

Le dimensionnement hydraulique a pour objectif de démontrer l'aptitude de la canalisation à évacuer les quantités d'eaux prévisibles et à rester partiellement remplie en présence du débit calculé  $Q_{Dim}$ . Le débit calculé  $Q_{Dim}$  est une valeur prévisionnelle soigneusement choisie selon le GEP (Plan général de drainage).

Nous vous présentons à la suite des possibilités de dimensionnement d'une section de tuyau. Celles tenent compte des exigences sur les canalisations selon les normes SIA 190 (édition 2000) et SN 592 000 sur le drainage de propriétés privées (édition 2002).

## 6.1 Quantités d'eaux usées prévues

### 6.1.1 Evacuation des eaux usées ( $Q_{ww}$ ) de propriétés privées

Le calcul des quantités d'eaux usées est identique à celui de la norme SN 592 000 sur l'évacuation des eaux usées de propriétés privées, et repose sur le déterminisme des appareils branchés sur le circuit et de leur indice de valeur des eaux usées (DU).

L'installation ne sera pas dimensionnée en fonction de la somme de tous les DU. En raison de la non utilisation simultanée de tous les appareils utilisateurs, la charge maximum probable peut être déterminée à l'aide de la formule suivante.

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

$Q_{ww}$ =	Débit d'eaux usées	[l/s]
$K$ =	Indice caractéristique de débit	[-]
$\sum DU$ =	Somme des valeurs d'eaux usées	[l/s]

#### Indice caractéristique de débit (K)

Les valeurs de débits caractéristiques en fonction des différentes fréquences d'utilisation des appareils évacuateurs d'eaux usées, sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Type de bâtiment	K
Utilisation irrégulière par exemple habitations, pensions, bureaux	0,5
Utilisation régulière, par exemple hôpitaux, écoles, restaurants, hôtels	0,7
Utilisation fréquente, par exemple toilettes et/ou douches publiques	1,0
Utilisation spéciale, par exemple laboratoire	1,2

Recommandation:

Sur la base de l'expérience nous recommandons de donner à K la valeur de 0,5.

### Valeurs d'eaux usées (DU)

Appareil évacuateur	DU l/s
Urinoir sans eau	0,1
Urinoir fixe par personne	0,2
Evier, évier mural Bidet Urinoir à chasse d'eau par pression Lavabos muraux d'école Bac de toilette avec jusqu'à 3 écoulements Séchoir à linge centrifuge jusqu'à 10 kg	0,5
Douche à évacuation permanente	0,6
Siphon de sol DN 50	0,8
Douche à retenue d'eau Urinoir à réservoir d'eau Baignoire Bac de toilette à 4-10 évacuations Bassin mural Evier de cuisine 1 ou 2 bacs Fontaine de toilette à 6-10 évacuations Bac de lavage Lave-vaisselle foyer normal <sup>1)</sup> Lave-linge jusqu'à 6 kg	0,8
Siphon de sol DN 56	1,0
Lave-linge 7-12 kg Lave-vaisselle commercial Siphon de sol DN 70	1,5
Installation de WC réserve d'eau de 6 l Installation de WC réserve d'eau de 7,5 l	2,0
Installation de WC réserve d'eau de 9 l Evacuation verticale / murale (matières fécales / eaux de nettoyage) Lave-linge 13-40 kg Appareil à bac enfichable	2,5
Siphon de sol DN 100 Grande baignoire, bassin de sauna	2,5

<sup>1)</sup> On ne tient pas compte du DU d'un lave-vaisselle relié à un piège à odeurs d'un évier simple ou double.

Pour le dimensionnement il faut tenir compte des performances de soupapes de sécurité, des séparateurs de réseaux de conduites, filtres avec levage à contre-courant, etc.

En dessous de 60 DU on ne calcule plus la charge maximale, mais le diamètre minimal (voir point 6.5.1).

## 6.1.2 Pluviométrie, évacuation en propriété privée

$$Q_R = r \cdot S_F \cdot A \cdot C$$

Où

$Q_R$	Débit d'évacuation d'eau de pluie	[l/s]
$r$	Pluviométrie	[l/s m <sup>2</sup> ]
$S_F$	Facteur de sécurité	[-]
$A$	Surface de pluie effective (projection horizontale)	[m <sup>2</sup> ]
$C$	Indice d'évacuation	[-]

### Pluviométrie $r$

Pour l'évacuation des pluies de propriétés privées on se base sur un débit de  $r = 0.03$  l/s au m<sup>2</sup>. Toutefois la quantité peut être de 25 à 50% supérieure suivant les régions.

### Facteur de sécurité $S_F$

Si les eaux de pluies entrant dans un bâtiment (bouchage du système d'évacuation) peuvent entraîner de grands dommages, il faut multiplier le taux de pluie par un facteur de sécurité, ( $S_F$ ) conformément au tableau suivant.

Le facteur de sécurité doit être déterminé indépendamment de la pluviométrie choisie.

Type de bâtiment	$S_F$
Bâtiment où une pénétration des eaux de pluie peut entraîner des dommages importants.  Exemples: - Halls de fabrication et de stockage - Laboratoires - Centres commerciaux - etc.	1,5
Bâtiments réclamant des mesures de protection exceptionnelles.  Exemples: - Hôpitaux / centre médicaux - Théâtres / salles de concert - Musées ou bâtiments où sont conservés des biens culturels particuliers - Centres informatiques et d'ordinateurs ou studios de télévision - Usines / magasins de stockage de l'industrie chimique - Fabriques de munitions - etc.	2,0

### Indice d'évacuation $C$

L'indice d'évacuation  $C$  tient compte de la structure des surfaces recevant la pluie et les réductions ou retards des débits d'eaux. Comme les valeurs  $C$  sont appliquées exclusivement à des objets individuels, ces valeurs sont supérieures aux valeurs d'indices de débits d'évacuation utilisées dans le plan général de drainage (GEP).

Surface exposée A	C
- Toits inclinés et plats (Indépendamment du matériau et de l'écoulement sur le toit)	1,0
- Places et chemins	
- avec revêtement en gravier	1,0
- avec système écologique (joints en gravier)	0,6
- avec revêtement à capacités de drainage	0,6
- avec pierres permettant le drainage	0,2
- avec dalles alvéolaires	0,2
- Toits plats* avec humus	
Epaisseur de la couche >50 cm	0,1
25 - 50 cm	0,2
10 - 25 cm	0,4
≤10 cm	0,7

\* valable uniquement avec des inclinaisons de toit jusqu'à 15° (augmenter  $C$  de 0,1, si l'inclinaison est plus importante)

Les jardins, prés et terres cultivées n'influencent pas essentiellement l'évacuation des eaux de pluie. C'est pourquoi il faut en tenir compte uniquement dans les cas justifiés.

## 6.1.3 Evacuation des eaux usées, évacuation de lotissements

Partout où l'on se trouve confronté à des indications non mesurables, on détermine en général les quantités utiles d'évacuation par temps sec (Q<sub>TW</sub>) en multipliant le nombre d'habitants par la consommation caractéristique  $q_{TW} = 0.01$  l/s · E. Ici il faut noter qu'on ne tient pas compte d'eaux usées industrielles.

Les eaux usées ménagères sont formées principalement par l'usage de l'eau d'alimentation. Pour obtenir une approximation on peut donc dire que la quantité d'eaux usées est approximativement la même que la quantité d'eau consommée.

Le nombre d'habitants est comptabilisé en fonction de la population équivalente, des corrections sont faites selon le tableau suivant. Des indications fiables sur les entreprises commerciales et industrielles sont possibles uniquement par des mesures sur place. Là, à par quelques rares exceptions la consommation d'eau est supérieure à la quantité d'eau évacuée. On ne peut faire aucune déclaration sur les variations des quantités d'eaux à évacuer. Qu'elles soient régulières, ponctuelles ou saisonnières.

