l'entoure d'un géotextile (rôle de filtre anticontamination et empêche la migration des fines).



- | | |
|--|---|
| Puisard de décantation | Puit d'infiltration |
| ① Regard de fermeture visible | ⑧ Echelon |
| ② Arrivée eau de pluie | ⑨ Bâche perméable à l'eau (géotextile non-tissé) |
| ③ Coude plongeant | ⑩ Couche filtrante (sable de rivière, cailloux grossiers, à remplacer périodiquement) |
| ④ Elément du puit (L100 cm) | ⑪ Terre végétale |
| ⑤ Regard verrouillable
Compatibilité avec zones de passage (piétons, voitures...) | ⑫ Cailloux grossier calcaire (grave 20/80) |
| ⑥ Réausse sous cadre (H15 cm) | |
| ⑦ Dalle réductrice (H15 cm) | |

Puits d'infiltration

Source : SYMASOL

Les tranchées d'infiltration

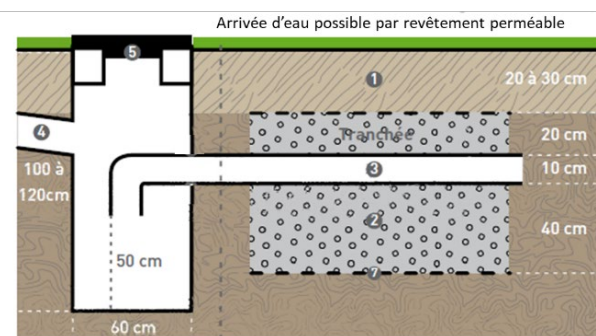
Ce sont des ouvrages linéaires et superficiels remplis de matériaux poreux lavés (GNTP) avec un indice de vide suffisant, choisis en fonction de leur caractéristique mécanique (résistance à la charge). Elles sont adaptées pour collecter à la source les eaux des surfaces imperméabilisées le long des constructions, cheminements, parkings, etc.

Les tranchées peuvent être drainantes, servant de système de rétention avec un débit régulé vers un exutoire, ou infiltrante, l'évacuation se fait alors par infiltration dans le sol. Ces deux modes d'évacuation peuvent se combiner.

Elles sont sensibles au colmatage. Les apports de fines doivent être évités lors de leur mise en œuvre et durant la vie de l'ouvrage.

Elles peuvent être couplées avec d'autres techniques, elles servent ainsi de système drainant en fond d'une noue ou d'un bassin à ciel ouvert par exemple.

La surface au sol peut être utilisée et le matériau choisi suivant l'usage : espace vert, cheminement...



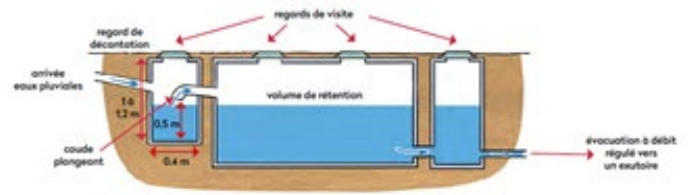
Tranchée d'infiltration

Source : SYMASOL

- | |
|--|
| Tranchée (coupe longitudinale) |
| ① Terre végétale |
| ② Cailloux grossier calcaire (grave 20/80) |
| ③ Drain PVC (100 mm) |
| ④ Arrivée eau de pluie |
| ⑤ Regard de fermeture visible |
| ⑦ Bâche perméable à l'eau (géotextile non-tissé)
Fond de tranchée horizontale |

Les bassins enterrés

Ce sont des ouvrages souvent utilisés pour collecter des surfaces imperméabilisées importantes dans le cadre d'une gestion collective des eaux pluviales (pour les ZACs ou les lotissements...). Entraînant une concentration des écoulements, ces dispositifs ne sont pas conseillés par Nantes Métropole (vulnérabilité de la nappe, défaut de conception et de mise en œuvre, risque de dysfonctionnement et possibilité d'amélioration délicate ou coûteuse...). Nantes Métropole évite l'intégration de ce type d'ouvrage au domaine public métropolitain. D'un coût de réalisation et d'entretien élevé, il est préférable de mettre en place des ouvrages de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert (multifonctionnel et paysager).



Bassin enterré

Source : Loire Forez Agglo

Structures Alvéolaires Ultra Légères (SAUL)

Il s'agit de structures à fort indice de vide, atteignant souvent 90 % et qui supportent des charges importantes. Leur assemblage permet la réalisation d'ouvrage de stockage de grandes dimensions. Un réseau de drains permet le remplissage et la vidange ainsi que son inspection et curage.

Bassin en béton

Il s'agit de bassin de retenu étanche qui permet le stockage et la régulation des eaux pluviales et leur éventuel réutilisation (ouvrage compartimenté) pour l'arrosage, réserve incendie...

Conception

Le choix du type de dispositif dépend du volume à stocker, de l'emprise disponible au sein de l'opération, des caractéristiques géologiques du site. Dans tous les cas, les dispositions indispensables à l'entretien doivent être prises en compte dès la conception.

Implantation au plus proche des surfaces de ruissellement (facteur de concentration compris entre 1 et 10), au point bas (pour collecter les ruissellements) et à distance suffisante des bâtiments (en cas de concentration des écoulements notamment, constructions en sous-sol...); conserver une bande « stérile » le long des voies, trottoirs ou des accès pour permettre la pose de réseaux divers sans intervention sur l'ouvrage.

Pente du terrain à plat ou à faible pente (sinon un cloisonnement est indispensable afin d'avoir le volume de rétention requis et pour exploiter toute la surface d'infiltration).

Alimentation par infiltration à travers le revêtement de surface perméable (directe : grave, enrobé, béton, pavé poreux) ou par injection (indirecte : avaloir et drains ou par un dispositif complémentaire placé le long de l'ouvrage tel qu'une noue ou tranchée d'infiltration).

Pré-traitement (injection indirecte) par dégrillage, décantation, filtration (attention, nécessité d'en changer régulièrement) pour limiter l'entrée de matières solides et flottants dans l'ouvrage et le risque de colmatage ; prévoir des regards accessibles et des équipements démontables (siphon, coude plongeant...).

Matériau de remplissage (couche de fondation) choisi et dimensionné en fonction de leurs caractéristiques mécaniques (charge en surface) et hydraulique (indice de vide, capacité de stockage) ; ils seront lavés, exempts de sable ou de fines pour éviter tout colmatage ; les matériaux potentiellement toxiques sont interdits (pneus déchiquetés...).

Géotextile autour du matériau de remplissage (en chaussette) indispensable pour éviter son colmatage

Drains assurant l'alimentation et la diffusion des eaux recueillies dans la structure (en cas d'injection), l'évacuation de la vidange (si l'infiltration seule ne suffit pas) ou de la surverse vers un exutoire (positionné en milieu d'ouvrage pour fonctionner en charge et en décharge) ainsi que son inspection par caméra et son entretien (section et longueur de drains appropriés pour hydrocurage).

Regards amont et aval a minima pour réaliser le contrôle ; regards intermédiaires en nombre suffisant pour l'entretien et son inspection

Evacuation par infiltration et/ou débit régulé (selon la perméabilité du sol, la surface collectée et la surface d'infiltration...) ; en cas de rejet vers un exutoire il se fera gravitairement et à débit régulé (dispositif de régulation) ; en aucun cas, il n'est autorisé de pompage ni de surverse enterrée vers le réseau public.

Végétation : pas de plantation sur l'ouvrage et limité à proximité pour éviter le colmatage et les problèmes avec les racines (sinon interrompre l'ouvrage ou prévoir un système anti-racine adéquate).

Évent pour éviter la mise en pression/dépression lors du remplissage/vidange en cas de revêtement imperméable.

Avertisseur pour indiquer la présence (grillage au-dessus de l'ouvrage et des drains).

Mise en œuvre (phasage) : réalisée à la fin des travaux d'aménagement de façon à éviter son colmatage ; essai de fonctionnement à réaliser à la réception des travaux : validation du volume utile et du temps de vidange

DIMENSIONNEMENT

→ Volume utile calculé à partir de l'emprise (surface), la porosité et l'épaisseur du matériau de remplissage ou encore de la pente de l'ouvrage... Les dimensions de la couche de fondation doivent disposer d'un volume libre suffisant pour stocker au minimum le volume généré par la pluie moyenne à forte définie par le zonage pluvial (en fonction de la surface collectée, la surface d'infiltration et la perméabilité du sol).

→ Dimensionnement mécanique de la structure selon l'usage de la surface (trafic, portance du sol, caractéristique du matériau).

À RETENIR

L'épaisseur de matériau la plus importante entre les calculs de dimensionnement mécanique et hydraulique sera retenue (c'est en général celle venant du dimensionnement mécanique). Sans réel surcoût, il est recommandé de surdimensionner l'épaisseur de la couche de fondation stockante pour éviter la saturation en eau du revêtement et garantir ses performances.

PERFORMANCES

(selon le facteur de concentration et la profondeur)

Efficacité hydraulique :

Ouvrage peu profond (< 1m) et extensif ($F_c < 10$) : ★★

Bon potentiel sous réserve de prévoir un volume de stockage suffisant dans les couches de fondation

Ouvrage profond (> 1m) et intensif ($F_c > 10$) : !

Risque de colmatage et de dysfonctionnement

Abatement de la pollution chronique :

Ouvrage peu profond (< 1m) et extensif ($F_c < 10$) : ★★

Décantation et filtration favorisées par le géotextile, les matériaux de remplissage et le revêtement perméable (ou ouvrages de pré-traitement en cas d'injection indirecte)

Ouvrage profond (> 1m) et intensif ($F_c > 10$) : !

Risque de pollution et de dysfonctionnement en cas de concentration de l'infiltration ou de contact avec la nappe

À NOTER

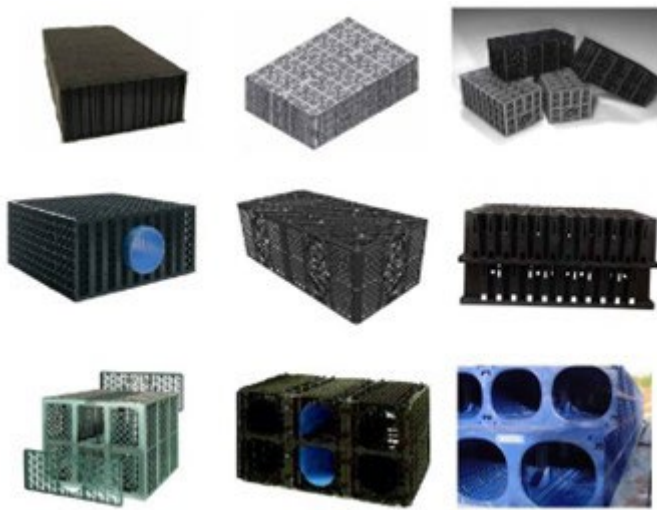
MATÉRIAUX DE REMPLISSAGE

→ Les graves drainantes

Par exemple, les Graves Non Traitées Poreuses (GNTP) 20/60, ont un indice de vide d'environ 30 % et une bonne résistance mécanique. Elles ne permettent ni de visiter ni de curer le dispositif, hormis par le drain mis en place dans le massif filtrant. Elles sont toutefois recommandées car elles permettent de concevoir des ouvrages simples et robustes à condition de respecter un facteur de concentration réduit (F_c égal à 1 de préférence et inférieur à 5).

→ Les Structures Alvéolaires Ultra Légères (SAUL)

Elles sont constituées d'éléments modulaires en matière plastique avec un indice de vide élevé (environ 90 %). Elles permettent de s'adapter à un grand nombre de configurations géométriques et supporter la charge d'un trafic lourd (sous réserve de hauteur de couverture) et sont en principe conçues pour être visitables et curables. En réalité souvent seul le drain est hydrocurable. Elles ne sont pas recommandées (car sont utilisées pour collecter des surfaces importantes pouvant conduire à des ouvrages complexes et coûteux tant en exploitation qu'en réalisation). Une mauvaise conception conduit à des risques d'inondations et/ou l'impossibilité d'effectuer un entretien approprié impliquant l'obligation de recourir à des interventions destructrices très coûteuses. (trafic, portance du sol, caractéristique du matériau).



Principales SAUL
présentes sur le marché
français.

Source : IFSTTAR

Entretien

Le contrôle visuel et l'entretien régulier des équipements limitent les risques de colmatage de la structure permettant d'assurer la pérennité de l'ouvrage et son efficacité hydraulique.

- Alimentation directe à travers un revêtement de surface : voir fiche « revêtement perméable »
- Alimentation par injection :
 - Nettoyage/curage des grilles, regards, siphons, filtres (remplacement si besoin) : 2 fois par an et après des pluies significatives (>20mm/jour)
 - Hydrocurage du drain (occasionnelle après inspection caméra, tous les 3 ans environ)

Pour le bassin en béton, mettre en œuvre toutes les dispositions de sécurité pour intervenir à l'intérieur de l'ouvrage.

Pour les SAUL et collecteurs surdimensionnés, une inspection caméra régulière pour programmer les opérations d'hydrocurage et prévenir les risques de colmatage.

- Recensement obligatoire pour le porter à la connaissance des exploitants
- Phasage de réalisation puis surveillance et protections spécifiques à mettre en place en cas de chantier au voisinage du dispositif
- Surveillance d'éventuelles stagnations d'eau dans les regards. Dans ce cas, le drain sera curé ou les matériaux de remplissage et géotextile remplacés
- En cas de pollution accidentelle, pompage et remplacement de la structure (revêtement, massif drainant, géotextile...)
- Pour toute intervention sur l'ouvrage une attention particulière sera portée à la remise en état de l'ouvrage (revêtement, massif drainant, géotextile...)

AVANTAGES

- Aucune emprise au sol et la surface est disponible pour d'autres usages
- Pour un ouvrage peu profond et extensif : alimentation lente de la nappe et dépollution des eaux de ruissellement
- Pour le puits et la tranchée d'infiltration : simplicité de conception, coût peu élevé
- Pour la tranchée d'infiltration : mise en œuvre aisée, large gamme d'utilisation, bonne intégration paysagère (divers revêtements)
- Pour le puits : utilisable dans le cas d'un sol superficiel imperméable ou pollué et d'un sous-sol perméable (si nappe profonde)
- Pour le bassin en béton : possibilité de réutilisation des eaux pluviales

INCONVÉNIENTS

- Dispositif enterré donc pas de contrôle visuel
- Pas d'intégration paysagère, cadre de vie sauf pour les revêtements perméables végétalisés
- Tributaire de l'encombrement du sous-sol (réseaux concessionnaires), bande « stérile » à prévoir
- Durée de vie dépendante de l'entretien qui peut s'avérer contraignant et coûteux pour les ouvrages intensifs
- Forte sensibilité aux chantiers avoisinants
- Gestion des pollutions accidentelles
- Pour les bassins enterrés, coût élevé de réalisation et d'exploitation
- Pour les SAUL, forte sensibilité à la qualité de la conception et de la mise en œuvre
- Pour les ouvrages profonds et intensifs (puits...), risque de pollution de la nappe (épaisseur de 1 m minimum entre le fond de l'ouvrage et le toit de la nappe)

Coûts d'investissement et d'exploitation

(Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

- Réalisation
 - Tranchée : 50 à 150 €/m³
 - Puits : 100 à 200 €/m³
 - Bassin en SAUL : 900 à 1500 €/m³
 - Bassin en béton : 1000 à 1600 €/m³
 - Collecteur surdimensionné : 700 à 900 €/m³
- Entretien
 - Tranchée : 1 €/m³/an
 - Puits : 5 à 10 €/m³/an
 - Bassin en SAUL : 50 à 75 €/m³/an
 - Bassin en béton : 20 à 50 €/m³/an
 - Collecteur surdimensionné : 20 à 50 €/m³/an

POUR EN SAVOIR

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales. ASTEE. 2017
Fascicule 70-2 du CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales)2021.
Fiche dispositif 1 : Revêtements perméables
Fiche dispositif 6 : Chaussées à structure réservoir

CHAUSSÉES À STRUCTURE RÉSERVOIR

Les chaussées à structure réservoir supportent la circulation ou le stationnement de véhicules (rue, place, parking...).

Le stockage de l'eau est assuré par le **corps de la chaussée** dans les vides des matériaux drainants sur toute son emprise. Il permet de **stocker puis d'infiltrer l'eau pluviale tombée sur sa propre surface** et éventuellement les espaces voisins (trottoir, piste cyclable, stationnement latéral, ...).

La fonction d'espace de circulation ou de stationnement étant superposée à la fonction hydraulique, ce dispositif ne consomme pas d'emprise supplémentaire en surface, et est ainsi **parfaitement adapté aux zones urbaines**.

La chaussée à structure réservoir diffère des autres ouvrages enterrés (cf. Fiche « ouvrages de gestion des eaux pluviales enterrés ») dans la mesure où elle doit offrir une **résistance mécanique compatible avec la circulation de véhicules**. Cette solution extensive (sans concentration des écoulements ni véritable surcoût par rapport à une chaussée traditionnelle) présente de nombreux avantages et est recommandée par Nantes Métropole (à condition de respecter un facteur de concentration proche de 1).



Structure réservoir sous voirie rue Classerie à Rezé

Source : Nantes Métropole



Mise en œuvre d'une chaussée à structure réservoir

Source : Lollier Ingénierie



Chaussée non poreuse

Chaussée poreuse avec structure réservoir

Chaussée à structure réservoir

Source : CERTU – 1994

Présentation

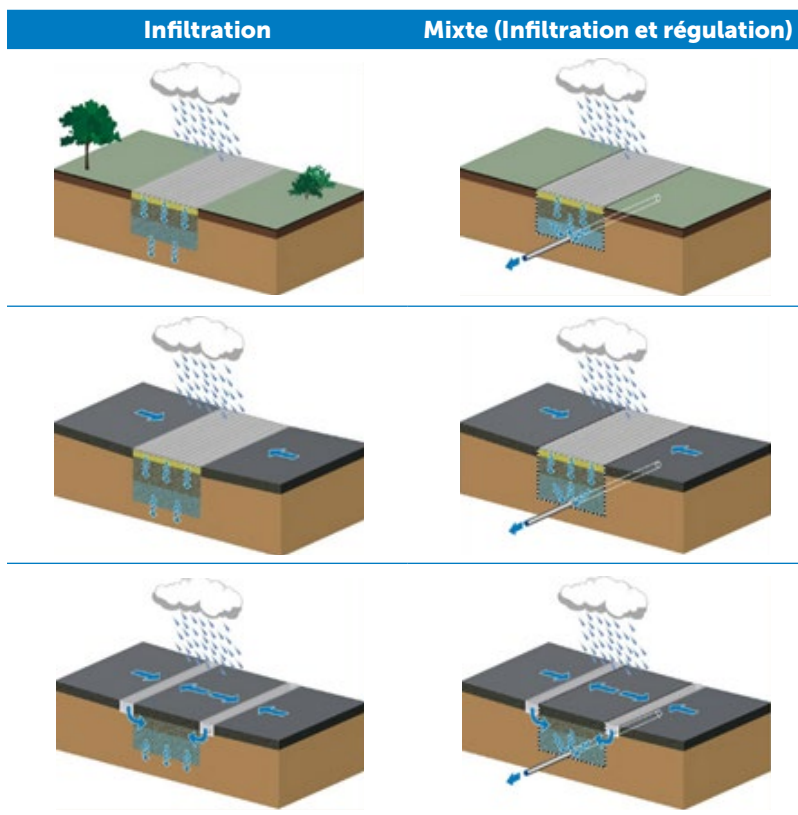
La structure réservoir peut être alimentée directement par la couche de roulement de la chaussée rendue perméable ou indirectement par injection. L'évacuation peut se faire totalement par infiltration dans le sol, soit partiellement avec un rejet régulé vers un exutoire.

Mode d'évacuation par :

Structure réservoir en matériaux drainants (grave poreuse) avec un **revêtement perméable** permettant l'infiltration des eaux pluviales tombées sur sa propre surface n'ayant pas ruisselé.

Structure réservoir en matériaux drainants avec un **revêtement perméable** permettant l'infiltration des eaux pluviales tombées sur sa propre surface et les eaux de ruissellement des surfaces adjacentes.

Structure réservoir en matériaux drainants avec un **revêtement « classique » imperméable**. Les eaux de ruissellement tombées sur sa propre surface (et éventuellement sur les espaces voisins) sont injectées dans le massif par des avaloirs (ou par un dispositif complémentaire perméable placé le long de la chaussée : noue, tranchée caniveau drainant...).



Source des illustrations : Bruxelles Environnement

Conception

La chaussée à structure réservoir est avant tout une chaussée, à laquelle on attribue une fonction hydraulique en adaptant sa structure pour stocker temporairement les eaux pluviales.

Pente : à plat ou sur faible pente (1 %). Si elle est trop importante, cela réduit la capacité de stockage, un cloisonnement peut alors être mis en place (en cas d'infiltration totale, il n'y a pas d'orifice de sortie dans la cloison).

Matériaux drainants : choix des matériaux constitutifs du corps de la chaussée dont les indices de vide et l'épaisseur sont compatibles avec les besoins hydrauliques et les contraintes mécaniques de la structure.

Indice de vide : on utilise la fiche technique du fournisseur pour un indice de vide de l'ordre de 30 % (GNTP 20/60) et on contrôle l'absence de fines (matériaux lavés).

Résistance mécanique : on utilise les abaques de dimensionnement du guide Certu « Chaussée poreuse urbaine » en fonction du trafic (charge, fréquentation notamment).

Portance et perméabilité du sol : on réalise une étude de sol pour dimensionner la structure de chaussée (débit d'infiltration, hauteur de nappe, portance et sensibilité du sol support à l'eau...).

Drains : assurent l'alimentation et la diffusion des eaux recueillies dans la structure ; les drains doivent avoir une classe de résistance suffisante (SN8 par exemple) et permettre leur inspection par caméra et son curage (prévoir une section suffisante et des regards de visite tous les 30 ou 50 m).

Géotextile autour du dispositif (en chaussette) non tissé et généralement de classe 4 à 7.

Réseau de concessionnaire : les réseaux souterrains existants et futurs sont positionnés en dehors de la structure réservoir sous les espaces voisins (trottoir...) ; si nécessaire mettre en place la structure réservoir sur seulement une partie de l'emprise de la chaussée pour le passage des réseaux divers (zone « stérile »).

Pour un revêtement perméable (enrobé, béton, pavés poreux...)

