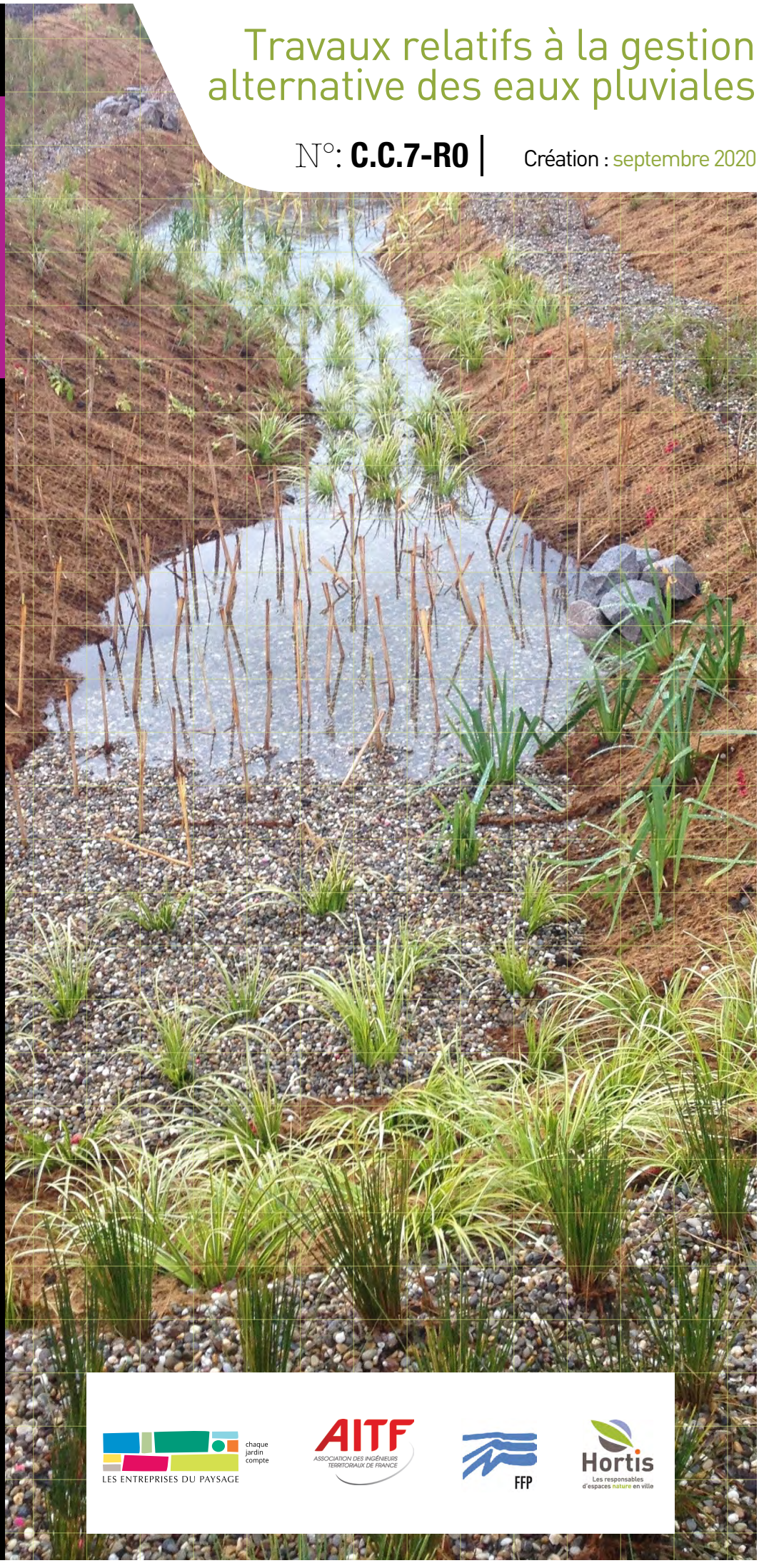
Travaux

d'aménagement et d'entretien des constructions paysagères

Règles professionnelles

Travaux relatifs à la gestion alternative des eaux pluviales

N°: **C.C.7-R0** | Création : septembre 2020



LES ENTREPRISES DU PAYSAGE — chaque jardin compte

AITF — Association des Ingénieurs Territoriaux de France

FFP

Hortis — Les responsables d'espaces nature en ville

Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'étude, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des « bonnes pratiques » du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :
- une délimitation précise du domaine d'application ;
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document ;
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier ;
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail ;
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres (compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.).

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : les règles professionnelles n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Les règles professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Membre honoraire)
Christophe GONTHIER (Unep, Président de la délégation régionale de l'Unep Auvergne-Rhône-Alpes)
Eric LEQUERTIER (Unep, Vice-Président de Plante & Cité)
Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction et relecture

Maëlle ANCELLE (Adopta)
Etienne BERTRAND (Unep)
Marc BIDET (ESA)
Elodie BRELOT (GRAIE)
Robin DAGOIS (Plante & Cité)
Ludovic DENNIN (Douaisis Agglo)
Laurent ELY (Unep)
Jennifer FALEYEUX (CERIB)
Jessy HERVE (ESA)
Damien LELAURAIN (Courserant Espaces Verts)
Jean-Baptiste MEUNIER (ESA)
Mathis MILLET (ESA)
Thierry MULLER (Unep)
Elodie SANCHEZ-COLLET (GRAIE)
Fanny DEVOGHELAERE (Unep)
Pierre-Antoine THEVENIN (Unep)
Maud THISSE (Unep)

Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité.

Crédit photo de couverture : Thierry Muller SAS

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles « Travaux des sols, supports de paysage » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - B : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles / axe 5 – S : sols sportifs). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "R*chiffre*" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "A*chiffre*", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante :
https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/bonnes-pratiques-du-secteur-les-regles-professionnelles/les-regles-parues/

Sommaire

Préambule 2

Liste des personnes ayant participé à la rédaction 2

1. Objet et domaine d'application 5

2. Définitions des termes 5
2.1. Termes propres à la gestion des eaux pluviales 5
2.1.1. Ajutage/redans 5
2.1.2. Bassin versant 5
2.1.3. Débit de fuite/débit de trop plein 5
2.1.4. Débit de fuite autorisé 5
2.1.5. Exutoire 5
2.1.6. Infiltration 5
2.1.7. Période de retour 5
2.1.8. Tamponnement 5
2.1.9. Nappe phréatique 5
2.2. Vocabulaire du sol et des végétaux 5
2.2.1. Évapotranspiration 5
2.2.2. Hydromorphie 5
2.2.3. Végétal hélophyte 5
2.2.4. Végétal hydrophyte 6
2.2.5. Végétal hygrophile 6
2.2.6. Végétal mésophile 6
2.2.7. Végétal mésoxérophile & xérophile 7
2.3. Ouvrages de gestion alternative/à la source des eaux pluviales 7
2.3.1. Jardin de pluie 7
2.3.2. Espace inondable aux usages mixtes 7
2.3.3. Bassin paysager 7
2.3.4. Réservoir paysager 7
2.3.5. Noue 7
2.3.6. Matériaux de stockage 7
2.3.7. Tranchée drainante 7
2.3.8. Puits d'infiltration 7
2.3.9. Revêtements perméables 7

3. Descriptions et prescriptions techniques 7
3.1. Principes généraux, conception, dimensionnement 7
3.1.1. Principes fondamentaux et avantages 7
3.1.2. L'approche globale : une nécessité avant de démarrer le projet 8
3.1.3. Intégration avec le bâti 9
3.1.4. Rôle du paysagiste et coordinations des différents acteurs 9
Point de contrôle interne 9
3.1.5. Les principes de conception des ouvrages 9
3.2. Dispositions générales en phase de chantier 10
Point de contrôle contradictoire 10
3.2.1. Assurer la sécurité du chantier d'aménagement 10
3.2.2. Etape de fin de chantier 10
Point de contrôle contradictoire 10

A. Dispositifs de gestion alternative/à la source des eaux pluviales reposant sur des surfaces plantées 11
3.3. Spécificités des surfaces plantées 11

3.3.1. Rôle du végétal sur la pollution : la phytoépuration 11
3.3.2. Rôle physique du substrat 11
3.3.3. Régime hydrique et choix des essences 11
3.3.4. Autres facteurs de choix des essences 12
3.3.5. Principes d'aménagement commun aux surfaces plantées 12
Point de contrôle interne 12
3.4. Les jardins de pluie 13
3.5. Les espaces inondables aux usages mixtes 13
3.6. Les bassins paysagers 13
3.7. Les réservoirs paysagers 14
3.8. Les noues 14
3.8.1. Noue à redans/ajutage/en cascade 15
3.8.2. Noue drainée (avec ou sans ouvrage de pré-traitement) 15
3.8.3. Noue filtrante 17
3.8.4. Noue en terre-pierre 17
3.8.5. Noue étanche 17

B. Dispositifs de gestion alternative/à la source des eaux pluviales reposant sur des surfaces minérales 19
3.9. Les matériaux de stockage 19
3.10. Les tranchées drainantes 20
3.11. Les puits d'infiltration 21
3.12. Les revêtements perméables 21
3.12.1. Dalle engazonnée 21
3.12.2. Pavés béton avec joints engazonnés 22
3.12.3. Pavés à joints gravillons 22
3.12.4. Revêtement en mélange terre/pierre fin engazonné 22
3.12.5. Enrobé poreux/béton drainant 23
3.12.6. Aires sablées, dites stabilisées 24

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires 25

5. Bibliothèque de référence 26

6. Annexe 1 :
Dimensionnement des ouvrages - Évaluation du volume des ouvrages de retention ou d'infiltration 28
6.1. Le choix de l'évènement pluvieux à gérer 28
6.2. Les risques de pollution 28
6.3. Les types de surfaces concernés par le bassin versant et leur coefficient de ruissellement 29
6.4. La quantité d'eau à prendre en compte 29
6.5. Les débits de fuite et capacité d'infiltration 30
a. Le débit de fuite par infiltration 30
b. Le trop-plein occasionnel 31
c. Le débit de fuite par écoulement 31

1. Objet et domaine d'application

Les techniques alternatives, aussi dites de gestion à la source, désignent l'ensemble des techniques de gestion des eaux pluviales privilégiant l'infiltration et le stockage des eaux pluviales au plus près de la source et ainsi le ralentissement des débits en aval d'ouvrage. La définition du terme « technique alternative » est abordée dans le fascicule 70 titre II ; il y est fait mention « d'ouvrages retenant temporairement les eaux pluviales, avant de les restituer au milieu récepteur, soit par infiltration, soit par l'intermédiaire d'un réseau enterré ou superficiel ».

Ces techniques contribuent à une gestion préventive, durable et écologique des eaux pluviales, pour tout projet de développement ou renouvellement urbain.
Il s'agit de solutions intégrées à l'aménagement, avec la conception d'ouvrages au plus près de la source du ruissellement. Longtemps regroupées sous le terme générique de techniques alternatives, comme une alternative au « tout tuyau » (ou compensatoires à l'imperméabilisation), elles sont aujourd'hui la solution à privilégier pour la gestion des eaux pluviales. On parlera donc de solutions de gestion à la source ou solutions pour une gestion durable et intégrée des eaux pluviales.

Ces règles professionnelles présentent les principes de la gestion intégrée des eaux pluviales ainsi que la mise en œuvre et l'entretien d'une partie des ouvrages participant à cette gestion à la source.

Ne sont pas concernés :
- les bassins de stockage-restitution, qui ne sont pas considérés comme des solutions de gestion à la source des eaux pluviales ;
- les techniques de génie végétal (cf. N.C.1-R0 Travaux de génie végétal) ;
- la mise en œuvre des toitures végétalisées (cf. B.C.4-R0 Conception, réalisation et entretien des toitures végétalisés).

2. Définitions des termes

2.1. Termes propres à la gestion de l'eau

2.1.1. Ajutage/redans

Dispositif permettant de limiter le débit d'écoulement en aval. L'ajutage permet d'optimiser le remplissage des ouvrages de gestion des eaux pluviales en différant ou en ralentissant l'écoulement. Ils sont ainsi particulièrement utilisés en zones de pente.

2.1.2. Bassin versant

Portion de territoire dont l'ensemble des eaux convergent vers un même point de sortie appelé exutoire : cours d'eau, lac, mer, océan, etc.

2.1.3. Débit de fuite/débit de trop-plein

Le **débit de fuite** d'un ouvrage correspond au débit de l'eau évacuée par un dispositif de régulation.
Cette fuite peut être réalisée par infiltration, qui est à privilégier (par exemple à travers un fond de bassin relativement perméable ou par des puits creusés jusqu'à une couche perméable), par des drains, des canalisations…
Si la fuite est située au niveau de remplissage maximal souhaité pour l'ouvrage, de manière à évacuer toute l'eau supplémentaire, on parle alors de **débit de trop-plein**.

2.1.4. Débit de fuite autorisé

Débit de fuite maximal sur une zone. Ce débit de fuite autorisé est généralement donné par les services communaux ou les gestionnaires des fossés exutoires.

> Dans le cas d'un ouvrage de rétention d'eau de pluie, le réservoir doit avoir un orifice dont le diamètre permet de ne pas dépasser le débit de fuite autorisé pour la zone. Le diamètre est calculé de manière à ce que le débit de fuite du réservoir entièrement rempli (c'est-à-dire le cas dans lequel il est le plus élevé) n'excède pas le débit de fuite autorisé.

2.1.5. Exutoire

Milieu de restitution final, qu'il soit naturel (sol, cours d'eau, etc.) ou artificiel (réseau d'assainissement, fossé).

2.1.6. Infiltration

Evacuation par pénétration naturelle gravitaire de l'eau à travers les différents horizons du sol.

2.1.7. Période de retour

La période de retour, aussi appelée temps de retour, caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une durée et d'une intensité données. On parle de pluies décennales, centennale…

2.1.8. Tamponnement

Stockage temporaire des eaux de pluie avant infiltration ou restitution à l'exutoire.

2.1.9. Nappe phréatique

Masse d'eau contenue sous les horizons du sol, en nappe superficielle, le plus souvent circulant librement, alimentant les puits et les sources. Elle est captive si elle circule entre deux couches de matériaux imperméables.

2.2. Vocabulaire du sol et des végétaux

2.2.1. Évapotranspiration

Quantité d'eau transférée du sol vers l'atmosphère par évaporation de l'eau du sol et transpiration des plantes. Elle est mesurée en mm/h ou en mm/j.

2.2.2. Hydromorphie

Qualité d'un sol, montrant des marques physico-chimiques de saturation en eau, généralement durant l'hiver. Occasionne l'asphyxie de la microfaune, de la microflore et du système racinaire de certaines plantes.

2.2.3. Végétal hélophyte

Plante herbacée généralement de type « géophyte » (plante à rhizome, bulbe, tubercule), dont les organes de renouvellement (bourgeons) passent l'hiver dans le sol inondé (vase), alors qu'en période de végétation elle développe un système aérien dépassant de la surface de l'eau.

Acorus calamus

Carex acutiformis

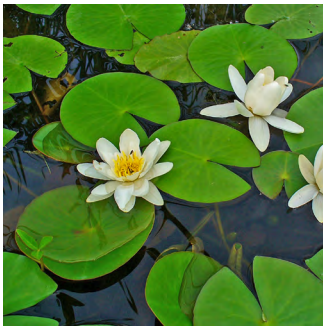
Iris pseudocorus

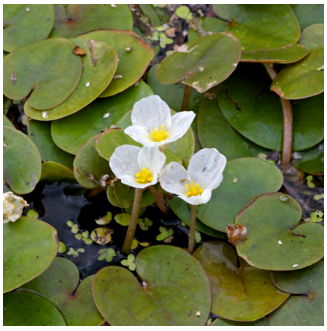
Lythrum salicaria

Photo 1 : exemples de végétaux hélophytes
Source : Wikipedia Creative Commons

2.2.4. Végétal hydrophyte

Végétal majoritairement immergé dont les espèces peuvent être flottantes, enracinées sous l'eau avec une partie aérienne, ou entièrement immergées.


Nymphaea alba


Hydrocharis Morsus-ranae

Elodea

Myriophyllum

Photo 2 : exemples de végétaux hydrophytes
Source : Wikipedia Creative Commons

2.2.5. Végétal hygrophile

Végétal adapté aux milieux humides.

