

Notes sur les techniques alternatives

Le groupe de travail du Graie sur la gestion des eaux pluviales urbaines a souhaité mettre à la disposition de tous des notes visant à **démêler le vrai du faux** autour des techniques alternatives. Il s'agit de donner les arguments pour contrer notamment certaines réticences et freins souvent avancés face à des projets qui veulent sortir des sentiers battus.

Un des prérequis indispensables est la connaissance sur **la pollution des eaux pluviales** : de quoi parle-t-on quand on évoque la pollution de l'eau de pluie, des eaux de ruissellement ou encore des rejets urbains de temps de pluie ? Nous proposons en quelques pages les informations qui permettent de lever les confusions.

A la suite nous vous proposons de mener une réflexion, tout aussi indispensable, sur la **détermination de la capacité d'infiltration des techniques alternatives** : un point sur les différentes techniques de mesures à votre disposition et une discussion qui vous permettra d'avoir un regard critique sur les choix réalisés pour sa détermination qui influence la sélection des techniques leur dimensionnement.

Puis, nous exposerons des éléments de réponse aux questions fréquemment soulevées concernant **les dangers réels ou supposés** des techniques alternatives.

Enfin, nous expliciterons ensuite les risques réels et avantages pour **3 solutions techniques** particulières :

- Les revêtements poreux
- Les noues et fossés
- Les toitures-terrasses

Partenaires

Le Graie a le soutien de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, de la Région Auvergne Rhône-Alpes, du Grand Lyon et de la DREAL Auvergne Rhône-Alpes pour assurer l'animation du groupe de travail à l'origine de ce travail.



Version 3 – Septembre 2020

NOTES rédigée par Bernard Chocat, Insa de Lyon et le groupe de travail "eaux pluviales et aménagement" du Graie,

Novembre 2016

GRAIE - 66, Boulevard Niels Bohr – CS52132 - F 69603 Villeurbanne Cedex
Tél. : 04 72 43 83 68 ● Fax : 04 72 43 92 77 ● www.graie.org - Email : asso@graie.org

? Ce que ne sont pas ces notes

Ces notes n'ont pas pour objet de présenter les différents dispositifs techniques permettant une gestion durable des eaux de pluie à la parcelle. Elles ne constituent pas non plus un guide technique permettant de mieux les concevoir, de mieux les mettre en œuvre ou de mieux les exploiter. Elles ne prétendent pas non plus aider à choisir la solution qui est la mieux adaptée au contexte.

Pour répondre à ces différents besoins, il existe un grand nombre de guides techniques et d'ouvrages, fiables en termes de contenu, faciles à obtenir et à utiliser (Voir références ci-après).

? Ce que sont ces notes

Ces notes se donnent un unique objectif : Fournir des éléments objectifs d'argumentaire à opposer aux critiques et aux craintes qui freinent souvent encore l'utilisation de ces dispositifs alternatifs. Il ne s'agit pas de laisser croire que les solutions proposées constituent une panacée qui va répondre à tous les besoins. En revanche, il s'agit de faire la part du vrai et d'expliquer que si certaines critiques doivent être prises en compte, bon nombre d'entre elles sont soit exagérées, soit totalement non fondées.

Ces notes ont pour mission d'évoluer et de s'adapter. Faites nous suivre les questions qui vous sont posées et nous essaierons d'enrichir progressivement chacune des notes par des éléments de réponse argumentés.

? Pourquoi faire confiance à ces notes ?

Ces notes ont été validées par un groupe thématique du GRAIE auquel participe des équipes de recherche qui sont à la pointe du domaine, mais aussi des professionnels venant d'horizons multiples (collectivités territoriales, bureaux d'étude, administrations, entreprises, ...) qui travaillent quotidiennement sur ces dispositifs.

Le contenu des notes résulte donc tout autant des connaissances scientifiques les plus pointues et les plus récentes que de l'expérience de terrain des concepteurs, des maîtres d'ouvrage et des exploitants.

Autres références

[Pour la gestion des eaux pluviales : stratégie et solutions techniques - Plaque de sensibilisation, 2006](#)

[Guide aménagement et eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon - à l'intention des professionnels, 2008](#)

[L'infiltration en questions : recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain - Programme ECOPLUIES - version 2, janvier 2009](#)

[Outil de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines - Document d'orientation pour une meilleure maîtrise des pollutions dès l'origine du ruissellement - Plaque et guide technique - Agence de l'Eau Seine Normandie, 2011](#)

POLLUTION DES EAUX PLUVIALES

De quoi parle-t-on ?

La pollution des eaux de ruissellement urbain est un concept qui a maintenant été bien intégré par les acteurs de la ville. Cependant ce concept est souvent mal compris et différents éléments sont confondus à tort. Il est ainsi important de bien distinguer :

- La pollution de l'eau de pluie ;
- La pollution des eaux de ruissellement pluvial ;
- La pollution des rejets pluviaux stricts ;
- La pollution des rejets urbains de temps de pluie.

Pollution de l'eau de pluie

L'eau de pluie est naturellement polluée. En effet les gouttes d'eau ne peuvent atteindre une taille suffisante pour tomber vers le sol que s'il existe des particules solides dans l'atmosphère permettant d'initier le processus de nucléation. Une partie des polluants atmosphériques urbains sont donc entraînés vers le sol lors des périodes pluvieuses. Les concentrations en polluants sont cependant extrêmement faibles (voir tableau de synthèse), et, dans la plupart des situations l'eau de pluie est de qualité potable lorsqu'elle arrive au niveau du sol. Le facteur limitant le plus fréquent est le pH (pluies acides), mais cette acidité est très rapidement tamponnée par les matériaux sur lesquels elle ruisselle ou qu'elle traverse.

Pollution des eaux de ruissellement pluvial

En arrivant au sol, l'eau de pluie va d'une part lessiver les surfaces sur lesquels elle s'écoule et d'autre part éroder les matériaux de surface. Les contaminants peuvent soit être dissous, soit être fixés sur les particules entraînées par l'eau. L'augmentation de la concentration en polluants dépend de facteurs multiples : intensité de la pluie, importance des ruissellements, nature du matériau de surface, nature des activités sur ou à proximité de la surface, etc... Ceci explique la très grande variabilité des concentrations trouvées dans la littérature. Notons cependant (voir tableau) que les eaux de ruissellement sont presque toujours au moins de qualité « baignade ».

En pratique, le facteur le plus important reste cependant la distance parcourue par l'écoulement. De façon assez basique, si la goutte d'eau parcourt plusieurs dizaines de mètres pour rejoindre un avaloir, elle se chargera beaucoup plus en polluants que si elle s'infiltrait exactement là où elle est tombée et ne traverse que quelques centimètres de matériaux potentiellement pollués ou érodables.

Pollution des rejets pluviaux stricts

Dans un système d'assainissement séparatif classique, les eaux de ruissellement sont recueillies dans un réseau de surface (caniveaux), puis introduite dans un réseau souterrain de conduites et acheminées le plus directement possible vers un exutoire de surface. La pollution des rejets pluviaux stricts correspond à la pollution mesurée à cet exutoire.

La qualité des rejets pluviaux stricts est beaucoup plus mauvaise que celle des eaux de ruissellement. En effet l'eau se charge en polluants tout au long de son parcours :

- Dans les caniveaux, où les pratiques de nettoyage des rues, et les modes de vie des citadins accumulent les polluants ;
- Et surtout dans le réseau de conduites qui reçoit, pendant les périodes de temps sec de multiples résidus, en particulier le produit du nettoyage des rues et des places de marché et les rejets divers de citadins qui utilisent les avaloirs de rues comme des poubelles.

Pollution des rejets urbains de temps de pluie

Dans les villes françaises les réseaux séparatifs ne sont pas généralisés, et lorsqu'ils existent, la séparation des eaux usées et des eaux pluviales est rarement réalisée de façon parfaite. Ceci signifie que les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) ne sont généralement pas des rejets pluviaux stricts, mais des mélanges d'eau usée et d'eau pluviale par des déversoirs d'orage, voire parfois, par des exutoires réputés strictement pluviaux.

Les chiffres les plus souvent cités pour indiquer le fort degré de pollution des eaux rejetées par temps de pluie sont souvent ceux des effluents de réseau unitaire, ce qui explique d'une part leur très forte variabilité et d'autre part leurs fortes concentrations moyennes.

Quelques références

Ordre de grandeur des concentrations moyennes par site pour les parkings et différents types de voiries (fourchette de variation d'un site à l'autre et valeur médiane).

Tableau extrait du document de l'Agence de l'eau Seine-Normandie « Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines »¹.

Polluant	Concentrations				
	Voiries urbaines			Autoroutes	Parkings
	Trafic faible (a)	Trafic moyen (b)	Trafic fort (c)		
MES (mg/l)	11,7 – 117 84,5	59,8 – 240 99	69,3 – 260 160	41,3 – 762 92	98 – 150 129
DCO (mg/l)	70 – 368 120			107*	50 – 199 70
Cd (µg/l)	0,4 – 1,4 0,5	0,4 – 13,8 1,9		3,0 – 3,7 3,4	1,2*
Cu (µg/l)	47 – 75,9 60,4	51,7 – 103,8 97	65,6 – 143,5 90	16,1 – 120 40	6 – 80 43
Pb (µg/l)	25 – 535 170			2,4 – 224 100	15,4 – 137 78,5
Zn (µg/l)	129,3 – 1956 407			70 – 660 119	125 – 526 281
HA (µg/l)	393 – 1359 813				
HAP (µg/l)	0,16 – 4,5 0,22			0,31 – 21,8 2,34	1,62 – 3,5 2,3
Hct (µg/l)	160 – 2277 1402	4000 – 11000 4170		21,8 – 4760 2391	150 – 1000 160

* : une seule valeur disponible

(a) Trafic faible : < 3 000 véhicules par jour

(b) Trafic moyen : 3 000 à 10 000 véhicules par jour

(c) Trafic fort : > 10 000 véhicules par jour

¹ Gromaire M.C., Veiga L., Grimaldi M., Aires N. (2013) : Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines ; Agence de l'eau Seine-Normandie ; 63p. ; téléchargeable sur le site de l'AESN :

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Dossier_partage/COLLECTIVITES-partage/EAUX_PLUVIALES/Document_d_orientation_bonne_gestion.pdf

Concentrations moyennes événementielles des RUTP, étendue min -max des valeurs ou coefficient de variation CV selon les cas

Tableau extrait de B.Chocat, S.Barraud, J.L.Bertrand-Krajewski : « Les eaux pluviales urbaines et les rejets urbains de temps de pluie », Encyclopédie des techniques de l'Ingénieur.

Type de rejets Type de zone urbaine	Concentrations moyennes événementielles			Valeurs de références		
	Pluviaux séparatifs		Pluviaux unitaires	Limites causant des effets biologiques observables	Norme de potabilité (*)	Norme de rejet de STEP
	Résidentielle & commerciale	Autoroute & route à fort trafic	Mixte			
	Moyenne Min - Max ou CV	Moyenne Min - Max ou CV	Moyenne Min - Max ou CV			
MES (mg/L)	190 1 - 4582	261 110 - 5700	425 176 - 647 [12]	25	-	35
DBO ₅ (mg/L)	11 0.7 - 220	24 12.2 - 32	90 43 - 225 [12]		7 (**)	25
DCO (mg/L)	85 20 - 365	128 - 171	380 250 - 530 [12]		30	125
N - NH ₄ (mg/L)	1.45 0.2 - 4.6	0.02 - 2.1	6 3.1 - 8 [12]	1.7		
N total (mg/L)	3.2 0.4 - 20		8.3 21 - 28.5 [12]		3 (**)	10 / 15 (***)
P total (mg/L)	0.34 0.02 - 14.3		10 6.5 - 14 [12]			1 / 2 (***)
Pb total (µg/L)	210 10 - 3100	960 2 410 - 34 000	250 80 - 450 [12]	12	50	
Zn total (µg/L)	300 10 - 3680	410 170 - 355	870 100 - 1070 [12]	30	5000	
Cu total (µg/L)	144.6 (zone rés.) CV = 103 % [5]	18.5 CV = 40 % [7], [8], [9]			1000 (**)	
Cd total (µg/L)	2.81 (zone com.) CV = 151 % [5] 11.32 CV = 93 % [15]	0.76 CV = 83 % [6] 3.61 CV = 30 % [7], [8], [9]			5	
HCT (mg/L)	1.9 0.04 - 25.9	28 2.5 - 400	4 - 35 [14]		1	
HAP (µg/L)	0.01 3.2 CV = 102 % [5]	- 0.03 - 6			1 (6 substances)	
Glyphosate (µg/L)	<1.52 < 0.1 - 4.72 [10]	0.72 0 - 1750 [11]				
Diuron (µg/L)	<1 <0.05 - 13 [10]	0.05 0 - 2 [11]				
Coliformes fécaux (<i>Escherichia Coli</i>) MPN/100mL	6430 40 - 500 000	10 - 1000	10 ⁵ - 10 ⁸ [12]		50 000 (coliformes totaux)	

(*) valeur limite guide conseillée (**) valeurs impératives (***) première valeur en zone normale, deuxième valeur en zone sensible au sens de la directive européenne du 21 mai 1991.

Synthèse de données européennes et nord-américaines établie par [4] et complétée par les auteurs ([5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]).

Concentration des eaux de pluie en métaux sur deux sites de l'OTHU à Lyon (valeurs en µg/l)

Tableau d'après Becouze-Lareure C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat, INSA Lyon, France. Disponible sur: <http://www.esprit-rhodanos.fr/publications/index.html>

Métaux	Ecully				Chassieu			
	médiane	moyenne	min	max	médiane	moyenne	min	max
Al	14.0	1 603	2.50	22 169	2.50	178	2.50	938
Sb	0.21	1.21	0.05	15.1	0.05	0.13	0.05	0.46
Ag	0.01	0.04	0.01	0.28	0.01	0.02	0.01	0.08
As	0.11	0.43	0.03	3.57	0.07	0.11	0.03	0
Ba	4.1	19.4	2.50	122	2.50	4.39	2.50	13
B	3.1	4.7	1.0	22.2	1.3	2.3	1.0	9.93
Cd	0.02	0.07	0.01	0.61	0.01	0.02	0.01	0.08
Cr	0.24	2.36	0.03	20.1	0.08	0.31	0.03	1.45
Co	0.07	0.38	0.05	3.75	0.05	0.11	0.05	0.37
Cu	9.3	39.0	1.43	267	4.38	12.6	0.84	92
Sn	0.20	4.32	0.05	35.0	0.05	0.50	0.05	3.92
Fe	22	1 060	1.15	10 752	16.43	138	1.46	750
Li	0.08	0.96	0.03	11.61	0.03	0.17	0.03	0.94
Mn	4.1	22.0	0.39	194	2.29	6.61	0.44	29.72
Hg	-	0.13	-	2.50	-	0.46	-	6.40
Mo	0.11	0.58	0.05	5.94	0.05	0.09	0.05	0.34
Ni	0.88	3.33	0.11	19.00	0.53	1.01	0.21	3.79
Pb	0.92	8.91	0.03	86.0	0.29	1.44	0.03	5.69
Rb	0.27	1.95	0.03	19.87	0.08	0.40	0.03	1.99
Se	0.25	0.29	0.25	0.45	0.25	0.26	0.25	0.32
Sr	2.78	12.7	0.25	141	3.09	5.78	0.25	28.42
Tl	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	1.22	30.3	0.05	229.2	0.05	5.33	0.05	22.98
U	0.05	0.11	-	0.49	0.05	0.06	0.05	0.12
V	0.59	2.44	0.20	21.2	0.20	0.75	0.20	2.82
Zn	64.36	185	9.76	1 022	37.3	73.9	7.8	429

Concentration des eaux de pluie en composés organiques sur deux sites de l'OTHU à Lyon – valeurs en ng/l

Tableau d'après Becouze-Lareure C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat, INSA Lyon, France. Disponible sur: <http://www.esprit-rhodanos.fr/publications/index.html>

Organiques	Chassieu				Ecully			
	médiane	moyenne	min	max	médiane	moyenne	min	max
Alachlore	14.0	14.0	<	14.0	<	<	<	<
Atrazine	0.50	0.68	<	1.37	0.63	1.94	<	11.0
Chlorfenvinphos	0.05	0.05	<	0.05	0.05	0.05	<	0.05
Chlorpyrifos	<	<	<	<	<	<	<	<
Diuron	6.0	6.0	<	9.0	<	<	<	<
Endosulfan A	<	<	<	<	<	<	<	<
Hexachlorobenzène	<	<	<	<	<	<	<	<
α Hexachlorocyclohexane	<	<	<	<	<	<	<	<
β Hexachlorocyclohexane	<	<	<	<	<	<	<	<
γ Hexachlorocyclohexane	<	<	<	<	<	<	<	<
δ Hexachlorocyclohexane	<	<	<	<	17.5	17.5	<	17.5
Isoproturon	28.2	28.2	28.2	28.2	9.8	9.8	<	18.6
Pentachlorophénol	<	<	<	<	<	<	<	<
Simazine	0.57	0.62	<	1.33	0.05	0.43	<	1.31
Trifluraline	<	<	<	<	<	<	<	<
Aldrine	<	<	<	<	<	<	<	<
Dieldrine	<	<	<	<	<	<	<	<
Endrine	<	<	<	<	<	<	<	<
Isodrine	<	<	<	<	<	<	<	<
op DDT	<	<	<	<	<	<	<	<
pp DDT	19.8	19.8	<	20.5	20.5	20.5	<	20.5
Anthracène	<	<	<	<	<	<	<	<
Fluoranthène	1.05	1.94	<	4.78	1.00	2.76	<	6.12
Naphtalène	15.0	15.0	<	15.0	<	<	<	<
Benzo (a) pyrène	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzo (b) fluoranthène	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzo (k) fluoranthène	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzo (g, h, i) perylène	<	<	<	<	<	<	<	<
Indéno (1, 2, 3) pyrène	<	<	<	<	93.6	93.6	<	93.6
Di (2-éthylexyl) phtalate	<	<	<	<	<	<	<	<
Hexachlorobutadiène	13.5	13.5	<	13.5	13.5	13.5	<	13.5
Nonylphénols	71.9	84.3	<	209.7	61.1	85.5	<	218.6
4-nonylphénol	<	<	<	<	<	<	<	<
Octylphénols	<	<	<	<	<	<	<	<
Para-ter-octylphénol	2.50	10.2	<	64.2	2.50	13.7	<	63.5
1,2,4-trichlorobenzènes	<	<	<	<	12.5	12.5	<	12.5

< : inférieur à la limite de détection.