Perméabilité du revêtement : on utilise la fiche technique du fournisseur ; la porosité des revêtements poreux (ouvert comme les enrobés 0/14 discontinus) est très élevée, le revêtement infiltre encore suffisamment les fortes pluies, même colmaté à 90 %

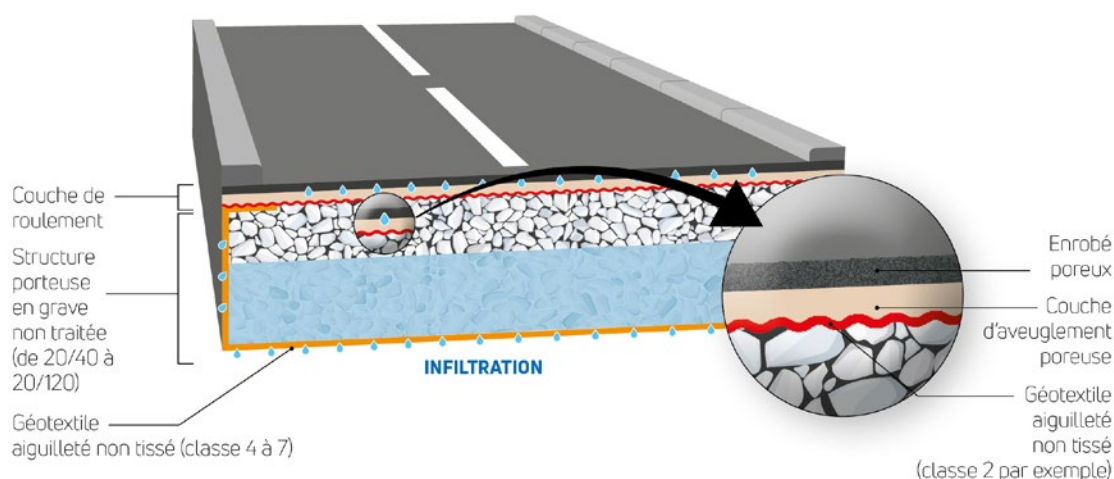
Colmatage : éviter les secteurs de ruissellement chargé (agricole, sablé), les secteurs de construction ou tout dépôt.

Arrachage : éviter les zones de virage, d'accélération, freinage (plateau surélevé, feux, giratoire par exemple) à cause d'efforts de cisaillement trop importants.

Pour un revêtement « classique » imperméable

Évent pour éviter la mise en pression-dépression lors du remplissage-vidange (les regards de visite permettent la mise à l'air).

Dispositifs de pré-traitement pour limiter l'entrée de matières solides dans l'ouvrage. Il peut être assuré par des regards siphoniques avec décantation équipés éventuellement de filtres.



Coupe d'une chaussée à structure réservoir

Source : © ADOPTA - <https://adopta.fr>

Profils et matériaux de chaussées

La coupe de la chaussée (nature des matériaux, épaisseur, indice de vide) sera définie en fonction des caractéristiques du sol support (classe de portance), des usages en surface et des classes de trafic. Pour les voiries métropolitaines ou rétrocedées, le dimensionnement respectera les prescriptions du guide « Structures et revêtements de voirie » de Nantes Métropole.

Les coupes types pourront être adaptées, en respectant les exigences sur la résistance mécanique, de façon à mettre en place des matériaux dont l'indice de vide permettra la rétention des eaux pluviales comme par exemple :

Structure de voirie	Matériau	Épaisseur
Couches de surface (roulement voirie liaison)	Bétons bitumineux drainants (BBDr), dalles et pavés béton ou béton/ciment	6 cm
Couches d'assise (base et fondation)	Graves bitumes poreuses (GBP) Porosité de l'ordre de 20 %	30 cm
Couche de forme	Grave Non Traitée Poreuse (GNTP) Porosité de l'ordre de 30-40 %	50 cm
Interfaces	Géotextile entre la couche de fondation et la couche de forme et entre la couche de forme et le sol support	

Une coupe type de chaussée bitumineuse, pour un trafic moyen (T3) et une portance PF2, adaptée en exploitant des matériaux poreux, est présenté ci-dessous :

Chaussées bitumineuses



Couche de roulement : Béton Bitumineux Drainant : 6 cm

Couches d'assise : Grave Bitume Poreuse : 30 cm

Couche de forme : Grave Non Traitée (B) Poreuse : 50 cm

Sol support

Exemple de structure de voirie adaptée du Guide Technique - Structures et revêtements de voirie

Source : Nantes Métropole

DIMENSIONNEMENT

Exemple :

- Chaussée de 9 m de large et 300 ml soit 2 700 m² ;
- Coupe type ci-dessus avec 50 cm d'épaisseur de GNT(B) « Poreuse » et un indice de vide de 30 %
- Surface d'infiltration : 2 700 m² (structure réservoir sous la totalité de la chaussée)
- Perméabilité du sol : 6 mm/h

L'application de l'outil de calcul de Nantes Métropole (onglet : Etape 2 – Tranchée -S.Réservoir) pour une pluie de période de retour 100 ans, avec une vidange exclusive par infiltration (GEP niveau ***) donne un volume à stocker de 154 m³ et un temps de vidange de 10 h.

Le volume utile disponible dans la structure en considérant seulement l'épaisseur de GNT(B) « Poreuse » sur 50 cm d'épaisseur est de 405 m³.

La structure réservoir sous la chaussée permet donc de gérer par infiltration une pluie supérieure à la pluie centennale (une épaisseur de GNT(B) de seulement 20 cm permet de stocker la pluie 100 ans).

Sous réserve que la structure réservoir soit créée sous la totalité de la chaussée (Facteur de concentration = 1), elle permettra (dans la plupart des cas, y compris avec des valeurs de perméabilité faibles), de stocker et d'infiltrer les pluies exceptionnelles.

PERFORMANCES

Efficacité hydraulique : ★★★

Fort potentiel en raison de la faible concentration des écoulements (Fc proche de 1), de la forte surface d'infiltration et de sa faible profondeur

Abattement de la pollution chronique : ★★★

Fort potentiel en raison du faible ruissellement en surface et de l'infiltration répartie sur une grande emprise à faible profondeur.

Par exemple, sur le site de la Classerie à Rezé (structure réservoir en revêtement perméable) on observe un abattement de la pollution de 78 % sur les principaux polluants.

À NOTER

À RETENIR

L'épaisseur de matériau la plus importante entre les calculs de dimensionnement mécanique et hydraulique sera retenue (c'est en général celle venant du dimensionnement mécanique). Il est recommandé de privilégier la rétention dans la couche de fondation pour éviter la saturation en eau des couches de roulement et d'assise et garantir leurs performances.

Entretien

La fréquence des opérations d'entretien varie selon la qualité des eaux de ruissellement et le trafic.

- Revêtement « classique » imperméable : voir fiche « ouvrages enterrés »
- Revêtement poreux : voir fiche « revêtements perméables »
- Recensement, suivi, pollution accidentelle (...) : voir fiches « ouvrages enterrés » et « revêtement de surface perméable »

AVANTAGES

- Économique
- Conception et mise en œuvre aisée
- Aucune emprise au sol supplémentaire pour gérer les eaux pluviales
- Dépollution efficace (filtration) et bonne performance hydraulique
- Alimentation en eau du sol et de la nappe

Pour les revêtements perméables :

- améliore la sécurité et le confort de conduite (adhérence et risque d'aquaplanage, reflet des phares et visibilité du marquage au sol)
- diminue les bruits de roulement

INCONVÉNIENTS

- Contrainte liée à l'encombrement du sous-sol (réseaux concessionnaires), bande « stérile » à prévoir
- Forte sensibilité aux chantiers avoisinants
- Gestion des pollutions accidentelles

Pour les revêtements perméables :

- Sensibilité au colmatage : utilisation exclue aux zones où beaucoup de fines sont susceptibles de venir colmater le revêtement (chantiers, dépôt de matériaux, ruissellement agricole ou sablé...),
- sensibilité aux ornières : utilisation exclue au trafic très fréquent de poids-lourds et zones de virages serrés, giratoires, freinage (effort de cisaillement trop important).

Coûts d'investissement et d'exploitation

(Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

- Pas ou peu de surcoût par rapport à une structure de chaussée traditionnelle (voire des économies pour un revêtement perméable sans équipements hydraulique : grille, drains...)
- Entretien des équipements hydrauliques le cas échéant

POUR EN SAVOIR

Fiche dispositif 1 : Revêtements perméables

Fiche dispositif 5 : Ouvrages enterrés

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales, ASTEE 2017.

Fascicule 70-2 du CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales).

ÉQUIPEMENTS DE RÉGULATION DU DÉBIT

Les limiteurs ou régulateurs de débits permettent de respecter le débit de fuite maximum (débit de rejet ou de vidange) imposé par le zonage pluvial en sortie d'ouvrage de rétention, lorsqu'il est avéré que la réalisation d'une évacuation des eaux pluviales par infiltration dans le sol n'a pas été possible ou suffisante.

Deux solutions peuvent être envisagées :

- La mise en place de régulateurs de débit (débit constant)
- La mise en place de limiteurs de débit (débit variable)

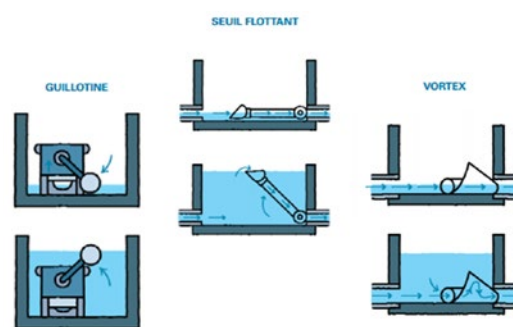
Les principaux régulateurs de débit

Il s'agit de systèmes sophistiqués conçus pour réguler le débit de fuite suivant une valeur donnée. Le débit n'est pas influencé par la hauteur d'eau dans l'ouvrage :

Régulateur guillotine : Un bras entraîne une guillotine afin de réduire l'orifice de sortie. Ce bras étant relié à un flotteur, il se déplace en fonction de la hauteur d'eau présente dans le dispositif

Régulateur à seuil flottant : La prise d'eau s'effectue de manière constante grâce à des flotteurs

Régulateur à effet vortex : L'augmentation de la vitesse de rotation dans le cône de régulation crée une perte de charges entraînant une réduction de la section hydraulique



Différents régulateurs de débits

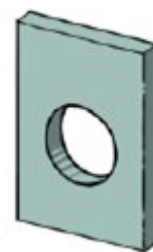
Source : Grand Lyon

Les principaux limiteurs de débit

Il s'agit d'un système simple (dits ajutage) conçu pour que le débit de fuite ne dépasse pas une valeur donnée en fonction de la charge hydraulique. Les dimensions sont calculées en fonction de la hauteur d'eau maximum dans l'ouvrage.

Orifice circulaire calibré dans une plaque percée amovible (en inox pour éviter la corrosion)

Ce système est recommandé par Nantes Métropole : simple à réaliser et à contrôler, il est techniquement et économiquement avantageux. Il est adapté à la plupart des configurations (petits ou gros ouvrages de rétention) et permet une bonne limitation des débits de rejet acceptés par la collectivité. L'ouvrage est disponible sous forme préfabriquée comme présenté dans la suite de la fiche.



Orifice calibré

Conception

L'**accessibilité** doit être prise en compte dès la conception afin de rendre possible le contrôle et l'entretien des équipements de régulation (y compris en cas de surverse de l'ouvrage de rétention).



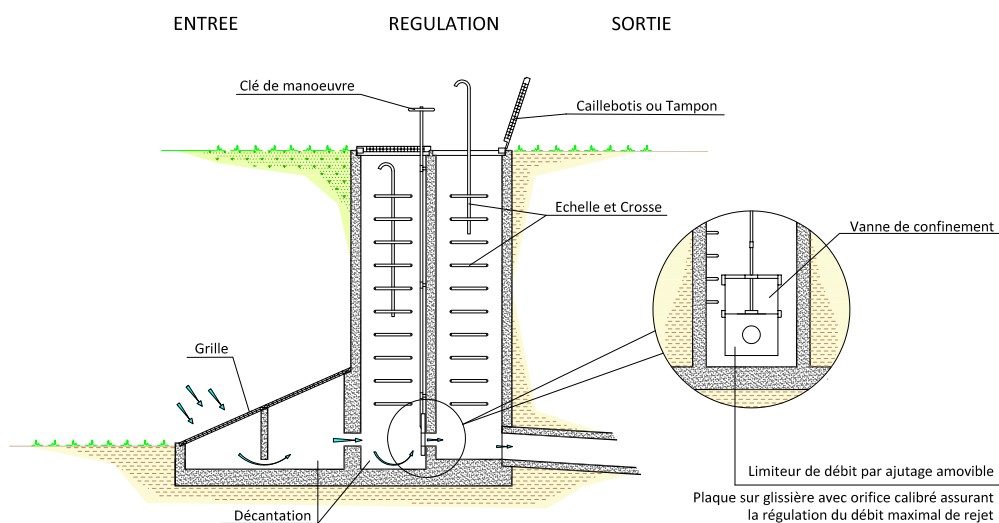
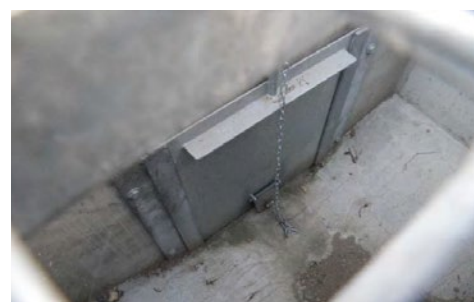
Ouvrage de régulation et surverse accessibles

Source : Cimentub

- Installation d'un ouvrage préfabriqué (dans un **regard facile d'accès et visitable** : \varnothing 1 500 minimum avec tampon, échelle...) composé :

- **d'une partie amont avec un entonnement** siphonoïde comprenant une grille barreaudée et inclinée (espacement entre les barreaux de 70 mm minimum) et une décantation permettant de retenir les flottants, débris et matières en suspension.

- **d'une partie centrale avec deux compartiments** comprenant successivement une **zone de décantation** et une **zone de régulation**. La profondeur de la zone de décantation sera au minimum de 30 cm par rapport à l'évacuation et ses dimensions suffisantes pour son entretien. La zone de régulation est équipée d'un orifice circulaire percé au radier sur une plaque amovible située entre les compartiments et équipée d'une vanne de manœuvre (maintenue en position ouverte) permettant de confiner une pollution accidentelle.



Schémas de principe d'un ouvrage de régulation

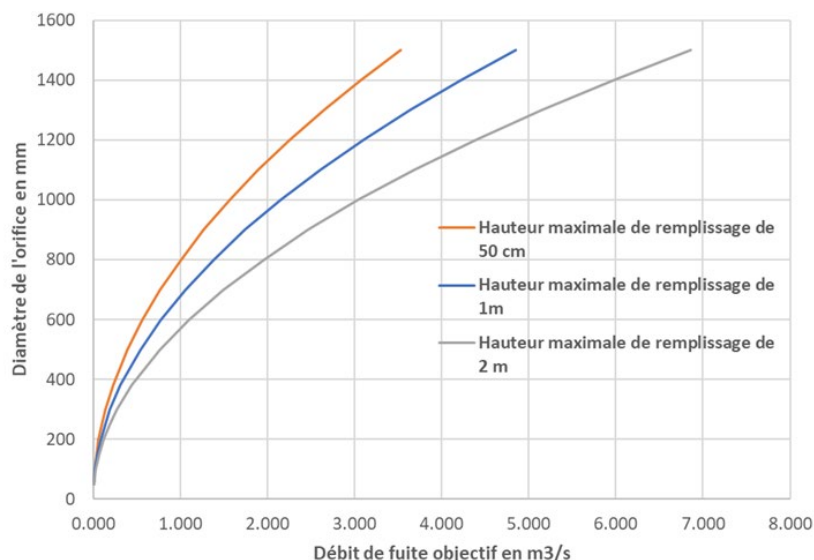
Source : Nantes Métropole

On distingue 2 types d'ouvrages :

Ouvrage « lourd » : pour les ouvrages avec des volumes et hauteurs d'eau importants (bassin de rétention...), ajout à côté de l'orifice de régulation, d'une vanne de fond (en position fermée) et d'un orifice de vidange supplémentaire (de plus gros diamètre : \varnothing 200 par exemple) pour vidanger l'ouvrage de rétention en cas d'obstruction (bassin plein à vidanger avant intervention sur l'ouvrage).

Ouvrage « léger » : pour les ouvrages de rétention avec une faible hauteur d'eau et profondeur (noue, tranchée d'infiltration...), un dispositif présentant un encombrement réduit peut être mis en place avec une grille intégrée entre les compartiments. Il devra être accessible (0,70 m x 0,70 m minimum). Pour les toitures stockantes le dispositif de régulation est présenté dans la fiche correspondante.

- **Dimensionnement** : pour déterminer facilement le diamètre de l'orifice calibré en fonction de la hauteur d'eau dans l'ouvrage (plus hautes eaux) et débit souhaité, un abaque est mis à disposition dans l'outil de calcul fourni par Nantes Métropole.



Exemple d'abaque de calcul pour le dimensionnement du diamètre de l'orifice calibré en fonction de la hauteur d'eau dans l'ouvrage et du débit de fuite souhaité

- **Canalisation d'entrée et de sortie dans l'ouvrage** : d'une section suffisante pour permettre l'inspection et l'hydrocurage (Ø300).
- **Surverse** : Nantes Métropole n'autorise aucune surverse (ou trop plein) intégrée dans l'ouvrage de régulation. L'évacuation des eaux en débordement doit obligatoirement se faire en surface (voir fiche « système de surverse »).

Entretien

- L'entretien doit impérativement être réalisé 2 fois par an et après chaque évènement pluvieux significatif (> 20mm/jour) pour éviter l'obstruction de l'ouvrage risquant de provoquer des nuisances (stagnation ...) voire des inondations.
- Inspection de l'ouvrage, manœuvre et graissage des parties amovibles (grille, vanne, plaque...)
- Ramassage des feuilles, déchets et divers détritiques (retenus par la grille)
- Curage des zones de décantation

Coûts d'investissement et d'exploitation (Fourchettes de prix en € HT données à titre indicatif)

Le coût de fourniture et pose d'un ouvrage préfabriqué de type limiteur de débit par ajustage (plaque percée) varie entre 1 000 et 5 000 €HT.

POUR EN SAVOIR

Fiche dispositif n°8 - Systèmes de surverse

Fiche dispositif n°2 - Toitures stockantes

Outil de calcul de dimensionnement mis à disposition par Nantes Métropole

Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales. ASTEE. 2017

SYSTÈMES DE SURVERSE

Tout ouvrage de stockage des eaux pluviales doit être équipé d'une surverse (trop-plein) aménagée de façon à pouvoir déborder lors de pluies exceptionnelles (T>100ans) sans causer de dégât sur l'ouvrage et les avoisinants.

Ces systèmes servent à évacuer les eaux excédentaires (uniquement après remplissage complet de l'ouvrage de stockage des eaux pluviales) par des apports d'eau supérieurs à la période de retour prise en compte pour le dimensionnement (ou en cas de colmatage et d'obstruction du système de régulation).

Nantes Métropole n'autorise aucune surverse enterrée (raccordée par branchement sur le réseau public par exemple). L'évacuation des eaux en provenance des surverses doit impérativement être gravitaire et se faire en surface (au niveau du terrain naturel) et son écoulement visible et apte à signaler tout dysfonctionnement du dispositif de gestion des eaux pluviales.

En cas de débordement du dispositif de gestion des eaux pluviales pour des pluies fortes à très fortes (voire exceptionnelles), le réseau public est également en surcharge et déborde sur la chaussée pour ruisseler dans la ville. Vouloir une surverse au réseau ne présente aucune sécurité mais plutôt un risque d'inondation par reflux d'eau dans le dispositif.



Débordement des bassins de rétention à ciel ouvert collectant les eaux pluviales de la ZAC de la Croix Bonnet sur la commune de Bois d'Arcy (78) fin mai début juin 2016 (à gauche) et fonctionnement normal (à droite)

Source : SDIS78/SEPIA Conseils

Les systèmes de surverse en fonction des dispositifs de gestion des eaux pluviales

Dispositifs de gestion des eaux pluviales

Toiture végétalisée

Par les descentes d'eaux pluviales, des gargouilles, des dauphins ou des boîtes à eau dirigées vers un ouvrage de gestion des eaux pluviales situé en aval

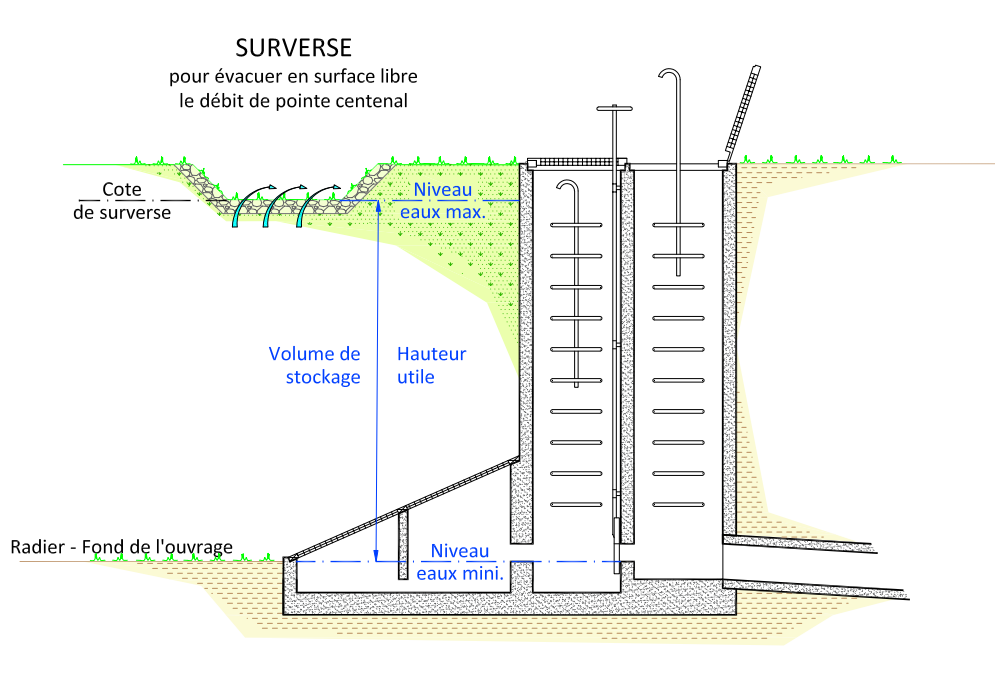
Ouvrage à ciel ouvert et espace temporairement inondable

Surverse aérienne au plus près du terrain naturel (au point bas) pour rejoindre par ruissellement de surface les axes d'écoulement aménagés (voiries, cheminements...) ou naturels (talweg, vallon...) vers le milieu récepteur

Ouvrage enterrés et chaussées à structure réservoir

Nivellement du revêtement de surface ou grille de surverse (au point bas) pour rejoindre par ruissellement de surface les axes d'écoulement aménagés (voiries, cheminements...) ou naturels (talweg, vallon...) vers le milieu récepteur

Les surverses enterrées (intégrées au dispositif de régulation par exemple) étant interdites seuls un déversoir aérien « frontal » seuil de déversement établi en crête de talus ou latéral (en pied de talus) est accepté.



Schémas d'une surverse superficielle.

Source : Nantes Métropole

La surverse en fonction des enjeux (sur le site et en aval)

La gestion des eaux débordant des dispositifs de gestion des pluies pluviales en cas de pluies exceptionnelles doit faire l'objet d'une analyse à part entière dans le cadre de la conception du projet.

Il ne s'agit pas de stocker ces eaux en débordement ou de surdimensionner les ouvrages mais d'aménager un parcours de l'eau à moindre dommage au sein du projet afin de s'assurer que ces écoulements n'engendreront pas de risque pour la sécurité des personnes ni de dégradations des biens au sein de l'opération et en aval. Il s'agit donc d'organiser des zones de débordements internes à l'opération puis d'en favoriser un cheminement diffus vers les voiries et espaces communs non vulnérables, pour lesquels une inondation temporaire est acceptable et qui de plus sont conçus pour évacuer gravitairement les ruissellements excédentaires vers les axes d'écoulements naturels.