Alnus glutinosa

Populus alba

Fraxinus excelsior

Mentha aquatica

Photo 3 : exemples de végétaux hygrophiles
Source : Wikipedia Creative Commons

2.2.6. Végétal mésophile

Végétal adapté au milieu intermédiaire et frais, généralement plutôt drainant mais conservant une certaine réserve en eau.

Arrhenatherum elatius

Tragopogon pratensis

Knautia arvensis

Lathyrus pratensis

Photo 4 : exemples de végétaux mésophiles
Source : Wikipedia Creative Commons

2.2.7. Végétal mésoxérophile et xérophile

Végétal adapté aux sols majoritairement secs voire complètement secs sur l'année.

Cirsium acaule Scop

Plantago media L.

Ononis repens L.

Ophrys apifera Huds

Photo 5 : exemples de végétaux mésoxérophiles et xérophiles
Source : Wikipedia Creative Commons

2.3. Ouvrages de gestion alternative/à la source des eaux pluviales

2.3.1. Jardin de pluie

Jardin constitué d'un lit de plantes, conçu selon l'objectif principal de capter les eaux pluviales pour que celles-ci s'infiltrent lentement dans le sol.

2.3.2. Espace inondable aux usages mixtes

Espace combinant un rôle de surface inondable en plus de ses usages habituels. En cas d'inondation, les usages habituels sont temporairement suspendus. Exemple : un terrain de sport dans une zone inondable.

2.3.3. Bassin paysager

Ouvrage de stockage et d'infiltration présentant un intérêt paysager par ses plantations et son intégration, pouvant gérer temporairement de grandes quantités d'eau de pluie.
Le bassin paysager peut prendre deux formes : sec ou en eau. Le bassin sec n'est en eau qu'en cas de sollicitation, à la suite de fortes précipitations. Le bassin en eau permet un stockage par élévation de son niveau d'eau, qui n'est jamais nul.

2.3.4. Réservoir paysager

Massif végétalisé recevant le ruissellement des eaux pluviales de surfaces imperméables adjacentes (souvent des zones de circulation). Son immersion temporaire permet de diminuer la vitesse et la quantité des eaux de ruissellement, ainsi que leur concentration en polluants. Il peut être considéré comme un bassin paysager de faible emprise et à charge limitée, en accompagnement de voiries ou de bâtiments.

2.3.5. Noue

Espace vert longitudinal présentant une légère dépression pour stocker temporairement et/ou infiltrer les eaux pluviales, pouvant faire l'objet d'un aménagement paysager. Il est admis qu'un fossé est semblable à une noue, mais présentant de plus fortes pentes.

2.3.6. Matériaux de stockage

Structures possédant un taux de vide élevé et mécaniquement résistantes à la retenu des eaux dans ces vides (GNT ou graves non traitées, billes d'argile, SAUL ou structures alvéolaires ultralégères…). Elles retiennent temporairement les eaux pluviales avant leur infiltration ou leur rejet vers un autre exutoire (milieu naturel, réseaux d'assainissement).

2.3.7. Tranchée drainante

Ouvrage de stockage et d'infiltration linéaire et peu profond (de l'ordre du mètre) rempli de matériaux présentant un indice de vide optimisé et protégé par un géotextile.

2.3.8. Puits d'infiltration

Ouvrage vertical ponctuel de stockage et d'infiltration, plus ou moins profond. Il peut s'agir de puits comblés (sable et pouzzolane…), d'anneaux en béton perforés, etc.

2.3.9. Revêtements perméables

Revêtements dont la composition permet l'infiltration des eaux pluviales, limitant ainsi le ruissellement. Il peut s'agir de dalles et pavés à joints perméables (engazonnés ou non), de bétons ou d'enrobés poreux ou drainants, de mélanges terre-pierres engazonnés, d'aires sablées ou stabilisées, etc.

3. Descriptions et prescriptions techniques

3.1. Principes généraux, conception, dimensionnement

3.1.1. Principes fondamentaux et avantages

La gestion alternative/à la source des eaux pluviales repose sur trois principes fondamentaux.

- Respecter au maximum le cycle naturel de l'eau, en évitant l'imperméabilisation et la concentration des flux. La vitesse d'écoulement des eaux est ainsi ralentie et plus proche de son état d'origine. En effet, l'eau pluviale est gérée au plus près de son point de chute, en privilégiant l'infiltration sur place, si la nappe et le sol le permettent. Lorsque cela n'est pas possible, elle est stockée temporairement et restituée à débit maitrisé vers le milieu naturel, ou à défaut vers le réseau d'assainissement.
- Intégrer la gestion des eaux pluviales à l'aménagement et créer des ouvrages plurifonctionnels. Un même espace peut revêtir différentes fonctions (exemple : parking perméable qui combine stationnement et infiltration des eaux de pluie). Cette plurifonctionnalité est gage d'optimisation du foncier, de maîtrise des coûts, de cumul de bénéfices sociétaux et environnementaux et de bonne intégration des ouvrages dans un projet urbain et/ou paysager.
- Modifier la vision du grand public de l'eau de pluie. Les ouvrages réintroduisent l'eau dans le quotidien des usagers pour les sensibiliser tout en améliorant leur cadre de vie.

L'eau de pluie doit être considérée comme une ressource, et non plus comme un déchet à évacuer et traiter.

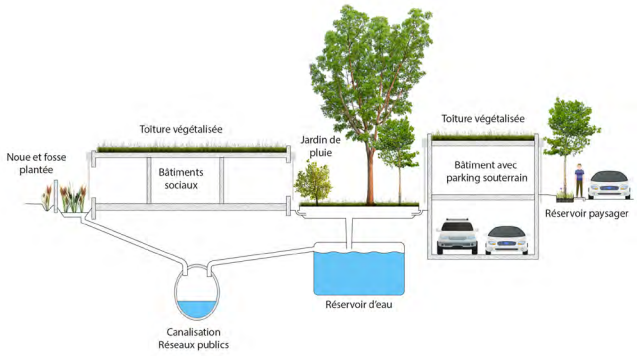


Figure 1 : exemple de combinaison de techniques alternatives pour les eaux pluviales

De multiples bénéfices sont apportés directement et indirectement par la gestion alternative des eaux pluviales :
- limitation des phénomènes induits par le ruissellement, dont l'entrainement de polluants et leur concentration dans les flux avant rejet ;
- contribution à la recharge des nappes phréatiques et des ressources en eaux potables ;
- diminution des risques de saturation des réseaux d'assainissement ;
- réduction des débits de pointe des rejets au milieu naturel, et donc les conséquences sur les cours d'eau et les risques d'inondation à l'aval, notamment lors des événements pluvieux intenses (et meilleure gestion du risque d'inondation par l'infiltration et le stockage dans des zones de retenue extensive) ;
- réintroduction de l'eau au cœur de la ville et sensibilisation des habitants ;
- renforcement de la biodiversité en ville et création de corridors biologiques (trames vertes et bleues) ;
- contribution à l'adaptation au changement climatique (notamment par la participation à la lutte contre les îlots de chaleur urbains - rafraichissement de l'air par évapotranspiration de l'eau) ;
- limitation des polluants, interceptés par le sol et la végétation.

Ce type de projet peut bénéficier à ce jour d'un financement de la part des agences de l'eau. Le professionnel du paysage a tout intérêt à mentionner cette information à son donneur d'ordre.

3.1.2. L'approche globale : une nécessité avant de démarrer le projet

La gestion des eaux pluviales à l'échelle d'un jardin, d'une opération, ou d'un territoire, répond à plusieurs objectifs et niveaux de services. Ces derniers doivent être considérés au regard des événements pluviométriques, de la vulnérabilité des espaces à l'aval et des niveaux de protection souhaités. Au-delà de leur fonction hydrologique, ces ouvrages sont sujets à de nombreux usages, anticipés ou non.

Une approche globale est donc nécessaire, afin de correctement dimensionner et concevoir le projet. Elle est requise dès les premières étapes du projet, avec les études et diagnostics initiaux.

1. **La topographie du site.** Une approche à l'échelle du bassin versant peut être nécessaire car l'opération va modifier l'écoulement des eaux pluviales : volumes ruisselés, débits, vitesses d'écoulement et flux rejetés à l'aval (eau et polluants). De même, il est important de déterminer les niveaux de nappe le cas échéant. En effet, il est conseillé de laisser une zone non saturée d'un à deux mètres entre le fond de l'ouvrage et le niveau des plus hautes eaux de la nappe afin d'assurer un effet tampon en cas de débordement de la nappe.
2. **La composition du terrain avant travaux.** L'analyse du sol est importante car sa nature, sa perméabilité ou encore son hygromorphie influent sur sa capacité à infiltrer, stocker et réguler les flux hydriques. D'autre part, il peut être intéressant de conserver au moins une partie des végétaux existants (leur action est déjà en adéquation avec le fonctionnement du site et ainsi leur niveau de services écosystémiques rendus est en parti déjà optimisé). Il conviendra donc de les inventorier.
3. **Le système urbain.** L'urbanisation et la gestion des eaux pluviales doivent être issus d'une vision intégrée. La conception d'un projet d'aménagement doit intégrer l'eau dans toutes ses dimensions : paysages, circulations, fonctionnalités des espaces publics, etc.
4. **Le système d'assainissement.** Il est nécessaire de réfléchir aux ouvrages d'assainissement en amont et en aval de l'opération et les conséquences à l'aval de l'opération : systèmes de collecte, de transfert, de stockage à l'aval, réseau unitaire et déversoirs d'orage et/ou système de collecte d'eaux pluviales strictes, etc. Les capacités de ces ouvrages, les stratégies et les priorités à l'aval doivent être déterminées.
5. **Les niveaux de service.** Aujourd'hui, face aux incertitudes climatiques, il est nécessaire de concevoir des systèmes modulables et d'établir des niveaux de services différenciés. On distingue généralement 4 niveaux :
   - niveau 1 (pluies faibles) – gestion à la source et infiltration au maximum, maîtrise totale des flux ;
   - niveau 2 (pluies moyennes) – stockage avec une gestion contrôlée des flux d'eau et de polluants le cas échéant ;
   - niveau 3 (pluies fortes) – priorité à la gestion des inondations, stockage et rejet à débit limité, avec une tolérance sur la détérioration de la qualité de l'eau ;
   - niveau 4 (pluies exceptionnelles) – priorité à la sécurité, l'objectif étant d'éviter les dommages aux personnes en organisant des zones d'inondation temporaire dédiées (parkings, espaces verts en zone de dépression, zones humides, etc.) et l'évacuation de l'eau.

   La conception des ouvrages (à ne pas confondre avec le dimensionnement) doit intégrer ces différents niveaux de service. Les solutions de gestion à la source ont pour principales fonctions de gérer les pluies faibles et moyennes, mais il est essentiel de s'assurer qu'elles ne vont pas à l'encontre de la gestion des niveaux 3 et 4 par leur intégration dans l'ensemble du système.
6. **Les fonctionnalités et usages** de l'ouvrage et de l'espace. Le caractère multifonctionnel des ouvrages nécessite de prendre en compte très en amont de la conception les fonctions projetées ou non, ainsi que les besoins, exigences et contraintes liées.
7. **L'entretien et la vie de l'ouvrage.** Il est indispensable d'intégrer la vie de l'ouvrage dès sa conception, notamment son entretien et ses gestionnaires (principalement en rapport avec le caractère multi-usages). Il convient ainsi de s'assurer avec eux des fonctionnalités et de la concrétisation de la conception, de la bonne compréhension et de la bonne appropriation des usages multiples, et enfin envisager les supports pertinents pour garantir une gestion pérenne et durable des ouvrages, (cahiers de suivi, signalisation, etc.). Cette gestion devra prendre en compte notamment les besoins en eau des plantations et leur entretien tout au long de l'année (taille, fauche, etc.).

Tout nouveau projet d'aménagement doit faire appel aux techniques alternatives/gestion intégrée, mais celles-ci doivent également être mises en place lors d'opérations de renouvellement urbain, de requalification de l'espace public ou de réaménagement de voiries existantes.

3.1.3. Intégration avec le bâti

Il est indispensable de travailler à la fois sur la limitation des volumes et des débits ruisselés, et sur l'abattement de la pollution. Les techniques alternatives /gestion intégrée sont particulièrement adaptées à cette problématique.

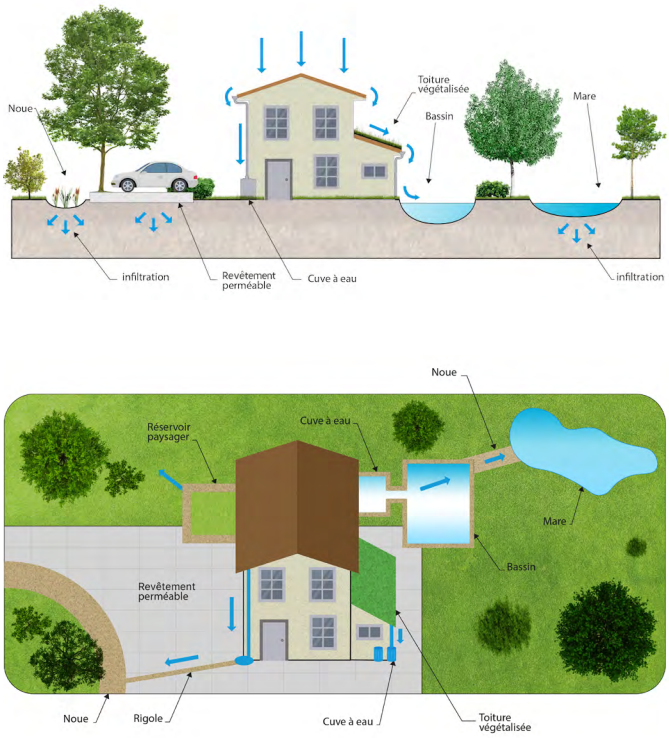


Figure 2 : intégration de techniques alternatives avec le bâti

Dans certains cas, en fonction de la nature des sols et de la typologie des lieux, un recul par rapport aux bâtiments peut s'avérer nécessaire afin d'éviter le risque de drainage par les fondations.
La détermination des volumes d'eau à gérer est nécessaire dans chaque projet afin de savoir quelle méthode serait la plus adaptée en fonction de la superficie de la parcelle. L'optimisation du fonctionnement de la collecte des eaux pluviales est importante de manière à pouvoir réutiliser sur la parcelle l'eau qui tombe sur des surfaces où elle ne peut s'infiltrer (notamment le bâti).

En zone urbaine dense, ces techniques sont plus complexes à mettre en œuvre. Les revêtements perméables sont une solution, permettant l'infiltration tout en remplissant le rôle de surface circulable : des allées piétonnes en surfaces sablées ; des zones de circulation faible et légère (comme des parkings) en gazon sur un mélange terre-pierre fin, ou en substrat circulable ; des voies de circulation en pavés drainants ou en béton/enrobés drainant ; etc. Les toitures végétalisées sont également une bonne solution.

Pour plus de détails sur ces revêtements, voir la règle professionnelle du paysage C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.1.4. Rôle du paysagiste et coordinations des différents acteurs

Le développement de solutions alternatives/gestion intégrée sur un projet peut encore aujourd'hui se heurter à certaines réticences, car elles diffèrent des habitudes techniques de conception de l'assainissement et de la gestion des eaux pluviales. Il est donc très important, pour la réussite du projet, que le concepteur-paysagiste soit présent très en amont de la conception, pour accompagner le maître d'œuvre dans un projet en faveur d'une gestion intégrée et durable des eaux pluviales. Il doit participer à la mise en valeur de la plus-value paysagère et potentiellement économique d'un tel projet, notamment, le cas échéant, vis-à-vis du maître d'ouvrage et en lien étroit avec l'entreprise de VRD.

L'entrepreneur du paysage peut être l'un des moteurs dans la conception du projet (identification du paysage, prise en compte de la topographie, alerte sur la gestion de la végétation spontanée, connaissance des caractéristiques du sol) en l'absence de maîtrise d'œuvre, ainsi que dans le choix des matériaux et végétaux. Dans les autres cas, l'entreprise du paysage a un rôle prépondérant sur la phase du projet concernant les plans techniques d'exécution. Il est également un interlocuteur privilégié pour l'entretien et la maintenance de ces ouvrages sur le long terme. La communication envers les usagers aura par ailleurs une importance capitale pour que les ouvrages soient respectés et pérennes.

