RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

AGENCE DE L'EAU RHIN•MEUSE



GESTION À LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES

& CONTRIBUTION À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

FOIRE AUX QUESTIONS

ADOPTA
La gestion durable des eaux pluviales

MAI 2021

GESTION À LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES

& CONTRIBUTION À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

FOIRE AUX QUESTIONS

Auteurs :
Nicolas VENANDET, agence de l'eau Rhin-Meuse - Manon HÉE et Jean-Jacques HÉRIN, Adopta

Edition : mai 2021

Également disponible en ligne sur www.eau-rhin-meuse.fr

© Agence de l'eau Rhin-Meuse - Tous droits réservés

AVANT-PROPOS

Engagée dans une politique Eau et Nature en Ville volontariste, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a pour objectif de faire de l'eau et de la biodiversité un moteur de l'aménagement durable des territoires.

La désimperméabilisation est le premier levier pour permettre la reconquête du bon état des masses d'eau, le retour de la nature en ville et la mise en œuvre concrète des trames vertes et bleus, en cohérence avec les objectifs du plan d'adaptation au changement climatique.

Dans le cadre des 200 projets d'aménagement soutenus sur le bassin Rhin-Meuse ces dernières années, mais aussi des interventions de sensibilisation et d'appui techniques aux porteurs de projets publics et privés du bassin Rhin-Meuse, des services de l'Etat et des usagers, l'Agence de l'eau a collecté des interrogations fréquemment rencontrées.

Des réponses concrètes, basées sur les retours d'expérience locaux et nationaux de l'Agence de l'eau et ses partenaires, des travaux de recherche et l'expertise d'ADOPTA, association de référence sur le sujet sont apportées dans ce document qui se veut opérationnel et évolutif.

Ce document a donc pour objectif de diffuser une information concrète, accessible et opérationnelle pour accompagner les collectivités et acteurs de l'aménagement urbain vers une ville durable et perméable.

© Agence de l'eau Rhin-Meuse

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 1

LA GESTION DURABLE ET INTÉGRÉE DES EAUX PLUVIALES 5

1. POURQUOI DOIT-ON GERER AUTREMENT LES EAUX PLUVIALES ET QU'ENTEND-ON PAR GESTION DURABLE ET INTEGREE DES EAUX PLUVIALES (GDIEP) ? 5
   - 1.1 Quels sont les grands principes de la GDIEP ? 5
   - 1.2 Quels sont les avantages de la GDIEP par rapport à une gestion « classique » ? 6
2. COMMENT PRATIQUER LA GESTION DURABLE ET INTEGREE SANS OU AVEC PEU D'ESPACES VERTS DISPONIBLES ? 7
3. COMMENT GERER LES EAUX PLUVIALES SUR UN TERRAIN EN PENTE ? 7

LA NOUE D'INFILTRATION 9

4. EXISTE-IL UN RISQUE DE POLLUTION DES SOLS ET DES NAPPES PAR LES EAUX DE RUISSELLEMENT ? 9
5. EXISTE-IL UN RISQUE DE POLLUTION ACCIDENTELLE DES SOLS ET DES NAPPES ? 10
6. QUE FAIRE SI LA CAPACITE D'INFILTRATION DU SOL EST INSUFFISANTE ? 10
7. EXISTE-IL UN RISQUE DE COLMATAGE DES OUVRAGES D'INFILTRATION ? 11
8. EST-IL DANGEREUX D'INSTALLER UNE NOUE D'INFILTRATION A COTE D'UN IMMEUBLE ? 11
9. LE COUT DE L'EMPRISE FONCIERE NECESSAIRE EST-IL ELEVE ? 11
10. L'ENTRETIEN ET LE NETTOYAGE DES NOUES SONT-ILS DIFFICILES A GERER ? 11
11. QUEL EST LE COMPORTEMENT DES NOUES VIS-A-VIS DU SALAGE DES ROUTES ? 12
12. QUELLES SONT LES ESPECES VEGETALES A FAVORISER POUR LA PLANTATION DES NOUES ? 12
13. DANS QUEL CAS DOIT-ON PREVOIR UNE TRANCHEE D'INFILTRATION SOUS LA NOUE ? 13
14. QUELLES SONT LES PRECAUTIONS A PRENDRE EN PHASE TRAVAUX (TASSEMENT, PRESERVATION DES SOLS…) ? 13
15. EST-IL NECESSAIRE D'ENLEVER LES FEUILLES MORTES LORS DE L'ENTRETIEN DES NOUES ? 13
16. EXISTE-T-IL DES CONTEXTES URBAINS OU IL NE FAUT PAS IMPLANTER DE NOUES (PROXIMITE DE FONDATIONS…) ? 13
17. QUELLE CONCEPTION PRENDRE EN COMPTE POUR EVITER QUE LES NOUES RESSEMBLENT A UN CANIVEAU BETON ? 13
18. PEUT-ON METTRE EN PLACE DES NOUES SUR DES TERRITOIRES CONCERNES PAR DES PROBLEMATIQUES DE REMONTEES DE NAPPES ? 13
19. PEUT-ON DEVELOPPER DES NOUES D'INFILTRATION DANS DES ZONES OU SONT PRESENTES DES EXCAVATIONS (ANCIENNES CAVES PAR EX) ? 14
20. QUELLE SOLUTION QUAND L'EMPRISE DISPONIBLE POUR LA NOUE N'EST PAS SUFFISANTE POUR GERER LA PLUIE PROJET ? 14

LA TOITURE VÉGÉTALISÉE 15

21. L'ENTRETIEN DE L'ETANCHEITE EST-IL DIFFICILE ET Y A-T-IL DES RISQUES D'INFILTRATION D'EAU ? 15
22. EXISTE-IL DES REGULATEURS EFFICACES ET FIABLES PERMETTANT D'EVACUER L'EAU AVEC UN DEBIT SUFFISAMMENT FAIBLE ? 15
23. LE SURCOUT EN TERMES DE GENIE CIVIL EST-IL IMPORTANT ? 16
24. LE STOCKAGE DE L'EAU SUR LA TOITURE PEUT-IL GENERER DES NUISANCES ? 16
25. L'ENTRETIEN DE LA VEGETATION EST-IL DIFFICILE ? 16
26. COMMENT ASSURER LA SURVIE DE LA VEGETATION EN CAS DE SECHERESSE PROLONGEE ? 16
27. LES TOITURES VEGETALISEES REPONDENT-ELLES A LA PROBLEMATIQUE D'ILOTS DE CHALEUR URBAINS ? 17
28. LES TOITURES VEGETALISEES REPONDENT-ELLES A LA PROBLEMATIQUE D'INFILTRATION ? 17

LA CHAUSSÉE À STRUCTURE RÉSERVOIR 18

29. EXISTE-IL UN RISQUE DE POLLUTION DES SOLS ET DES NAPPES PAR LES EAUX QUI S'INFILTRENT A TRAVERS LE REVETEMENT ? 18
30. QUE SE PASSE-T-IL EN CAS DE DEVERSEMENT ACCIDENTEL DANS LA STRUCTURE RESERVOIR AVEC ENROBE POREUX ET INFILTRATION ? 19

31. Existe-il un risque d'endommagement des ouvrages lie aux cycles gel-degel associe a la presence d'eau ? 20
32. Les enrobes poreux etant moins verglaçants, permettent-ils des economies sur le salage des routes ? ... 21
33. Comment faire lorsque la capacite d'infiltration du sol support est insuffisante ? ... 21
34. Quelle est la hauteur conseillee de l'enrobe poreux pour permettre la circulation de l'eau par rapport a une voirie classique ? ... 21
35. Existe-il un risque de colmatage de la couche de roulement dans le cas d'un enrobe poreux ? ... 21
36. Comment entretenir un enrobe poreux ? ... 21
37. Que devient le « jus » issu du decolmatage de l'enrobe poreux ? ... 22
38. Quel est le niveau de permeabilite critique a partir duquel il convient d'intervenir ? ... 22
39. Quel est le cout d'un decolmatage ? ... 22
40. Quelle est la perte de permeabilite de la structure reservoir dans le temps ? ... 22
41. Quelle difference existe-t-il entre un enrobe poreux et un enrobe drainant ? ... 22
42. Les purges d'air sont-elles indispensables en cas de revetement classique avec bouches d'injection ? ... 23
43. L'eau issue des chaussees a structure reservoir peut-elle etre utilisee pour l'arrosage ? ... 23
44. Quelles sont les notions de dimensionnement a prendre en compte pour ces ouvrages ? ... 23
45. Quels sont les cas ou les chaussees a structure reservoir avec enrobe poreux sont deconseillees ? ... 23
46. Les chaussees a structure reservoir sont-elles plus couteuses en investissement et en entretien que les chaussees classiques ? ... 24
47. A partir de quelle permeabilite realise-t-on une chaussee reservoir de retention et non d'infiltration ? ... 24
48. En cas d'infiltration sous une structure reservoir, est-ce qu'un drain de surverse est obligatoire et a quelle profondeur doit-il etre positionne ? ... 24
49. Dans le cas d'une chaussee a structure reservoir de retention/regulation, comment definir le debit de sortie a l'exutoire et quelle incidence a-t-il sur le diametre du drain ? ... 24
50. Quels sont les couts inherents aux bouches d'injection pour une chaussee a structure reservoir avec enrobe classique ? ... 24
51. Quelle est la frequence d'entretien d'une bouche d'injection et quel materiel utiliser ? ... 25
52. Peut-on utiliser ce type de solution avec des reseaux concessionnaires et enrobage de type sable ? ... 25
53. La chaussee a structure reservoir genere-t-elle des perturbations du systeme dans le temps et des difficultes techniques lors d'interventions sur les reseaux (creusement de fouille et mise en place de rustine) ? ... 25
54. A partir de quel pourcentage de pente doit-on cloisonner une chaussee a structure reservoir ? ... 25
55. Comment s'assurer du pourcentage de vide dans la structure reservoir (souvent affiche a plus de 40%) ? ... 25
56. Quel type de controle peut-on exiger sur les chaussees a structure reservoir ? ... 25
57. Existe-il des cas de diminution de la portance en fond de forme dans le cas d'une chaussee a structure reservoir d'infiltration ? ... 25
58. Peut-on prevoir une alimentation en eau des zones a proximite de la chaussee a structure reservoir ? ... 25
59. Les chaussees a structure reservoir sont-elles compatibles avec la presence de fosses a arbres ? ... 26
60. Pourquoi les chaussees a structure reservoir ne se generalisent pas plus ? ... 26

LES REVÊTEMENTS PERMÉABLES ... 28

61. Existe-t-il des normes de permeabilite des revetements permeables ? ... 28
62. Lors de forte chaleur, quelles sont les consequences sur les revetements permeables vegetalises ? ... 28
63. Les revetements permeables sont-ils compatibles avec les normes PMR (personnes a mobilite reduite) ? 28
64. Existe-il un arbre de decision entre les differents types de revetements permeables ? ... 28
65. Quid de la permeabilite de ces materiaux en contexte de pente ? ... 29
66. Existe-t-il un ordre de prix moyen pour ces types de revetement ? ... 29
67. Les sels de deneigement sont-ils compatibles avec les revetements permeables ? ... 29
68. Existe-t-il des guides et des normes reglementaires de fabrication des materiaux pour les centrales de fabrication ? ... 29
69. Quelles sont les durees de vie des materiaux en fonction de leur sollicitation ? ... 29

70. COMMENT GERER LA POUSSE DES « HERBES FOLLES » DANS LES REVETEMENTS REMPLIS DE GRAVIERS ? 30
71. LA RESINE POREUSE PEUT-ELLE ETRE REALISEE AVEC DES MATERIAUX BIOSOURCES ? 30
72. LA RESINE POREUSE PERMET-ELLE DE S'ABSTENIR DE TOUTES REPOUSSES D'« HERBES FOLLES » ? 30
73. QUELLE EST L'EPAISSEUR DE L'APPLICATION DES RESINES POREUSE, BETON ETC. ? 30
74. QUELS SONT LA RESISTANCE ET LE RISQUE DE FISSURATION DES BETONS POREUX ? 30
75. QUELLE EST LA COMPOSITION DU LIT DE POSE ? 30
76. L'UTILISATION DU GRAVIER DOIT-ELLE ETRE OBLIGATOIREMENT ASSOCIEE A UNE DALLE ALVEOLAIRE (PLASTIQUE OU BETON) ? EXISTE-T-IL D'AUTRES SOLUTIONS PLUS ECOLOGIQUES ? 30
77. QUEL MATERIAU UTILISER POUR LE LIT DE POSE DES DALLES ENGAZONNEES ET PAVES ? 30
78. QUEL EST DOIT ETRE L'EPAISSEUR DU MELANGE TERRE/PIERRE ? 30
79. QUELS SONT LES COUTS D'ENTRETIEN DE CES REVETEMENTS PERMEABLES ? 30
80. EN CAS DE PROBLEME D'EXCAVATION DANS LE SOUS-SOL ET D'UN RISQUE DE MOUVEMENT DE TERRAIN, FAUT-IL PROSCRIRE LES REVETEMENTS POREUX DANS CES ZONES ? 31
81. LES REVETEMENTS PERMEABLES APPORTENT-ILS UNE REDUCTION DES DESORDRES DE TYPE RESURGENCE RACINAIRE ? .. 31
82. PEUT-ON CONCILIER ENROBE A BASE DE LIANT VEGETAL ET PERMEABILITE ? 31
83. LE STABILISE EST-IL CONSIDERE COMME MATERIAU PERMEABLE ? 31
84. QUELLE EST LA PERMEABILITE LIMITE DU SOL IN SITU POUR METTRE EN PLACE CES REVETEMENTS ? 31
85. A QUI PEUVENT S'ADRESSER LES PARTICULIERS POUR METTRE EN PLACE UN REVETEMENT PERMEABLE ? 33
86. COMMENT APPREHENDER LES RISQUES DE POLLUTION (FUITE D'ESSENCE, HUILE…) SUR CES REVETEMENTS ? 33
87. QUELLES SONT LES ETUDES PRELIMINAIRES OU LES VERIFICATIONS A PREVOIR POUR L'INSTALLATION DE CES REVETEMENTS ? 33

QUESTIONS GÉNÉRALES 34

88. FAUT-IL TRAITER LES EAUX PLUVIALES AVANT INFILTRATION ? 34
89. LES TECHNIQUES ALTERNATIVES FAVORISENT-ELLES LE DEVELOPPEMENT DES POPULATIONS DE MOUSTIQUES ? 34
90. LES TECHNIQUES ALTERNATIVES GENERENT-ELLES DES NUISANCES ? 35
91. LES TECHNIQUES ALTERNATIVES EXPOSENT-ELLES LES PERSONNES, ET EN PARTICULIER LES ENFANTS, AU RISQUE DE NOYADE ? 35
92. SI LES OUVRAGES SONT MAL REALISES, LA STABILITE DES BATIMENTS PEUT-ELLE ETRE MENACEE ? 35
93. LES TECHNIQUES ALTERNATIVES PEUVENT-ELLES DYSFONCTIONNER LOCALEMENT EN CAS DE FORTES PLUIES ? 35
94. LA FONCTION DE GESTION DES EAUX PLUVIALES DES TECHNIQUES ALTERNATIVES PEUT-ELLE SE DEGRADER FAUTE D'ENTRETIEN ? 36
95. LA DOCTRINE PLUVIALE GRAND EST DISSOCIE LES PLUIES COURANTES DES PLUIES FORTES, QUEL EN EST L'INTERET ? 36
96. EXISTE-T-IL DES VEGETAUX PLUS FAVORABLES A L'EVAPOTRANSPIRATION QUE D'AUTRES ? 36
97. FAUT-IL PREVOIR UN SYSTEME D'ARROSAGE AUTOMATIQUE POUR LES SYSTEMES VEGETALISES ? 37
98. COMMENT AVOIR RECOURS A L'INFILTRATION EN CAS DE SOLS PEU PERMEABLES ET NOTAMMENT ARGILEUX ? 37
99. L'ARBRE DE PLUIE NECESSITE-IL UNE FOSSE OU UN RESERVOIR SPECIFIQUE ? 37
100. EXISTE-IL UN CONTROLE DE RECEPTION DES TRAVAUX ? 37
101. COMMENT REALISER LA LIAISON ENTRE LA LIMITE DES FOSSES D'ARBRES ET LES PAVES ? 37

DOCUMENTS RESSOURCES 38

LA GESTION DURABLE ET INTÉGRÉE DES EAUX PLUVIALES

1. Pourquoi doit-on gérer autrement les eaux pluviales et qu'entend-on par gestion durable et intégrée des eaux pluviales (GDIEP) ?