Quelle capacité d'infiltration retenir pour le dimensionnement des Techniques Alternatives ?

Ce document vise à amener des éléments de réflexion et à éveiller un regard critique sur les choix fait quant à la détermination de la capacité d'infiltration, mais n'a pas valeur de guide ou de méthodologie générale.

L'essentiel

La plupart des techniques alternatives utilisent, au moins en partie, l'infiltration pour restituer l'eau de pluie au milieu naturel. **La capacité d'infiltration des sols constitue ainsi le paramètre le plus important pour le dimensionnement correct des ouvrages.** Comme ce paramètre est susceptible de varier beaucoup d'un point à un autre, particulièrement en zone urbaine, des mesures locales sont indispensables. Pour que la valeur retenue soit la plus représentative possible, 3 choix doivent être effectués : **le type d'essai** à mettre en œuvre, **le nombre et la position des essais**, **l'interprétation** des mesures. Ces choix doivent être faits en fonction des enjeux (importance du projet), de la connaissance a priori que l'on possède de l'ouvrage à construire (surface, position, profondeur) et du moment auquel les essais sont effectués (depuis l'étude préalable, pour étudier la faisabilité et potentialités du site, jusqu'au projet détaillé, pour affiner le dimensionnement des ouvrages). Dans les projets les plus complexes, une étude préalable du sol visant à établir son profil pédologique peut être nécessaire.

Que signifie la capacité d'infiltration d'un sol ?

Telle qu'elle est utilisée dans les calculs de dimensionnement, la capacité d'infiltration représente le volume moyen susceptible de s'infiltrer dans un ouvrage par unité de surface et par unité de temps. Même si ce paramètre a la dimension d'une vitesse, il est important de comprendre qu'il s'agit en réalité d'un débit par unité de surface, qui doit donc s'exprimer en $m^3/s/m^2$ (mais qui dans la pratique est souvent simplifié en m/s).

La capacité d'infiltration varie en fonction de la perméabilité intrinsèque du sol à différentes profondeurs, mais aussi en fonction de la charge hydraulique, de la saturation du sol en eau, du développement des plantes...

La valeur à retenir, et donc les essais à effectuer, doivent tenir compte des conditions de fonctionnement de l'ouvrage (rapport entre la surface d'apport et la surface d'infiltration, profondeur, présence de sol végétal, ...).

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

Quels sont les essais disponibles ?

Il existe principalement 4 types d'essais, qui sont rapidement décrits ci-dessous, et un essai simplifié.

Les essais de type Porchet.

Ils font l'objet d'une norme (NF XP DTU 64.1 P1-1 / Circulaire du ministère de l'environnement N° 97-49 du 22 mai 1997 - Annexe III) et sont probablement les plus utilisés. Ils reposent sur la mesure du volume d'eau nécessaire pour maintenir, pendant 10 minutes, un niveau constant de 15 cm dans une cavité dont la profondeur est choisie en fonction de l'étude (généralement de 50 à 70 cm). La mesure se fait après saturation initiale du sol pendant au moins 4 heures. Le respect de ce délai est important car l'objectif est de mesurer la conductivité hydraulique à saturation. Enfin, comme il s'agit d'une mesure ponctuelle l'essai doit être répété à différents endroits.

Les essais à double anneau

Il s'agit d'une variante améliorée des essais de type Porchet qui vise à éliminer les pertes latérales et ainsi mesurer spécifiquement la conductivité hydraulique verticale. L'essai consiste à placer deux anneaux (diam. 50 et 70 cm) sur la surface à tester. Les anneaux sont "collés" sur le sol de manière provisoire afin d'empêcher tout passage d'eau entre ceux-ci et la surface durant l'essai. Le collage est réalisé à l'aide d'un mortier traditionnel ou d'un coulis de ciment. L'essai débute par le remplissage des deux anneaux. Celui-ci est réalisé de manière à avoir une hauteur d'eau constante aussi bien dans l'anneau intérieur que dans l'anneau extérieur. Les mesures s'effectuent exclusivement dans l'anneau interne. L'anneau extérieur joue uniquement le rôle d'écran pour limiter au maximum les écoulements latéraux depuis l'anneau interne. Après saturation initiale du sol, la durée minimum d'un essai est de 30 min, pour approcher le plus près possible d'une saturation complète de la structure.

Les essais de type Matsuo

Ils consistent à creuser une cavité d'un volume déterminé, à la remplir et à mesurer la vitesse d'abaissement du niveau. Dans la version de base on utilise une fosse de grande taille dont les dimensions sont imposées (2,7 mètres * 4,7 mètres) ainsi que le protocole de mesure. Il existe des versions simplifiées utilisant des fosses de tailles diverses. Même s'il a un caractère peu scientifique, cet essai a l'avantage de s'approcher des conditions de fonctionnement des ouvrages d'infiltration.

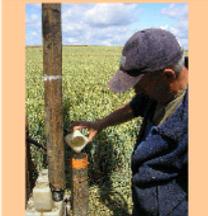
Les essais la bêche

Une version très simple de l'essai de type Matsuo consiste à faire soi-même un trou de petite taille à la bêche sur son terrain et à mesurer le temps nécessaire pour infiltrer une hauteur d'eau d'une dizaine de cm.

Les essais en forage

Ces essais regroupent les essais Lefranc (qui ne nous intéressent pas ici car ils sont faits dans la zone saturée) et les essais Nasberg. Ils consistent à réaliser un forage à une profondeur donnée et soit à maintenir le niveau constant en mesurant le débit à injecter, soit à suivre la baisse du niveau. Ils présentent une bonne analogie avec le fonctionnement des puits d'infiltration, car l'infiltration se fait essentiellement au travers des parois verticales. Comme il s'agit d'une mesure très ponctuelle, l'essai doit être répété à différents endroits si l'emplacement de l'ouvrage n'est pas arrêté.

Le tableau suivant, extrait du document du Cerema, cité en bibliographie, illustre ces différents essais :

Essais et K mesuré	Illustration	Nature des sols	Principe de l'essai	Remarques sur le domaine d'application
Percolation à niveau constant (essai Porchet) ⁱ K local		Sols superficiels, suffisamment cohérents	Réalisation d'une cavité par sondage manuel ; après saturation préalable, suivi du volume d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans la cavité.	Essai en sondage (de faible profondeur et de faible diamètre) généralement effectué avec une tarière à main et mesurant la perméabilité locale, davantage représentatif de techniques d'infiltration de petites tailles.
Infiltromètre ouvert à double-anneau NF EN ISO 22282-5 K vertical dominante		Sols superficiels moyennement à peu perméables K entre 10 ⁻⁵ et 10 ⁻⁸ m/s	Préparation d'une surface plane à profondeur donnée ; après saturation préalable, suivi du volume d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans l'anneau central. L'anneau externe, dit de garde, permet de privilégier les écoulements verticaux.	Essai en surface (pouvant être réalisé dans une fosse), privilégiant la prise en compte de la perméabilité verticale des sols, davantage représentative de techniques d'infiltration telles que les chaussées à structure-réservoir.
Test à la fosse / Essai Matsuo Non normalisé K global / K vertical		Sols superficiels, suffisamment cohérents	Réalisation d'une cavité par sondage à la pelle ; après saturation préalable, suivi du niveau d'eau utilisé pour maintenir le niveau d'eau dans la cavité. Pour accéder à la seule perméabilité verticale (essai Matsuo), un 2 ^{ème} essai est réalisé en allongeant la fosse afin de supprimer les effets de bord.	Essai en cavité de grandes dimensions privilégiant la perméabilité globale du terrain, davantage représentative de techniques d'infiltration à forte emprise. Une saturation préalable sera difficilement atteignable dans le cas des sols assez perméables (K > 10 ⁻⁴ m/s)
Essai d'eau dans un forage en tube ouvert (type Nasberg) ⁱⁱ NF EN ISO 2228-2 K local		Sols fins suffisamment homogènes; K supérieur à 10 ⁻⁶ m/s	Réalisation d'une cavité par forage ; mesure de la perméabilité par suivi de la variation de charge hydraulique créée de préférence par injection à débit constant, à différentes profondeurs.	Essai en sondage pouvant privilégier la prise en compte de la perméabilité horizontale des sols, davantage représentative du fonctionnement attendu de techniques d'infiltration telles que les puits d'infiltration.

ⁱ Un protocole d'essai est défini dans le cadre des études de faisabilité d'une filière ANC.

ⁱⁱ Des perméabilités plus faibles peuvent être mesurées avec un essai à charge variable.

Tableau 1 : récapitulatif des différents essais (avec K conductivité hydraulique) (document Cerema)

En complément, le tableau ci-dessous permet de donner des ordres de grandeurs des coûts liés à ces différents essais:

Test	Essais à la bêche	Essais Porchet et essai double anneau	Essais Matsuo	Essais Nasberg/Lefranc
Dépenses spécifiques	Réalisation jusqu'à 5 tests : forfait de 250 € HT	Réalisation de 1 à 3 tests : forfait de 400 € HT	<ul style="list-style-type: none"> Location tractopelle : 600 € HT/jour Location citerne à eau : 500 € HT/jour (jusqu'à 5 m³) Réalisation de 1 à 3 tests : forfait de 400 € HT 	<ul style="list-style-type: none"> Mise à disposition matériel : 500 € HT/jour Réalisation de 1 forage : 100 € HT Réalisation de 1 test : 200 € HT
Temps d'intervention	1 à 3 heures	5 à 8 heures	1 à 2 jours	1 jour

Tableau 2 : Ordre de grandeurs des coûts moyens des essais (valeur 2019) hors temps passé opérateur pour suivi chantier et déplacement.

À ces coûts vient s'ajouter un temps de préparation et d'exploitation équivalent à une journée de technicien (400 € HT/j).

Quels essais préconiser en fonction du projet ?

Pour choisir les tests les mieux appropriés, il est nécessaire de réfléchir au préalable aux principes de fonctionnement que l'on souhaite retenir. Les deux questions les plus importantes sont les suivantes :

- Veut-on privilégier un ouvrage de surface (noue, dépression, ...) ou un ouvrage profond (tranchée, puits) ?
- Quel sera l'ordre de grandeur du rapport R entre la surface active (surface totale de collecte de l'eau) et la surface d'infiltration ?

On pourra raisonner en fonction des règles suivantes :

1. Si R est faible (compris entre 1 et 10 selon l'épaisseur de terre végétale au fond de l'ouvrage) et que l'on souhaite privilégier un ouvrage de surface (moins de 70 cm de profondeur, de type noue ou dépression), il n'est pas nécessaire de considérer un sol saturé. Pour les projets correspondant à des surfaces actives inférieures à 1 000 m², des essais "à la bêche" seront suffisants. Au-delà, des essais de type Matsuo seront très bien appropriés. La taille de la fosse sera adaptée à l'importance du projet. Des essais à des profondeurs différentes pourront être réalisés au regard des premiers résultats.
2. Si l'on souhaite privilégier un ouvrage souterrain (en particulier les puits d'infiltration), des essais de type Nasberg conviendront parfaitement jusqu'à des valeurs de R de l'ordre de 10.
3. Dans les autres cas, le risque que le sol se sature pour les événements les plus forts devient important. Il faudra soit utiliser des essais de type Porchet, plus simples à mettre en œuvre que des essais à double anneau, soit utiliser des essais de type Matsuo, mais avec des volumes de fosses et des hauteurs d'eau plus grands.

Combien faut-il faire d'essais et à quel endroit ?

Du fait de la grande variabilité de la capacité d'infiltration du sol, parfois à quelques dizaines de mètres de distance, ou encore aux différentes profondeurs, il est conseillé de faire plusieurs essais (au moins 3). De façon pratique deux cas sont possibles :

- Si on ne sait pas où sera situé l'ouvrage : le nombre d'essais est alors à choisir en fonction de la surface du terrain ; 1 essai pour 1 000 à 2 000 m² constitue un choix médian à pondérer en fonction de l'hétérogénéité du sol. Le nombre d'essais peut souvent être réduit avec un minimum de bon sens en privilégiant les zones où l'ouvrage sera implanté de la façon la plus probable (zones basses, zones éloignées des accès, ...).
- Si on sait où sera situé l'ouvrage : Le nombre d'essais est alors à faire en fonction de la surface de l'ouvrage ; 1 à 3 essais pour 1 000 m², avec un minimum de 3 essais pour le projet, est généralement satisfaisant.

Dans tous les cas, il est important de réaliser les essais à une cote altimétrique située au plus près possible du fond de fouille des futurs ouvrages.

Quelle valeur retenir en fonction des mesures effectuées ?

Comme il est conseillé de réaliser différentes mesures, la première question consiste à savoir quelle valeur retenir lorsque les résultats sont différents (ce qui sera généralement le cas).

Une pratique classique consiste à écarter les mesures extrêmes, et en particulier la valeur maximum. Cette pratique, utilisée comme coefficient de sécurité, n'est pas nécessaire. En effet, dans la réalité, l'eau circule et s'infiltré là où la perméabilité est la plus grande. En toute logique c'est donc la valeur la plus grande qu'il faudrait retenir. **Par précaution, nous conseillons de retenir la moyenne de toutes les mesures.**

La seconde question est celle du coefficient de sécurité lui-même. On est en effet souvent tenté de multiplier la valeur retenue par un coefficient inférieur à 1, en particulier pour tenir compte du risque

de colmatage. Cette pratique n'est pas non plus nécessaire car le colmatage ne constitue pas une fatalité :

- En cas d'infiltration de surface, le développement des racines et la bioturbation (en particulier l'activité des vers), vont remanier en permanence le sol et préserver la capacité d'infiltration ; il est cependant nécessaire d'éviter le tassement du sol.
- En cas d'infiltration dans un puits ou dans une tranchée, le fond de l'ouvrage va se colmater très vite mais les parois verticales ne subiront aucun colmatage sensible dans le temps. Pour tenir compte du colmatage, il suffit donc de ne pas prendre en compte le fond de l'ouvrage dans le calcul des surfaces d'infiltration utiles.
- En cas d'infiltration profonde, sous un massif ou une chaussée à structure réservoir par exemple, l'ouvrage va jouer un rôle de filtre (qui va parfois se traduire par un colmatage de surface), mais le fond de l'ouvrage sera protégé et ne se colmatera pas.