Enfin, il est essentiel de s'inscrire dans une logique d'équipe projet afin d'assurer la conservation des objectifs de l'ouvrage de la conception à la gestion en passant par la réalisation. Il s'agit de travailler en collaboration avec les autres professionnels impliqués (urbanisme, hydraulique, etc.) et de ne pas négliger les phases de sensibilisation et d'appropriation du projet et de ses spécificités.

Point de contrôle interne

S'assurer que les arrêtés prescriptions générales et régionales de la loi sur l'eau sont suivis, et qu'un dossier loi sur l'eau a été déposé le cas échéant.

3.1.5. Les principes de conception des ouvrages

À l'inverse du dimensionnement d'un système de réseau et ouvrages de stockage pour une période de retour donnée, la conception des techniques alternatives peut faire l'objet de scénarios différents et itératifs, relatifs à l'emboitement des différents ouvrages dans un système global. Au-delà de leur dimensionnement, il s'agit d'étudier leur fonctionnement dans les différentes conditions météorologiques et la viabilité de la végétation.
Le dimensionnement des ouvrages devra tenir compte bien sûr de leur parfait fonctionnement en cas de forte pluie ou bien par temps sec. Des données primordiales sont à récolter pendant la phase de diagnostic du site telles que : la topographie, l'hydrologie, la climatologie, l'inondabilité, le risque hydrologique, la géologie, la géotechnique, la présence de zones cultivées et/ou commerciales. D'un point de vue général, la méthode de calcul du volume des ouvrages de rétention ou d'infiltration est utilisée pour le calcul de dimensionnement des ouvrages. Elle permet de déterminer le volume d'eau pluviale qui doit être stockée dans un ouvrage paysager. Elle s'applique en règle générale au dimensionnement des fossés, noues, puits d'infiltration, tranchées et structures réservoirs.

Le dimensionnement des ouvrages relève de la compétence de bureaux d'études spécialisés dans les techniques alternatives. Cependant, la démarche de conception et le dimensionnement peuvent et devraient être questionnés

par le paysagiste afin qu'il soit en capacité d'alerter les maîtres d'ouvrage en cas de suspicion d'un éventuel sous dimensionnement des dispositifs envisagés. L'annexe 1 fournit un exemple de méthodologie de dimensionnement.

L'infiltration des eaux pluviales au plus près de leur point de chute doit toujours être envisagée avant les méthodes de collecte et de distribution des eaux de pluie et de ruissellement, aussi raisonnées et écoresponsables soient-elles.
Les bonnes pratiques portant sur l'infiltration des eaux de pluie s'appliquent dès la mise en œuvre des sols supports des espaces verts et d'une grande part des réseaux viaires.

L'outil Parapluie-Hydro a pour vocation d'orienter le choix de la solution de gestion des eaux pluviales et de la dimensionner, selon les caractéristiques du projet (inférieur à 1 ha). Il est utilisable gratuitement et il contient des fiches de description des différentes solutions de gestion, ainsi que des vidéos sur la gestion des eaux pluviales.

https://www.parapluie-hydro.com/

3.2. Dispositions générales en phase de chantier

Point de contrôle contradictoire

Lorsque les travaux comprennent un support réalisé par une autre entreprise que celle du paysage, le devis de travaux intègre une clause d'acceptation dans laquelle le client concède à l'entrepreneur la décision d'accepter ou non le support. Les dimensions et les cotes de l'assise sont vérifiées.

3.2.1. Assurer la sécurité du chantier d'aménagement

De nombreuses techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sont constituées d'aménagements pentus ; les plus paysagers, intégrés à leur environnement immédiat (noues, bassins paysagers), présentent des pentes faibles, alors que d'autres (fossés…) sont aménagés avec de plus fortes pentes (souvent plantés d'arbustes pour limiter les possibilités de circulation). Or, en matière de sécurité, les pentes sont particulièrement à risque. L'opérateur peut chuter et le matériel se renverser. Il est donc capital lors de l'inspection commune à la réception du chantier de vérifier la dangerosité des pentes.

L'usage veut qu'un talus « à 2 pour 3 » est considéré comme une limite extrême. Cela représente une pente d'environ 30° soit 66 % de déclivité (66 cm pour 100 cm).
Lorsque cela est possible un talus « à 1 pour 3 » est recommandé. Cela représente une pente d'environ 15° soit 33 % de déclivité.

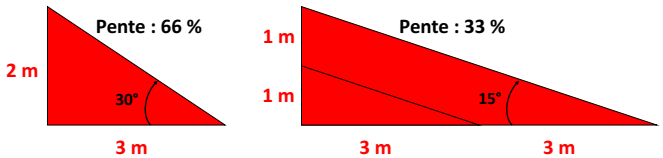


Figure 3 : schéma récapitulatif des pentes limites et recommandées

Une partie abrupte pourrait nécessiter un encordage de l'opérateur et donc l'installation d'une ligne de vie. De même, il est fortement déconseillé de fonctionner en travailleurs isolés sur ces ouvrages.

3.2.2. Etape de fin de chantier

Point de contrôle contradictoire

A la réception du chantier il est nécessaire d'établir un constat contradictoire en présence du client/ maitre d'ouvrage et du maitre d'œuvre en charge de la conception des ouvrages hydrauliques. La bonne réalisation du chantier et la fonctionnalité de l'ensemble seront à vérifier, en particulier si un système d'étanchéité avant l'exutoire est mis en place.

Règles d'entretien valables pour tout type d'ouvrage

En matière d'entretien, les principes à respecter sont les suivants.

- Éviter le colmatage (système obstrué, bouché, jointé) des ouvrages laissant passer l'eau de pluie (qu'il soit poreux, filtrant ou évacuant).
- Vérifier qu'il n'y a pas de formation de croûtes de surface sur l'ensemble des revêtements poreux et drainants.
- Conserver une hauteur de tonte d'au moins 8 cm pour les gazons.
- D'une manière générale, de l'aménagement à l'entretien, l'utilisation de produits phytopharmaceutiques est aujourd'hui à proscrire dans tous les types d'ouvrages, et en particulier dans ceux énumérés dans cette règle professionnelle traitant des eaux pluviales.
- De même, les sels de déneigement sont à proscrire dans les cas où ils pourraient être entrainés par les eaux de ruissellement vers les végétaux, car ils présentent des risques graves pour ces derniers.

A. Dispositifs de gestion alternative/à la source des eaux pluviales reposant sur des surfaces plantées

3.3. Spécificités des surfaces plantées

Un inventaire floristique est indispensable afin de répertorier les espèces déjà présentes et fonctionnelles sur la régulation hydrique naturelle du site. En effet, les milieux humides ont une biodiversité souvent riche et dont les services écosystémiques (tels que la rétention de l'eau ou sa dépollution) sont valorisables lors de l'aménagement.

3.3.1. Rôle du végétal sur la pollution : la phytoépuration

Les eaux pluviales, et notamment celles qui ruissellent sur les surfaces circulables pour véhicules, peuvent être chargées de polluants, provenant de rejets domestiques, agricoles ou industriels.

Les végétaux jouent un rôle bénéfique dans l'épuration : grâce au réseau racinaire, les végétaux améliorent le rôle de filtre du sol ; ils limitent le colmatage, la formation d'écoulement préférentiel de surface et l'effet de l'érosion. Ils augmentent aussi le temps de rétention des effluents et donc leur dégradation par les organismes du sol.

Ils favorisent le développement et l'activité des micro-organismes responsables de l'épuration et absorbent des nutriments. On estime que jusqu'à 10 % de l'azote (20-250 g/m²) et du phosphore (3-15 g/m²) à traiter sont stockés dans les parties aériennes des végétaux et sont ainsi exportés hors du système lors des coupes annuelles. Les nutriments se retrouvant dans les parties aériennes des végétaux varient avec la production de biomasse.

La phytoépuration est une technique mettant à profit des processus naturels pour le traitement d'effluents tels que les eaux usées (légèrement polluées) et les boues liquides. Il existe trois grands types de systèmes de phytoépuration qui peuvent être installés dans les ouvrages de gestion des eaux pluviales.

1. **Les systèmes en eaux libres :** les bactéries anaérobies s'y développent et peuvent être associées à des plantes enracinées et immergées, comme les élodées *(Elodea sp.)* ou le myriophylle aquatique *(Myriophyllum aquaticum)*, et à des macrophytes flottantes comme la jacinthe d'eau *(Eichhornia crassipes)*.
2. **Les systèmes de filtres végétalisés :** des végétaux (des roseaux par exemple) sont implantés dans le substrat du bassin, de type gravier ou sable, où les micro-organismes se développent. L'eau y circule verticalement ou horizontalement selon la disposition choisie. En moyenne, il est conseillé 1 à 5 m² de filtre pour traiter la pollution journalière émise par habitant.
3. **Les systèmes terrestres :** installation en pleine terre, avec une récolte régulière de la biomasse en vue d'une valorisation externe (compost ou énergie).

À noter que, en cas de pollution grave (de métaux lourds par exemple), la biomasse extraite doit être dirigée en centre de stockage spécialisé.

3.3.2. Rôle physique du substrat

Le substrat, par son rôle physique de filtration et de rétention de certains éléments chimiques comme le phosphore, ou de support de culture, peut être responsable de plus de la moitié de l'abattement en polluants (comparaison entrée-sortie).

Auparavant, les systèmes de filtres végétalisés utilisaient un substrat de sables et de graviers, mais depuis peu d'autres types de substrats ont fait leurs preuves. En effet, malgré leur efficacité, ces premiers systèmes peuvent freiner le démarrage des végétaux (manque de nutriments) et présenter des risques de colmatage qui résulte de l'accumulation de matière dans les pores du substrat et qui conduit à une diminution conséquente et souvent rapide de la capacité d'infiltration.
Pour éviter un curage tous les dix ans, d'autres types de substrat sont mis en œuvre.

- La pouzzolane, grâce à une grande porosité et à une augmentation de surface facilitant le développement des microorganismes et l'adsorption des polluants.
- Les substrats organiques à base de tourbe, d'écorces ou encore de fibres. Ils présentent l'avantage d'apporter des nutriments bénéfiques à l'installation des plantes. Ils sont utilisés comme support de culture au-dessus d'un substrat minéral assurant le drainage du filtre. Ils sont tout aussi efficaces pour l'épuration et ne favorisent pas le colmatage. Les substrats de tourbes ne sont toutefois pas considérés comme une ressource écologique et durable.
- Les substrats minéraux tels que le charbon et les scories qui augmentent l'élimination du phosphore par adsorption.

3.3.3. Régime hydrique et choix des essences

Le croisement entre les données décrivant le régime hydrique du milieu et les propriétés des végétaux permet de concevoir des ouvrages de gestion des eaux pluviales optimisés. Le choix de l'espèce va dépendre de sa position au niveau de l'ouvrage ainsi que des niveaux en hautes eaux (crue) et basses eaux (étiage). Le choix sera ainsi orienté vers les végétaux supportant un sol hydromorphe, voire complètement inondé toute l'année, et des végétaux pouvant supporter les alternances de sécheresse et d'humidité (cf. schéma suivant).

SITUATION	TYPE DE VÉGÉTAL
Zone en eau	Végétaux hydrophytes, hélophytes
Zone de battance	Végétaux hygrophiles et ligneux résistants à l'hydromorphie
Au-dessus du niveau de crue	Végétaux mésoxérophiles, mésophiles

Tableau 1 : types de végétaux en fonction des différentes situations de plantation dans un système de gestion alternative des eaux pluviales

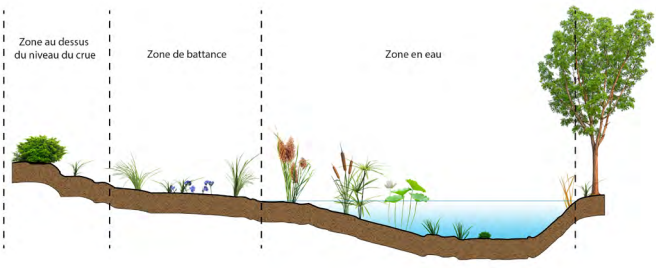


Figure 4 : schéma des différentes situations de plantation des végétaux dans un système de gestion alternative des eaux pluviales en eau

Le tableau suivant récapitule les bénéfices liés aux végétaux en fonction du rôle donné à l'ouvrage.

RÔLE	APPORT DU VÉGÉTAL	INTERACTION AVEC LE SOL	EXEMPLE
Contrôle de débit	Lissage du débit par la partie racinaire ou aérienne (tige et feuillage)	Sédimentation et entretien de la macroporosité	*Phragmites sp.*
Bonne infiltration, perméabilité du sol	Rétention des particules fines Infiltration favorisée par les racines, notamment fasciculées, associées à la microfaune pour éviter la compaction	Évitement du colmatage	Graminées
Captation, stockage et évaporation de l'eau	Retenue d'eau sur la surface des feuilles, évapotranspiration, etc.	Diminution des volumes d'eau infiltrés	Retenue d'eau très variable selon l'aménagement végétalisé.
Dépollution	Filtration et adsorption des micropolluants et traces métalliques	Développement des micro-organismes du sol en symbiose avec le végétal et dégradation des polluants	*Iris sp.* *Hippuris vulgaris*

Tableau 2 : caractéristiques des végétaux en fonction du rôle de l'ouvrage de gestion alternative des eaux pluviales

3.3.4. Autres facteurs de choix des essences

D'autres points de vigilances sont à considérer par le professionnel.

- Particularités régionales : le climat et la pluviométrie sont des facteurs complémentaires à prendre en compte et ils varient grandement d'une région à l'autre.
- Préservation des ouvrages : tout risque de colmatage des drains et des réseaux divers doit être évité en veillant à la répartition des végétaux. En particulier, les racines des peupliers et des saules sont à éloigner de ces ouvrages.
- Préservation de la biodiversité : la bonne fonctionnalité des écosystèmes humides est liée à la biodiversité présente. Le choix des végétaux pourra s'orienter sur des espèces autochtones, variées et en élargissant les périodes de floraison et de fructification.
- Cas de pollution accidentelle ou reconnue : exportation en centre d'enfouissement technique adapté des végétaux fauchés, et éventuellement des matériaux constituant le sol.

3.3.5. Principes d'aménagement commun aux surfaces plantées

Le principe consiste à respecter les organismes vivants présents dans les terres végétales qui sont garants de la porosité, de la perméabilité et de la fertilité. L'écosystème complexe constitué par les microorganismes (bactéries, champignons…) et la pédofaune a besoin d'oxygène pour vivre. Il est donc indispensable de ne pas asphyxier les sols pour préserver leur vie et leur capacité à entretenir la porosité et la perméabilité. Pour cela, il est impératif de travailler les sols lorsque leur indice de plasticité le permet. Visuellement, dès que les pneus des engins commencent à créer des ornières il faut stopper le travail.

- **Privilégier, si possible, les engins sur chenilles.**
  Par temps de pluie, il faut rester attentif malgré tout à leur impact négatif sur des sols argileux par effet de compaction de couches minces. Ces couches compactées, *même de faible épaisseur*, constituent une barrière étanche s'opposant à la bonne percolation de l'eau et également à la bonne restitution d'humidité par capillarité vers les couches supérieures.
- **Préserver les terres fertiles en amont du projet et les stocker sans les compacter.**
  Il s'agit de pouvoir préserver la ressource en sol fertile avant tout aménagement (construction de bâtiment, équipement public, routes, cheminements, parkings etc.). Le stockage doit être fait par andains d'une hauteur maximum de 2,5 m à 3 m sur une zone hors d'eaux stagnantes et protégée de tout risque de pollution lors des travaux de construction (déchets de chantier, boues de peintures, solvants, restes de bétons et mortiers etc.). Les andains pouvent être enherbés ou ensemencés avec un engrais vert (type phacélie par exemple) dans le cas de stockages prolongés.
- **Préserver la porosité des sols encaissants (fosses d'arbres, encaissements pour gazons et massifs…) avant de mettre ou remettre en œuvre les terres fertiles.**
  Il faudra donc toujours privilégier ces travaux par temps sec, contrôler la capacité d'infiltration des sols encaissants et procéder à leur décompactage à la pelle mécanique, au ripper ou à la sous-soleuse le cas échéant.
- **Éviter le mélange des horizons du sol afin de ne pas déstructurer le sol et ses couches de terres végétales.**
  Lors d'un apport de terre végétale dans un nouveau projet, il est préférable de réaliser un mélange homogène de cette terre.
- **Amender si les matériaux terreux sont trop dégradés.**
  Plus les apports seront importants, plus les propriétés recherchées (rétention en eau et écoulement des eaux de pluie) seront élevées.
- **Détourner les eaux de ruissellement vers des bassins de décantation provisoires.**

Point de contrôle interne

- Un bilan volumique des ressources en matériaux terreux et apports complémentaires éventuels doit être réalisé.
- L'adéquation entre le plan de plantation et le plan des sols de plantation doit être vérifiée.
- La caractérisation de l'état de compaction du fond de forme et des parois, ainsi que la mesure de la perméabilité, doivent être réalisées.
- La mesure de la planéité ou de la pente doit être réalisée. Les tolérances sont de 5 % à 10 % par rapport aux épaisseurs des couches à reconstituer.
- La conformité de l'état altimétrique du fond de forme selon les différents types de sol à reconstituer doit être vérifiée.