Une attention particulière doit ainsi être portée au nivellement du terrain afin que ce système majeur d'écoulement ne conduise pas à orienter les eaux vers des espaces vulnérables tels que les entrées existantes ou projetées des sous-sols/garages souterrains...

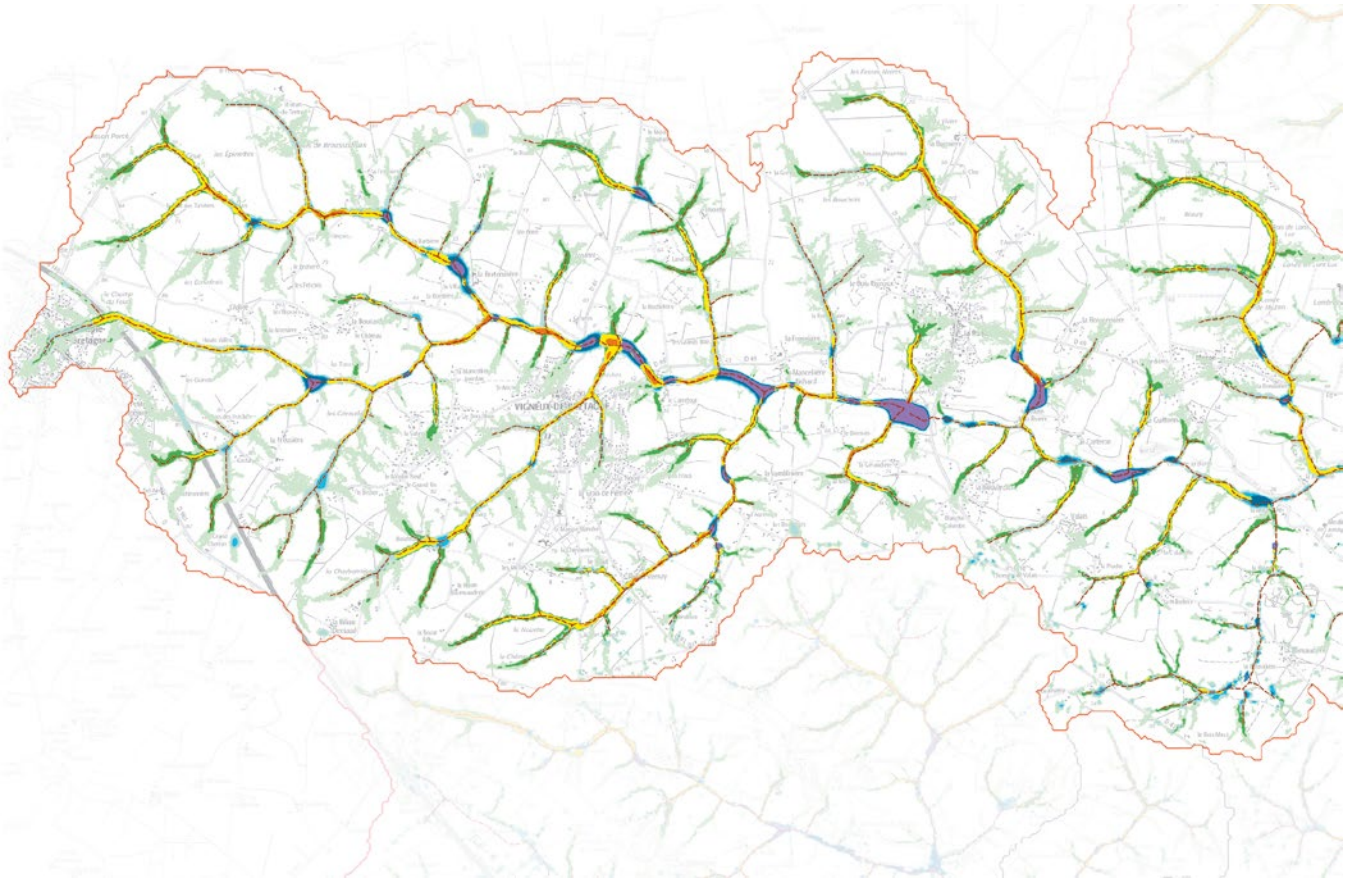
L'aménagement de ce système majeur d'écoulement doit être confronté à la cartographie des zones inondables par ruissellement produites par Nantes Métropole dans l'optique de faire converger les trajectoires des eaux de ruissellement provenant des bassins versant amont du projet et celles issues du débordement des dispositifs de gestion des eaux pluviales de l'opération.

Le stockage de la pluie centennale dans les dispositifs de gestion des eaux pluviales est nécessaire que pour les projets présentant une vulnérabilité particulière en aval lorsque l'évacuation des eaux de ruissellement en débordement n'est pas maîtrisée.



Adaptation d'un quartier pour la gestion des pluies exceptionnelle

Source : © 2019 / Agence de l'eau Rhin-Meuse. Tous droits réservés



Fonctionnement hydraulique d'occurrence centennale - Le Gesvres

Fiches thématiques

5 fiches thématiques sont présentées afin d'aller plus loin sur certains sujets.

Elles concernent :

Fiche 1 : La réglementation des eaux pluviales

Fiche 2 : L'infiltration des eaux pluviales

Fiche 3 : La pollution des eaux pluviales

Fiche 4 : La récupération des eaux pluviales

Fiche 5 : Les milieux humides et les eaux pluviales

LA RÉGLEMENTATION DES EAUX PLUVIALES

1. Le Cadre réglementaire général de la gestion des eaux pluviales

1.1 Le Code Civil

Les articles L640 et L641 du Code civil ont introduit les principes de base de transparence hydraulique et de non-aggravation à respecter entre propriétés voisines (servitude d'écoulement naturel des eaux de ruissellement) :

Obligations du propriétaire du terrain en contrebas (en aval) : Il doit recevoir les eaux qui s'écoulent naturellement des fonds supérieurs. Il doit supporter la servitude sans aucune contrepartie quelle que soit la gêne ou les dégâts occasionnés par le ruissellement de l'eau. Il ne doit mettre aucun obstacle à l'écoulement de l'eau : il ne peut pas boucher les évacuations d'eau du terrain surélevé, ni élever un mur ou une digue entravant ou empêchant l'écoulement de l'eau. A défaut, il serait condamné à remettre les lieux en l'état. Il peut toutefois réaliser des travaux à ses frais qui auraient pour but de réduire les inconvénients dus à l'écoulement des eaux : mettre en place un aménagement permettant un meilleur écoulement de l'eau, sous réserve de ne pas aggraver le ruissellement sur les terrains situés en aval (concentrer ou évacuer les écoulements vers d'autres terrains que ceux destinés à les recevoir naturellement...).

Obligations du propriétaire du terrain en contre-haut (en amont) : Le propriétaire du fonds supérieur ne peut rien faire qui aggraverait la servitude du fonds inférieur : installer des gouttières déversant directement les eaux de toiture sur un fonds voisin mettrait en jeu sa responsabilité. Il est, en ce sens, interdit de modifier la disposition naturelle des lieux, par l'établissement d'une buse pour diriger les eaux de ruissellement vers le fonds voisin. En cas d'aggravation de la servitude, une indemnité peut être versée au propriétaire du fonds inférieur, victime de préjudices et les juges peuvent également imposer la remise en état des lieux de manière à faire cesser l'aggravation litigieuse. Il en est ainsi de tous travaux réduisant la capacité d'absorption du sol du fait de l'augmentation du volume d'eau qui s'écoule ou lorsque des travaux de remblai du terrain supérieur peuvent provoquer une inondation du terrain en contrebas. La mise en œuvre de dispositifs pour compenser l'imperméabilisation des sols en stockant et en infiltrant sur sa parcelle les eaux pluviales pour rejeter le cas échéant un débit réguler permet de respecter cette obligation de ne pas aggraver cette servitude d'écoulement naturel des eaux de ruissellement.

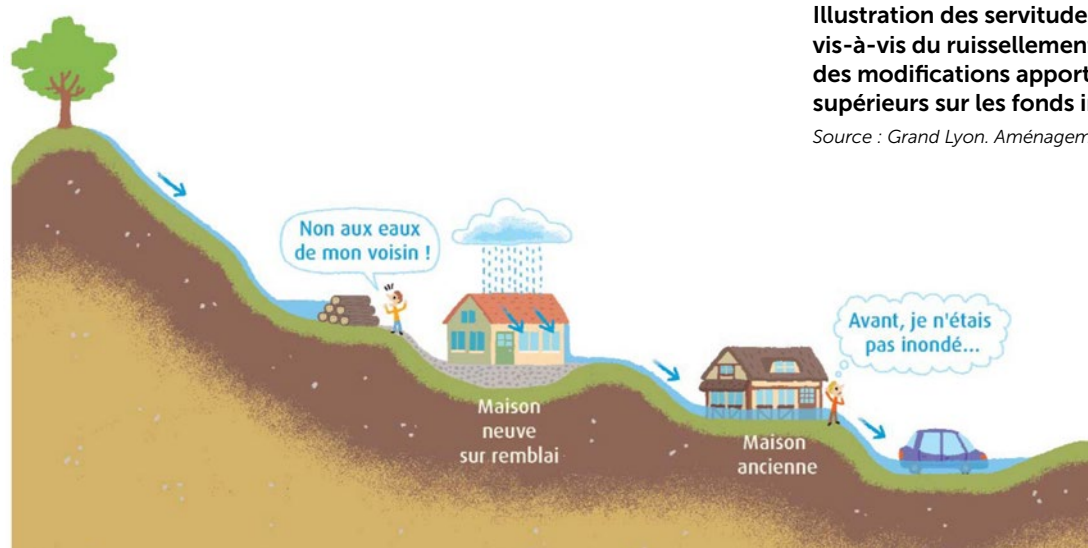


Illustration des servitudes amont-aval vis-à-vis du ruissellement et des incidences des modifications apportées par les fonds supérieurs sur les fonds inférieurs.

Source : Grand Lyon. Aménagement et eaux pluviales)

1.2 Le Code de l'Environnement

Le porteur de projet doit aussi tenir compte du Code de l'environnement, qui regroupe les prescriptions formalisées par les successives lois sur l'eau et en particulier :

- Les objectifs d'atteinte du bon état sur les masses d'eau découlant de la **Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE)** de 2000 et traduits dans la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006.
- L'obligation pour les porteurs de projet, indépendamment du lieu du projet, d'évaluer les incidences du projet vis-à-vis des ressources en eau et des milieux aquatiques selon sa nature et son ampleur (rejets, prélèvements, morphologie des cours d'eau et des zones inondables, ...). Ces impacts et le régime réglementaire du dossier à établir (**déclaration ou demande d'autorisation**) sont définis par des rubriques listées à l'article R214-1 du Code de l'Environnement et qui constituent la **nomenclature IOTA** (Infrastructures, Ouvrages, Travaux et Aménagements) des projets à évaluer. L'instruction des dossiers concernés est assurée par les services de la police de l'eau, sous l'autorité du Préfet de Département (DDTM ou DREAL).

À NOTER

La liste des rubriques et articles mentionnés est non exhaustive et susceptible d'évoluer. Ce sont ceux que l'on rencontre le plus souvent dans les projets faisant appel aux techniques alternatives (notamment 2.1.5.0). Le pétitionnaire devra vérifier que son aménagement ne fait pas référence à d'autres textes.

Articles L 214-1 à L 214-6

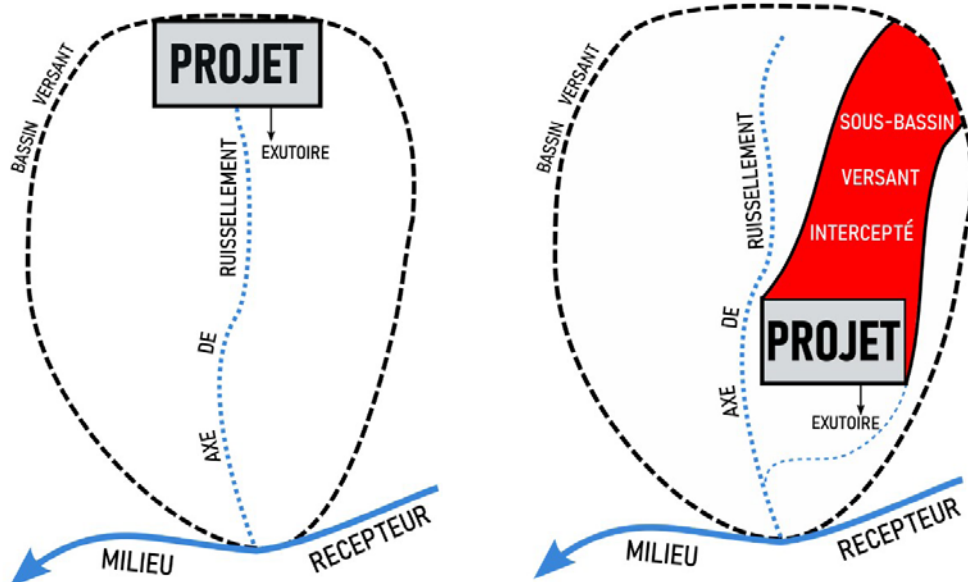
Ils stipulent qu'une installation ou un ouvrage est soumis aux procédures d'autorisation ou de déclaration, selon qu'il soit ou non susceptible de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement les risques d'inondation, de porter gravement atteinte à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique.

Articles R 214-1 et suivants

Ils précisent, d'une part, la procédure à suivre en ce qui concerne les demandes d'autorisation et de déclaration ; d'autre part, la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration.

Rubrique 2.1.5.0

Elle est relative au rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles, sur le sol ou dans le sous-sol. Si la surface totale (surface du projet ainsi que surface de la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet) est supérieure ou égale à 20 ha, le projet est soumis à une Autorisation loi sur l'eau. Si elle est supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha, il est soumis à Déclaration.



Sous-bassin versant intercepté selon la position du projet dans le bassin versant.

Source : SEPIA Conseils d'après un schéma de la DDTM de l'Hérault

L'emprise du projet n'intercepte pas d'écoulements naturels en provenance de l'amont (projet en tête de bassin versant). La surface à considérer est alors l'emprise du projet.

L'emprise du projet intercepte des écoulements naturels en provenance de l'amont. La surface totale à considérer est alors l'emprise du projet + la surface du bassin versant naturel intercepté.

Dans le cas où le projet est traversé par des écoulements concentrés (axe de ruissellement...), ces derniers doivent être préservés et ne pas être modifiés par le projet.

Rubrique 3.1.1.0

Elle concerne l'assèchement, la mise en eau, l'imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais. Si la superficie de la zone asséchée ou mise en eau est supérieure ou égale à 1 ha, le projet est soumis à Autorisation. Il est soumis à Déclaration, si la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 1 ha.

Rubrique 3.2.3.0

Elle concerne les plans d'eau permanents ou provisoires. Si la superficie est supérieure ou égale à 3 ha, une autorisation peut être délivrée. Si la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha, une simple déclaration suffit.

Un projet qui se trouve en dessous d'un seuil n'est pas soumis au dépôt d'un dossier réglementaire loi sur l'eau, pour autant les dispositions de la réglementation doivent s'appliquer.

Par ailleurs, en cas de projets réussis, si le cumul avec des opérations antérieures réalisées par le même demandeur dépasse un seuil de la nomenclature, un dossier réglementaire doit être réalisé et déposé auprès des services instructeurs de la police de l'eau.

1.3 La Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

La directive du 23 octobre 2000 adoptée par le Conseil et le Parlement européen définit un cadre commun à l'échelle européenne pour une gestion et une protection des eaux par grand bassin hydrographique.

Elle fixe un objectif de restauration du bon état écologique des masses d'eau (notamment les cours d'eau et les eaux souterraines) pour 2015, tout en prévoyant des programmes de mesures complémentaires jusqu'en 2027, dernière échéance pour l'atteinte des objectifs.

1.4 L'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectifs

Dans le cadre de la directive européenne sur les eaux résiduelles urbaines, l'arrêté du 21 juillet 2015 pose des prescriptions sur l'autosurveillance des réseaux d'assainissement et la fréquence des rejets d'eaux non traitées par les déversoirs d'orage au milieu naturel, dans un objectif de préservation des milieux naturels. Il précise que dans le cas de systèmes de collecte en tout ou partie unitaires, les solutions de gestion des eaux pluviales à la source, sans rejet au réseau, devront être systématiquement étudiées, et retenues dès lors qu'elles apparaissent viables sur le plan technico-économique.

2. Le cadre réglementaire régional et local

2.1 Le Schéma Directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Loire-Bretagne

Le SDAGE est un outil de cohérence et de planification de la politique de l'eau à l'échelle du bassin Loire-Bretagne. Ce document établit en particulier les orientations et les actions à mener pour l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau exigée par la DCE et la protection contre les inondations. A ce titre sont prescrites des dispositions pour maîtriser les eaux pluviales par la mise en place d'une gestion intégrée (orientation 3D) :

- Prévenir le ruissellement et la pollution des eaux pluviales dans le cadre des aménagements
- Réduire les rejets d'eaux de ruissellement dans les réseaux d'eaux pluviales
- Traiter la pollution des rejets d'eaux pluviales

« Les projets d'aménagement ou de réaménagement urbain devront autant que possible :

- limiter l'imperméabilisation des sols ;
- privilégier l'infiltration lorsqu'elle est possible favoriser le piégeage des eaux pluviales à la parcelle ;
- faire appel aux techniques alternatives au « tout tuyau » (noues enherbées, chaussées drainantes, bassins d'infiltration, toitures végétalisées...) ;
- mettre en place les ouvrages de dépollution si nécessaire ;
- réutiliser les eaux de ruissellement pour certaines activités domestiques ou industrielles. »

2.2 Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Trois SAGEs couvrent l'ensemble du territoire de Nantes Métropole : Estuaire de la Loire, Sèvre nantaise, Logne, Boulogne, Ognon et Grand Lieu.

Le SAGE est un document de planification permettant de gérer de façon équilibrée les milieux aquatiques et de concilier tous les usages de l'eau à l'échelle du territoire. Il a une portée réglementaire : toutes les décisions prises par l'État et les collectivités territoriales doivent être compatibles avec ses dispositions.

2.3 Le règlement d'assainissement

Le règlement d'assainissement de Nantes Métropole (collectif et non collectif) fixe des dispositions et prévoit les conditions de déversement dans le réseau public.

Les dispositions du zonage pluvial annulent et remplacent le règlement d'assainissement en vigueur à la date d'approbation du zonage pluvial, pour les dispositions et les règles qui seraient en contradiction, et notamment la règle du débit de rejet maximum autorisé.

Les eaux pluviales puisées dans la nappe phréatique (notamment dans le cas de rabattement de nappe ou d'utilisation de pompe à chaleur...) sont interdites au déversement au réseau public. Aussi, en cas de construction ou d'occupation du sol de niveaux inférieurs au terrain naturel (cave, sous-sol, parking...) il convient de prévoir les mesures constructives adaptées pour éviter l'intrusion de ces eaux, tel qu'un cuvelage étanche.

Les eaux usées et les eaux pluviales doivent être collectées de manière séparée. Il est ainsi formellement interdit de mélanger les eaux usées et les eaux pluviales même s'il s'avère que l'exutoire final est un réseau unitaire.

L'exutoire préférentiel des eaux pluviales doit être le milieu superficiel (fossé) ou le caniveau. Si aucun exutoire autre que le réseau public n'est possible, la collectivité peut sous certaines conditions autoriser le rejet dans le réseau.

Le branchement, s'il y a lieu, doit respecter les conditions de raccordement notamment une profondeur en limite de propriété à 1 m mesurée entre le terrain naturel et le dessus du tuyau (liée aux contraintes de recouvrement de réseau - profondeur minimum - et aux risques de reflux - profondeur maximum). Aussi, pour garantir un fonctionnement strictement gravitaire, il convient d'enterrer l'eau le moins possible (collecte en surface). Le fait de collecter les eaux pluviales par des canalisations

tions amène nécessairement à s'approfondir (recouvrement, pente...) et à se trouver à plus d'un mètre de profondeur au niveau du point raccordement. Le branchement au réseau public peut alors être refusé.

Le demandeur d'un branchement au réseau public d'évacuation des eaux pluviales doit fournir un mémoire technique justificatif pour obtenir une autorisation de rejet au réseau public comprenant le formulaire de demande de validation de projet de gestion des eaux pluviales autorisé par Nantes Métropole.

Le propriétaire devra entretenir régulièrement et garantir le bon fonctionnement de ses installations de gestion des eaux pluviales. Au titre de la protection du réseau public et de la gestion des débordements, les services de Nantes Métropole peuvent contrôler la conformité des installations privées et les conditions de raccordement, tels que les dispositifs de stockage et de régulation des eaux pluviales. Si les installations sont jugées non conformes aux prescriptions du zonage pluvial, le raccordement au réseau public ne sera pas autorisé et dans le cas d'installations en service, le branchement peut être obturé après mise en demeure du propriétaire. La collectivité n'a pas d'obligation de collecter les eaux pluviales en provenance des parcelles privées.

2.4 Le Plan Local d'Urbanisme métropolitain et le Code de l'Urbanisme

Le Plan local d'urbanisme métropolitain (PLUm) est le document de planification urbaine qui a pour objet de définir et d'organiser le développement du territoire au sein des 24 communes de la métropole. Il définit les droits à construire, tout en préservant l'environnement et la qualité du cadre de vie. C'est à la fois un projet politique qui expose les objectifs d'aménagement et de développement durables du territoire porté par Nantes Métropole pour les 15 prochaines années et un outil réglementaire qui fixe les modalités de mise en œuvre de ce projet en définissant les règles d'occupation des sols applicables sur toutes les parcelles (à l'exception du périmètre couvert par le Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur à Nantes) et opposables à toutes les personnes (particuliers, personnes morales de droit public ou privé) à l'occasion des projets d'aménagement ou de construction.

Nantes Métropole adopte dans son PLUm des prescriptions en matière de gestion des eaux pluviales opposables à tout projet sur le territoire métropolitain. Ces prescriptions découlent de l'intégration du zonage pluvial qui fixe les conditions pour limiter l'imperméabilisation des sols, en application du 3° et 4° de l'article L.2224-10 du CGCT.

L'article C.2.2.2 du PLUm concerne les eaux pluviales et renvoie aux dispositions du zonage pluvial qui est annexé au PLUm (pièce n°5.2.9).

L'absence d'information ou la non-conformité d'un projet aux prescriptions du zonage pluvial en matière de gestion des eaux pluviales est un motif de refus d'une demande d'urbanisme pour non-respect du règlement du PLUm.

Par ailleurs, le PLUm traduit, à travers les différentes pièces qui le composent, les ambitions de la Métropole vis-à-vis de la préservation du cycle de l'eau, du paysage et de la biodiversité, avec par exemple :

- **Règlement écrit et graphique** : Le busage des cours d'eau et fossés sont interdits, sauf impératif technique pour des raisons de sécurité, ainsi que les affouillements et exhaussements des sols.