Etabli au 19ème siècle, le principe consistant à rejeter les eaux pluviales au réseau a aujourd'hui atteint ses limites. Pendant des décennies, les réseaux d'assainissement ont parfaitement assuré les services attendus. Cependant, les évènements exceptionnels de plus en plus fréquents (inondations, débordement des réseaux, etc.) nous prouvent qu'il faut gérer différemment l'eau de pluie. Ce changement est possible en optant pour la gestion durable et intégrée des eaux pluviales. Il existe pour cela un ensemble de solutions, appelées aussi « boîte à outils des techniques alternatives » permettant de gérer la goutte d'eau au plus près d'où elle tombe.

Cette boîte à outils des techniques alternatives regroupe les solutions dites fondées sur la nature et les techniques grises. Les solutions fondées sur la nature sont des ouvrages végétalisés qui participent au grand cycle de l'eau et à l'embellissement de l'espace sans l'imperméabiliser (noue, toiture végétalisée, espaces verts inondables, bassin et mare etc.). Les techniques grises quant à elles, peuvent permettre la minéralisation de l'espace sans l'imperméabiliser (chaussée à structure réservoir, revêtements perméables) et l'infiltration des eaux pluviales via des ouvrages enterrés (puits d'infiltration, tranchée d'infiltration, la cuve de récupération etc.).

La gestion durable et intégrée des eaux pluviales entend insérer la fonction de gestion des eaux dans les espaces urbains et les éléments bâtis à mettre en œuvre. Le but est de profiter de chaque espace, de le rendre multifonctionnel (loisir, mobilité, eau, paysager). Les espaces sont alors conçus et entretenus pour leurs fonctions urbaines initiales. La mise en place de ces solutions est possible en urbanisation nouvelle comme en urbanisation existante.

1.1 Quels sont les grands principes de la GDIEP ?

La gestion durable et intégrée des eaux pluviales s'articule autour de plusieurs principes fondamentaux :

- Gérer l'eau au plus près de son point de chute ;
- Ne pas concentrer et ne pas enterrer l'eau ;
- Ne pas faire ruisseler l'eau (le ruissellement représente 85% de la pollution de la goutte d'eau) ;
- Ne pas imperméabiliser ;
- Stocker puis gérer l'eau via la boîte à outils des techniques alternatives ;
- Donner a minima deux fonctions à un même espace.

Le respect de ces principes fondamentaux permet de restreindre considérablement les ruissellements tout en permettant une mise en scène de l'eau à travers la composition du plan général du projet. Dès lors, il n'est plus question de créer des ouvrages spécialement dédiés à l'eau, mais bel et bien d'exploiter un autre ouvrage, un autre lieu, et lui créer une seconde fonction : la gestion des eaux pluviales.
On parle alors de **plurifonctionnalité des ouvrages. On ne crée pas de dispositif de GDIEP, mais on intègre la gestion des eaux pluviales dans des aménagements déjà programmés.**

Pour plus d'informations, consultez la plaquette de l'ADOPTA : « 5 bonnes raisons de recourir à la gestion durable et intégrée des eaux pluviales »



Figure 1 : Principe de multifonctionnalités des aménagements - ADOPTA

1.2 Quels sont les avantages de la GDIEP par rapport à une gestion « classique » ?

La gestion intégrée et durable des eaux pluviales possède de nombreux avantages, qu'ils soient environnementaux ou économiques.

Environnementaux : l'infiltration des eaux pluviales au plus proche du lieu de précipitation permet de limiter au maximum le ruissellement et donc la charge polluante. Les réseaux sont alors moins saturés, ce qui évite les surverses polluantes dans les cours d'eau. Dans le bassin Rhin-Meuse, l'infiltration des pluies d'une hauteur de 10 mm permet de réduire de plus de 80% le volume annuel envoyé au réseau. Le cycle naturel de l'eau est mieux respecté en favorisant l'infiltration et en assurant ainsi le **rechargement des nappes d'eaux souterraines**.

Les solutions fondées sur la nature offrent à elles seules de nombreux avantages :

- Elles **favorisent la biodiversité** en créant des maillons entre les trames vertes et bleues et en assurant des zones de transit pour la faune ;
- Elles permettent d'**adapter la ville au changement climatique** ;
- Elles contribuent à la **création d'îlots de fraicheur urbain** ;
- Elles assurent une **dépollution naturelle** par décantation, filtration mécanique et par l'action de sa biomasse et des micro-organismes qui peuplent le sol planté et aéré, donc bien vivant.
- Elles **améliorent le cadre de vie** via un urbanisme plus apaisé avec la multiplication du végétal au sein des aménagements (atténuation de la réverbération du bruit par exemple). La qualité de vie des habitants est donc améliorée.



Figure 2 : Exemple d'un aménagement fondé sur la nature : la noue d'infiltration - AERM

Le concept de GDIEP va permettre de créer des ambiances de voiries, des cheminements piétons et des stationnements beaucoup plus qualitatifs. L'eau n'est plus évacuée sous terre mais redevient une composante naturelle du paysage.

Enfin, cette gestion durable et intégrée des eaux pluviales permet de **prévenir les inondations**.

Economiques : l'entretien et le fonctionnement du réseau d'assainissement ont un coût élevé lié aux volumes d'eau qui y transitent et qui y sont traités. L'eau de pluie ne nécessite a priori pas de traitement lourd ; ce sont donc des volumes inutiles à faire passer par ce réseau classique. Par ailleurs, la règlementation -Directives Eaux Résiduaires Urbaines (DERU), et Cadre sur l'Eau (DCE)- impose la collecte et le traitement des évènements pluvieux hors situations inhabituelles et le respect des objectifs de qualité des cours d'eau. Les gestionnaires des systèmes d'assainissement doivent alors mettre en œuvre des programmes de travaux conséquents : bassins d'orage en renforcement de collecteurs et de stations de traitement. Ces solutions curatives sont plus coûteuses que les solutions préventives comme l'a montré l'Agence de l'eau Rhin-Meuse dans le retour d'expérience de Vincey (88) : 40% d'économie d'investissement en favorisant un programme de travaux mixte privilégiant l'approche préventive et un plan d'actions validé par la DDT 88.
Chaque volume d'eau pluviale traité « à la source » est dès lors une économie conséquente. En outre, **aucun espace n'est spécialement dédié à la gestion des eaux pluviales** (multifonctionnalité des ouvrages), ce qui représente une grande plus-value en termes d'emprise foncière. **Les techniques alternatives ne sont pas plus chères que les techniques classiques,** qui représentent 35 à 40€/m² dans le cas courant (lié à l'assainissement classique : canalisation, avaloirs…). A l'échelle d'un projet urbain traditionnel, les économies peuvent représenter de l'ordre de 20% d'économie (source AERM, 2019)

Les volumes d'eau gérés en surface permettent également d'économiser le coût de construction des bassins d'orage classiques (terrassements parfois profonds, dévoiement de réseaux, recherche de foncier dans l'espace urbain...). Rappelons que ces ouvrages dont le coût moyen est de plus de 1000 €/m^3 pour le bassin Rhin-Meuse sont réalisés pour stocker et traiter des pluies fréquentes de l'ordre de 10 à 15 mm.

Enfin, les économies sont importantes également en matière de fonctionnement puisque les ouvrages curatifs, souvent confinés, nécessitent des opérations de maintenance lourdes, une valeur patrimoniale, alors que les ouvrage de stockage et d'infiltration intégrés continuent à être uniquement entretenus pour leur fonction primaire (espace vert, voirie, toiture...).

2. Comment pratiquer la gestion durable et intégrée sans ou avec peu d'espaces verts disponibles ?

Afin d'augmenter le volume de stockage et favoriser l'infiltration des eaux pluviales dans un projet où la surface en espace vert est pauvre, il est possible de mettre en œuvre plusieurs solutions sous voirie, cheminement piéton ou encore piste cyclable. On retrouve parmi ces solutions le puits d'infiltration, la tranchée d'infiltration, les chaussées ou parkings réservoirs, ou encore les Structures Alvéolaires Ultra Légères (SAUL).

Dans le cas où l'on dispose de peu de surface au sol, il peut être étudié la possibilité de gérer l'eau via des toitures végétalisées. De plus, la surface d'apport peut être réduite par l'utilisation d'une gamme désormais abondante de matériaux poreux.

Enfin, un projet de gestion intégrée des eaux pluviales peut intégrer l'inondabilité de certaines zones ou surfaces du projet pour des évènements occasionnels (points bas d'une zone de stationnement par exemple). La gestion en surface présente de nombreux avantages (visibilité, coût) si elle est bien anticipée et acceptée par les usagers.

3. Comment gérer les eaux pluviales sur un terrain en pente ?

Le premier réflexe à prendre en compte lorsque le terrain présente de la pente est de créer des sous bassins-versants les plus petits possibles, afin de réduire au maximum la vitesse de l'eau. Par exemple, si l'on a 200 m de voirie en pente à gérer, on commence à intervenir dès les 10 premiers mètres de linéaire.



Figure 3 : Noue à redans le long d'une voirie – ARNOULD W.

Ainsi, pour s'affranchir au maximum de la pente présente sur le projet et afin de pouvoir maximiser l'infiltration des eaux pluviales sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage, celui-ci devra être accompagné de redans ou bien mis en scène sous forme d'escalier. Ces redans pourront être réalisés, en fonction des résultats esthétique et économique attendus, en béton, en bois, en terre végétale ou en tout autre matériau permettant de retenir les eaux.



Figure 4 : Chaussée à structure réservoir en cascade à Montcornet (08) (©Ingessia) et parking de 20000 m² en structure réservoir cloisonnée, alimentée par des noues d'infiltration à Yutz (©AERM)

LA NOUE D'INFILTRATION

Il ne faut pas confondre noue et fossé : le fossé est plus profond et a une vocation d'évacuation de l'eau alors que la première fonction de la noue est de stocker l'eau, d'en infiltrer la plus grande partie possible et d'évacuer l'éventuel excédent. La noue possède une légère dépression et des pentes douces voire nulles où il est aisé de réaliser un entretien mécanique classique. Elle peut être aussi densément végétalisée.

Une tranchée d'infiltration peut être combinée à la noue dans le cas où l'emprise foncière de l'espace vert est insuffisante pour stocker la totalité du volume d'eau à gérer ou si la perméabilité du sol est insuffisante. Remplie de matériaux poreux, la tranchée d'infiltration permet d'augmenter la capacité de stockage du sol.

L'agence de l'eau Rhin-Meuse privilégie ces techniques dans ses interventions et diffuse des fiches pratiques pour favoriser les essences locales. Des collectivités locales diffusent également des guides (ex. « Strasbourg, ça pousse » / Guide flore) et les filières de végétaux locaux existent (label végétal local).

Les espèces exotiques envahissantes sont à proscrire et il est conseillé de mettre en place des plans de gestion adaptés, comme les mettent en œuvre de plus en plus de collectivités.

Pour plus d'informations sur les noues d'infiltration, retrouvez la fiche technique n°1 de l'ADOPTA.

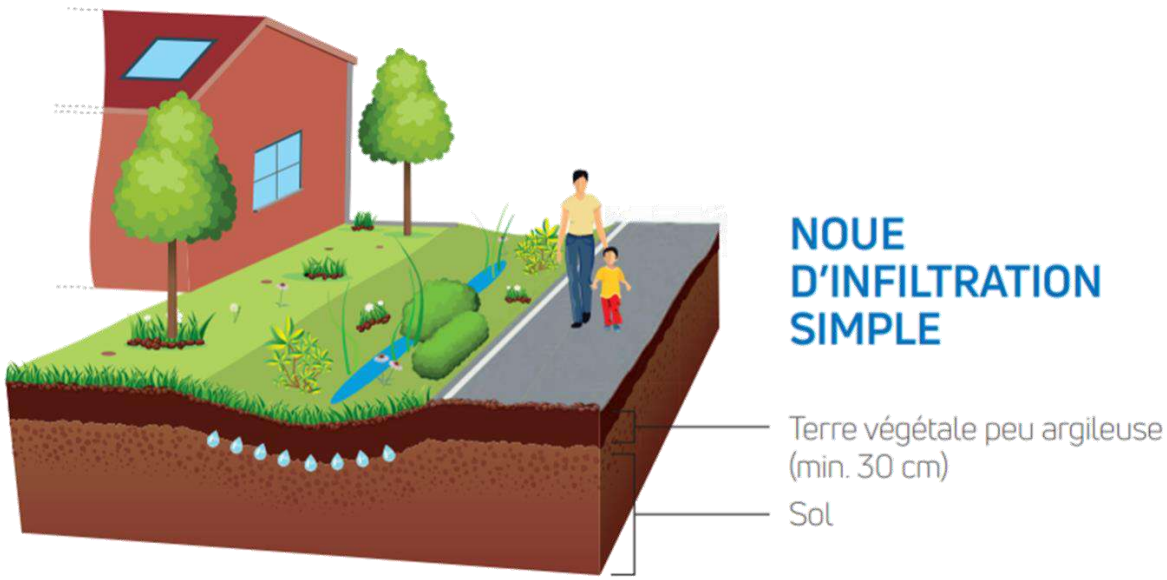


Figure 5 : Schéma d'une noue d'infiltration simple - ADOPTA

4. Existe-il un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux de ruissellement ?

Dans le cas d'une noue, l'eau s'écoule sur une surface végétalisée avant de commencer à s'infiltrer dans le sol. La végétation en surface va ralentir l'écoulement et favoriser le dépôt des particules sur lesquelles les polluants sont fixés. Le sol va également retenir les particules et filtrer l'eau. Les concentrations en polluants, déjà faibles en surface dans le cadre d'une gestion à la source, vont donc diminuer très vite lorsque l'eau va gagner de la profondeur (source GRAIE, Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages). Une alimentation diffuse garantit d'autant mieux le traitement du peu de pollution par rapport à une alimentation ponctuelle.