Recommandations générales pour les végétaux.

- La texture du sol en pépinière et celle sur le chantier doivent être relativement identiques afin de favoriser l'adaptation du végétal dans son nouveau milieu.
- Préférer les racines nues : pour une meilleure stabilité du végétal et un meilleur développement racinaire.
- Il est préférable d'implanter des essences au génotype local. Le sol et le climat seront généralement adaptés au végétal, permettant un développement rapide.
- Planter en sortie d'hiver ou en début printemps pour que les végétaux puissent se développer et que leurs fonctions de gestion des eaux pluviales soient opérationnelles avant les pluies importantes.

Les bonnes pratiques de préparation des sols et de plantation des végétaux sont abordées dans les règles professionnelles du paysage suivantes :

- P.C.1-R0 (Décembre 2012) - Travaux des sols, supports de paysage
- P.C.2-R1 (Février 2012) - Travaux de plantation des arbres et des arbustes
- P.C.3-R0 (Janvier 2014) - Travaux de plantation des massifs
- P.C.4-R0 (Juin 2013) - Mise en œuvre des gazons (hors sols sportifs)
- C.C.1-R0 (Octobre 2013) - Travaux de terrassement des aménagements paysagers
- C.C.2-R0 (Septembre 2014) - Travaux de mise en œuvre de réseaux dans le cadre d'un aménagement paysager

Les bonnes pratiques d'entretien des végétaux sont abordées dans les règles professionnelles du paysage suivantes :

- P.E.1-R0 (Octobre 2013) - Travaux d'entretien des arbres
- P.E.2-R0 (Octobre 2013) - Travaux d'entretien des arbustes
- P.E.3-R0 (Janvier 2014) - Travaux d'entretien des plantes annuelles, bisannuelles, vivaces et bulbeuses
- P.E.5-R0 (Janvier 2015) - Travaux d'entretien des gazons (hors sols sportifs)

3.4. Les jardins de pluie

La gestion des eaux pluviales se fait à la parcelle en empêchant les eaux de ruissellement via l'infiltration. Cela permet également l'absorption des polluants.

Photo 6 : jardin de pluie, dans la ville de Treillières (44), avec un cheminement en pas japonais et une passerelle en bois
(Source : ©Les jardins et la pluie, Nigel Dunnett & Andy Clayden)

Mise en œuvre

Le terrain doit être drainant pour assurer une efficacité optimale. Les sols les plus adaptés à cet ouvrage sont les sols sablonneux. Arroser les végétaux après leur mise en œuvre peut être nécessaire (20 L/m² pour les herbacées et 50 L/m² pour les arbustes), car les espèces conseillées aiment l'humidité des sols et demandent beaucoup d'eau.

Entretien

Il est important de tailler les arbustes avec un ramassage des feuilles et des détritus, et de tondre les éventuelles surfaces engazonnées, afin de favoriser l'infiltration de l'eau et ne pas colmater la surface du terrain.

3.5. Les espaces inondables aux usages mixtes

L'intérêt est de créer des espaces attractifs, accueillant un aménagement ludique ou sportif dans une zone inondable.

Mise en œuvre

Dans le cas où la surface de jeu d'un terrain de sport est inclus dans le périmètre de la zone temporairement inondable, il faudra prendre en compte le fait que les dépôts de limon, lors des périodes d'inondation, rendront le terrain de sport inutilisable tant pour un terrain en gazon naturel que pour un terrain synthétique.
Les matériaux et végétaux choisis tiendront compte de l'environnement et du site. Pour un terrain de sport par exemple, une légère noue peut être aménagée en périphérie du terrain de façon à collecter et diriger, si possible, les eaux de surface vers un exutoire en aval, dès la décrue. Le terrain doit en outre être drainé en profondeur, à cause du colmatage par les limons après la décrue des drainages additionnels de surface par fentes ou micro tranchées drainantes.

Entretien

L'entretien est particulièrement important après les périodes d'inondation. Les zones d'infiltrations doivent être dégagées et les exutoires nettoyés.
Les drainages additionnels de surface par fentes ou micro tranchées drainantes ne peuvent être nettoyés que par un scalpage de toute la surface du terrain, après ressuyage complet et par temps sec, jusqu'à retrouver la bonne capacité de drainage de ces éléments. Ces opérations seront bien sûr suivies d'un semis et le cas échéant d'un nouveau drainage de surface en cas de pollution trop profonde des matériaux drainants existants.

3.6. Les bassins paysagers

Mise en œuvre

Selon les régions et leurs spécificité, tout comme la noue, le bassin perméable peut être proscrit lorsque la nappe est à moins d'un mètre du point le plus bas. Dans ce cas, une imperméabilisation de l'ouvrage est recommandée.

La mise en œuvre se conforme au projet paysager.
En préparation du chantier, les différentes zones sont identifiées.
Les pentes et les cotes prévues au projet paysager sont à respecter avec une tolérance généralement de plus ou moins 2 cm. D'une façon générale, il est conseillé de limiter les hauteurs de stockage à 40 cm afin d'assurer la sécurité

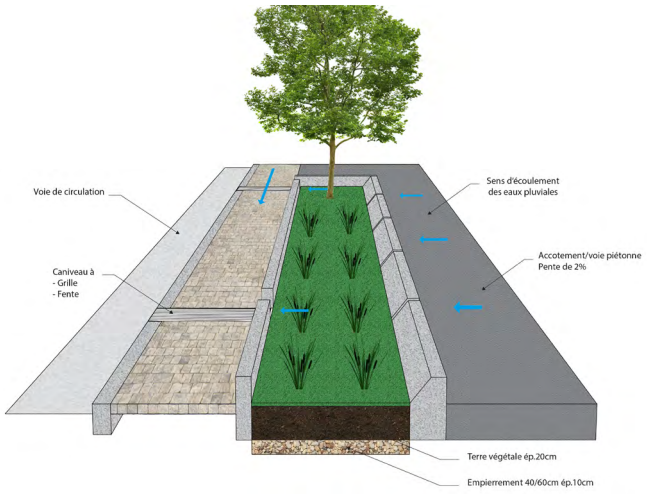
des personnes (usagers et équipes d'entretien). Les pentes de talus douces (moins de 30 %) permettent de faciliter l'entretien. Selon le cas, le sol en place peut être amendé, enrichi, ou un apport de substrat extérieur peut être effectué.
La caractéristique principale de ces ouvrages est leur ouverture au public, ils ne sont donc généralement pas entourés d'une clôture. Toutefois, il est conseillé de prévoir une signalétique informant du caractère inondable des lieux.

Entretien

Toute vase accumulée ou matière organique trop volumineuse doit être curée en période d'étiage, afin de garantir la capacité de stockage de l'ouvrage. Un arrosage en période estivale peut être nécessaire pour les bassins secs. Sur une période d'environ trois ans, il est conseillé de vérifier la bonne circulation de l'eau et d'assurer une bonne exposition à la lumière sur sa surface, en limitant la densité de la roselière par exemple. Cet entretien, comprenant l'évacuation des déchets de fauche, permet d'éviter la transformation progressive du bassin en tourbière, qui n'assurerait plus correctement son rôle de stockage de l'eau.

3.7. Les réservoirs paysager

Les réservoirs paysagers sont des techniques de gestion des eaux pluviales provenant d'ouvrages adjacents.
Il s'agit d'une méthode optimale pour l'utilisation vertueuse de l'eau tout en valorisant les espaces paysagers urbains. L'infiltration des eaux doit être complète entre 2 et 6 heures, pour éviter la stagnation et des conditions anaérobiques défavorables à la végétation. Cette dernière doit être constituée d'au moins 50 % de graminées ou de vivaces tolérantes à ces conditions humides. Les plantes aquatiques sont proscrites.



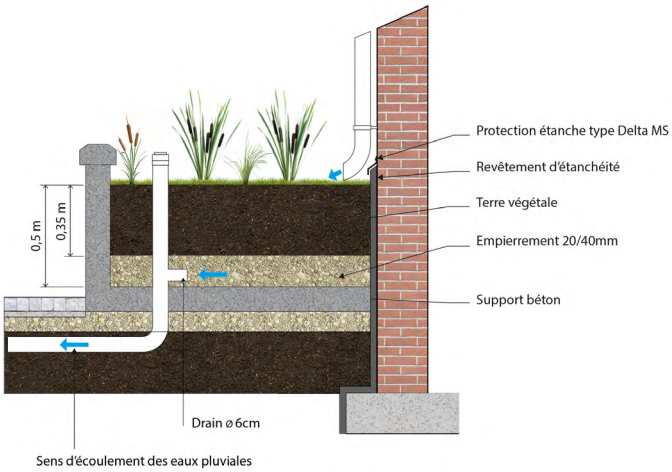


Figure 5 : schémas d'un réservoir paysager en bord de chaussée et en sortie de gouttière

3.8. Les noues

Les végétaux mis en place dans une noue permettent entre autres d'améliorer l'infiltration des eaux de pluie dans le sol, de dégrader et/ou de retenir certaines formes de pollution, et de permettre le développement de la biodiversité.
Une noue est une technique nécessitant du foncier et elle est particulièrement adaptée aux espaces autours des voiries et des chemins. Elles sont aussi très efficaces pour gérer les eaux d'un quartier, d'un lotissement.

Mise en œuvre

Au préalable, la terre végétale de surface est décapée au droit de l'emprise de la noue et elle est stockée à proximité en vue de sa réutilisation.
Le terrassement de la noue elle-même doit être fait de préférence au godet rétro en travaillant dans l'axe de la noue de façon à créer des redans en marches d'escalier. Ces redans permettront de stabiliser les terres végétales après leur remise en œuvre.

La remise en œuvre des terres végétales peut être effectuée avec un godet de curage en travaillant perpendiculairement à l'axe de la noue. Il n'est pas nécessaire de lisser ou compacter la noue, mais un léger serrage au godet sera nécessaire pour stabiliser les terres sans entrainer une diminution de la perméabilité du sol.
Le semis de la noue est ensuite effectué de façon traditionnelle ou par hydroseeding.

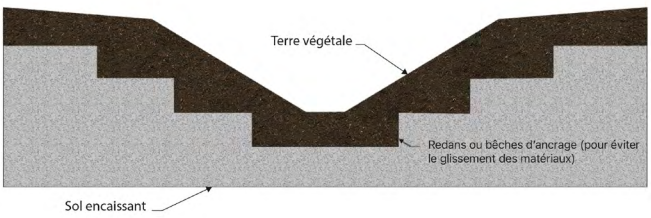


Figure 6 : schéma d'une coupe transversale de noue

Les étapes de réalisation sont les suivantes.

1. Décaisser, stocker les terres végétales et évacuer les terres de sous couche.
2. **Pour les noues drainées :** installer les ouvrages de collecte
   a. Réseau d'eaux pluviales
   b. Drain
3. Installer la couche imperméable **si besoin.**
4. **Installer le ou les biefs (dans le cas de pentes fortes).**
5. Installer **selon le type de noue** : caniveau, gabion, planche à pourrir (pour façonner le fil d'eau en fond de noue)…
6. Façonner les pentes par apport de terre végétale
   Mise en œuvre des **fosses de plantation** : elles sont réalisées **en même temps** que les travaux de terrassement de la noue. Il s'agit de fouilles ponctuelles pour les arbres en cépées et les « grands arbustes » qui sont réalisées en « haut de talus » **et jamais en fond de noue.**
   Pour les arbustes, s'il en est prévu en sommet de noue, il est inutile de faire des fosses de plantation, car la reconstitution de l'horizon « terre végétale » suffit pour leur implantation.
7. Ensemencement

Points de vigilance : selon les régions et leurs spécificités, cette technique ne peut être employée si la nappe phréatique est à moins d'un mètre sous le point le plus bas du profilage.
Réalisation par pelle mécanique : après décapage de la terre végétale de surface, le profilage de la noue est réalisé selon sa vocation définitive.

1. Veiller à ne pas compacter le fond pour garantir la perméabilité initiale des sols naturels après exécution des travaux.
2. Ne jamais compacter la noue et ne jamais la réaliser à l'aide d'un « godet de curage » sauf pour la remise en œuvre de la terre végétale.
3. La noue suivra le plus souvent le profil en longueur de la voirie qu'elle accompagne. La pente du fil d'eau au fond de la noue est inférieure à 2 %.
4. Veiller au profilage de la noue afin d'éviter par la suite toute stagnation de l'eau. La planche à pourrir installée en fond de noue permet de garantir le bon réglage du fil d'eau.

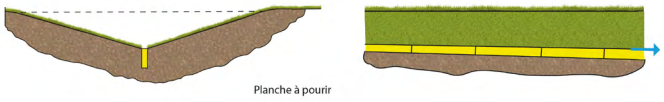


Figure 7 : schéma d'une coupe en travers et coupe en long de noue avec planche à pourrir

Entretien

La noue nécessite un passage régulier afin d'éviter des accumulations de matière qui peuvent asphyxier le sol, les végétaux et boucher les drains ou exutoires lorsqu'ils existent.
Les arbustes sont taillés régulièrement, avec un ramassage des résidus de taille. Dans le cas de noues avec des surfaces engazonnées, la tonte est réalisée en moyenne 3 à 6 fois par an avec ramassage des déchets (d'un point de vue fonctionnel, 3 fois par an suffisent à condition d'adapter le matériel au fauchage) et le produit de fauche ou de tonte est exporté. À l'automne, il convient également de ramasser les feuilles pour éviter leur accumulation.

Photo 7 : étapes de réalisation d'une noue plantée drainant un sous-bois humide en zone urbanisée

3.8.1. Noue à redans/ajutage/en cascade

Les noues à redans, également dites avec ajutages ou en cascade, sont mises en place en présence de pente forte. Elles permettent d'éviter une accumulation des eaux de pluie au point bas de la noue et son débordement quasi immédiat.

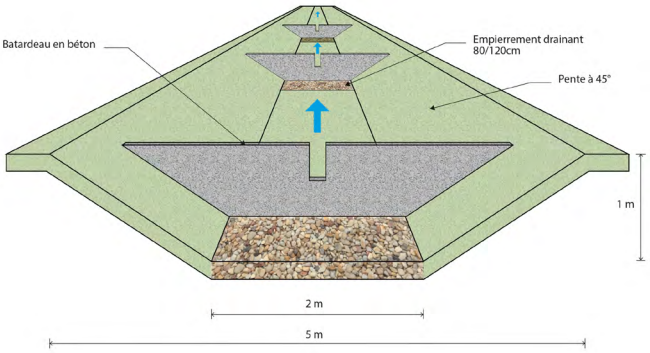


Figure 8 : schéma d'une coupe transversale de noue à redans

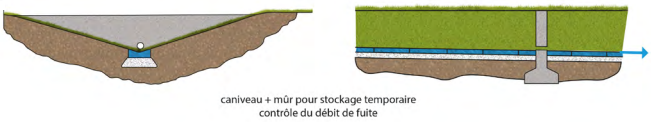


Figure 9 : schéma d'une coupe en travers et coupe en long de noue à redans

Entretien

Nettoyage régulier des embâcles en fond de noue et surtout au droit des retenues entre chaque bief.

3.8.2. Noue drainée (avec ou sans ouvrage de pré-traitement)

Cette noue consiste à mettre en place une tranchée drainante pour augmenter la porosité du sol.
L'alimentation peut se faire de deux manières :

- en surface par ruissellement depuis les revêtements adjacents ;
- par un ouvrage de prétraitement (ex : bouche d'injection) puis par percolation, et stockage dans la tranchée drainante.

Dans tous les cas, lorsque la tranchée est pleine, la noue se remplit pour stocker l'eau temporairement.
Le drain peut être placé au fond de la noue ou au 2/3 de sa hauteur par rapport au fond.