Les constructions et ouvrages qui ne respectent pas un retrait minimum de 10 m (à partir du haut de la berge des cours d'eau non busés) sont interdits.

Par ailleurs, le PLUm établit la cartographie des zones présentant un risque d'inondation par ruissellement et débordement de cours d'eau. Dans ces zones, sont fixées des règles en matière de constructions, modulées selon l'intensité de l'aléa et son potentiel impact sur la sécurité des personnes des biens.

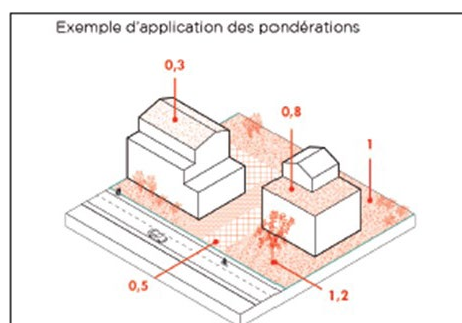
- **Règles du Coefficient de Biotope par Surface (CBS)**

Comprendre une proportion de surface favorable à la biodiversité et à la gestion de l'eau (surfaces perméables et végétalisées) dites éco-aménagées

ARTICLE C.2 – Desserte par les réseaux

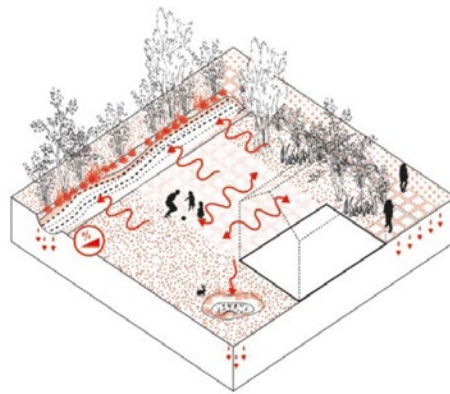
C.2.2.2 Eaux Pluviales*

La gestion des eaux pluviales* est à la charge et de la responsabilité exclusive du propriétaire de l'unité foncière qui doit réaliser des dispositifs adaptés à l'opération, à la topographie, à la nature du sol et du sous-sol, pour garantir la collecte, l'évacuation et le traitement éventuel des eaux pluviales dans des conditions respectant les dispositions réglementaires en vigueur, dont les dispositions du zonage pluvial de Nantes Métropole, annexées au PLUm (pièce n°5-2-9).



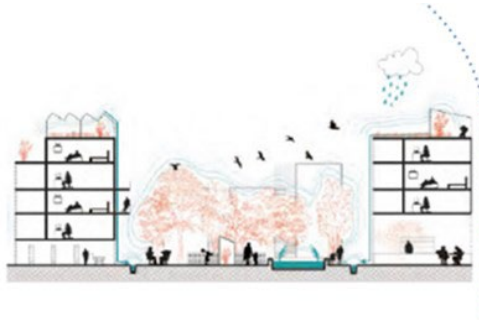
- Règles de l'Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) Trame Verte, Bleue et paysage (TVBp)

Limiter l'imperméabilisation et gérer les eaux pluviales à la source



- Règles de l'OAP thématique Climat, Air, Energie (CAE)

Développer la végétation et la présence de l'eau dans les quartiers et intégrer la gestion de l'eau comme facteur rafraîchissant (infiltration, évapotranspiration)



2.5 Le règlement sanitaire départemental

Le règlement sanitaire départemental contient des prescriptions concernant les eaux pluviales :

- **Article 124** : Les citernes destinées à recueillir l'eau de pluie
- **Article 261-1** : L'évacuation des eaux pluviales

2.6 Les périmètres de protection des captages d'eau potable

Il existe 4 périmètres sur le territoire de Nantes Métropole pour les captages de Basse Goulaine, de Mauves-sur-Loire, de la Roche et de Saint Félix sur Nantes. Certains périmètres de protection de captage peuvent formuler des restrictions en matière d'infiltration des eaux pluviales. Il conviendra de consulter l'arrêté de DUP correspondant (Déclaration d'Utilité Publique).

2.7 Le Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI)

Le territoire de Nantes Métropole est soumis à trois PPRI : Loire amont, Loire aval dans l'agglomération nantaise et Sèvre Nantaise.

Ils définissent les secteurs inondables et les règles à respecter pour limiter ce risque naturel, notamment en matière d'urbanisation et d'occupation des sols.

L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES

Cette fiche détaille les études adaptées pour optimiser autant que possible l'infiltration dans les projets d'aménagement.

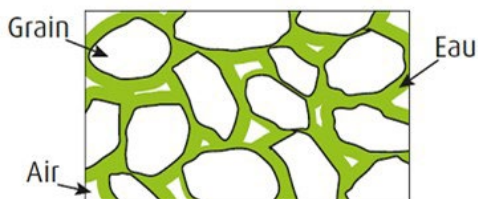
En complément de cette fiche, Nantes Métropole a publié une collection de guides pratiques et d'outils accessibles sur : <https://metropole.nantes.fr/eaux-pluviales> parmi lesquels les documents suivants qui pourront utilement compléter la lecture de la présente fiche « Infiltration ».

- Eléments de cahier des charges pour la commande d'études de sols pour l'infiltration des eaux pluviales.
- Eléments de cahier des charges pour la commande d'études de maîtrise d'œuvre pour la gestion des eaux pluviales.

1. Quelques éléments de compréhension du fonctionnement d'un sol

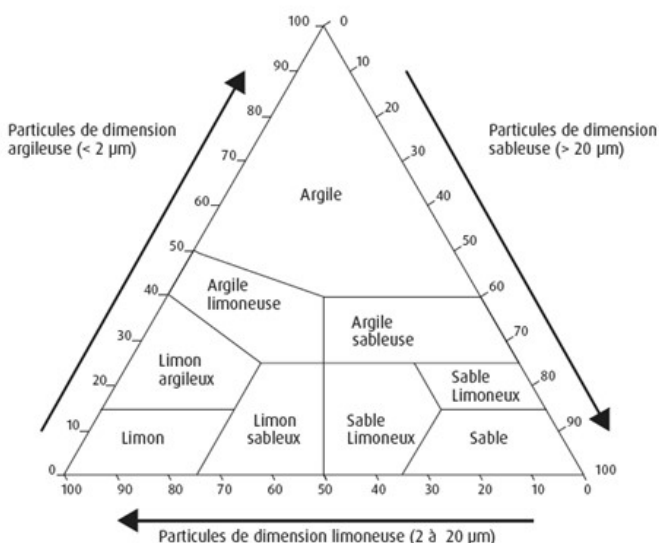
1.1 Constitution des sols

Le sol est constitué de grains, d'eau et d'air.



Coupe Schématique d'un sol. Source : © ADOPTA - <https://adopta.fr>

Les sols sont souvent constitués d'un mélange de sables, de limons et d'argiles. Il est possible de faire une classification des sols selon la taille et la proportion des grains qui le constituent.







Exemple de classification. Source : © ADOPTA - <https://adopta.fr>

1.2 Capacité d'infiltration d'un sol

Un paramètre important pour concevoir et dimensionner correctement un dispositif d'infiltration des eaux pluviales est la capacité d'infiltration du sol support. Elle est évaluée en fonction de la perméabilité du sol (appelée aussi conductivité hydraulique, K) qui représente son aptitude à laisser l'eau s'écouler dans les vides entre les grains et les fissures dans le cas des roches. Même si la perméabilité est une vitesse (K exprimé en m/s), il est important de comprendre qu'il s'agit en réalité d'un débit (volume infiltré dans un temps donné) par unité de surface, qui s'exprime en $m^3/s/m^2$.

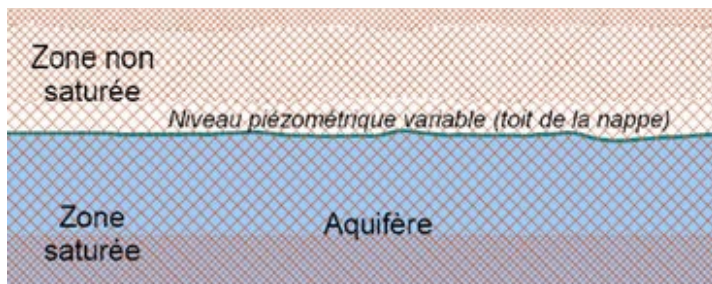
Des ordres de grandeur de la perméabilité sont donnés en fonction de la taille des grains ci-dessous :

	Grave	Sol sableux			Sol limoneux			Sol argileux		
Dénomination des sols										
Taille des grains	50 mm	2 mm			0.08 mm			0.002 mm		
Capacité d'infiltration en $m^3/s/m^2$	1	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Equivalence en cm/h				36	3.6	0.36				
	Très perméable						Imperméable			

Ordres de grandeur de la taille des grains et de la capacité d'infiltration selon le type de sol (B. Chocat / GRAIE- 2020)

1.3 Profondeur de la nappe

L'autre paramètre important pour la conception d'un dispositif d'infiltration est l'épaisseur de la zone non saturée qui désigne le terrain situé entre le fond d'un ouvrage et le toit de la nappe d'eau souterraine.



Zone saturée et non saturée :
représentation schématique (DGALN,
Cerema - rejet d'eaux pluviales - 2014).
Source : DGALN, Cerema

Le niveau de la nappe varie au fil des saisons. Il peut être déterminé par des suivis piézométriques ou dans l'observation visuelle de la coupe pédologique dans des fouilles présentant des signes de stagnation de l'eau dans le sol (traces d'hydromorphie). Des venues d'eau lors d'un sondage ne doivent pas être interprétées systématiquement comme la présence d'une nappe. Au contraire dans certains cas, elle témoigne de la présence d'horizons plus perméables dans lesquels l'eau circule facilement.

La proximité de la nappe ne constitue pas un obstacle à l'infiltration des eaux pluviales. La circulation de l'eau dans le sol n'est en effet pas uniquement verticale et il existe également une circulation horizontale qui permet à l'eau de pénétrer dans la couche supérieure du sol et de percoler jusqu'à la nappe. C'est ce qui explique que sur les terrains non aménagés, même en situation de nappe haute, il n'y a pas de stagnation d'eau en surface.

Il est donc possible d'infiltrer en situation de nappe haute, mais la vitesse d'infiltration peut se trouver ralentie et en période de fortes pluies la saturation peut générer une accumulation temporaire en surface.

2. La réalisation d'études de sols et d'essais d'infiltration

2.1 La cartographie métropolitaine d'aptitude à l'infiltration

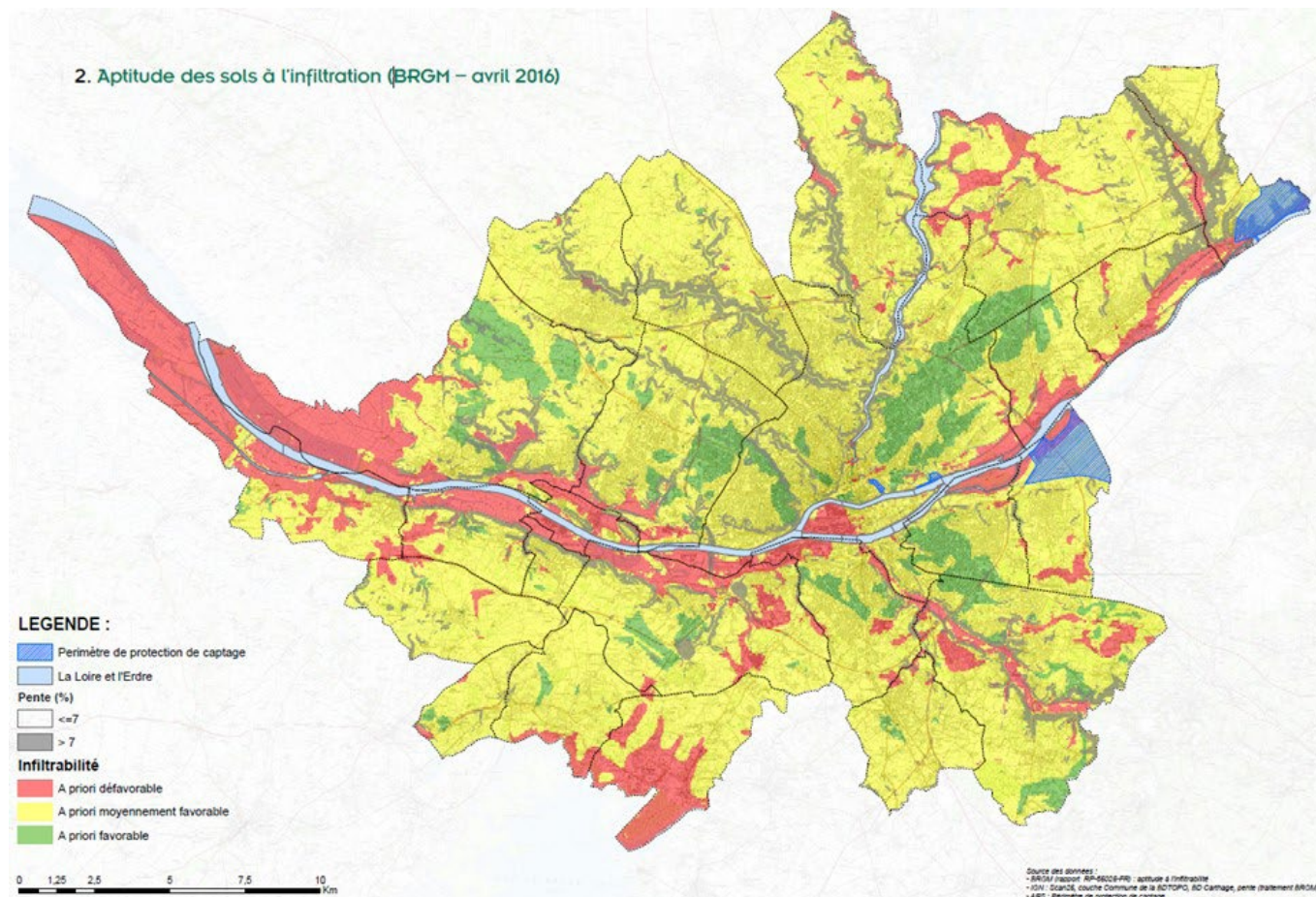
Pour aider les porteurs de projet à appréhender le contexte d'un site à aménager, Nantes Métropole a réalisé une cartographie de synthèse du potentiel des sols à l'infiltration des eaux pluviales.

Cette carte réalisée à l'échelle du territoire métropolitain prend en compte : la nature des sols, la profondeur de la nappe et l'Indice de Développement et de Persistance des Réseau (IDPR) reflétant la capacité du sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux pluviales.

Elle permet ainsi de donner des indications sur la capacité d'infiltration des sols selon trois classes d'aptitude :

- **Zone verte, plutôt « favorable »** : le site ne présente a priori pas ou que peu de contraintes à l'infiltration des eaux pluviales. Une étude de sols doit permettre de valider la facilité de mise en œuvre de solutions d'aménagement par infiltration,
- **Zone jaune, plutôt « moyennement favorable »** : l'infiltration est a priori possible. La présence de certaines contraintes peut nécessiter la réalisation d'investigations complémentaires afin d'adapter et optimiser les solutions d'aménagement par infiltration,
- **Zone rouge, plutôt « défavorable »** : la présence a priori de certaines contraintes nécessite la réalisation d'investigations complémentaires plus poussées afin d'évaluer localement la faisabilité d'une solution par infiltration. Le résultat de ces investigations peut amener dans certains cas à envisager un rejet à débit régulé en complément de l'infiltration. Même dans le cas d'une faible capacité d'infiltration du site, il est toutefois possible d'infiltrer a minima les pluies faibles.

La carte rassemble également des informations importantes sur le contexte à prendre en compte vis-à-vis de l'infiltration : la présence d'un périmètre de captage d'eau potable ou de fortes pentes.



D'autres informations très localisées qui ne sont pas représentées sur la carte doivent également être analysées dans le cadre du diagnostic des sols : la présence de risques géotechniques ou de sols pollués...

Dans le cas où le site est soumis à des contraintes particulières, des investigations approfondies doivent être réalisées pour vérifier les restrictions applicables et évaluer dans quelles conditions des solutions d'infiltration des eaux pluviales peuvent être mises en place. Le résultat de ces investigations complémentaires amène dans le cas où les contraintes sont discriminantes à l'infiltration à solliciter une dérogation pour un rejet à débit régulé vers un exutoire (Cf. chapitre 4).

La cartographie d'aptitude à l'infiltration est une aide précieuse pour préparer le contenu des études de sols. Toutefois, seule une campagne de reconnaissances et des mesures de perméabilité in situ permettent d'évaluer la capacité d'un terrain à infiltrer les eaux pluviales, de choisir les dispositifs les mieux adaptés et de valider leur conception et leur dimensionnement.

2.2 Une démarche en 3 phases

Les sols présentent parfois une forte hétérogénéité et la capacité d'infiltration peut être très variable d'un point à un autre (parfois à quelques dizaines de mètres de distance) ou à différentes profondeurs, particulièrement en zone urbaine où les sols sont souvent remaniés (apport de matériaux, compactage pouvant réduire la perméabilité, contamination associée à l'occupation du sol historique...). Du fait de la grande variabilité des sols, la définition et le dimensionnement de la campagne de reconnaissance et de mesures in situ sont donc indispensables pour définir les conditions d'infiltrabilité.

Pour que la capacité d'infiltration soit la plus représentative possible, plusieurs choix d'importance doivent être effectués : le type d'essai à mettre en œuvre, leur représentativité (le nombre, la position et la profondeur des essais) et leur interprétation. Ces choix doivent également être faits en fonction du contexte du site et du moment auquel les essais sont effectués (depuis l'étude diagnostic initial, pour étudier les potentialités du site, jusqu'au projet détaillé, pour affiner le dimensionnement des ouvrages). Les essais à effectuer et la valeur à retenir pour le dimensionnement doivent également tenir compte des conditions de fonctionnement des ouvrages envisagés (rapport entre la surface active collectée et la surface d'infiltration, la position, la profondeur, la forme et le type d'ouvrage...).

La capacité d'infiltration des sols est un paramètre essentiel mais difficile à appréhender. Les études de sols doivent être adaptées pour répondre aux besoins spécifiques des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales. La conception, le dimensionnement et dans certains cas la faisabilité du projet de gestion des eaux pluviales dépendent directement de ce paramètre. Une attention particulière est à apporter à la réalisation de cette mission et c'est pourquoi des éléments de méthode sont préconisés par Nantes Métropole*.

Les études de sols peuvent être réalisées en 3 phases :

- **Phase 1 : Diagnostic initial** : il s'agit d'un diagnostic de base avec l'acquisition des données nécessaires à la construction du programme de l'opération. La phase 1 permet de définir le contexte hydro-géologique du site, de recueillir les données sur la nature des sols en place ainsi que la réalisation d'éventuels essais de reconnaissance et d'infiltration, lorsque l'accès aux terrains est possible.
- **Phase 2 : Reconnaissances et essais d'infiltration** : une fois que le maître d'ouvrage a retenu une équipe de maîtrise d'œuvre, celle-ci définit les esquisses du programme ainsi que les principes de gestion des eaux pluviales. La phase 2 permet la réalisation d'essais approfondis de reconnaissance et d'infiltration permettant de s'assurer de la faisabilité technique et de dimensionner les dispositifs de gestion des eaux pluviales projetés.
- **Phase 3 : Etudes complémentaires** : en fonction des contraintes identifiées dans les phases précédentes, des investigations complémentaires pourront être nécessaires, par exemple en cas de présence d'un périmètre de protection de captage, de risques géotechniques, de pollution des sols ou du fait du niveau de la nappe phréatique.

.....

→ *Eléments de cahier des charges : commande d'études de sols pour l'infiltration des eaux pluviales*

.....

2.3 Aide au choix du type de test à réaliser

2.3.1 Présentation des différents types de tests envisageables.

Type de test	Principe	Illustration	Ordre de grandeurs des coûts
Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo)	Mesure de la vitesse d'abaissement du niveau d'eau dans une fosse de grande taille. Cet essai bien adapté aux différents types de sols a l'avantage de s'approcher des conditions de fonctionnement des ouvrages d'infiltration (perméabilité globale du terrain à grande échelle)		Location pelle mécanique : 600 € HT/j Location citerne à eau : 500 € HT/j Réalisation de 1 à 3 tests : forfait de 300 € HT à 600 € HT (temps d'intervention : ½ journée à 2 jours)
Dans un trou réalisé à la pelle à main (type « à la bêche » / Matsuo simplifié)	Mesure du temps nécessaire pour infiltrer une hauteur d'eau dans un trou de petite taille. Cet essai simple à mettre en œuvre a l'avantage de s'approcher des conditions de fonctionnement des ouvrages d'infiltration		Réalisation jusqu'à 5 tests : forfait de 250 € HT (temps d'intervention : 1 à 3 heures)
Dans un trou cylindrique réalisé à la tarière à main (type Porchet)	Mesure de l'évolution du niveau dans le trou, au cours de plusieurs cycles de remplissage. Bien que normalisé et polyvalent cet essai à petite échelle sous-estime sensiblement la perméabilité (lissage des parois, tassement...)		Location citerne à eau : 500 € HT/j Réalisation de 1 à 3 tests : forfait de 400 € HT à 600 € HT (temps d'intervention : 5 à 8 heures)
Dans des cylindres concentriques (type double-anneaux)	Mesure de l'évolution du niveau dans le cylindre (ou « anneau ») central placé sur la surface à tester. L'anneau externe, également rempli, permet d'éviter les fuites latérales de l'anneau central et de mesurer spécifiquement l'infiltration verticale		Réalisation de 1 à 3 tests : forfait de 400 € HT à 600 € HT (temps d'intervention : 5 à 8 heures)
Dans des dispositifs existants	Mesure de l'évolution du niveau dans un dispositif existant (noue ou puits par exemple), comparable au dispositif envisagé pour le projet et situé à proximité, dans un contexte pédologique identique		Réalisation de 1 test : forfait de 250 € HT (temps d'intervention : 1 à 2 heures)

À NOTER

Les essais en forage, de type Nasberg (en milieu non saturé) **ne sont volontairement pas intégrés dans la liste** des différents types de tests envisageables (les essais Lefranc sont quant à eux totalement inadaptés car ils sont faits dans la zone saturée en présence de la nappe).



































À NOTER

Les essais de type Nasberg peuvent être représentatifs, pour le fonctionnement d'ouvrages enterrés et profonds (en particulier les puits d'infiltration), mais ce type d'ouvrage n'est pas recommandé sur le territoire car sensible au colmatage et à la variabilité de la nappe. Le cas échéant, pour les ouvrages enterrés, il est préférable d'utiliser des essais de type Matsuo.

À NOTER

Aussi, ces essais ne sont pas souhaités car ils cumulent de nombreux désavantages et sont souvent mal utilisés et mal interprétés (échelle éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales préconisées, forte sensibilité aux effets de bords liés à la technique de sondage, complexité de mise en œuvre et d'interprétation).

