

# SOCIETE MALAUSSENOISE DE VALORISATION

**Siège :**  
RD 6202 – LA MESCLA  
06710 MALAUSSENE  
Tél. : 04.93.08.25.46 – Fax : 04.93.08.25.46

**Installations :**  
RD 6202  
06710 MALAUSSENE  
Tél. 04.92.02.81.93

## DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE UNIQUE

### EXTENSION DE L'INSTALLATION DE STOCKAGE DE DECHETS INERTES NON DANGEREUX DE LA MESCLA

### ETUDE COMPLEMENTAIRE : Notule de calcul de capacité d'écoulement du ponceau buse sous-chaussée RD 6202

COMMUNE DE MALAUSSENE (06)



Dossier établi en collaboration avec :

<p><b>C.L. CONSULTING</b> 1 Allée Sainte Agnès 34170 CASTELNAU-LE-LEZ ☎ : 06.80.57.73.25 Mel : cl.consulting@gmail.com</p>	<p><b>F2E</b> Parc Club du Millénaire – Bât. 25 1025 Rue Henri Becquerel 34000 MONTPELLIER ☎ : 04.67 64 74 Mel : f2e@wanadoo.fr Site : f2e34.fr</p>	<p><b>BERMONT ET FILS</b> RD 6202 – LA MANDA 06670 COLOMARS ☎ bureau : 04.93.22.42.37 Mel : bureau@stebermont.fr</p>
--	---	--

<b>Auteur du document</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>M. Claude LAVAIRE</b>, Ingénieur des Mines d'Alès, consultant expert, Président de C.L. CONSULTING</li> </ul>
<b>Relecteurs du dossier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Mme Valérie PARE</b>, Assistante de direction</li> <li><b>M. Claude LAVAIRE</b>, Ingénieur des Mines d'Alès</li> </ul>
<b>Contrôle interne de l'assurance qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>M. Frédéric YOT</b>, Ingénieur consultant, Cogérant F2E</li> </ul>
<b>Contrôle externe de l'assurance qualité et validation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>M. Yves BERMONT</b>, Président de la Malaussénoise de Valorisation (M.D.V.)</li> <li><b>M. Romain BERMONT</b>, Ingénieur des Mines de Nancy, société BERMONT et FILS</li> <li><b>M. Laurent ALLEMAND</b>, Directeur S.E.C.</li> </ul>

21 Mai 2019

## SOMMAIRE

<b>0. PREAMBULE</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCTION ET RAPPELS</b>	<b>1</b>
<b>2. LE CALCUL DE LA CAPACITE HYDRAULIQUE D'ÉCOULEMENT</b>	<b>3</b>
<b>3. CONCLUSION</b>	<b>8</b>

# Notule de calcul de capacité d'écoulement du ponceau buse sous-chaussée RD 6202

## 0. PREAMBULE

Dans le cadre de l'examen du **dossier** de demande en autorisation **d'extension** de l'Installation de Stockage de Déchets inertes Non Dangereux **déposé** le **24 juillet 2018**, la société Malaussenoise de Valorisation (MDV), conformément aux termes du courrier du 30 novembre 2018 du préfet des Alpes-Maritimes, a formalisé un **rapport complémentaire** en date du **27 février 2019** portant sur une étude géologique, géotechnique et hydrographique et produit un **avis** d'un **hydrogéologue agréé** en mars 2019, comme demandé par courrier de l'A.R.S. en date du 14 décembre 2019.

toutefois, par **lettre** en date du **10 avril 2019**, le préfet des Alpes-Maritimes a souhaité disposer d'autres **éléments complémentaires** portant sur :

- 1) la **capacité d'écoulement** du **ponceau** buse sous-chaussée RD 6202 ;
- 2) des précisions concernant les **calculs de stabilité**, les qualités géotechniques des remblais, l'hypothèse d'absence de saturation en eau de nappe perchée et les règles de construction parasismiques au sens de l'Eurocode 8 ;
- 3) le dimensionnement du **merlon de butée de pied**.