À noter qu'un coefficient de 0,5, souvent rencontré dans la pratique, revient à doubler le dimensionnement des surfaces d'infiltration pour un temps de vidange donné.

Ordres de grandeurs

Le tableau ci-dessous permet d'avoir un ordre de grandeurs pour les capacités d'infiltration de différents sols :

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

Tableau 3 : Ordres de grandeur de la taille des grains et de la capacité d'infiltration selon le type de sol

Simulation d'un cas d'école

Afin de donner un ordre d'idée de temps d'infiltration en fonction de la capacité d'infiltration, un exemple fictif est proposé ci-dessous. À Lyon, nous savons que sur une année 80 % des pluies sont des pluies de moins de 15 mm.

- 1) Imaginons que :
 - ces 15 mm de pluie tombent instantanément,
 - nous avons un ouvrage avec une surface d'infiltration de 1/10 de la surface active,
 - la conductivité hydraulique à saturation (mesurée par un essai de type Porchet) et de $10^{-5} m^3/s/m^2$ (ou m/s).

- 1- L'infiltration d'une pluie de 15 mm revient à infiltrer une hauteur d'eau de 15 cm ($15 mm/m^2 \times 10$).
- 2- La conductivité hydraulique de $10^{-5} m^3/s/m^2$ permet d'infiltrer 3,6 cm en une heure.

==> il faudra donc 4 heures pour infiltrer la totalité de la pluie, dans un sol déjà saturé, cette hypothèse étant très restrictive car dans beaucoup de cas, le sol ne sera pas saturé au début de l'événement.

- 2) En faisant varier le rapport surface d'infiltration/surface active et la capacité d'infiltration du sol pour l'exemple précédent on obtient la variabilité des temps d'infiltration (en heures) suivante :

Capacité d'infiltration en m³ /s/m²

		10⁻⁴	5.10⁻⁵	10⁻⁵	5x10⁻⁶	10⁻⁶
<i>Surface infiltration/ surface active</i>	1	0,0	0,1	0,4	0,8	4,2
	1/10	0,4	0,8	4,2	8,3	41,7
	1/20	0,8	1,7	8,3	16,7	83,3
	1/30	1,3	2,5	12,5	25,0	125,0
	1/40	1,7	3,3	16,7	33,3	166,7

Tableau 4 : Ordres de grandeur (en heures) des temps d'infiltration selon le type de sol et le rapport entre la surface d'infiltration et la surface active pour une pluie de 15mm

Conclusion

Ce document se concentre sur la détermination de la capacité d'infiltration dans le dimensionnement des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales. Cependant, en terme d'hydrologie, il est également important de tenir compte de la présence de nappes et des risques associés.

La capacité d'infiltration du sol n'est donc que l'un des éléments nécessaires au dimensionnement des ouvrages. Très souvent, le choix de cette donnée cumule de nombreuses sécurités :

- La réalisation des tests sur un sol préalablement saturé, ce qui ne correspond pas aux conditions de fonctionnement les plus courantes ;
- Le choix de la valeur moyenne après élimination de la valeur la plus favorable, voire l'application d'un coefficient de sécurité supplémentaire, alors que l'eau s'écoulera préférentiellement vers les points les plus perméables ;
- La prise en compte partielle des surfaces d'infiltration : le fond mais pas les côtés pour les ouvrages peu profonds ; inversement, les parois mais pas la surface du fond pour les ouvrages profonds ;
- Qui plus est, il est important de rappeler les objectifs et niveaux de services attendus. Les techniques alternatives visent notamment à gérer les pluies petites à moyennes.

Toutes ces précautions conduisent souvent à un surdimensionnement des ouvrages, voire à l'abandon de solutions intégrées, sous prétexte d'une insuffisance de la capacité d'infiltration du sol.

Il est indispensable d'éviter ces pièges. Dans tous les cas, le choix final de la valeur retenue doit être clairement affiché et explicité en fonction des mesures effectuées et des enjeux du contexte particulier. Il appartient au maître d'ouvrage d'arbitrer entre le risque éventuel qu'il souhaite prendre et le surcoût potentiellement important associé à un coefficient de sécurité trop fort. Selon nous, un coefficient de sécurité de 1 (on retient pour le dimensionnement la moyenne des mesures) est toujours suffisant.

Perspectives

Des études actuelles tendent à mettre en place des méthodes plus simples mesurant la capacité d'infiltration des sols en étant seul ou à 2 personnes. Ces démarches permettraient par exemple de généraliser et faciliter les mesures pour :

- une première évaluation d'un terrain avant aménagement et ainsi envisager des techniques de surface non destructives plus régulièrement,
- le suivi du colmatage,
- l'identification de la cause de certains dysfonctionnements constatés...

Pour en savoir plus :

- INFILTRON et la méthode BEST : <https://bestsoilhydro.net/> et <https://infiltron.org/>.
- Projet Perméanoue de l'[Adopta](#).

Autres références utiles :

<https://www.o2d-environnement.com/observatoires/test-de-permeabilite-sols-etude-coefficient/>

http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/documents/Fiche_SPE_EP_etudes_sols_integral_decembre_2014.pdf

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/recommandations-commande-etudes-infiltrabilite-sols>

LES DANGERS REELS OU SUPPOSES des techniques alternatives

Dangers : de quoi parle-t-on ?2

Dangers des techniques alternatives : les questions fréquemment soulevées3

On dit que les techniques alternatives favorisent le développement des populations de moustiques : VRAI ou FAUX ? 3

On dit que les techniques alternatives sont à l'origine de multiples nuisances : VRAI ou FAUX ? 5

On dit que les techniques alternatives exposent les personnes, et en particulier les enfants, au risque de noyade : VRAI ou FAUX ? 6

On dit que si les ouvrages sont mal réalisés, la stabilité des bâtiments peut être menacée : VRAI ou FAUX ? 7

On dit que les techniques alternatives peuvent dysfonctionner localement en cas de fortes pluies : VRAI ou FAUX ? 8

On dit que les techniques alternatives peuvent aggraver les risques d'inondation à l'échelle de la ville : VRAI ou FAUX ? 9

On dit que la fonction hydraulique des techniques alternatives se dégrade rapidement faute d'entretien : VRAI ou FAUX ? 10



Dangers : de quoi parle-t-on ?

La présence d'un danger, réel ou imaginaire, provoque chez tout être vivant une réaction instinctive de peur qui le pousse à l'action (fuite, défense, évitement, etc.). Il est très difficile de lutter contre ce sentiment et la raison est souvent impuissante...

Ce document vise donc plutôt à analyser les craintes qui s'expriment lorsque l'on propose d'utiliser des techniques alternatives.

Les craintes sont raisonnées et donc raisonnables ; elles peuvent reposer sur un fondement concret mais aussi sur une idée préconçue. L'objectif de cette fiche est finalement d'analyser le caractère réel ou non d'un certain nombre de risques potentiels souvent évoqués de façon générique pour tout ou partie des techniques alternatives, de mesurer la gravité éventuelle des dangers auxquels ces solutions exposent les citoyens et de proposer les précautions à prendre pour les éviter.

Nota : Les risques propres à certaines techniques ne sont pas traités ici mais dans les fiches spécifiques.

Les revêtements poreux :

colmatage, gel-dégel, viabilité hivernale, pollution, ... : vrai ou faux ?

Les toitures terrasses :

étanchéité, nuisances, viabilité de la végétation, ... : vrai ou faux ?

Les noues et fossés :

pollution des sols et nappes, colmatage, entretien, ... : vrai ou faux ?

Dangers des techniques alternatives : les questions fréquemment soulevées

Cette partie présente les dangers les plus fréquemment mis en avant pour expliquer la non-utilisation des techniques alternatives, et évalue leur importance réelle.



On dit que les techniques alternatives favorisent le développement des populations de moustiques : VRAI ou FAUX ?

Dans un contexte de mondialisation des échanges commerciaux, l'installation de nombreuses espèces dans de nouvelles aires géographiques, notamment sur le territoire européen, fait craindre l'apparition de maladies, éventuellement graves, associées aux moustiques (paludisme, fièvre jaune, dengue, fièvre du Nil occidental, chikungunya, virus Zika).

Les techniques alternatives, parce qu'elles préconisent généralement une gestion des eaux pluviales au moins en partie en surface, sont souvent suspectées de favoriser le développement des populations de moustiques, et donc d'augmenter les risques d'infection, en créant des conditions favorables au cœur des villes.

Éléments d'analyse et de réponse

De façon pratique, la crainte principale réside dans le fait de développer en ville des zones humides favorables au développement des larves lors de leur phase aquatique. La femelle dépose en effet ses œufs à la surface ou sur les bordures d'une étendue d'eau permanente ou temporaire, dont la nature peut d'ailleurs être très variable selon les espèces. Si les œufs peuvent résister plusieurs mois à des périodes de sécheresse, le développement de la larve nécessite, selon les espèces et la température de l'eau, entre 4 et 12 jours de séjour continu dans un milieu aquatique.

La première conséquence pratique est que **seules les techniques pour lesquelles la présence d'eau dépasse de façon continue la durée de quatre jours présentent un risque**, ce qui exclut toutes les techniques d'infiltration qui se vident normalement en moins de 24 heures.

Par ailleurs, il est nécessaire que la femelle moustique ait accès à la surface de l'eau. **Il n'existe donc pas non plus de risque pour les techniques de stockage fermées** (chaussées à structure réservoir, ...) ou simplement protégées par des grillages à maille millimétrique. Les événements d'aération des ouvrages de type citernes ou cuves peuvent constituer des points d'accès à l'eau pour les moustiques, mais ce risque peut être levé par la pose de moustiquaires sur ces aérations.

Finalement seules les techniques qui maintiennent de l'eau libre en surface pour des durées longues augmentent donc le risque de développement des populations de moustiques. Mais tous les plans d'eau permanents ne sont pas nécessairement à risque. **Si l'écosystème est de bonne qualité**, il va abriter, outre les larves de moustiques, beaucoup de leurs prédateurs naturels (poissons, batraciens, etc.) qui éviteront leur prolifération.

Enfin, la plupart des moustiques sont des insectes assez peu voyageurs. Même si certaines espèces, avec des vents favorables, peuvent parcourir plusieurs dizaines de kilomètres, le parcours moyen d'un moustique pour trouver sa proie dépasse rarement quelques centaines de mètres. Il est donc beaucoup plus probable de se faire piquer par un moustique qui a éclos **très près de son domicile** que par un moustique pondu dans une technique alternative. Ces gîtes artificiels « urbains » de proximité sont par exemple les gouttières, pneus, toitures terrasses à plots, bidons, boîtes de conserve, soucoupes et pots de fleurs, etc. mais aussi les ouvrages classiques de gestion des eaux pluviales (réseau pluvial, avaloir ou regard unitaire).

Ceci est particulièrement vrai pour les moustiques tigres, vecteurs les plus efficaces des maladies les plus graves, dont les larves supportent mal la compétition avec les autres espèces et qui, de ce fait, se reproduisent surtout dans les micro-zones humides dispersées.

L'essentiel à retenir

La plupart des techniques alternatives ne constituent pas des gîtes favorables au développement des larves de moustiques qui ont besoin pour leur développement de la présence continue d'eau libre en surface pendant au moins 4 jours.

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). 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.



On dit que les techniques alternatives sont à l'origine de multiples nuisances : VRAI ou FAUX ?

Les techniques alternatives sont parfois traitées comme des écosystèmes relativement « naturels » : entretien limité de la végétation, absence de traitement phytosanitaire, etc., qui favorisent la présence d'espèces animales diverses (insectes, batraciens, rongeurs, ...).

Ce caractère fait souvent craindre des nuisances diverses pour les riverains : mauvaises **odeurs**, présence **d'insectes**, de rats ou autres **animaux** considérés comme nuisibles (y compris les serpents), **bruits**, par exemple dus au chant des batraciens, allergies dues aux **espèces végétales** utilisées ou spontanées, etc.

Éléments d'analyse et de réponse

En réalité, toutes les techniques alternatives n'ont pas nécessairement ce caractère « naturel ». Une chaussée à structure réservoir ou un puits d'infiltration sont des ouvrages totalement minéraux. Cette crainte ne doit donc pas être généralisée.

Dans le cas où la solution envisagée est effectivement « naturelle », cette crainte ne doit pas non plus être exagérée. Certains points sont vrais, mais d'autres relèvent d'une crainte infondée :

- Le risque de mauvaises odeurs est quasiment nul car le milieu mis en place avec ces solutions a très peu de risques de devenir anoxique ;
- Le risque d'animaux dangereux, comme les vipères est également extrêmement faible en ville car il s'agit d'animaux qui fuient la présence de l'homme ; il s'agit ici typiquement plus d'une peur que d'une crainte ;
- Le risque d'augmentation des populations d'insectes potentiellement piqueurs, ou au moins gênants, existe ; il s'agit de la contrepartie du développement de la biodiversité en ville ; le risque d'incident ou de gêne réelle est cependant très réduit (voir la fiche précédente sur les moustiques) ;
- Le risque d'allergies dues aux pollens n'est pas spécifique aux techniques alternatives mais de façon plus générale est associé aux espaces verts ; Il est à noter que l'ambrosie ne se développe pas dans les zones humides et que la diversification des espèces diminue les risques d'allergies.
- Les coassements associés aux grenouilles et autres batraciens sont eux bien réels pour les solutions pour lesquelles la présence d'eau en surface est permanente ; ils peuvent effectivement gêner des citoyens pendant certaines périodes de l'année.

L'essentiel à retenir

La seule gêne objective réellement observée dans les opérations réalisées concerne les coassements des batraciens et l'augmentation des populations d'insectes. Il s'agit de la contrepartie négative 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. De plus, toutes les techniques alternatives ne reposent pas sur le développement d'écosystèmes pseudo-naturels.

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.



On dit que les techniques alternatives exposent les personnes, et en particulier les enfants, au risque de noyade : VRAI ou FAUX ?

Les techniques alternatives reposent souvent sur le stockage, au moins provisoire, d'eau en surface. La présence, au cœur de la ville, d'un plan d'eau permanent ou transitoire présente un risque pour les usagers (riverains, promeneurs) qui peuvent y tomber ou être surpris par une montée rapide des eaux. Un autre risque associé est celui de la responsabilité potentielle du maître d'ouvrage en cas d'accident.

Éléments d'analyse et de réponse

Le risque de noyade existe de façon objective, en particulier pour les enfants, dès que la profondeur d'eau dépasse quelques dizaines de centimètres. Il est donc légitime de l'évoquer.

Notons tout d'abord que le stockage d'eau en surface ne constitue que l'une des solutions possibles offertes par la diversité des techniques alternatives. Cette solution est cependant souvent proposée car elle présente notamment le double intérêt d'être économique (par rapport à un stockage enterré) et pédagogique (montrer que l'eau doit avoir sa place en ville).

Sur le plan factuel, alors qu'environ 600 personnes meurent tous les ans en France par cause de noyade, aucun cas de noyade dans une technique alternative n'a été signalé jusqu'à aujourd'hui (alors que plusieurs cas de noyades dans des réseaux traditionnels ou du fait de leurs débordements sont signalés chaque année). Ceci ne signifie pas que le risque soit inexistant, mais montre qu'il est très faible. Il doit cependant être considéré de façon à prendre quelques précautions simples qui suffisent à le maîtriser.

- Dans le cas d'un plan d'eau permanent, le risque principal est la chute. Il suffit donc de protéger l'accès aux rives là où la profondeur est importante, et d'utiliser des pentes très faibles là où l'accès à l'eau est autorisé. Le risque n'est de toute façon pas supérieur à celui d'un plan d'eau traditionnel, d'un canal ou d'une fontaine et ne doit pas être exagéré. Par ailleurs, il est à noter que ce sont bien les autres fonctions de l'ouvrage (pêche, loisirs aquatiques, paysage, ...) qui nécessitent le maintien permanent de l'eau et non la fonction de gestion des eaux pluviales.
- Dans le cas d'un stockage provisoire, le risque principal est la montée brutale de l'eau. Quatre précautions permettent de le limiter : privilégier des stockages peu profonds sur de plus grandes surfaces, montrer l'arrivée de l'eau par de la signalisation, prévoir des échappatoires faciles à l'opposé de l'arrivée de l'eau (pentes faibles, escaliers, ...), prévoir des grilles de police aux exutoires pour éviter la tentation d'aller visiter le réseau à l'aval.