2.3.2 Forces et faiblesses des différents types de tests envisageables (représentativité, facilité de mise en œuvre)

Type de test	Représentativité en vue de l'infiltration des eaux pluviales	Facilité de mise en œuvre
<p>Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo)</p>	<p> Echelle proche de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Fosse de grande dimension (4,7 m de long et 2,7 m de large, taille de la fosse à adapter à la surface de l'ouvrage). Sensibilité aux caractéristiques locales du sol plus réduite, intègre des variations pédologiques de l'ordre du mètre</p> <p> Permet de tester l'infiltration dans des plages élargies de profondeur et de mise en charge (de 0 à 4 voire 5 m, selon la pelle utilisée et la tenue des sols)</p> <p> Sensibilité aux « effets de bords » existante mais réduite. Peut être limitée par la scarification des parois après la réalisation du trou</p> <p> Offre une bonne vision du profil pédologique</p>	<p> Nécessite une pelle mécanique, avec un chauffeur qualifié</p> <p> Volume d'eau nécessaire important (peut-être de l'ordre de 3 m³ pour un seul test), nécessitant un accès à l'eau ou d'un véhicule citerne, avec souvent plusieurs remplissages</p> <p> Potentiellement coûteux pour un maître d'ouvrage ne disposant pas du matériel</p> <p> Nécessite une DICT</p>
<p>Dans un trou réalisé à la pelle à main (type à la bêche / Matsuo simplifié)</p>	<p> Sensibilité aux « effets de bords » limitée</p> <p> Echelle intermédiaire. Trou de petite taille (50 cm de long et 20 cm de large). Sensibilité moyenne aux caractéristiques locales du sol. Peut être limitée par la répétition de l'essai à plusieurs endroits pour les ouvrages de grandes surfaces.</p> <p> Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de profondeur et de mise en charge (entre 50 cm et 1 m maxi)</p>	<p> Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière (facile à faire soi-même)</p> <p> Volume d'eau nécessaire limité (du même ordre de grandeur que pour les tests à la tarière à main), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p> Peu coûteux</p> <p> Risques de difficultés voire d'impossibilité de réalisation des trous si les sols sont trop durs</p>
<p>Dans un trou cylindrique réalisé à la tarière à main (type Porchet)</p>	<p> Echelle assez éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Volume échantillonné très limité (15 cm de diamètre). Donc forte sensibilité aux caractéristiques très locales du sol. Peut être compensée par la multiplication des tests</p> <p> Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de profondeur et de mise en charge (entre 50 cm et 1 m maxi)</p> <p> Forte sensibilité aux « effets de bords » liés à la technique de sondage (en particulier risque de constitution d'un « mud-cake », lissage des parois tassant le sol). Peut être limitée par la scarification des parois après la réalisation du trou</p> <p> N'offre pas une bonne vision du profil pédologique</p>	<p> Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière</p> <p> Volume d'eau nécessaire limité (à titre d'exemple, un test dans un trou de diamètre 15 cm et de profondeur 70 cm, avec 3 remplissages, demande un volume total d'environ 37 l), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p> Peu coûteux</p>
<p>Dans des cylindres concentriques (type double-anneaux)</p>	<p> Permet, contrairement aux autres tests, de mesurer la vitesse d'infiltration verticale sur un sol en place (utile en vue d'une infiltration au fond d'un espace existant)</p> <p> Sensibilité aux « effets de bords » inexistante</p> <p> Echelle assez éloignée de celle des solutions d'infiltration des eaux pluviales. Donc forte sensibilité aux caractéristiques très locales du sol. Peut être compensée par la multiplication des tests</p> <p> Ne permet de tester l'infiltration que dans des plages limitées de mise en charge (de l'ordre de 50 cm)</p>	<p> Matériel peu encombrant, facile à transporter, et ne nécessitant pas de qualification particulière</p> <p> Volume d'eau nécessaire limité (du même ordre de grandeur que pour les tests à la tarière ou à la pelle à main), qu'il est envisageable de transporter à l'aide de bidons</p> <p> Peu coûteux</p>
<p>Dans des ouvrages ou espaces existants</p>	<p> Type de test le plus représentatif, « grandeur nature »</p> <p> S'assurer que les contextes, en particulier pédologiques, sont réellement identiques</p>	<p> Ne nécessite aucune intervention, à part l'acheminement des volumes d'eau suffisants</p> <p> Volume d'eau nécessaire important, nécessitant un accès à l'eau ou d'un véhicule citerne, avec souvent plusieurs remplissages</p> <p> Nécessite l'autorisation du gestionnaire du dispositif existant</p>

2.3.3 Conclusions sur le type de test à privilégier selon le contexte

Le premier critère de choix du type d'essais à réaliser est la bonne représentativité du test en fonction du projet de gestion des eaux pluviales.

Pour choisir les essais, les deux facteurs déterminants sont :

- 1- la profondeur du dispositif d'infiltration : ouvrage en « surface » (moins de 1 m de profondeur, type noue, jardin de pluie, espace vert en creux, tranchée drainante, structure réservoir...) ou ouvrage « profond » (plus de 1 m de profondeur, type bassin enterré, puits d'infiltration...)
- 2- le rapport « Fc » entre la surface active collectée et la surface d'infiltration : ouvrage « à la source » (avec une forte emprise d'infiltration collectant de faibles surfaces imperméabilisées - Fc compris entre 1 et 10) ou ouvrage « intensif » (avec une faible emprise d'infiltration collectant des surfaces imperméabilisées importantes - Fc supérieur à 10).

On peut ainsi raisonner en fonction des règles suivantes :

- pour de l'infiltration par simple « épandage » dans des espaces existants sans remanier les sols en place, il est possible d'utiliser des essais dans des cylindres concentriques (type double-anneaux) placés sur la surface à tester.
- pour un dispositif en « surface » et « extensif », collectant une surface active inférieure à 1 000 m² des essais dans un trou réalisé à la pelle à main (type "à la bêche") sont suffisants. Au-delà, des essais dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) sont préconisés. Il n'est pas nécessaire de considérer un sol saturé en cas d'ouvrage à ciel ouvert (épaisseur de terre végétale, végétation...).
- dans les autres cas, il faut utiliser des essais dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) et avec des dimensions suffisamment importantes. Pour un dispositif enterré « profond » le risque que le sol se sature lors de pluies fortes augmente, il faut alors mesurer l'évolution du niveau d'eau au cours de plusieurs cycles de remplissage (en saturation).

À NOTER

Même si l'essai MATSUO (fosse par pelle mécanique) n'est pas normalisé, il est recommandé par Nantes Métropole car il est particulièrement adapté aux sols et aux techniques préconisées sur le territoire.

Dispositif d'infiltration	Types de test adaptés (par ordre de priorité)	Faisabilité de l'infiltration par niveau de pluie
Espace existant, sans toucher au sol en place	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dans l'espace en question 2. Dans des cylindres concentriques (type double-anneaux) 	<p>Type de test le plus représentatif, mais peut demander des volumes d'eau importants</p> <p>Si le test dans l'espace en question est trop complexe à réaliser, ce type de test permet de mesurer la vitesse d'infiltration verticale sans toucher au sol en place</p>
Dispositif de « surface » (1 m maxi) et « extensif » (Fc compris entre 1 et 10) type noue, jardin de pluie, tranchée d'infiltration, structure réservoir...)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dans un dispositif de ce type existant à proximité 	Type de test le plus représentatif, à condition de s'assurer que les contextes sont réellement identiques
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) 	Ce type de test à privilégier autant que possible, car offrant les meilleures garanties de représentativité.
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Dans un trou réalisé à la pelle à main (type à la bêche) 	<p>Si la surface active est inférieure à 1 000m², ce type de test simplifié peut être réalisé (à privilégier par rapport à l'essai Porchet car moins sensibles aux « effets de bord »)</p> <p>Multiplier les tests pour compenser leur trop petite échelle</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 4. Dans un trou réalisé à la tarière à main (type Porchet) 	<p>Si les autres tests ne peuvent être réalisés, ce type de test peut être envisagé en première approche (essais Matsuo à réaliser pour valider le dimensionnement)</p> <p>Multiplier les tests pour compenser leur trop petite échelle</p>
Dispositif de « surface » (1 m maxi) et « intensif » (Fc > 10)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) 	Pour un dispositif collectant des surfaces importantes, seul ce type de test offre suffisamment de garanties de représentativité
Dispositif « profond » (>1 m) et « extensif » (Fc compris entre 1 et 10) type : puits d'infiltration, tranchée d'infiltration, structure réservoir...)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dans un dispositif de ce type existant à proximité 	Type de test le plus représentatif, à condition de s'assurer que les contextes sont réellement identiques
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) 	En cas d'ouvrage profond, ce type de test offre des plages suffisantes de profondeur et de mise en charge
Dispositif « profond » (>1 m) et « intensif » (Fc > 10). Type : bassin enterré, puits d'infiltration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dans une fosse réalisée à la pelle mécanique (type Matsuo) 	Pour un dispositif enterré collectant des surfaces importantes, seul ce type de test offre suffisamment de garanties de représentativité (sous réserve que les dimensions de la fosse soient suffisamment importantes)

2.4 Recommandations pour la mise en œuvre et l'interprétation des essais d'infiltration

2.4.1 Localisation, densité et profondeur

Du fait de la grande variabilité de la capacité d'infiltration du sol, parfois à quelques dizaines de mètres de distance, ou encore aux différentes profondeurs, plusieurs essais sont nécessaires. De façon pratique deux cas sont possibles :

• En phase diagnostic initial

On ne sait pas de manière précise où seront situés les dispositifs d'infiltration mais la localisation des essais peut être définie en privilégiant les zones où les dispositifs seront implantés de la façon la plus probable (zones d'accumulation aux points bas du site notamment pour les ouvrages collectifs, suivant la pente naturelle du terrain en bordure des secteurs à bâtir pressentis par le maître d'ouvrage pour les dispositifs de gestion à la source...).

La nature et le nombre d'essais sont à déterminer par le bureau d'études de sol pour une bonne représentativité en fonction de l'importance du projet (de la surface du terrain) et du contexte pédologique identifié précédemment (en fonction de l'hétérogénéité du sol, l'objectif étant d'acquérir une bonne vision de la variabilité spatiale des capacités d'infiltration). Un nombre d'essais minimum peut être défini en fonction de la **surface du terrain : 1 essai pour 200 m² de surface avec un minimum de 3 essais jusqu'à 1 ha + 1 essai par hectare aménagé supplémentaire.**

Les essais sont réalisés de préférence dans une fosse creusée à la pelle mécanique (type Matsuo) ou si ce test ne peut être mis en œuvre, dans un trou réalisé à la pelle à main (type « à la bêche ») ou en dernier recours à la tarière (type Porchet).

On ne connaît pas de manière précise, la profondeur des dispositifs d'infiltration mais les essais de perméabilité sont réalisés de préférence en surface (ou semi profond ou profond si des contraintes particulières ont été identifiées, afin de rechercher les meilleures conditions d'infiltration et plus globalement au plus près possible du fond des futurs ouvrages pressentis).

• En phase de faisabilité

On sait où seront situés les dispositifs d'infiltration. Un nombre d'essais minimum peut être défini en fonction de la **surface des emprises des dispositifs : 1 essai pour 200 m² de surface, avec un minimum de 3 essais jusqu'à 1 000 m² + un essai par tranche de 1 000 m² de surface supplémentaire.**

Pour les autres types d'essais que Matsuo, une densité plus importante de tests est nécessaire. Il convient de multiplier les tests pour compenser leur trop petite échelle.

Dans tous les cas, il est important de réaliser les essais à l'emplacement et à la profondeur du fond des futurs ouvrages.

Les couches de sol (soit la profondeur) et la plage de charge testée (soit la hauteur d'eau maximale) doivent être celles du futur dispositif une fois le projet aménagé.

• Pour les dispositifs de gestion « à la source » répartis sur l'ensemble du site

Il convient de quadriller le site par unité de sol homogène sur l'ensemble des surfaces des dispositifs. La densité des tests sera à adapter en fonction des observations et des mesures, l'objectif étant d'acquérir une bonne vision de la variabilité spatiale des capacités d'infiltration à la profondeur du fond des futurs ouvrages.

En cas de gestion à la parcelle, pour les lots cédés, il est nécessaire de réaliser a minima 1 essai au point bas de chacun des lots.

• Pour les dispositifs « collectifs » sur un ou plusieurs secteurs en particulier

Il convient de réaliser au minimum 1 essai Matsuo à la pelle mécanique dans l'emprise et à la profondeur de chaque ouvrage.

2.4.2 Protocoles de mesure

Le protocole des essais à effectuer doit tenir compte des conditions réelles de fonctionnement d'un ouvrage de gestion des eaux pluviales (rapport entre la surface d'apport et la surface d'infiltration, profondeur, présence de sol végétal, ...).

La plupart des tests sont réalisés après saturation préalable du sol en eau, ce qui revient à assimiler la capacité d'infiltration à la conductivité hydraulique à saturation. Cette assimilation peut conduire à sous-estimer de façon importante la capacité d'infiltration réelle des ouvrages.

Pour un dispositif à ciel ouvert en « surface » et « extensif » (inférieur à 70 cm de profondeur, épaisseur suffisante de terre végétale dans le fond de l'ouvrage, développement de la végétation), il n'est pas nécessaire de considérer un sol saturé.

Dans tous les cas, il convient d'effectuer les mesures dès le premier remplissage, qui correspond aux conditions réelles de fonctionnement d'un ouvrage de gestion des eaux pluviales.

Enfin, il est important de respecter les bonnes pratiques lors de la réalisation des essais en évitant le tassement du sol et le lissage des parois d'infiltrations.

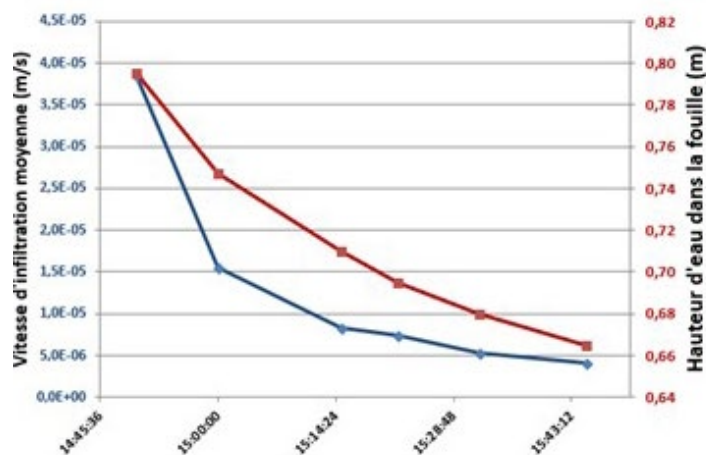
2.4.3 Exploitation et interprétation des mesures

• Calcul des vitesses d'infiltration moyenne

Pour chaque test, on calcule, pour chaque mesure de niveau effectuée :

- Le volume d'eau présent dans le trou ou le cylindre central (V_p),
- Le volume d'eau évacué depuis la dernière mesure (V_e),
- La surface mouillée (au fond et sur les parois du trou ou au fond du cylindre central) (S_m)
- La vitesse d'infiltration moyenne depuis la dernière mesure ($V_i = (V_e/\text{temps passé})/S_m$). Notons qu'il s'agit bien d'une vitesse d'infiltration moyenne sur l'ensemble de la surface mouillée, car la vitesse d'infiltration varie en réalité sur cette surface, notamment en fonction de la charge.

On trace et on superpose les courbes de l'évolution au cours du test du niveau d'eau et de la vitesse d'infiltration moyenne.



• Analyse des résultats et choix des valeurs de référence

Il y a deux types de valeurs de référence à déterminer :

- **La vitesse d'infiltration de référence associée à chaque test.** Elle est indépendante des autres tests et du type de dispositif d'infiltration envisagé. Cette valeur est déterminée par le bureau d'études de sol.
- **L'hypothèse de capacité d'infiltration à retenir pour le dimensionnement** du futur dispositif d'infiltration. Cette valeur est déterminée par l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Vitesse d'infiltration associée à chaque test

Au niveau de chaque test, la vitesse d'infiltration varie en fonction de la charge et du degré de saturation des sols :

- **L'effet de la saturation des sols, pour les ouvrages « profonds » et/ou « intensifs » pour lesquels le risque que le sol se sature lors de pluies fortes augmente :** plusieurs cycles de vidange doivent être testés sur un même point. Si une baisse de la vitesse d'infiltration est identifiée d'un cycle de vidange à l'autre, on se base alors sur le dernier cycle de vidange pour choisir la vitesse d'infiltration de référence associée au test. Si les valeurs sont homogènes, on retient alors la moyenne des valeurs.
- **L'effet de la charge :** on retient comme vitesse d'infiltration de référence du test, la moyenne de toutes les vitesses d'infiltration mesurées au cours du test.

Capacité d'infiltration à retenir pour le dimensionnement du futur dispositif d'infiltration

Pour tenir compte de l'hétérogénéité des sols, il est demandé de réaliser différentes mesures réparties de façon pertinente dans l'opération, avec des résultats qui peuvent être différents. Il s'agit alors de choisir la valeur de référence à retenir pour le dimensionnement.

Une pratique classique consiste à écarter les mesures extrêmes, et en particulier la valeur maximum. Cette pratique « sécuritaire » n'est pas nécessaire. En effet, dans la réalité, l'eau circule et s'infiltre là où la perméabilité est la plus grande. En toute logique c'est donc la valeur la plus grande qu'il faudrait retenir.

Une seconde pratique consiste à appliquer un « coefficient de sécurité » en multipliant la valeur retenue par un coefficient de 0,5, en particulier pour tenir compte du risque de colmatage.

Par précaution, Nantes Métropole demande de retenir la moyenne de toutes les mesures.

Le colmatage ne constitue en effet pas une fatalité.

- En cas d'infiltration de surface, à ciel ouvert, le développement des racines de la végétation et l'activité des organismes vivants du sol, vont remanier en permanence le sol et préserver la capacité d'infiltration ; il est donc fortement recommandé de végétaliser les ouvrages de rétention-infiltration.

- En cas d'infiltration enterrée mais peu profonde et non concentrée (sous un massif, une tranchée d'infiltration ou une chaussée à structure réservoir par exemple) l'ouvrage va jouer un rôle de filtre (qui va parfois se traduire par un colmatage de surface), mais le fond de l'ouvrage est protégé et ne se colmate pas. Pour tenir compte d'une potentielle perte de capacité d'infiltration, la surface des parois de l'ouvrage n'est pas prise en compte dans le calcul de la surface d'infiltration alors que l'infiltration horizontale sera bien présente.
- Par ailleurs, le fait de gérer l'eau à la source (en cherchant à limiter les surfaces actives), de ne pas enterrer l'eau (en préférant des dispositifs de collecte à ciel ouvert) permet de filtrer et de décanter les eaux parvenant jusqu'à l'ouvrage « collectif », ce qui réduit là encore efficacement les risques de colmatage préservant ainsi sa capacité d'infiltration.

Aussi, appliquer un coefficient de sécurité de 0,5 sur la valeur de la capacité d'infiltration revient à doubler systématiquement le dimensionnement des ouvrages d'infiltration et peut remettre en cause la faisabilité d'une solution par infiltration.

C'est plutôt sur la surface d'infiltration retenue qu'une marge de sécurité sera prise (cf. chapitre 3).



À NOTER

Pour Nantes Métropole, les « coefficients de sécurité » ne doivent donc pas être appliqués sur la valeur de la capacité d'infiltration du sol (on retient pour le dimensionnement la moyenne des mesures).

3. Le dimensionnement des dispositifs d'infiltration

3.1 Quantification de la surface d'infiltration à retenir pour le dimensionnement des ouvrages

La surface d'infiltration (S_i) à prendre en compte pour dimensionner les dispositifs de rétention-infiltration (notamment pour évaluer le débit d'infiltration qui sera pris en compte dans l'application de la méthode des pluies) ne correspond pas systématiquement à une surface géométrique de l'ouvrage. Elle sera en effet considérée différemment selon que :


- la surface d'infiltration est visible (ouvrage à ciel ouvert) et végétalisée (type noue, jardin de pluie, espace vert en creux, bassin à sec...). Dans ce cas, aucune marge de sécurité n'est nécessaire.
- la surface d'infiltration est « enterrée » à faible profondeur à moins d'1 m (type structure réservoir, tranchée d'infiltration...) ou profonde à plus de 1 m (type bassin enterré, puits d'infiltration...). Selon la configuration de l'ouvrage ce sera la surface du fond ou la surface des parois verticales qui sera prise en compte.
- le rapport « F_c » entre la surface active collectée et la surface d'infiltration est compris entre 1 et 10 - dispositif « extensif » ou supérieur à 10 - dispositif « intensif ». Dans ce dernier, les ouvrages sont plus sensibles au colmatage et un coefficient de sécurité sera appliqué.

Les règles appliquées dans l'outil de calcul et à appliquer dans les notes hydrauliques fournies par les porteurs de projet dans le cadre de la procédure de demande de validation du système de gestion des eaux pluviales sont précisées dans le tableau ci-dessous et illustrées sur les schémas types suivants.

→ Le nouvel outil de calcul proposé par Nantes Métropole permet, dans les onglets de l'étape 2, de dimensionner les ouvrages de rétention-infiltration/régulation.

La surface d'infiltration à retenir est automatiquement calculée en fonction des caractéristiques du projet et des ouvrages.

Surface d'infiltration à prendre en compte selon le type de dispositif

Type de dispositif	Surface d'infiltration retenue	Exemples
1. Dispositif « à ciel ouvert » et « extensif » ($F_c < 10$) Exemples : noues, espaces verts inondables	S_i = Surface de l'emprise du dispositif	 <p>En bleu : emprise du jardin de pluie Source : Cité internationale universitaire de Paris</p>
2. Dispositif « à ciel ouvert » et « intensif » ($F_c > 10$) Exemples : noues, fossés, bassins	S_i = Surface du fond de l'ouvrage (sans les côtés) (ou surface en eau à mi-hauteur si profil en travers triangle ou circulaire)	 <p>En bleu : surface en eau à mi-hauteur dans la noue Source : Alise Environnement</p>
3. Dispositif « enterré », « peu profond » (< 1m) et « extensif » ($F_c < 10$). Exemples : tranchée d'infiltration, chaussée à structure réservoir	S_i = Surface du fond l'ouvrage (sans les côtés)	 <p>En bleu : Surface du fond de la tranchée d'infiltration Source : SEPIA Conseils</p>
4. Dispositif « enterré », « peu profond » (> 1m) et « intensif » ($F_c > 10$). Exemples : tranchée d'infiltration	S_i = Surface du fond l'ouvrage / 2	 <p>En bleu : Surface du fond de la tranchée d'infiltration Source : MTS</p>
5. Dispositifs « enterrés », « profond » (> 1 m) et « extensifs » ($F_c < 10$) Exemples : puits d'infiltration	S_i = Surface des parois verticales (sans le fond)	 <p>En bleu : Surface des parois latérales du puits d'infiltration Source : d'après un schéma de Sophie Anfray</p>
6. Dispositif « enterré », « profond » (> 1m) et « intensif » ($F_c > 10$) Exemples : puits d'infiltration	S_i = Surface des parois verticales (sans le fond) / 2	

3.2 Débit d'infiltration

Le débit de vidange de l'ouvrage par infiltration dépend directement de la surface qui sera mobilisée pour l'infiltration. Il s'établit comme le produit de la perméabilité du sol par la surface d'infiltration.

$$Q_i = K \times S_i$$

Avec :

Q_i : débit d'infiltration en mètre cube par seconde (m³/s),

K : perméabilité du sol en mètre par seconde (m/s),

S_i : surface d'infiltration en mètre carré (m²).