Par ailleurs, il est également demandé d'effectuer une tierce expertise concernant les contraintes de compactage et la maîtrise des eaux de ruissellement, telles que détaillées dans l'étude complémentaire du 27 février susvisée.

**Ceci état**, le **présent rapport** répond au point 1 ci-dessus concernant le **calcul de capacité d'écoulement** du **ponceau** buse **sous-chaussée** RD 6202, les autres items faisant l'objet de rapports spécifiques.

## 1. INTRODUCTION ET RAPPELS

### A) Concernant les débits d'écoulement de pointe

Comme précisé dans le rapport d'étude complémentaire déposé le 27 février 2019, les **débits d'écoulement de pointe** requis à la base du Vallon remblayé par la verse de déchets inertes non dangereux s'élèvent, pour des occurrences de pluie décennale et **centennale** respectivement, à 3,42 m<sup>3</sup>/s et **5,26 m<sup>3</sup>/s**, soit du même ordre de grandeur que les débits d'écoulement de pointe du vallon actuel (3,30 et 5,20 m<sup>3</sup>/s).

Ces **débits**, qui ont été **calculés** avec des coefficients de ruissellement élevés et majorés d'un coefficient de sécurité de 1,20, conduisent à un débit d'écoulement de **pointe maximal de 6,30 m<sup>3</sup>/s**, très largement supérieur au débit d'occurrence centennale, ce qui va dans le sens de la sécurité et ce d'autant plus que l'ouvrage d'écoulement des eaux de la verse a une capacité d'écoulement calculée de 6,78 m<sup>3</sup>/s, pour un débit passant de 7,20 m<sup>3</sup>/s.

En conséquence, il sera **retenu** pour la capacité d'écoulement du ponceau, le **débit à débordement de l'ouvrage d'écoulement** de la verse, soit **7,20 m<sup>3</sup>/s**, ce qui est considérable et très conservatoire, représentant près de 140% du débit d'écoulement centennal du vallon remblayé par la verse à matériaux.

## B) Concernant l'ouvrage de rejet au Var

L'**ouvrage de rejet** au Var est constitué d'un **ponceau sous chaussées** RD 6202, constitué d'une buse maçonnée de grande dimension assurant un **écoulement hydraulique** de type gravitaire.

Cette buse est constituée d'un double passage hydraulique composé :

- à la base, d'une buse permettant, a priori, d'assurer les écoulements de faible intensité et ce afin certainement d'éviter la formation de dépôts par augmentation de la vitesse d'écoulement ;
- de la buse elle-même, qui assure le transit des débits de pointe du vallon.

Après vérification in situ, le **diamètre** de cette buse est de l'ordre de **1,50 m** et la **pente** d'écoulement apparaît supérieure à **10 %**, ce qui assure à l'évidence des vitesses d'écoulement permettant d'éviter tout dépôt de matériaux dans la buse (des vitesses minimales de l'ordre de 0,6 à 1 m/s doivent être respectés afin d'éviter tout dépôt).

En effet, hormis les ronces qui peuvent constituer obstacles aux faibles débits d'écoulement, le ponceau n'apparaît aucunement obstrué par des dépôts de matériaux issus du ravin.

Enfin, il sera rappelé que cet ouvrage sous-chaussée, construit depuis de très nombreuses années, assure depuis plusieurs décennies les écoulements de pointe du vallon sans aucun effet dommageable.

## C) Concernant la capacité hydraulique

Compte tenu du dimensionnement important du ponceau buse, la **capacité hydraulique** d'écoulement est **déterminée** en considérant :

- un **débit** conduisant au remplissage, soit complet de la buse, soit ce qui est préférable, avec un **taux de remplissage** de **83 %** ;
- un **écoulement uniforme**, situation se référant à une situation d'équilibre entre les forces gravitaires, moteur de l'écoulement, et les forces de frottement, l'écoulement étant alors stabilisé avec une ligne d'eau et une ligne d'énergie correspondant à la perte de charge par unité de longueur, parallèles ;
- une approximation **d'écoulement hydraulique** selon **Manning-Strickler**, approximation largement suffisante au regard du dimensionnement du ponceau buse et de la pente d'écoulement importante des eaux de la buse.

