

UNIVERSITE D'ANNABA LICENCE HYDRAULIQUE

LE DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS

INTERVENANT : Dr Moncef CHABI

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX

LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

L'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS

- 1) Assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées vers les exutoires naturels
- 2) Vérifier la compatibilité des rejets selon les exigences :
 - de la santé publique (problèmes épidémiologiques et sanitaires)
 - de l'environnement (respect des objectifs de qualité)

BREF HISTORIQUE

Jusqu'en 1960 : évacuation rapide des effluents le plus loin possible de la ville

Dès 1970 : situation critique due à l'accroissement considérable de la population urbaine :
22 % en 1850, 61 % en 1960, 73 % en 1975, 79 % en 2010.

Dès 1980 : problèmes d'insuffisance de réseau dus à l'accroissement des surfaces imperméabilisées

➡ Emploi des techniques alternatives se rapprochant au mieux du cycle naturel de l'eau

SITUATION ACTUELLE

15% des eaux usées ne sont pas collectées et 30 % des eaux ne sont pas dépolluées.

- problèmes de ressources en eau
- problèmes de qualité des eaux

Les usages domestiques de l'eau représentent une cause potentielle majeure de pollution de l'eau

La protection des milieux aquatiques est un axe important du Grenelle de l'environnement. Il fixe comme objectif d'atteindre ou de conserver un bon état écologique de l'eau en France des masses d'eau d'ici 2015.

➡ mise en place d'un cadre juridique : Directive Cadre Eau, Code de l'Environnement.

L'eau est un élément essentiel de notre patrimoine.

Directive cadre sur l'eau

Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 fixe des obligations :

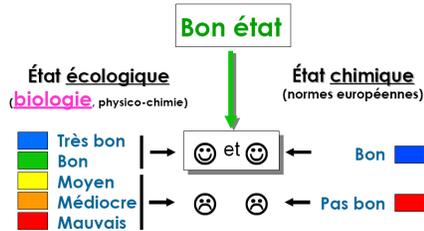
- objectif d'atteinte du bon état général des milieux aquatiques d'ici 2015;
- non dégradation de l'existant et restauration de l'état des écosystèmes aquatiques (continuité écologique des cours d'eau);
- respect des objectifs des zones protégées;
- lutte contre les pollutions par les toxiques;
- Atténuer les effets des inondations

Obligation de résultat pour chaque État.

- Rendu compte régulier à la commission européenne.

Directive cadre sur l'eau

- Le bon état = bon état chimique + bon état écologique



Code de l'environnement

Rassemble l'ensemble des mesures législatives sur l'eau.

- Mise en place de procédures administratives pour les Installations, Ouvrages, Travaux et Aménagements pouvant avoir des impacts sur les milieux aquatiques (nomenclature article R.214-1)
- Création de la police de l'eau
- Création de documents de planification à l'échelle du bassin SDAGE, au niveau local les SAGE

LES SYSTEMES DE COLLECTE ET D'ÉVACUATION

LES SYSTEMES D'ÉVACUATION DES EAUX USEES ET EAUX PLUVIALES

SYSTÈMES FONDAMENTAUX :

- Système unitaire :

Canalisation unique pour évacuer tous les effluents (eaux usées et eaux pluviales)

- Système séparatif :

Eaux usées et eaux pluviales sont évacuées dans deux canalisations distinctes

- Système mixte :

C'est un réseau constitué, suivant les zones, en système unitaire et en système séparatif

LES SYSTEMES D'ÉVACUATION DES EAUX USEES ET EAUX PLUVIALES

SYSTÈME PSEUDO SÉPARATIF :

On appelle pseudo séparatif, des réseaux séparatifs où le réseau d'E.U. peut recevoir certaines eaux pluviales provenant des propriétés riveraines.

SYSTÈME COMPOSITE :

C'est une variante du système séparatif qui prévoit par divers aménagements, une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau d'eaux usées en vue de leur traitement.

LES SYSTEMES D'ÉVACUATION DES EAUX USEES ET EAUX PLUVIALES

SYSTEME SOUS PRESSION :

Le réseau fonctionne en charge. Les eaux sont évacuées par l'intermédiaire de pompes.