Une pratique consiste, là encore, à appliquer un « coefficient de sécurité » en multipliant la valeur retenue par un coefficient de 0,5.

À NOTER

Pour Nantes Métropole, un coefficient de sécurité ne doit pas être appliqué pour le calcul du débit d'infiltration.

3.3 Contrôle du temps de vidange

Le respect de la durée de vidange constitue un point de contrôle du dimensionnement, tel que déterminé dans l'outil de calcul.

À NOTER

Il est demandé de mettre en œuvre une surface d'infiltration suffisante permettant de vidanger l'ouvrage en moins de 24 h (48 h maximum) afin de retrouver la pleine capacité de stockage avant un prochain événement pluvieux.

4. Les critères dérogatoires à l'infiltration des eaux pluviales

4.1 Justification : infiltration « partielle » avec rejet vers un exutoire pour la pluie moyenne à forte

Le maximum du volume d'eau pluviale généré par la pluie moyenne à forte doit être infiltré. L'abattement minimum (sans rejet) du volume généré par la pluie faible de 6 ou 16 mm est strictement exigé (niveau de service n°1, suivant la zone du plan de zonage pluvial).

Si l'infiltration est insuffisante pour gérer toute la pluie moyenne à forte, l'excédent non infiltré peut être rejeté à débit régulé vers un exutoire.

Pour être autorisé à rejeter l'excédent d'eau pluviale, le porteur de projet doit démontrer que les caractéristiques du sol et du sous-sol ne permettent pas d'infiltrer l'intégralité des eaux pluviales générées pour la pluie moyenne à forte (niveau de service n°2, suivant le plan de zonage). Il convient de justifier d'une surface minimum pour la zone d'infiltration (« Fc » compris entre 1 et 10) et d'une vitesse d'infiltration ne permettant pas d'assurer un temps de vidange inférieur à 48 heures.

Pour être autorisé à rejeter un débit régulé au réseau public, le porteur de projet doit également démontrer qu'il n'existe pas de milieu naturel superficiel (fossé, cours d'eau, talweg...).

Le dispositif de stockage/infiltration, peut être complété par un dispositif de stockage/régulation avec un volume utile de rétention et un équipement de régulation du débit.

4.2 Dérogation : « sans infiltration totale des pluies faibles »

À titre exceptionnel, sous réserve de l'obtention d'une dérogation par les services compétents de Nantes Métropole, pour être autorisé à rejeter les eaux pluviales **sans avoir infiltré à la source l'intégralité du volume généré par la pluie faible**, le porteur de projet doit démontrer l'une des conditions suivantes :

- le terrain présente une pente excessive (> 7 %) avec un risque de résurgence pour les propriétés situées en contrebas.
- les caractéristiques du sol et du sous-sol ne permettent pas d'infiltrer le volume généré pour la pluie faible. Il convient de justifier d'une surface minimum pour la zone d'infiltration (« Fc » compris entre 1 et 10) et d'une vitesse d'infiltration ne permettant pas d'assurer un temps de vidange inférieur à 48 heures.

Des techniques alternatives permettront toutefois d'assurer un stockage à la source de la pluie faible (favorisant l'infiltration, la décantation et la filtration des écoulements) avant restitution vers le dispositif de gestion des eaux pluviales de la pluie moyenne à forte.

Un système de drainage à faible profondeur peut être mis en place en sortie des ouvrages à la source pour évacuer l'excédent non infiltré vers le dispositif de stockage/restitution durant les périodes où la nappe est haute et que la perméabilité est insuffisante. Dans ce cas, le volume stocké à la source ne donne pas lieu à un abattement du volume à final de rétention à l'exutoire du projet.

4.3 Dérogation : « sans infiltration ni stockage à la source »

À titre exceptionnel, sous réserve de l'obtention d'une dérogation par les services compétents de Nantes Métropole, pour être autorisé à rejeter les eaux pluviales **sans avoir stocké à la source le volume d'eau pluviale généré par une pluie faible**, le porteur de projet doit démontrer l'une des conditions réglementaires suivantes :

- le terrain est situé totalement ou partiellement (plus de 80 %) en périmètre de protection de **captage d'eau potable**. Chaque captage est doté d'un règlement différent qu'il convient d'analyser précisément selon la zone du périmètre considéré (périmètre rapproché...). L'arrêté de déclaration d'utilité publique doit justifier d'une interdiction totale d'infiltrer les eaux pluviales. Des conditions de traitement ou des mesures de protection peuvent être prescrites. Des dispositifs d'infiltration superficiels à ciel ouvert, favorisant la filtration à travers le sol, est l'une des solutions les mieux adaptées.
- le terrain est situé totalement ou partiellement (plus de 80 %) en périmètre de **risque géotechnique** (mouvement de terrain ; cavité...). Une étude géotechnique doit justifier d'une interdiction totale d'infiltrer les eaux pluviales dans le sol ou le sous-sol. L'étude doit rechercher des solutions (en dirigeant les eaux pluviales vers une emprise moins vulnérable ...).
- le terrain est situé totalement ou partiellement (plus de 80 %) en périmètre de **risque de pollution des sols ou du sous-sol**. Une étude de pollution des sols doit justifier d'une interdiction totale d'infiltrer les eaux pluviales au regard des risques que l'infiltration représente pour la ressource en eau. Elle doit permettre d'établir une pollution généralisée du sol et du sous-sol en plusieurs points représentatifs dans l'espace (avec un minimum de 3 sondages) et à plusieurs profondeurs (superficielle, semi profonde et profonde). L'étude doit rechercher des solutions (en dirigeant les eaux pluviales vers une emprise non polluée ou en infiltrant sous la couche de sol contaminée ou en remplaçant la zone d'infiltration par des matériaux non pollués...).

Dans ces conditions, les dispositifs d'infiltration de la pluie faible ne sont pas obligatoires et des dispositifs de rétention des eaux pluviales « étanches » permettront, le cas échéant, de répondre aux objectifs de gestion des pluies moyennes à fortes.

4.4 Dérogations refusées

Les raisons techniques ou réglementaires listées ci-après ne permettent pas de justifier d'une dérogation à la règle d'infiltration.

4.4.1 La faible profondeur de la nappe phréatique

La faible profondeur de la nappe ou le risque de remontée de nappe n'est pas un facteur discriminant pour l'infiltration.

Par contre, elle constitue une contrainte à prendre en compte dans la conception des dispositifs de gestion des eaux pluviales. Dans ce cas, les dispositifs profonds « enterrés » et « intensifs » sont à proscrire. Le projet doit prévoir un système superficiel et à ciel ouvert de façon à être facilement surveillé et contrôlé et assurer une infiltration diffuse en surface (au niveau du terrain naturel).

Une hauteur minimale d'un mètre entre la surface d'infiltration et le niveau des plus hautes eaux de la nappe phréatique (épaisseur de la zone non saturée) est exigée uniquement en cas de risque de contamination des eaux souterraines (pour les dispositifs profonds notamment).

4.4.2 La qualité des eaux de ruissellement

Pour chaque opération, le porteur de projet réalise une analyse des risques de production de polluants et de la vulnérabilité du milieu récepteur, suivant la fiche thématique n°3 « Pollution ».

Selon l'utilisation particulière des surfaces, des conditions de traitement des eaux pluviales avant infiltration peuvent alors être prescrites imposant notamment une épaisseur de zone non saturée importante (supérieure à 1m), des ouvrages superficiels et visibles de façon à favoriser la décantation et la filtration et être facilement surveillés et contrôlés.

Il est rappelé que Nantes Métropole impose la séparation des eaux.

Au sein d'un même projet, les eaux de ruissellement issues de surfaces à fort potentiel de production de polluants (aire de distribution de carburant, de stockage de produits dangereux, de lavage...) doivent être séparées des eaux de ruissellement issues des autres surfaces. Ainsi, les surfaces poten-

tiellement polluantes doivent être couvertes, étanches, surélevées ou isolées afin de ne pas recueillir des eaux issues d'autres surfaces. De plus, des dispositifs spécifiques de traitement doivent alors être mis en place en aval de ces surfaces. Les eaux de ruissellement issues de ces surfaces sont considérées comme des eaux usées non domestiques et doivent être raccordées aux réseaux d'assainissement des eaux usées ou unitaires, après autorisation.

Les eaux pluviales issues des autres surfaces du site (voirie, toitures...) peuvent être infiltrées.

4.4.3 La faible perméabilité du sol

Des valeurs de perméabilité, moyennes ou faibles, ne sont pas une raison suffisante et un facteur réhibitoire pour infiltrer les eaux pluviales. La mise en œuvre du principe d'un seuil à ne pas dépasser (« Fc » compris entre 1 et 10) visant à limiter les surfaces imperméabilisées et optimiser le foncier pour disposer de surfaces d'infiltration suffisantes, permet de respecter l'objectif du temps de vidange, quelle que soit la capacité d'infiltration du sol (a minima pour la pluie faible ; cf. chapitre 2.4.3).

En cas de sol peu perméable, il existe généralement un exutoire naturel superficiel (fossé, cours d'eau, thalweg...). Les volumes qui ne peuvent pas être infiltrés sont alors rejetés à débit régulé, préférentiellement vers ces exutoires.

4.4.4 L'inondabilité du site

Les zones inondables par ruissellement ou par débordement de cours d'eau recensées par l'État dans les Plans de Préventions des Risques d'Inondation ou par Nantes Métropole dans le PLUm, n'empêchent pas d'infiltrer les eaux pluviales (ni de restituer l'excédent non infiltré au milieu naturel).

L'inondabilité est en effet généralement exceptionnelle et ne justifie pas l'impossibilité d'infiltrer a minima les pluies faibles;

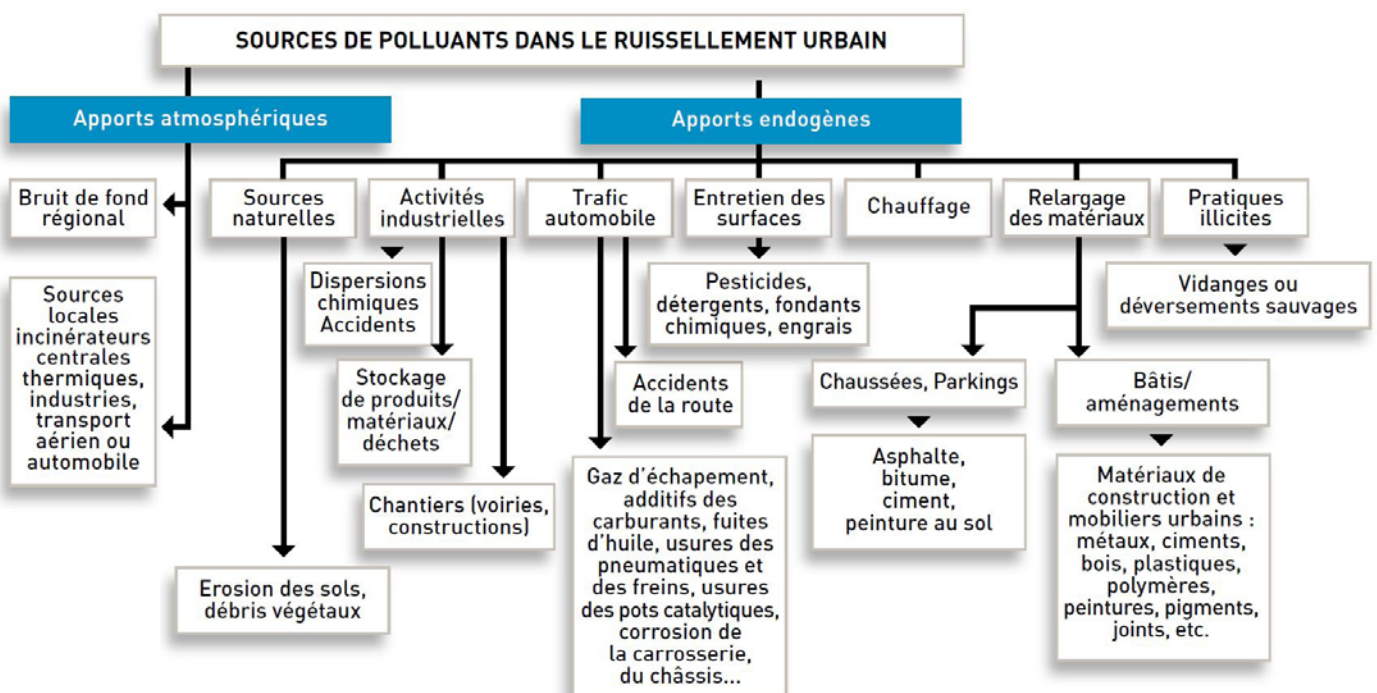
4.4.5 L'imperméabilisation antérieure

Lorsqu'une parcelle est déjà imperméabilisée (cas de construction, d'extension ou de reconstruction après démolition...), le zonage pluvial ne tient pas compte de l'imperméabilisation initiale. L'imperméabilisation antérieure des sols ne donne pas le droit à une dérogation à l'infiltration des eaux pluviales. Dans le cas où la totalité du terrain est imperméabilisée, il convient alors de désimperméabiliser une partie ou d'infiltrer les eaux pluviales sous ces surfaces. Cf. chapitre 2.4.3 du guide.

LA POLLUTION DES EAUX PLUVIALES

Les eaux pluviales, lors de leur ruissellement sur diverses surfaces (voiries, parking, trottoirs, toitures...), entraînent la pollution accumulée sur ces surfaces. Afin de réduire ces apports en polluants, il convient de respecter les recommandations suivantes :

- **Réduire les émissions polluantes à la source** (le "meilleur déchet" est celui qu'on ne produit pas !) : par exemple, proscrire certains matériaux métalliques (comme le plomb, le zinc ou le cuivre) ou synthétiques (plastiques), privilégier des matériaux neutres (pierre, tuile, ardoise) et utiliser des produits d'entretien biodégradables.
- **Limiter l'imperméabilisation des sols** et privilégier une gestion pluviale à la source afin d'éviter la concentration de la pollution.



Source des contaminants des eaux de ruissellement (in LEESU CU AESN, 2013)

L'objectif de maîtriser la pollution des rejets d'eau pluviale qui est imposée par le zonage pluvial concerne les pluies faibles et courantes (pluie de 16 mm correspondant à 80 % des pluies de l'année). Pour ces pluies fréquentes, l'absence total de rejet et donc de pollution est possible dans la majorité des cas et même sur des terrains peu perméables.

1. La concentration de la pollution

Les facteurs importants en matière de pollution des eaux de ruissellement sont la concentration, la distance parcourue et le mode de transport des écoulements. Plus la surface collectée et le ruissellement sont importants, plus la quantité de polluant sera élevée. En effet, si les ruissellements parcourent une distance importante (par exemple : une grande longueur de voirie pour être ensuite collectées par un avaloir et transiter par un réseau de canalisations), la concentration de flux polluants sera élevée. Par contre, si les eaux pluviales sont collectées, stockées et infiltrées à la source (là où tombe la pluie), la concentration en polluant sera particulièrement faible.

Concentration en polluants des eaux de ruissellement en fonction des dispositifs de collecte utilisés



Augmentation des concentrations en polluants des eaux de ruissellement en fonction des dispositifs de collecte mis en place

Source : Grand Lyon – Guide méthodologique aménagement et eaux pluviales – 2014

2. Les principes pour traiter la pollution des eaux pluviales

Limiter l'imperméabilisation

Le zonage pluvial demande de réduire au maximum l'imperméabilisation des sols et d'utiliser les espaces disponibles pour une gestion intégrée des eaux pluviales.

En effet, les espaces de pleine terre naturellement perméables ainsi que les espaces rendus perméables (chaussée à structure réservoir recouverte d'un enrobé ou de pavés poreux, allée gravillonnée...) se révèlent autant de surfaces performantes pour éviter la production de ruissellement et l'entraînement de polluants. Ces espaces favorisent également la dégradation des principaux polluants par filtration. **L'infiltration in situ à travers le sol en place induit de facto un traitement de bonne qualité.**

Privilégier la gestion des eaux pluviales à l'amont et en surface

La pollution des eaux pluviales est d'autant plus élevée que les eaux ont ruisselé sur des surfaces polluantes. Ce ruissellement induit, d'une part, des volumes croissants de l'amont vers l'aval et d'autre part, la concentration et le mélange de différents types de polluants.

Le traitement le plus efficace est celui qui permet de traiter les eaux à la source car il assure le meilleur compromis coût/faisabilité/efficacité.

On évite ainsi tout scénario favorisant une centralisation des ruissellements avant traitement et une collecte ou un stockage dans des installations enterrés « intensives ».

Au contraire, on recherche une conception qui favorise la collecte diffuse par ruissellement, le stockage à la source et les processus de dépollution naturelle (décantation, filtration, biodégradation, photodégradation, volatilisation...). Les dispositifs de gestion des eaux pluviales à ciel ouvert et végétalisés permettent d'allonger au maximum le parcours de l'eau et le temps de contact avec les surfaces d'infiltration. Les volumes étant maîtrisés, le risque de relargage de pollution est particulièrement faible. Les techniques simples et visibles sont particulièrement efficaces pour abattre les principaux polluants et facilement contrôlables (à la différence des installations intensives et enterrées).

Privilégier l'infiltration

La filtration par le sol assure les meilleures performances de traitement, et ce pour les principaux polluants qui sont majoritairement sous forme particulaire.

L'application des principes précédents permet de disposer des conditions nécessaires, à savoir une surface d'infiltration et des performances de filtration suffisantes, pour envisager un traitement intégral au moins des pluies faibles, voire des pluies moyennes à fortes en fonction des possibilités d'aménagement et d'un volume de stockage suffisant.

Enfin, **la présence naturelle de matière organique dans un sol favorise la filtration d'une partie de la pollution dissoute.**

Utiliser des équipements de traitement spécifiques seulement si nécessaire

La mise en œuvre de dispositifs de dépollution spécifiques doit être strictement limitée à certaines surfaces et activités à fort potentiel polluant.

Le choix de l'équipement doit être adapté à la nature de la contamination. Les eaux issues des surfaces classiques (toitures, voiries et parkings) doivent être séparées des eaux issues des surfaces à risque de production de polluants.

Ces équipements doivent être implantés sur le domaine privé en aval immédiat de la source de pollution.

À NOTER

SÉPARATEURS À HYDROCARBURES

Le séparateur à hydrocarbures n'est efficace que si les hydrocarbures sont libres et abondants. Leur usage est donc strictement limité aux sites de traitement, de stockage, de distribution ou de manipulation des hydrocarbures comme les stations-services, dépôts pétrolier, aires de lavage (...).

Il n'est pas efficace pour les eaux de ruissellement des surfaces urbaines (comme les parkings ou les voiries par exemple). Les hydrocarbures sont essentiellement agglomérés aux particules et doivent être traités par des techniques alternatives à la source selon les principes décrits précédemment.

À NOTER

TECHNIQUES INTERDITES

Matériaux toxiques : pneus déchiquetés (...) L'utilisation de matériaux potentiellement toxiques dans les ouvrages est interdite en raison du risque de pollution par relargage.

Injection directe dans la nappe : puits perdu, puisard, forage, (...). Cette technique est interdite en raison du risque de pollution de la nappe phréatique. Il ne faut pas confondre puits d'injection et puits d'infiltration qui consiste à évacuer les eaux pluviales dans le sol pour une infiltration lente à travers une couche de sol non saturée. Les puits d'infiltration sont d'ailleurs déconseillés sur le territoire de Nantes Métropole pour les risques de colmatage et de dysfonctionnements (utiliser uniquement avec un dispositif de décantation en amont, en secteur de nappe profonde, pour de faibles surfaces d'apport).

3. Évaluation du risque de pollution

Pour chaque projet, une analyse du risque vis-à-vis de la qualité des rejets d'eaux pluviales est obligatoire en application du zonage pluvial.

Une grille d'analyse simplifiée est proposée ci-après de façon à préciser le prétraitement nécessaire selon le risque d'apport en polluants que représente le projet. Celui-ci dépend de ses caractéristiques (natures des surfaces...). Il convient en complément de prendre en compte la sensibilité du milieu récepteur pour définir la qualité admissible des rejets.

Cette analyse ne remplace pas une étude d'incidence qui sera obligatoire pour les projets soumis à une procédure loi sur l'eau (code de l'environnement article L.214).

Potentiel polluant	Toitures	Infrastructures	Activités	Traitement nécessaire
FAIBLE	Couverture en matériaux non toxiques (tuile, ardoise, végétalisé...)	<ul style="list-style-type: none"> Zones piétonnes et cyclables (trottoirs, cheminement, allée, cours...) Impasse et rue de desserte Parking résidentiel ou d'entreprise 		Pas de prétraitement nécessaire
MOYEN	Couverture partiellement métallique - < 50m ² (cuivre, zinc, plomb...)	<ul style="list-style-type: none"> Voirie à trafic moyen à fort (fluide, peu de feux...) Parking et surfaces ouverts au public 	Zone commerciales, artisanales et agricoles (sans activité à risque)	Pas de prétraitement obligatoire en cas de gestion à la source des pluies faibles (à ciel ouvert, à faible profondeur, favorisant la décantation, la filtration et l'infiltration)
FORT	Couverture métallique - > 50m ² (cuivre, zinc, plomb...)	<ul style="list-style-type: none"> Voirie à forte circulation Parking à forte fréquentation Surfaces à risque vis à-vis des accidents (camion-citerne) ou déversements illicites 	<ul style="list-style-type: none"> Zone industrielle Déchetteries et plateformes Stockage et réparation automobile 	<ul style="list-style-type: none"> Prétraitement adapté aux effluents (décantation, filtration...) Vanne d'isolement en cas d'accident ou de dysfonctionnement
TRÈS FORT			<ul style="list-style-type: none"> Station-service Aire de lavage Installation, transport et stockage de produits ou déchets dangereux 	<ul style="list-style-type: none"> Prescriptions ci-avant obligatoires + Surface à risques isolée : couverte, étanche, surélevée... (séparation des eaux à risques des surfaces classiques : toitures, parking...) Rejet au réseau public soumis à autorisation spéciale (convention) Pour les effluents les plus à risques (déchets dangereux) rejet au réseau public non autorisé (cuve de stockage étanche avec vidange et traitement en sites spécialisés).

Les traitements des eaux pluviales à mettre en œuvre avant rejet varient selon le potentiel de pollution (caractéristiques du projet, type de surfaces et d'activités rencontrées).

Les eaux pluviales après ruissellement sur des surfaces de toitures, voirie ou parking dans des secteurs résidentiels par exemple, sont peu polluées (surtout si elles n'ont pas transité dans des réseaux et que la surface collectée n'est pas excessive). Aussi, dans la plupart des cas, la gestion à la source par infiltration (à minima les pluies faibles) permettra de traiter efficacement la pollution des eaux pluviales.