« Le sol constitue une barrière naturelle qui peut être efficace pour retenir les contaminants présents dans les eaux pluviales. D'une part, il assure la filtration des substances particulaires. D'autre part, pour peu qu'il possède

des caractéristiques appropriées (notamment une teneur suffisante en matières organiques), il favorise la fixation de nombreuses substances dissoutes, dont les métaux et certains micropolluants organiques. Pour les molécules qui ne sont pas retenues par le sol (comme certains pesticides et biocides), le levier d'action le plus efficace reste d'agir à la source et de maîtriser leur usage. » (Guide Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants, OPUR, D. Tedoldi)

Le risque de pollution chronique des sols et des nappes par l'infiltration directe des eaux de ruissellement d'un parking (ou d'une chaussée peu circulée) à travers une noue est quasiment nul, même s'il faut rester vigilant sur les risques potentiels de certains micropolluants encore peu étudiés (source GRAIE).

Comme le précise la doctrine pluviale Grand Est, l'infiltration doit être favorisée. On admet aujourd'hui un « risque acceptable », préférable aux conséquences et risques de la solution « tout tuyau » **:** toutes les eaux pluviales sont « polluées », elles se chargent au fur et à mesure de leur circulation sur les surfaces urbaines. « Néanmoins ce risque ne doit pas être exagéré et mis en relief avec les conséquences d'un rejet dans le milieu superficiel (canalisations, gestion traditionnelle, concentration et augmentation des flux rejetés…) avec un prétraitement dont les limites sont aujourd'hui connues. »

« Certaines contraintes peuvent limiter les possibilités d'infiltration ou nécessiter des adaptations, sans pour autant la rendre impossible » : PPC eau potable, sols pollués avec pollution remobilisable, couches géologiques solubles…

Pour plus d'informations, l'étude TAM (Techniques Alternatives au regard des Micropolluants) étudie les performances qualitatives de techniques alternatives pour la gestion à la source des eaux pluviales dans le cas de noues d'infiltration : https://adopta.fr/projet-tam/

5. Existe-il un risque de pollution accidentelle des sols et des nappes ?

Le risque de pollution accidentelle des sols et des nappes par l'infiltration d'un polluant dangereux provenant d'un accident de la circulation ou de toute autre cause existe, mais sa fréquence est généralement rare pour la plupart des situations. Le risque doit cependant être évalué et ce type de solution ne devra cependant pas être utilisé lorsque l'aléa (par exemple, présence fréquente de camions chargés de matières dangereuses) ou la vulnérabilité (par exemple, nappe phréatique utilisée pour la production d'eau potable) seront trop grands. Le risque est acceptable dans tous les autres cas (source GRAIE). A noter qu'il est tout à fait possible de prévoir, en cas de déversement d'un polluant, de purger le sol et de le reconstituer : la migration de cette pollution étant très lente, identique à la capacité d'infiltration, soit de quelques cm/h, ce qui laisse le temps d'intervenir et de mettre les coûts correspondants à la charge du pollueur.

6. Que faire si la capacité d'infiltration du sol est insuffisante ?

La zone d'apport à gérer par une noue ne doit idéalement pas dépasser 10 fois sa surface (généralement de 5 à 10).

La capacité moyenne d'infiltration du sol support est un paramètre de conception important qui doit être pris en compte par des mesures correctes au droit de l'ouvrage. Le fait que cette capacité d'infiltration soit faible n'est cependant pas rédhibitoire et des noues d'infiltration peuvent sans difficulté être utilisées, même avec des capacités d'infiltration de l'ordre de 10^{-7} m/s, à condition de doter l'ouvrage d'une capacité de stockage suffisante (en surface et dans sa masse) et de gérer le devenir des eaux excédentaires en cas d'insuffisance (source GRAIE).

Une noue peut être par exemple couplée à une tranchée d'infiltration. Dans le cas d'une zone d'apport de 10 et une perméabilité de 10^{-7} m/s, la noue peut infiltrer en 24h une pluie de 9 mm.

7. Existe-il un risque de colmatage des ouvrages d'infiltration ?

Ce risque doit être pris en compte dès la conception. Les règles suivantes sont le plus souvent efficaces :

- L'alimentation diffuse plutôt que ponctuelle réduit très fortement ce risque, voire le supprime ;
- Végétaliser l'ouvrage : le développement des racines permet de maintenir une bonne perméabilité ;
- Prendre des mesures pour éviter le piétinement ou le passage de véhicules sur l'ouvrage (la végétalisation constitue là aussi une bonne solution) ;
- Limiter le rapport surface contributive / surface d'infiltration à une valeur aussi faible que possible (inférieure à 10) ;
- Si le risque est vraiment très important, prévoir éventuellement des ouvrages annexes permettant d'introduire directement l'eau dans la masse de l'ouvrage (tranchée d'infiltration par exemple) ;
- Nettoyer régulièrement l'ouvrage (ramassage des accumulations de feuilles et autres déchets).

Source GRAIE, Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages.

8. Est-il dangereux d'installer une noue d'infiltration à côté d'un immeuble ?

Les risques d'infiltration d'eau dans les immeubles ne peuvent bien sûr pas être tout à fait éliminés mais ils doivent être relativisés. La présence d'eau en quantité suffisamment importante pour poser de réelles difficultés n'est possible que si trois conditions sont remplies :

- Un sol peu perméable en profondeur ou une nappe phréatique proche de la surface ;
- Une surface drainée par la noue supérieure à sa capacité d'absorption ;
- Une noue située à proximité immédiate de l'immeuble comportant un sous-sol ou une cave et reprenant un impluvium important (source GRAIE).

Il est donc possible de se protéger facilement contre ces risques en respectant deux règles simples lorsque la première condition que l'on ne maîtrise pas (sol peu perméable en profondeur ou nappe phréatique proche de la surface) est remplie :

- Ne pas installer de noues à moins de trois mètres de la paroi du bâtiment le plus proche (source GRAIE) ;
- Limiter l'impluvium à gérer par la noue (inférieur à 5) : ne pas concentrer l'eau.

Toutefois, une attention particulière est à apporter aux branchements concessionnaires qui peuvent être un passage préférentiel d'eau (poser un morceau de géomembrane ou matériau fermé).

9. Le coût de l'emprise foncière nécessaire est-il élevé ?

La solution consiste à utiliser, pour infiltrer les eaux de pluie, des espaces urbains qui sont prévus pour d'autres fonctions (espaces verts en particulier). **On parle de multifonctionnalités des ouvrages.** Une noue est considérée comme un espace vert à laquelle on ajoute la fonction de gestion des eaux pluviales. Dans ce cas, les noues s'avèrent généralement beaucoup plus économiques que les réseaux traditionnels. Si aucun espace initialement prévu n'est adapté à cette fonction d'infiltration, il faut alors choisir une autre technique, par exemple l'utilisation de revêtements poreux (source GRAIE). Le surcoût dû à l'emprise foncière des ouvrages n'existe que si les ouvrages de gestion des eaux pluviales n'ont que cette seule vocation.

10. L'entretien et le nettoyage des noues sont-ils difficiles à gérer ?

Non, car il s'agit d'un espace vert et il s'entretient comme tel. L'ouvrage doit donc être conçu et exploité comme tel et il n'y a pas plus de risque d'oubli ou de dysfonctionnement que pour n'importe quel autre espace vert. Seuls les ouvrages hydrauliques nécessitent un entretien particulier par le service assainissement (ajutage, exutoire, grille, trop-plein…).

Une noue plantée nécessitera 2 à 3 interventions par an contrairement à une pelouse qui va être entretenue 15 à 20 fois par an.



Figure 6 : Noue d'infiltration, Nancy (54) - AERM

11. Quel est le comportement des noues vis-à-vis du salage des routes ?

Les produits utilisés pour déneiger les sols ou traiter la végétation sont certes potentiellement dangereux pour les milieux naturels et leur usage devrait être réduit autant que possible. Cependant, le fait d'infiltrer les eaux dans le sol par une noue n'aggrave en général absolument pas la situation par rapport aux techniques classiques. Il n'y a donc aucune obligation spécifique de changer les pratiques de gestion (source GRAIE).

Autant que possible, la première action doit viser à utiliser la bonne dose d'apport, souvent trop importante.

12. Quelles sont les espèces végétales à favoriser pour la plantation des noues ?

Il est important de veiller à la bonne sélection des espèces végétales utilisées et à l'entretien qu'il faut leur apporter (certains végétaux nécessitent beaucoup plus d'entretien que d'autres). Contrairement aux idées reçues, il n'est pas conseillé de planter des espèces qui aiment l'eau car la noue ne sera en eau que de manière temporaire.

Plus un espace sera dense et diversifié en termes d'espèces végétales, meilleure en sera la biodiversité. La perméabilité du sol en sera également améliorée (système racinaire plus développé). Des arbres peuvent tout à fait être plantés dans les noues.

Dans le cas où la noue est couplée à une tranchée d'infiltration, il est important de veiller à ce que les racines des espèces végétales ne soient pas perforantes pour la tranchée.

Enfin, l'agence de l'eau Rhin-Meuse diffuse des fiches pratiques pour favoriser les essences locales. Des collectivités locales comme Strasbourg diffusent également des guides adaptés (Strasbourg, ça pousse/Guide flore).

Les espèces exotiques envahissantes sont à proscrire et il est conseillé de mettre en place des plans de gestion adaptés, comme les mettent en œuvre de plus en plus de collectivités.

13. Dans quel cas doit-on prévoir une tranchée d'infiltration sous la noue ?

La première fonction de la noue est de stocker l'eau de pluie donc il faut vérifier à ce qu'elle ait en partie superficielle un volume suffisant pour faire face à la pluviométrie. Si on n'a pas cette capacité, notamment en milieu urbain dense, il peut être intéressant d'avoir une tranchée d'infiltration (indice de vide de l'ordre de 40% qui permet de stocker l'eau supplémentaire). L'alimentation de la noue avec tranchée d'infiltration peut se faire de deux façons différentes : soit directement dans la tranchée d'infiltration par les descentes d'eaux pluviales de toitures (c'est la mise en charge de la tranchée qui fait en sorte que la noue se mette ensuite en charge) ou bien directement par le dessus. Le besoin d'une tranchée d'infiltration dépend également de la disponibilité d'un exutoire superficiel comme trop-plein, les deux pouvant d'ailleurs être complémentaires.

14. Quelles sont les précautions à prendre en phase travaux (tassement, préservation des sols…) ?

Il faut éviter de compacter la noue et son sous-sol. Les espaces de nature ne devraient pas être réalisés en dernier dans le chantier, on devrait commencer par eux. Le chantier a tendance à tout abîmer (tassement par les pneus voire imperméabilisation par les déchets des bétonnières…) avec remise du végétal par-dessus. La réception officielle de cet ouvrage ne doit être réalisée qu'une fois celui-ci vraiment fonctionnel.

15. Est-il nécessaire d'enlever les feuilles mortes lors de l'entretien des noues ?

Ce n'est pas tant de ramasser les feuilles mortes qui est nécessaire, mais plutôt de les retirer là où elles vont s'agglomérer. Leur agglomération peut risquer d'asphyxier et de faire mourir la végétation en dessous. Cette agglomération se fait surtout là où on a de la pelouse, pas tant sur les espaces végétalisés et diversifiés. Les feuilles permettent de nourrir la faune du sol et donc d'améliorer indirectement la perméabilité du sol.

16. Existe-t-il des contextes urbains où il ne faut pas implanter de noues (proximité de fondations…) ?

Non. A titre de comparaison, il existe bien des pelouses contre les fondations ! On ne se pose pas de question par rapport à une pelouse, un jardin… Il faut juste faire attention au contexte. Par exemple, si la noue reprend un impluvium qui est 20 fois sa surface, on aura un apport d'eau trop conséquent. Généralement une noue gère un impluvium de l'ordre de 5 à 10 fois maximum sa surface, donc il n'y a aucun problème sous ces ratios-là.

17. Quelle conception prendre en compte pour éviter que les noues ressemblent à un caniveau béton ?

Le premier objectif est de stocker l'eau, donc il faut qu'une noue soit plane. Même si on a un terrain en pente, on réalisera des noues planes étagées sous la forme d'un escalier (possibilité d'avoir également un trop-plein ou alors de créer des ajutages, sorte de mini barrages).

18. Peut-on mettre en place des noues sur des territoires concernés par des problématiques de remontées de nappes ?

Au-delà de la problématique de la pollution, la capacité de stockage ne doit pas être réduite par les remontées de nappes, elle doit être mobilisable tout le temps. Elle doit être au-dessus du niveau des plus hautes eaux. Généralement s'il y a des remontées, ce ne sont pas des nappes exploitées pour l'eau potable. Les problématiques de risques de pollution ne sont donc pas les mêmes. Il faut donc avoir une hauteur entre le toit de la nappe et la capacité de stockage de l'ordre de quelques dizaines de cm pour avoir une migration de l'eau vers la nappe. En l'absence d'urbanisation, il pleut sur des terrains où il y a des remontées de nappes.

L'alternative consistant à poser un réseau pluvial est généralement plus impactante -concentration- ou difficile à mettre en œuvre -pose dans la nappe vers un exutoire sous le niveau PHE …- donc ici encore le risque doit être relativisé.

Enfin, la construction de zones nouvelles en terrain inondable est en principe rendue impossible par les documents d'urbanisme.

19. Peut-on développer des noues d'infiltration dans des zones où sont présentes des excavations (anciennes caves par ex) ?

C'est une question d'intensité d'infiltration. Ce qui pose problème c'est l'infiltration massive. Dès lors que l'on infiltre une quantité d'eau diffuse, le problème est tout à fait différent. Il existe bien des espaces verts au-dessus de zones excavées qui infiltrent l'eau qui y tombe.

Si l'on a un impluvium de 2, on infiltre deux fois la pluviométrie d'un même espace (quantité proche de la variabilité de la pluviométrie annuelle). Dans ces zones contraintes, il ne faut surtout pas concentrer le volume d'eau à gérer mais utiliser le maximum d'espace pour l'infiltration.

20. Quelle solution quand l'emprise disponible pour la noue n'est pas suffisante pour gérer la pluie projet ?

Il est possible, par exemple, de mettre en place sous voirie une structure réservoir directement alimentée par la noue. Dans ce cas, la noue alimente par surverse la structure réservoir une fois que les pluies courantes sont infiltrées. Cette surverse dans la structure réservoir peut se faire au niveau de grilles d'injection.



Figure 7 : Noue connectée par surverse à la structure réservoir de la voirie - AERM

LA TOITURE VÉGÉTALISÉE

Document de référence à consulter : dernière édition des règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées, téléchargeable sur le site internet de l'ADIVET.