## 2. LE CALCUL DE LA CAPACITE HYDRAULIQUE D'ÉCOULEMENT

### A) La relation de Manning-Strickler

L'écoulement étant dit uniforme, la **relation** de **Manning-Strickler** peut s'appliquer pour une conduite de diamètre D :

$$Q = K \cdot Rh^{2/3} \cdot p^{0,5} \cdot Sm, \text{ avec — Formule ①}$$

- D : Diamètre conduite en m ;
- Q : Débit en m<sup>3</sup>/s ;
- K : Coefficient de rugosité (m<sup>1/3</sup>/s) ;
- Rh : rayon hydraulique en m avec  $Rh = \frac{Sm}{Pm}$  ;
- Sm : section mouillée en m<sup>2</sup>  $\frac{\pi D^2}{4}$  en remplissage complet) ;
- Pm : périmètre mouillé en m<sup>2</sup> ( $\pi D$  en remplissage complet) ;
- P : pente en m/m ;
- V : Vitesse en m/s =  $\frac{\text{Débit}}{\text{Section mouillée}}$  en remplissage complet) ;

En combinant les différents termes de la relation de Manning-Strickler, la capacité maximale de débit hydraulique Qc, peut également s'écrire :

$$Qc = \frac{\pi}{4^{5/3}} \cdot K \cdot p^{0,5} \cdot D^{8/3} \text{ — Formule ②}$$

Les limites d'application de la formule précitée se situent dans l'intervalle :

$$18 < K < 87 \text{ et } K < 170 (p^2 \cdot Q)^{1/30}$$

L'expérience montre en outre que, pour garantir un bon travail de débit sans instabilité, le degré de remplissage partiel de la conduite ne doit pas dépasser :

$$Y = \frac{h}{D} = 0,85,$$

où h est la hauteur d'eau à l'intérieur de la conduite de diamètre D. Or, le débit maximal obtenu par le calcul en section pleine est préalablement atteint pour une condition similaire Y = 0,83 environ.

Aussi, le taux de remplissage maximum à Y = 0,83 à 0,85 permet de réaliser le dimensionnement pour la condition de remplissage complet, ce qui permet d'utiliser l'équation de débit Q ci-dessus.

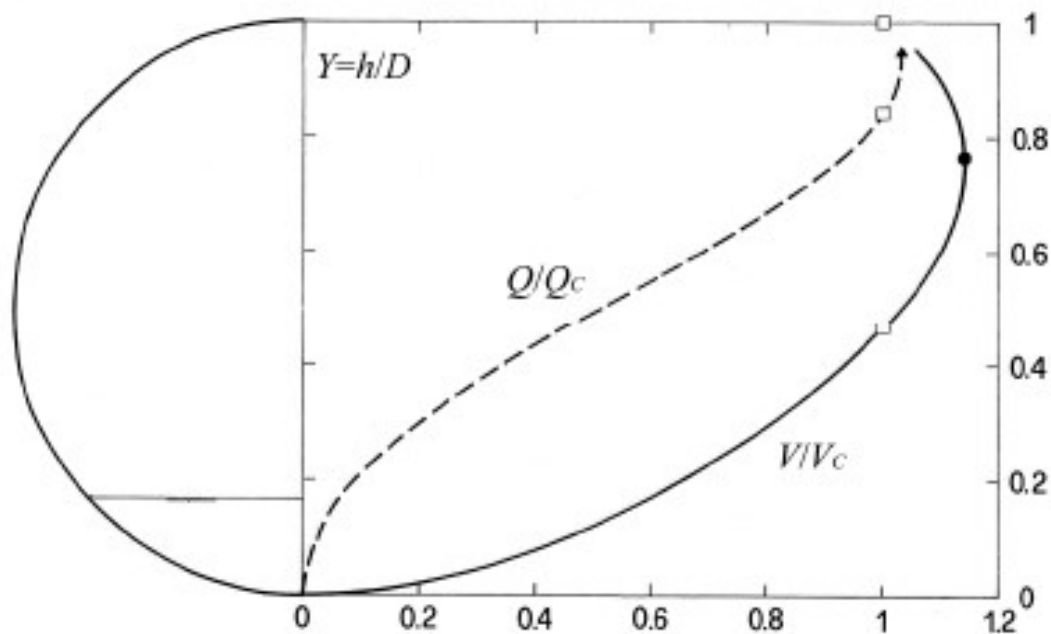
### A.1 Remarque concernant le taux de remplissage