Les quantités d'eaux supplémentaires provenant d'autres sources doivent être déterminées et on doit en tenir compte.

## Equivalence de population

Chiffres comparatifs par rapport aux populations permanentes	
Habitant permanent	1,00
Ecoles (par élève)	0,25
Administrations, bureaux (par personne)	0,30
Hôtellerie	
Hôtel (par lit)	1,00
Restaurant (par siège)	0,30
Très fréquenté Auberges de montage, etc. (par siège)	jusqu'à 2,00
Hôpitaux (par lit)	2,00 – 2,50
Entrées	0,25 – 0,35
Sorties	0,65 – 0,75
Camping (par hectare)	80
Maisons et appartements de vacances	0,80

### 6.1.4 Quantités d'eaux de pluie, évacuation des lotissements

Les bases de mesure hydraulique des quantités de précipitations sont constituées en principe par la valeur prévisionnelle d'évacuation mesurée définie au sein du GEP.

Le calcul des quantités de précipitations est basé sur les données pluviométriques analysées.

Les données pluviométriques sont fonction de la région et de la durée de la pluie.

La détermination des valeurs de mesure est aujourd'hui souvent réalisée par simulation ordinateur.

Une possibilité de détermination grossière des quantités de précipitation est offerte en utilisant le calcul selon Imhoff.

#### 6.1.4.1 Liste de calcul selon Imhoff

A l'aide des relations suivantes, la quantité d'évacuation  $Q$  en temps de pluie, sera relevée en un certain point dans la canalisation:

$$Q = r \cdot \psi \cdot F_A \quad [l/s]$$

$r$  = Intensité de la pluie [l/s ha]  
 dépendante de: la durée de la pluie  
 lieu  
 fréquence

$\psi$  = Valeur d'évacuation (< 1) [-]  
 dépendante de: des constructions  
 conditions géologiques  
 déclivité du terrain

$F_A$  = Surface de la zone partielle de relevé [ha]

Pour calculer la quantité de pluviométrie maximale il faut choisir l'intensité de pluie, dont la durée correspond au début de la pluie et à la durée d'écoulement depuis le début de l'égout jusqu'au point de mesure.

Cette règle est toutefois valable uniquement si la zone de prélèvement est à peu près de forme rectangulaire, construite de manière pratiquement homogène et présente des rapports de déclivité à peu près unitaires. Si ces conditions ne sont que partiellement ou pas du tout réunies, il est possible, en fonction des circonstances, que la pluviométrie décrite dans la procédure précédente soit beaucoup plus importante que la pluviométrie réelle si l'on tient compte seulement de la partie inférieure de la surface totale de prélèvement. Dans ce cas le calcul doit être effectué avec l'intensité de pluie dont les délais d'écoulement et de début de durée de pluie correspondent à la limite supérieure de cette partie de surface jusqu'au point de calcul, La somme ainsi réduite de la surface de prélèvement réduite serait, en raison du délai d'écoulement réduit, opposée à une intensité de pluie fortement augmentée, de telle sorte que le produit de ces deux facteurs augmenterait la valeur de quantités pluviométriques. La quantité de pluviométrie maximale de référence est déterminée par la variation des dimensions de la surface de prélèvement définie. Les sections individuelles de canalisation sont calculées pas à pas du haut vers le bas à l'aide de la liste de calcul selon Imhoff.

Si la quantité de pluviométrie calculée de haut en bas n'augmente pas dans une zone quelconque, et même décroît, le dimensionnement de la canalisation doit être réalisé logiquement en fonction de la valeur maximale de pluviométrie calculée pour la section de canalisation supérieure. Après les harmonisations de canalisation on peut en général calculer avec les délais plus longs de début et d'écoulement (en faisant un contrôle éventuel avec les délais courts de pluviométrie, comme le procédé expliqué plus haut). Pour faire une approximation on recommence le calcul après une chute de pluie, mais toutefois la quantité d'eaux, où la décharge se produit, doit être prise en compte en supplément comme une constante.

#### 6.1.4.2 Courbes d'intensité de pluie

Les indications suivantes reposent sur les analyses de bandes de mesure de pluviométrie de l'institut EAWAG de Zurich.

On a alors supposé pour simplification que pendant toute la durée des chutes de pluies  $T_R$ , la pluie est tombée avec une même intensité  $r$ .

L'équation pour l'intensité de pluie est:

$$r = \frac{K_R}{T_R + B_R}$$

$r$  = intensité de pluie d'une pluie de durée  $T$  minutes; en moyenne,  $r$  est atteinte ou dépassé toutes les  $z_R$  années. [l/s ha]

$K_R$  = constante locale dépendante de la fréquence  $z_R$  [-]

$B_R$  = constante locale [min]

$T_R$  = durée de la précipitation [min]

$z_R$  = nombre d'années où l'intensité  $r$  est atteinte une fois ou dépassée [-]

## 6 HYDRAULIQUE

La fréquence  $z_R$  doit être sélectionnée en fonction du type d'occupation des sols (habitations) et en accord avec l'administration de protection des eaux:

- Grandes villes, grande région industrielle, grande densité d'habitations  $z_R = 10 \div 20$
- Villes petites et moyennes  $z_R = 10$
- Villages, habitat clairsemé  $z_R = 5$

Valeurs $K_R = f(z_R)$								$B_R$
Localité	$z_R =$ nombre d'années							en min.
	1	2	5	10	15	20	30	
Aldorf	2480	3520	4620	5560	6150	6600		12
Bâle	2875	3588	4652	5552	6112	6540	7160	8
Berne	4000	4984	6484	7796	8636	9208	10216	12
Davos	1950	2438	3159	3762	4128	4397	4822	10
Lausanne	3159	3810	4760	5560	6068	6394	6978	12
Locarno-Monti	7068	8446	10418	12044	13040	13810	14878	23
Neuchâtel	2650	3289	4131	4770	5144	5409	5782	10
St.Gall	4002	5106	6787	8252	9188	9905	10945	14
Schaffhausen	3000	3840	5130	6240	6940	7530	8340	10
Sion	1050	1382	1821	2160	2347	2347	2679	6
Thun	3886	4873	6361	7616	8413	9004	9886	14
Uster	3400	4280	5590	6705	7408	7935	8710	10
Zurich	3036	3664	4569	5313	5771	6114	6606	8
Como	6342	7636	9525	11079	12056	12766	13813	27

### 6.1.4.3 Délai d'évacuation

Le délai d'évacuation ou de rétention est le délai nécessaire à l'eau de pluie pour arriver à l'extrémité supérieure de la canalisation d'évacuation à partir des toits, jardins, cours, etc., ou à partir de zones de déclivité environnantes. En règle générale elle est de l'ordre de 5 minutes, dans les zones à grande déclivité de 3 minutes et de 10 minutes en terrain plat..

### 6.1.4.4 Coefficient d'écoulement

Le coefficient d'écoulement  $\psi$  indique la proportion d'eau s'écoulant dans l'égout. Il dépend

- du type d'occupation des sols
- de l'environnement géologique
- de la pente du terrain

Localité	Coefficient d'écoulement $\psi$
Zones commerciales:	
Zones basses, vieux centres de villes	0,70 – 0,95
Zones avoisinantes	0,50 – 0,70
Zones d'habitation:	
Maisons de campagne	0,25 – 0,40
Maisons individuelles	0,30 – 0,50
Immeubles	0,40 – 0,60
Rangées d'immeubles	0,60 – 0,75
Zones industrielles:	
Construction parsemée	0,50 – 0,80
Construction dense	0,60 – 0,90
Parcs, cimetières	0,10 – 0,25
Zones ferroviaires	0,20 – 0,40
Zones non construites	0,10 – 0,30

## 6.2 Dimensionnement de la section

### 6.2.1 Formules d'écoulement

La formule générale d'écoulement est la suivante:

$$Q_{\text{Dim}} = A \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Avec:

$Q_{\text{Dim}}$	= écoulement, devant être traité par l'égout	$[\text{m}^3/\text{s}]$
$A$	= section de tuyau mouillée	$[\text{m}^2]$
$v$	= vitesse moyenne d'écoulement	$[\text{m}/\text{s}]$

Pour déterminer la vitesse d'écoulement dans la canalisation, on dispose fondamentalement de deux formules d'écoulement:

Les formules selon Prandtl-Colebrook ou selon Strickler. Elles sont applicables pour lesdits écoulements normaux (Déclivité des lignes énergétiques = déclivité de sole).