Pour plus d'informations sur la toiture végétalisée, retrouvez la fiche technique n°3 de l'ADOPTA

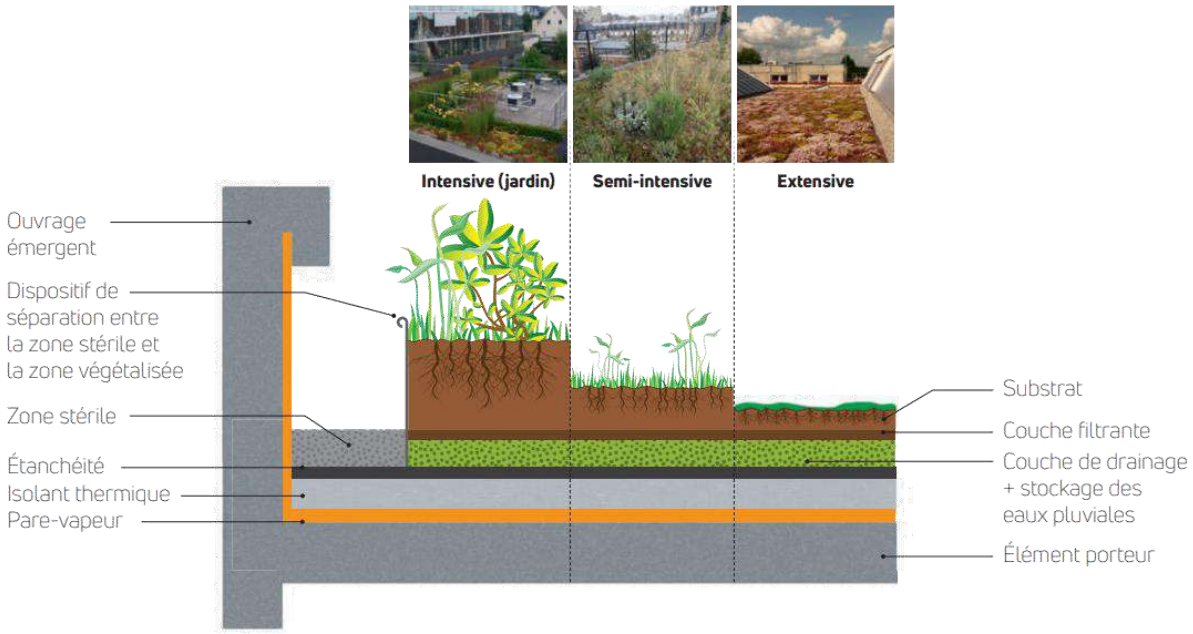


Figure 8 : Schéma des trois types de toitures végétalisées - ADOPTA

21. L'entretien de l'étanchéité est-il difficile et y a-t-il des risques d'infiltration d'eau ?

Les DTU (Document Technique Unifié) prescrivent des règles précises et fiables à suivre pour assurer l'étanchéité des toitures terrasses stockantes. Si ces règles sont suivies, les risques de défauts d'étanchéité sont parfaitement contrôlés (source GRAIE). Le premier risque de perte d'étanchéité d'une toiture terrasse est lié aux chocs thermiques. Ceux-ci sont supprimés par la végétation qui les absorbe. Mais comme pour tout procédé, une bonne réalisation initiale est indispensable.

22. Existe-il des régulateurs efficaces et fiables permettant d'évacuer l'eau avec un débit suffisamment faible ?

Il existe des régulateurs efficaces même pour de tout petits débits et présentant peu de risques de bouchage. Il est également possible d'évacuer l'eau uniquement par évaporation et évapotranspiration (en conservant cependant un trop-plein de sécurité) ; dans ce cas, aucun régulateur n'est nécessaire. On trouve par exemple des régulateurs capables de limiter le débit à des valeurs de l'ordre de 0,1 L/s (source GRAIE). Il est important de prévoir un ouvrage d'infiltration en pied de bâtiment ou autre dispositif de gestion à la parcelle.

Néanmoins, la priorité aujourd'hui doit être donnée à l'abattement volumique (tranche d'eau retenue et évapotranspirée) dans les projets avant la multiplication des systèmes de régulation dont l'efficacité globale est limitée. Ainsi, ce dispositif peut avantageusement surverser vers une noue en pied de bâtiment.



Figure 9 : Toiture végétalisée sur le campus ARTEM à Nancy (54) - AERM

23. Le surcoût en termes de génie civil est-il important ?

La mise en œuvre d'une toiture végétalisée dans un bâtiment neuf aura des conséquences limitées sur le coût de construction, même s'il sera en général nécessaire de renforcer la dalle de toiture et de prendre en compte les descentes de charge supplémentaires. Elle pourra même être plus économique que les autres solutions possibles. En revanche, les surcharges potentiellement importantes que ce type de solution impose peuvent limiter les choix possibles (par exemple interdire une toiture végétalisée intensive) sur des bâtiments existants (source GRAIE).

24. Le stockage de l'eau sur la toiture peut-il générer des nuisances ?

Dans le cas d'une toiture végétalisée, l'eau se stocke dans le substrat et dans la couche de drainage/stockage présente sous le substrat dont l'accessibilité aux insectes est très limitée. Il n'y a donc pas de mare en surface et pas non plus de possibilité de développement de larves de moustiques.

25. L'entretien de la végétation est-il difficile ?

L'aspect d'une toiture végétalisée peut être très différent selon les choix effectués (toiture extensive différente d'une toiture intensive). Elle peut prendre l'aspect que l'on veut bien lui donner en fonction des espèces que l'on plante et de l'entretien qu'on lui accorde. Ce peut être une pelouse toujours verte, une lande peuplée de plantes arbustives ne craignant pas la sécheresse ni le gel ou un jardin qui refleurit tous les printemps.

Le choix des espèces végétales ainsi que celui des conditions de plantation et d'entretien doivent être faits en fonction de différents critères : paysage désiré, facilité de l'accès, statut de la terrasse (accessible au public ou non), compétences du personnel assurant l'entretien et moyens accordés (source GRAIE).

Des zones de circulation pour accéder à la toiture et son entretien doivent être présentes.

26. Comment assurer la survie de la végétation en cas de sécheresse prolongée ?

Une végétalisation de type extensive est faite pour résister à la sécheresse. En revanche, pour les toitures à végétalisation intensive et semi-intensive, la gestion des périodes de sécheresse doit être prévue dès la conception du projet (conservation de l'eau, choix d'espèces résistantes). Un arrosage d'appoint peut également être prévu, comme pour n'importe quel autre espace végétalisé. A ces conditions, la pérennité de la végétation peut parfaitement être assurée (source GRAIE).

27. Les toitures végétalisées répondent-elles à la problématique d'îlots de chaleur urbains ?

La toiture végétalisée n'est pas le meilleur élément de lutte contre les îlots de chaleur urbain même s'il y a une part importante d'évapotranspiration. En effet, les îlots de chaleur urbains se trouvent au sol, là où circulent les habitants. Toutefois, il existe un effet thermique bénéfique pour le bâtiment.

28. Les toitures végétalisées répondent-elles à la problématique d'infiltration ?

L'intérêt de la toiture végétalisée va être de tamponner les eaux. On observe en été un abattement de 80 à 85% des volumes d'eau précipités qui sont retenus et évapotranspirés. Le reliquat d'eau à gérer et à infiltrer en pied de bâtiment est donc faible, d'autant plus si une régulation de sortie est mise en place.

En hiver, on observe 10 à 15% d'abattement mais on fait face à des intensités plus faibles. L'eau arrive à l'exutoire avec un décalage dans le temps de l'ordre de 5h sur toiture plate.

LA CHAUSSÉE À STRUCTURE RÉSERVOIR

Les chaussées à structure réservoir sont souvent perçues comme des ouvrages hydrauliques, mais elles ne le sont pas : ce sont des voiries qui assurent leur fonction première mécanique auxquelles on ajoute la fonction de stockage temporaire avec ou sans infiltration de l'eau pluviale. On distingue les chaussées à structure réservoir **avec enrobé poreux** laissant percoler l'eau au travers de la couche de roulement, des chaussées réservoir avec **enrobé classique** qui sont alimentées par des ouvrages de prétraitement comme la bouche d'injection. Sauf exception, le dimensionnement mécanique l'emporte toujours sur le dimensionnement hydraulique.

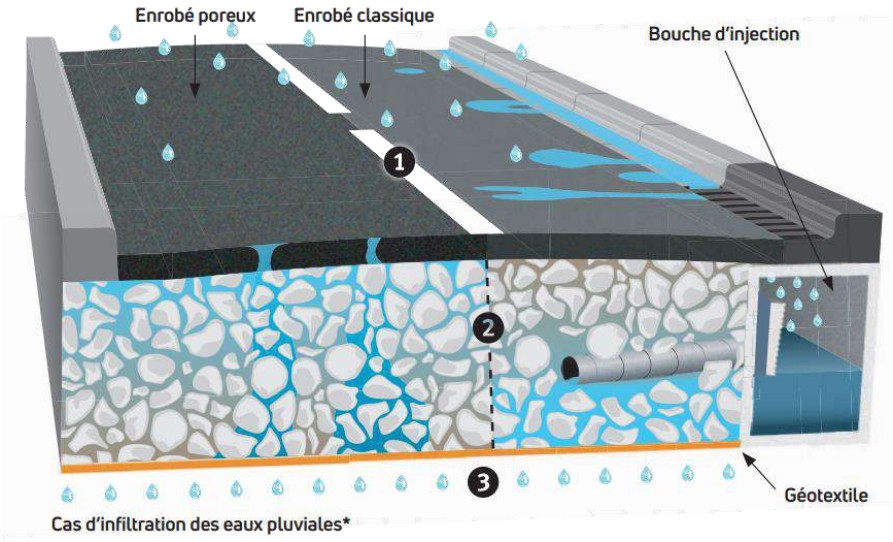


Figure 10 : Schéma d'une chaussée à structure réservoir avec enrobé poreux (à gauche) et enrobé classique (à droite) dans le cas d'infiltration des eaux pluviales – ADOPTA

Pour plus d'informations sur les chaussées à structure réservoir, retrouvez la fiche technique n°4 de l'ADOPTA.

NOTA : ne pas confondre enrobés « poreux » et « drainants ».

29. Existe-il un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux qui s'infiltrent à travers le revêtement ?

Le sol est en lui-même une solution de traitement.

Dans le cas d'une chaussée à structure réservoir avec enrobé poreux, chaque goutte d'eau s'infiltre immédiatement là où elle atteint la surface et se filtre lors de son transfert à travers le matériau puis à travers le sol. C'est donc le risque de pollution de ce type de rejet dont il faut tenir compte (source GRAIE).

Le risque de pollution chronique des sols et des nappes par l'infiltration directe des eaux de ruissellement d'un parking ou d'une voirie secondaire à travers un revêtement poreux associé à une chaussée à structure réservoir **est quasiment nul**. En effet, d'une part l'eau de pluie ne ruisselle pas sur le revêtement et ne se charge donc pas en polluant (80% de la pollution classique des eaux pluviales est due au ruissellement) et d'autre part les eaux se filtrent rapidement lors de leur transfert à travers les matériaux et un sol limoneux ou de perméabilité inférieure à 10^{-4} m/s (source GRAIE).

De plus, si des hydrocarbures sont présents dans une chaussée à structure réservoir, ceux-ci se dégradent par le phénomène de culture fixée sur le lit de cailloux. La biologie se met en place ainsi qu'une dégradation naturelle par oxydation des hydrocarbures dans la structure et via le pouvoir épurateur du sol (Etude C.J. Pratt, A.P. Newman, P.C. Bond).

A titre de comparaison, la pollution par les eaux pluviales, lors d'une gestion « tout tuyau », entraine un rejet immédiat (en quelques heures) et donc un choc de pollution massif dans le milieu récepteur. A l'inverse, dans le cas d'une gestion par infiltration dans le sol, la migration de l'eau et de la pollution éventuelle est lente (de l'ordre de quelques mm/h ou cm/h) et l'on a un effet « temps » très important par rapport au choc de la pollution réseau. La notion de temps permet ainsi de bénéficier d'une dépollution par le biais du sol.

Les eaux pluviales qui s'infiltrent dans le sol amènent certes des contaminants, mais à **des teneurs faibles, qui ne caractérisent pas un sol pollué**. Il peut éventuellement y avoir contamination localisée qui sera facilement circonscrite si besoin. Par rapport à la nappe, **il n'y a pas d'impact significatif**, les cas de dépassements des seuils de qualité des eaux souterraines sont rares et concernent des substances en déclin dans les eaux de ruissellement car elles sont liées à des substances désormais interdites. **Généralement, les eaux de ruissellement présentent déjà une qualité compatible avec la norme de qualité des eaux souterraines** (source OPUR, Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants, D. Tedoldi). Comme indiqué par différents travaux de recherche sur le rôle du sol, « les processus physiques, chimiques et biologiques qui s'y déroulent en font un filtre efficace vis-à-vis d'un spectre assez large de métaux et molécules organiques, contribuant ainsi à préserver les nappes phréatiques – et bien sûr les masses d'eau superficielles vers lesquelles on ne renvoie plus ces contaminants. »

Par ailleurs, « le sol constitue une barrière naturelle qui peut être efficace pour retenir les contaminants présents dans les eaux pluviales. D'une part, il assure la filtration des substances particulaires. D'autre part, pour peu qu'il possède des caractéristiques appropriées (notamment une teneur suffisante en matières organiques), il favorise la fixation de nombreuses substances dissoutes, dont les métaux et certains micropolluants organiques. Pour les molécules qui ne sont pas retenues par le sol (comme certains pesticides et biocides), le levier d'action le plus efficace reste d'agir à la source et de maîtriser leur usage. » (source OPUR, Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants, D. Tedoldi).

Enfin, « l'étude des eaux souterraines en aval de différents bassins d'infiltration n'a pas mis en évidence d'impact significatif. L'observation la plus courante est un effet de dilution après un événement pluvieux. Généralement, aucune augmentation des concentrations en métaux et HAP n'est visible dans la nappe, confirmant leur bonne rétention par le sol superficiel. »

Pour plus d'informations, le projet Matriochkas étudie l'efficacité de rétention des micropolluants par des techniques alternatives, centralisées et diffuses. Le programme de recherche MicroMegas quant à lui, a comparé l'efficacité de systèmes à la source et centralisés sur la réduction des micropolluants dans les rejets urbains par temps de pluie. Roulépur s'intéresse à la performance de plusieurs dispositifs de gestion à la source des eaux de ruissellement de voiries et parkings urbains sur la maîtrise des flux de micropolluants

Enfin, l'étude TAM (Techniques Alternatives au regard des Micropolluants) étudie les performances qualitatives de techniques alternatives pour la gestion à la source des eaux pluviales dans le cas de chaussée à structure réservoir avec enrobé poreux : https://adopta.fr/projet-tam/

En cas de périmètre de captage AEP, c'est l'avis de l'hydrogéologue agréé et le règlement s'appliquant au périmètre concerné qui feront foi, mais il est conseillé d'engager un échange avec les services pour étudier les solutions techniques envisageables. Des solutions adaptées au cas par cas existent selon les situations.

30. Que se passe-t-il en cas de déversement accidentel dans la structure réservoir avec enrobé poreux et infiltration ?

Le risque évoqué ici est celui d'un apport massif et accidentel d'un polluant dangereux sur l'ouvrage (source GRAIE).

Le risque de pollution accidentelle des sols et des nappes par l'infiltration d'un polluant dangereux provenant d'un accident de la circulation ou de toute autre cause existe, mais sa fréquence est généralement rare pour la plupart des situations. Le risque doit cependant être évalué et ce type de solution ne devra pas être utilisé lorsque

l'aléa (par exemple, présence fréquente de camions chargés de matières dangereuses) ou la vulnérabilité (par exemple, nappe phréatique utilisée pour la production d'eau potable) seront trop grands. Le risque est acceptable dans tous les autres cas (source GRAIE).