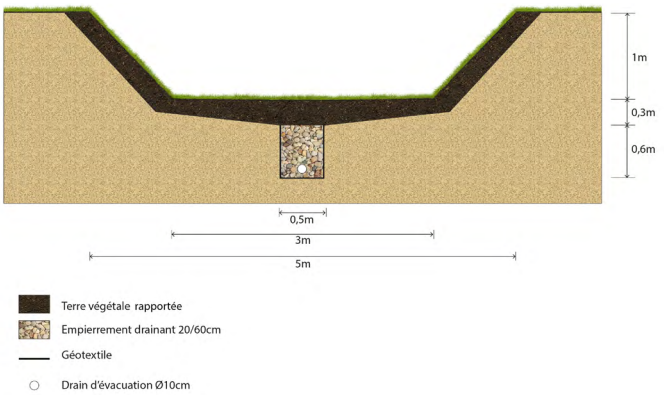


Figure 10 : schéma d'une coupe transversale de noue drainée

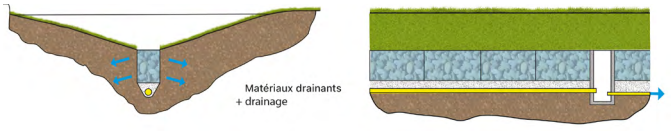


Figure 11 : schéma d'une coupe en travers et coupe en long de noue drainée

Tranchée en fond de noue

Pose des drains, remplissage gravier roulé et fermeture du géotextile

Profilage de la noue

Prairie fleurie milieu humide

Photo 8 : étapes de réalisation d'une noue drainée

Entretien

Le choix et le positionnement des végétaux sont adaptés pour ne pas abimer la tranchée via la croissance des racines, et l'entretien doit veiller à ce que ce soit bien le cas.
Éviter le colmatage par les déchets végétaux.

3.8.3. Noue filtrante

Les principes d'alimentation sont identiques à la noue drainée mais l'eau de ruissellement percole au travers d'un massif filtrant. Celui-ci est composé de sable et de terre. Il est mis en place sous la terre végétale. Il joue le rôle de rétention et de dépollution.

Le temps de percolation peut être dimensionné pour calibrer le temps d'intervention en cas de pollution accidentelle (retrait à la pelle hydraulique du massif pollué), mais aussi pour optimiser le potentiel d'infiltration avec le sol encaissant.

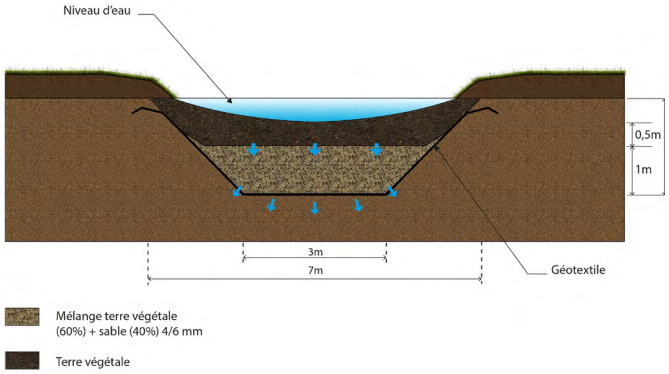


Figure 12 : schéma d'une coupe transversale de noue filtrante

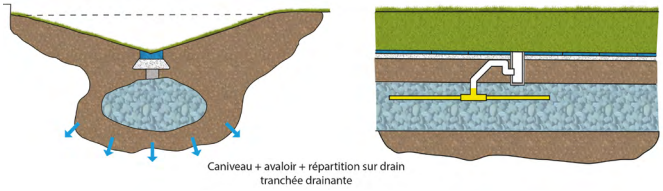


Figure 13 : schéma d'une coupe en travers et coupe en long de noue filtrante

Entretien

Éviter le colmatage par les déchets végétaux. Si un colmatage survient, un raclage de la couche de terre superficielle doit être réalisé.

3.8.4. Noue en terre-pierre

Cet ouvrage est adaptable pour les noues paysagères en bord de route où le risque d'empiètement par des véhicules est grand (VL, PL). Cette technique permet de ne pas dégrader les noues lorsque de tels empiètements se produisent.
La noue est constituée d'un mélange terre-pierres (2 volumes de pierres pour 1 volume de terre) assurant l'enracinement des plantes et des arbres tout en augmentant la portance du sol. Les pierres forment un squelette autobloqué portant, entre lesquelles la terre non compactée est le support de la colonisation racinaire. L'engazonnement est aussi possible en ajoutant une couche supplémentaire de terre végétale en surface.

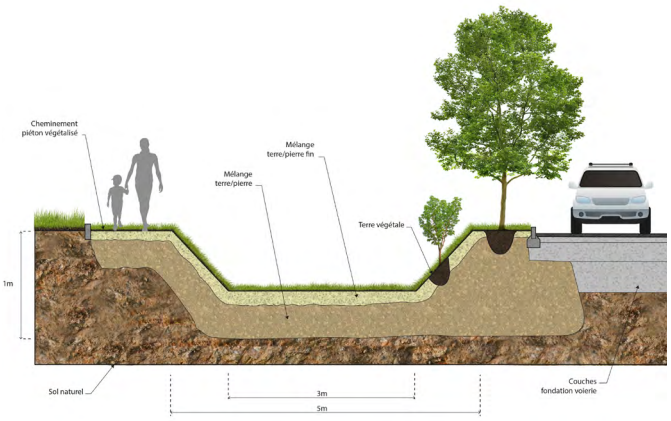


Figure 14 : schéma d'une coupe transversale de noue en terre-pierre

Entretien

Éviter le colmatage par les déchets végétaux.

3.8.5. Noue étanche

Différentes techniques sont utilisées pour étancher une noue, comme l'argile ou la bentonite, ou encore une géomembrane ou liner. Pour en savoir plus sur ces deux types de procédés, vous pouvez vous reporter au paragraphe 3.2.4 de la règle professionnelle du paysage C.C.8-R0 Travaux de réalisation de bassins d'ornement.

La noue étanche a un rôle exclusif de collecte et de transport des eaux de ruissellement dans le cas où l'infiltration s'avère impossible (si la perméabilité du sol est très faible) ou interdite dès lors que le niveau de nappe phréatique est affleurant selon les régions et leurs spécificités (dans la plupart des cas, il s'agit d'un niveau inférieur ou égal à 2 m par rapport au niveau final du fil d'eau de la noue). La noue permet alors de collecter et transporter les eaux vers des ouvrages de traitement (séparateur d'hydrocarbure, bassin de décantation…) avant d'être restituées au milieu naturel, soit par infiltration (bassin d'infiltration) soit par son raccordement à un cours d'eau ou à un plan d'eau.

Occasionnellement la noue étanche, dans sa partie avale, peut assurer ponctuellement l'assainissement d'une zone humide en collectant les eaux de surface excédentaires, prévenant ainsi des inondations saisonnières dans les cas d'aménagements paysagers naturels accueillant du public.

Ces noues peuvent également servir à connecter un cours d'eau avec un plan d'eau pour assurer son alimentation et ainsi diminuer les risques d'eutrophisation.

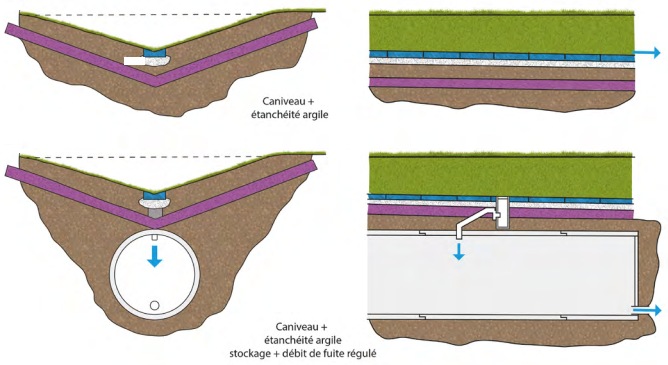


Figure 15 : schémas de coupes transversales et longitudinales de noues étanchées à l'argile

Nappage de la membrane en terre végétale (épaisseur 30 à 40 cm) et semi de prairie pour zone humide

Photo 9 : étapes de réalisation d'une noue étanche à demi-niveau avec débit de fuite régulé

Nappage à l'argile et recouvrement en terre végétale argileuse

Photo 10 : étapes de réalisation d'une noue étanchée à l'argile pour collecte des eaux vers une retenue d'eau

Photo 11 : étapes de réalisation d'une noue étanche à mi-hauteur (milieu humide permanent et infiltration de l'excédent)

B. Dispositifs de gestion alternative/à la source des eaux pluviales reposant sur des surfaces minérales

L'entretien général des ouvrages paysagers, et tout particulièrement des revêtements, est abordé dans la règle professionnelle du paysage C.E.1-R0 Travaux d'entretien des constructions paysagères.

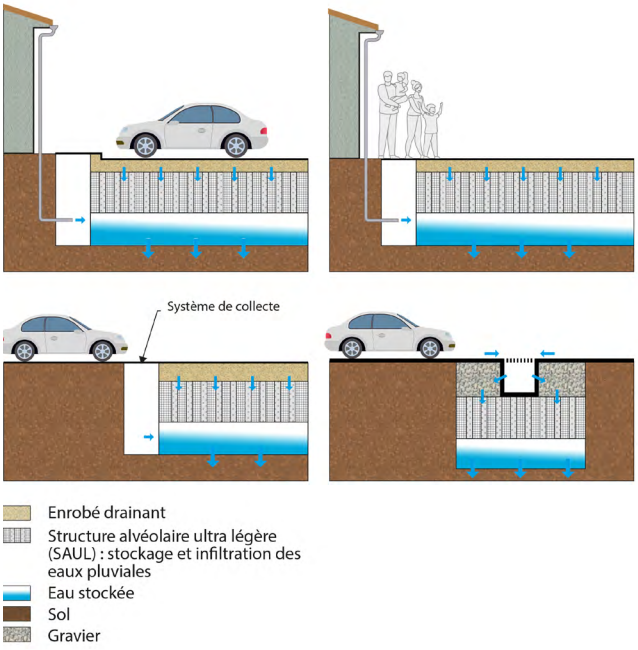
3.9. Les matériaux de stockage

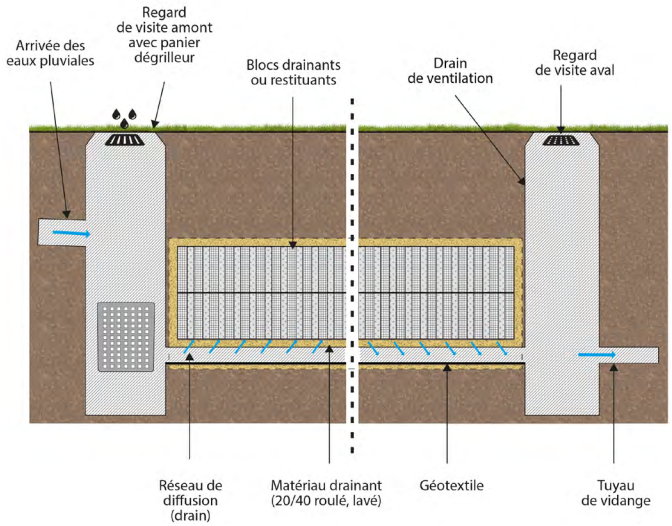
Les matériaux de stockage constituent une solution alternative au stockage et à la régulation des eaux pluviales. Dans le cas des SAUL, il s'agit de structures thermoplastiques, par exemple en nid d'abeilles, légères, possédant un taux de vide très élevé (95 %).
Une installation bien étudiée permet de réduire les apports en eau et de les déconnecter des réseaux. Il est donc nécessaire de concevoir un système modulaire qui fonctionne dans toutes conditions météorologiques et prenant en compte l'ensemble des rejets.

Les structures alvéolaires peuvent être utilisées pour les grandes ou petites surfaces. Elles peuvent remplacer le gravier dans les tranchées ou les fossés drainants et permettent ainsi d'obtenir un gain de place en surface.

La conception modulaire des blocs leur confère une grande adaptabilité, et leur légèreté permet une mise en œuvre rapide. Le remplissage de la structure est facile et rapide, surtout pendant les périodes orageuses.

L'alimentation se fait par le côté ou par le dessous dans une couche de matériau drainant dans laquelle sont noyés les drains de collecte et de dispersion. L'évacuation se fait soit par infiltration soit par une vidange vers le réseau avec un système de régulation de débit. Des évents peuvent être nécessaires si le remplissage n'a pas lieu à travers des matériaux perméables, afin d'éviter que l'air ne se retrouve piéger.





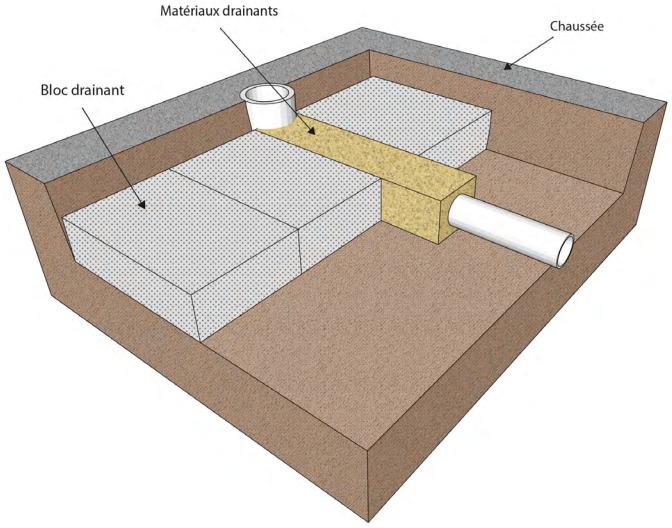


Figure 16 : schémas du fonctionnement de plusieurs types de SAUL (les ouvrages de décantation en amont n'ont pas été représentés)
(Source : Guide Gestion des eaux pluviales ; Pays de Montbéliard ; Communauté d'Agglomération)

Photo 12 : caissons d'infiltration (blocs drainants) sous un futur aménagement accessible aux véhicules légers

Mise en œuvre

Dans le cas des SAUL, il est impératif de mettre en place un géotextile pour doubler la plaque alvéolaire afin d'éviter toute pollution de fines vers l'intérieur de la structure.
Les systèmes sont de préférence visitables et nettoyables. Pour optimiser ces ouvrages, une boîte d'inspection accessible (par un ensemble avec couvercle, rehausse(s) et cône de raccordement) doit être mise en œuvre conformément aux prescriptions du fournisseur.
Le module de base de la boîte d'inspection présente les mêmes dimensions que les chambres elles-mêmes et leur empilement est ainsi possible. Les boîtes d'inspection standards sont généralement disponibles en plusieurs versions (à un, deux ou trois étages) constituées de modules de base avec un cône de raccordement à la rehausse. Chaque boîte d'inspection est pourvue d´une face d´«arrivée» avec une connexion standard en diamètre DN 200 et de trois faces pour son raccordement et accès aux éléments.
Les remblais d'excès de fouille sont remblayés avec un matériau drainant et auto-plaçant, comme un gravier 20/40.

Les opérations de mise en œuvre des matériaux de stockage autres que les SAUL (graves non traitées, billes d'argile…) obéissent aux mêmes règles que celles des tranchées drainantes (voir ci-dessous).

Entretien

Le curage des boites d'inspection doit se faire une fois par an au minimum pour assurer le bon fonctionnement de l'ensemble. La présence d'un ouvrage de décantation en amont est essentielle pour éviter le colmatage de l'ouvrage, puisque l'alimentation en eau est ici concentrée.