Dans tous les cas il est indispensable d'informer les riverains (et à l'amont les aménageurs, les promoteurs ou les lotisseurs) sur la nature inondable des espaces (panneaux explicatifs).

L'essentiel à retenir

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 nombreuses (par exemple limiter les pentes des berges, créer des barrières naturelles végétales pour limiter l'accès aux berges les plus dangereuses, etc.). 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.



On dit que si les ouvrages sont mal réalisés, la stabilité des bâtiments peut être menacée : VRAI ou FAUX ?

L'infiltration de l'eau à proximité d'un immeuble peut entraîner des particules fines et déstabiliser les fondations du bâti, particulièrement dans le cas de sols fragiles. Par ailleurs, la présence d'eau dans le sol à proximité des sous-sols de l'immeuble va être une source de nuisance (humidité, infiltration d'eau), et peut contribuer à faire remonter localement la nappe phréatique et exercer une pression sur l'immeuble.

Éléments d'analyse et de réponse

Ces risques ne peuvent bien sûr pas être tout à fait écartés, mais ils doivent être relativisés. En effet, la présence dans le sol, à proximité immédiate d'un bâtiment, d'une quantité d'eau suffisamment importante pour poser de réelles difficultés n'est possible que si trois conditions sont remplies simultanément :

- Un sol peu perméable en profondeur ou une nappe phréatique proche de la surface ralentissant ou interdisant l'infiltration profonde ;
- Un volume important d'eau infiltrée, donc une surface drainée par l'ouvrage importante par rapport à sa propre surface d'infiltration ;
- Une grande proximité entre l'ouvrage et l'immeuble.

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, à savoir un sol peu perméable en profondeur ou une nappe phréatique proche de la surface, est écartée :

- Ne pas drainer dans un ouvrage d'infiltration proche d'un bâtiment une surface supérieure à la surface de ce bâtiment ; on peut donc infiltrer les seules eaux de toiture en pied du bâtiment.
- Au-delà, ne pas installer d'ouvrage d'infiltration à moins de trois mètres de la paroi du bâtiment le plus proche.

L'essentiel à retenir

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 (produits par exemple par les voiries) il est alors raisonnable de laisser un espace d'au moins trois mètres entre l'ouvrage d'infiltration et la paroi du bâtiment.



On dit que les techniques alternatives peuvent dysfonctionner localement en cas de fortes pluies : VRAI ou FAUX ?

Le stockage et l'infiltration locale des eaux de pluies à proximité immédiate des bâtiments ou des espaces extérieurs imperméables ne posent pas de difficulté particulière pour les pluies les plus courantes. En revanche il existe une crainte que, lors des événements extrêmes, le système dysfonctionne totalement, soit par incapacité à faire face, soit par cause d'un mauvais dimensionnement.

Éléments d'analyse et de réponse

La crainte d'une catastrophe locale causée par le dysfonctionnement des techniques alternatives en cas d'événement pluvieux très intense est totalement infondée. En effet la gestion locale de l'eau a pour conséquence principale que les volumes générés localement, même par de très fortes pluies, restent faibles car les surfaces concernées sont faibles. Ils ne peuvent donc en aucun cas être à l'origine d'inondations graves.

Il reste cependant le risque de provoquer localement des dysfonctionnements, qui, sans être catastrophiques peuvent néanmoins être à l'origine de nuisances chez les riverains.

Pour maîtriser ce risque, il est essentiel que les techniques alternatives soient conçues et dimensionnées de façon très sérieuse par une équipe compétente. Les difficultés observées sont en effet souvent dues à des conceptions ne reposant sur aucune étude hydrologique, soit du fait de l'incompétence dans le domaine du concepteur, soit simplement pour une raison d'économie.

En pratique, s'il n'est pas nécessaire de dimensionner les techniques alternatives pour une période de retour très grande en fonctionnement normal (3 à 5 ans sont largement suffisants), il est indispensable de maîtriser les écoulements en cas d'événement pluvieux plus fort, y compris pour des situations catastrophiques. Dans ces situations, il est nécessaire de faire en sorte que l'eau s'écoule et s'accumule vers un espace où elle ne va causer que des désordres mineurs (notion de parcours de moindre dommage).

Ces espaces doivent de façon préférentielle être situés sur la parcelle concernée (utilisation des pelouses ou des parkings). Ils peuvent éventuellement être mutualisés et situés à l'extérieur de la parcelle (square par exemple). Dans ce cas une réflexion globale est nécessaire (voir le § suivant).

L'essentiel à retenir

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 (voir § suivant).



On dit que les techniques alternatives peuvent aggraver les risques d'inondation à l'échelle de la ville : VRAI ou FAUX ?

Le stockage et l'infiltration locale des eaux de pluies à proximité immédiate des bâtiments ou des espaces extérieurs imperméables ne posent pas de difficulté particulière pour les pluies les plus courantes. En revanche il existe une crainte que, lors des événements extrêmes, le système dysfonctionne totalement, soit par incapacité à faire face, soit par cause d'un mauvais dimensionnement et génère des débits d'eau importants qui vont aggraver les risques d'inondation à l'aval.

Éléments d'analyse et de réponse

La crainte d'une aggravation des inondations due au dysfonctionnement des techniques alternatives en cas d'événement pluvieux très intense est fortement exagérée.

Sur le principe, cette solution est a priori bien meilleure que la gestion traditionnelle par réseau qui concentre des débits, et donc des volumes, très importants d'eau dans les points bas des villes qui sont souvent leurs centres historiques.

Il subsiste cependant le risque que le volume excédentaire d'eau, ne pouvant être absorbé par les techniques alternatives, se mélange au ruissellement direct et s'écoule par le réseau de surface ou par les voiries pour provoquer des désordres à l'aval.

Pour maîtriser ce risque, il est indispensable de maîtriser les écoulements depuis l'échelle locale jusqu'à celle de la ville, y compris pour des situations catastrophiques. En particulier il faut s'assurer que l'eau qui ne peut pas être gérée localement s'écoule et s'accumule vers un espace où elle ne va causer que des désordres mineurs (pelouse, parking, square, etc.).

Cette réflexion sur le réseau majeur d'évacuation des eaux (comment se font les écoulements lorsque le réseau normal est saturé) devrait d'ailleurs être à la base de toutes les études de risque d'inondation pluviale, que l'on utilise une solution classique par tuyau ou que l'on utilise une solution alternative.

L'essentiel à retenir

Les techniques alternatives sont a priori moins dangereuses que les techniques classiques d'évacuation rapide par réseau et ne contribuent généralement pas à l'aggravation des risques d'inondation à l'aval. Il est cependant indispensable de faire des études hydrologiques sérieuses et en particulier de faire en sorte que, en cas de dysfonctionnement, les volumes excédentaires soient dirigés vers des zones sans enjeux où elles pourront se stocker. Ceci implique de raisonner à une échelle plus large (celle du bassin versant) et de mettre en place un réseau majeur d'évacuation des eaux pluviales (parcours de moindre dommage).

? On dit que la fonction hydraulique des techniques alternatives se dégrade rapidement faute d'entretien : VRAI ou FAUX ?

Le caractère multi-usage de beaucoup de techniques alternatives, le fait que leur statut soit très variable (public, privé collectif, privé individuel), leur diversité (ouvrages de surface ou souterrain, végétalisé ou non, etc.) renforce les craintes sur la capacité à les entretenir et à garantir leur fonctionnement sur la durée, en particulier en ce qui concerne leur fonction hydraulique. Les éléments les plus souvent évoqués sont la présence de macro-déchets, les pertes de fonctionnalités et le colmatage.

Éléments d'analyse et de réponse

Le constat de départ est parfaitement fondé. Il existe un très grand nombre de types d'ouvrages et de statuts possibles pour les techniques alternatives. Cette diversité peut parfois constituer une réelle difficulté à leur entretien efficace. Il existe cependant des outils pour limiter leur dégradation.

- Tout d'abord certains ouvrages n'ont besoin que d'un entretien limité, voire ne nécessitent pas d'entretien du tout. Il existe des noues, des fossés, des tranchées ou des puits d'infiltration qui fonctionnent de façon tout à fait satisfaisante plusieurs dizaines d'années après leur mise en service sans avoir jamais été entretenus.
- La plupart des ouvrages nécessitent cependant un entretien « courant » du même type que celui de n'importe quel espace vert, parking ou chaussée, mais pas ou très peu d'entretien spécifique pour entretenir la fonction hydraulique.
- La qualité de la conception, et en particulier la prise en compte réfléchie le plus tôt possible des facteurs susceptibles d'altérer le fonctionnement des ouvrages (et la réduction de leurs effets dans la conception !) constitue un élément essentiel.
- Il est également nécessaire de réfléchir à qui assurera l'entretien et l'exploitation des espaces dès les phases de conception (ce qui nécessite souvent d'identifier leur fonction principale). Une solution dont on sait qu'elle réclame un entretien régulier et pour laquelle on est incapable de proposer un gestionnaire crédible ne doit pas être retenue. La solution la plus efficace consiste à faire en sorte que ce soit les usages autres que la gestion des eaux pluviales qui justifient l'entretien.
- Il existe une règle pratique simple qui encourage le gestionnaire théorique à agir : en cas de dysfonctionnement, la personne ou l'organisme en charge de l'entretien doit être la première à souffrir des conséquences de ce dysfonctionnement.
- La collectivité peut assurer le contrôle de la qualité de fonctionnement, même pour les ouvrages situés sur le domaine privé, en utilisant une démarche voisine de celle des services publics d'assainissement non collectif dans un service de gestion des eaux pluviales.

Enfin, il est important de distinguer l'entretien usuel et régulier (nettoyage, tonte, etc.) et les opérations plus rares de maintenance lourde (par exemple décolmatage du revêtement) qui peuvent faire l'objet d'un financement et d'une pratique différenciés.

L'essentiel à retenir

Le risque d'un mauvais entretien des techniques alternatives est réel. Il existe deux façons efficaces de s'en prémunir. Soit en mettant en œuvre des solutions qui ne réclament que très peu d'entretien, soit en n'utilisant que des solutions pour lesquelles on sait que l'on pourra trouver un gestionnaire pertinent et motivé notamment par d'autres fonctionnalités du site.

Dans tous les cas, il est important de comprendre que les opérations d'entretien sont normales et qu'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 ou d'un « cahier de vie » permet de clarifier les règles d'entretien et de mieux partager les informations et les responsabilités.

LES REVÊTEMENTS POREUX

infiltration directe des eaux de parking et de voiries tertiaires à travers le revêtement

Revêtements poreux : de quoi parle t-on ? 2

Revêtements poreux : les questions fréquemment soulevées 3

On dit qu'il existe un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux qui s'infiltrent à travers le revêtement : VRAI ou FAUX ? 3

On dit qu'il existe un risque de pollution accidentelle des sols et des nappes : VRAI ou FAUX ? 5

On dit qu'il existe un risque d'endommagement des ouvrages lié aux cycles gel-dégel associé à la présence d'eau dans l'ouvrage : VRAI ou FAUX ? 6

Comment faire lorsque la capacité d'infiltration du sol support est insuffisante ? 7

On dit qu'il existe un risque de colmatage de la couche poreuse : VRAI ou FAUX ? 8

On dit que les revêtements poreux sont difficiles à nettoyer : VRAI ou FAUX ? 9

On dit qu'il est difficile d'assurer la viabilité hivernale avec les revêtements poreux : VRAI ou FAUX ? 10

Les polluants s'accumulent dans le matériau : comment faire pour gérer la masse importante de déchets qui sera produite lors du démontage de la chaussée ? 11



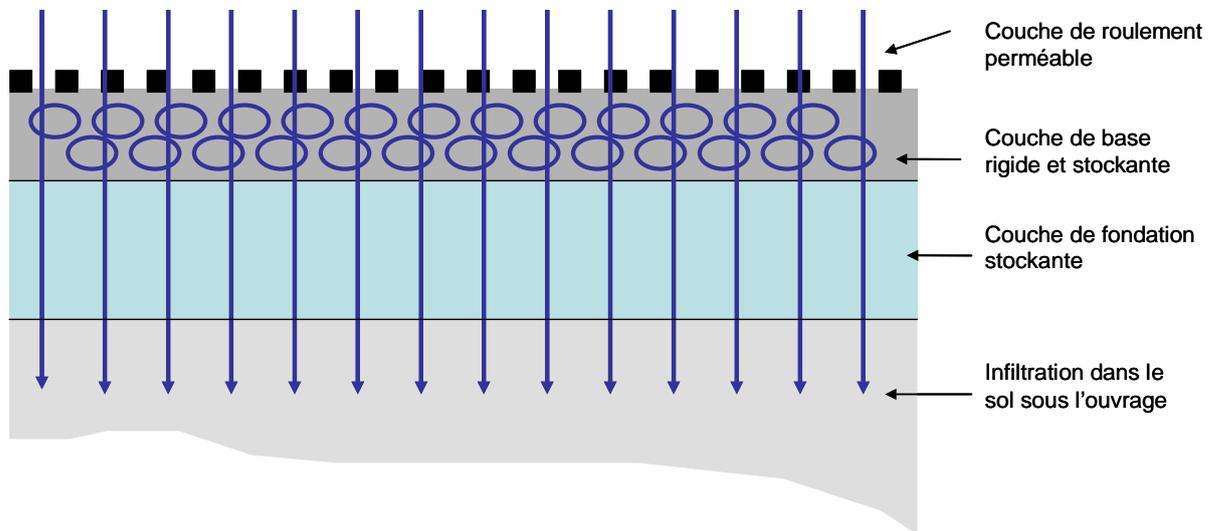
Revêtements poreux : de quoi parle-t-on ?

En matière de revêtement perméable, le vocabulaire est loin d'être fixé et les mêmes mots recouvrent souvent des réalités différentes. Sans vouloir édicter une norme, il est donc utile de commencer par préciser le vocabulaire qui sera utilisé dans cet article.

Trois notions différentes sont en effet souvent mélangées :

- le fait que la couche de roulement soit ou non poreuse ou perméable ;
- le fait que la couche de forme et/ou la couche de fondation puisse stocker de l'eau et permettre sa circulation ;
- le fait que le drainage de la structure se fasse ou non par une infiltration profonde dans le sol sous la structure ou à sa proximité immédiate.

En pratique, presque toutes les combinaisons de ces trois éléments peuvent être mises en œuvre, ce qui offre un grand nombre de solutions possibles. **Nous traiterons ici principalement le cas des ouvrages dotés d'un revêtement poreux, d'une structure réservoir et drainés par une infiltration directe dans le sol.**



De plus nous nous intéresserons à la mise en place de ce type de revêtement uniquement sur les parkings ou des voiries tertiaires, ouvrages peu circulés, et avec peu de réseaux souterrains.

Dans le cas des revêtements drainants, la couche de roulement est généralement confondue avec la couche de base et constitue la partie rigide, mécaniquement résistante de la chaussée. Différents matériaux peuvent être utilisés pour cette couche (enrobés poreux, béton poreux, pavés, pelouse renforcée,...). En général, on évite de stocker l'eau dans cette couche, sauf sur des durées très courtes. Si l'on fait le choix d'utiliser cette couche pour le stockage (ce qui peut éviter d'avoir à mettre en place une couche sous-jacente), l'évacuation de l'eau doit donc être rapide. La couche profonde a essentiellement une fonction de stockage. Elle peut être constituée de graves ou de galets (porosité de l'ordre de 30%) ou d'une très grande variété de SAUL¹.

Nous ne distinguerons pas ici les différentes solutions possibles. Notons cependant que l'offre est suffisamment diversifiée pour faire face à des situations très variées.