En effet, l'efficacité de traitement dépend des caractéristiques des eaux en entrée et notamment de la concentration en polluants. Plus l'eau est polluée plus les dispositifs sont efficaces, mais **pour une concentration faible, le fonctionnement est quasiment transparent**. Typiquement, les séparateurs à hydrocarbures de classe A sont conçus pour garantir une concentration résiduelle en hydrocarbures inférieure à 5 mg/L en sortie, mais les concentrations en hydrocarbures dans les eaux pluviales y compris en milieu routier sont très fréquemment inférieures à cette valeur, donc ce système n'est pas efficace pour traiter la pollution chronique.
Les dispositifs de traitement ne sont à étudier que pour les cas où une pollution particulière des eaux justifie le besoin de traiter. Les solutions de dépollution intensives à l'amont (décanteurs, séparateurs à hydrocarbures…) ne doivent donc être envisagées qu'en cas de concentration importante des eaux en entrée et ne concernent principalement que la fraction particulaire. Ces solutions ne doivent pas être généralisées et limitées à des risques particuliers : aires de lavage, autoroutes, aéroports, risques industriels particuliers… (Cf doctrine pluviale Grand Est ou DRIEE) et sous condition d'un entretien suivi. (cf. Thèse D.Tedoldi et/ou la Doctrine Pluviale Grand Est).

Les enrobés poreux sont mis en œuvre dans des axes peu circulés (vitesse généralement inférieure à 50 km/h), comme les lotissements ou les parkings, c'est-à-dire là où les risques d'accidents et les trafics lourds de matières dangereuses sont faibles. A contrario, sur un site industriel par exemple, si une partie du périmètre présente un risque, des précautions doivent être prises (surfaces étanches, vannes d'isolement, gestion des eaux d'extinction d'incendie) mais la partie non liée à ce risque peut être traitée de manière classique en accord avec les services de l'Etat : autres bâtiments, parkings et accès personnels.

Dans le cas d'une chaussée réservoir avec revêtement classique, les « bouches d'injection » permettent par exemple un premier stockage de la pollution accidentelle. Le système de filtre en nid d'abeille permet de retenir l'essentiel des polluants (particulaires et adsorbables). Ce filtre va alors se colmater rapidement, permettant ainsi d'avoir un colmatage à la source en cas de pollution accidentelle.

Pour plus d'informations, vous pouvez consulter :

- *Le guide opérationnel sur l'infiltration des eaux pluviales et le devenir des contaminants dans le sol (D. Tedoldi, OPUR) ;*
- *La Doctrine Pluviale Grand Est.*

Dans le cas où l'infiltration n'est pas envisagée, la chaussée à structure réservoir peut servir de bassin tampon avec membrane étanche dessous, enrobé poreux ou non. Le débit de vidange peut faire l'objet d'un traitement approprié avant infiltration.

31. Existe-il un risque d'endommagement des ouvrages lié aux cycles gel-dégel associé à la présence d'eau ?

En premier lieu, il faut rappeler que s'il gèle, c'est qu'il ne pleut pas. Le temps de vidange des structures réservoir est de 1 à 2 jours le plus souvent, donc vides lorsqu'il gèle en profondeur.

L'eau traverse très rapidement la couche de surface qui assure la résistance mécanique de la chaussée et vient se stocker provisoirement dans la couche dite « de base » de la voirie. En profondeur, même immédiatement après une pluie, il n'y a aucun risque de déstructuration de la chaussée, l'espace libre étant largement suffisant pour supporter l'expansion de l'eau qui pourrait geler (matériaux insensibles à la présence de l'eau). En réalité les revêtements à fort taux de vide constituent plutôt un très net avantage dans ce type de situation, comme le montre leur utilisation dans les pays à climat froid (premier revêtement poreux apparu en Suède) - source GRAIE.

A l'inverse, une chaussée classique ne présente pas de vide et favorisera la gelée en profondeur, donc un risque avéré de déstructuration de la chaussée. Les éléments gonflants sont les argiles, or dans une chaussée à structure réservoir ils sont absents, la granulométrie des matériaux débutant à 20 mm.

Il faut noter que les tests de résistance aux cycles gel-dégel sont actuellement inappropriés car effectués à saturation, ce qui n'est jamais le cas ici.

Le phénomène de gelée blanche sur les enrobés poreux arrive un peu plus tôt que sur les enrobés classiques car le sol en place n'arrive pas jusqu'à l'enrobé (partie aérée en dessous). On a donc un rafraichissement de la structure sous-jacente un peu plus rapide et une arrivée de la gelée blanche 0,5°C plus tôt. L'enrobé poreux est plus ouvert, donc moins glissant qu'un enrobé classique en cas de gelée blanche et de verglas.

Non seulement le risque d'endommagement lié aux cycles gel-dégel associé à la présence d'eau dans l'ouvrage est nul, mais les revêtements de ce type résistent mieux aux cycles gel-dégel que les revêtements traditionnels (source GRAIE)**.**

32. Les enrobés poreux étant moins verglaçants, permettent-ils des économies sur le salage des routes ?

Il ne faut pas utiliser de saumures sur les enrobés poreux mais les sabler pour préserver les nappes. Il faudra ensuite aspirer le sable. Aujourd'hui, les doses de sel utilisées dans les saumures sont souvent 10 fois supérieures au besoin. A noter que les voiries d'une commune ne sont pas toujours toutes salées.

33. Comment faire lorsque la capacité d'infiltration du sol support est insuffisante ?

La capacité moyenne d'infiltration du sol support est un paramètre de conception important qui doit être pris en compte par des mesures correctes au droit de l'ouvrage. Le fait que cette capacité d'infiltration peut être faible n'est cependant généralement pas rédhibitoire, et des chaussées à structure réservoir avec infiltration dans le sol peuvent être utilisées même avec des capacités d'infiltration de 10^{-7} m/s (soit quand même 8,6 mm par jour !), à condition de doter l'ouvrage d'une capacité de stockage suffisante et de gérer le devenir des eaux excédentaires en cas d'insuffisance (source GRAIE). Cette gestion peut se faire via un trop-plein de sécurité. De plus, comme le dimensionnement mécanique prévaut sur le dimensionnement hydraulique, celui-ci est souvent supérieur au besoin hydraulique.

34. Quelle est la hauteur conseillée de l'enrobé poreux pour permettre la circulation de l'eau par rapport à une voirie classique ?

Cela va dépendre du type de trafic, mais les épaisseurs seront du même type que pour une voirie classique, soit 4 à 6 cm. L'enrobé poreux a une pérennité au moins égale à celle des enrobés classiques (voir par exemple le retour d'expérience de la Ville de Douai ou de réalisations en Suède).

35. Existe-il un risque de colmatage de la couche de roulement dans le cas d'un enrobé poreux ?

Les perméabilités initiales des revêtements poreux sont plusieurs milliers de fois supérieures à celles nécessaires pour infiltrer les pluies les plus intenses. Même si le colmatage progressif des revêtements poreux est une réalité nécessairement associée à l'efficacité de dépollution de ces ouvrages, ce phénomène pose donc rarement de réels problèmes. De plus, il peut être contrôlé par un entretien régulier et des interventions spécifiques en cas de nécessité (véhicules nettoyeurs à haute pression) – source GRAIE. Même colmaté à 90%, il permet encore l'infiltration de 2 mm/s.

36. Comment entretenir un enrobé poreux ?

Un enrobé poreux qui vient d'être posé à une perméabilité de 2 cm/s, ce qui est important (soit 20 mm d'eau par seconde ou encore 72 m d'eau en une heure !). Dans ce contexte, l'eau s'infiltre directement. Avec le temps

et les conditions extérieures, cet enrobé va se colmater et nécessiter un entretien pour qu'il puisse fonctionner dans le temps (comme n'importe quel ouvrage). On distingue 3 niveaux d'entretien :

- **L'entretien préventif :** balayage classique comme une voirie classique avec le même matériel, sauf qu'il est conseiller de retirer les brosses sur la balayeuse. Cette opération consiste à un envoi d'eau et à une aspiration derrière pour ne pas colmater davantage l'enrobé poreux. La fréquence de l'entretien préventif est le même que pour une voirie classique soit une à deux fois par an.

- **L'entretien précuratif :** décolmatage à l'aide d'une machine qui envoie de l'eau à très forte pression pour mettre les particules en suspension. Le "jus" est ensuite aspiré. On ne peut pas revenir à une perméabilité initiale de 2 cm/s mais on reste sur des perméabilités tout à fait correctes. La fréquence de cet entretien précuratif dépendra de l'environnement dans lequel la structure a été réalisée, mais dans des conditions normales d'utilisation, celui-ci aura lieu tous les 15 à 20 ans.

- **L'entretien curatif :** si pour une quelconque raison l'enrobé poreux est totalement colmaté (travaux de béton par ex), on va venir arracher la couche colmatée pour remettre une couche d'enrobé poreux. Si ça ne concerne que quelques m², on attendra un chantier à proximité pour venir remplacer ces quelques m² d'enrobé poreux.

Après 25 ans d'âge, un retour d'expérience de la Ville de Douai (59) montre qu'un enrobé poreux est bien moins dégradé qu'un enrobé classique qui ne vieillira pas forcément bien.

37. Que devient le « jus » issu du décolmatage de l'enrobé poreux ?

Il est envoyé en station d'épuration et est traité via une unité de traitement des sables. La pollution qui a été recueillie dans les enrobés poreux est celle qui n'a pas été recueillie dans un réseau d'assainissement classique.

38. Quel est le niveau de perméabilité critique à partir duquel il convient d'intervenir ?

A titre d'exemple, des opérations de décolmatage ont été réalisées par confort et sécurité sur le Douaisis (59). La perméabilité avant décolmatage était de 0,1 cm/s soit 1 mm/s. La perméabilité retrouvée après décolmatage a été mesurée à 0,9 cm/s en moyenne soit 32 m d'eau à l'heure, soit une perméabilité très largement suffisante. L'entretien dépendra du contexte et des situations rencontrées (chantier ayant colmaté l'enrobé poreux par exemple).

39. Quel est le coût d'un décolmatage ?

Le coût forfaitaire d'amenée sur site la machine à décolmater étant assez élevé, il y a tout intérêt à cumuler les surfaces à décolmater en une seule fois.

Les coûts sont de l'ordre de 2€ du m², pour une opération de décolmatage sur des surfaces dépassant 10 000 m².

40. Quelle est la perte de perméabilité de la structure réservoir dans le temps ?

Elle est de 0 car la zone d'apport est équivalente à la surface de voirie gérée, c'est-à-dire que l'on a un impluvium de 1, voire de 1,5 si reprise des trottoirs. La surface reçoit sa quantité d'eau comme dans le milieu naturel. La perméabilité reste identique car les éléments colmatant (MES, matières en suspension) sont arrêtés par l'enrobé poreux et la partie organique dissoute va se dégrader dans la structure réservoir (développement d'une culture fixée sur lit de cailloux).

41. Quelle différence existe-t-il entre un enrobé poreux et un enrobé drainant ?

La formulation d'un enrobé poreux et d'un enrobé drainant est la même. La différence fondamentale réside dans la mise en œuvre car le support ne sera pas le même. Un enrobé poreux sera posé sur une structure elle aussi

poreuse, ce qui n'est pas le cas pour un enrobé drainant. La circulation de l'eau ne se produira pas de la même manière : pour un enrobé drainant, celle-ci se fera dans l'épaisseur de l'enrobé, c'est-à-dire 6 cm au maximum. Les phénomènes de colmatage sont plus importants sur des structures imperméables car la vitesse d'écoulement et la circulation de l'eau est horizontale (cas des autoroutes par exemple).

42. Les purges d'air sont-elles indispensables en cas de revêtement classique avec bouches d'injection ?

Oui, car l'alimentation de la structure se fait par les bouches d'injection. Lorsque les bouches d'injection véhiculent l'eau, elles ne peuvent plus laisser passer l'air. Or, si l'on ne met pas des mises à l'air, l'eau risque de faire un effet piston dans l'ensemble du dispositif et l'air compressé va empêcher le remplissage en eau. Ces mises à l'air dans l'ensemble du dispositif permettent de faire échapper l'air lors du remplissage de la structure réservoir avec enrobé classique. C'est au niveau des regards de visite qu'on donnera la possibilité à l'air de s'échapper et de rentrer lors de la vidange.

43. L'eau issue des chaussées à structure réservoir peut-elle être utilisée pour l'arrosage ?

Non, ce n'est pas le but. L'objectif d'une chaussée à structure réservoir est le stockage temporaire avec infiltration (vidange dans les 3 jours pour faire face à la pluie suivante). Le problème de l'utilisation pour l'arrosage concerne le stockage car quand il pleut on n'a pas besoin d'arroser. Ces ouvrages ont besoin d'être vides pour faire face à la pluie qui va arriver. La problématique de la réutilisation de l'eau pour l'arrosage nécessite systématiquement un stockage séparé. **La réutilisation des eaux pluviales pour l'arrosage ne concerne que la récupération des eaux de toiture.**

44. Quelles sont les notions de dimensionnement à prendre en compte pour ces ouvrages ?

N'importe quelle voirie présente une structure d'au moins 40 cm et, si elle présente un indice de vide de l'ordre de 30-40%, ce sont 120 mm d'eau qui peuvent être stockés, sans prendre en compte la capacité d'infiltration du sol sous-jacent. Il n'y a jamais de surdimensionnement de la voirie pour des raisons hydrauliques sauf si reprise d'impluvium supérieur à 1,5 voire 2. Ce sont les raisons mécaniques de charge roulante qui l'emporte toujours sur le dimensionnement. Dans le cas où la chaussée à structure réservoir reprend les eaux pluviales des bâtiments voisins par exemple, il faut bien prendre en compte l'impluvium des voiries et des surfaces imperméabilisées voisines. Dès lors que l'on ne gère que les eaux pluviales de la voirie elle-même, on n'est jamais en surdimensionnement nécessaire.

45. Quels sont les cas où les chaussées à structure réservoir avec enrobé poreux sont déconseillées ?

Les revêtements poreux sont à éviter dans plusieurs cas :

- Au niveau de zones de giration pour éviter l'arrachement de l'enrobé ;
- Dans les zones à risque avéré de souillure (centrale de ciment à proximité, passage régulier d'engins agricoles…) ;
- Lors de projets où il y aura des futures extensions avec passage d'engins susceptibles de dégrader et de colmater l'enrobé poreux. Il en est de même au niveau de lots libres de construction en évitant de mettre en place un enrobé poreux. Il faut alors privilégier un enrobé classique avec bouches d'injection ou remplacer l'enrobé classique par un enrobé poreux en fin d'opération.

46. Les chaussées à structure réservoir sont-elles plus coûteuses en investissement et en entretien que les chaussées classiques ?

Si l'on prend l'exemple d'une voirie en lotissement de 50 lots, le prix du m² d'une voirie classique est de l'ordre de 115 €/m² (uniquement voirie, borduration et enrobés). Une structure réservoir avec enrobés classiques et bouches d'injection représente environ 120 €/m².

Lorsque l'on utilise des enrobés poreux, il n'est pas utile de prévoir de bouches d'injection, de tuyaux… et le coût est de l'ordre de 105 €/m². Les enrobés poreux sont moins chers en investissement mais aussi en fonctionnement car on supprime tout le reste (grilles avaloirs, bouches d'égout etc.). Les coûts vont dépendre du contexte (urbanisation nouvelle, changement de la couche roulante uniquement…).

47. A partir de quelle perméabilité réalise-t-on une chaussée réservoir de rétention et non d'infiltration ?

Il n'y a pas de limite. Ce n'est pas l'urbanisation qui crée la pluie, le sol avant construction gérait déjà l'eau. C'est le même principe ici. Plus la perméabilité est faible, plus cela mettra du temps à s'infiltrer, mais ce n'est pas une raison pour rendre le système étanche. Même si ce ne sont que quelques mm d'eau infiltrés, ce sera toujours une quantité en moins vers le réseau d'assainissement. Rappelons qu'un sol avec une perméabilité de 10^{-7} m/s permet l'infiltration de 8,6 mm/j, soit toutes les « petites pluies » qui représentent 80 % de la pluviométrie annuelle. Le reste sera tamponné, infiltré en plusieurs jours, voire rejeté vers un exutoire naturel superficiel. Cependant, il n'y aura pas d'infiltration dans le cas où celle-ci est interdite pour des raisons de risques de pollution ou de protection des nappes phréatiques. Le géotextile est alors remplacé par une géomembrane.