SYSTEME SOUS DEPRESSION :

Le transport de l'effluent s'effectue par mise en dépression des canalisations (pompes provoquant le vide).

LES RESEAUX EN FRANCE

Age moyen des réseaux en France

- 50 % des canalisations transportant les eaux usées a plus de 50 ans
- Les réseaux les plus anciens sont ceux situés en centre ville

➔ Nécessité de renouveler et de réhabiliter les réseaux

Les sommes en jeu sont colossales :

0,8 à 1,3 milliards d'€ sont dépensés chaque année

LES RESEAUX EN FRANCE

Données 2010

- 85% de la population (55Mh) raccordée au réseau d'assainissement collectif
- 19300 stations de traitement des eaux usées en France

Chaque seconde, 130 m³ d'eaux usées sont acheminés sur les STEP pour être traitées.

Linéaires de réseaux 2012

280 000 Km pour les eaux usées

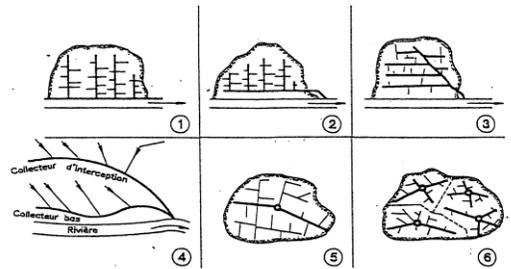
- Réseau séparatif : 65 %
- Réseau unitaire : 35 %

93 000 Km pour les eaux pluviales

LES SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION

1. Le schéma perpendiculaire au cours d'eau
2. Le schéma type « collecteur latéral »
3. Le schéma type « collecteur transversal »
4. Le schéma type « par zones étagées »
5. Le schéma type « centre collecteur unique »
6. Le schéma type « radial »

LES SCHEMAS TYPES DES RESEAUX D'EVACUATION



1. Schéma type "perpendiculaire"
2. Schéma type "collecteur latéral"
3. Schéma type "collecteur transversal"
4. Schéma type "zones étagées"
5. Schéma type "centre collecteur unique"
6. Schéma type "radial"

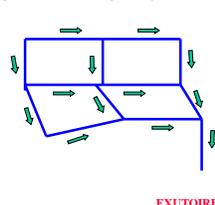
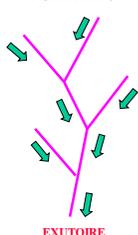
LES TYPES DE RESEAUX

Deux types de réseaux :

ramifié

ou

maillé



LA CONCEPTION DES RESEAUX

L'ENQUÊTE PREALABLE

Nécessité de réaliser une enquête préalable ayant pour objet de fournir les informations sur :

- l'urbanisation
- les équipements existants
- le milieu naturel

L'étude préalable doit répondre aux questions suivantes :

- Quel est le devenir des eaux de ruissellement recueillies ?
- Comment limiter les risques d'inondation ?
- Est-il possible de choisir une solution alternative ?

L'ÉTUDE PREALABLE

L'étude préalable porte sur :

- La connaissance du terrain et des pratiques locales
- La connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin
- L'existence et la capacité de l'exutoire
- La recherche des zones où il est possible d'infiltrer ou de prévoir des zones d'équipements de rétention
- La qualité des eaux de ruissellement dans le cas d'un rejet vers un exutoire naturel sensible

LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

LA CONSTITUTION DU RESEAU

Un réseau d'assainissement est constitué d'un ensemble de canalisations implantées si possible sur le domaine public et le plus souvent de section circulaire de diverses catégories : béton armé, non armé, grès, métalliques, PVC, PEHD, etc.

En certaines circonstances, il peut être implanté des ouvrages de collecteur à sections particulières tels :

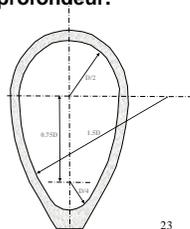
- ouvrages ovoïdes normalisés
- collecteurs à cunettes et banquettes
- collecteurs à sections particulières (rectangulaire, ovale, etc...)