3.10. Les tranchées drainantes

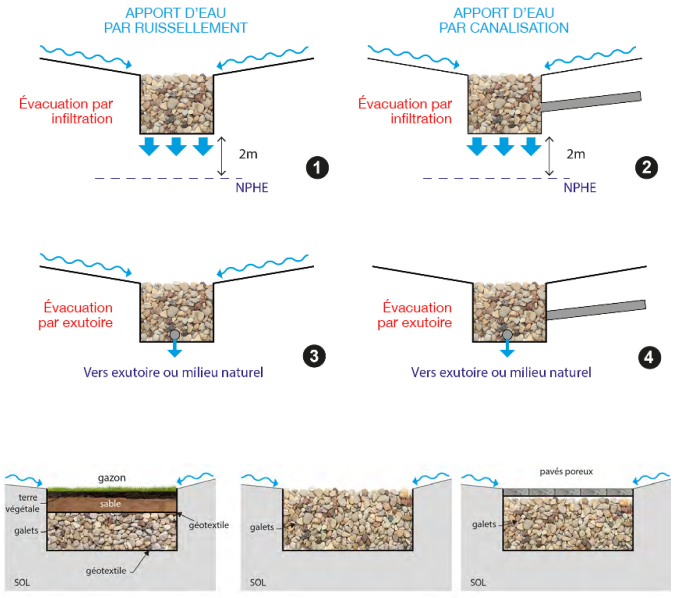


Figure 17 : schéma en coupe de différents types de tranchées drainantes et de différentes couvertures

Mise en œuvre

La mise en œuvre de la tranchée drainante dépend de l'origine de l'eau qu'elle doit gérer : par ruissellement sur des surfaces proches peu perméables et en pente (espace vert, entrée de garage, piste cyclable, trottoir, voirie), par captation directe à la surface de la tranchée si elle est perméable (par exemple dans le cas d'une tranchée drainante végétalisée, ou placée sous le corps d'une chaussée avec revêtement perméable). Elles sont utilisées, après stockage provisoire, pour faciliter l'infiltration des eaux, ou les drainer vers un exutoire à vitesse réduite lorsque l'infiltration est trop limitée (et dans ce cas il est nécessaire de connaître le débit de sortie admissible, et de prévoir des regards pour l'entretien du drain).
Les tranchées sont remplies de matériaux présentant un indice de vides plus ou moins important (ex : grave non traitée, SAUL, billes d'argile…) protégés par un géotextile. (cf. schéma ci-dessous). Les eaux de ruissellement alimentent la tranchée par la partie supérieure maintenue poreuse ou par des avaloirs. L'alimentation se fait donc soit en surface (par ruissellement sur l'enrobé étanche par exemple), soit via un ouvrage de prétraitement (puisard de décantation pour les eaux de toiture ou bouches d'injection pour les eaux de voirie).

Entretien

L'entretien consiste à maintenir en bon état de fonctionnement les dispositifs d'injection de l'eau dans la tranchée et les ouvrages de prétraitement. Le curage du drain, pour les tranchées drainantes qui en disposent, peut être effectué en cas de colmatage.

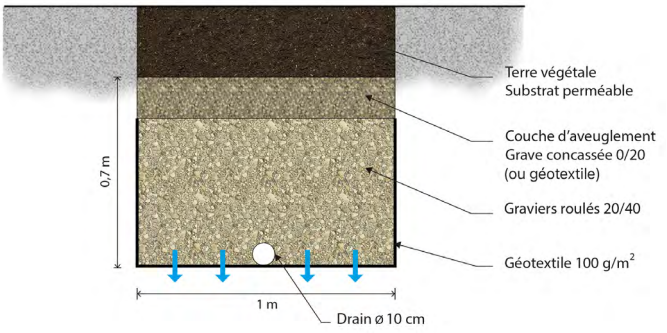


Figure 18 : schéma en coupe d'une tranchée drainante

3.11. Les puits d'infiltration

La collecte des eaux pluviales se fait par un ouvrage en amont (par exemple un puisard de décantation pour les eaux de toitures ou une bouche d'injection pour les eaux de voirie). Le puits d'infiltration est un ouvrage ponctuel, plus ou moins profond (d'un mètre à une dizaine de mètres au maximum) qui permet d'infiltrer les eaux de pluie dans les horizons perméables du sol.
Cette technique est utilisée si le foncier est contraint ou le sous-sol encombré (par des réseaux concessionnaires par exemple).

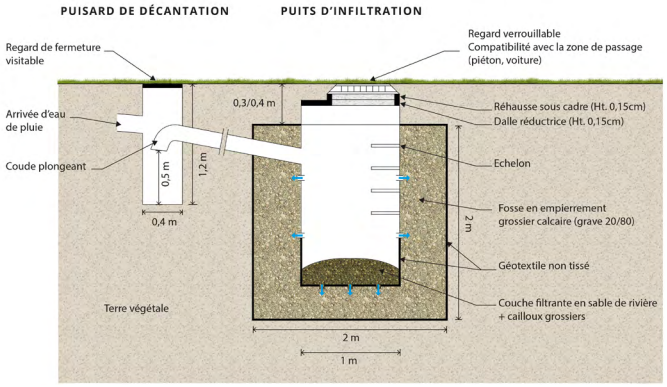


Figure 19 : schéma en coupe d'un puits d'infiltration par anneaux de béton perforés (source Adopta).

Mise en œuvre

L'implantation est faite à bonne distance de tout arbre, c'est-à-dire à une distance supérieure à 1 m au moins de la projection au sol du houppier ou futur houppier de l'arbre le plus proche.

- Réalisation à l'aide d'une pelle mécanique équipée d'un godet preneur.
  Le diamètre de l'excavation doit être le double de celui des éléments de puits environ.
- Mise en place du géotextile (100 g/m²) sur la paroi latérale de la fosse.
- Pose des éléments du puits, du cône de réduction ou dalle de réduction, des rehausses nécessaires et du couvercle adapté à la classe de circulation. Dans le cas d'un ouvrage situé dans une zone de gazon, il est impératif de prévoir un espace de 50 cm environ entre la dalle de réduction et le niveau fini du sol, faute de quoi le gazon jaunira au droit de la dalle de réduction.
- Raccordement au puisard de décantation et finition étanche de la pénétration dans le puit.
- Remplissage de la tranchée avec du matériau granulaire type gravier 20/40.
- Rabattement de la partie supérieure du géotextile sur lequel est déposé le matériau de couche fondation du futur revêtement de surface ou de la terre végétale.

Entretien

Les ouvrages de prétraitement (puisard de décantation) doivent être curés au moins une fois par an. Si le type de puits d'infiltration n'est pas un puits comblé, alors il doit être curé si l'on constate une stagnation d'eau après plusieurs jours et la couche de sable doit être changée intégralement (souvent tous les 5 ans environ).

3.12. Les revêtements perméables

Un revêtement perméable permet une gestion de l'eau à la parcelle. Il existe différents types d'ouvrages selon les besoins en matière d'aménagement et de gestion de l'eau.

3.12.1. Dalle engazonnée

C'est un aménagement carrossable et perméable en plastique ou en béton, pouvant se présenter sous différentes formes : plaques en forme de nids d'abeille, plaques pré-engazonnées, etc. Ce type d'aménagement est généralement utilisé en extérieur pour des zones de stationnement végétalisés, voies d'accès pour les pompiers, aérodromes, héliports, allées carrossables de garage, activités équestres ou pistes de golf. Avec un remplissage en terre végétale ou en graviers, les dalles permettent d'assurer l'infiltration des eaux pluviales directement à leur point de chute tout en assurant une amélioration de leur qualité (rétention et dégradation des polluants). Le gazon agit comme un filtre physique sur les micropolluants comme les hydrocarbures.

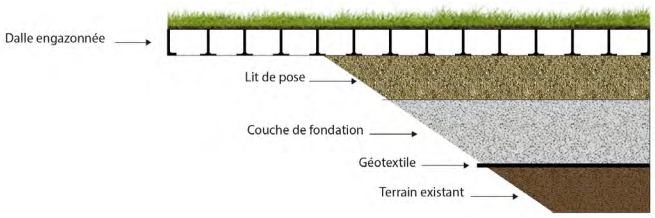


Figure 20 : schéma en coupe de dalles engazonnées

Mise en œuvre

Le lit de pose en sable peut être amendé en compost et en engrais organique (5 % du volume au maximum) ou peut être constitué par un substrat circulable fin (cf. paragraphe 2.5 de la règle professionnelle du paysage P.C.1-R0 Travaux des sols support de paysage).
En fonction de la destination de l'ouvrage, piétonnier ou circulable, ainsi que des caractéristiques du sol encaissant, la couche de fondation sera de préférence constituée d'un mélange terre-pierre (ou à défaut d'une grave tout venant) d'une épaisseur de 15 à 40 cm (voire plus pour les accès pompiers).

Pour le remplissage des alvéoles des grilles béton ou polyéthylène, la mise en œuvre du substrat est exécutée de la façon suivante.

- Remplissage des alvéoles par balayage à refus.
- Arrosage de l'ensemble de la surface pour faire pénétrer le substrat.
- Après ressuyage, rechargement si nécessaire des zones les plus creuses, en maintenant 1 cm de retrait du substrat par rapport au niveau fini (pour protéger la plantule de la circulation).
- Leger arrosage à nouveau.
- Semis à la volée à raison de 50 gr/m².
- Recouvrement avec une fine couche de compost par balayage.

Après les premières pluies, le léger affaissement du joint permettra la protection du collet de la plantule de gazon vis-à-vis du piétinement ou du roulage.

La mise en œuvre des dalles engazonnées est abordée en détails dans la partie 3.12 « Revêtement alvéolaire sous forme de dalles » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.12.2. Pavés béton avec joints engazonnés

Cet aménagement carrossable est couramment utilisé pour les zones de stationnement, mais peut aussi être adapté pour des zones piétonnes. Il assure une stabilité durable et permet une infiltration directe des eaux pluviales à leur point de chute.

Mise en œuvre

Le lit de pose en sable pourra être amendé en compost et engrais organique (maximum 5 % du volume) ou peut être constitué par un substrat circulable fin ou un mélange terre-pierre (cf. paragraphes 2.4 et 2.5 de la règle professionnelle du paysage P.C.1-R0 Travaux des sols support de paysage).

Une attention particulière devra être portée au remplissage du joint. Le joint engazonné est constitué d'un substrat à base de terre végétale (40 %) de compost (20 %) et de sable 0/3 (40 %), ou d'un substrat spécial toiture végétalisée intensive (doté d'une bonne perméabilité et porosité, et d'une bonne rétention en air et en eau) à base de sable volcanique. Le semis utilisé sera constitué principalement de fétuques dont la principale qualité est leur résistance à la sécheresse (le ray-grass, trop gourmand en eau, devra être proscrit).

Photo 13 : surface de stationnement en pavés béton à joints engazonnés

Pour les joints de pavage ou de dallage, la mise en œuvre du substrat sera exécutée de la façon suivante.

- Mélange de la semence avec le substrat.
- Remplissage des joints ou des alvéoles par balayage à refus.
- Arrosage de l'ensemble de la surface pour faire pénétrer le substrat.
- Après ressuyage, rechargement si nécessaire des zones les plus creuses, en maintenant 1 cm de retrait du substrat par rapport au niveau fini (pour protéger la plantule de la circulation).
- Leger arrosage à nouveau.
- Recouvrement avec une fine couche de compost par balayage.

Après les premières pluies, le léger affaissement du joint permettra la protection du collet de la plantule de gazon vis-à-vis du piétinement ou du roulage.

La mise en œuvre des pavés est abordée en détails dans la partie B) « Les pavages et dallages » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.12.3. Pavés à joints gravillons

Le joint doit être rempli en gravillons roulés ou concassés de granulométrie ouverte (souvent 4/6 ou 4/8).
Le lit de pose devra être drainant de façon à pouvoir stocker temporairement un maximum d'eau. Il est recommandé d'utiliser un sable concassé de granulométrie 2/4 , 4/6 ou équivalent.

La mise en œuvre des pavés est abordée en détails dans la partie B) « Les pavages et dallages » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.12.4. Revêtement en mélange terre/pierre fin engazonné.

Appelé également substrat circulable, il s'agit d'un mélange à 10 % de compost végétal et à 90 % de matière minérale de type sable volcanique, gravillon, brique concassée, etc. Il permet d'installer des gazons sur des parkings et voiries tout en assurant l'infiltration de l'eau. Pour plus de détails, se reporter au paragraphe 2.4 de la règle professionnelle du paysage P.C.1-R0 Travaux des sols support de paysage.

Photo 14 : revêtement en terre/pierre fin engazonné sur une voie de tram

Photo 15 : revêtement en terre/pierre fin engazonné sur des places de stationnement

Photo 16 : revêtement en terre/pierre fin engazonné sur un espace accessible au public

Mise en œuvre

Un réglage est effectué sur 15 cm minimum d'épaisseur pour un bon enracinement du gazon, suivi d'un compactage pour une structure stable, circulable.
La couche fertile est elle-même mise en œuvre sur une couche de fondation type mélange terre-pierre ou à défaut une grave drainante, dont l'épaisseur est calculée en fonction de la portance du sol encaissant (fond de forme) et de la destination de l'ouvrage (piétonnier, circulable VL ou PL). La couche de fondation est compactée à refus par couches de 20 à 25 cm maximum et la couche de finition en terre-pierre fin (ou substrat fertile circulable) sera compactée plus légèrement (50 MPa maximum)

La mise en œuvre des mélanges terre-pierres est abordée en détails dans la partie 3.16 « Les gazons renforcés » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.12.5. Enrobé poreux/béton drainant

Le principe d'un enrobé poreux et d'un béton drainant consiste à évacuer les eaux de pluie directement dans le sol à son point de chute afin de limiter le ruissellement des eaux pluviales.
Un béton est drainant lorsqu'il contient peu d'éléments fins, comme le sable. Sa courbe granulométrique peut ne commencer qu'à partir d'éléments grossiers supérieurs à 2 mm environ. De plus, cette courbe est discontinue : une fraction de granulats de taille intermédiaire est absente, laissant des espaces vides (10 % à 35 % environ) pour l'infiltration de l'eau. Un tel matériau est capable d'évacuer jusqu'à 200 litres d'eau par minute.
Pour les enrobés, le diamètre de départ de la courbe granulométrique est de l'ordre de 6 mm environ, voire 10 mm. La porosité (de l'ordre de 20-25 %) est plus importante car la viscosité du bitume servant de liant est plus élevée.

La structure se compose d'une couche de fondation drainante (exemple : 16/31,5), posé sur un géotextile après nivellement du fond de forme. La couche de béton drainant sera coulée au-dessus de celle-ci avec une épaisseur minimale de 120 à 150 mm en fonction des usages. Les enrobés poreux, quant à eux, sont mis en œuvre sur une épaisseur de 40 à 60 mm.

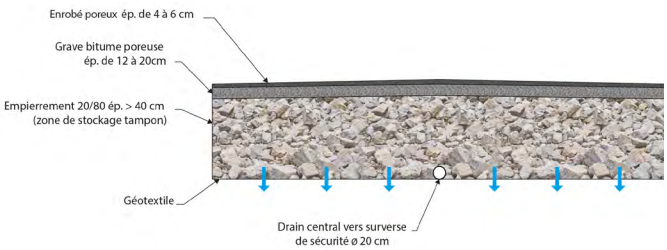


Figure 21 : schéma en coupe d'une chaussée à structure réservoir avec enrobé poreux

Pour ces aménagements, deux types d'infiltration existent.
- Une infiltration des eaux pluviales directement dans le sol au point de chute.
- Un recueillement des eaux pluviales qui seront alors envoyées vers un point d'infiltration. Dans ce cas, l'intérêt est alors de retarder l'arrivée des eaux dans le réseau grâce à un stockage dit « tampon » dans la chaussée.

La nature du sol joue un rôle important dans le choix du dispositif. Si le terrain est très perméable, le plus judicieux est d'infiltrer directement l'eau à son point de chute ; s'il est très peu perméable, la chaussée peut être utilisée comme réservoir tampon.

Photo 17 : cheminements surélevés avec tranchées drainantes en rives (enherbées ou non)sur des places de stationnement

Mise en œuvre - Bétons drainants

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte et l'opération s'effectue en plusieurs étapes.

Au préalable, il est nécessaire d'assurer la protection du chantier vis-à-vis de toute personne extérieure jusqu'à la parfaite prise du béton pendant 21 jours. Néanmoins l'accès occasionnel aux piétons pourra être autorisé après 5 jours.

