

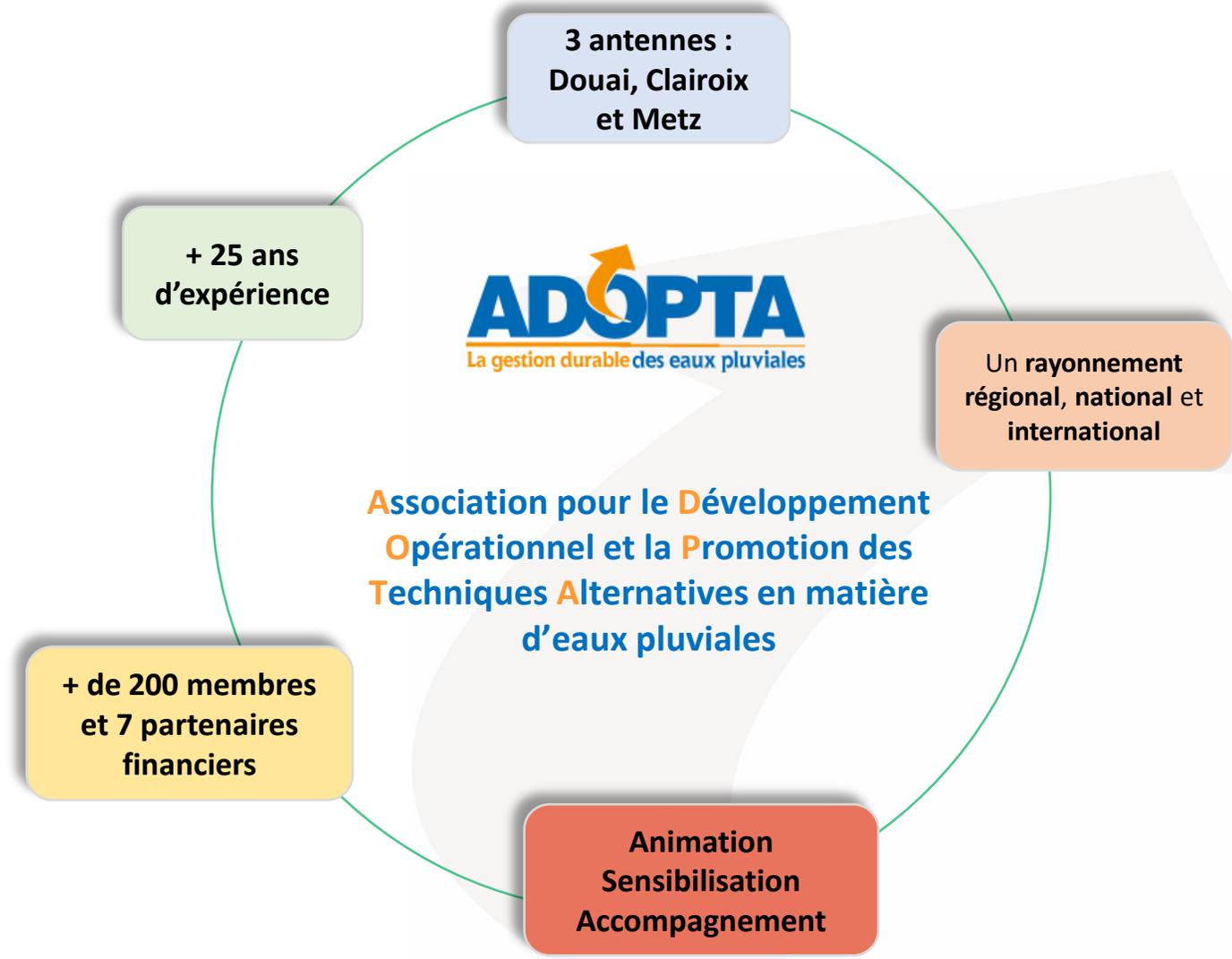
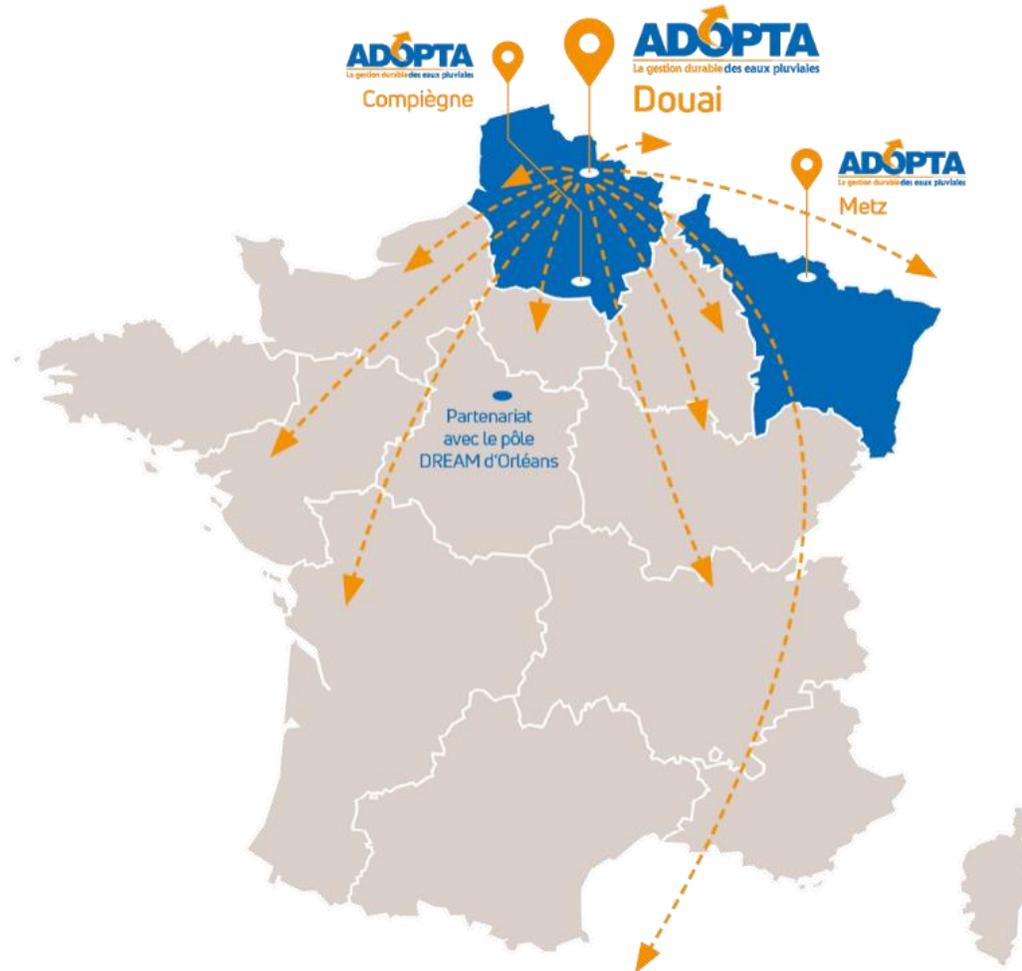


GESTION INTEGREE DES EAUX PLUVIALES : LES CHAUSSEES RESERVOIRS

Jean-Jacques HERIN
Président de l'ADOPTA



L'ADOPTA, QUID ?