Ces calculs sont des approximations qui comportent des attributs proches de la pratique, et ainsi apportent des solutions proches de la pratique. Ils ne peuvent pourtant jamais livrer de résultats exacts. Il est donc nécessaire de relativiser leurs résultats.

Fondamentalement les formules sont appliquées de la sorte:

*Formule de Prandtl-Colebrook pour:*

- profils ronds ou similaires à remplissage partiel ou complet (de préférence au moins à moitié pleins)

*Formule de Strickler pour:*

- pour canalisations à profil rectangulaire et profils rapportés et aussi pour canalisations à très faible remplissage (par exemple pour le contrôle de la vitesse minimale, etc.). Toutefois la formule de Strickler trouve une application dans les canalisations fermées en raison de sa structure simplifiée. La détermination des quantités d'eaux usées comporte souvent de grandes inexactitudes et suppositions. Vu sous cet angle l'application de la formule de Strickler simple est suffisamment exacte.

#### 6.2.1.1 Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook

$$|v| = 2 \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot Rh \cdot Je} \cdot \log \left( \frac{kb}{3,71 \cdot 4 \cdot Rh} + \frac{2,51 \cdot \nu}{4 \cdot Rh \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot Rh \cdot Je}} \right)$$

Avec:

$v$	= vitesse d'écoulement moyenne	$[\text{m}/\text{s}]$
$g$	= gravité terrestre	$[9,81 \text{ m}/\text{s}^2]$
$Rh$	= rayon hydraulique (A/U)	$[\text{m}]$
$A$	= section d'écoulement mouillée	$[\text{m}^2]$
$U$	= circonférence mouillée	$[\text{m}]$
$Je$	= déclivité des lignes énergétiques	$[-]$
$di$	= diamètre interne des tuyaux	$[\text{m}]$
$kb$	= rugosité (selon 6.2.2)	$[1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}]$
$\nu$	= viscosité cinématique	$[1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}]$

#### 6.2.1.2 Formule d'écoulement de Strickler

$$v = Ks \cdot Js^{1/2} \cdot Rh^{2/3}$$

Avec:

$v$	= vitesse d'écoulement moyenne	$[\text{m}/\text{s}]$
$Ks$	= coefficient de résistance hydraulique (selon le point 6.2.2)	$[85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}]$
$Js$	= déclivité de sol	$[-]$
$Rh$	= rayon hydraulique (A/U)	$[\text{m}]$

### 6.2.2 Valeurs caractéristiques du matériau

A côté des valeurs géométriques comme la section et la déclivité, c'est aussi la rugosité de la paroi des tuyaux qui influence les capacités d'écoulement. Sur le thème de la rugosité des parois certaines études ont déjà été réalisées avec différents résultats. On fait la distinction entre la rugosité du matériau, la rugosité des parois et la rugosité de fonctionnement.

#### Rugosité du matériau

Les matières synthétiques, indépendamment du fait qu'il s'agisse de PP, PE ou de PVC-U, ont une rugosité de 0,007 mm. Cela n'a toutefois rien à voir avec les applications pratiques.

#### Rugosité des parois

La rugosité des parois agit en commun avec différents facteurs comme par exemple la vitesse du flux et le type turbulence (laminaire, turbulent), ou la température et la viscosité de l'agent (eau). Comme ici encore, des conditions changeantes se produisent dans la pratique, on ne peut pas faire de déclarations valables d'une manière générale. D'autre part la rugosité des parois se rapporte uniquement au tuyau.

#### Rugosité de fonctionnement

Des recherches ont montré que l'influence de la rugosité de paroi sur le transport hydraulique dans la pratique ne joue souvent dans la pratique qu'un rôle auxiliaire. Le rôle essentiel étant joué par les raccords de tuyaux, voûtes, équipements, sorties et pour une part essentielle les regards à voûte.

Ces influences sont toutefois difficiles dans la pratique à exprimer sous une valeur de calcul.

Ainsi, en fonction de la littérature et des recherches on assiste à une vaste dispersion des valeurs de calcul et recommandations.

#### Pour Prandtl-Colebrook

d'une manière générale pour tuyaux d'égout en matière plastique avec regards:  
 $k_b = 1,0 \text{ mm}$

autres valeurs:  
pour canalisations droites sans regard:  
 $k_b = 0,5 \text{ mm}$

pour conduites à raccords latéraux et regards:  
 $k_b = 1,5 \text{ mm}$

#### Pour Strickler

En général on recommande pour les tuyaux de canalisation une valeur  $K_s$  de  $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Bien que les tuyaux en matière plastique possèdent des capacités hydrauliques optimales, on renonce dans la littérature spécialisée à définir une valeur de résistance hydraulique (valeur  $K_s$ ) pour différents matériaux.

### 6.2.3 Remplissage partiel

L'influence de la surface de section sur les capacités d'écoulement est déterminée par l'importance de la surface de frottement.

Il en découle que les performances maximales de débit ne sont pas lors du remplissage complet mais avec un remplissage partiel à 85%.

Pour garantir une circulation de l'air dans la canalisation et afin d'empêcher un effet d'aspiration, la canalisation devrait être dimensionnée pour un remplissage partiel. C'est-à-dire que la quantité maximale d'eaux usées peut être écoulee sans que le tuyau ne se remplisse complètement.

#### Canalisation SIA 190

La norme SIA 190 prévoit de dimensionner la conduite selon un remplissage complet.

Toutefois cela ne représente qu'une valeur de calcul. Sur l'abaque de remplissage partiel (voir page suivante) il devient évident qu'avec un remplissage complet on peut évacuer la même quantité d'eau qu'avec un remplissage partiel d'environ 80%. Avec l'accroissement du niveau d'eau on peut en déduire la quantité d'eau dimensionnée quand on atteint un taux de remplissage de 0,8

#### Evacuation des eaux usées de sols bâtis SN 592 000

Dans le domaine de l'évacuation des eaux de terrains bâtis on donne pour base de calcul un taux de remplissage partiel de 0,7 (70%).

#### Abaque de remplissage partiel

A partir de l'abaque de remplissage partiel (voir page suivante) on peut lire la relation de la hauteur de remplissage par rapport au volume ou de la vitesse par rapport au remplissage complet.

Pour un taux de remplissage partiel de 0,7 on obtient un  $Q\%$  de 85%

## 6.2.4 Détermination du diamètre nominal

Avec un dimensionnement à remplissage complet, on peut lire directement sur l'abaque d'écoulement des produits, la dimension correspondante à l'aide du volume d'eaux usées connu et de la déclivité connue.

Pour un remplissage partiel (h%) on détermine sur l'abaque de remplissage partiel en premier lieu le facteur de conversion correspondant pour le volume (Q%).

par exemple avec  $h = 0,7$   $Q = 0,85$

Le volume à évacuer correspond donc à 85% du remplissage complet (Qv).

Le calcul de la valeur de dimensionnement Qv est donc:

$$Q_v = Q / Q\%$$

Avec un taux de remplissage partiel de 0,7:

$$Q_v = Q / 0,85$$

A l'aide de cette valeur Qv on peut déterminer la dimension de manière semblable à celle du remplissage complet, sur l'abaque d'écoulement correspondant.