LA CONSTITUTION DU RESEAU

Ouvrages ovoïdes normalisés

Ces ouvrages conviennent spécialement pour les voies étroites, ou dans celles où la circulation intense impose de limiter la largeur des fouilles. D'autre part, la forme de ces tuyaux leur confère une grande résistance. Ils peuvent donc être employés à faible profondeur.

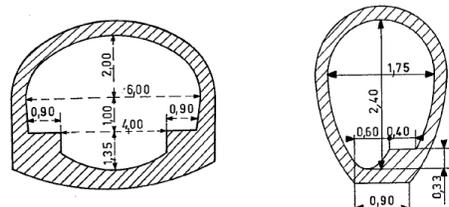
Leur hauteur est égale à une 1,5 D de la partie demi-cylindrique supérieure, le diamètre du cylindre inférieur étant égal à D/4, le raccord est obtenu par deux arcs de cercles de rayon 1.5 D.



LA CONSTITUTION DU RESEAU

Collecteurs à cunettes et banquette

Les égouts à cunettes permettent un bon écoulement des eaux usées. En période d'orage, l'eau monte dans l'ouvrage bien qu'en général la section soit surabondante. Une banquette permet la circulation en période de temps sec pour l'entretien de l'ouvrage. Des canalisations ou des câbles sont placés éventuellement en partie supérieure de l'ouvrage.



LA CONSTITUTION DU RESEAU

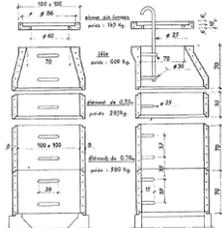
Les réseaux comportent par ailleurs bon nombre d'ouvrages annexes courants qui présentent une importance particulière pour une exploitation rationnelle et correcte.

➤ **Regards de visite** : Ils permettent l'accès aux canalisations pour les curages et l'entretien et assurent la ventilation du réseau.

L'exploitation rationnelle du réseau conduira à réaliser des regards dans les lignes droites à intervalles variant en moyenne entre 35 et 70 mètres.

Par ailleurs il seront également implantés dans les cas suivants :

- changement de direction
- changement de pente
- changement de diamètre



Assainissement urbain

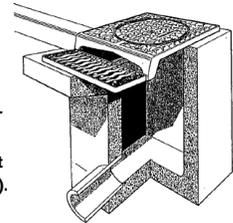
25

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ **Avaloirs et bouches d'égouts** :

Le rôle des avaloirs et bouches d'égout est d'assurer l'entrée dans un égout, soit unitaire, soit pluvial des eaux de pluie et de lavage des chaussées.

Elles peuvent être équipées de systèmes sélectifs permettant une rétention de corps étrangers (feuilles, sables, ...). Dans ce cas, il convient de réaliser un entretien régulier des paniers (risques de nuisances olfactives et gêne au bon écoulement des eaux).



Assainissement urbain

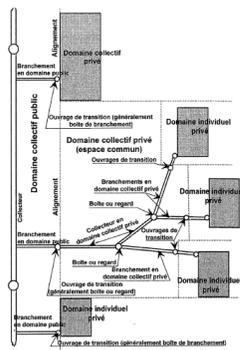
26

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ **Les branchements à l'assainissement**

✓ **Schéma des différents ouvrages :**

- branchements
- domaine public (Ø 150 mm avec 3% de pente au minimal)
- domaine privé Ø 100 mm avec 1,5% de pente au minimal)
- boîtes de branchement
- collecteur



Assainissement urbain

27

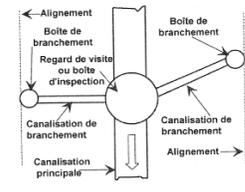
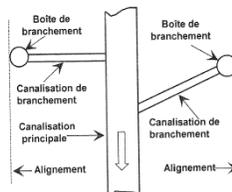
LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ **Les branchements à l'assainissement**

Deux modes de raccordements individuels :

« sur collecteur »

« sur regard de visite »



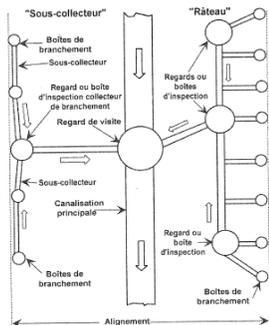
Assainissement urbain

28

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ **Les raccordements sur le collecteur**