LES STRUCTURES RÉSERVOIRS



But :

- Permettre de recueillir, stocker et restituer les eaux de pluie tombant sur les voiries et toitures

Principe :

- Structure en matériaux poreux pouvant être alimentée :
 - soit par la surface, constituée alors d'un revêtement drainant
 - soit à partir d'avaloirs, de caniveaux ou de chéneaux dans le cas d'un revêtement étanche

Commentaires

7. Chaussée à structure réservoir

7.1. Généralités sur les ouvrages

7.1.1. Description des ouvrages

7.1.2. Fonctions des ouvrages

Texte

7 Chaussée à structure réservoir

7.1 Généralités sur les ouvrages

7.1.1 Description des ouvrages

Les chaussées à structures réservoirs (CSR) sont des ouvrages de stockage enterrés situés sous l'emprise de la circulation (voiries, parcs de stationnement..).

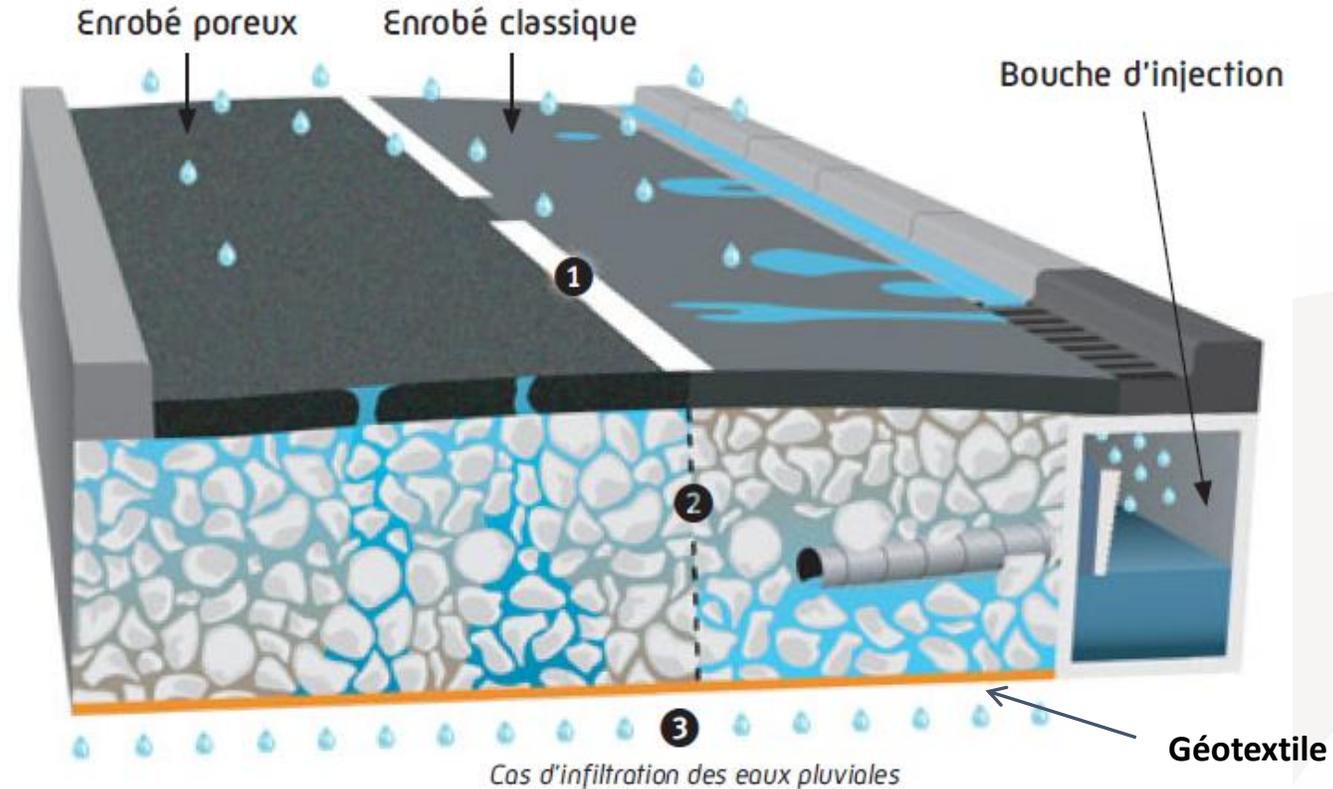
Une CSR assure le stockage des eaux pluviales à l'intérieur des vides créés dans le corps de chaussée.

7.1.2 Fonctions des ouvrages

Outre la fonction de voirie, les CSR sont réalisées afin de permettre :

- le recueil des eaux précipitées sur leur emprise et éventuellement sur l'emprise de surfaces adjacentes. Ainsi, en piégeant les polluants, les structures réservoirs limitent l'effet de lessivage des chaussées, et par conséquent, la pollution ;
- le stockage temporaire de ces eaux, régulant ainsi les débits pluviaux et limitant le risque d'inondation ;
- leur restitution à un débit suffisamment faible pour être absorbé soit :
 - o directement par le sol en place lorsque ses caractéristiques de perméabilité et de stabilité le permettent,
 - o par un collecteur existant,
 - o par le sol et par un collecteur,
 - o par un autre ouvrage de gestion des eaux pluviales (traitement, autre bassin, autre exutoire,...).

LA CHAUSSEE A STRUCTURE RESERVOIR



Enrobé poreux	Enrobé classique
<p>Pourcentage de vides : env. 20%</p> <p>Perméabilité moyenne : 2cm/s</p> <p>Fonction : faire percoler l'eau de pluie directement jusqu'à la structure réservoir</p> <p>A exclure dans les zones de giration et dans les zones à « risque » de souillure</p>	<p>Fonction : faire ruisseler l'eau de pluie jusqu'à des ouvrages de collecte</p>

	Revêtement poreux	Revêtement étanche
Infiltration		
Exutoire		

C'est la structure de la voirie/du parking qui fait office de bassin de stockage/tamponnement.

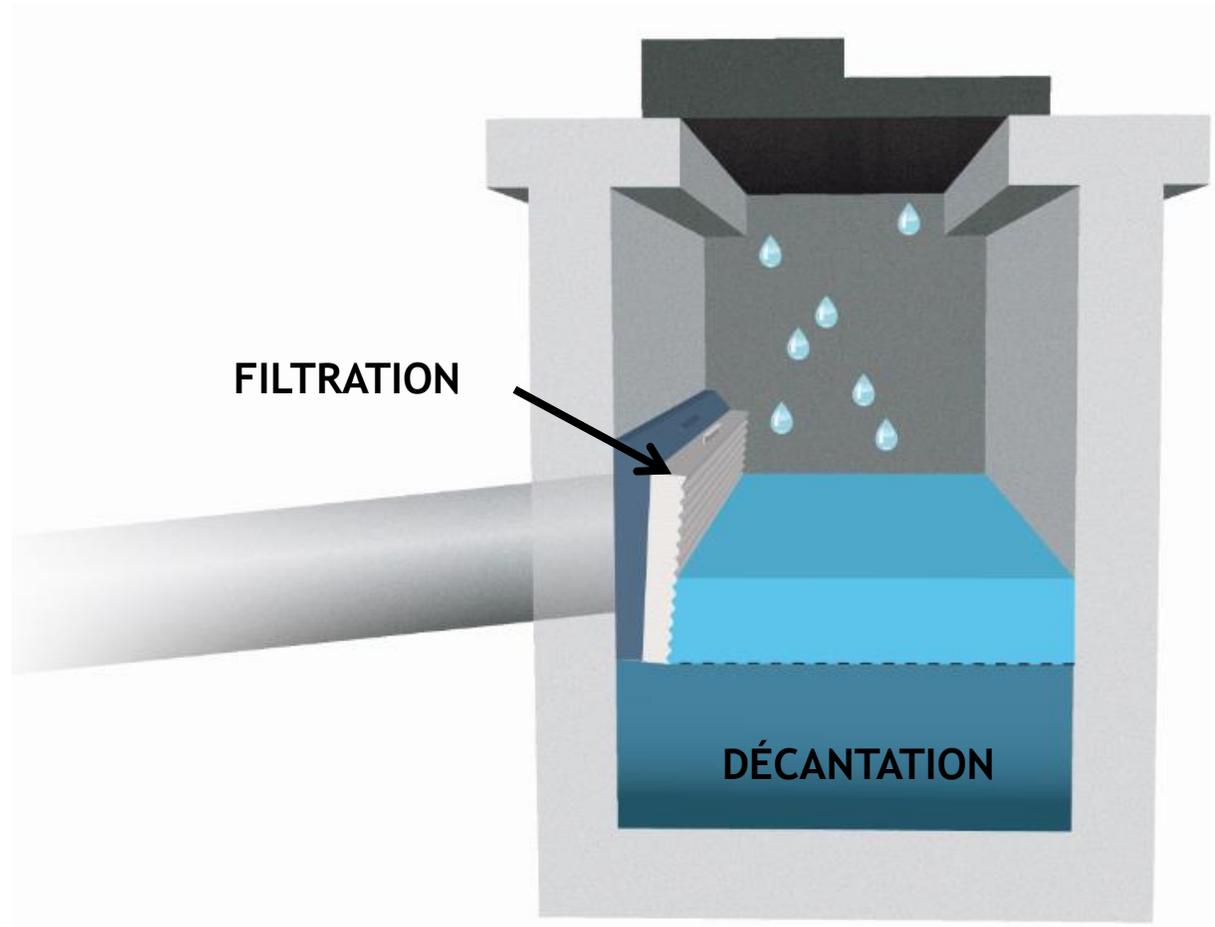
Le volume de stockage est fonction de la nature des matériaux et de l'indice de vide créé.