## 6.2.5 Canalisations à forte déclivité

La formation d'un mélange air-eau réclame une section interne des tuyaux élargie.

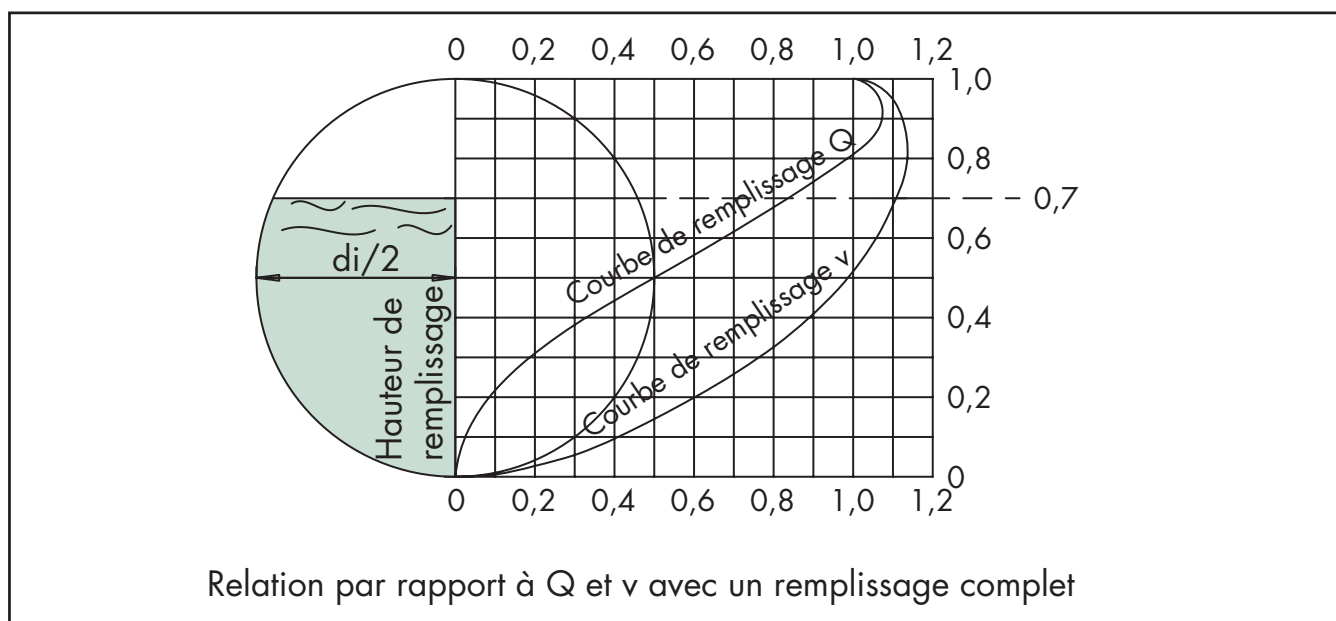
Pour garantir un remplissage partiel dans des canalisations à forte pente, il faut choisir des diamètres de tuyaux plus importants qui offrent un espace suffisant pour le mélange afin d'éviter les coups de butoir dans la conduite.

Le diagramme de dimensionnement (page E-80) permet de déterminer directement le diamètre interne. La ligne de séparation A-A indique à partir de quelle pente de tuyau se produit le mélange à air, à condition d'avoir un écoulement maximal toléré. Les pentes latérales maximales admises correspondantes sont situées à environ 7% à 12%, donc dans la plage des déclivités de rues les plus importantes.

Le calcul est effectué avec une rugosité  $k_b = 1,0$  mm.

L'introduction d'air est fonction de la vitesse d'écoulement et de la profondeur d'écoulement. L'influence de la rugosité de paroi sur ces deux valeurs est décroissante et est compensée dans la zone d'application des canalisations.

Dans le dimensionnement il faut tenir compte éventuellement d'une section d'accélération. Par exemple pour un écoulement hors d'un bassin dans une conduite à forte déclivité la vitesse calculée est obtenu plus tard, c'est à dire que pour le même volume d'écoulement on a besoin nécessairement dans la zone d'accélération d'une dimension plus importante. Pour cette raison il est recommandé d'élargir en fonction la canalisation au début de la conduite à forte pente. Le diagramme de dimensionnement se rapporte au diamètre interne.



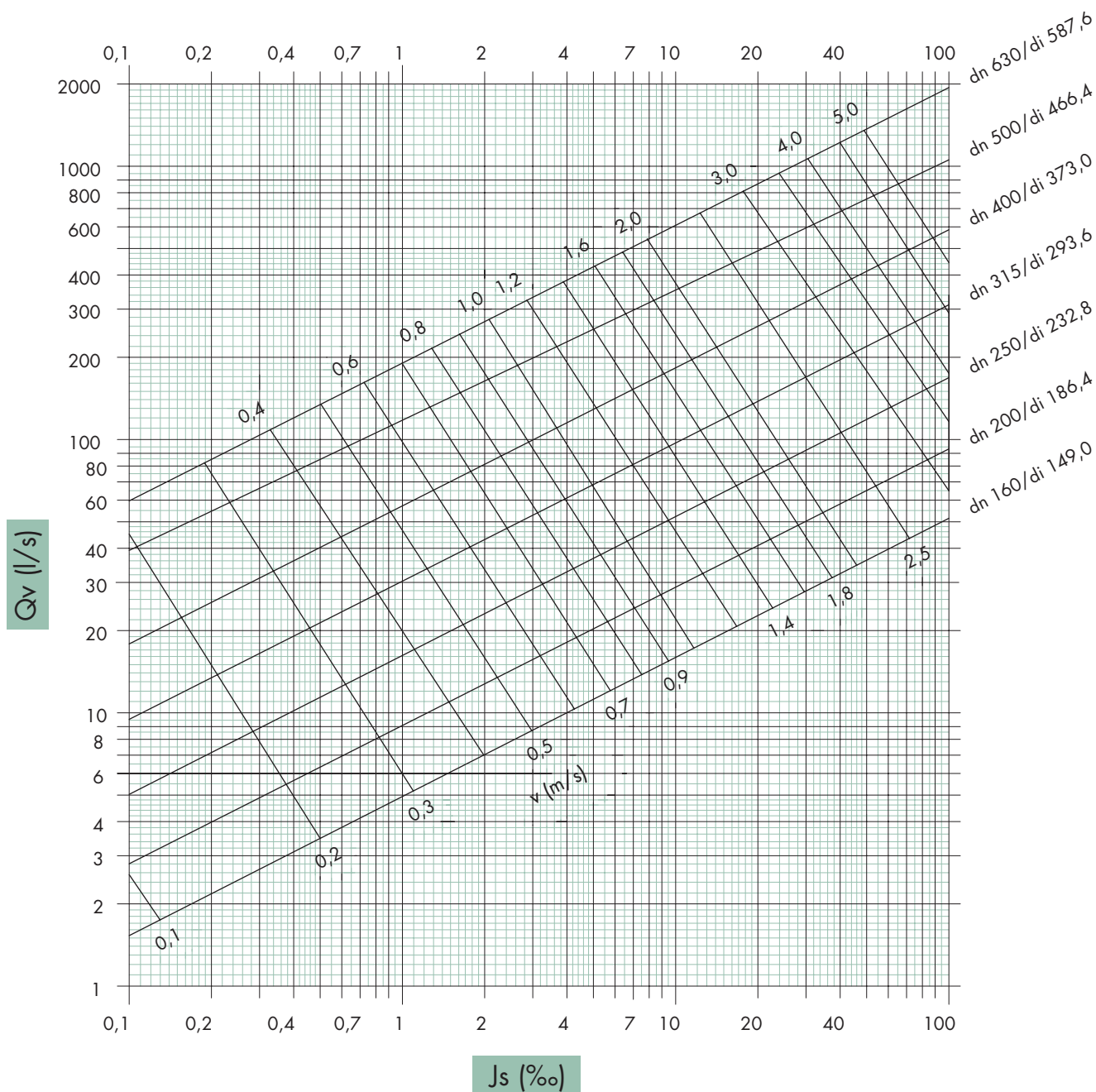
Abaque de remplissage partiel

## 6.3 Abaque

### 6.3.1 Tuyau de canalisation JANOLEn ottimo en PP-QD SN 8

Base: Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook  
Rugosité de paroi fonctionnelle  $k_b = 1,0 \text{ mm}$