48. En cas d'infiltration sous une structure réservoir, est-ce qu'un drain de surverse est obligatoire et à quelle profondeur doit-il être positionné ?

Non, il ne l'est pas, tout dépendra du dimensionnement et de la capacité d'infiltration du sol sous-jacent. Par contre, si la capacité d'infiltration n'apparait pas suffisante pour faire face à la pluie exceptionnelle, il apparait nécessaire de prévoir une surverse. Pour qu'il y ait infiltration, il ne faut pas que la surverse soit en fond de structure mais située aux deux tiers supérieurs par rapport au fond de la structure. En revanche, on retrouvera éventuellement en fond de structure un drain de vidange dans le cas d'une chaussée à structure réservoir de rétention (vidange totale de la structure vers son exutoire). Les drains rencontrés sont des drains routiers en PEHD avec des classes de résistance suffisante pour éviter l'écrasement notamment lors de la mise en œuvre (CR 8 ou CR 16).

49. Dans le cas d'une chaussée à structure réservoir de rétention/régulation, comment définir le débit de sortie à l'exutoire et quelle incidence a-t-il sur le diamètre du drain ?

Le diamètre du drain est déterminé par les besoins éventuels d'un contrôle par passage caméra ou d'un hydrocurage le cas échéant. Un système de régulation de débit sera installé à la sortie pour répondre aux exigences du règlement d'assainissement ou des dispositions du schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales de la collectivité et positionné dans un regard de visite.

50. Quels sont les coûts inhérents aux bouches d'injection pour une chaussée à structure réservoir avec enrobé classique ?

Une bouche d'injection, hormis son système de filtre, se comporte comme une bouche d'égout classique ; les coûts sont donc du même ordre. Il faut bien veiller à conserver une décantation de 240 L utile minimale dans une bouche d'injection tout comme dans une bouche d'égout classique. Le seul surcoût par rapport à une bouche d'égout classique est lié au système de filtre, de l'ordre de 200 € (fourniture et pose).

51. Quelle est la fréquence d'entretien d'une bouche d'injection et quel matériel utiliser ?

Il s'agit du même matériel que pour les bouches d'égout classiques, soit le camion hydrocureur pour curer la partie décantation. Le filtre se nettoie par simple jet d'eau. Il est préconisé une fréquence d'entretien tous les 6 mois, à adapter selon les sites (apport de feuilles par exemple).

52. Peut-on utiliser ce type de solution avec des réseaux concessionnaires et enrobage de type sable ?

Oui, l'ensemble des réseaux concessionnaires sont généralement à plus de 80 cm de profondeur, c'est-à-dire en dessous de la structure réservoir. La tranchée de pose des réseaux concessionnaires peut donc être sablée. Il faudra veiller au moment du renouvellement de ces réseaux à posséder un système d'information géographique qui répertorie bien ces techniques alternatives et à fournir les prescriptions d'intervention.

53. La chaussée à structure réservoir génère-t-elle des perturbations du système dans le temps et des difficultés techniques lors d'interventions sur les réseaux (creusement de fouille et mise en place de rustine) ?

La première chose à réaliser est d'accompagner et d'informer les propriétaires de réseaux concessionnaires pour leur prescrire la manière d'intervenir via la procédure DT-DICT. Il n'y a cependant pas de risques de perturbations du système si les préconisations d'intervention sont respectées.

54. A partir de quel pourcentage de pente doit-on cloisonner une chaussée à structure réservoir ?

Ce n'est pas tant le pourcentage de pente qui importe mais plutôt le volume de rétention nécessaire. En dessous de 1% de pente, le cloisonnement n'est cependant pas nécessaire. Par exemple, une voirie avec pente de 10% nécessitera un cloisonnement environ tous les 10m (il dépendra également de la pluviométrie retenue et donc du volume utile de stockage nécessaire).

55. Comment s'assurer du pourcentage de vide dans la structure réservoir (souvent affiché à plus de 40%) ?

L'exercice consiste à réaliser une planche d'essai, c'est-à-dire qu'on va verser un échantillon de grave non traitée (GNT) dans un contenant. Une fois que l'on a le volume du contenant et le contenu de cailloux, on rajoute de l'eau et on vérifie que la quantité d'eau apportée représente bien l'indice de vide attendu.

56. Quel type de contrôle peut-on exiger sur les chaussées à structure réservoir ?

Les mêmes contrôles que pour une voirie classique : essais à la plaque pour vérifier la portance et la résistance de la voirie.

57. Existe-il des cas de diminution de la portance en fond de forme dans le cas d'une chaussée à structure réservoir d'infiltration ?

Jamais, et même en cas de terrains compliqués car une chaussée à structure réservoir se comporte mieux qu'une chaussée classique via son système de voirie plus souple qui va absorber les défauts de portance du sol en place.

58. Peut-on prévoir une alimentation en eau des zones à proximité de la chaussée à structure réservoir ?

L'infiltration de l'eau contenue dans la structure réservoir se fera prioritairement verticalement mais aussi, le cas échéant, latéralement. L'infiltration de l'eau dans un sens ou un autre dépendra de la différence d'hygrométrie

dans le sol. La présence de végétation à côté d'une structure réservoir peut très bien bénéficier de l'eau injectée dans la structure réservoir.

59. Les chaussées à structure réservoir sont-elles compatibles avec la présence de fosses à arbres ?

Oui, bien évidemment. En dehors du peuplier, le système racinaire de la végétation n'aime pas le vide et la présence d'air. Les racines ne vont pas dans les structures réservoirs. La fosse d'arbre en anneaux béton par exemple va étancher sur 1 à 2 m de profondeur la surface dédiée à l'arbre pour qu'il n'y ait pas de contact direct avec la structure elle-même. Ce système permet également à l'arbre d'avoir son système racinaire vers le fond et non traçant. Il faut bien sélectionner en amont le type d'arbres et éviter ceux avec des racines traçantes.

Il n'y aucune raison d'aboutir à un pourrissement de l'arbre car la quantité d'eau infiltrée dans le sol ne change pas par rapport à un terrain naturel et on a une répartition de l'eau de pluie sur la totalité de la surface. A l'inverse, l'arbre peut dépérir en cas de non alimentation en eau et de stress hydrique, d'où la nécessité d'hydrater les sols urbains.



Figure 11 : Exemple d'une rangée de platanes avec bordures hautes et d'une rangée de platanes avec bordures arasées à Crépy-en-Valois (60). Les arbres ont été plantés en même temps - ADOPTA

60. Pourquoi les chaussées à structure réservoir ne se généralisent pas plus ?

Il y a plusieurs raisons à cela :

- La première est liée à la crainte des concepteurs routiers pour qui le 1er ennemi de la voirie est l'eau. L'introduire dans celle-ci apparait inadapté dans la conception classique. Mais cela n'est justifié que dans le cas où il y a présence de la partie fine de la granulométrie des matériaux employés pour la construire. Dès lors qu'on utilise une GNT (grave non traitée, ou cailloux plus simplement) de taille 20/40

par exemple, il n'y a plus ou très peu de fines, donc plus d'argiles, donc plus de risque de retrait/gonflement en présence d'eau, donc plus de déstructuration.

- La seconde raison est liée au cloisonnement des services et à la difficulté de changer ses habitudes. La Direction Voirie ou aménagement des espaces publics intervient souvent sans interaction sur ces sujets avec la Direction Assainissement qui reçoit et gère les eaux pluviales. De plus en plus, les collectivités prennent conscience du besoin de travailler en transversal sur ces sujets, pour tout type de projets. L'Agence de l'eau Rhin-Meuse participe par exemple avec certaines métropoles à l'évolution de leurs chartes d'aménagement et fiches techniques associées ;

- La troisième raison est la peur du changement, de « mal faire » et donc d'être responsable, tout comme la méconnaissance de la technique (quelle structure, quelle fraction...)
  Pourtant ces techniques sont éprouvées. Par exemple, le Douaisis (59) a un recul de 25 ans sur ce sujet, y compris avec des réalisations en voirie lourde (plus de 500 poids lourds/jour). L'ensemble des réalisations présentent une pérennité éprouvée.

LES REVÊTEMENTS PERMÉABLES

Ils sont utilisés comme revêtement de surface au niveau de parkings, entrées de garage, d'allées piétonnes… Il existe aujourd'hui un large panel de revêtements perméables qui permettent de répondre aux mêmes contraintes que les revêtements classiques. Ils peuvent les remplacer partout, sur toutes surfaces au sol.

Ils laissent l'eau s'infiltrer là où elle tombe et évitent son ruissellement, ce qui induit un ruissellement de 0 ou proche de 0. Si ruissellement il y a, il n'est généralement que de quelques mètres pour récupérer les eaux de voirie par exemple. L'avantage est que l'on a de faible volume d'eau à gérer et de faible hauteur d'eau à infiltrer, égales à la pluviométrie elle-même.

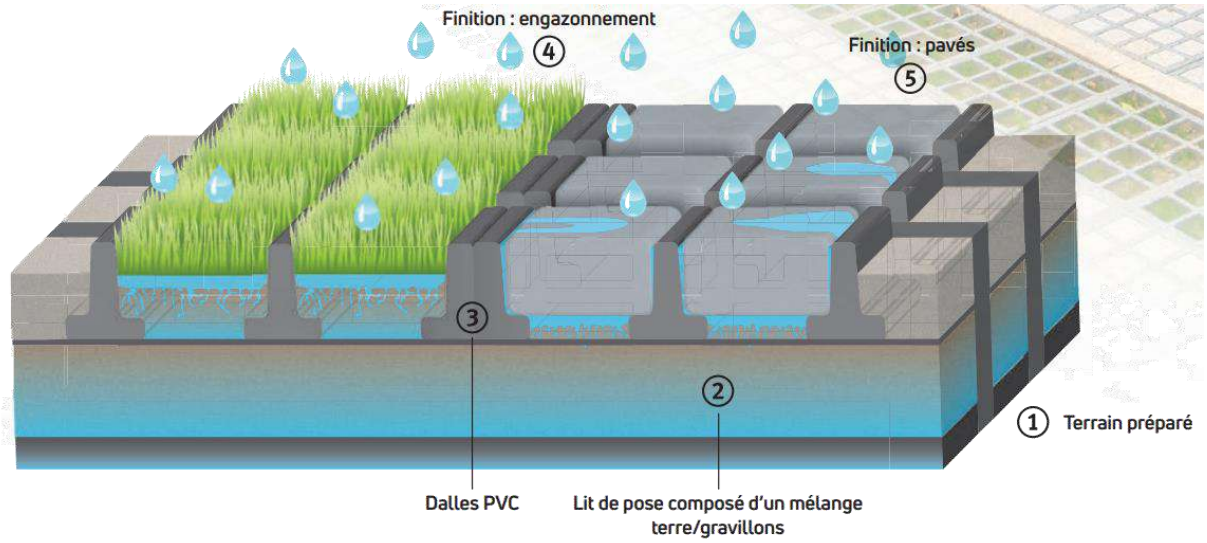


Figure 12 : Schéma d'un exemple de dalles pavés engazonnées et de dalles pavés béton – ADOPTA

61. Existe-t-il des normes de perméabilité des revêtements perméables ?

Non, mais tous les fournisseurs de matériaux affichent des garanties en termes de perméabilité (très supérieure au besoin, de l'ordre de 10^{-5} minimum à 10^{-3} m/s soit de 36 mm/h à 3 600 mm/h).

62. Lors de forte chaleur, quelles sont les conséquences sur les revêtements perméables végétalisés ?

Lors d'une sécheresse, la végétation peut en souffrir. Cependant, il y a généralement un reverdissement rapide de la végétation herbacée qui repousse rapidement dans des conditions météorologiques normales. Dans le cas d'un rendu plus qualitatif estival, la couche de pose du revêtement sera plutôt un mélange terre/pierre.

63. Les revêtements perméables sont-ils compatibles avec les normes PMR (personnes à mobilité réduite) ?

Oui, ils le sont pour la plupart mais il faut éviter les dalles engazonnées et privilégier les dalles en pavés pour les fauteuils roulants, les résines drainantes ou encore les bétons poreux. Cependant, certains revêtements peuvent être déconseillés voire interdits (mélange terre pierre par exemple) par les associations PMR. Des cheminements spécifiques peuvent être aménagés via un choix de revêtement toujours perméable mais adapté.

64. Existe-il un arbre de décision entre les différents types de revêtements perméables ?

Non, cela dépend du contexte, des opportunités, des contraintes et de l'aspect esthétique attendu (qualité paysagère urbaine). Tout est possible. Il faut anticiper les conditions d'utilisation de l'espace par les usagers et

les riverains et intégrer la problématique de l'entretien. Par exemple, il faut éviter les dalles avec gravillons s'il y la présence du marché une fois par semaine.

65. Quid de la perméabilité de ces matériaux en contexte de pente ?

La pente ne pose pas de problème au titre de la perméabilité. Cependant, il faut veiller à cloisonner la partie stockage pour éviter que l'eau se retrouve en bas de pente et remonte par le revêtement de surface. Les cloisons doivent être calculées à une distance telle que la capacité de stockage soit conservée pour la pluie de projet prise en compte pour le dimensionnement. Les cloisons peuvent être réalisées de deux façons :

- La couche de structure est réalisée d'un seul tenant, on rouvre là où les cloisons vont être positionnées puis on pose un matériau fermé ou auto compactant ;
- Au fur et à mesure de la réalisation des couches d'assise de la chaussée (fondation-base), on positionne une géomembrane au niveau des cloisons en la remontant (pour faire barrière) puis on poursuit la construction de la couche de surface.

66. Existe-t-il un ordre de prix moyen pour ces types de revêtement ?

Oui, mais la réponse est à géométrie variable puisque les coûts sont dépendants de nombreux paramètres et notamment la surface concernée par l'aménagement. Les prix diminuent lorsque les quantités augmentent.

Globalement, la gamme de prix (en fourniture) pour les résines poreuses et les bétons drainants est de l'ordre de 50 à 70 € HT / m² (voire 100 € / m² pour des matériaux plus sophistiqués).

La gamme de prix pour les pavés bétons drainants est de l'ordre de 20 à 30 € HT / m². Le coût des enrobés, qu'ils soient poreux ou classiques est de 15 à 20 € HT le m^2.

Il est important de raisonner en coût global, car dès lors qu'on utilise des matériaux imperméables, cette imperméabilisation s'accompagnera du besoin de créer du réseau de collecte et d'évacuation des eaux. Le coût minimum lié à l'assainissement des eaux pluviales d'une zone est de 40 € / m². Lorsque l'on utilise des matériaux poreux, on économise donc ces 40 € / m².

67. Les sels de déneigement sont-ils compatibles avec les revêtements perméables ?

Il faut avant tout veiller à la concentration de sel utilisée dans les saumures. Les concentrations de sel utilisées sont souvent très largement excédentaires (elles pourraient être divisées par 10). Cependant, il préférable d'utiliser du sable plutôt que de la saumure.