- **Grave non traitée (GNT) : 30 à 45%**
- **SAUL : 90 à 95%**

Prendre en compte la problématique de la pente.

2 types d'enrobés : classiques ou poreux

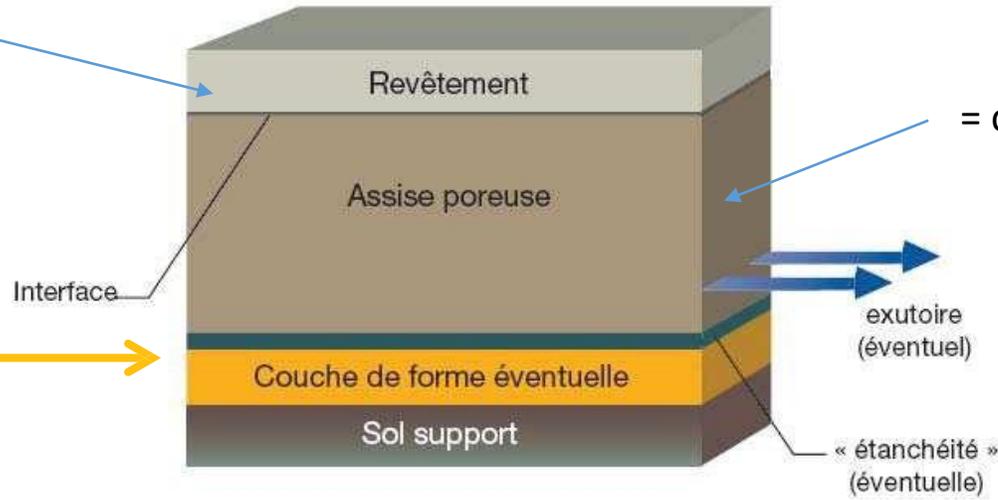
- **Poreux** : aucun ouvrage d'engouffrement (ni BI, ni grilles avaloirs) et pas de tuyaux
- **Classiques** : injection par bouches d'injection
 - 1 pour 250 m² comme les bouches d'égoût
 - Volume de décantation : 240 L utile minimum
 - Filtration selon objectifs qualité et risque



BOUCHE D'INJECTION

Couche de roulement
+ couche de liaison

EV2 S 50 MPa



= couche de fondation

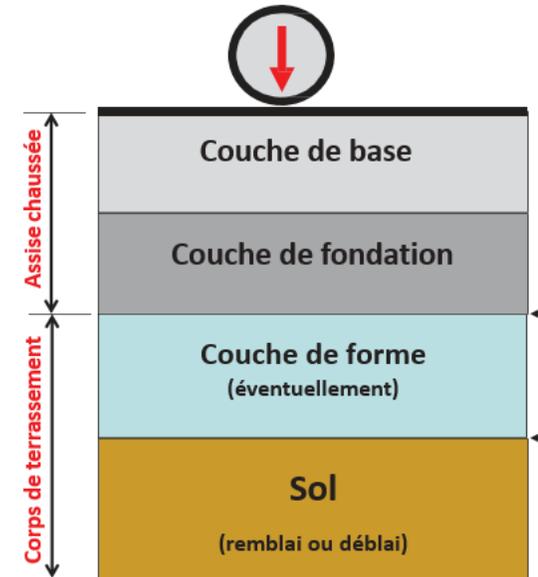
exutoire
(éventuel)

« étanchéité »
(éventuelle)

Deux fonctions principales:

Fonction mécanique
Fonction hydraulique

Chaussée classique



LES MATÉRIAUX





Carrières KLEBER MOREAU

Service Technique - 85702 POUZAUGES Cedex
Tél : 02.51.65.85.16 Fax : 02.51.65.89.53
www.kmoreau.fr