# JANOLEn ottimo

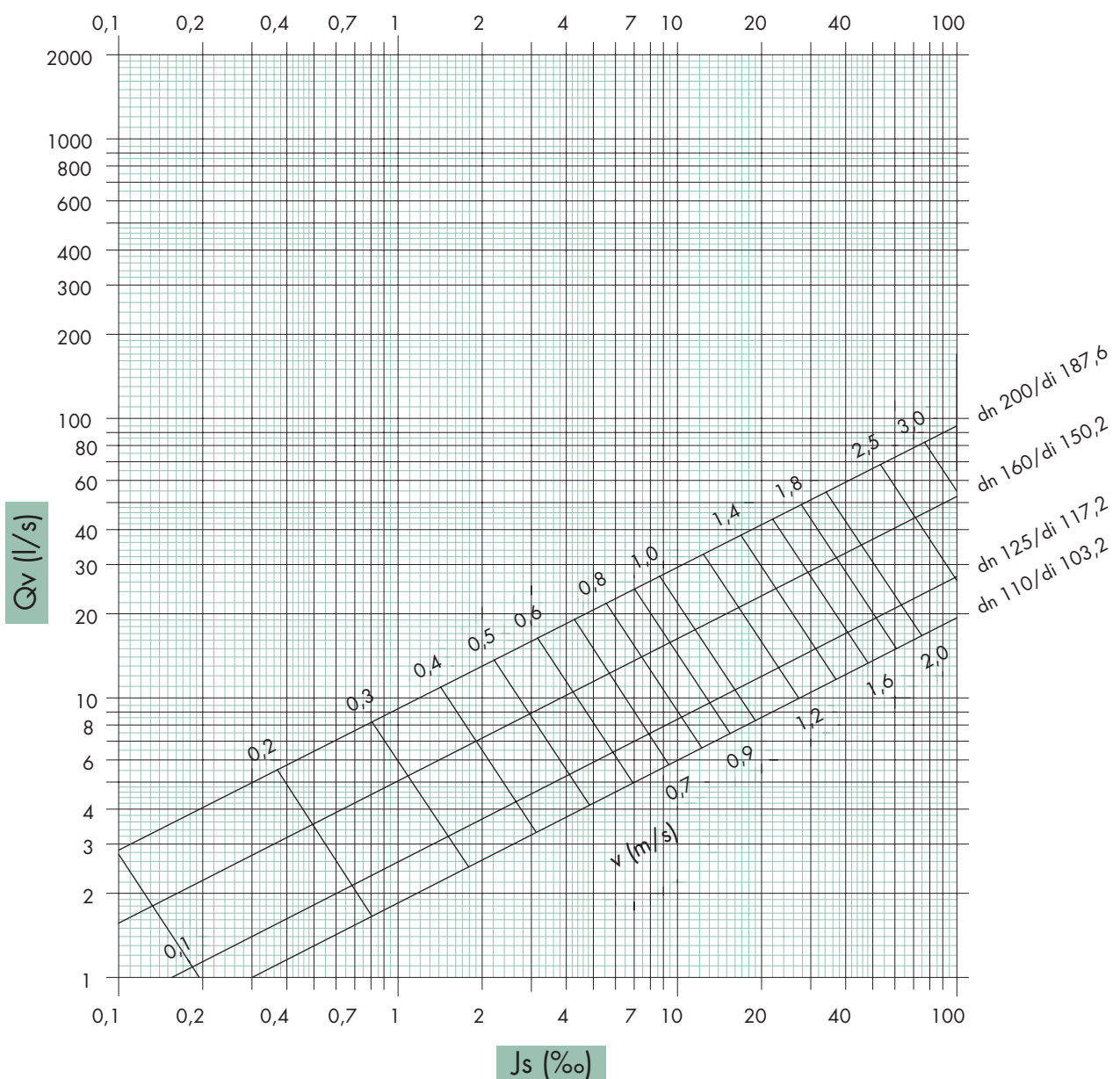


## 6 HYDRAULIQUE

### 6.3.2 Tuyau de canalisation JANOlen nuovo en PP SN 4

Base: Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook  
Rugosité de paroi fonctionnelle  $k_b = 1,0$  mm

# JANOlen nuovo



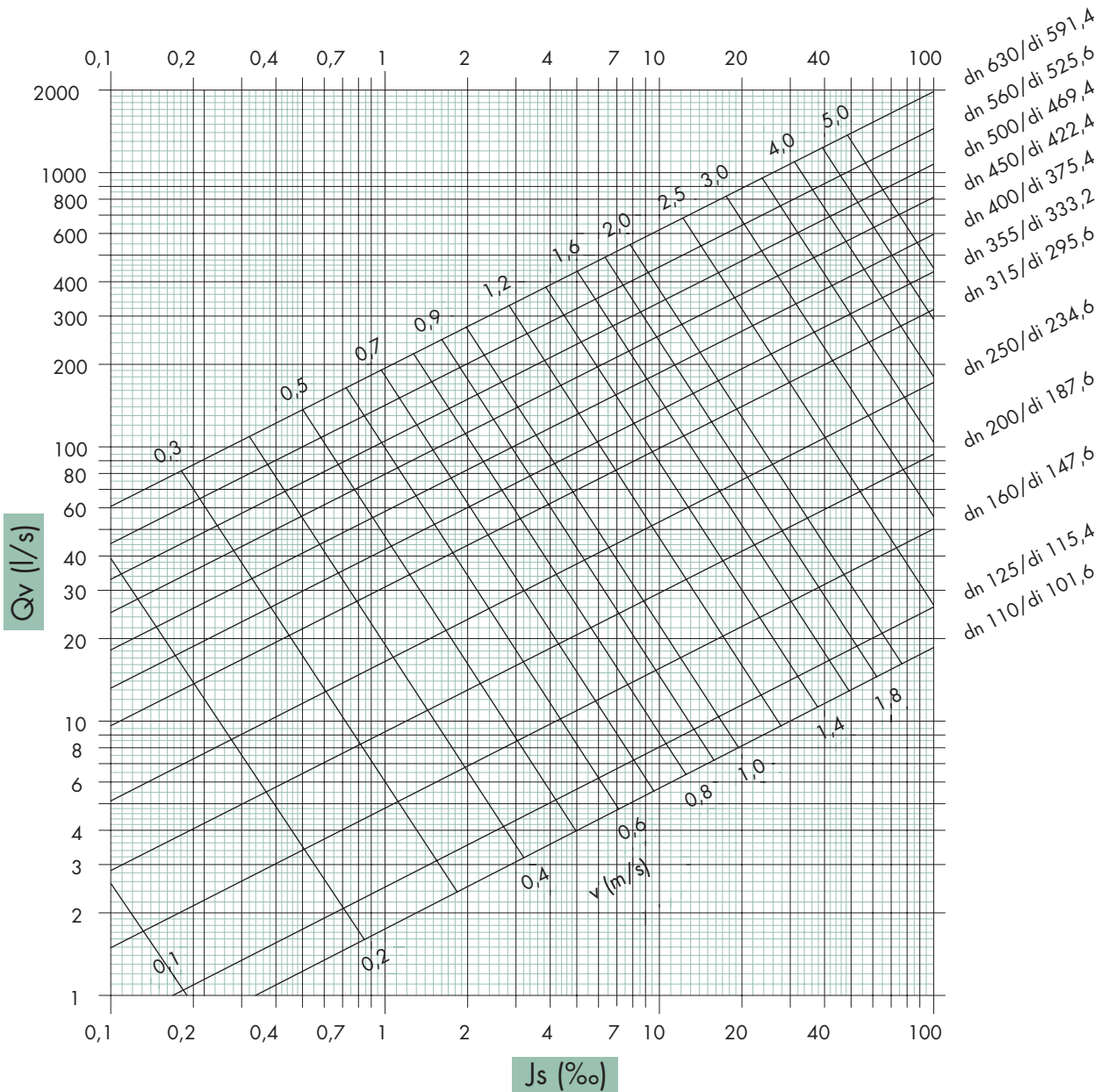
# 6 HYDRAULIQUE

## 6.3.3 Tuyau de canalisation JANOlén blanco en PE

dn 110 – 160 mm série 12,5 SN 4  
 dn 200 – 630 mm série 16 SN 2

Base: Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook  
 Rugosité de paroi fonctionnelle  $k_b = 1,0$  mm