¹ Voir le guide du CERTU sur les Structures Alvéolaires Ultra-Légères : <http://www.certu-catalogue.fr/structures-alveolaires-ultralegeres-saul-en-assainissement-pluvial.html>

Revêtements poreux : les questions fréquemment soulevées

Nous développons ci-après les freins les plus fréquemment mis en avant pour expliquer la non-utilisation de ce type de revêtement et évaluons leur importance réelle.



On dit qu'il existe un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux qui s'infiltrent à travers le revêtement : VRAI ou FAUX ?

La pollution des rejets urbains de temps de pluie a été fortement mise en avant depuis une trentaine d'années. De ce fait, beaucoup de personnes craignent un risque de pollution des sols et des nappes par des eaux de ruissellement produites par les chaussées.

En réalité, la pollution des eaux de ruissellement varie beaucoup selon l'endroit où on la mesure. La note « [pollution des eaux pluviales](#) » donne des éléments concrets sur la pollution des eaux de pluie à différents moments de son transfert dans le système urbain. La fiche 2 du document « [Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines](#) »² diffusé par l'agence de l'eau Seine-Normandie propose une grille permettant l'évaluation du potentiel de contamination des eaux produites par les chaussées. Cette même fiche propose une grille permettant l'évaluation du potentiel de contamination des eaux de ruissellement de chaussée.

Dans le cas d'une chaussée poreuse à structure réservoir, chaque goutte d'eau s'infiltré à proximité immédiate du point 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.

Éléments d'analyse et de réponse

■ Les eaux de ruissellement des parkings et voiries peu circulées ne sont pas particulièrement polluées

Une idée largement répandue est que le trafic automobile génère une quantité importante de polluants divers qui s'accumulent sur les surfaces où il s'effectue : métaux issus de l'usure des pièces mécaniques, caoutchouc et molécules variés provenant de la gomme des pneus, résidus d'hydrocarbures, fuites d'huile, ... En réalité la quantité de polluants réellement mobilisables est très généralement assez faible ([voir note sur la pollution des eaux pluviales](#)). Par exemple les concentrations en hydrocarbures totaux dépassent rarement 10mg/l dans les eaux de ruissellement de voirie. Elles sont presque toujours inférieures à 1mg/l sur les parkings ou les voiries peu circulées. Ceci s'explique pour les raisons suivantes :

- Les hydrocarbures les plus visibles (tâches d'huiles sur le sol) se fixent très rapidement à proximité immédiate de la surface du revêtement poreux et ne sont quasiment pas entraînés par l'écoulement. Ces hydrocarbures sont de plus rapidement dégradés par des bactéries. Il en va de même des fuites éventuelles de carburants qui se fixent très vite sur les particules.
- Les HAPs³ légers (composés de peu de cycles) sont volatiles et mobiles. Leur concentration dans les eaux de ruissellement est assez homogène quel que soit le lieu de prélèvement (excepté à proximité immédiate de voiries très circulées : boulevards urbains, autoroutes). Les HAPs plus lourds sont produits en très faibles quantités sur les parkings ou les voiries légères et ne posent pas de réel problème.

²Disponible sur le site de l'Agence de l'eau Seine Normandie :

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Dossier_partage/COLLECTIVITES-partage/EAUX_PLUVIALES/Document_d_orientation_bonne_gestion.pdf

³ Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques sont des résidus de la combustion des produits carbonés. Plusieurs d'entre eux sont cancérigènes.

Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages

- Les particules issues de l'usure correspondent par définition à une pollution particulaire qui va être entraînée par les eaux de ruissellement et qui va se stocker dans les matériaux constituant l'ouvrage (voir le § suivant).

En pratique la concentration en métaux toxiques (Plomb, Cadmium, Cuivre, Zinc) des eaux qui sont recueillies sur un parking ou une voirie peu circulée est très proche de celle de l'eau de pluie. Elle est le plus souvent inférieure, voire très inférieure, à celle des eaux provenant des toitures. La pollution organique (azote, pesticides, désherbants, ...) des eaux de parking est également inférieure à celle qui s'infiltré à travers les pelouses. Ces concentrations sont presque toujours inférieures aux valeurs de norme de qualité « eau de baignade ».

■ Les eaux se filtrent lors de leur transfert à travers les matériaux et le sol.

Peu de mesures ont été faites⁴ spécifiquement sur la qualité des eaux infiltrées à travers des parkings et des voiries peu circulées. Il est cependant possible de s'appuyer sur l'abondante littérature existante sur les ouvrages d'infiltration artificiels⁵.

Notons que les conditions sont beaucoup plus défavorables dans les bassins d'infiltration puisqu'il s'agit ici d'infiltrer des eaux beaucoup plus polluées (en général des rejets pluviaux stricts) et avec des rapports surface de collecte / surface d'infiltration très largement supérieurs à 1 (ce qui signifie que les débits massiques de polluants sont beaucoup plus grands par unité de surface).

Malgré tout, l'ensemble des études montre que pour la plupart des indicateurs il n'existe aucun risque de pollution des sols (on retrouve des concentrations proches du fond géochimique au plus à 1 mètre de profondeur après plusieurs dizaines d'années d'utilisation) ni de pollution des nappes (la plupart des polluants étant fixés aux particules).

L'essentiel à retenir

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 tertiaire 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 et d'autre part les eaux se filtrent très rapidement lors de leur transfert à travers les matériaux et le sol.

⁴ Voir l'article " *Qualité physico-chimique des flux produits par un parking en béton poreux en temps de pluie*" de Chocat et al, Novatech 2013 <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/51392/1B16-236CHO.pdf?sequence=1>

⁵ Voir en particulier le guide du GRAIE à télécharger sur : http://www.graie.org/othu/docsactu/GuideTechnique_recommandationsouvragesinfiltration.pdf



On dit qu'il existe un risque de pollution accidentelle des sols et des nappes : VRAI ou FAUX ?

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

La cause la plus fréquente de survenue d'un tel évènement est constituée par les accidents de circulation, et en particulier les accidents de poids lourds transportant des matières dangereuses. Sur les infrastructures fortement fréquentées (autoroutes par exemple), ce risque est pris en compte et géré par la mise en place d'ouvrages de confinement (bassins jouant d'ailleurs un double rôle de confinement et d'écrêtement des pointes de débit).

Un autre risque potentiel est celui de l'incendie d'un bâtiment situé à proximité de la voirie ou du parking. Cet incendie peut générer des produits potentiellement polluants et l'intervention des pompiers qui répandent de grandes quantités d'eau est susceptible d'entraîner ces contaminants à travers le revêtement poreux.

Le risque d'accident industriel (rupture de cuves ou de canalisations par exemple) constitue un troisième type d'événements potentiels, il n'est pas spécifique des parkings ou des voiries.

Du fait de ces risques accidentels, beaucoup de gestionnaires ou de concepteurs considèrent que des solutions de confinement et/ou de traitement doivent être mises en œuvre, même sur des parkings ou des voiries peu circulées⁶, ce qui est bien sur impossible si l'eau est captée par un revêtement poreux et infiltrée directement sous la chaussée⁷.

Éléments d'analyse et de réponse

Ces risques sont réels mais ne doivent pas être exagérés.

Un grand nombre de pollutions accidentelles (incendies, accidents de circulation, rupture de cuves, ...) se produisent déjà sur des surfaces perméables (bas-côtés des routes) ou sur des zones ne bénéficiant pas d'ouvrages de confinement et il est impossible de se prémunir contre tout risque de pollution accidentelle. Par ailleurs en cas d'accident, la pollution reste généralement fixée sur un volume restreint de sol qui peut être excavé.

Il est cependant nécessaire d'évaluer correctement le risque et d'éviter l'utilisation de ce type de solution lorsque l'aléa est trop important.

L'essentiel à retenir

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.

⁶ Une solution technique souvent proposée (voire parfois imposée) est l'utilisation de séparateurs à hydrocarbures. Si ces ouvrages peuvent effectivement être utiles pour confiner un déversement accidentel (à condition que leur dimension soit suffisante), ils sont totalement inefficaces pour dépolluer les eaux de ruissellement pluvial. Cet argument souvent avancé pour promouvoir la technique doit donc être absolument rejeté (voir synthèse du RDV du Graie "les hydrocarbures dans les eaux pluviales", décembre 2004 http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesynteses/RDV/RDV11hydrocarburesupports.pdf).

⁷ Il est cependant possible d'intercaler des ouvrages de confinement avec d'autres configurations de chaussées à structure réservoir (soit entre la surface et la partie stockante, soit entre la partie stockante et la zone d'infiltration).



On dit qu'il existe un risque d'endommagement des ouvrages lié aux cycles gel-dégel associé à la présence d'eau dans l'ouvrage : VRAI ou FAUX ?

La présence d'eau dans les voiries a toujours été l'un des soucis des ingénieurs routiers. En cas de gel, l'eau augmente en effet son volume et élargit les fissures dans lesquelles elle est stockée, fragilisant ainsi la chaussée.

Éléments d'analyse et de réponse

En pratique, si l'ouvrage est bien dimensionné, 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 plus profonde. En cas de gel, même immédiatement après une pluie, ce qui est peu probable, il n'y a donc aucun risque de déstructuration de la chaussée, l'espace libre étant largement suffisant pour supporter l'augmentation de volume 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 froid⁸.

Il faut cependant noter que les tests de résistance aux cycles gel-dégel sont actuellement inappropriés car effectués à saturation.

L'essentiel à retenir

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

⁸ Voir par exemple le guide de l'UNESCO « *urban drainage in cold climate* », téléchargeable sur le site : <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001225/122599eo.pdf>



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

Si l'on souhaite infiltrer l'eau dans le sol support situé directement sous la chaussée, on est alors dépendant de sa capacité d'infiltration réelle qui peut être très faible. Ce facteur est souvent perçu comme rédhibitoire pour ce type de solution.

Éléments d'analyse et de réponse

Pour évaluer le risque réel d'insuffisance de la capacité d'infiltration, plusieurs éléments doivent être pris en compte :

- Les sols urbains sont très souvent des sols anthropiques constitués de déblais qui se sont accumulés au fil du temps. Ils sont donc extrêmement hétérogènes et leur capacité d'infiltration varie souvent dans des rapports très importants (de 1 à 10, voire davantage), à quelques mètres de distance. Or, pour drainer l'ouvrage, il suffit généralement d'avoir une bonne perméabilité sous une partie seulement de sa surface.
- Les intensités de pluie sont le plus souvent inférieures ou très inférieures aux capacités d'infiltration des sols. A titre d'exemple, une intensité moyenne de 36 mm/h en 1 heure (pluie de période de retour supérieure à 10 ans à Lyon) génère un débit surfacique d'eau de 10^{-5} m/s. Dans le cas d'une chaussée poreuse à structure réservoir drainée par une infiltration dans le sol, le ratio surface contributive/surface d'infiltration est égal à 1. Il n'y a donc aucune concentration des flux.
- L'ouvrage dispose d'une capacité de stockage dans sa masse qui peut être ajustée par une bonne conception. Ce volume va servir de tampon et, en pratique, la capacité d'infiltration du sol support va simplement conditionner le temps de vidange de ce volume. A titre d'exemple pour vidanger en 24h un volume généré par une pluie de 100 mm (pluie de période de retour supérieure à 10 ans à Lyon), avec un ratio surface contributive/surface d'infiltration de 1, il suffit d'avoir une capacité moyenne d'infiltration du sol support de $1,15 \cdot 10^{-6}$ m/s, ce qui correspond à un sol extrêmement peu perméable. Pour stocker ce volume dans le corps de la chaussée, il suffit d'une épaisseur de 30 cm associée à une porosité un peu supérieure à 30%
- En cas d'insuffisance de la capacité d'infiltration due à une pluie exceptionnelle, les volumes en cause restent extrêmement faibles du fait de l'absence de concentration des flux. A titre d'exemple, un parking de 200 m² qui reçoit une pluie très exceptionnelle de 150 mm génère au maximum un volume de 30 m³. Si les 2/3 de ce volume sont pris en charge normalement par l'ouvrage, il reste 10 m³ d'eau à répartir en surface. Si l'on imagine un parking plat et entouré d'une bordure de trottoir qui empêche l'eau de s'évacuer, ce volume va se répartir uniformément avec une hauteur d'eau de 5 cm qui passera totalement inaperçue du fait des conditions climatiques...

L'essentiel à retenir

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 généralement pas rédhibitoire, et des chaussées poreuses à structure réservoir drainées par une infiltration dans le sol peuvent être utilisées même avec des capacités d'infiltration de l'ordre de 10^{-6} m/s, à condition de doter l'ouvrage d'une capacité de stockage suffisante et de gérer le devenir des eaux excédentaires en cas d'insuffisance.



On dit qu'il existe un risque de colmatage de la couche poreuse : VRAI ou FAUX ?

L'accumulation de matières dues à des apports naturels (poussières apportées par le vent, débris végétaux) ou anthropiques (détritus), à l'usure des pièces mécaniques des véhicules, à l'abrasion de la surface, au développement de mousses, etc... conduit peu à peu au colmatage de la couche de surface. La perméabilité se réduit progressivement et il peut arriver un moment où l'eau n'arrive plus à s'infiltrer dans l'ouvrage.

Ce risque est en effet réel. Il est d'ailleurs la contrepartie obligatoire de l'efficacité des ouvrages à dépolluer les eaux. Les particules piégées sont en effet le support des contaminants et le fait qu'elles soient fixées près de la surface permet de ne pas les retrouver plus profondément dans le sol ou dans les nappes.

Éléments d'analyse et de réponse

Ce risque ne doit cependant pas être surestimé, pour deux raisons principales :

- La perméabilité initiale typique d'un béton ou d'un enrobé poreux neuf est de l'ordre de 1 à 3 centimètres par seconde (la surface est suffisamment ouverte pour que l'on puisse facilement assimiler perméabilité, vitesse et capacité d'infiltration). Un tel revêtement neuf peut donc absorber la pluviométrie annuelle moyenne française en une dizaine de minutes ! Même si le revêtement est colmaté à 99,9%, la capacité d'infiltration résiduelle est encore de 10^{-5} m/s, soit 360 mm/h, c'est-à-dire 2 fois la plus forte intensité moyenne mesurée à Lyon sur une durée de 6 minutes⁹. Pour que le colmatage représente une réelle nuisance, il faut donc attendre, sans intervenir, que le colmatage devienne extrêmement important.
- Il existe des moyens efficaces et relativement économiques de décolmatage (véhicules nettoyeurs à haute pression) qui ont en particulier été mis au point pour gérer les revêtements poreux utilisés sur les réseaux routiers et autoroutiers. Si le coût d'un décolmatage paraît de prime abord élevé, il est en fait assez faible si on le compare au coût du curage d'un réseau d'assainissement. Il faut en effet considérer qu'un tel ouvrage est à la fois un ouvrage de surface et un ouvrage de gestion des eaux pluviales. Par ailleurs la fréquence du décolmatage peut être diminué par un nettoyage régulier de la surface (voir § suivant).

L'essentiel à retenir

Les perméabilités initiales des revêtements sont plusieurs milliers de fois supérieures à celles nécessaires pour infiltrer les pluies les plus intenses.

Même si le colmatage progressif des revêtements drainants 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.

⁹ Il faut veiller à ne pas confondre la perméabilité nécessaire d'un bassin d'infiltration qui doit gérer l'eau provenant d'une surface active 20 à 50 fois supérieure à sa propre surface et celle d'un parking drainant qui n'a traité que sa propre surface.



On dit que les revêtements poreux sont difficiles à nettoyer : VRAI ou FAUX ?

Beaucoup d'agglomérations utilisent des procédés de balayage humide pour entretenir leurs voiries. Ces procédés sont assez mal adaptés aux revêtements poreux et ne permettent pas de lutter efficacement contre le risque de colmatage.

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est seulement en partie vrai. S'il est exact que le nettoyage par aspiration permet de limiter de façon très efficace le risque de colmatage, aucune étude n'a mis en évidence de façon nette le fait que le balayage humide accélérât le colmatage. Il faut d'ailleurs considérer que beaucoup de voiries tertiaires et de parking (en particulier sur le domaine privé) ne font l'objet d'aucun entretien...

L'essentiel à retenir

Même si l'aspiration à sec est plus efficace pour prévenir le colmatage en surface, aucune étude n'a mis en évidence le fait que ce phénomène était accéléré par les procédés de balayage humide.