**Fiche Technique
de Produit**

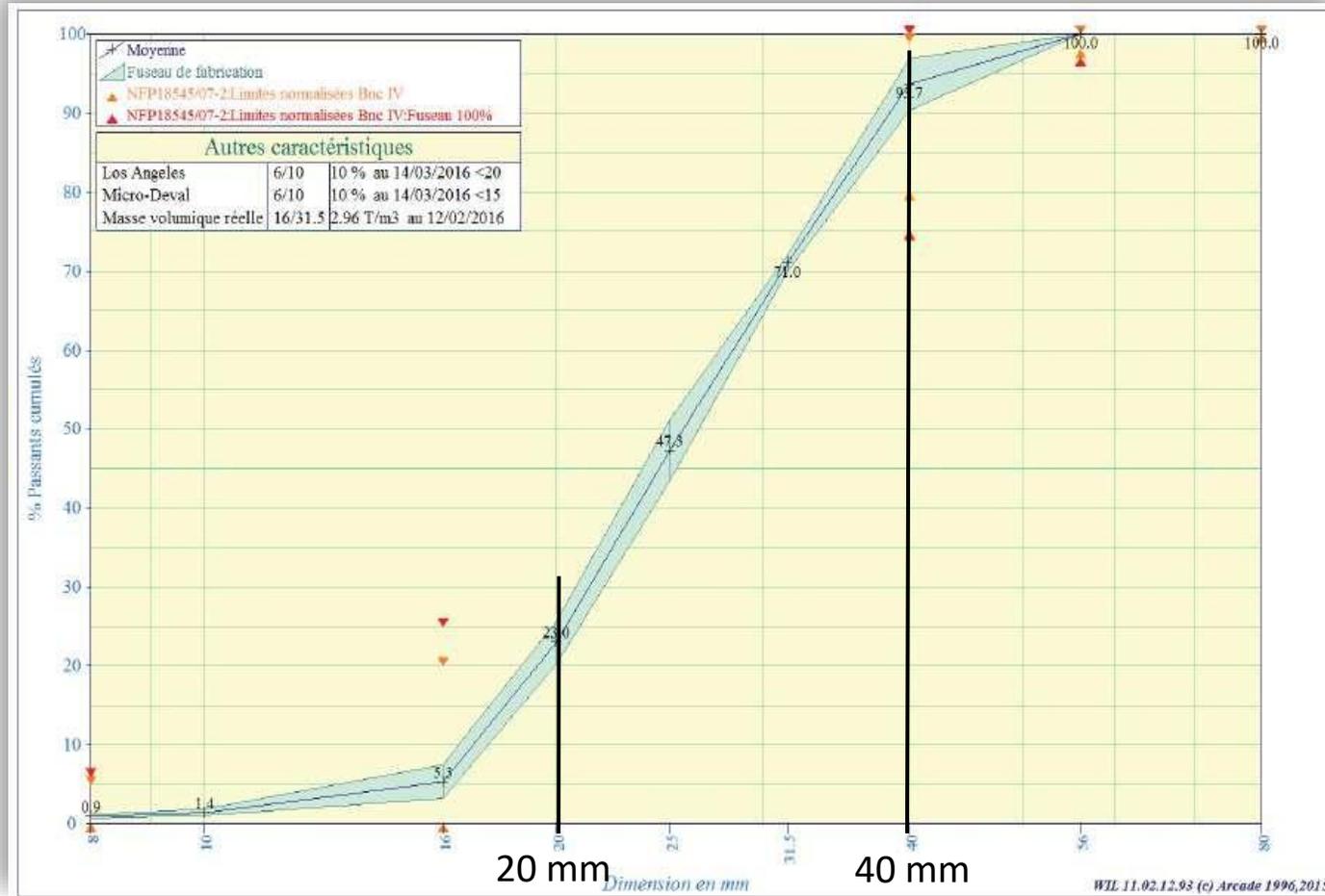
Engagement du 28/04/2016 au 27/10/2016

Page 1/1

Producteur : Carrière de la MEILLERAIE
Granulats : pierre cassée 20/40
Petrographie : Diorite
Couleur : Bleu

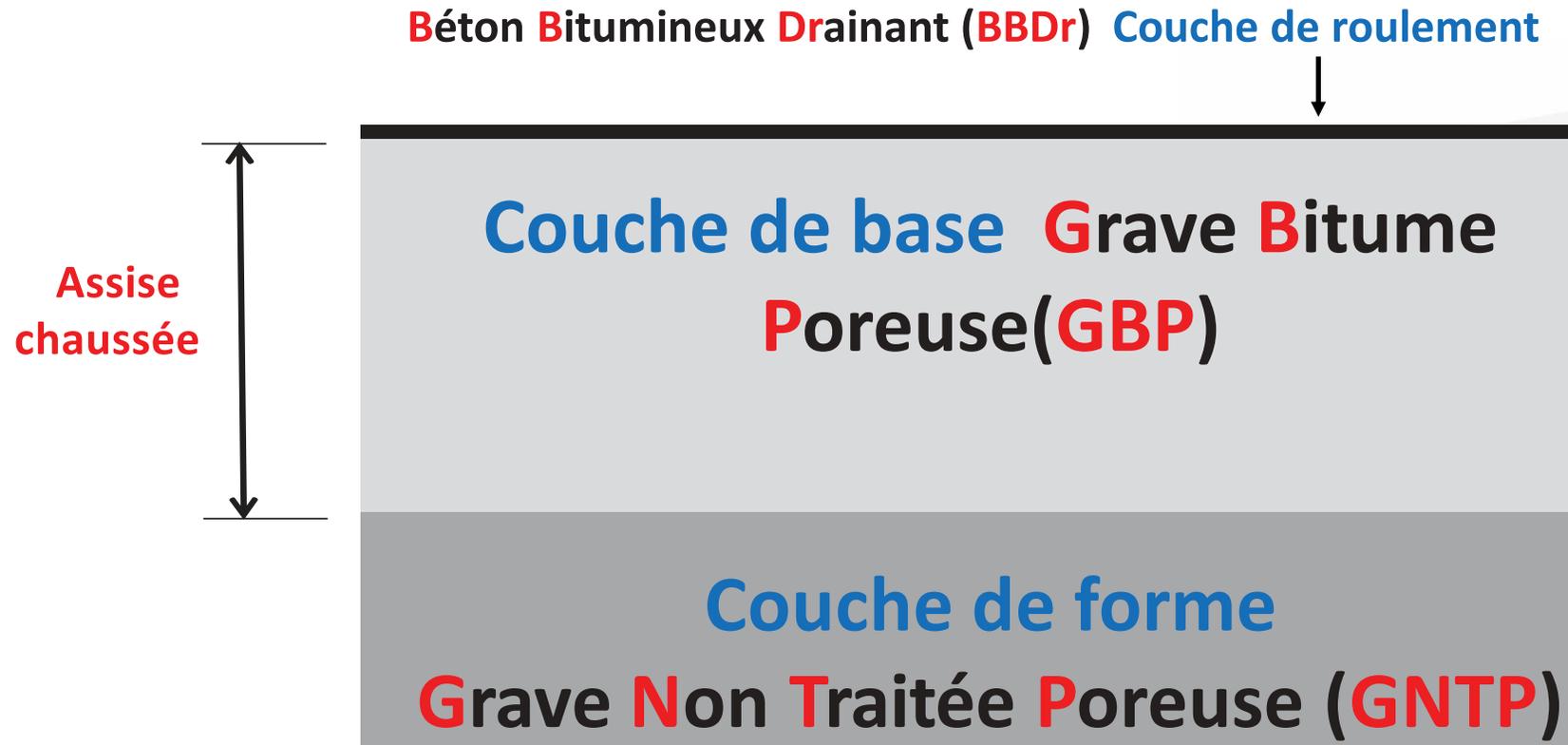
Partie normative
Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage

Classe granulaire	Norme										Catégorie	
16 40	Norme NF P 18-545 Article 7 - EN 13242										Limites normalisées Bnc IV	
	8	10	16	20	25	31.5	40	56	80	f	W	
V.S.S.+U	6.0		25.0				100	100	100	2.3		
V.S.S.	5.0		20.0				99	100	100	2.0		
V.S.I.			0.0				80	98	100			
V.S.I.-U			0.0				75	97	100			



Matériaux	Porosité utile	Applications
Graves non traitées poreuses (GNTP)	30 à 40%	CSR, tranchées, puits, parkings
Graves bitumes poreuses	10 à 20 %	CSR, parkings
Bétons de ciment poreux	10 à 20 %	CSR, parkings
Produits creux en béton	50 à 60 %	CSR, tranchées, parkings
Structures alvéolaires ultra-légères (SAUL)	95 à 97 %	Tranchées, parkings
Chambres d'infiltration	95 à 97 %	CSR, tranchées, parkings

CSR = Chaussée à Structure Réservoir



- Produits creux en béton :

Fascicule 70-2 :

7.2.2.1 Éléments creux en béton préfabriqué

Leur géométrie doit permettre d'assurer le stockage et l'écoulement des eaux pluviales.

Leur résistance doit permettre la réalisation de l'assise de la chaussée pour le trafic prévu.