# JANOlén blanco



## 6.3.4 Tuyau de canalisation JANOdur triplo en PVC-U

dn 110 – 125 mm SN 4

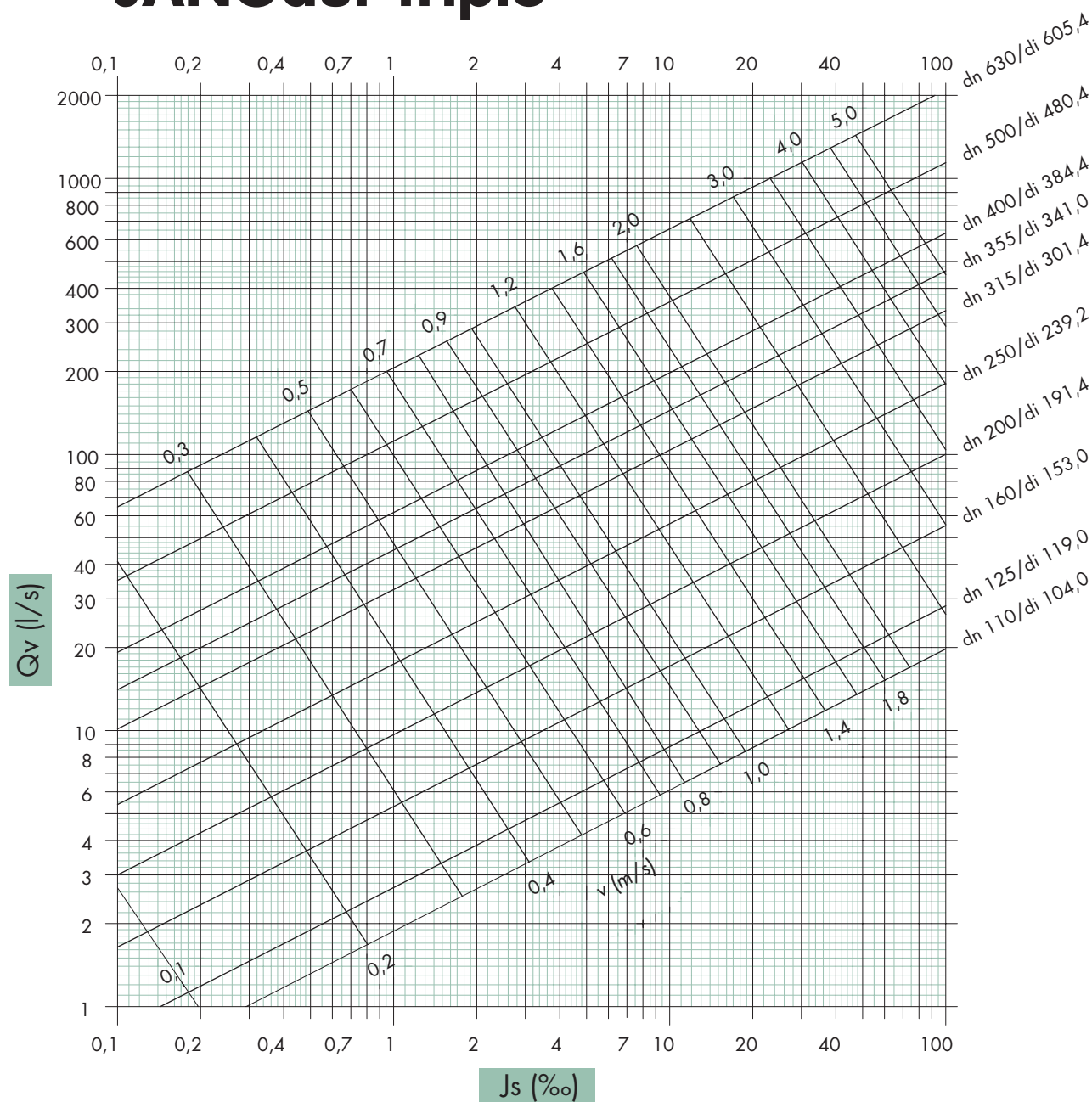
dn 160 – 315 mm SN 2

dn 355 – 630 mm série 25 SN 2

Base: Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook

Rugosité de paroi fonctionnelle  $k_b = 1,0$  mm

# JANOdur triplo



# 6 HYDRAULIQUE

## 6.3.5 Abaque de conduite à forte pente

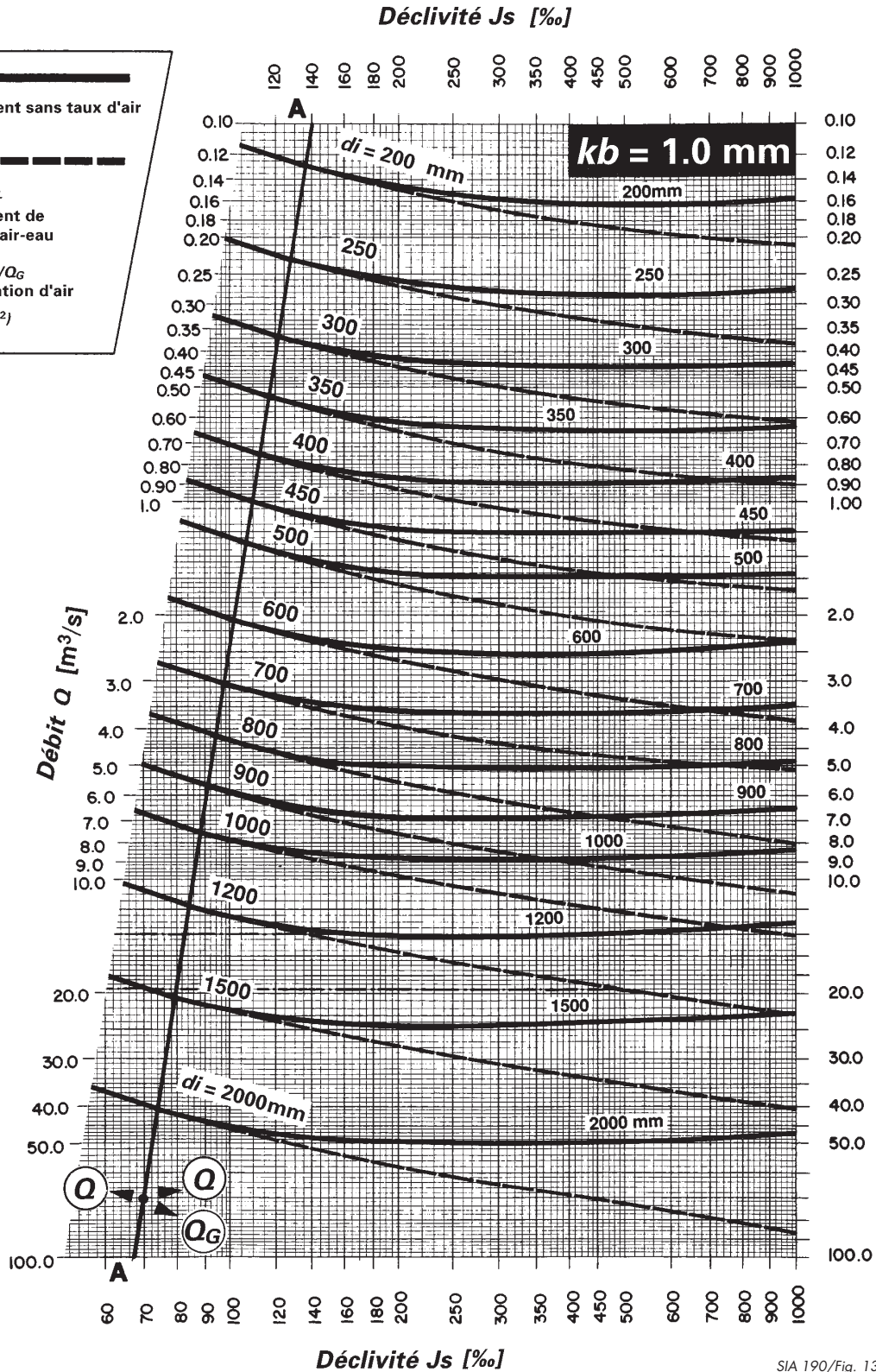
Base: Formule d'écoulement selon Prandtl-Colebrook  
 Rugosité de paroi fonctionnelle  $k_b = 1,0 \text{ mm}$