Le taux de remplissage est défini par le rapport la hauteur d'eau  $h$  et du diamètre  $D$  de la conduite :

$$\frac{h}{D} \text{ — Formule ③}$$

La Figure ci-après montre l'évolution du taux de remplissage  $Y$  en fonction du débit  $Q$  et de la vitesse d'écoulement  $V$  adimensionnalisés. La normalisation prend comme référence les valeurs correspondantes obtenues en remplissage complet (indice C), c'est à dire  $Q_C$  et  $V_C$ .

Il est observé que  $Q/Q_C = 1.00$  pour deux taux de remplissage différents,  $Y = 1.00$  et  $Y \approx 0.83$ . Cette dernière valeur est assimilable, en première approximation, au taux maximal  $Y = 0.85$ . Par conséquent, le calcul simple avec  $Y=1.00$  satisfait également la condition  $Y = 0.85$ . La Figure montre aussi que les vitesses relatives sont importantes pour les faibles débits, ce qui est favorable au transport de sédiments par le débit de temps sec. La vitesse maximale vaut alors environ  $V/V_C = 1.15$  pour  $Y = 0.75$ .



Relation entre le taux de remplissage  $Y=h/D$ , la vitesse d'écoulement  $V/V_C$  et le débit  $Q/Q_C$  normalisés par rapport à la condition  $Y=1.00$  (Hager 2010).

Plusieurs investigations menées entre 1881 et 1969 (Hager 1991) montrent que des taux de remplissage de  $0.80 < Y < 0.95$  ne sont maintenus durablement que pour des pentes inférieures à 0.5% environ ( $p < 0.005$ ). De tels taux sont impossibles à conserver pour des pentes plus raides ( $p > 0.005$ ), car la surface d'eau devient agitée et l'eau touche le haut de la conduite, provoquant la transition vers un écoulement en charge. Ce phénomène est connu sous l'appellation anglaise « choking ».

Par ailleurs, selon Sauerbrey (1969) et Hager (1991), la transition de l'écoulement à surface libre vers un écoulement en charge est observée pour un taux de remplissage critique, donné par les équations ci-après en référence à la capacité (index C) hydraulique maximale de la conduite.

$$Y_c = 0.92 - 30J_0 \quad \text{pour } J_0 < 0.0125$$

$$Y_c = 0.55 \quad \text{pour } J_0 > 0.0125$$

Le taux de remplissage théorique  $Y=0.85$  préconisé n'est ainsi satisfait que pour de faibles pentes. Dans les conduites plus raides le débit correspondant conduit à la mise en charge.

## B) Le dimensionnement du coefficient de rugosité K

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes valeurs du coefficient de rugosité adimensionnel K, coefficient qui représente la rugosité des parois freinant les écoulements et qui varie additionnellement avec la hauteur d'eau en diminuant lorsque la hauteur s'élève.