Béton recyclé concassé

Structure alvéolaire ultra légère (SAUL)



Chambre de stockage



MATERIAUX	APPLICATIONS
Pavés poreux et dalles poreuses	Voies d'accès très peu circulées, parkings, voies piétonnes
Graves Non Traitées Poreuses (GNTP)	Zones non circulées : espaces piétons, voies d'accès, parking, puits, tranchées, etc...
Béton Bitumeux Drainants (BBDr)	CSR (voirie circulée ou piétonne, parking, places, tranchée)
Béton de ciment drainant	CSR (voirie circulée ou piétonne, parking, voie vélo, places)
Résine drainante	CSR (voirie circulée, piétonne, parking, voie vélo, places)

LES PAVES



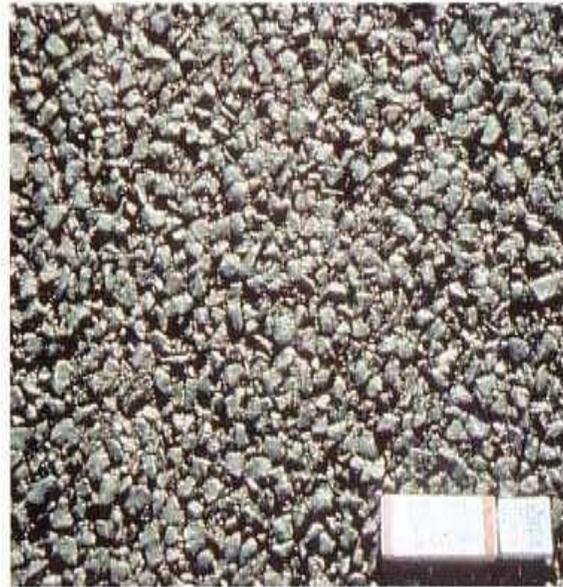
LA DALLE BETON



comparatif Aspect/Texture avec BBTM et BBSG



BBTM (0/10)



BB drainant (0/10)



BBSG (0/14)



BBDr 0/6 épaisseur = 4cm

exemple de formulation pour couche de surface **drainante**

- 4/6 diorite → 85 %
- 0/2 diorite → 9,4 %
- Fillers → 1 %
- Bitume polymère → 4,6 %

Caractéristiques – Performances

BBDr 0/6 ou 0/10

- Pourcentage de vide : entre 20 et 25 % pour une classe 1 et entre 25 et 30 % pour une classe 2
- Epaisseur : 3 à 4 cm en 0/6 – 4 à 5 cm en 0/10
- Dosage : 60 à 100 kg/m²
- Perméabilité = vitesse de percolation. Exigences minimales à la réception :
Classe 1 : 0,6 cm/s pour le 0/6 et 0,8 cm/s pour le 0/10
Classe 2 : 0,9 cm/s pour le 0/6 et 1,2 cm/s pour le 0/10

Perméabilité réelle constatée : souvent 2,0 cm/s à l'état neuf



© Douaisis Agglo

Mesure de la perméabilité au drainomètre de chantier

Fréquence des contrôles de la perméabilité à définir en fonction des sites

Perméabilité : test poteau d'incendie



Rappel : Débit minimal d'un poteau incendie :
60 m³/h

N.B : 2cm/s = 70 m /h !

Lambres lez Douai (59)
Avenue du Général Delestraint

BBDr pas partout certes, mais ils ne connaissent pas cela !



Inconvénients :

- Enrobé plus ouvert = plus fragile, notamment à l'arrachement
- Sensible au colmatage

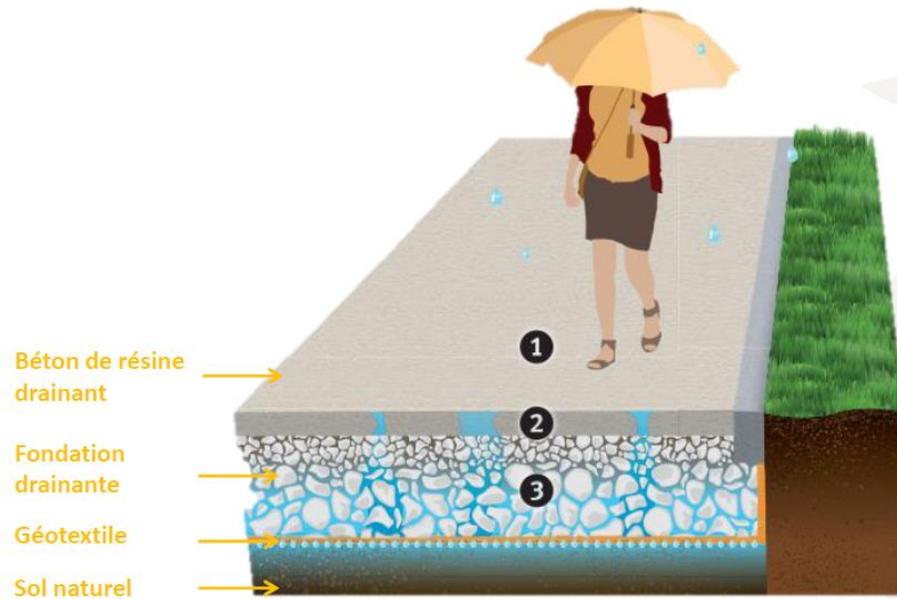
Domaines d'utilisation non conseillés :

- Zones de giration
- En milieu rural à risque de colmatage par la terre
- En secteur industriel présentant des risques de pollution accidentelle

LES RESINES POREUSES

La résine drainante : granulats et liants polymères

Produits utilisés comme revêtement de surface perméable au niveau d'allées piétonnes, d'entourage de pied d'arbres...



- 1 Infiltration des eaux de pluie
- 2 Stockage temporaire
- 3 Infiltration dans le sol ou rejet à Q limité



Le béton poreux

- Il s'obtient à partir d'un béton coulé pour lequel on aura réduit la part de sable (quasiment nulle) au profit de gros granulats (aspect grossier.)
- Sa surface est dure, résistante et rugueuse. Il a de très bonnes qualités d'adhérence



- **Coût béton drainant : 25 à 35€ HT / m²**

Le béton désactivé poreux

Le béton désactivé poreux est obtenu à partir d'un béton coulé poreux. Un désactivant est épandu dessus pour empêcher la prise de la croûte supérieure du béton (sur 1 mm) puis un passage d'eau enlève la pellicule de béton non prise



DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES RÉSERVOIRS



C'est la structure de la voirie/du parking qui fait office de bassin de stockage/tamponnement.

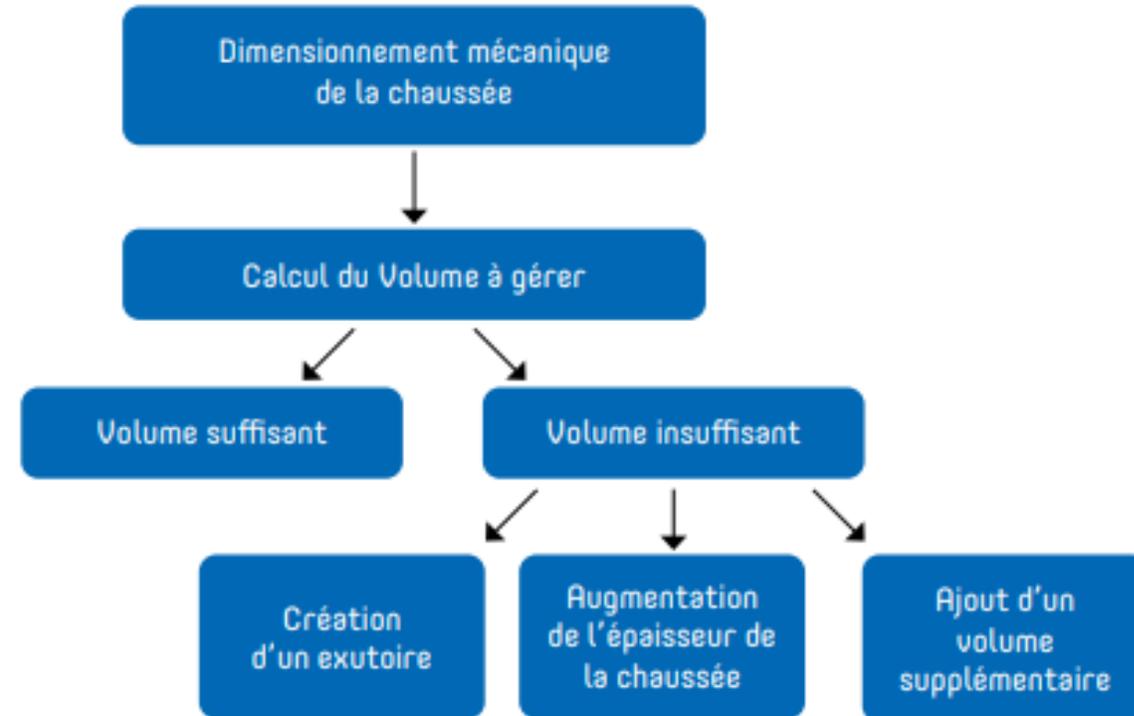
Le volume de stockage est fonction de la nature des matériaux et de l'indice de vide créé.