**Q** : ———  
 Ecoulement sans taux d'air

**Q<sub>G</sub>** : - - - -  
 $Q_G = Q + Q_L$   
 Ecoulement de mélange air-eau

$C = (Q_G - Q) / Q_G$   
 Concentration d'air

$v_g = v(1 - C^2)$   
 (m/s)



## 6.4 Exemple hydraulique

### 6.4.1 Exemple 1 avec abaque

Détermination du diamètre nominal de canalisation

Données: quantité d'écoulement  $Q = 130 \text{ l/s}$   
 pente  $J_s = 3.2\%$

Recherche: Dimension JANOlén ottimo en PP-QD

Pour des canalisations on dimensionne directement sur un remplissage complet (voir point 6.2.3)

Ainsi on peut lire directement les valeurs sur l'abaque pour JANOlén ottimo (point 6.3.1).  
 Avec  $Q = 130 \text{ l/s}$  et  $J_s = 3.2\%$  on obtient la dimension indispensable de  $d_n 315 \text{ mm}$ .

### 6.4.2 Exemple 2 par le calcul

Données: JANOlén ottimo en PP-QD  
 $d_n 315 \text{ mm}; d_i 293,6 \text{ mm}$   
 $J_s = 3,5\%$

Recherché: Ecoulemen  $Q$

#### Selon Prandtl-Colebrook, par le calcul

$$Q = v \cdot A$$

$$A = \frac{d_i^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,294^2 \cdot \pi}{4} = 0,068 \text{ m}^2$$

$$|v| = 2 \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_h \cdot J_s} \cdot \log \left( \frac{k_b}{3,71 \cdot 4 \cdot R_h} + \frac{2,51 \cdot v}{4 \cdot R_h \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_h \cdot J_s}} \right)$$

Avec:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$R_h = \frac{d_i}{4} = 0,073 \text{ m (remplissage complet)}$$

$$J_s = 0,035$$

$$k_b = 0,001 \text{ m}$$

$$\psi = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$|v| = 2 \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,073 \cdot 0,035} \cdot$$

$$\log \left( \frac{0,001}{3,71 \cdot 4 \cdot 0,073} + \frac{2,51 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 0,073 \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,073 \cdot 0,035}} \right)$$

$$|v| = 2 \cdot 0,4490 \cdot \log (918,0 \cdot 10^{-6} + 24,75 \cdot 10^{-6})$$

$$|v| = 0,898 \cdot (-3,025) \rightarrow v = 2,72 \text{ m/s}$$

$$Q = v \cdot A = 2,72 \cdot 0,068 = 0,184 \text{ m}^3/\text{s} = 184 \text{ l/s}$$

Conformément à SIA 190,  $Q_{\text{complet}}$  correspond à un taux de remplissage de 80%.

### 6.4.3 Exemple 3, terrain bâti

Détermination de diamètre nominal pour l'écoulement d'un terrain bâti

Données:      quantité d'écoulement     $Q = 15 \text{ l/s}$   
                  déclivité                             $J_s = 1.4\%$

Recherché:    dimension JANOlén nuovo en PP

Pour les évacuations de terrains bâtis on dimensionne à partir du taux de remplissage partiel de 0,7:

A partir de l'abaque de remplissage partiel (voir point 6.2.4) on lit pour  $h = 0,7$  la valeur  $Q\% = 0,85$ .

Le  $Q_v$  indispensable au dimensionnement du tuyau est calculé de la façon suivante :  $Q_v = Q / Q\% = 15 / 0,85 = 17,6 \text{ l/s}$

Sur l'abaque du JANOlén nuovo (point 6.3.2) on peut lire la dimension nécessaire.

Avec  $Q = 17,6 \text{ l/s}$  et  $J_s = 14\%$  on obtient la dimension recherchée de  $d_n = 160 \text{ mm}$ .

### 6.4.4 Exemple 4 pour conduite à forte déclivité

Détermination du diamètre nominal pour conduite à forte pente

Données:      quantité d'écoulement     $Q = 470 \text{ l/s}$   
                  déclivité                             $J_s = 45\%$

Recherche:    dimension du JANOlén bianco en PE avec un taux de remplissage partiel de 0,6

A partir de l'abaque de remplissage partiel (voir point 6.2.4) on lit pour  $h = 0,6$  la valeur  $Q\% = 0,68$ .

Le  $Q_v$  indispensable au dimensionnement du tuyau est calculé de la façon suivante:

$$Q_v = Q / Q\% = 470 / 0,68 = 691 \text{ l/s} = 0,7 \text{ m}^3$$

Entrée de la conduite à forte déclivité (point 6.3.5)

Sur l'abaque de conduite à forte pente, on peut lire pour  $J_s = 45\%$  les éléments suivants:

- Avec un diamètre interne de 350 on peut obtenir un écoulement sans mélange d'air d'environ  $0,66 \text{ m}^3$  (ce qui correspond à un volume de mélange total de  $Q_G = 0,82 \text{ m}^3$ ).
- Avec un diamètre interne de 400 on peut obtenir un écoulement sans mélange d'air d'environ  $0,90 \text{ m}^3$  (ce qui correspond à un volume de mélange total de  $Q_G = 1.15 \text{ m}^3$ ).

L'abaque se rapporte au diamètre interne du tuyau.

JANOlén bianco de  $d_n = 400 \text{ mm}$  possède un  $d_i$  de  $375,4 \text{ mm}$ .

A partir de l'interpolation des valeurs ci-dessus on peut estimer qu'ainsi environ  $0,70 \text{ m}^3/\text{s}$  peuvent être écoulés sans mélange d'air.

Ainsi  $Q > Q_v$  remplit la condition:  $0,80 > 0,70 \text{ m}^3/\text{s}$

Selon les précautions prises pour le choix du taux de remplissage partiel, il est conseillé de tenir compte éventuellement d'une réserve supplémentaire.

Dimension sélectionnée JANOlén bianco de  $d_n = 400 \text{ mm}$ .

## 6.5 Conditions limites de normes

Dans la SN 592 000 sur l'évacuation de terrains bâtis (édition 2002) et la norme SIA 190 (édition 2000) sont définies certaines conditions limites qui doivent être prises en compte lors de calculs hydrauliques.