### B.1 Coefficient de rugosité K

Surface concernée	K en $m^{1/3}/s$
Canal bétonné, très lisse	75 à 100
Canal bétonné, état moyen	50 à 75
Canal en terre	30 à 50
Cours d'eau régulier et entretenu	40 à 50
Cours d'eau ordinaire	30 à 40
Cours d'eau avec embâcles	20 à 30
Torrent avec graviers	10 à 20
Ouvrages enherbés > 0,20 m :	
• fossés $h > 0,20$ m	20 à 25
• petits fossés $h \leq 0,20$ m	15 à 20
• petits fossés $h \leq 0,15$ m	10

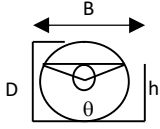
## C) Application à la base du ponceau sous-chaussée RD 6202

Compte tenu des caractéristiques de la buse du ponceau sous-chaussée RD 6202, les **paramètres** suivants peuvent être **retenus** :

- diamètre D : 1,50 m ;
- ouvrages bétonné : K = 60 à 80, pris à 70 en moyenne, coefficient de rugosité ;
- pente : 10 %
- Hauteur de remplissage au taux de remplissage de 0,83, soit  $h = 1,245$  ;
- surface mouillée à hauteur h :  $S_m = \frac{1}{8} (\theta - \sin \theta) D^2$ , avec  $\theta$  en radian, soit 4,30 pour  $\theta = 264^\circ$  à  $h = 1,245$  m,  $S_m = 1,47$  m<sup>2</sup> ;
- périmètre mouillé :  $P_m = \frac{1}{2} \theta D$ , soit 3,225 m ;
- rayon hydraulique : 0,455.

### C.1 Remarque concernant les paramètres de calcul

Les formules de calcul des paramètres de la buse sont indiquées au tableau ci-après.

<b>Paramètres</b>	 <p>Cercle</p>
<b>Surface Sm</b>	$\frac{1}{8} (\theta - \sin \theta) D^2$
<b>Périmètres mouillé P<sub>m</sub></b>	$\frac{1}{2} \theta D$
<b>Rayon hydraulique R<sub>h</sub></b>	$\frac{1}{4} \left[ 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right] D$
<b>Largeur B</b>	$(\sin \theta/2) D$ ou $2 \sqrt{h(D-h)}$
<b>Profondeur hydraulique D<sub>h</sub></b>	$\left[ \frac{\theta - \sin \theta}{\sin \theta/2} \right] \frac{D}{8}$

### C.2 Calcul

**Le calcul** conduit au remplissage partiel de 83 %, par application de la formule 1, à une capacité de débit de **19,25 m<sup>3</sup>/s**.

A noter que le calcul mené pour une conduite pleine (cf. formule 1 ou 2) à  $h = 1,50$  m, conduit également à retrouver le même débit hydraulique (cf. remarque relative au taux de remplissage ci-dessus).

En conséquence, la capacité de débit passante est largement surdimensionnée, représentant 19,25 m<sup>3</sup>/s, de l'ordre de 2,5 fois le débit passant à plein débordement de l'ouvrage de collecte de la verse (7,20 m<sup>3</sup>/s).

**Au débit hydraulique de 7,20 m<sup>3</sup>/s**, issu de la **verse M.D.V. 2**, la **hauteur d'eau** dans la **buse** serait de **0,65 m** environ, pour une surface mouillée de 0,684 m<sup>2</sup> et un périmètre mouillé de 2,032 m, un angle  $\theta$  d'environ 164° et un rayon hydraulique de 0,336.

A ce niveau de débit, le nombre de Froude F s'élève à 4,44, caractérisant un régime d'écoulement pseudo-torrentiel, ce qui est logique compte tenu de la pente de la buse.



### C.3 Remarque concernant les paramètres de Froude F

Le nombre de Froude pour un écoulement à surface libre dans une conduite circulaire est approximé par l'équation (Hager 2010) :

$$F = \frac{Q}{\sqrt{gh^4 D}} \text{ — Formule ④}$$

Un écoulement proche de  $F = 1.00$  devient ondulant avec l'apparition de vagues de surface stationnaires. Ces dernières ont localement une hauteur d'onde qui dépasse fortement la hauteur d'eau en écoulement uniforme  $h_0$ . Par conséquent, l'écoulement touche le haut de la conduite et une transition d'écoulement à surface libre vers un écoulement en charge se produit. Pour éviter ce phénomène, des valeurs  $0.80 < F < 1.20$  associées au débit de dimensionnement  $Q_M$ , sont à éviter de préférence.