- **Grave non traitée (GNT) : 30 à 45%**
- **SAUL : 90 à 95%**

Prendre en compte la problématique de la pente.

La chaussée à structure réservoir est avant tout une chaussée, à laquelle on attribue une fonction hydraulique en modifiant sa structure. C'est donc sa résistance mécanique qui prévaut sur son dimensionnement hydraulique.

- ✓ Le matériau de remplissage est choisi selon l'indice de vide recherché (par exemple 35%).
- ✓ Pour le calcul du **volume d'eau à gérer dans la chaussée**, il faut prendre en compte :
 - les surfaces imperméables reprises (surface active) : chaussées, trottoirs, parkings, toitures, eaux pluviales privées...
 - la vidange de la structure réservoir, fonction :
 - de la surface d'infiltration disponible (le fond et les bords de la structure),
 - de la période de retour retenue pour la pluie en termes de protection contre les inondations,
 - de la perméabilité du sol,
 - du temps de vidange imposé.



Données de base :	Exemple :
I=impluvium (m ²)	12m ² par ml
S=surface voirie CSR (m ²)	6m ² par ml
Ep=épaisseur couche de base (m)	?
Iv=indice de vide GNT (%)	30%
H=hauteur de pluie prise en compte (mm)	60mm

$$E_p = \frac{I \times H}{S \times I_v \times 1000} = \frac{12 \times 60}{6 \times 0,3 \times 1000} = \frac{720}{1800} = 0,4 \text{ m}$$

soit 40 cm d'épaisseur

Comparatif Chaussée classique / Chaussée réservoir avec enrobés poreux /
Chaussée réservoir avec enrobés classiques

	Chaussée classique (coût euros HT/m ²)	Chaussée infiltrante (coût euros HT/m ²)	Chaussée réservoir (coût euros HT/m ²)
Terrassement	24,00	24,00	24,00
Corps de chaussée	14,60	18,80	32,80
Borduration	14,40	14,40	14,40
Couches de roulement	28,60	28,60	28,60
Assainissement	24,40	16,20	16,20
Total	106,00	102,00	116,00

Positionnement d'1 BI en amont d'un tronçon homogène de CSR, soit 50 ml (5 sous tronçons de 10 ml chacun)

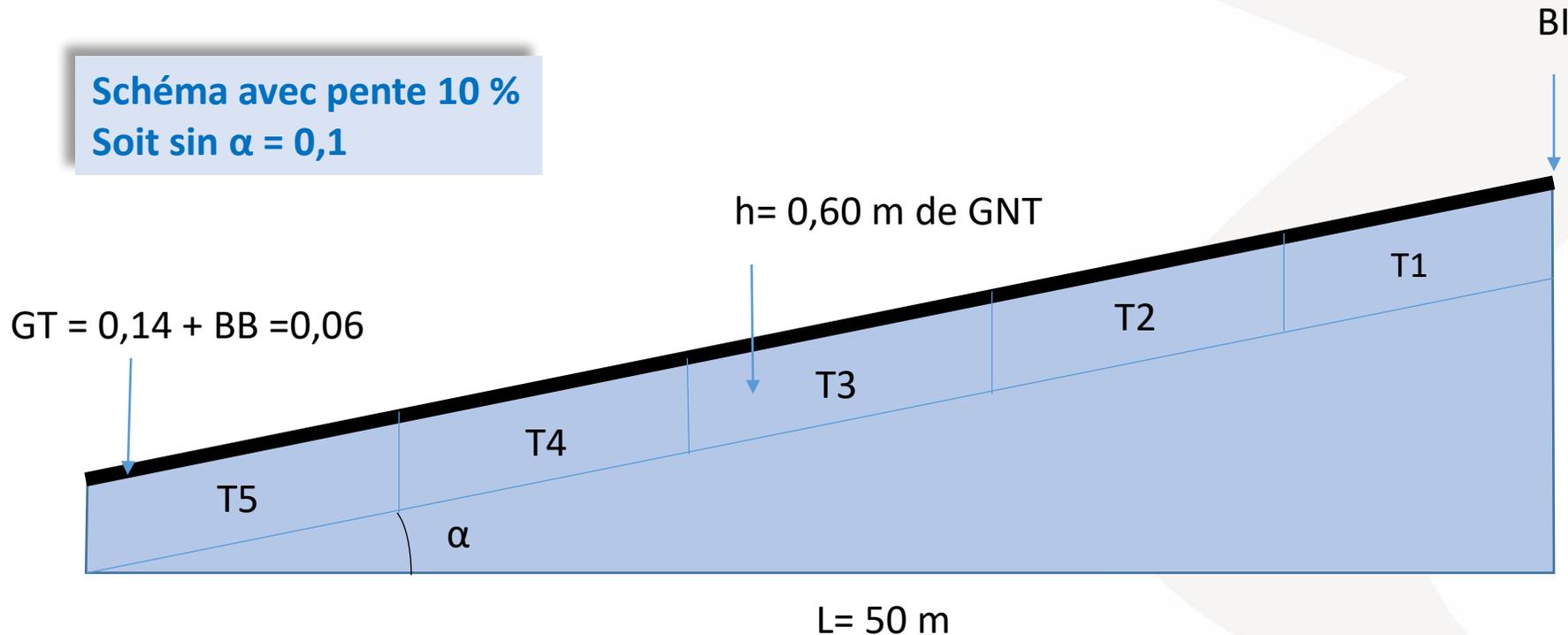
Largueur de voirie = 6 ml (= l) + 2 trottoirs de 2 m, soit 10 m d'emprise (= E)

Surface active à reprendre = $10 \times 50 = 500 \text{ m}^2$ – Pluie 50 mm – Volume à gérer = 25 m^3

Constitution voirie GNT 20/40 sur 0,60 m épaisseur – indice de vide 35 % (I_v)