### 6.5.1 Diamètres nominaux minimums, pour l'évacuation de terrains bâtis

Conformément à la SN 592 000 il ne faut pas utiliser des diamètres inférieurs aux diamètres nominaux minimaux suivants:

*Canalisation principale:*

Au moins DN 100, toutefois le DN des conduites auxiliaires correspond à  $d_n$  110 mm pour les tuyaux en matières plastiques.

*Canalisation de raccordement du terrain:*

DN 125 pour une maison individuelle, correspond à  $d_n$  125 mm pour les tuyaux en matières plastiques

DN 150 pour un immeuble, correspond à  $d_n$  160 mm pour les tuyaux en matières plastiques

### 6.5.2 Diamètres nominaux minimum de canalisation

Conformément à SIA 190 édition 2000, le diamètre nominal moyen des tuyaux en zone d'habitation est de 250 mm

### 6.5.3 Evacuation de terrains bâtis en pente

La norme SN 592 000 recommande pour l'évacuation des terrains bâtis les valeurs suivantes selon les pentes minimales et maximales:

Type de conduite	Pente en %		
	mini.	idéale	maxi.
Conduites d'évacuation d'eaux usées jusqu'au DN 200 (conduites de raccordement principales et de terrains bâtis)	2	3	5
Conduites d'évacuation d'eaux usées de DN supérieur à 200 (conduites de raccordement principales et de terrains bâtis)	1,5	3	5
Conduites d'évacuation des eaux de pluie	1	3	5
Conduites de drainage	0,5	0,5	1

Diam. nominal	Diamètre interne mini. suivant la norme	PP-QD JANOlén ottimo	PP JANOlén nuovo	PE JANOlén bianco		PVC-U JANOdur triplo
				S 12.5	S 16	
DN	ID min [mm]	$d_n/d_i$	$d_n/d_i$	$d_n/d_i$	$d_n/d_i$	$d_n/d_i$
100	96		110/103.2	110/101.6		110/104.0
125	113		125/117.2	125/115.4		125/119.0
150	146	160/149.0	160/150.2	160/147.6		160/153.0
200	184	200/186.4	200/187.6		200/187.6	200/191.4
250	230	250/232.8			250/234.6	250/239.2
300	290	315/293.6			315/295.6	315/301.4

## 6 HYDRAULIQUE

### 6.5.4 Canalisation en pente

Dans la norme SIA 190 aucune pente minimale n'est définie, par contre il existe une vitesse d'écoulement minimale.

### 6.5.5 Vitesse d'écoulement minimale

La norme SIA 190 réclame à la canalisation les exigences minimales suivantes:

Pour éviter les dépôts les vitesses d'écoulement minimales suivantes sont indispensables.

jusqu'au di	400 mm	$v_{\min} = 0.6 \text{ m/s}$
	400 – 1000 mm	$v_{\min} = 0.8 \text{ m/s}$
supérieurs	1000mm	$v_{\min} = 1.0 \text{ m/s}$

### 6.5.6 Charge d'écoulement admissible (Q maxi.) pour canalisations hors de bâtiments

Calculées conformément à SN 592 000 selon Prandtl-Colebrook avec une rugosité fonctionnelle  $k_b = 1 \text{ mm}$  et un remplissage  $h/ID$  de 0,7

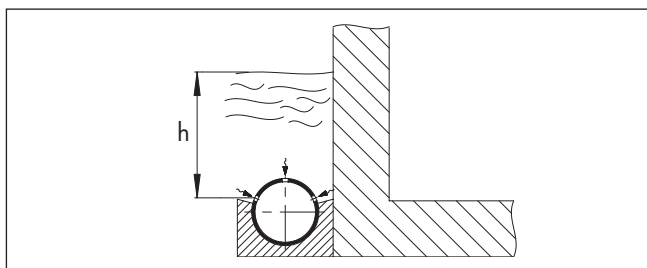
Charge d'écoulement admissible Q maxi. (l/s)									Diam. nominal $d_n$
Déclivité (tenir compte de la pente minimale)									
1%	1.5%	2%	2.5%	3%	3.5%	4%	4.5%	5%	
4.2	5.1	5.9	6.7	7.3	7.9	8.4	8.9	9.4	<b>110</b>
6.8	8.3	9.6	10.8	11.8	12.8	13.7	14.5	15.3	<b>125</b>
12.8	15.7	18.2	20.3	22.3	24.1	25.8	27.3	28.8	<b>160</b>
23.7	29.1	33.6	37.6	41.2	44.5	47.6	50.5	53.3	<b>200</b>
44.9	55.0	63.6	71.1	77.9	84.2	90.0	95.5	100.7	<b>250</b>
80.6	98.8	114.2	127.7	140.0	151.2	161.7	171.5	180.8	<b>315</b>

## 6.6 Capacités d'absorption des conduites de drainage

Les capacités d'absorption des conduites de drainage dépendent de la surface de pénétration de l'eau et de la hauteur du niveau d'eau moyen.

La vitesse d'arrivée de la nappe d'eau est ignorée. On tient compte d'une perte de pénétration dans les trous de pénétration.

Ce calcul est une estimation grossière. On ne peut tenir compte de l'influence des blocages en pierre ou des matériaux de terrain. D'autre part il faut s'assurer que la section de la conduite de drainage est apte à évacuer les quantités d'eaux accumulées.



Quantité d'eau maximale pouvant pénétrer dans les tuyaux:

$$Q_{zu} = \alpha \cdot A_s \sqrt{2g \cdot h}$$

$\alpha$  = Facteur de perte d'entrée ou de sortie  $\sim 0,5$ , choisi faible afin de pouvoir tenir compte d'autres pertes (par exemple pertes dues aux tuyaux). [-]

$Q_{\text{féme}}$  = Volume accumulé par mètre [l/s]

$A_s$  = Surface de pénétration de l'eau par mètre suivant le tableau [dm<sup>2</sup>/m']

$g$  = Gravité terrestre  $\sim 9,8 \text{ m/s}^2 = \sim 100$  [dm/s<sup>2</sup>]

$h$  = Hauteur différentielle entre la hauteur d'accumulation et la moyenne d'entrée/sortie [dm]

### Répartition des trous de drainage

Diamètre nominale	nombre de rangées de trous	nombre de trous	diamètre des trous	Surface de pénétration de l'eau $A_s$	PP-QD ottimo	PP nuovo	PE bianco	PVC-U triplo
$d_n$		/m'	mm	dm <sup>2</sup> /m'	Disponibilité			
110	3	15	12	0,17	o	✓	✓	✓
125	3	15	12	0,17	o	✓	✓	✓
160	4	20	12	0,23	sur demande	✓	✓	✓
200	5	25	12	0,28		✓	✓	✓
250	5	25	12	0,28		o	✓	✓
315	6	30	12	0,34		o	✓	✓
355	6	30	12	0,34		o	sur demande	✓
400	6	30	12	0,34		o	✓	✓

### 6.7 Volumes d'évacuation pour les tuyaux d'infiltration

Le calcul de la quantité d'eau maximale pouvant pénétrer dans les tuyaux par l'intermédiaire des trous est effectué comme sous 6.6.

Toutefois il faut tenir compte du fait que les capacités d'absorption du sol et les capacités d'évacuation des conduites sont limitées.

*Distribution des trous de tuyaux d'infiltration:*

Diam. nominal	Nombre de trous	Diam. des trous	Surface de pénétration de l'eau A	PVC-U triplo
$d_n$	/m'	mm	$dm^2/m'$	
160	213	12	2,4	sur demande
200	213	12	2,4	sur demande
250	213	12	2,4	sur demande
315	425	12	4,8	sur demande
355	425	12	4,8	sur demande
400	425	12	4,8	sur demande