Les revêtements poreux peuvent donc être nettoyés avec les mêmes procédés que les revêtements traditionnels.



On dit qu'il est difficile d'assurer la viabilité hivernale avec les revêtements poreux : VRAI ou FAUX ?

L'utilisation de sels de déneigement est encore une pratique habituelle dans les villes françaises en cas de verglas ou de chutes de neige. Cette pratique est plus difficile à mettre en œuvre sur les revêtements poreux pour trois raisons :

- Il est plus difficile de procéder de façon efficace à un salage préventif car la saumure s'infiltré dans le revêtement et que les grains de sel vont se loger dans les creux où ils ne sont pas efficaces.
- Le fait que le revêtement soit poreux, donc ventilé, diminue la température de surface et augmente le risque d'apparition de verglas, phénomène d'autant plus préjudiciable que le revêtement n'étant pas lisse, la surface de contact entre les pneus et le revêtement est réduite.
- L'infiltration d'eau salée, et éventuellement polluée (les sels de déneigement contiennent souvent des impuretés, notamment des cyanures) risque de polluer les nappes.

Éléments d'analyse et de réponse

Ces trois arguments sont vrais mais ne doivent pas non plus être surestimés. L'entretien hivernal des revêtements poreux est maintenant bien maîtrisé par les gestionnaires de réseaux routiers qui les utilisent fréquemment comme couche de roulement. Il nécessite cependant une augmentation de 30% des quantités de produits.

Le risque de pollution quand à lui est accepté sur toutes les routes du réseau national et départemental et seuls quelques problèmes ponctuels ont été soulevés dans des zones souvent enneigées. Par ailleurs, en cas d'utilisation d'un système conventionnel d'assainissement, les eaux de fonte sont récupérées par le réseau et le sel n'est pas traité par les stations d'épuration. Les rejets sont donc tous aussi importants et beaucoup plus localisés. Le risque doit donc être pris en compte mais ne doit pas être exagéré.

Enfin, on peut s'interroger sur la nécessité d'utiliser partout des sels de déneigement...

L'essentiel à retenir

La viabilité hivernale peut parfaitement être assurée avec des revêtements poreux. Un surcoût est cependant à prévoir si l'on souhaite continuer à utiliser des sels de déneigement ; mais à l'opposé, utiliser ce type de revêtement peut permettre d'initier une réflexion sur les pratiques de viabilisation hivernale.



Les polluants s'accumulent dans le matériau : comment faire pour gérer la masse importante de déchets qui sera produite lors du démontage de la chaussée ?

Les contraintes associées à la nécessité d'un développement durable imposent aujourd'hui de réfléchir au cycle de vie complet des produits. Le démontage de la chaussée en fin de vie et la gestion des granulats qui la composent, en particulier dans le but de les recycler et/ou de les valoriser, constituent donc des éléments à intégrer obligatoirement dans le choix des solutions techniques.

Si la chaussée a accumulé des polluants au cours de sa vie, son démontage et son recyclage seront plus difficiles.

Éléments d'analyse et de réponse

Là encore, il s'agit d'un vrai argument mais qui ne doit pas être exagéré. Les polluants présents dans le matériau sont en fait liés à des particules fines (moins de 250 μm), elles-mêmes adsorbées sur les éléments de la matrice. Les granulats constitutifs du matériau, quel qu'il soit, ne sont donc pas pollués dans leur masse et sont parfaitement recyclables. En revanche, il est nécessaire de prévoir un lavage des matériaux et une récupération des jus et des particules fines, par exemple dans un hydrocyclone. Les résidus ainsi récupérés sont généralement assez fortement pollués, mais leur faible volume permet de les gérer sans difficulté comme des déchets ultimes.

L'essentiel à retenir

Les polluants stockés en fin de vie dans les structures poreuses peuvent assez facilement être séparés des matériaux constitutifs de la chaussée qui eux ne sont pas pollués et peuvent donc être recyclés. Un traitement spécifique est cependant nécessaire. Ce traitement produit une petite quantité de déchets ultimes qui peuvent par exemple être mis dans une décharge adaptée à leur niveau de pollution.

LES NOUES ET FOSSÉS infiltration des eaux de parking et de voiries dans une noue ou dans un fossé

Cette note traite d'une solution utilisable pour gérer les eaux pluviales produites par un parking de voitures particulières ou une voirie peu circulée recouverts par un matériau imperméable, en les infiltrant dans une noue ou un fossé situé à proximité immédiate de la chaussée.

On dit qu'il existe un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux de ruissellement : VRAI ou FAUX ?	2
On dit qu'il existe un risque de pollution accidentelle des sols et des nappes : VRAI ou FAUX ?	4
Que faire si la capacité d'infiltration du sol est insuffisante ?	5
On dit qu'il existe un risque de colmatage des ouvrages d'infiltration : VRAI ou FAUX ?	7
On dit qu'il peut-être dangereux d'installer une noue ou un fossé d'infiltration à côté d'un immeuble : VRAI ou FAUX ?	8
On dit que le coût est élevé, en particulier du fait de l'emprise foncière nécessaire: VRAI ou FAUX ?	9
On dit que le nettoyage et l'entretien sont difficiles à gérer : VRAI ou FAUX ?	10
On dit que les noues et les fossés d'infiltration induisent des difficultés supplémentaires d'entretien : VRAI ou FAUX ?	11



Noues et fossés : les questions fréquemment soulevées

Nous développons ci-après les freins les plus fréquemment mis en avant pour expliquer la non-utilisation de ce type d'ouvrages et évaluons leur importance réelle.



On dit qu'il existe un risque de pollution des sols et des nappes par les eaux de ruissellement : VRAI ou FAUX ?

La pollution des rejets urbains de temps de pluie a été fortement mise en avant depuis une trentaine d'années. De ce fait, beaucoup de personnes craignent un risque de pollution des sols et des nappes par des eaux de ruissellement produites par les chaussées.

Éléments d'analyse et de réponse

En réalité, la pollution des eaux de ruissellement varie beaucoup selon l'endroit où on la mesure. La note « [pollution des eaux pluviales](#) » donne des éléments concrets sur la pollution des eaux de pluie à différents moments de son transfert dans le système urbain. La fiche 2 du document « [Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines](#) »¹ diffusé par l'agence de l'eau Seine-Normandie propose une grille permettant l'évaluation du potentiel de contamination des eaux de ruissellement de chaussée.

Les deux principaux éléments à retenir sont les suivants.

■ Les eaux de ruissellement des parkings et voiries peu circulées ne sont pas particulièrement polluées.

Une idée largement répandue est que le trafic automobile génère une quantité importante de polluants divers qui s'accumulent sur les surfaces où il s'effectue : métaux issus de l'usure des pièces mécaniques, caoutchouc et molécules variés provenant de la gomme des pneus, résidus d'hydrocarbures, fuites d'huile, ... En réalité la quantité de polluants réellement mobilisable est très généralement assez faible (voir [note sur la pollution des eaux pluviales](#)). Par exemple les concentrations en hydrocarbures totaux dépassent rarement 10mg/l dans les eaux de ruissellement de voirie. Elles sont presque toujours inférieures à 1mg/l sur les parkings ou les voiries peu circulées. Ceci s'explique pour les raisons suivantes :

- Les hydrocarbures lourds, les plus visibles (tâches d'huiles sur le sol), sont fixés de façon très forte au revêtement de surface et ne sont quasiment pas entraînés par l'écoulement. Ces hydrocarbures sont de plus rapidement dégradés par des bactéries. Il en va de même des fuites éventuelles de carburants qui se fixent très vite sur les particules.
- Les HAPs² sont eux extrêmement volatiles et mobiles. Leur concentration dans les eaux de ruissellement est assez homogène quel que soit le lieu de prélèvement (excepté à proximité immédiate de voiries très circulées : boulevards urbains, autoroutes).
- Les particules issues de l'usure correspondent par définition à une pollution particulaire qui va être entraînée par les eaux de ruissellement et qui va se stocker dans les matériaux de surface de l'ouvrage d'infiltration (voir le § suivant).

En pratique la concentration en métaux potentiellement toxiques (Plomb, Cadmium, Cuivre, Zinc) des eaux qui ont ruisselé sur un parking ou une voirie peu circulée est le plus

¹ Disponible sur le site de l'Agence de l'eau Seine Normandie :

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Dossier_partage/COLLECTIVITES_partage/EAUX_PLUVIALES/Document_d_orientation_bonne_gestion.pdf

² Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques sont des résidus de la combustion des produits carbonés. Plusieurs d'entre eux sont cancérigènes.

souvent inférieure, voire très inférieure, à celle des eaux provenant des toitures³. La pollution organique (azote, pesticides, désherbants, etc.) des eaux de parking et également inférieure à celle qui s'infiltrent à travers les pelouses. Ces concentrations sont presque toujours inférieures aux valeurs de norme de qualité « eau de baignade ».



Pour diminuer encore les concentrations en polluant, il est conseillé de limiter au maximum la distance parcourue en surface sur le revêtement imperméable en disposant judicieusement les ouvrages d'infiltration

■ **Les eaux se filtrent lors de leur infiltration dans la noue ou dans le fossé.**

Dans le cas d'une noue ou d'un fossé, l'eau s'écoule le plus souvent 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 vont donc diminuer très vite lorsque l'eau va gagner de la profondeur.

Toutes les études montrent ainsi que pour la plupart des indicateurs il n'existe aucun risque de pollution des sols en profondeur (on retrouve des concentrations proches du fond géochimique au plus à 1 mètre de profondeur, et ceci après plusieurs dizaines d'années d'utilisation) ni de pollution des nappes (la plupart des polluants étant fixés aux particules).

Il faut cependant rester vigilant car certains polluants émergents (pesticides par exemple) n'ont pour l'instant été que rarement recherchés et que l'on connaît peu de choses sur leur dynamique dans les sols.



Pour diminuer encore le risque de pollution (ainsi que le risque de colmatage – voir plus loin), il est conseillé de limiter au maximum le rapport surface de collecte / surface d'infiltration.

L'essentiel à retenir

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 ou un fossé est quasiment nul, même s'il faut rester vigilant sur les risques potentiels de certains micropolluants encore peu étudiés.

³ Les eaux provenant des toitures sont souvent chargées en métaux du fait de l'érosion des éléments métalliques utilisés pour construire ou compléter la toiture (clous, chenaux, etc.) et des métaux présents dans les matériaux constitutifs.



On dit qu'il existe un risque de pollution accidentelle des sols et des nappes : VRAI ou FAUX ?

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

La cause la plus fréquente de survenue d'un tel évènement est constituée par les accidents de circulation, et en particulier les accidents de poids lourds transportant des matières dangereuses. Sur les infrastructures fortement circulées (autoroutes par exemple), ce risque est pris en compte et géré par la mise en place d'ouvrages de confinement (bassins jouant d'ailleurs un double rôle de confinement et d'écrêtement des pointes de débit).

Un autre risque potentiel est celui de l'incendie d'un bâtiment situé à proximité de la voirie ou du parking. Cet incendie peut générer des produits potentiellement polluants et l'intervention des pompiers qui répandent de grandes quantités d'eau est susceptible d'entraîner ces contaminants vers le système de gestion des eaux pluviales.

Le risque d'accident industriel (rupture de cuves ou de canalisations par exemple) constitue un troisième type d'événements potentiels, il n'est pas spécifique des parkings ou des voiries.

Du fait de ces risques accidentels, beaucoup de gestionnaires ou de concepteurs considèrent que des solutions de confinement et/ou de traitement doivent être mises en œuvre même sur des parkings ou des voiries peu circulées⁴.

Éléments d'analyse et de réponse

Notons tout d'abord qu'il est impossible de se prémunir contre tout risque de pollution accidentelle. En réalité un grand nombre de pollutions accidentelles (incendies, accidents de circulation, rupture de cuves, ...) se produisent déjà sur des surfaces perméables (bas-côtés des routes) ou sur des zones ne bénéficiant pas d'ouvrages de confinement. Si un accident se produit, la pollution reste en général fixée dans les couches superficielles du sol qui peuvent être facilement excavées et éliminées. Si le risque est réel, il ne doit donc pas être exagéré.

Ensuite, l'utilisation de noues ou de fossés n'interdit pas de prévoir un confinement possible des eaux directement sur la surface imperméable. Une conception bien faite du parking ou de la voirie peut en effet permettre d'installer très facilement en cas de besoin des obstacles provisoires déconnectant les surfaces imperméables des ouvrages d'infiltration.

Enfin, la gestion de l'eau en surface est sécuritaire car elle permet de voir la pollution et d'intervenir plus rapidement. Il est d'ailleurs conseillé de privilégier l'alimentation des noues par gravité et non par avaloirs pour éviter les risques de déversement de liquides et déchets par les usagers.

⁴ Une solution technique souvent proposée (voire parfois imposée) est l'utilisation de séparateurs à hydrocarbures. Si ces ouvrages peuvent effectivement être utiles pour confiner un déversement accidentel (à condition que leur dimension soit suffisante), ils sont totalement inefficaces pour dépolluer les eaux de ruissellement pluvial. Cet argument souvent avancé pour promouvoir la technique doit donc être absolument rejeté (voir synthèse du RDV du Graie "les hydrocarbures dans les eaux pluviales", décembre 2004 http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesyntheses/RDV/RDV11hydrocarburesupports.pdf).

L'essentiel à retenir

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, d'autant qu'il est possible de s'en prémunir en se donnant la possibilité de déconnecter provisoirement les surfaces imperméables des ouvrages d'infiltration.



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

Le risque évoqué ici est en fait double :

- la capacité insuffisante du sol de surface à absorber l'eau de pluie, et donc la stagnation prolongée de l'eau en surface, éventuellement sous forme de boue ;
- la capacité insuffisante du sol sous-jacent à transporter l'eau en profondeur vers la nappe phréatique, et donc à drainer l'ouvrage.

Ces deux éléments sont très différents et ne doivent pas être confondus :

- Le sol de surface est constitutif de l'ouvrage. Sa nature, et donc sa capacité d'infiltration initiale, peuvent donc être parfaitement contrôlées. Le risque réside donc plutôt dans le maintien de cette capacité d'infiltration au cours du temps. Cet aspect est traité dans le § suivant sur le risque de colmatage.
- Le sol sous l'ouvrage est en revanche non contrôlé et il s'agit d'un paramètre de conception que l'on subit. C'est ce risque qui est traité ici.

Éléments d'analyse et de réponse

Pour évaluer le risque réel d'insuffisance de la capacité d'infiltration, plusieurs éléments doivent être pris en compte :

- Les sols urbains sont très souvent des sols anthropiques constitués de déblais qui se sont accumulés au fil du temps. Ils sont donc extrêmement hétérogènes et leur capacité d'infiltration varie souvent dans des rapports très importants (de 1 à 10, voire davantage), à quelques mètres de distance. Or, pour drainer l'ouvrage, il suffit généralement d'avoir une bonne perméabilité sous une partie seulement de sa surface.
- Les intensités de pluie sont le plus souvent inférieures ou très inférieures aux capacités d'infiltration des sols. A titre d'exemple, une intensité moyenne de 36 mm/h en 1 heure (pluie de période de retour supérieure à 10 ans à Lyon) génère un débit surfacique d'eau de 10-5 m/s. De plus le ratio surface contributive/surface d'infiltration peut, dans beaucoup de situations, être maintenu à une valeur faible (inférieur à 10). La concentration des flux est donc faible.
- L'ouvrage dispose d'une capacité de stockage dans sa masse qui peut être ajustée par une bonne conception. Ce volume va servir de tampon et, en pratique, la capacité d'infiltration du sol support va simplement conditionner le temps de vidange de ce volume. A titre d'exemple pour vidanger en 24h un volume généré par une pluie de 100 mm (pluie de période de retour supérieure à 10 ans à Lyon), avec un ratio surface contributive/surface d'infiltration de 10, il suffit d'avoir une capacité moyenne d'infiltration du sol support de $1,15 \cdot 10^{-5}$ m/s, ce qui correspond à un sol très peu perméable.

Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : risques réels et avantages

- En cas d'insuffisance de la capacité d'infiltration due à une pluie exceptionnelle, les volumes en cause restent faibles dans la mesure où les eaux de ruissellement sont gérées très près de leur lieu de production. A titre d'exemple, un parking de 200 m² qui reçoit une pluie très exceptionnelle de 150 mm génère au maximum un volume de 30 m³. Si les 2/3 de ce volume sont pris en charge normalement par l'ouvrage, il reste 10 m³ d'eau à répartir en surface. Une conception bien faite de l'ouvrage peut sans difficulté permettre de stocker 5 m³ en surface au droit de l'ouvrage (avec l'hypothèse précédente d'un ratio surface contributive/surface d'infiltration de 10, la surface de l'ouvrage est de 20 m², ce qui nécessite une lame d'eau moyenne de 25 cm). Il reste 5 m³ qui vont se répartir sur les 200 m² du parking, soit une hauteur d'eau moyenne de 2 à 3 cm qui passera totalement inaperçue du fait des conditions climatiques...

L'essentiel à retenir

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 ou des fossés d'infiltration peuvent sans trop de difficulté être utilisés, même avec des capacités d'infiltration de l'ordre de 10⁻⁵ 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.



On dit qu'il existe un risque de colmatage des ouvrages d'infiltration : VRAI ou FAUX?

Ce risque concerne la couche de surface de l'ouvrage. L'accumulation de matières due à des arrivées d'eaux de ruissellement chargées en particules, mais aussi à d'autres apports naturels (poussières apportées par le vent, débris végétaux) ou anthropiques (détritus) risque de conduire peu à peu à son colmatage. La perméabilité de la surface se réduit progressivement et il peut arriver un moment où l'eau ne s'infiltré plus dans l'ouvrage ; l'eau stagne longtemps en surface et induit des nuisances (moustiques par exemple).

Ce colmatage est la contrepartie obligatoire de l'efficacité des ouvrages à dépolluer les eaux. Les particules piégées sont en effet le support des contaminants et le fait qu'elles soient fixées près de la surface permet de ne pas les retrouver plus profondément dans le sol ou dans les nappes. D'autres causes peuvent également jouer un rôle, comme le tassement de la couche de surface, par exemple si elle est accessible au public.

Eléments d'analyse et de réponse

Ce risque doit impérativement être pris en compte dès l'étape de conception. Les règles suivantes sont le plus souvent efficaces :

Prévoir un dispositif permettant à l'eau de se filtrer ou de décanter avant l'arrivée dans l'ouvrage (par exemple une bande enherbée) ;

- Végétaliser l'ouvrage, le développement des racines permettant de maintenir une certaine perméabilité ;
- Prendre des mesures pour éviter le piétinement ou le passage de véhicules sur l'ouvrage (la végétalisation constitue là aussi une bonne solution) ;
- Nettoyer régulièrement l'ouvrage ;
- Limiter le rapport surface contributive / surface d'infiltration à une valeur aussi faible que possible (si possible inférieur 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.

On peut également accepter ce risque et prévoir un remplacement régulier de la couche de surface.

L'essentiel à retenir

Le colmatage possible des couches de surface des noues ou des fossés est un risque réel à prendre en compte. Une bonne conception des ouvrages associée à la mise en place de règles de suivi et d'exploitation permet cependant de le contrôler avec efficacité.



On dit qu'il peut-être dangereux d'installer une noue ou un fossé d'infiltration à côté d'un immeuble : VRAI ou FAUX?

L'infiltration de l'eau à proximité d'un immeuble peut entraîner des particules fines et déstabiliser les fondations du bâti. Par ailleurs la présence d'eau dans le sol à proximité des sous-sols de l'immeuble va être une source de nuisances (humidité, infiltration d'eau), et peut contribuer à faire remonter localement la nappe phréatique et exercer une pression sur l'immeuble.

Éléments d'analyse et de réponse

Ces risques 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 ;
- L'infiltration de qualité importante d'eau, donc une surface drainée par la noue importante par rapport à sa propre surface ;
- Une noue située à proximité immédiate de l'immeuble.

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 ;
- Ne pas drainer dans une noue proche d'un bâtiment une surface supérieure à la surface de ce bâtiment.

L'essentiel à retenir

Les risques de dégradation des fondations ou de nuisances dans les sous-sols ne peuvent pas être totalement exclus si les noues sont très proches des bâtiments. Le risque est cependant faible et peut facilement être maîtrisé en respectant des règles simples de conception des noues.



On dit que le coût est élevé, en particulier du fait de l'emprise foncière nécessaire: VRAI ou FAUX?

Pour que l'ouvrage fonctionne correctement, le ratio surface contributive/surface d'infiltration doit être faible. De ce fait la surface foncière consommée est importante, ce qui entraîne un coût très élevé pour ce type de solution.

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est vrai si la noue ou le fossé ont pour seule fonction la gestion des eaux pluviales.

Mais l'intérêt principal des solutions alternatives réside justement dans le caractère plurifonctionnel des espaces dédiés à la gestion des eaux pluviales. Les périodes de pluie ne représentent en fait qu'un pourcentage infime du temps, moins de 5% sur la plupart des régions de France métropolitaine. Ceci signifie que pendant 95% du temps les noues ou les fossés sont disponibles de façon exclusive pour une autre fonction.

Le plus simple est bien sûr de les utiliser comme éléments du paysage urbain. Un fossé peut être associé à une haie pour créer une trame verte, il peut contenir une végétation intéressante du fait de la présence plus importante de l'eau ; les parties non infiltrantes d'une noue peuvent être traitées en pelouse ou en espace de détente ou de jeux pour les enfants ; les deux peuvent jouer un rôle dans le développement de la biodiversité ; etc.. Les fossés font d'ailleurs partie intégrante des routes depuis des centaines d'années.

La tendance actuelle consiste d'ailleurs à inverser complètement le point de vue. On ne s'interroge plus sur la meilleure autre fonction que l'on peut attribuer à un ouvrage de gestion des eaux pluviales, mais on se demande quelle est la meilleure façon d'utiliser les espaces urbains que l'on souhaite créer, pour les doter, en plus, d'une fonction de gestion des eaux pluviales.

Le surcoût pour adapter ces espaces à la gestion des eaux pluviales est alors bien inférieur à celui d'un réseau d'assainissement traditionnel.

Si aucune de ces fonctions ne présente de l'intérêt dans le cadre du projet, alors la solution noue ou fossé d'infiltration n'est pas adaptée et ne doit pas être utilisée. D'autres solutions existent (revêtements poreux par exemple) qui évitent de consommer du foncier.

L'essentiel à retenir

Le surcoût dû à l'emprise foncière des ouvrages n'existe réellement que si les ouvrages utilisent un espace qui était initialement prévu pour la circulation ou le stationnement, ce qui implique d'agrandir l'emprise totale.

La solution consiste donc à utiliser, pour infiltrer les eaux de pluie, des espaces urbains qui sont prévus pour d'autres fonctions (espaces verts en particulier). Dans ce cas, les noues et les fossés 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 utilisation de revêtements poreux).



On dit que le nettoyage et l'entretien sont difficiles à gérer : VRAI ou FAUX?

Les noues et les fossés sont des ouvrages de petite taille qui peuvent très facilement être « oubliés », en particulier lorsqu'ils sont situés sur le domaine privé ou que leur gestionnaire est mal identifié (ce qui est un risque potentiel du fait de leur plurifonctionnalité).

Or les noues ou les fossés qui ne sont pas régulièrement nettoyés sont le plus souvent rapidement perçus comme des terrains vagues et deviennent le réceptacle de déchets de tous ordres, induisant nuisances, colmatage et mécontentements.

Une crainte associée pour les collectivités est que, du fait de ces dysfonctionnements, on leur demande de reprendre en charge l'entretien.

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est tout à fait vrai si l'on considère la noue ou le fossé comme un ouvrage d'assainissement.

Cependant, cet argument perd beaucoup de sa portée si l'on considère qu'il s'agit essentiellement d'un espace vert qui a, en plus, pendant de très courtes périodes de temps, une fonction de stockage provisoire et d'infiltration des eaux de pluie.

L'ouvrage doit alors 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 vert⁵.

L'essentiel à retenir

Le nettoyage et l'entretien régulier des noues et des fossés est une nécessité absolue, à la fois pour des raisons d'esthétique et de garantie de fonctionnement. Il est donc très important de prévoir les modalités pratiques de cet entretien.

Que l'ouvrage soit sur le domaine public ou sur le domaine privé, une solution simple consiste à privilégier sa fonction d'espace vert à sa fonction de gestion des eaux pluviales ; en particulier une bonne conception et une bonne intégration dans le paysage réduira fortement les risques de salissures.

⁵ Il est cependant nécessaire de garder en mémoire que l'espace a également une fonction technique et en particulier conserver des possibilités d'accès pour permettre une éventuelle intervention plus lourde.



On dit que les noues et les fossés d'infiltration induisent des difficultés supplémentaires d'entretien : VRAI ou FAUX?

Les deux questions les plus soulevées concernent la viabilité hivernale et l'entretien de la végétation (de la noue, du fossé ou des autres espaces verts).

Les moyens généralement utilisés pour assurer la viabilité hivernale reposent sur l'utilisation de produits fondants (sels de déneigement) et l'entretien de la végétation requiert souvent l'utilisation d'engrais ou de produits phytosanitaires. Dans les deux cas la conséquence est la production de polluants que l'on pense dangereux d'infiltrer dans le sol et la nappe.

L'utilisation de techniques d'infiltration risque donc de nécessiter une modification des pratiques et d'interdire les modes de gestion habituels.

Éléments d'analyse et de réponse

En réalité le fait d'infiltrer l'eau dans un fossé ou une noue ne rend pas du tout impossible le maintien des pratiques habituelles :

D'une part, les chaussées des routes de campagne sont toujours déneigées avec des produits fondants et l'utilisation des produits phytosanitaires n'est pas interdite dans les champs. Il est donc tout à fait possible d'infiltrer ces produits.

D'autre part la gestion des eaux pluviales par un réseau d'assainissement traditionnel ne résout pas le problème car les eaux ne sont de toute façon pas traitées avant leur rejet au milieu naturel.

Il reste, mais c'est une question beaucoup plus générale, que ces produits ne sont effectivement pas une bonne chose pour la nature et qu'il vaudrait mieux en réduire fortement l'usage.

L'essentiel à retenir

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 ou un fossé 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.

LES TOITURES TERRASSES

stockage des eaux de pluie sur des toitures terrasses végétalisées ou non

Toitures terrasses : de quoi parle-t-on ? 2

Toitures terrasses : les questions fréquemment soulevées 3

On dit que l'entretien de l'étanchéité est difficile et qu'il y a des risques d'infiltration d'eau : VRAI ou FAUX ? 3

On dit qu'il n'existe pas de régulateurs efficaces et fiables permettant d'évacuer l'eau avec un débit suffisamment faible : VRAI ou FAUX ? 4

On dit que l'utilisation de toitures stockantes est interdite en zone de montagnes : VRAI ou FAUX ? 5

On dit que le DTU interdit le stockage de l'eau sur les toitures végétalisées : VRAI ou FAUX ? 5

On dit que les règles d'urbanisme peuvent interdire les toitures terrasses stockantes : VRAI ou FAUX ? 6

On dit que le surcoût est important, en particulier en termes de génie civil : VRAI ou FAUX ? 7

Comment faire lorsque l'accès à la toiture est difficile et pose des problèmes de sécurité ? 8

On dit que le stockage de l'eau sur la toiture va générer des nuisances : VRAI ou FAUX ? 9

On dit que dans le cas d'une toiture végétalisée, l'entretien de la végétation est difficile et la qualité esthétique mauvaise : VRAI ou FAUX ? 10

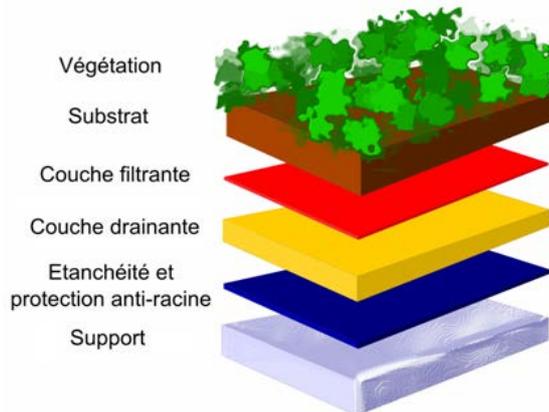
On dit qu'en cas de période prolongée de sécheresse la survie de la végétation ne peut pas être assurée : VRAI ou FAUX ? 11



Toitures terrasses : de quoi parle-t-on ?

Il existe aujourd'hui une grande confusion entre deux notions différentes :

- celle de **toitures stockantes**, destinées à faciliter la gestion des eaux pluviales urbaines en limitant les débits de pointe ;
- celle de **toitures végétalisées**, dont les fonctions peuvent être multiples (climatisation de l'immeuble, traitement paysager, protection de l'étanchéité, etc.), mais qui ne jouent pas obligatoirement un rôle dans la rétention des eaux de pluie.



Structure multi-couche classique de toiture végétalisée (source : CEREMA)

Cette note traite des toitures stockantes, qu'elles soient végétalisées ou non, mais dont la fonction principale est le stockage temporaire des eaux pluviales.

De plus nous nous intéresserons particulièrement aux toitures terrasses, même s'il n'est pas obligatoire que la toiture soit plane pour permettre le stockage de l'eau.

Sur ce type d'ouvrage, l'évacuation de l'eau peut se faire soit par vidange avec un débit régulé, soit par évaporation et évapotranspiration en présence de végétaux. En général les deux modes sont utilisés de façon complémentaire, la vidange permettant de limiter la quantité d'eau maximum présente sur la toiture. Dans le cas de toitures végétalisées, il est possible d'imaginer des solutions techniques avec une réserve de stockage combinée à la couche drainante.

Toitures terrasses : les questions fréquemment soulevées

Cette partie présente les freins les plus fréquemment mis en avant pour expliquer la non utilisation de ce type de solution et évalue leur importance réelle.



On dit que l'entretien de l'étanchéité est difficile et qu'il y a des risques d'infiltration d'eau : VRAI ou FAUX ?

La présence d'eau sur de longues durées, et, dans le cas de toitures végétalisées, la présence permanente de terre sur la toiture font craindre que l'étanchéité ne soit mise en défaut et que des infiltrations se produisent à travers la toiture.

Dans le cas de toitures végétalisées, ce risque est encore accru du fait de la présence de racines susceptibles de venir endommager l'étanchéité.

Eléments d'analyse et de réponse

Cet argument ne repose sur aucun fait réel. Les toitures sont justement faites pour rester étanches lorsqu'elles reçoivent de l'eau et pratiquement toutes les toitures terrasses sont de fait stockantes. Elles peuvent même stocker beaucoup d'eau lorsque, comme ceci arrive souvent, les évacuations sont en partie, voire totalement, bouchées.

En pratique le risque d'infiltration est donc quasiment le même que la toiture soit stockante ou non. Dès 1987, la chambre syndicale nationale de l'étanchéité a ainsi édicté des règles pour la réalisation correcte des toitures terrasses stockantes et les DTU 43.1 (étanchéité des toitures terrasses) et DTU 60.11 (évacuation des eaux pluviales de toiture), décrivent précisément les prescriptions à suivre, en imposant en particulier une étanchéité multicouche. La végétalisation des toitures joue souvent un rôle positif en protégeant l'étanchéité (notamment) des chocs thermiques en période froide et chaude.

Le développement des racines peut être facilement géré par le choix d'une végétation adaptée à l'épaisseur de terre et par un entretien régulier. En outre, sous les toitures végétalisées, l'étanchéité mise en œuvre doit disposer de propriétés « anti-racines » (généralement démontrées à partir de la norme NF EN 13948¹), les protégeant de la perforation pour la majorité des espèces végétales.

Qu'elle soit végétalisée ou non, l'entretien d'une toiture est obligatoire afin de permettre au maître d'ouvrage de faire valoir la garantie décennale en cas de problème lié à la structure, rencontré dans les dix premières années de sa vie. Certaines entreprises d'étanchéité disposent de filiales auprès desquelles il est possible de souscrire un contrat d'entretien pour sa toiture, même si celle-ci a été construite par une autre entreprise.