68. Existe-t-il des guides et des normes réglementaires de fabrication des matériaux pour les centrales de fabrication ?

La fabrication des enrobés poreux se fait par les mêmes centrales à enrobé classique (seule la formulation change). Pour les autres matériaux poreux, ce sont des formulations liées au « secret commercial » de l'entreprise. Les entreprises compétentes dans le domaine des enrobés maîtrisent ces solutions et les garanties techniques associées.

NOTA : *si le maître d'ouvrage souhaite mettre en œuvre ces solutions, il est fortement conseillé de la proposer en solution de base et non comme une variante (changements d'habitude parfois difficiles).*

69. Quelles sont les durées de vie des matériaux en fonction de leur sollicitation ?

L'ensemble des matériaux utilisés sont très résistants, il n'y a pas de problème d'usure en tant que tel. La dégradation est très souvent liée aux conditions de mise en œuvre, principalement au niveau de la structure porteuse si elle n'est pas réalisée comme préconisé par les fournisseurs.

Par exemple, les résines poreuses présentent des résistances supérieures aux enrobés classiques.

70. Comment gérer la pousse des « herbes folles » dans les revêtements remplis de graviers ?

On ne peut pas empêcher la pousse de ces herbes folles. La gestion doit être écologique, soit par brulage ou arrachage. L'arrachement est facilité par un substrat rempli uniquement de gravillons.

71. La résine poreuse peut-elle être réalisée avec des matériaux biosourcés ?

Pour l'instant les résines utilisées sont plutôt des résines hydrocarbonées (le matériau principal est issu de granulat naturel). Des travaux de recherches sont en cours pour que ces résines n'utilisent plus de produits hydrocarbonés.

72. La résine poreuse permet-elle de s'abstenir de toutes repousses d'« herbes folles » ?

Non, mais il n'y a pas de matières organiques sur ces revêtements (perméabilité à 10^{-4} m/s). La pousse éventuelle d'herbes folles est très rare (pas de support organique donc l'arrachage est facile).

73. Quelle est l'épaisseur de l'application des résines poreuse, béton etc. ?

Les épaisseurs vont différer selon les types de matériaux. Pour les résines, les épaisseurs sont de l'ordre de 6 cm, ce qui permet d'accepter des charges roulantes de 26 T.

NOTA : *la résistance au cisaillement/rainurage/marquage est un point d'attention, comme pour tout revêtement, à étudier par le concepteur.*

Pour les bétons, les épaisseurs sont de 10-12 cm afin de garantir la résistance mécanique.

74. Quels sont la résistance et le risque de fissuration des bétons poreux ?

La résistance en tant que telle ne pose aucune difficulté (passage des camions d'ordures ménagères sans problème). C'est la qualité du lit de pose qui est importante. Si le lit de pose est bien dimensionné et bien réalisé, le béton poreux, tout comme les résines poreuses, va évoluer sans dégradation.

75. Quelle est la composition du lit de pose ?

Le lit de pose est intermédiaire entre le revêtement poreux et la fonction de stockage de l'eau. Pour un matériau de type grave 20-40 en fonction stockage, le lit de pose doit comporter un géotextile pour éviter la migration des fines vers la capacité tampon et il doit être réalisé par un matériau plus fin (type 0-31,5 ; 0-15) pour régler la surface de manière plane.

76. L'utilisation du gravier doit-elle être obligatoirement associée à une dalle alvéolaire (plastique ou béton) ? Existe-t-il d'autres solutions plus écologiques ?

Il est conseillé que les gravillons soient maintenus par un système alvéolaire au risque d'être chassés par les roues dans les zones de giration si rien ne les maintient (dégradation superficielle du revêtement). Le système alvéolaire évite l'écrasement des matériaux et donc garantit la perméabilité dans le temps.

77. Quel matériau utiliser pour le lit de pose des dalles engazonnées et pavés ?

Le mélange terre/pierre est le meilleur compromis puisqu'il est composé de matières minérale et organique qui retiennent plus facilement l'humidité et l'eau. En période sèche, le gazon profitera de la présence d'humidité par capillarité.

78. Quel est doit être l'épaisseur du mélange terre/pierre ?

L'épaisseur dépendra des charges roulantes et du besoin de stockage temporaire de l'eau.

79. Quels sont les coûts d'entretien de ces revêtements perméables ?

Les coûts d'entretien sont équivalents à ceux rencontrés en situation classique (même coût d'entretien que les espaces verts pour les surfaces végétalisées, coût d'entretien de voirie ordinaire pour les autres revêtements).

La seule différence est lorsqu'il faut réaliser un décolmatage, mais qui est très peu fréquent, en situation normale, au-delà de 15-20 ans.

80. En cas de problème d'excavation dans le sous-sol et d'un risque de mouvement de terrain, faut-il proscrire les revêtements poreux dans ces zones ?

Non. Ce qui pose problème c'est l'infiltration concentrée de l'eau, de type puits d'infiltration, c'est-à-dire la concentration en un seul point de l'infiltration. Dès lors que la surface perméable n'infiltre que sa propre surface (impluvium égal à 1), il n'y a pas de problème (situation identique à un jardin, une pelouse ou toute surface non imperméabilisée qui infiltre ses propres eaux). La situation n'est pas aggravée par rapport à une situation naturelle dès lors que l'eau n'est pas concentrée.

La doctrine pluviale Grand Est préconise ainsi de limiter le rapport S_{imp}/S_{inf} dans les projets de ce type ; comme pour les périmètres de captage AEP, les règles en vigueur sur ces périmètres sont à respecter (ex. risque mouvement de terrain) mais il est vivement conseillé d'engager une discussion en amont avec les services au cas par cas, des solutions alternatives existent.

81. Les revêtements perméables apportent-ils une réduction des désordres de type résurgence racinaire ?

Les résurgences racinaires sont surtout liées à une végétation à racines traçantes (végétaux non adaptés à la ville). Il faut privilégier la végétation à racines pivotantes qui va aller chercher l'eau dans le sol profond plutôt que latéralement. Hormis le peuplier, peu de végétaux aiment le vide et l'air.

82. Peut-on concilier enrobé à base de liant végétal et perméabilité ?

Oui, ce n'est pas incompatible. On cherchera d'ailleurs à utiliser des liants non hydrocarbonés.

83. Le stabilisé est-il considéré comme matériau perméable ?

C'est un matériau qu'on appelle plutôt semi perméable. Pour être stabilisé, on y ajoute un adjuvant qui permet de lier les éléments entre eux. La perméabilité est donc plus faible. Elle peut être suffisante pour les petites pluies, pas pour des pluies types orageuses. Cette fonction d'infiltration limitée aux petites pluies peut être combinée avec les espaces verts voisins pour reprendre l'excédent.

84. Quelle est la perméabilité limite du sol in situ pour mettre en place ces revêtements ?

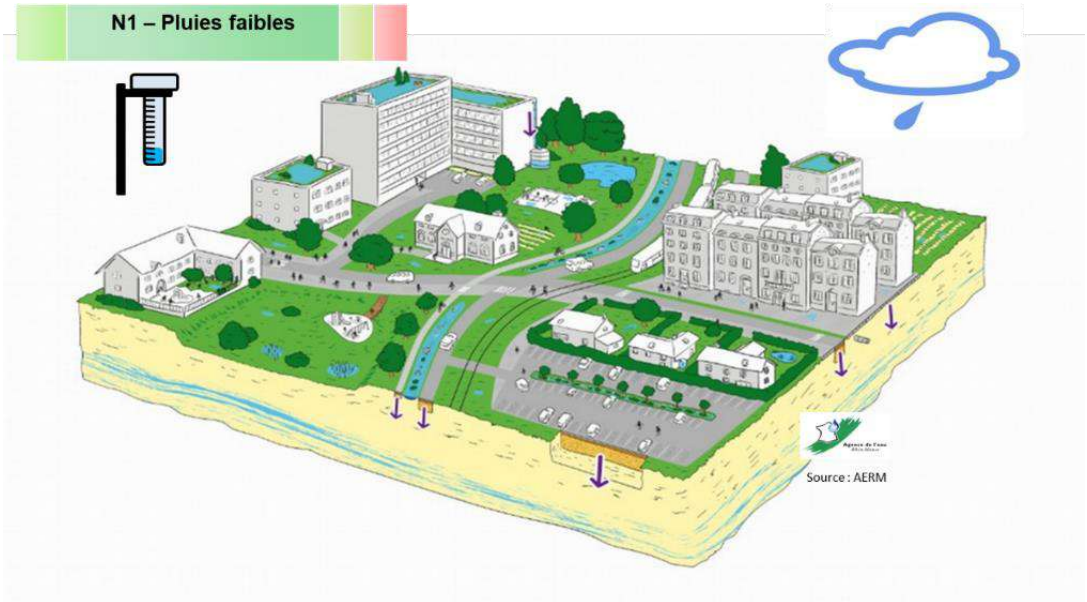
Une perméabilité à 1.10^{-7} m/s permet d'infiltrer sur une journée près de 9 mm de pluie. Il ne faut pas se priver de la capacité à infiltrer ces 9 mm sur la journée (qui représentent 80% de la pluviométrie annuelle, soit l'ensemble des petites pluies). Les ouvrages sont conçus par rapport à une pluie projet en gérant tout ce qui peut l'être sur place (a minima les petites pluies type « N1 » ou « pluies courantes », au sens de la doctrine pluviale Grand Est, qui pour rappel, représentent 80% des flux annuels sur le bassin Rhin-Meuse).

Les ouvrages sont conçus selon le principe de « lit mineur » pour gérer les petites et moyennes pluies type « N1-N2 » jusqu'aux pluies type « N3 » convenues en termes de niveau de protection décidé par la collectivité ayant compétence GEPU (gestion des eaux pluviales urbaines), par exemple une pluie de période de retour vingtennale. (pour rappel, c'est la collectivité compétente qui doit fixer son niveau de protection). Au-delà, pour des pluies exceptionnelles ou « N4 », on introduit la notion de « lit majeur en ville », c'est-à-dire qu'on prend acte du risque de ruissellement superficiel (ligne d'écoulement préférentiel). **La ville devient résiliente et perméable. Ces niveaux de fonctionnement peuvent être intégrés dans un zonage pluvial pragmatique, qui propose d'une part la gestion à la source des pluies courantes a minima, et d'autre part préserve et recrée les axes d'écoulement,**

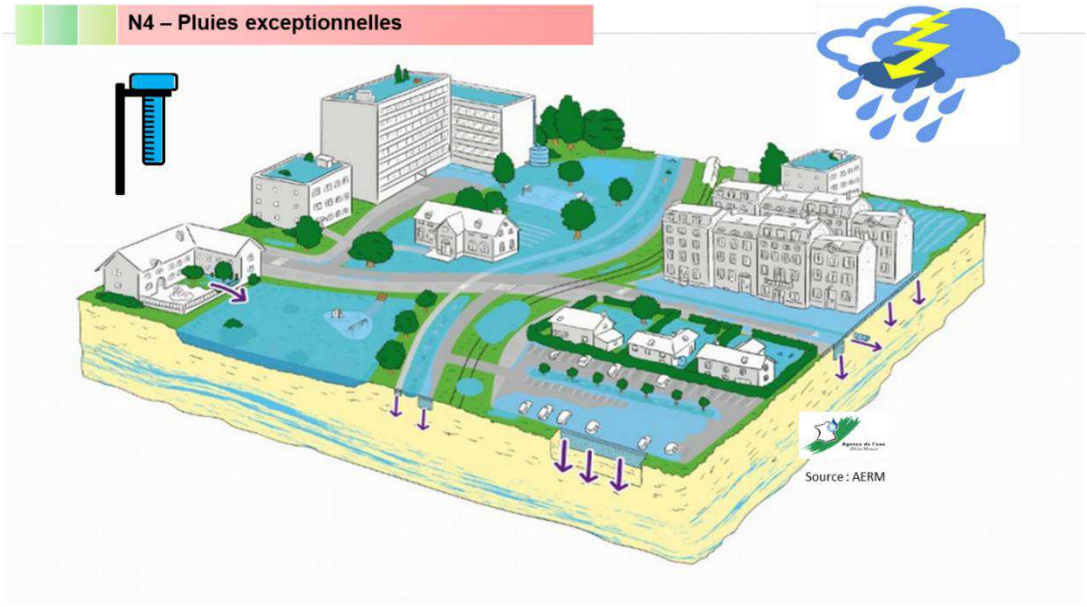
thalwegs, zones de creux, qui seront sollicités naturellement en cas de problème majeur, de pluie supérieure à celle du niveau de protection convenu. On fait ainsi en sorte que la ville, au fur et à mesure de sa transformation, intègre ces lignes d'écoulement pour proscrire les constructions en face de ces axes et ainsi éviter tout dommage aux biens et aux personnes.

La déclinaison de la séquence Eviter-Réduire-Compenser est donc ainsi déclinée concrètement pour les projets d'aménagement urbain,

- Dans les projets d'aménagement : ex. stockage temporaire et local pour bénéficier de plus de temps pour infiltrer, comme les solutions fondées sur la nature (noues, espaces verts inondables…)
- Dans la gestion des espaces urbains : ex. accepter, pendant quelques heures, qu'il y ait sur la place publique, sur un parking… quelques centimètres de hauteur d'eau uniformément répartis sur cette surface, le temps que la capacité d'exutoire soit retrouvée ;
- Dans la planification urbaine : ex. PLUI et zonage opposable aux tiers en déclinaison des objectifs du SDAGE (schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux), SRADDET (schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) et PGRI (plan de gestion des risques d'inondations).







85. A qui peuvent s'adresser les particuliers pour mettre en place un revêtement perméable ?

Il existe des fournisseurs et des sous-traitants en capacité de répondre, avec une gamme de produits qui se développe fortement actuellement. Le particulier doit en faire la demande explicitement.

Certains aménageurs pré-aménagent des places de stationnement sur des parcelles avec ce type de revêtements pour satisfaire aux obligations de gestion à la parcelle de la collectivité ou dans leur souhait d'aménagements plus intégrés. Des fiches techniques peuvent alors être produites et intégrées aux cahiers de session ou au règlement pluvial, et un visa hydraulique souhaitable pour s'assurer de leur bonne conception.

86. Comment appréhender les risques de pollution (fuite d'essence, huile…) sur ces revêtements ?

Le sol possède une capacité à faire face à ces risques de pollution dès lors qu'elle est peu importante. La migration de la pollution dans le sol va demander plusieurs jours, voire plusieurs mois ou éventuellement plusieurs années. La vie biologique du sol va permettre de dégrader cette pollution. Les modalités d'intervention sont différentes : excavation de la partie de sol concernée par exemple.

A l'inverse, un réseau d'assainissement concentre l'ensemble des flux donc la pollution et provoque un choc au niveau du milieu naturel en cas de déversement.

87. Quelles sont les études préliminaires ou les vérifications à prévoir pour l'installation de ces revêtements ?

Il est essentiel de connaitre le fonctionnement du sol pour estimer la vitesse d'infiltration de l'eau stockée temporairement de sorte à adapter le dimensionnement de la couche de stockage. Il faut également vérifier les différentes résistances mécaniques.

QUESTIONS GÉNÉRALES

88. Faut-il traiter les eaux pluviales avant infiltration ?

La pollution des eaux pluviales (celle qu'on a l'habitude de voir à la sortie d'un réseau, plus ou moins long) provient à 80% a minima de leur ruissellement. Dès lors que celles-ci ont très peu ruisselé, ce qui est désormais le cas avec la gestion durable et intégrée, gestion à la source, leur infiltration ne pose aucun souci, sans besoin d'ouvrages quelconques de traitement ou de prétraitement, sauf en milieu d'activités économiques où il faut prendre en compte le risque accidentel.