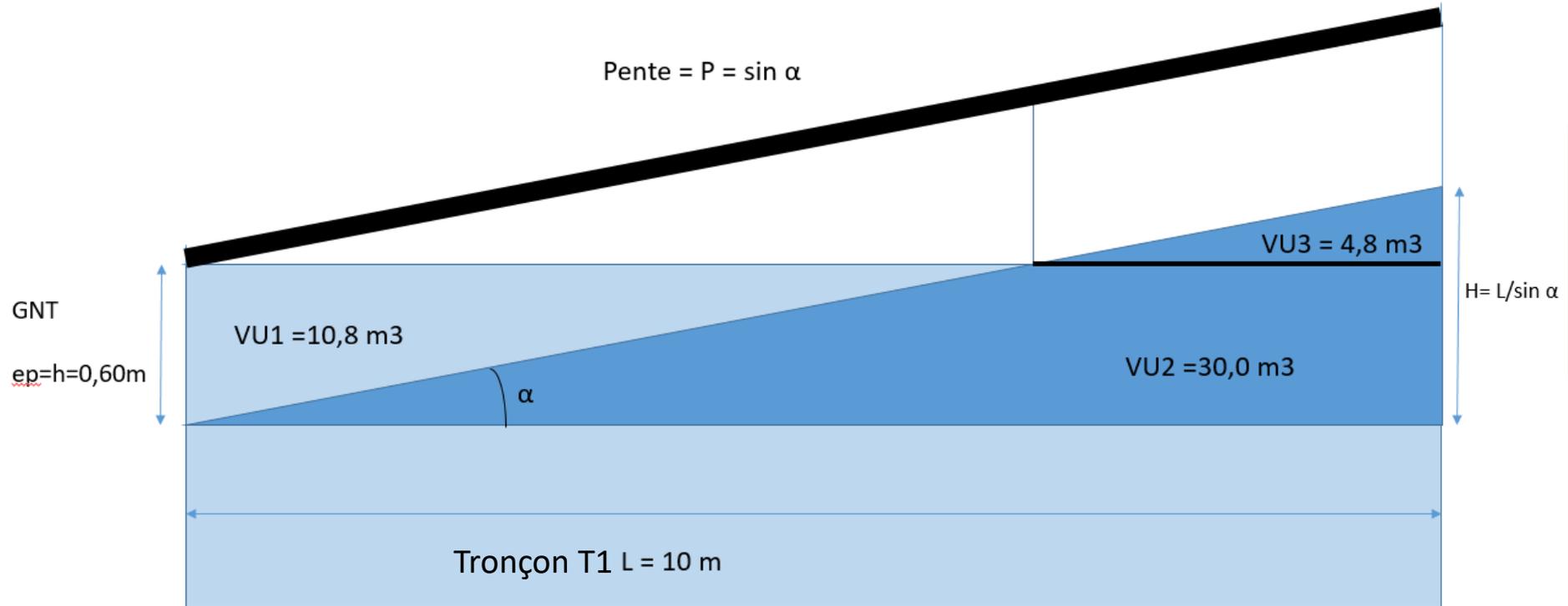
GT sur 0,14 + BB non poreux sur 0,06

Schéma avec pente 10 %
Soit $\sin \alpha = 0,1$



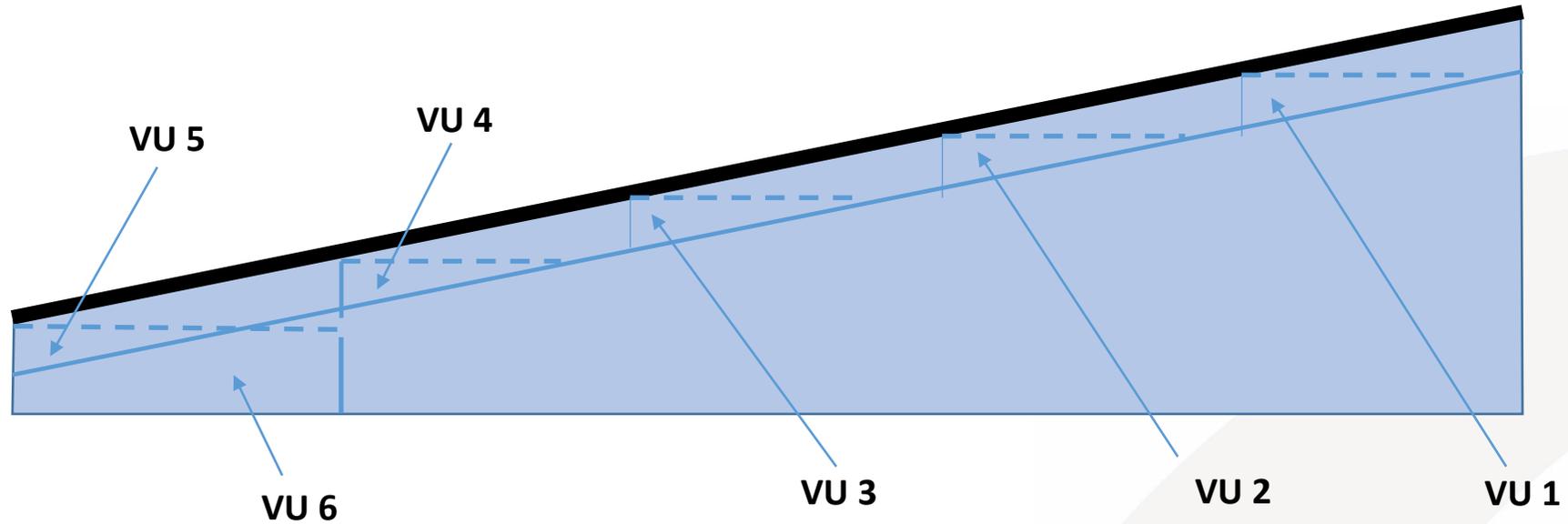
CAS D'UNE CSR AVEC PENTE ET ENROBE CLASSIQUE

Calcul des volumes de GNT à mettre en oeuvre, en sus de la CSR sur 0, 60 m.



Volume d'eau à stocker = 25m³ besoin de GNT (Iv = 35%) = 71,4 m³
Sur tronçon T1 = 36m³ de GNT « utile » (VU1 + VU2 – VU3)
Besoin du même dispositif que le tronçon T2 – besoin de 2 cloisons

SURCOUT GLOBAL 4000 à 5000 € pour 25 m³ d'eau à stocker, soit 200 € le m³



En cas d'enrobé poreux, besoin d'un cloisonnement tous les 10 ml, soit 5 u
Volume de stockage = VU1 + VU2 + VU3 + VU4 + VU5 + VU6
VU Total nécessaire = 71,4 m³ – Calcul VU6 : VU T – 5 x 10,8 m³ = 17,4 m³

GNT supplémentaire sous le tronçon T5 de ± 20 m³ = VU6

SURCOUT GLOBAL VOIRIE : 2500 €, soit pour 25 m³ d'eau à stocker, 100 € le m³

ENTRETIEN PRÉCAUTIONS



LES ENROBES POREUX

3 niveaux d'entretien :

- **Préventif** : balayeuse classique (aspiration)
- **Précuratif** : décolmatage par pression/aspiration
- **Curatif** : changement de la couche de surface



Exemple décolmatage rue Cross (Douai) - Septembre 2010



Décolmateuse

FOCUS SUR L'ENTRETIEN PRÉCURATIF

Les éléments clés d'une opération à Douai

Coût total du décolmatage : **28 692 € HT**

Surface totale d'enrobés poreux décolmatés : **17 000 m²**

Soit un ratio de 1,7 € HT/m²

Volume d'eau utilisé : **180 m³**

Tonnage de sables récupérés : **45 tonnes**

Source : Ville de Douai

LES ENROBES POREUX

FOCUS SUR L'ENTRETIEN PRÉCURATIF

- Réalisée par la **société SOTRAVEER** (Winnezele (59)), cette prestation s'est déroulée de décembre 2014 à février 2015.
- Elimination de ces produits : traitement sur filière sable de la STEP de Douai, avec traitement des eaux de lavage (**52 € HT/Tonne**)
- **Éléments de pollution :**
 - **Matière sèche** : 41,7 %
 - **Métaux lourds** : Cd = 3,14 ppm / Cr = 35,6 ppm / Cu = 121 ppm / Ni = 24,1 ppm / Pb = 166 ppm / Zn = 1 030 ppm / Hg = 0,23 ppm
 - **Hydrocarbures** : HCT = 1 590 ppm