Pour autant certaines surfaces nécessitent de prévoir des mesures spécifiques pour le traitement des pollutions chroniques et accidentelles des eaux pluviales. La problématique de la qualité des rejets pluviaux se pose particulièrement sur des parcelles d'activité industrielle, artisanale ou commerciale. En effet, dans ce cas, les concentrations en matières en suspension, hydrocarbures, micropolluants, ou encore en matières organiques, peuvent dégrader l'état écologique du milieu récepteur (nappe, zone humide, cours d'eau...) et un traitement adapté est nécessaire. Les surfaces à fort potentiel polluant (zones de stockage, de transit ou de manipulation de carburants...) doivent obligatoirement être couvertes, étanches et surélevées. Le rejet d'eau traitée sera raccordé au réseau d'assainissement des eaux usées après autorisation préalable délivrée par Nantes Métropole.



À RETENIR

Le respect des principes du zonage pluvial, et notamment l'infiltration à la source des pluies faibles, permet de maîtriser l'essentiel du risque de pollution liée aux eaux de ruissellement. Une gestion intégrée des eaux pluviales permet non seulement de limiter l'accumulation et le transfert de polluants lors du ruissellement mais également de bénéficier de la capacité du sol à retenir la plupart des pollutions.

L'installation d'un dispositif spécifique de traitement des pollutions est limitée aux activités à risque et doit être adaptée à la nature des polluants et à la sensibilité du milieu récepteur.

4. Les polluants et les modes de traitement

4.1. La pollution des eaux pluviales : de quoi parle-t-on ?

4.1.1. Les principaux polluants

Les déchets solides

Ils sont constitués des mégots, papiers, détritiques divers laissés sur l'espace public. Généralement on réduit leur production par la mise en place de poubelles et de cendrier ; on limite leur accumulation sur l'espace public par le nettoyage et on évite l'entrée des macrodéchets dans le réseau par un dégrillage au niveau des équipements de collecte.

Les matières en suspension (M.E.S.)

Elles constituent l'ensemble des matières présentes dans l'eau et qui n'y sont pas à l'état soluble. Il est à noter que dans les eaux de ruissellement, entre 80% et 99% des polluants listés ci-après sont fixés sur les M.E.S. **On en déduit donc qu'un abattement des M.E.S. réduit considérablement la pollution des eaux de ruissellement.** La filtration notamment par des substrats végétaux et le sol ou la décantation dans les dispositifs sont les meilleurs moyens de traiter les eaux pluviales.

La demande biochimique en oxygène au bout de 5 jours (D.B.O.5) et La demande chimique en oxygène (D.C.O.)

La DBO5 est révélatrice de la pollution organique biodégradable. La DCO représente la teneur totale en matière organique biodégradable ou non. Une pollution organique (par exemple : la présence d'eau usée dans l'eau pluviale), peut entraîner une chute du taux d'oxygène dissout dans l'eau et l'asphyxie du milieu, voire la mort de la faune aquatique.

Les hydrocarbures (HAP)

Les hydrocarbures sont des polluants nocifs pour le milieu naturel et ses écosystèmes. **La plupart des HAP** en milieu urbain sont d'origine pyrolytique, c'est-à-dire qu'ils sont issus de la combustion incomplète de matières carbonées. Ils sont associés au trafic automobile, au chauffage résidentiel, ainsi qu'aux activités industrielles.

Les métaux lourds

À l'échelle du **bâtiment**, les matériaux de couverture, rampants de toitures, gouttières, et peintures, constituent les principales sources de **zinc, plomb, et cuivre.**

Ces métaux, et dans une moindre mesure le **cadmium**, sont également associés à la pollution chronique d'origine **routière** (en raison de l'usure des pneumatiques, plaquettes de freins) et matériaux de génie civil. Le **chrome** et le **nickel** sont fréquemment utilisés dans des alliages métalliques et pour la fabrication d'accumulateurs, en particulier dans l'industrie automobile

Les pesticides

Si le traitement des espaces publics (désherbage notamment) tend à disparaître rapidement avec les pratiques actuelles sur le territoire de Nantes Métropole (« zéro phyto »), en revanche les pratiques en domaine privé, et notamment le traitement anti-mousse des toitures constituent une source de pollution.

La pollution chimique induite par les pesticides est très difficilement maîtrisable ; la seule action efficace pour lutter contre ce type de contamination est la non-utilisation de ces polluants.

4.1.2 La pollution agricole

En milieu rural, les activités agricoles peuvent être à l'origine de pollutions diffuses pouvant dégrader la qualité des eaux : érosion des sols (MES), lessivage de nutriments (engrais) ou produits phytosanitaires (pesticides...). L'adaptation des pratiques agricoles et la mise en place d'aménagements d'hydrauliques douces permettent de limiter les risques de contamination des eaux de ruissellement. Ces aspects ne sont pas explicités dans cette fiche qui présente la pollution des eaux pluviales urbaines.

4.1.3 La pollution accidentelle

Les pollutions accidentelles, potentiellement lessivées par les eaux pluviales, sont essentiellement liées aux accidents routiers, aux extinctions d'incendies et aux déversements divers et non appropriés en surface ou directement dans les avaloirs d'eaux pluviales.

Les solutions appropriées contre les risques de pollutions accidentelles sont :

- **Les mesures préventives pour limiter les risques de déversements** de produits polluants, en particulier sur les chantiers et les sites d'activités potentiellement polluantes (aires spécifiquement prévues pour le stockage et la manipulation des produits et équipées de dispositifs de confinement spécifiques),
- **Les ouvrages de type cloisons siphonides (au niveau des regard ou dispositifs de régulation)** permettant de retenir les polluants flottants,
- **Les vannes d'isolement** (en sortie d'ouvrage de gestion des eaux pluviales) permettant d'assurer le confinement des pollutions en amont des exutoires, en cas de détection d'une pollution.

4.2. Les différents modes de traitement

Principalement sous forme particulière, les polluants pourront être stoppé efficacement par la décantation et la filtration.

La décantation : pour traiter les grosses particules

La décantation est l'action de laisser reposer un liquide pour le séparer des matières solides qu'il contient en suspension. Dans les ouvrages de décantation, on cherche à maintenir les eaux sans vitesse le plus longtemps possible pour que les particules en suspension tombent au fond de l'ouvrage. Le passage des eaux pluviales dans un dispositif de stockage permet d'éliminer une grande partie des matières en suspension et avec elles les polluants qui sont agglomérés aux particules.

La filtration : pour piéger les particules fines

Le phénomène de filtration consiste à faire passer les eaux pluviales à travers un « filtre » permettant de piéger les particules. La filtration par la végétation et le sol est très efficace pour les pollutions des eaux de ruissellement.

4.2.1 Les performances

Dispositifs de gestion des eaux pluviales et performances de traitement des pollutions

Les taux moyens d'abattement pour certaines techniques alternatives sont présentés ci-dessous.

Ouvrages	Taux d'abattement moyen en %			
	MES	DCO	Métaux (Cu, Cd, Zn)	Hydrocarbures
Fossé enherbé (pente nulle sur 100 ml)	65	50	65	55
Bassin en eau (vitesse de sédimentation 1 m/h)	85	75	80	65
Bassin sec d'infiltration	95	65	75	90

Source : SETRA / CEREMA

Ainsi, les dispositifs de gestion des eaux pluviales assurent de très bonnes performances de traitement des pollutions par décantation et filtration.

Perméabilité du sol et performance de filtration des pollutions

Le tableau ci-dessous présente des indications sur les performances pour évacuer les eaux pluviales et de filtration des pollutions en fonction de la perméabilité du sol.

Vitesse d'infiltration K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			
Performance de filtration des pollutions	Faibles à moyennes		Bonnes		Excellentes			Excellentes			

Performance de filtration du sol en fonction de sa vitesse d'infiltration (Aménagements et eaux pluviales – Traitement de la pollution des eaux pluviales, Grand Lyon 2013)

Ainsi, les types de sols rencontrés sur le territoire assurent de très bonnes performances de traitement des polluants particuliers.

La présence de matière organique dans un sol (environ 10%) favorise également la filtration d'une partie de la pollution dissoute. Cet apport de matière organique est notamment assuré par la présence de végétation à la surface du dispositif d'infiltration des eaux pluviales.

4.2.2 Les dispositifs de traitement par décantation

Cloison siphonoïde, prise d'eau siphon

Mise en place d'une décantation et d'une cloison siphonoïde au sein d'un regard.

- Permet de retenir les **matières en suspension (MES), sables, graviers** et de limiter l'entrée de divers **détritus**.
- **Conception** : le regard sera accessible et visitable. Le dispositif (T plongeant, cloison...) sera amovible avec possibilité d'intervention mécanisée en cas de dysfonctionnement. Le fond du regard sera perméable (en cas d'interface avec la surface) pour éviter la stagnation d'eau et le développement de moustiques.
- **Entretien** : visite 2 fois par an, nettoyage annuel minimum (vidange des boues de décantation)
- **Coût** : env. 1 000 €HT sur regard préexistant

Il convient par exemple en amont d'un dispositif d'infiltration ou pour des usages particuliers de la surface collectée (place de marché par exemple).

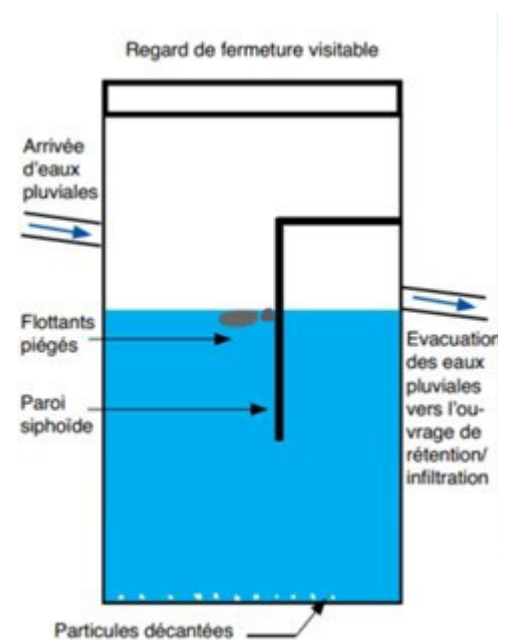
Dessableur

- Permet la décantation des **particules solides et MES** (> 100-200 µm)
- Impact limité sur les particules fines
- **Entretien** : visite 2 fois par an, nettoyage annuel minimum (curage, enlèvement des sables)
- **Coût** : env. 2 000 €HT (neuf)

Il présente l'avantage de la simplicité technique et est intéressant à l'interface entre un réseau de collecte amont et un ouvrage d'infiltration.

Débourbeurs-séparateurs à hydrocarbures

- Interception des **déchets, graviers et sables** (débourbeur)
- Interception des **hydrocarbures légers** (séparateur)
- Impact limité sur les particules fines
- **Entretien** : Visite 2 fois an (surveillance avec écrémage ou vidange si besoin), curage complet annuel minimum



Regard avec décantation et cloison siphonoïde (Source : La pluie en ville, CG 92)

- **Coût** : env. 1 500 € (séparateur 500L, Q < 3 l/s, livré non posé)

Ces dispositifs sont à réserver à certains rejets industriels de temps de pluie (stations-services, aires de lavage, ateliers mécaniques...).

Décanteurs lamellaires

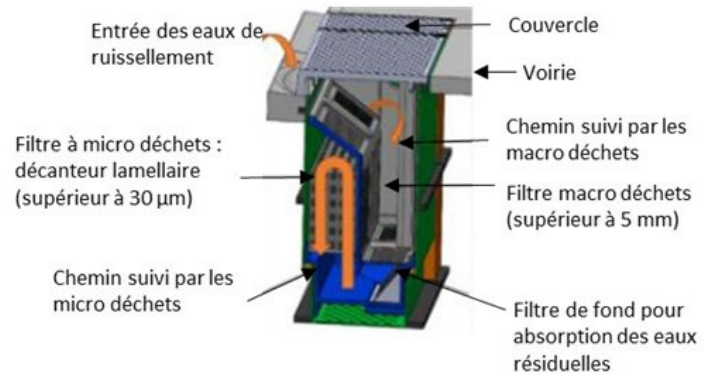
- Elimination des **flottants** (> 50 µm)
- Décantation accélérée
- **Stockage des boues**
- **Adapté aux pollutions chroniques** (métaux lourds, HAPs...)
- **Entretien** : Vidange tous les ans
- **Coût** : env. 15 000 € (fourniture seule), pour une surface active de 1ha

Ces dispositifs sont à réserver à certaines surfaces à potentiel de production de polluants.

Ouvrages compacts

- Dégrillage, décantation et filtration pour la gestion des **pollutions chroniques**
- Différents procédés pouvant être combiné (panier, décanteur lamellaire, séparation par écoulement vortex...), adapté pour différentes surfaces d'apport, volumes de stockage des boues...
- **Entretien** : Nettoyage dès que nécessaire, vidange annuelle minimum, changement d'équipement selon dispositif
- **Coût** : env. 5 000 – 10 000 € HT

Ces dispositifs sont à réserver à certains usages particulier (ruissellements chargés en polluants) ou en amont d'un dispositif d'infiltration sensible (si une décantation à ciel ouvert en amont n'est pas possible).



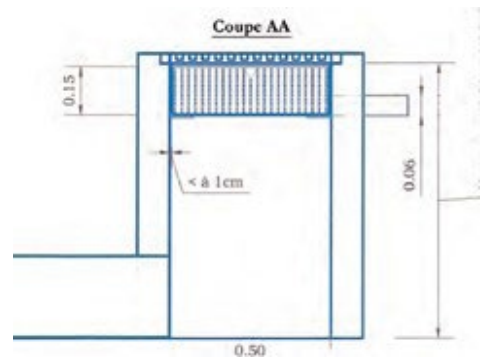
Ouvrage compact de traitement de la pollution (source : Veolia)

4.2.3 Les dispositifs de traitement par filtration

Dégrilleurs

- Pour les flottants et les particules les plus grosses
- Pour les descentes de gouttières : crapaudine
- Pour les regards d'avaloir : panier
- **Entretien** : Nettoyage régulier afin d'éviter le colmatage
- **Coût** : quelques centaines d'euros par dispositif pour les crapaudines et les paniers d'avaloir

Ces dispositifs sont à mettre en place pour stopper les macrodéchets (place de marché par exemple...).

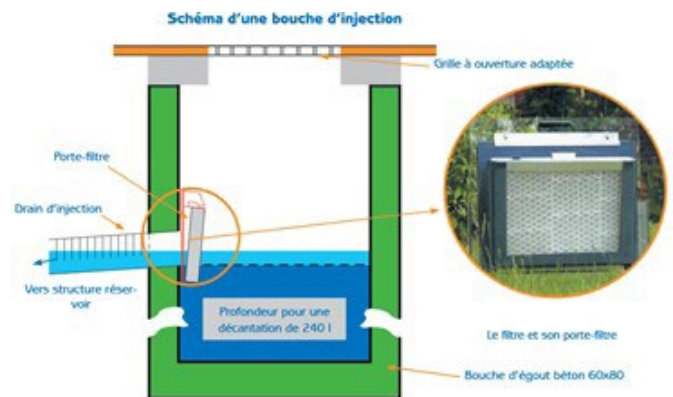


Panier (source : Guide référentiel espace public - Grand Lyon)

Filtres

- Filtre cassette revêtu de géotextile non tissé (type filtre Adopta)
- Piégeage des particules plus fines. La taille des particules piégées dépend du type de filtre utilisé.
- **Entretien** : Nettoyage réguliers (lavage) et remplacement du filtre (tous les ans) afin d'éviter le colmatage
- **Coût** : 200 € HT

Ces dispositifs sont à réserver à certains usages particulier (ruissellements chargés) ou en amont d'un dispositif d'infiltration sensible (si une décantation à ciel ouvert en amont n'est pas possible).

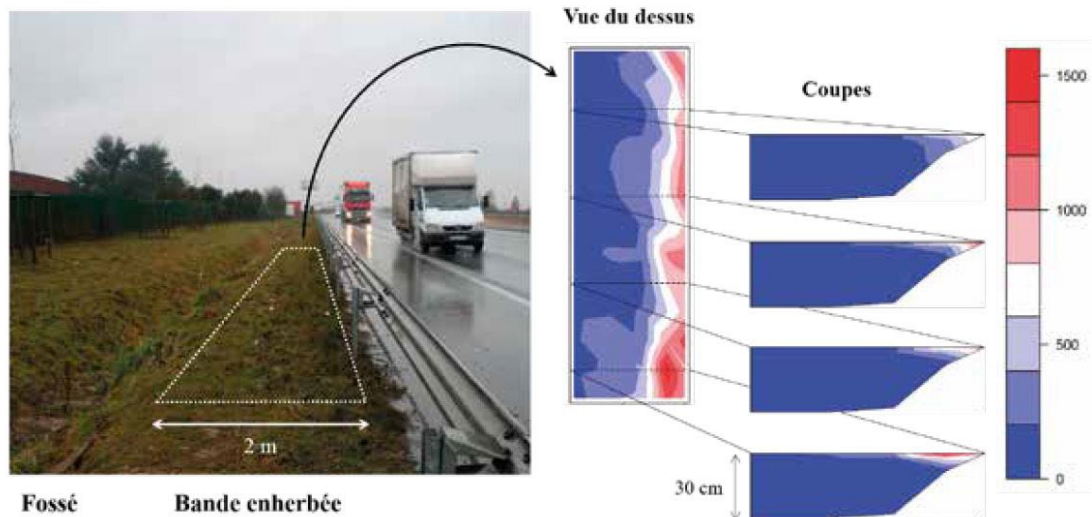


Bouche d'injection avec filtre (source : Adopta)

Matériaux filtrants « naturels »

- Filtre à sable, gravier roulé 20/40, concassés 40/80, sol naturel (ruissellement diffus en accotement de voirie par exemple)
- Pour les particules les plus fines
- Sans entretien, ni surcoût spécifique

Sur une zone d'infiltration, les niveaux de contamination atteints sont globalement faibles et l'accumulation de pollution se produit de manière relativement localisée, à la fois horizontalement et verticalement, aux emplacements où l'infiltration est la plus fréquente, pour les pluies faibles. Le piégeage de contaminants a en effet lieu dans la première surface rencontrée par le ruissellement. De plus, un apport par ruissellement diffus (à favoriser par rapport à une collecte et un écoulement concentré), permet de limiter la migration verticale des polluants.



Migration de polluants en accotement de voirie.

Gauche : photographie d'un système de gestion des eaux pluviales en milieu routier qui combine une bande enherbée et un fossé.

Droite : distribution spatiale des teneurs en zinc (mg/kg), à la surface et selon quatre sections transversales de la bande enherbée.

Source : Guide Infiltrer les eaux pluviales, c'est aussi maîtriser les flux polluants - 2020 - LEESU

À RETENIR

La mise en œuvre d'un accotement végétalisé le long des surfaces imperméabilisées (des voiries ou des stationnements par exemple) est particulièrement recommandée. Cette surface facile à entretenir (identification visuelle d'une pollution et décapage/arasement de l'accotement) est le dispositif de prétraitement qui assurent les meilleures performances de dépollution des eaux de ruissellement (sans aucun surcoût).

LA RÉCUPÉRATION DES EAUX PLUVIALES

L'eau de pluie est une ressource naturelle précieuse que l'on peut récupérer facilement pour être réutilisée. La valorisation de l'eau de pluie issue des toitures est un geste éco-responsable qui offre de nombreux avantages : économiques, écologiques et hydrauliques.

Il convient de distinguer l'utilisation de l'eau de pluie à l'intérieur des bâtiments et les usages extérieurs. L'usage à l'extérieur des bâtiments est recommandé car celui-ci est facile à mettre en œuvre (hors sol notamment) pour l'arrosage des espaces verts ou le lavage de véhicule. L'usage de l'eau de pluie à l'intérieur des bâtiments peut également présenter un intérêt dans certains projets neufs et collectifs (bureaux par exemple).

Il est également important de distinguer les installations de récupération et les installations de rétention :

- l'objectif de la récupération est d'être le plus souvent possible suffisamment remplie pour permettre l'utilisation de l'eau de pluie. Le trop-plein est situé en partie haute du dispositif.
- l'objectif de la rétention est d'être le plus souvent vide pour pouvoir remplir sa fonction hydraulique lors de pluies successives. La régulation du débit est située en partie basse du dispositif. Une surverse en partie haute est néanmoins toujours prévue pour évacuer les pluies très fortes voire exceptionnelles.

Il est possible de coupler la récupération à un dispositif de régulation et/ou d'infiltration des eaux pluviales pour répondre notamment au zonage (en limitant les débits de rejet d'eau pluviale au réseau et/ou par infiltration dans le sol en rechargeant utilement la nappe phréatique). La combinaison peut s'opérer avec plusieurs dispositifs en série ou un seul dispositif compartimenté comprenant dans les deux cas, une partie récupération et une partie rétention (Cf. partie performance vis-à-vis du zonage pluvial).

À RETENIR

L'eau de pluie est une eau non potable.

Toute connexion au réseau de distribution d'eau potable est strictement interdite (séparation des réseaux ou dispositif de protection prévu au règlement de service d'eau).

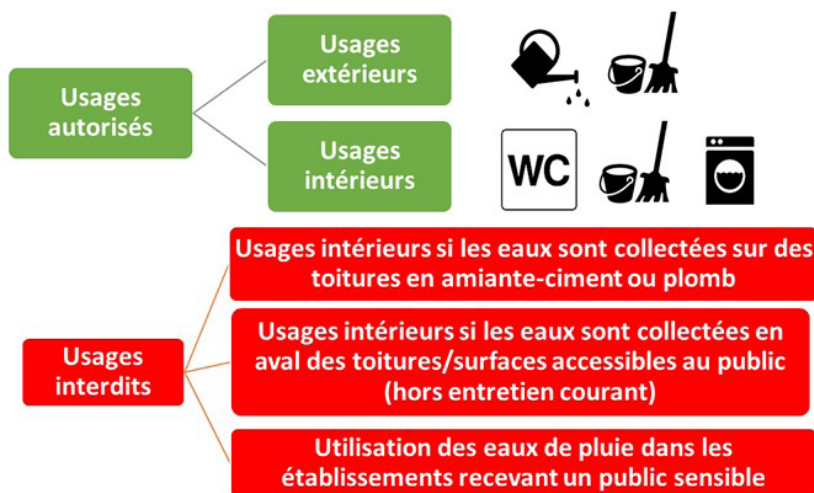


1. Réglementation et usages

Seules les eaux de pluies collectées sur des toitures inaccessibles peuvent être utilisées. Il convient de collecter uniquement l'eau tombée sur des toitures dont les matériaux de couverture ne sont pas toxiques (proscrire le fibrociment...).

Il convient de respecter les règles de mise en œuvre précisées dans les arrêtés du 21 août 2008 et du 17 décembre 2008 et le guide de bonne pratique à l'attention des installateurs édité par l'État :

- la conception des équipements de récupération des eaux de pluie,
- l'entretien des installations et le contrôle des installations.



Usages autorisés et interdits

(source : SEPIA Conseils)

À RETENIR

Le propriétaire d'une installation dont l'eau de pluie utilisée est rejetée au réseau d'assainissement des eaux usées doit effectuer une déclaration en mairie.

2. Conception

Les équipements à mettre en place sont à adapter selon les usages souhaités (usages extérieurs et/ou intérieurs).