La condition à satisfaire pour que l'écoulement à surface libre soit maintenu, sans que l'onde maximale ne touche le haut de la conduite est exprimée à l'aide du « choking number » C (Gargano et Hager 2002) :

$$C = FY$$

Le « choking » est évité si le nombre de choking C est :

$C < 0,9$  pour  $1 < F < 2$  avec le ressaut ondulant ;

$C < 1,0$  pour  $F \geq 2$  avec le ressaut classique.

La valeur F se réfère aux conditions amont du ressaut hydraulique. Un ressaut classique dans une conduite (nombre de Froude amont  $F \geq 2$ ) est caractérisé par le rapport de ses hauteurs conjuguées  $P = F^{0.9}$ , avec  $P = h_2/h_1$  (Hager 2010). Les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$  sont les hauteurs conjuguées, respectivement à l'amont et à l'aval du ressaut.

Dans le cas présent, il y aura ressaut classique, car  $C > 1$ .

### C.4 Remarque concernant la forte pente

Si la buse était de plus faible diamètre avec un écoulement au débit de pointe conduisant au quasi remplissage, l'écoulement serait certainement ondulant et biphasique, transportant un mélange d'eau et d'air car avec l'augmentation de la vitesse, la turbulence de l'écoulement créerait une agitation à la surface de l'eau avec des vagues déferlantes entraînant de l'air dans l'écoulement, processus qui est stimulé et entretenu par la turbulence et ne peut être empêché par des moyens techniques, si ce n'est d'augmenter le diamètre de la conduite.

Aussi, le dimensionnement doit requérir un diamètre plus élevé, afin de garantir le taux de remplissage admissible, ce qui est largement le cas pour la buse de rejet au Var, dont le diamètre est très largement dimensionné, pour un écoulement avec un taux de remplissage faible de 0,44.

En effet, il est rappelé que pour des conditions d'écoulement uniforme à surface libre dans une conduite circulaire, un écoulement biphasique est observé lorsque le nombre de Boussinesq ( $B = \frac{V}{(gRh)^{0.5}}$ , Rh étant calculé selon la relation de Hayer avec un taux de remplissage inférieur à 1), est supérieur ou égal à 6, ce qui conduit à définir un coefficient adimensionnel dit d'aération A (Hager 2010) :

$$A = \frac{K.p^{0.5}.D^{1/6}}{g^{0.5}} \text{ — Formule ⑤}$$

Ce coefficient A caractérise un écoulement biphasique lorsque  $A \geq 8$ .

Dans le cas présent, B est inférieur à 6 (5,79) et le coefficient A ressort à 7,56, soit moins de 8, donc en-deçà de la limite d'un écoulement biphasique, ce qui est logique apparaissant pour des pentes minimales de 7 à 8 % dans les grands diamètres et de 12 % pour des petits diamètres. De plus, l'écoulement du débit de pointe maximal s'effectue avec un taux de remplissage faible avec une hauteur d'eau de 0,65 m pour une buse de diamètre de 1,50 m.

### **3. CONCLUSION**

En conclusion, le ponceau buse sous-chaussée RD 6202, très largement dimensionné, assure sans aucune difficulté le transit des eaux issues du vallon actuel depuis des décennies, ainsi que celui du vallon remblayé par la verse M.D.V. 2 pour un débit d'écoulement d'occurrence centennale (5,20 m<sup>3</sup>/s), augmenté d'un coefficient de sécurité de 1,2 (soit 6,30 m<sup>3</sup>/s), ainsi que le débit d'écoulement à plein débordement de l'ouvrage de collecte de la verse (7,20 m<sup>3</sup>/s).

Compte tenu du diamètre du ponceau buse, cette capacité d'écoulement s'effectue à un régime pseudo-laminaire, avec un taux de remplissage Y de 0,44 à la limite d'un écoulement biphasique, avec une vitesse moyenne d'écoulement garantissant l'absence de dépôt de matériaux.

Bien entendu, le chemin d'écoulement d'entrée de buse devra être nettoyé périodiquement des racines et petits bois pouvant constituer des embâcles.