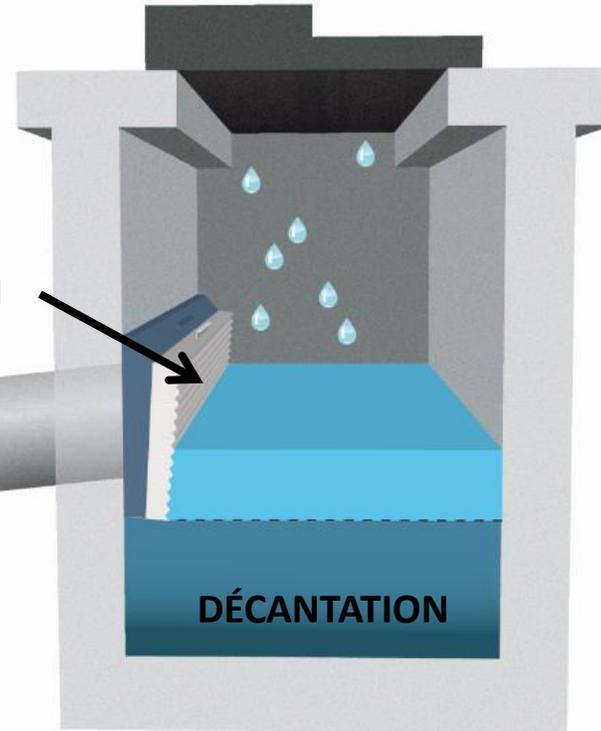
*Source : Communauté
d'Agglomération du Douaisis*

LA BOUCHE D'INJECTION

Ouvrage d'engouffrement et de prétraitement des eaux pluviales de voiries, parkings...



FILTRATION



LA BOUCHE D'INJECTION

Mise au point d'un protocole de réception ou de contrôle de conformité des bouches d'injection

2 étapes :

1- Vérification physique de l'ouvrage

a. Vérification visuelle de l'opérateur

- Etat général de la bouche d'injection
- Etat du filtre, son support et son verrouillage
- Mesure du volume de la décantation
- Surface active

b. Vérification par caméra

- Etat du drain
- Longueur du drain



LA BOUCHE D'INJECTION

2- Vérification hydraulique

Simulation de la capacité de l'ouvrage à absorber la pluie et à diffuser l'eau.

Test : Déversement de 1 000 litres d'eau dans la bouche d'injection

Si la bouche d'injection absorbe l'eau en **moins de 4 minutes**, l'ouvrage est déclaré **conforme**.



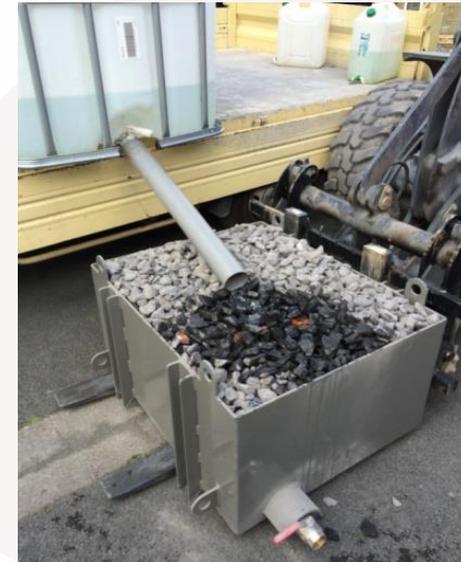
LA STRUCTURE RESERVOIR

Contrôle de l'indice de vides de la grave non traitée

Contrôle des caractéristiques physiques : granulométrie générale, propreté du matériau



Contrôle hydraulique : détermination de l'indice de vides grâce à une **planche d'essais**



LES ENROBES POREUX

Quelques précautions à prendre

Retour d'expériences : Enrobé poreux dégradé



ENTRETIEN DES STRUCTURES

Principes de base :

Gérer la qualité de l'eau avant qu'elle ne rentre dans la structure

➡ C'est le rôle de la bouche d'injection en cas d'enrobé classique

➡ En cas d'enrobé poreux, ce sont eux qui assument le rôle de prétraitement

Conséquences : pas d'entretien des structures

Mais : - Inspection des drains possibles
- Hydrocurage possible

RISQUE DE COLMATAGE DE LA GNTP EN CSR

HYPOTHESES : Teneur en MES des eaux pluviales : 500 mg/l

Rendement bouche d'injection : 80%

1 B.I reprend 250 m² de voirie

Pluviométrie annuelle ± 700 mm soit 0,7 m³ / m²



EP injectée dans CSR = 100 mg/l (densité = 1 – 1 kg = 1 litre)
100 mg /l = 100 g/m³ = 0,100 l/m³ = 10⁻⁴ m³ /m³



Masse accumulée dans la GNT / CSR en 1 an :

$M = 250 \text{ m}^2 \times 0,7 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3 = 0,175 \text{ m}^3 = 17,5 \text{ litres}$

Volume de vide de la GNT (Vv) : 250 m² de voirie, épaisseur 30 cm, indice de vide = 30 %

$Vv = 250 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 30 \% = 22,5 \text{ m}^3$



$22,5 \text{ m}^3 \div 0,0175 \text{ m}^3 / \text{an} = 1300 \text{ ans !}$

Taux de remplissage en 100 ans : $100 \times 0,0175 = 1,75 \text{ m}^3$ soit 8%



Rue Jean Jaurès – Cuincy (59)

INTERVENTIONS CONCESSIONNAIRES

Première disposition à prendre : intégrer les techniques alternatives dans les SIG (garder la mémoire)

Deuxième disposition à prendre : répondre aux DT-DICT

Y introduire les préconisations à respecter par le concessionnaire :

- Ouverture de tranchée avec fruit
- Stocker la GNT
- Rétablir le géotextile
- Remblayer la tranchée avec la GNT stockée
- Réfection des enrobés avec enrobés étanches

N.B : dans le cas d'enrobés poreux, réfection avec enrobés étanches par le concessionnaire et remplacement de ceux-ci par le propriétaire de la voirie lors d'un chantier de voirie avec enrobé poreux.

QUELQUES EXEMPLES DE RÉALISATIONS



LA CHAUSSEE A STRUCTURE RESERVOIR





Chaussée à structure
réservoir d'infiltration avec
enrobé poreux



Lotissement Delestraint - Lambres-lez-Douai (59)



Parking de la Faculté de droit - Douai (59)



**Chaussée à structure
réservoir d'infiltration
avec revêtement
poreux et classique**



Rue Jean Jaurès – Cuincy (59)

**Chaussée à structure
réservoir d'infiltration
avec revêtement
classique**



Rue des Frères Martel – Waziers (59) – RD 413



Chaussée à structure réservoir de rétention avec revêtement classique



Longueur : 1 200 mètres
Classe de trafic : T1
500 PL / jour / sens



ADOPTA

Jean-Jacques HERIN
Président

120, rue Gustave Eiffel
59500 DOUAI

Tél : 03.27.94.12.41
Mail : contact@adopta.fr
www.adopta.fr



Association Adopta



@AssoAdopta



ADOPTA

Partenaires financiers de l'ADOPTA