Pour une **utilisation des eaux de pluie à l'extérieur d'un bâtiment**, il convient de mettre en place un **dispositif de collecte** des eaux de pluie équipé d'une crapaudine (au niveau de la descente d'eau), un **dispositif de filtration** (de l'eau et anti-moustique), une **cuve de stockage** (de préférence non translucide pour éviter la formation d'algues), un système de trop-plein (gravitaire, accessible et visible), et une signalisation « eau non potable » à chaque point de soutirage (à positionner dans le bas de la cuve pour pouvoir la vider et la nettoyer).



Installation de récupération de l'eau de pluie pour l'arrosage du jardin

(source : SEPIA Conseils)

À RETENIR



Les cuves doivent impérativement être munies d'une aération équipée de grille anti-moustiques de maille de 1 mm au maximum pour ne pas favoriser le développement des larves de moustiques (notamment le moustique tigre). Plus globalement, il convient d'éviter toute eau stagnante dans le jardin (retourner, ranger tous les récipients et matériels réceptacle potentiel d'eau).

Pour une **utilisation des eaux de pluie à l'intérieur d'un bâtiment**, il convient de rajouter les éléments suivants : un **dispositif de filtration (≤ 1 mm)** en amont de la cuve, une identification claire du **réseau d'eau non potable**, une pompe d'alimentation, un **système d'évaluation du volume d'eaux de pluie utilisées dans le bâtiment**.

D'un point de vue sanitaire, il est impératif de mettre en œuvre un **système de disconnexion totale (conforme à la réglementation)** du réseau d'eau de pluie récupérée et du réseau d'eau potable (pour des raisons de **santé publique** à aucun moment l'eau de pluie ne doit pouvoir contaminer l'eau potable).

À RETENIR

L'évacuation des eaux doit être **gravitaire**. On prévoit pour le trop-plein (et la sortie régulée en cas de rétention) un niveau plus haut que l'exutoire (milieu naturel, dispositif complémentaire de gestion des eaux pluviales...) pour permettre un écoulement (de préférence en surface) et ne pas avoir recours à un dispositif de relevage/pompage qui est interdit pour des raisons de sécurité. En outre, la section de la canalisation de trop-plein doit pouvoir absorber la totalité du débit maximum provenant de la toiture collectée.

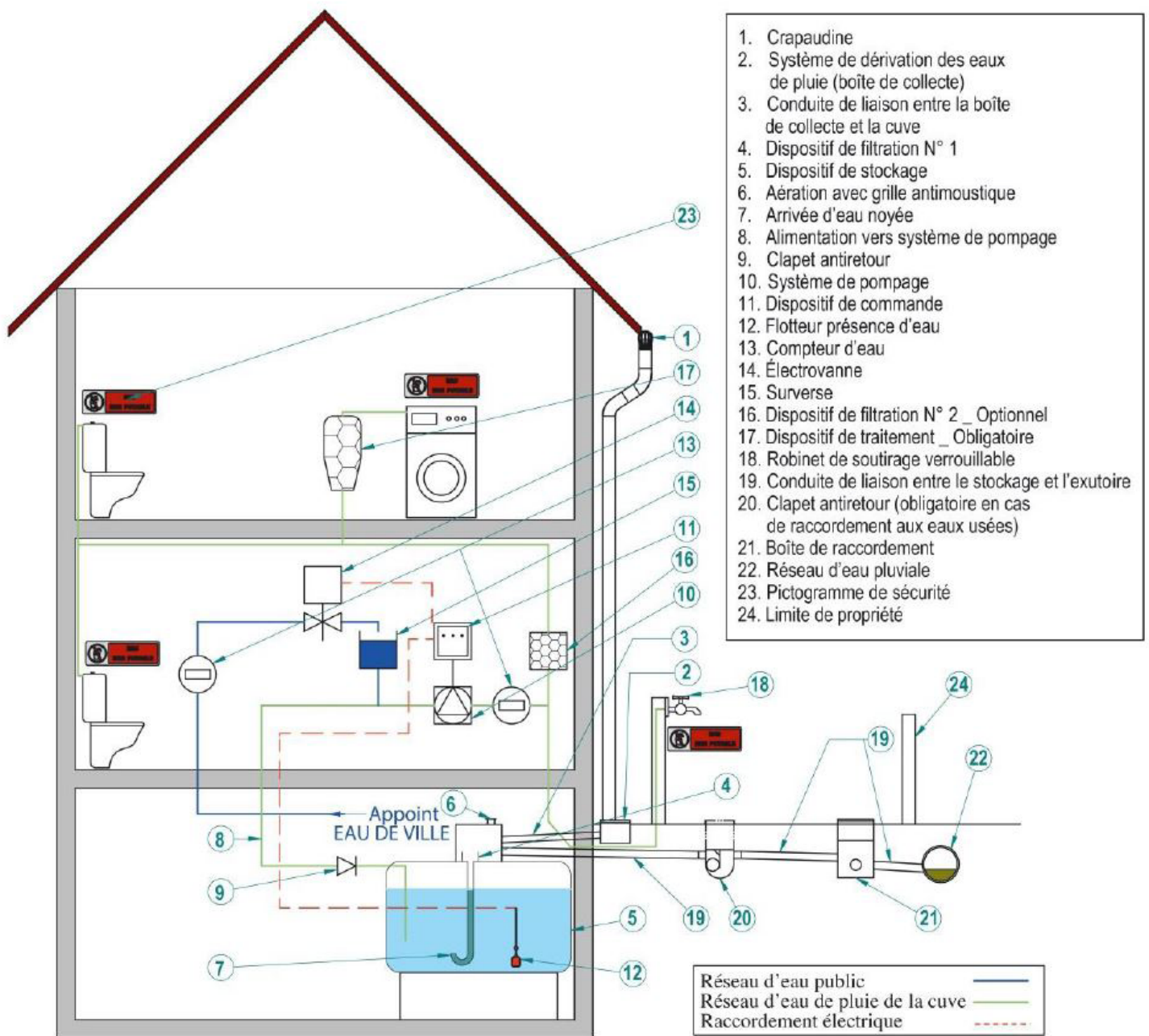


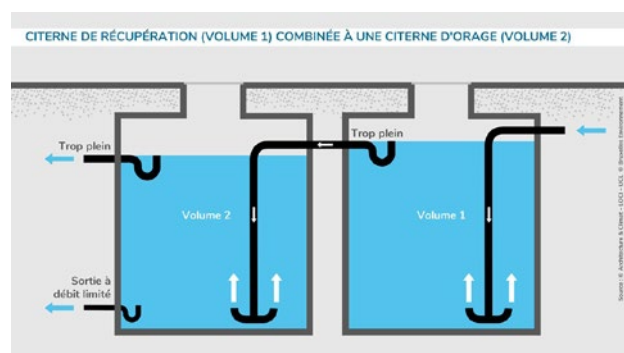
Schéma d'une installation avec stockage en sous-sol d'un bâtiment avec usages intérieur et extérieur avec trop-plein gravitaire se rejetant vers un ouvrage complémentaire de gestion des eaux pluviales

(source : Guide technique – Récupération et utilisation de l'eau de pluie, ASTEE)

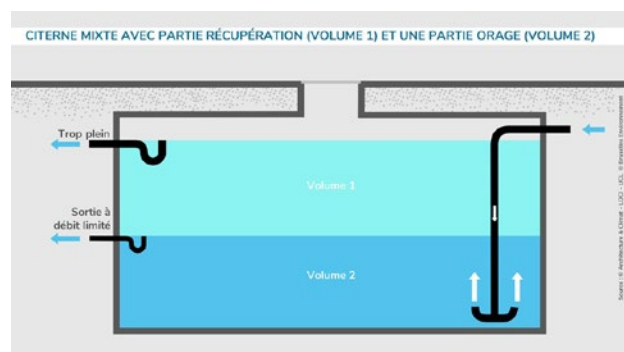
3. Performances vis-à-vis du zonage pluvial

Dans certains cas, la récupération et l'utilisation des eaux pluviales peuvent permettre de déconnecter des réseaux une partie des eaux pluviales. Cela étant, ce type d'équipement peut se révéler non efficace si l'eau n'est pas utilisée (selon la fréquentation pour les usages intérieurs ou à la période d'arrosage pour les usages extérieurs). Aussi la récupération est un dispositif encouragé pour ses nombreux avantages mais qui seul ne permet pas de répondre aux objectifs fixés par le zonage pluvial (y compris pour l'abattement des pluies faibles). Comme présenté précédemment, les objectifs recherchés sont différents et un dispositif complémentaire doit donc être prévu.

Comme c'est le cas pour d'autres aménagements de gestion des eaux pluviales, il est possible de combiner plusieurs dispositifs en série ou un seul dispositif compartimenté comprenant un volume distinct de récupération et de rétention.



Dans le cas de dispositifs en série, le trop-plein du volume de récupération (placé à l'amont) peut être dirigé vers le dispositif de stockage/ rétention avec un rejet à débit régulé (cuve comme présenté sur le schéma), ou bien surverser vers un autre dispositif de gestion à la source des eaux pluviales (tranchée drainante, noue, espace vert en creux par exemple).



Dans le cas d'un dispositif compartimenté (étagé), la partie supérieure correspond au volume de rétention et la partie inférieure au volume de récupération (puisé par une pompe pour son utilisation), la limite entre les compartiments correspond à la hauteur de l'évacuation à débit régulé. Le rejet à débit régulé peut là encore être infiltré en le dirigeant vers des espaces perméables (en laissant l'eau s'épandre naturellement sur le sol par exemple).

4. Dimensionnement

3 critères principaux sont à considérer pour le dimensionnement de la cuve de stockage :

- Taux de couverture des besoins en eau
- Surface active de toiture valorisable
- Volume utile disponible et débit de rejet régulé du zonage pluvial (en cas de rétention)

Plus précisément, le dimensionnement de systèmes de récupération/utilisation d'eaux pluviales se réalise par simulation de chroniques de pluies réelles. En testant différents volumes de cuves de stockage croissants, il est possible de calculer le taux de recouvrement des besoins en eau.

Usage	Nesoins quantitatifs	Périodes
Sanitaires	30 l/j/personne	Toute l'année
Lavage du linge	20 l/j/personne	Toute l'année
Arrosage	k*ETP – pluie	Avril - septembre

Besoins en eau selon les usages

(source : SEPIA Conseils)

k : coefficient cultural dépend du type de plantes

ETP : évapotranspiration

5. Entretien

Les obligations d'**entretien réglementaire** sont les suivantes :

Semestriellement : vérifier la propreté des équipements de récupération des eaux de pluie, l'existence de la signalisation et le bon fonctionnement du système de disconnexion

Annuellement : nettoyer les filtres, vidanger, nettoyer et désinfecter la cuve de stockage, manoeuvrer les vannes et robinets de soutirage, vérification des pompes le cas échéant

6. Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Préservation de la ressource en eau • Réduction des apports aux réseaux d'évacuation des eaux pluviales (en cas de rétention complémentaire) • Economie sur la facture d'eau potable 	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération seule ne répond pas au zonage pluvial (un dispositif complémentaire de rétention est nécessaire : stockage/infiltration pour la disconnexion et régulation en cas de rejet) <p>Pour les ouvrages enterrés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requiert une évacuation gravitaire du trop-plein (et du débit régulé si rétention) <p>Pour les usages intérieurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requiert un appoint en eau disconnecté du réseau d'eau potable (risque sanitaire) • Rentabilité à évaluer selon les usages

7. Coûts d'investissement et d'exploitation

Usages extérieurs

Volume de cuve (m ³)	Ordre de grandeur de prix donné à titre indicatif
3	2 000 €
20	7 000 €
30	9 000 €

Un simple récupérateur d'eau de pluie (citerne hors sol) coûte entre 50 € et 150 € selon sa capacité.

Prix de l'eau

Gratuite, l'eau de pluie permet de faire des économies sur la facture d'eau.

Usages intérieurs

Type d'installation	Ordre de grandeur du coût du réseau d'eau non potable, donnée à titre indicatif
Habitation individuelle	2 000 €
Intermédiaire	40 000 €
Immeuble collectif	60 000 €
Très grande installation	70 000 €

Prix de l'eau

Gratuite, l'eau de pluie permet de faire des économies sur la facture d'eau.

Coût entretien et maintenance
entre 7 et 70 €/m³ stockage/an

À RETENIR

Pour encourager ce dispositif éco-responsable, Nantes Métropole n'applique pas de redevance sur le volume d'eau de pluie utilisé et rejeté au réseau d'assainissement des eaux usées.

8. Pour en savoir plus

- Arrêté du 21 août 2008 (et ordonnance 2017-9 du 05/01/17)
- Norme NF P16-006 « Systèmes de récupération de l'eau de pluie pour son utilisation à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments »
- Guide technique – Récupération et utilisation de l'eau de pluie, ASTEE, 2015
- Code de la santé publique
- Systèmes d'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment – Règles et bonnes pratiques à l'attention des installateurs, Ministère de l'Ecologie, 2009

LES MILIEUX HUMIDES ET LES EAUX PLUVIALES

Vis-à-vis de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques, une zone humide ne peut pas être considérée comme un ouvrage de gestion des eaux pluviales. Inversement, un ouvrage de gestion des eaux de pluie ne sera pas considéré comme une zone humide même si à terme des milieux naturels fonctionnels s'y seront mis en place.

Cependant, les interactions entre gestion des eaux pluviales et zones humides posent des questions sur :

- l'opportunité de recréer un milieu de type zone humide à travers la gestion des eaux pluviales,
- l'opportunité d'intégrer les zones humides dans l'aménagement global en préservant son alimentation comme milieu récepteur naturel des eaux pluviales.

1. Les aménagements de gestion des eaux pluviales comme milieux humides : orientations pour favoriser la mise en valeur paysagère et environnementale de l'eau ressource

Les milieux humides sont favorables à la mise en place d'habitats et d'espèces végétales ou animales menacés par l'artificialisation des milieux mais aussi par les changements climatiques en cours et à venir. La création d'aménagements de gestion des eaux pluviales de type milieux humides est une opportunité de constituer un maillon de trame verte et bleue favorisant ainsi globalement une biodiversité riche et patrimoniale. Un dispositif de gestion des eaux pluviales végétalisé même de petite taille joue un rôle de transit ou de repos des espèces.

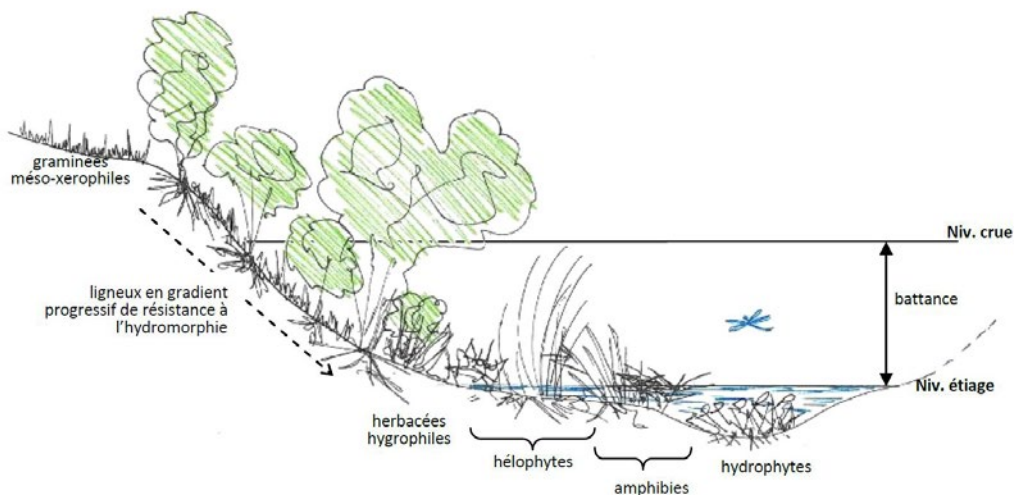


**Bassin d'infiltration
avec une roselière**

(source : ONEMA-Plante&Cité -
Aménagement et choix des végétaux
des ouvrages de gestion des eaux pluviales
de proximité)

Règles de conception

- Favoriser les aménagements avec une conception la plus naturelle possible en favorisant les pentes et les formes douces, et les matériaux naturels (blocs et cailloux non agrégés, matériaux terreux) permettant l'expression de la végétation.
- Favoriser la rétention et l'infiltration de l'eau / Éviter les drains ou tout axe d'écoulement concentré dans l'ouvrage / favoriser le ralentissement des écoulements avec un parcours de l'eau en surface et de manière diffuse.
- Végétaliser avec des espèces adaptées au contexte du sol, à son hygrométrie et à l'exposition.



Exemple de végétation adaptée sur le flanc d'un bassin humide

(source : ONEMA-Plante&Cité - Aménagement et choix des végétaux des ouvrages de gestion des eaux pluviales de proximité)

- Créer des modelés d'altitude du fond pour diversifier les conditions d'hygrométrie du sol et permettre une alimentation d'eau dans le fond dès les petites pluies.
- Créer des mosaïques d'habitats diversifiées dans ou en lien avec l'ouvrage (haie ou massif boisés, zone herbacée basse et haute, zone en eau...) et des habitats refuges pour la faune (buissons et haies ...).
- Prévoir des zones identifiées pour l'entretien (rampe d'accès, zone de curage des apports de sédiments ou de pollutions...) sur une partie de l'ouvrage et plutôt dans la partie amont.

À NOTER

Le stockage des eaux pluviales ne doit pas créer de gîtes larvaires et favoriser la prolifération des moustiques (moustique tigre notamment). Un milieu humide correctement conçu ne sera pas favorable au développement des larves de moustique car il abrite de nombreux animaux prédateurs : grenouilles, tritons, larves de libellules...

Règles de gestion

Les pratiques de gestion des aménagements pourront concerner la gestion de la végétation et des milieux qui se seront mis en place mais aussi l'entretien courant des équipements.

- Limiter le développement des ligneux sur toute la surface qui sans entretien vont coloniser naturellement les milieux et poser problèmes pour la fonctionnalité des ouvrages hydrauliques.
- Intégrer une gestion différenciée par fauche avec export en fin de saison estivale septembre à octobre pour permettre un bon développement des herbacées annuelles et de la faune amphibie.
- Favoriser / maintenir les mosaïques d'habitats (haie ou massif boisés, zone herbacée basse et haute, zone en eau, habitat refuge pour la faune...).
- Organiser l'entretien, en particulier le curage des ouvrages, sur plusieurs années roulantes afin de conserver une zone « réservoir et refuge » au fond des aménagements.

2. Les zones humides comme milieux récepteurs : orientations pour la gestion des eaux pluviales à l'amont des zones humides

Les zones humides existantes constituent les milieux récepteurs naturels des eaux pluviales (marais, prairies humides, mares...).

Les orientations retenues dans le zonage pluvial pour la gestion à la source, l'infiltration et le traitement des eaux pluviales urbaines **tendent à préserver les milieux récepteurs en général**. La question se pose donc des éventuelles mesures spécifiques à prendre pour la gestion des eaux pluviales à l'amont des zones humides.

Les impacts des rejets d'eaux pluviales urbaines sur les zones humides peuvent être qualitatifs et/ou quantitatifs (modification du mode d'alimentation et de diffusion au sein de la zone humide liée à la concentration des débits, suralimentation de la zone humide ou au contraire son assèchement...).

Tout projet urbain à l'amont d'une zone humide existante doit la préserver voire la restaurer si le milieu est dégradé. Il doit faire l'objet d'une analyse préalable de ses impacts potentiels, tenant compte à la fois de ses caractéristiques propres (étendue du projet, occupation du sol, activités) et de celles de la zone humide (sensibilité, pouvoir épurateur). Pour bien intégrer les zones humides dans son projet, il est important de connaître le fonctionnement hydrographique du bassin versant. Une analyse des fonctionnalités hydrauliques et écologiques de la zone humide permettra à la fois de préserver (voire de restaurer) les milieux humides existants et d'intégrer des milieux nouvellement créés pour la gestion des eaux pluviales.

- D'une manière générale, le meilleur moyen d'éviter les impacts des eaux pluviales d'un projet sur une zone humide est de **préserver au maximum le fonctionnement hydrologique naturel de la zone aménagée**. Il s'agit de conserver le parcours de l'eau et son régime naturel (avant aménagement).
- **Une zone humide peut recevoir les eaux pluviales d'un projet**, à condition que celles-ci ne l'altèrent pas (absence d'impact qualitatif et quantitatif). Les milieux humides constituent des espaces tampon des eaux pluviales de façon permanente ou temporaire et participent à la prévention des inondations par ruissellement. Les milieux humides présentent également une capacité naturelle d'épuration des eaux de ruissellement que la gestion des eaux du projet s'attache à préserver.
- La gestion des eaux pluviales d'un projet doit donc être réalisée **en amont de la zone humide** et elle doit être adaptée à la fois aux caractéristiques du projet et à la capacité de la zone humide à accepter les rejets d'eaux pluviales.
- Pour éviter les **impacts quantitatifs** d'un projet, il est nécessaire de conserver au maximum l'alimentation naturelle de la zone humide par les eaux pluviales, ce qui implique de :
 - Concentrer le moins possible les débits et les rejets vers la zone humide,
 - Assurer la transparence du projet vis-à-vis des écoulements amont, superficiels et souterrain, afin d'en assurer le maintien, sans modification,
 - Favoriser au maximum le parcours de l'eau en surface et l'infiltration diffuse, à faible profondeur des eaux pluviales du projet.
- Pour éviter les **impacts qualitatifs** d'un projet, il est nécessaire de :
 - Identifier les sources potentielles de pollution (éviter les activités polluantes et leur rejet d'eaux pluviales...).
 - Eviter tout transfert d'une pollution accidentelle, y compris en phase travaux (assurer le confinement des polluants...).
 - Favoriser la gestion à la source, l'infiltration diffuse et à faible profondeur.

Un exemple

ZAC des Perrières à La Chapelle-sur-Erdre (44) Aménagement de la mare existante au cœur du parc de la ZAC.



La réalisation de nombreuses études spécifiques (végétal, pédologie, hydraulique, topographie, biodiversité) a permis de mettre en avant les principales caractéristiques du site, et notamment les milieux humides existants.

Ceci a permis de matérialiser très en amont un plan vert, véritable "squelette preservativeur des milieux et des habitats" du site et support du plan masse.



(source : CEREMA, Cabinet Desormeaux)

De façon pratique, la gestion intégrée des eaux pluviales favorise le parcours de l'eau, le stockage et l'infiltration des eaux pluviales à ciel ouvert. Les dispositifs de gestion des eaux pluviales à la source irriguent les zones humides et leur redonnent leur fonctionnalité hydraulique. Les zones humides sont ainsi préservées par la mise en œuvre de dispositifs de gestion des eaux pluviales du projet.

Les orientations ci-dessus sont des orientations générales. Tout projet urbain à proximité d'une zone humide doit faire l'objet d'une analyse au cas par cas et d'une concertation avec le gestionnaire de la zone humide, qui pourront donner lieu à des mesures spécifiques.

A titre d'exemple, les zones humides de types prairies, tourbières et tuffières pourront demander des mesures différentes en termes de gestion des ruissellements naturels amont, de mode d'alimentation par le projet, de débit de rejet, de période de retour d'insuffisance des ouvrages...