Il existe également des solutions modulaires constituées de bacs à réserve d'eau que l'on peut installer sur des terrasses existantes à condition qu'elles supportent la surcharge. L'eau de pluie reçue par les bacs se stocke dans le substrat et/ou dans la réserve d'eau et c'est uniquement l'excédent qui s'écoule sur la toiture existante.

L'essentiel à retenir

Les DTU 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.

¹ NF EN 13948 : Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères - Détermination de la résistance à la pénétration des racines



On dit qu'il n'existe pas de régulateurs efficaces et fiables permettant d'évacuer l'eau avec un débit suffisamment faible : VRAI ou FAUX ?

Les surfaces des toitures terrasses sont généralement faibles et une régulation efficace du débit de pointe impose de limiter le débit de fuite à des valeurs très faibles (généralement inférieures au litre par seconde). Or il n'existe pas de système mécanique ou autre permettant de contrôler des débits aussi faibles sans risque d'obstruction. Par ailleurs les régulateurs sont très imprécis et on est incapable de connaître le débit de fuite qu'ils sont capables d'évacuer. Enfin, il existe un risque important de bouchage par des débris de végétation ou par de la terre.

Eléments d'analyse et de réponse

Cet argument est de moins en moins vrai car le développement des toitures terrasses stockantes entraîne des efforts d'innovation, et de nouveaux produits de plus en plus performants sont mis sur le marché tous les ans. On trouve par exemple des régulateurs capables de limiter le débit à des valeurs de l'ordre de 0,3 L/s.

Ces dispositifs sont pour la plupart réglables et il est facile de remplir la terrasse d'eau et de voir à quelle vitesse elle se vide de façon à régler correctement le régulateur.

Le risque de bouchage existe, mais il n'est guère plus important que sur une terrasse classique. Il peut facilement être contrôlé par un entretien régulier ou en utilisant des solutions préventives (par exemple en protégeant le régulateur par un géotextile ou une crêpe fine assurant un rôle de filtre placée en amont).

Dans le cas des toitures stockantes végétalisées, une autre solution possible consiste à privilégier l'évacuation de l'eau par évaporation et évapotranspiration. L'évacuation directe vers un exutoire de surface ne concerne alors que le trop-plein de sécurité.

Cette solution présente un triple avantage :

- Elle met plus d'eau à disposition de la végétation et favorise son développement ;
- Elle conduit à une absorption importante de chaleur et donc améliore le confort thermique du bâtiment en été et permet de lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains ;
- Elle limite encore plus les flux d'eau et de polluants restitués au milieu naturel pendant ou juste après les périodes pluvieuses.

En revanche, évacuer l'eau uniquement par évaporation et évapotranspiration nécessite un volume de stockage supérieur, en particulier en fin d'hivers, ce qui induit des surcharges, donc des surcoûts de structure. Les simulations montrent que dans la plupart des régions françaises métropolitaines, une lame d'eau de l'ordre de 20 à 25 cm, soit environ le double de celle nécessaire au stockage d'un évènement pluvieux important, est suffisante.

L'essentiel à retenir

L'argument est de moins en moins vrai car on commence à trouver sur le marché 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 dit que l'utilisation de toitures stockantes est interdite en zone de montagnes : VRAI ou FAUX ?

Le DTU 43.1 interdit l'utilisation des toitures planes, qu'elles soient stockantes ou non, en zone de montagne. Cette interdiction est fondée d'une part sur les risques liés au gel et d'autre part sur les surcharges pondérales importantes possibles, le poids de la neige venant s'ajouter au poids de l'eau stockée.

Éléments d'analyse et de réponse

Il s'agit là d'un vrai argument, même s'il est possible d'imaginer de stocker de l'eau sur des toitures pentues.

En pratique, cette interdiction ne concerne cependant qu'une faible partie du territoire, et pas celle qui est la plus urbanisée. En effet, le DTU précise que sont considérés comme appartenant à des zones de montagne (hors zones correspondant à des microclimats spécifiques), les territoires situés à plus de 900 mètres d'altitude.

L'essentiel à retenir

Les toitures planes sont interdites dans les zones de montagnes (en particulier lorsque l'altitude est supérieure à 900 mètres). Même s'il est possible de concevoir des toits pentus stockants, cette solution n'est pas adaptée à ce type de climat.



On dit que le DTU interdit le stockage de l'eau sur les toitures végétalisées : VRAI ou FAUX ?

Le DTU 43.1 autorise la rétention temporaire des eaux de pluie uniquement sur les toitures inaccessibles, à pente nulle et bénéficiant d'une protection gravillonnée. Il interdit donc de fait le stockage de l'eau sur une toiture végétalisée, surtout si elle est accessible.

Éléments d'analyse et de réponse

En pratique, même si l'on peut imaginer que cet argument soit opposable, il ne doit pas être exagéré. Le stockage en surface concerné par le DTU est en effet le stockage au-dessus de la toiture végétalisée, c'est-à-dire qu'il ne concerne que l'eau qui n'a pas réussi à s'infiltrer dans le substrat.

En réalité rien n'interdit le stockage dans le substrat ou dans une SAUL située sous le substrat et spécifiquement dédiée à la rétention, à condition que cette dernière ait fait l'objet d'un avis technique du CSTB.

L'essentiel à retenir

Le stockage sur le dessus de la toiture végétalisée est interdit et le trop plein doit obligatoirement être installé au niveau du haut du substrat, mais le stockage dans le substrat ou dans la sous couche est possible. Cette sous couche peut être constituée d'une structure alvéolaire ultralégère pour augmenter la capacité de rétention



On dit que les règles d'urbanisme peuvent interdire les toitures terrasses stockantes : VRAI ou FAUX ?

Certaines collectivités, ou certains quartiers, sont effectivement soumis à des règles d'urbanisme qui interdisent l'utilisation de toitures planes.

Éléments d'analyse et de réponse

Il s'agit là d'un argument réel. Même s'il est possible d'imaginer de stocker de l'eau sur des toitures pentues, les capacités de stockage de la structure sont alors moins importantes que celles d'une toiture terrasse végétalisée.

Cependant, cet argument peut être également contesté en vertu de la loi du 12 juillet 2010 qui indique dans son article 12 (article L.111-6-2 du code de l'urbanisme) que « *nonobstant toute disposition d'urbanisme contraire, le permis de construire ou d'aménager ... ne peut s'opposer à ... l'installation de dispositifs favorisant la retenue des eaux pluviales* ».

Même si le décret d'application de cette loi (en date du 13 juillet 2011) est plus ambigu, Mme la Ministre de l'écologie a répondu à une question écrite de M Francina² en précisant que les toitures végétales favorisant la retenue des eaux pluviales rentraient bien dans le champ d'application de la loi.

L'essentiel à retenir

Si les toitures planes sont interdites par le règlement d'urbanisme, alors l'utilisation de toitures végétalisées stockantes peut poser problème. La loi du 12 juillet 2010 permet normalement de passer outre à cette interdiction.

² Assemblée nationale, question 3140, réponse publiée au JO le 08/01/2013 (p201) - <http://questions.assemblee-nationale.fr/q14/14-3140QE.htm>



On dit que le surcoût est important, en particulier en termes de génie civil : VRAI ou FAUX ?

Le volume d'eau maximum à stocker sur la toiture, ainsi que les différentes couches constitutives des toitures végétalisées, génèrent des surcharges pondérales importantes à la fois pour la toiture elle-même et pour l'ensemble de la structure porteuse. Il est nécessaire d'intégrer ces surcharges dans le dimensionnement mécanique du bâtiment, ce qui entraîne un surcoût sur le génie civil.

Éléments d'analyse et de réponse

Les surcharges peuvent en effet être importantes : 40 cm de terre végétale, dans le cas de la construction d'une toiture de type intensive (équivalente à un « jardin sur le toit ») associée à 20 cm d'eau se traduisent par une surcharge de l'ordre de 1 tonne par mètre carré, ce qui est loin d'être négligeable.

Le problème ne doit cependant pas être exagéré :

- Il est presque toujours possible d'utiliser des toitures végétalisées extensives. Une épaisseur de 10 cm de substrat entraîne alors une surcharge limitée à environ 80kg/m².
- Il est déjà nécessaire de prendre en compte une surcharge sur toutes les toitures terrasses, même si elles ne sont pas stockantes, pour tenir compte de la présence éventuelle de neige (ou d'eau jusqu'au niveau du trop-plein en cas de bouchage des évacuations !). Cette surcharge varie selon les régions entre 50 et 120 kg par m². Il faut de plus prendre en compte une surcharge d'exploitation et d'entretien (même pour les toitures inaccessibles) de 100 kg par m², ce qui correspond à 10 cm d'eau supplémentaire. Aucun surcoût n'est donc en général à prévoir si on limite le volume stocké aux valeurs acceptables par la structure.
- Dans le cas d'un bâtiment neuf, la surcharge sur la terrasse ne nécessitera pas, pour la plupart des bâtiments, de surdimensionnement de la structure porteuse ; les facteurs limitants sont généralement plutôt d'ordre dynamique (contreventement, protection sismique) ; seule la dalle de toiture devra être renforcée. Des renforcements de la structure seront cependant nécessaires dans le cas des bâtiments avec des structures poteaux/poutres et ayant de grands plateaux (cas fréquent des bâtiments à usage de bureaux).
- En général, le surcoût sur le bâtiment sera du même ordre de grandeur (souvent plus faible) que le coût d'un bassin de stockage de volume équivalent installé sur le sol ou en sous-sol (stockage de plus en plus souvent imposé par le règlement local d'urbanisme). Les économies pourront même être substantielles si on trouve une solution d'évacuation pour les eaux du trop-plein ne nécessitant pas de branchement eau pluviale sur le réseau collectif.

En revanche, une surcharge trop forte peut être inacceptable pour un bâtiment existant et limiter le volume stockable à la surcharge admissible.

L'essentiel à retenir

La mise en œuvre d'une toiture stockante 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. 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.



Comment faire lorsque l'accès à la toiture est difficile et pose des problèmes de sécurité ?

Sur la plupart des bâtiments, les toitures terrasses ne sont pas accessibles (interdites au public). En conséquence leur accès est difficile (souvent par des trappes ou des échelles) et aucune protection ne limite le risque de chute du toit. L'entretien de la toiture stockante sera donc difficile, en particulier si elle est végétalisée.

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est en partie vrai dans le cas des bâtiments existants.

Cependant, une toiture stockante ne nécessite pas nécessairement un entretien plus fréquent qu'une toiture traditionnelle et ne mobilise pas non plus obligatoirement un matériel plus encombrant ou volumineux. La difficulté peut donc être surmontée en intégrant les contraintes d'entretien lors de la conception du projet. Par exemple, il ne faudra pas prévoir une terrasse végétalisée avec des attentes esthétiques spécifiques nécessitant des tontes régulières s'il est impossible de monter facilement une tondeuse ! Ce type de pratique est cependant très rare en toitures végétalisées, en particulier pour les toitures extensives. Par rapport à l'entretien des végétaux et d'un point de vue technique, celles-ci nécessitent uniquement un arrachage manuel des « mauvaises herbes » pouvant endommager l'étanchéité, pratique nécessitant un équipement restreint.

Dans le cas des bâtiments neufs, cette difficulté n'existe pas. Si l'on prévoit dès le début de la conception d'utiliser la toiture terrasse pour stocker l'eau de pluie et/ou pour avoir une fonction paysagère, alors il est parfaitement possible de gérer les questions d'accès et de sécurité.

La grande mode actuelle est d'ailleurs celle de la « villa sur le toit », qui consiste à construire une maison individuelle entourée d'un jardin sur la toiture des bâtiments collectifs. Les toitures terrasses collectives accessibles peuvent également être traitées comme de nouveaux espaces de vie et de rencontre.

L'essentiel à retenir

Les exigences d'accès pour l'entretien ne sont pas plus sévères pour les toitures stockantes que pour les autres toitures.

Dans le cas des bâtiments neufs, il est tout à fait possible de concevoir des immeubles avec une toiture terrasse stockante facilement accessible (aussi bien pour l'entretien d'une éventuelle végétation que pour l'agrément des habitants) et parfaitement sécurisée.



On dit que le stockage de l'eau sur la toiture va générer des nuisances : VRAI ou FAUX ?

Le fait que de l'eau stagne sur la toiture terrasse est susceptible de générer des nuisances olfactives et d'attirer des insectes (en particulier des moustiques).

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est non fondé pour plusieurs raisons :

Dans le cas d'une toiture non végétalisée, la toiture stockante est généralement conçue pour se vider en moins de 24h (pour que le volume de stockage soit à nouveau disponible si une autre pluie survient) ; cette durée est tout à fait insuffisante pour permettre le développement de larves de moustiques.

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.

La stagnation d'eau sur une toiture terrasse existe, que la toiture soit stockante ou pas, du fait des défauts de pente ou de planéité ; elle est généralement plus faible pour les toitures stockantes pour lesquelles on attache plus d'importance aux aspects hydrauliques ; elle est surtout importante pour les terrasses équipées de dalles sur plots qui constituent souvent un vrai risque pour la prolifération des moustiques.

Aucun cas de mauvaises odeurs associées à l'utilisation d'une toiture terrasse stockante n'a jamais été rapporté.

L'essentiel à retenir

Les toitures terrasses stockantes, qu'elles soient végétalisées ou non, n'augmentent pas le risque de prolifération de moustiques par rapport aux toitures terrasses traditionnelles ; elles peuvent même contribuer à le réduire.

Le risque de mauvaises odeurs semble totalement inexistant.



On dit que dans le cas d'une toiture végétalisée, l'entretien de la végétation est difficile et la qualité esthétique mauvaise : VRAI ou FAUX ?

Beaucoup d'architectes ont en mémoire les toitures végétalisées du quartier Vauban de Fribourg, qui, ne recevant aucun entretien, ressemblent à une prairie juste avant la fauche en juin, à une savane desséchée à partir du 14 juillet et à une jachère pendant tout l'automne et l'hiver. Ils craignent, sans doute à juste titre, que ce type de paysage urbain ne soit pas accepté par la majorité de nos concitoyens.

Éléments d'analyse et de réponse

L'aspect d'une toiture végétalisée peut être très différent selon les choix effectués. 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 et fraîchement tondue comme à Bercy, une lande peuplée de plantes arbustives ne craignant pas la sécheresse ni le gel ou un jardin fleuri 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.

Malgré tout, il ne faut pas oublier que l'on travaille sur du vivant et qu'il n'est pas toujours possible de prévoir l'évolution réelle de la végétation. Utiliser des espèces locales et faire des choix d'entretien simples sont souvent des gages de réussite.

L'essentiel à retenir

Les toitures terrasses végétalisées stockantes peuvent accueillir un grand nombre d'espèces végétales et créer des paysages extrêmement diversifiés. Il est cependant indispensable d'adapter les compétences et les moyens des personnels assurant l'entretien aux objectifs visés.



On dit qu'en cas de période prolongée de sécheresse la survie de la végétation ne peut pas être assurée : VRAI ou FAUX ?

La pluie présente une grande irrégularité dans le temps et les périodes de canicule où la végétation a besoin de beaucoup d'eau correspondent malheureusement souvent à des périodes de sécheresse. En l'absence de réserve souterraine profonde, ces périodes risquent d'entraîner un dépérissement de la végétation.

Éléments d'analyse et de réponse

Cet argument est bien sûr vrai et doit d'autant plus être pris en considération que, du fait du changement climatique, il est probable que les périodes sèches et caniculaires deviennent plus fréquentes en été en France.

Il n'est cependant pas rédhibitoire et plusieurs moyens peuvent être mis en œuvre pour assurer la survie de la végétation :

- choisir des espèces capable de résister aux conditions climatiques qu'elles vont rencontrer ;
- conserver le maximum d'eau sur la terrasse, soit avec une épaisseur importante de sol, soit, pour limiter les surcharges, en utilisant des réserves d'eau situées par exemple sous la terre végétale ;
- prévoir, si les espèces et le climat le nécessitent, un arrosage ou un système d'irrigation comme pour n'importe quel jardin. Les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées³ demandent d'ailleurs à ce qu'un point d'eau soit disponible pour permettre un arrosage en toiture, notamment lors de l'implantation initiale des végétaux, ceci quel que soit le climat de la zone où est construite la toiture végétalisée.

L'essentiel à retenir

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.

³ <http://www.adivet.net/realisation/regles-professionnelles.html>