- Installer une sous-couche, couche de fondation constituée d'une grave drainante dont l'épaisseur est calculée en fonction de la portance du fond de forme et de la destination de l'ouvrage (piétonnier ou circulable VL ou PL) soit 20 à 40 cm ou plus.
- Procéder au compactage par couche de 20 à 25 cm maximum en respectant un taux d'humidité à 95 % de l'optimum Proctor.
- Réserver un espace suffisant pour le béton dont l'épaisseur varie entre 15 et 20 cm en fonction de la destination de l'ouvrage.
- Mettre en place les joints de dilatation afin d'éviter à court ou moyen terme l'apparition des fissures. Veiller à ce que les joints de dilatation soient installés au moins tous les 5 m linéaires ou tous les 20 m².
- Réceptionner et approvisionner le béton à pied d'œuvre dans les meilleurs délais. Il convient d'éviter absolument une mise en œuvre par des températures supérieures à 25 °C et également par temps de pluie.
- Étaler le béton drainant en utilisant le râteau, la raclette et pour finir la taloche (taloche articulée sur manche alu réglable en longueur), et la taloche de maçon pour les finitions en rive. Les opérateurs sont équipés de patins de carreleur.
- Le béton poreux contient peu de liant et beaucoup de vide, le vibrer reviendrait à créer des couches hétérogènes. Pour autant, il doit être « serré », comme n'importe quel béton. Il est donc nécessaire d'utiliser soit le compactage par roulage, soit le claquage lorsqu'on traite de petites surfaces (avec des raquettes spéciales portées aux pieds). L'ensemble des processus de réglage et serrage doit être fait alternativement dans un temps relativement limité au fur et à mesure de l'avancement et terminé par un lissage final.
- Protéger le béton des UV et des intempéries en y vaporisant un protecteur de surface.
- Laisser le béton prendre pendant 5 jours environ.
- Appliquer au béton de la résine de finition ou un vernis par temps est sec.
- Ouvrir à la circulation après 21 jours de temps de prise.

La mise en œuvre des bétons poreux est abordée en détails dans la partie 3.8.3.3 « Béton poreux » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

Mise en œuvre - Enrobés poreux

Contrairement au béton poreux, l'enrobé drainant nécessite un balayage et un décolmatage occasionnel. En effet, sur les enrobés, il existe des zones d'accumulation où l'eau vient stagner et déposer des particules fines entrainant un colmatage ; il convient de savoir où se trouvent ces zones. Il est ainsi déconseillé dans les zones à risque de souillure. De plus, ce revêtement est à éviter dans les zones de giration, car il est sensible à l'arrachement.

Remarque : en présence d'un système étanche, il faut s'assurer de la conservation de son intégrité tout au long du chantier.

Ces prestations indissociables des règles de l'art doivent être décrites dans les pièces des marchés de travaux et faire l'objet de positions précises dans les BPU et DQE.

La mise en œuvre des enrobés drainants est abordée en détails dans la partie E) « Les revêtements hydrocarbonés » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

3.12.6. Aires sablées, dites stabilisées

Ce type d'ouvrage a une faible capacité d'infiltration dans le temps car les poussières liées à l'usage finissent par colmater la couche superficielle du revêtement.
Pour ces revêtements sablés, dans les zones à fort ruissellement, notamment sur les surfaces de pente supérieure à 3 %, *il est nécessaire de* prévoir des caniveaux de collecte transversaux (tous les 10 à 15 m environ) afin de fractionner les surfaces (40 à 50 m² maximum) et ainsi diminuer les risques de ravinements. Ils peuvent également être associés à des noues.

La mise en œuvre des aires sablées est abordée en détails dans la partie H) « Les stabilisés » de la règle professionnelle C.C.3-R0 Travaux liés aux revêtements et à leurs fondations, aux bordures et aux caniveaux.

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

S'agissant souvent de projets avec une conception « unique » et avec des règles qui diffèrent des pratiques habituelles, il est important de suivre avec application la réalisation des ouvrages. D'une part, vérifier le respect de la conception et du dimensionnement (par exemple, pente sur les enrobés drainants, points bas, compactage (ou absence de compactage), colmatage (ou « pollutions ») en phases de chantier, etc.

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée. Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. ➔ Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire/de litige.
Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. *Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires pour une même prestation.*	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. ➔ Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire/de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- **les points de contrôle relatifs aux approvisionnements**
- **les points de contrôle relatifs à la réception du support**.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

5. Bibliothèque de référence

- **DUNNETT Nigel**, CLAYDEN Andy. *Les jardins et la pluie, gestion durable de l'eau de pluie dans les jardins et les espaces verts.* Editions du Rouergue. 2007.
- **GRAIE.** *Pour la gestion des eaux pluviales - Stratégie et solutions techniques. (Plaquette de sensibilisation.) Graie. 2006.*
- **GRAIE.** *Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d'urbanisme.* Graie. 2014.
- **GRAIE**, CHOCAT Bernard, INSA de Lyon. *Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages.* Graie. Juin 2014.
- **GRAND LYON.** *Référentiel de conception et gestion des espaces publics.* Grand Lyon. 2010.
- **GRAND LYON.** *Guide pratique aménagement et eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon - à l'intention des particuliers*. Grand Lyon. 2008.
- **GRAND LYON.** *Guide aménagement et eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon - à l'intention des professionnels*. Grand Lyon. 2008.
- ***Guide de la Communauté d'Agglomération Hénin Carvin :*** *Typologie de noue, choix des végétaux et coûts*.
- **KORBOULEWSKI Nathalie.** *La phytoépuration : la nature pour dépolluer les eaux*. 2015.
- **MUSY André, SOUTTER Marc.** *Physique du sol. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 1991.*
- **NOVATECH.** *L'eau dans la ville – stratégies et solutions pour une gestion durable. Graie. 2016.*
- **PLANTE & CITE,** ONEMA. *Aménagement et choix des végétaux des ouvrages de gestion des eaux pluviales de proximité*. Plante et Cité. 2014.
- **ROSSIGNOL Jean-Pierre.** *Les mélanges terres-pierres.* (Fiche de synthèse.) 2008.
- **Règles professionnelles de l'Unep :** https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/bonnes-pratiques-du-secteur-les-regles-professionnelles/les-regles-parues/

Travaux

d'aménagement et d'entretien des constructions paysagères

Règles professionnelles

Travaux relatifs à la gestion alternative des eaux pluviales

ANNEXES

N°: **C.C.7-R0** | Création : septembre 2020

LES ENTREPRISES DU PAYSAGE — chaque jardin compte

AITF — ASSOCIATION DES INGÉNIEURS TERRITORIAUX DE FRANCE

FFP

Hortis — Les responsables d'espaces nature en ville

6. Annexe 1 : Dimensionnement des ouvrages - Évaluation du volume des ouvrages de retention ou d'infiltration

Le dimensionnement des ouvrages doit être effectué par un professionnel. L'objet de cette annexe est d'expliquer au paysagiste la manière dont sont effectués les dimensionnements des ouvrages. Cela permet de mieux comprendre leur fonctionnement et leurs enjeux, et éventuellement de vérifier l'ordre de grandeur du dimensionnement effectué par les professionnels (les calculs ci-dessous aboutissant à un surdimensionnement des ouvrages).

[Rédaction : Thierry Muller.]

Paramètres à prendre en compte :

- le choix de l'évènement pluvieux à gérer ;
- les risques de pollution ;
- la quantité d'eau à prendre en compte ;
- les types de surfaces concernés par le bassin versant et leur coefficient de ruissellement ;
- les débits de fuite et les capacités d'infiltration ;
- le devenir de l'eau stockée (infiltration, récupération, rejet vers le milieu naturel ou le réseau d'assainissement.

6.1. Le choix de l'évènement pluvieux à gérer

Le dimensionnement des ouvrages est directement induit par la période de retour des précipitations retenues. Ces périodes de retour peuvent être de 10, 20, 30, 50 ou 100 ans (pluie décennale à centennale).

En fonction du lieu dans lequel se situe le projet, le choix de la période de retour prise en considération est déterminé par la norme NF EN 752-2.

FRÉQUENCE D'UN ORAGE *Le système doit fonctionner sans mise en charge*	LIEU *Site général dans lequel se situe le projet, notamment les zones à l'aval où vont se déverser les eaux de pluie*	FRÉQUENCE D'INONDATION ACCEPTABLE *Fréquence à partir de laquelle les débordements des eaux collectées sont admis en surface (impossibilité de pénétrer dans le réseau)*
1 par an	Zones rurales	1 fois tous les 10 ans
1 tous les 2 ans	Zones résidentielles	1 fois tous les 20 ans
- 1 tous les 2 ans - 1 tous les 5 ans	Centres-villes / Zones industrielles ou commerciales : - si risque d'inondation vérifié - si risque d'inondation non-vérifié	1 fois tous les 30 ans
1 tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 fois tous les 50 ans

Exemple

Nous allons prendre comme exemple tout le long de l'annexe une parcelle de terrain située en zone résidentielle dans l'Est de la France.

Le volume de précipitation pris en compte est calculé en fonction d'une période de retour de 20 ans, soit :

200 litres / hectare / seconde pendant 20 minutes.

200 litres x 20 minutes x 60 secondes
= 24 litres tombés en 20 min par unité de surface (m²)

Or 1 ha = 10000 m²

Donc 24 litres x 10000 m² = 240000 litres/ha
soit 240 m³/ha en 20 min

On arrive donc à une hauteur d'eau de 24 mm après un épisode pluvieux de 20 minutes.

6.2. Les risques de pollution

- Il faut s'assurer que la hauteur maximum que peut atteindre la nappe phréatique se situe à 2 mètres au moins sous le niveau le plus bas du futur ouvrage.

Cette précaution est indispensable afin que le sol ait le temps de remplir sa fonction épuratrice avant que les eaux d'infiltration ne rejoignent la nappe. Plus grave encore, l'ouvrage pourrait être inondé par la nappe et pourrait ainsi la polluer directement.

Pour l'infiltration des eaux de toiture uniquement, cette profondeur peut être ramenée à 1 m.

- Lorsque le risque de pollution est avéré, comme par exemple à proximité immédiate d'un parking, l'ouvrage ne sera utilisé que pour sa fonction de rétention étanche avant traitement et rejet vers un exutoire. Cette fonction peut être assurée pour un autre ouvrage jouant un rôle de décantation et de dépollution avant infiltration ou rejet dans le milieu naturel.

Outre cette fonction de rétention, l'ouvrage a un rôle de dépollution des particules fines en provenance des surfaces imperméables. Ces particules fines, les MES (Matières En Suspension) sont traitées par un système de noues étanches et plantées qui collectent, dépolluent et décantent les eaux avant rejet, à débit régulé dans une zone d'infiltration.

Le dimensionnement de ces ouvrages est difficilement modélisable et demande une étude fine en fonction du niveau de service, du degré de pollution et du milieu dans lequel tout ou partie de l'eau sera rejeté.

6.3. Les types de surfaces concernés par le bassin versant et leur coefficient de ruissellement

Toutes les surfaces concernées par le bassin versant ne présentent pas toutes le même degré de perméabilité. Le ruissellement généré par les épisodes pluvieux est différent selon les surfaces considérées : très peu perméable comme les voiries en enrobés, ou les surfaces dallées ou pavées ; plus ou moins perméables comme les espaces verts, en pente ou non ; etc.
Il existe à disposition des bureaux d'étude des tableaux d'évaluation du coefficient de ruissellement de chaque type de surface en fonction de sa capacité moyenne d'infiltration lorsque le sol est saturé.
Ces coefficients permettent de calculer de manière plus ou moins fine la fraction de pluie qui arrivera réellement à l'exutoire.

TYPE DE SURFACE	COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT (CR)
Zone d'activités tertiaires : - centres villes - autres	0,70 / 0,95 0,50 / 0,70
Zone résidentielle : - pour un pavillon - pour un ensemble de pavillons détachés - pour un ensemble de pavillons attachés	0,30 / 0,50 0,40 / 0,60 0,60 / 0,75
Zone industrielle	0,50 / 0,90
Cimetière – Parc	0,10 / 0,25
Zone de jeux	0,25 / 0,35
Rue et trottoir : - asphalte - béton - pavé	0,95 0,95 0,85
Pelouse (sol sablonneux) - pente < 2 % - 2 % < pente < 7 % - pente > 7 %	0,05 / 0,10 0,10 / 0,15 0,15 / 0,25
Pelouse (sol terreux) - pente < 2 % - 2 % < pente < 7 % - pente > 7 %	0,13 / 0,17 0,18 / 0,22 0,25 / 0,35

Exemple : pour une surface pavée le coefficient de ruissellement proposé sur le premier tableau est de 0,85 ce qui veut dire que la Surface Active (SA) générant du ruissellement n'est que de 85 % de la surface réelle.

De façon pratique, pour obtenir une approche rapide des volumes d'eau à prendre en compte, on peut ne pas appliquer de coefficient sur les surfaces de voirie. Il est également fortement conseillé de considérer les surfaces engazonnées présentant une pente supérieure à 7 % comme des surfaces « étanches » et donc ne pas appliquer non plus de coefficient. En effet en cas d'orage important, un terrain engazonné en pente, établit sur un sol battant ou argileux, se comporte comme une surface quasiment étanche.

Exemple (suite)

Dans la zone résidentielle prise en exemple, on est en présence d'un terrain d'une surface totale de 1200 m² composé de :
- 200 m² de toiture en projection horizontale ;
- 250 m² de parking en enrobés et terrasses dallées ;
- 300 m² d'espaces verts sur sol terreux avec une pente moyenne comprise entre 2 et 7 % ;
- 450 m² de gazons en forte pente.

• Coefficient de ruissellement (CR) de chaque surface

Il est donné, surface par surface, par le tableau précédent et peut être affiné en fonction de la nature des revêtements plus ou moins perméables (pavés infiltrants, surfaces sablées, béton poreux…)

Surfaces imperméables avec un CR de 1 :
- 200 m² de toiture en projection horizontale
- 250 m² de parking en enrobés et terrasses dallées
- 450 m² de gazons en forte pente

Soit un total de 900 m² avec un CR = 1

Surfaces perméables avec un CR de 0,2 :
- 300 m² d'espaces verts

Soit un total de 300 m² avec un CR = 0,2

• Calcul du coefficient d'apport global (CA)

$$CA = \frac{(\text{total surfaces imperméables}) \times \text{coef } 1 + (\text{total surfaces perméables}) \times \text{coef } 0{,}2}{\text{Surface totale}}$$

$$CA = \frac{(200\ m^2 + 250\ m^2 + 450\ m^2) \times 1 + (300\ m^2) \times 0{,}2}{1200\ m^2} = \underline{0{,}8}$$

• Calcul de la surface active (SA) concernée par le ruissellement

$$SA = \text{Surface totale} \times CA$$

$$SA = 1200 m^2 \times 0.8 = \frac{960 m^2}{10000} = \underline{0{,}096\ ha}$$

La surface active concernée par le ruissellement est donc de 0,096 hectares.

6.4. La quantité d'eau à prendre en compte

La hauteur précipitée est la quantité d'eau correspondant à l'épisode pluvieux retenu (pluie décennale, ou autre) sur une durée et une surface déterminée associé au zonage du PLU.
Ces données sont fournies à titre onéreux par les centres départementaux de Météo France. Il est aussi possible de contacter le service de Gestion des Eaux Pluviales Urbaines (Gepu) de la communauté d'agglomération.

Exemple (suite)

Le volume de précipitation à prendre en compte en fonction d'une période de retour de 20 ans est de 200 litres / hectare / seconde pendant 20 minutes.

La surface active SA est de 960 m² soit 0,096 ha

Le volume d'eau à prendre en compte dans le dimensionnement des ouvrages est donc :

200 litres x 0,096 ha x 20 minutes x 60 secondes = 23040 litres, soit 23,04 m³

L'ouvrage de collecte devra donc pouvoir stocker 23 m³ d'eau instantanément pour pouvoir stocker une pluie d'orage correspondant à une pluie vicennale (20 ans).

Il conviendrait de multiplier ce volume par deux, soit 46 m³, pour se prémunir de deux orages consécutifs si le débit de fuite par infiltration ou le débit de fuite autorisé vers le réseau d'assainissement ou vers un cours d'eau s'avérait être nul ou insuffisant.

6.5. Les débits de fuite et capacité d'infiltration

Après étude de la faisabilité technique et administrative, il est indispensable de prévoir le plus tôt possible une surface destinée à l'infiltration en fonction de la surface disponible et du projet global. Cette surface, sélectionnée arbitrairement au départ, sera affinée par la suite en fonction de l'évolution du projet et de l'ensemble des paramètres à prendre en compte.

Trois débits de fuite sont possibles :

- le premier pour le fonctionnement normal de l'ouvrage (noue, tranchée…) par infiltration ;
- le deuxième en cas de trop-plein ;
- le troisième correspondant au débit de fuite autorisé par écoulement lent vers le réseau public.

a. Le débit de fuite par infiltration

Dans ce cas le débit de fuite correspond à la capacité du sol à infiltrer les eaux et répond parfaitement à l'obligation d'infiltrer les eaux à la parcelle. Le tableau suivant, donné en exemple, définit la perméabilité (conductivité hydraulique) en fonction de la nature du sol.