Comme déjà évoqué précédemment, les séparateurs à hydrocarbures de classe A sont conçus pour garantir une concentration résiduelle en hydrocarbures inférieure à 5 mg/L en sortie, mais les concentrations en hydrocarbures dans les eaux pluviales y compris en milieu routier sont très fréquemment inférieures à cette valeur, donc ce système n'est pas efficace pour traiter la pollution chronique.
Les dispositifs de traitement ne sont à étudier que pour les cas où une pollution particulière des eaux justifie le besoin de traiter. Les solutions de dépollution intensives à l'amont (décanteurs, séparateurs à hydrocarbures…) ne doivent donc être envisagées qu'en cas de concentration importante des eaux en entrée et ne concernent principalement que la fraction particulaire. Ces solutions ne doivent pas être généralisées et limitées à des risques particuliers : aires de lavage, autoroutes, aéroports, risques industriels particuliers… (Cf doctrine pluviale Grand Est ou DRIEE) et sous condition d'un entretien suivi. (cf. Thèse D.Tedoldi et/ou la Doctrine Pluviale Grand Est).

Le sol a un pouvoir épurateur d'autant plus important que le temps de l'infiltration est infiniment plus long que le transit dans un tuyau (quelques heures tout au plus). On parle de jours, de semaines voire de mois ou même d'année pour que l'eau infiltrée atteigne la nappe exploitée pour l'eau potable. Ce très long temps permet à la biologie de faire son œuvre, d'autant qu'un sol qui infiltre est un sol où il y a de l'oxygène, donc de l'oxydo-réduction. Quant aux métaux lourds, à sol de pH neutre, ils sont adsorbés par les matières en suspension, de sorte que 30 à 50 cm de sol arrêtent 80 à 90% de ceux-ci.

Pour plus d'informations, vous pouvez consulter le guide opérationnel sur l'infiltration des eaux pluviales et le devenir des contaminants dans le sol (D. Tedoldi).

89. Les techniques alternatives favorisent-elles le développement des populations de moustiques ?

Non, la plupart des techniques alternatives ne constituent pas des gites favorables au développement des larves de moustiques qui ont besoin pour leur développement de la présence continue d'eau libre en surface (source GRAIE) pendant au moins 8 jours (Doctrine Pluviale Grand Est). La seule précaution à prendre, lorsque l'on utilise une solution reposant sur l'infiltration, est donc de s'assurer qu'aucune zone ne restera en eau pendant une période dépassant quatre jours.

Dans le cas de stockage d'eau sur des périodes plus longues, il faut se protéger des risques en utilisant des dispositifs fermés ou protégés par des moustiquaires. Dans le cas d'un plan d'eau permanent, la protection la plus efficace consiste à assurer un fonctionnement équilibré de l'écosystème, avec la présence continue de prédateurs des larves (batraciens et poissons en particulier) – source GRAIE.

Les plans d'eau ne sont cependant pas favorables au développement des moustiques tigres qui préfèrent les micro-habitats dispersés. Le risque d'augmentation des populations de moustiques du fait de l'utilisation des techniques alternatives est donc fortement exagéré et peut être combattu par des règles simples de conception et d'exploitation (source GRAIE). De plus, il existe plus de risques de présence de moustiques dans les systèmes d'assainissement classiques que dans les techniques alternatives.

Une étude menée sur des ouvrages de gestion intégrée des eaux pluviales démontre que ces techniques ne favorisent pas le développement des populations de moustiques et qu'il n'y a pas plus de risque qu'en assainissement classique (Métropole de Lyon, GRAIE, OTHU, UCBL LEHNA E3S, INSA Lyon DEEP, ARS Auvergne Rhône-Alpes, EID Rhône-Alpes, CNEVIRD Montpellier).

Pour plus d'informations, rendez-vous ici.

90. Les techniques alternatives génèrent-elles des nuisances ?

La seule gêne objective éventuellement observée dans les opérations réalisées concerne les coassements des batraciens et l'augmentation des populations d'insectes. Il s'agit de la contrepartie associée à la présence d'un peu plus de nature en ville, qui par ailleurs présente beaucoup d'intérêts. Toutes les autres nuisances évoquées sont plus des fantasmes que des faits avérés (source GRAIE). Par ailleurs, le développement d'une chaine écologique complète favorise la présence de leurs prédateurs qui réduiront ces éventuelles nuisances.

La meilleure précaution à prendre pour lutter contre le risque de rejet de ces solutions est donc probablement de faire des efforts de communication et d'information visant à montrer que les avantages apportés par le développement de la biodiversité en ville compensent très largement les inconvénients. Il est également envisageable, dans la mesure du possible, d'essayer d'éloigner les habitations des zones humides et de positionner les chambres des appartements dans les parties des immeubles les moins exposées au bruit (source GRAIE).

91. Les techniques alternatives exposent-elles les personnes, et en particulier les enfants, au risque de noyade ?

Même si aucun accident n'a pour l'instant été signalé, et que le danger n'est pas supérieur à celui présenté par d'autres objets urbains, ce risque est réel. Il est donc nécessaire de le prendre en compte lorsque l'on conçoit un ouvrage. Les solutions possibles pour s'en prémunir sont essentiellement limiter les pentes des berges et créer des barrières naturelles végétales. Même si un accident est toujours possible, une conception prenant en compte ce risque permet donc de le maîtriser avec efficacité. Une prise en compte raisonnée et argumentée dans les documents de conception doit également permettre de s'affranchir du risque juridique en cas de contentieux (source GRAIE).

92. Si les ouvrages sont mal réalisés, la stabilité des bâtiments peut-elle être menacée ?

Les fondations des bâtiments sont conçues pour être dans un sol susceptible de contenir une certaine quantité d'eau et il n'y a généralement aucun risque à infiltrer l'eau de la toiture à proximité immédiate du bâtiment. Si l'on souhaite apporter à l'ouvrage d'infiltration des volumes d'eau supplémentaires (par exemple via les voiries) il est alors raisonnable de laisser un espace d'au moins deux ou trois mètres entre l'ouvrage d'infiltration et la paroi du bâtiment (source GRAIE). Il est également possible d'ajouter une géomembrane sur la partie enterrée de l'ouvrage la plus proche des habitations pour étanchéifier les parois, notamment dans le cas des chaussées à structure réservoir.

93. Les techniques alternatives peuvent-elles dysfonctionner localement en cas de fortes pluies ?

Les conséquences d'une inondation locale due à la saturation des techniques alternatives sont rarement importantes car la gestion locale des eaux de pluie limite les volumes en cause. Il est cependant indispensable de faire des études hydrologiques sérieuses et en particulier de faire en sorte que, en cas de pluie plus forte que la pluie dimensionnante, les volumes excédentaires soient dirigés vers des zones sans enjeux, si possible situées sur la parcelle elle-même de façon à ne pas aggraver les risques à l'aval (source GRAIE). Voir par exemple l'étude de cas en annexe de la doctrine pluviale Grand Est.

On peut parler de notion de **lit mineur et lit majeur en ville**. Le lit mineur, constitué de ces ouvrages de gestion des eaux pluviales, gère les courantes, moyennes à fortes -N1, N2 voire N3- de projet (via des ouvrages multifonctionnels), et au-delà on va adapter la ville pour retrouver un lit majeur qui permet de gérer les écoulements des évènements exceptionnels type N4 au travers de la ville sans dommage (adaptation des bâtiments au risque inondation…).

94. La fonction de gestion des eaux pluviales des techniques alternatives peut-elle se dégrader faute d'entretien ?

Afin qu'une technique alternative soit pérenne dans le temps, il faut qu'elle soit entretenue.

Dans tous les cas, les opérations d'entretien sont normales et elles doivent être prévues et budgétées dès la mise en œuvre du projet. La mise en place, dès le départ, d'un carnet d'entretien permet de clarifier les règles d'entretien et de mieux partager les informations et les responsabilités (source GRAIE). L'entretien de ces espaces sera fonction du rôle premier qui leur est dévolu. Dans la plupart cas, il revient aux services chargés de l'entretien des espaces verts pour les solutions fondées sur la nature, à l'exception des ouvrages de type hydraulique qu'un service assainissement sait gérer.

95. La doctrine pluviale Grand Est dissocie les pluies courantes des pluies fortes, quel en est l'intérêt ?

L'approche consiste à trier les pluies courantes des pluies fortes car même en cas de place limitée ou en cas de difficultés particulières (pente, terrain peu infiltrant…), il apparait toujours possible de gérer les pluies courantes sur la parcelle. Ces pluies courantes sont celles qui dégradent la qualité des cours d'eau par saturation des réseaux d'assainissement et les capacités épuratoires des stations d'épuration quand il pleut. Les pluies plus importantes sont moins graves pour les fleuves, rivières ou milieux humides, car la pollution qu'elles génèrent est fortement diluée par la quantité d'eau. **Il est donc très important, et possible, de gérer ces petites pluies à la source, à la parcelle.**

Même sur un terrain peu perméable à 10^{-7} m/s, on infiltre 8,6 mm en 24h : toutes les pluies courantes (80% de la pluviométrie) peuvent être infiltrées, en respectant un principe de base, celui de ne pas les concentrer.

Aujourd'hui, tous les essais de perméabilité de sol sont réalisés sur sol saturé. Or, les sols sont rarement saturés et quand ils le sont, on est plutôt sur un orage centennal qu'une pluie mensuelle, ou lors de longs épisodes pluvieux hivernaux. On a donc, la plupart du temps, des capacités bien supérieures à infiltrer de l'eau que ce que nous dit le coefficient de perméabilité calculé. L'expérience le démontre, notamment les noues qui sont bien souvent sans eau, même après des pluies importantes. Le choix des types d'essais et leur interprétation doivent donc être réalisés par des concepteurs compétents (ex. ne pas faire des essais de sol carottés à 3 m de profondeur pour un projet de noues surfacique...).

96. Existe-t-il des végétaux plus favorables à l'évapotranspiration que d'autres ?

Oui, par exemple la végétation méditerranéenne qui a pour habitude de consommer peu d'eau va très peu évapotranspirer. En revanche, ~~de~~ la végétation qui a l'habitude de vivre en présence d'eau va beaucoup plus évapotranspirée. Par exemple, un saule évapotranspire de l'ordre de 800 L d'eau par jour.

La mixité de la végétation est un paramètre important : plus il y a de végétaux différents dans un espace vert, plus il y aura un développement racinaire différent, diversifié et profond qui va garantir la perméabilité de l'aménagement (en plus de l'évapotranspiration et du fonctionnement biologique du sol).

Pour avoir un maximum de rafraichissement des espaces urbains, il faut de la végétation pour bénéficier de son évapotranspiration. Pour qu'il y ait évapotranspiration, il faut que cette végétation ait accès à l'eau. Cet accès à l'eau ne doit pas être apporté que par les surfaces en espaces verts mais il faut généraliser tous les espaces minéralisés en espaces perméables. Il faut remettre l'eau dans le sol de la ville pour répondre au besoin de la

végétation, qu'elle soit plus ou moins proche (migration latérale de l'eau, par osmose). Les solutions fondées sur la nature ne sont pas exclusives des autres, et des revêtements perméables notamment.

97. Faut-il prévoir un système d'arrosage automatique pour les systèmes végétalisés ?

Non, l'objectif est de retrouver des aménagements adaptés à notre climat changeant. Lorsque la végétation est en stress hydrique, les besoins humains le sont aussi. Il n'est pas question d'arroser les plantes dès lors que les activités humaines manquent d'eau. Il faut travailler sur l'évolution de la conception des espaces verts pour tendre vers le zéro arrosage et adapter la végétation au changement climatique.

98. Comment avoir recours à l'infiltration en cas de sols peu perméables et notamment argileux ?

Lorsque les terrains sont peu perméables, il faut rechercher le maximum de surface. Il n'y a jamais d'argile affleurante mais toujours une partie pédologique au-dessus plus perméable. Un sol pédologique bien vivant a une perméabilité à 10^{-3} m/s et une porosité de 40%. Lorsqu'il pleut, notamment en forêt, il n'y a pas de formation de flaques en surface, même si les sols sont constitués de roches. Si avec une perméabilité de 10^{-7} m/s on utilise 10 fois plus de surface qu'à 10^{-6} m/s alors on a le même résultat final. Pour réussir un aménagement et la gestion locale de l'eau, il faut utiliser le plus de surface possible et limiter la concentration de l'eau en un espace donné. Une perméabilité à 10^{-7} m/s permet d'infiltrer 8,6 mm par jour (80% de la pluviométrie annuelle).

99. L'arbre de pluie nécessite-il une fosse ou un réservoir spécifique ?

Oui, l'arbre a besoin d'un réservoir autour de lui pour que son système racinaire puisse se développer et avoir accès à cette réserve d'eau qui est à proximité immédiate. En outre, ce réservoir permet de gérer une surface imperméable plus conséquente.

100. Existe-il un contrôle de réception des travaux ?

Il n'existe aucun protocole pour aucune des techniques. Cependant, il existe parmi les fournisseurs de matériaux poreux des protocoles et des notices techniques très complètes (pose dalles gazon, béton poreux, résines poreuses…).

101. Comment réaliser la liaison entre la limite des fosses d'arbres et les pavés ?

Il faut que la structure des pavés se finisse en biseau (pas d'arrêt net pour éviter la déstabilisation du premier pavé). Les pavés doivent diriger l'eau vers la partie espace vert.



Figure 13 : Photo d'un exemple de délimitation d'une fosse à arbre – ARNOURLD W.

Documents ressources

Doctrine Pluviale Grand Est
http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Doctrine_pluviale_Grand_est.pdf?Archive=254375707255&File=Doctrine_pluviale_Grand_est_pdf

Publications ADOPTA
https://adopta.fr/fiches-techniques/#

Document du GRAIE
http://www.graie.org/graie/graiedoc/reseaux/pluvial/TA_FreinsAvantages/EauxPluviales-outil-techniquesalternatives-V2-nov2016.pdf

Site Bruxelles environnement
https://environnement.brussels/thematiques/eau/le-professionnel-en-action/outils-et-accompagnement/faqs

Site internet de l'ADIVET
http://www.adivet.net/

Fiches du CEREMA
https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/desimpermeabilisation-renaturation-sols

Guide opérationnel sur l'infiltration des eaux pluviales et le devenir des contaminants dans le sol (D. Tedoldi)
https://www.leesu.fr/opur/IMG/pdf/guide_infiltration_d._tedoldi-2.pdf

Guide « plantons local » de l'Eurométropole de Strasbourg, en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhin-Meuse
https://www.strasbourgcapousse.eu/app/uploads/2017/03/BD_GUIDE_FLORE.pdf

Lien vers les producteurs Végétal Local® du Nord Est
https://www.vegetal-local.fr/vegetaux-producteurs/recherche/la-zone-nord-est

Fiches techniques bâti et biodiversité
http://www.biodiversiteetbati.fr/FT2.htm

Agence de l'eau Rhin-Meuse
Rozérieulles - BP 30019
57161 Moulins-lès-Metz cedex

Tél. 03 87 34 47 00
agence@eau-rhin-meuse.fr

Suivez l'actualité
de l'agence de l'eau Rhin-Meuse :
www.eau-rhin-meuse.fr

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

AGENCE DE L'EAU
RHIN•MEUSE