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 sol	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

Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique K dans différents sols (Musy & Soutter, 1991)

Les seuils de perméabilité à prendre en compte

La perméabilité du sol K, exprimée en m/s, doit être comprise entre 10^{-5} et 10^{-3} m/s. À ces valeurs, l'infiltration par le sol support est très favorable, et ce dans un délai acceptable.
Avec des perméabilités plus faibles (10^{-5} à 10^{-11}), il faudra soit trouver des horizons plus perméables, soit prévoir un écoulement régulé sur un exutoire.
Avec des perméabilités plus fortes (10^{-3} à 10^{-1} et plus), le sol ne peut plus remplir sa fonction épuratrice et les risques de pollution sont trop importants. Des dispositifs de prétraitement ou filtres seront obligatoires.
Dans cette configuration les puits d'infiltration directe ne sont pas recommandés en l'absence de prétraitement.

Le calcul des surfaces actives à prendre en compte

Pour les noues et les fossés, la surface d'infiltration prise en compte correspond à la projection horizontale de la surface de la noue en plan.
Pour les tranchées et les puits, la surface d'infiltration correspond à la moitié des surfaces des parois verticales. La surface du fond de la tranchée ou du puit n'est pas prise en compte car l'on considère qu'elle se colmate rapidement.

Exemple (suite)

La nature du sol et la surface disponible permettent l'infiltration à la parcelle.
Pour notre terrain le coefficient de perméabilité K est de 10-5 m/s.
La noue projetée fait une longueur de 20 m pour une largeur de 4 m et une profondeur moyenne de 30 cm, soit un volume de 24 m³. Ce dimensionnement sera-t-il suffisant ?

Le débit de fuite, exprimé en m³/s est : Qf = S inf x K

S inf = surface horizontale projetée de la noue en m²
K = coefficient de perméabilité en m/s

Qf = 20 m x 4 m x 10-5 m/s = 80 m² x 10-5 m/s = 0,0008 m3/s, soit 0,8 litre/s

La quantité d'eau à prendre en compte pour notre exemple est de 23 m³ (cf. 4.La quantité d'eau à prendre en compte), soit 23000 litres.

$$\frac{23000\ L}{0.8\ L/s} = 28750 \text{ secondes, soit } 479 \text{ minutes}$$

Soit environ 8 heures pour permettre à l'eau stockée dans la noue de s'évacuer totalement.

Idéalement il faudrait plutôt se rapprocher d'un délai de 6 heures qui correspond au délai de vidange maximum acceptable (en étant extrêmement prudent) pour que l'ouvrage puisse accepter deux orages consécutifs.
Il faudra alors augmenter la surface d'infiltration de la noue dans la même proportion.

$$\frac{8\ heures}{6\ heures} = 1,3333 \text{ soit } 33,33\ \% \text{ de surface en plus}$$

80 m² x 1,3333 = 106,664 m²
(et pour le volume : 106,664 m² x 0,30 m de profondeur = 32 m³)

On peut vérifier ce chiffre en calculant le délai de vidange de cette nouvelle surface de noue.

106,664 m² x 10-5 = 0,0010664 m³/s, soit 1,0664 litres/s.

Il faudra donc pour 23 000 litres :

$$\frac{23\ 000\ L}{1,0664\ L/s} = 21\ 567 \text{ secondes, soit } 359,45 \text{ minutes}$$

Soit environ 6 heures pour permettre à l'eau stockée dans la noue de s'évacuer totalement.

Pour se prémunir de deux orages consécutifs dans un délai inférieur à 6 heures, il convient de doubler le volume d'eau stocké provisoirement, en augmentant par exemple la profondeur moyenne de la noue afin de doubler sa capacité vis à vis de deux épisodes pluvieux consécutifs générant 2 x 23000 litres soit 46 m³.

Pour notre noues de 106,664 m² la profondeur serait donc de :

$$\frac{46\ m^3}{106{,}664\ m^2} = 0{,}43\ cm$$

Cette méthode d'approche très simplifiée conduit à un léger surdimensionnement de l'ouvrage, car elle n'intègre pas la quantité d'eau évacuée par infiltration.

NB : Si le coefficient K avait été de 10^{-6} m/s, la durée d'infiltration des eaux aurait été 10 fois plus longue.

$$Qf = 80 \times 10^{-6} = 0{,}00008\ m^3/s$$
soit 0,08 litres/s soit 80 heures environ

Sauf à pouvoir multiplier la surface par un facteur de 13,33 (augmentation de proportion : 80h/6h) ce qui donnerait 13,33 x 80 m² = 1066,4 m², il sera nécessaire de trouver une autre solution par écoulement vers un exutoire en fonction du débit de fuite autorisé par le PLU.

b. Le trop-plein occasionnel

En toute logique, un ouvrage bien dimensionné ne devrait être confronté à un trop-plein que très exceptionnellement. Ce trop-plein est une surverse de sécurité dans le cas où l'ouvrage est légèrement sous dimensionné en matière d'infiltration, ou lorsque le dispositif d'écoulement régulé est obstrué par des branchages ou autres déchets (cf. chapitre ci-après). Une zone engazonnée en dépression par rapport au reste de l'aménagement peut alors servir de surverse et accepter occasionnellement ce flux excédentaire sans risque d'inondation des voiries et des bâtiments.
Aucun trop-plein vers le réseau d'assainissement collectif ne peut être accepté.

c. Le débit de fuite par écoulement

Il s'agit dans ce cas d'un écoulement lent calculé d'après le débit de fuite autorisé par le PLU. Cet écoulement lent permet à l'ouvrage de se vider dans un délai acceptable. Cet écoulement positionné en partie basse de l'ouvrage présente un orifice de sortie réduit. Cet orifice, présent pour les ouvrages de stockage sans infiltration, est dimensionné en fonction du débit de fuite toléré en aval.

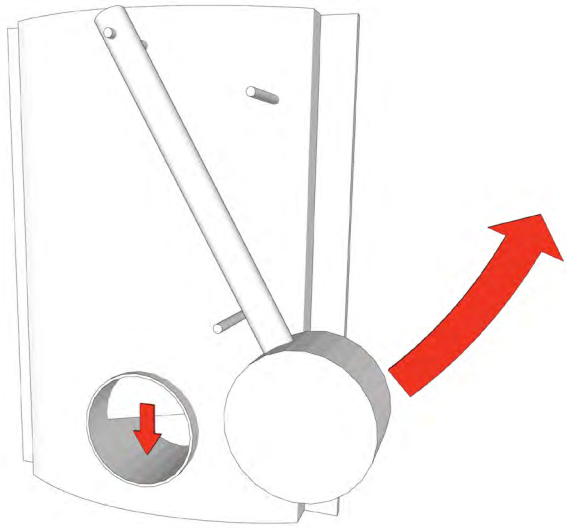
Ce débit de fuite (Qf en m³/s) peut être calculé par la formule de la loi de Toricelli :

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

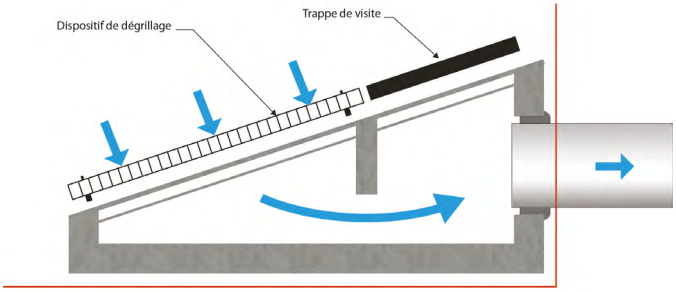
m : coefficient dépendant de la forme de l'orifice (pour un orifice circulaire mince, m = 0,62).
S : section de l'orifice (en m²).
g : azccélération de la pesanteur (g = 9,81 m/s²)
H : charge hydraulique sur l'orifice (en m).

L'ajutage minimum est de 3 cm.

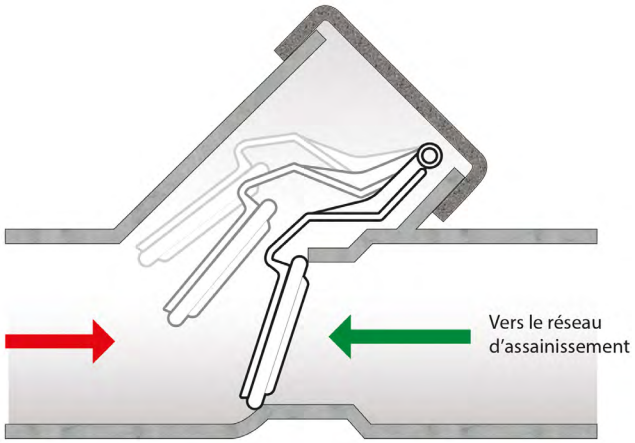
L'orifice de sortie (ou orifice de vidange) est souvent accompagné d'un régulateur de débit dont le diamètre d'entrée variable permet de respecter ce débit de fuite autorisé en fonction de la hauteur de la colonne d'eau, avant rejet dans le réseau d'assainissement ou dans le milieu naturel (cours d'eau…) Le régulateur de débit est constitué par un flotteur actionnant une guillotine qui réduit progressivement le diamètre de sortie de l'eau au fur et à mesure que l'ouvrage se remplit.



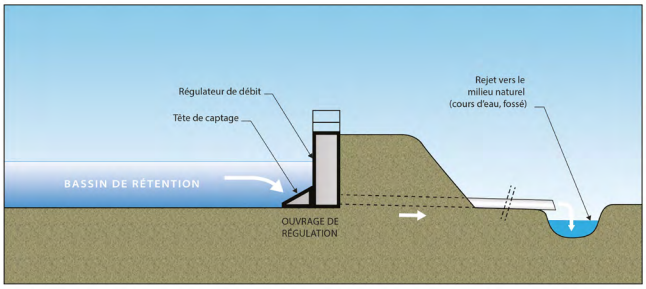
Cet ouvrage doit impérativement être protégé de l'accumulation de débris végétaux ou autres par un dispositif de dégrillage.



Il doit également être muni d'un clapet anti retour dès lors qu'il y a un risque de montée des eaux depuis l'aval, particulièrement depuis le réseau d'assainissement pour éviter une pollution par les eaux usées.



Le régulateur de débit et le clapet anti retour (en cas de raccordement sur le réseau d'assainissement) doivent être placés dans un regard de visite accessible pour leur entretien. Ce regard de visite peut également avoir une dernière fonction de décantation assurée par un système de cloison(s) intérieure(s).



Les débits de rejet autorisés sont généralement compris entre 3 et 6 litres/seconde/hectare.

$$Qf = q \times S$$

Qf = débit de fuite autorisé en aval de l'aménagement en L/s
q = débit de fuite autorisé en L/s/ha
S = surface totale de l'aménagement en hectares

EXEMPLE (suite et fin)

La nature du sol ne permet aucune infiltration.
Dans le cas où nous ne pouvons pas infiltrer les eaux à la parcelle car le coefficient K est trop élevé (de l'ordre de 10-8), il est alors nécessaire de se conformer au débit de fuite autorisé par la collectivité vers un exutoire, réseau collectif ou milieu naturel.

Dans notre exemple, le débit de fuite autorisé par le PLU, Qf, en aval, est de 3 litres/seconde/hectare. Pour notre terrain de 1200 m² (0,12 hectares), cela donne :

$$Qf = 3 \times 0{,}12 = 0{,}36\ L/s$$

L'ouvrage devra libérer 0,36 litre d'eau par seconde maximum pour être conforme.

Nous savons que la quantité d'eau à prendre en compte en fonction de la surface active du terrain (SA) est de 23 m³ (23000 litres).
La durée « t » de vidange de l'ouvrage est donc de :

$$t = \frac{23000\ L}{0.36\ L/s} = 63889\ secondes,\ soit\ \frac{63889\ s}{3600\ s/h} = 17{,}75\ heures$$

Soit 17 heures et 45 minutes pour évacuer le volume d'eau total consécutif à une pluie vicennale (20 ans) à raison de 200 L/ha/s

Après les 20 minutes d'orage d'une pluie vicennale, il n'aura été évacué que 432 litres (0,36 L/s x 60 secondes x 20 minutes = 432 L) sur les 23000 litres précipités sur les 1200 m², dont 960 m² de surface active.

Pour se prémunir du risque consécutif à un deuxième orage, il faut stocker un volume d'eau recalculé en fonction du débit de fuite pour pouvoir accepter un deuxième orage au bout de 6 heures maximum.
Puisqu'il s'évacue 432 litres en 20 minutes, alors en 1 heure il sera évacué 432 litres x 3, et donc en 6 heures il se sera évacué 432 litres x 3 x 6 heures soit 7776 litres (environ 7,5 m³).

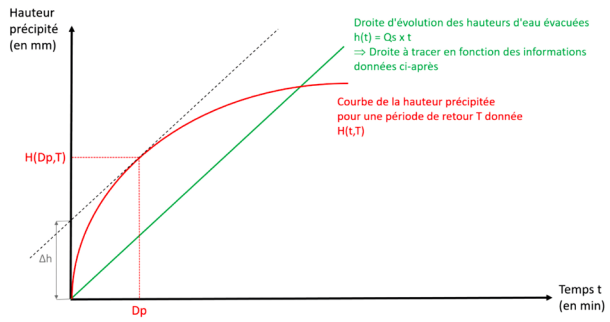
Il faut donc stocker 23 m³ + (23 m³ – 7,5 m³) = 38,5 m³ minimum pour se prémunir de 2 orages consécutifs.
Si l'on veut maintenir la surface prévue de la noue initiale, soit 80 m², il faut envisager une profondeur moyenne de 50 cm pour pouvoir stocker les 38,5 m³

$$\frac{38{,}5\ m^3}{80\ m^2} = 0.481\ m$$

Soit environ 50 cm de profondeur.

IMPORTANT

Les exemples décrits précédemment permettent d'obtenir rapidement l'ordre de grandeur du dimensionnement des ouvrages à réaliser, mais ils ne permettent en aucun cas de les dimensionner avec exactitude. L'assistance d'un bureau d'étude spécialisé est donc indispensable.
Afin de ne pas surdimensionner les ouvrages, les bureaux d'étude utilisent la méthode dite « méthode des pluies » permettant de calculer la hauteur d'eau maximale à stocker pour qu'il n'y ait pas débordement.
Cette méthode repose sur l'interprétation d'un graphique superposant la courbe des hauteurs précipitées en mm pour une période de retour donnée (pluie décennale, pluie centennale…) et l'évolution des hauteurs d'eau évacuées en fonction du débit de fuite.
Plus de détails ci-dessous dans un extrait du document du Grand Lyon « Fiche pour le dimensionnement des ouvrages.



Pour tracer la courbe d'évolution des hauteurs d'eaux évacuées en fonction du temps (droite verte sur le schéma ci-dessus), il est nécessaire de déterminer la pente de cette droite (Qs). Pour cela, on suppose que l'ouvrage a un débit de fuite constant Qf (déterminé précédemment) que l'on exprime sous la forme d'un débit spécifique Qs :

$$Qs = 60000 \times \frac{Qf}{SA}$$

Qs : débit spécifique de vidange (en mm/min).
Qf : débit de fuite de l'ouvrage (en m^3/s).
SA : surface active (en m^2).

Sur le graphique précédent, on dessine donc la droite de vidange de l'ouvrage de stockage avant pour équation :

$$h(t) = Qs \times t$$

h(t) : hauteur vidangée au temps t (en mm).
t : temps (en min).

On trace alors la parallèle à la droite h(t) = Qs x t passant par la courbe H(t,T). La différence h entre la courbe h(t) et H(t,T) correspond à la hauteur maximale à stocker pour qu'il n'y ait pas de débordement.

Le volume d'eau à stocker peut alors facilement être déterminé par la formule suivante :

$$Vmax = 1{,}2 \times 10 \times h \times SA$$

Vmax : volume d'eau à stocker (en m^3).
h : hauteur maximale à stocker (en mm) – cf. schéma précédent.
SA : surface active (en ha).

Notes

Edité par les Editions de Bionnay

SAS d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - 493 route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas
Président : Erick Roizard, Directeur général : Martine Meunier
Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr

Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.
Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).
L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.