- ✓ En râteau ou sous-collecteur
- ✓ Ø minimal 150 mm
- ✓ Pente minimale de 3%
- ✓ Boîtes ou regards d'inspection tous les 30 à 35 mètres
- ✓ Tous les matériaux conviennent en conformité aux normes en vigueur (EN ou NF)



Assainissement urbain

29

LA CONSTITUTION DU RESEAU

Suivant leur conception les réseaux d'assainissement peuvent également comporter des ouvrages annexes spéciaux ayant des fonctions particulières.

Ainsi on rencontre fréquemment :

- des déversoirs d'orage
- des stations de pompage
- des bassins de rétention

Assainissement urbain

30

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Les déversoirs d'orage

Ouvrages exécutés sur réseau unitaire ou pseudo-séparatif permettant de conserver et de diriger vers la station le débit correspondant à celui des eaux usées.

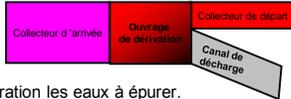
L'excédent est évacué directement vers le milieu naturel.

Dans tous les cas de figure, le déversoir d'orage comprend :

- un ouvrage de dérivation ;
- un canal ou collecteur de décharge conduisant l'eau déversée à un émissaire naturel (ruisseau, rivière), y compris l'ouvrage de rejet lui-même au droit de l'émissaire

Le déversoir d'orage est raccordé :

- à l'amont : au collecteur d'arrivée amenant les eaux unitaires
- à l'aval : au collecteur de départ qui transporte vers la station d'épuration les eaux à épurer.



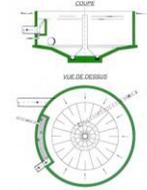
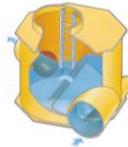
LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Déversoir d'orage

- ✓ Solutions diverses
 - ✓ Ouvrages à seuil déversant
 - ✓ Ouverture de radier
 - ✓ Siphon
 - ✓ Système avec régulation par vanne
- ✓ Ouvrages préfabriqués



Déversoir d'orage avec éjecteur à trois lames intégré dans le déversoir de traitement.



LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Station de pompage

Les postes de pompage sont surtout utilisés sur le réseau eaux usées, éventuellement en réseau unitaire. Ces postes ont pour but de relever les effluents lorsque le relief du terrain n'offre pas de pentes suffisantes pour assurer un écoulement gravitaire.

Suivant les cas on distingue :

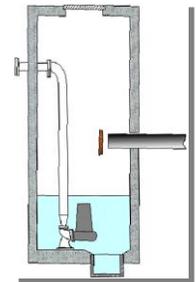
- les postes de relèvement pour relever les effluents sur une faible hauteur et une courte distance,
- les postes de refoulement pour relever sur une forte dénivelée et une grande longueur.

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Station de pompage

Les éléments constitutifs d'une station de pompage sont principalement :

- la bache de pompage
- la motopompe
- la canalisation de refoulement



LA CONSTITUTION DU RESEAU

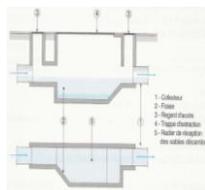
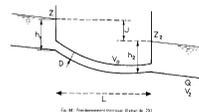
et parfois :

➤ **des siphons** : il s'agit de dispositifs dont le profil en long comporte une discontinuité constituée d'une partie descendante, d'une partie plate ou à faible pente et d'une remontée.

Ils peuvent être implantés pour franchir des obstacles (naturels ou artificiels) qui empêchent de maintenir constante la pente du profil du réseau.

➤ **les chambres de dessablement** : elles ont pour objectif de piéger par décantation les sables dans le but d'éviter les dépôts dans les canalisations, d'éviter l'abrasion dans les systèmes de pompage, de protéger le milieu naturel,...

Principes hydrauliques



LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Bassins de rétention

La fonction d'un bassin de rétention est de stocker temporairement les eaux excédentaires apportées par le ruissellement.

Leurs fonctions au sein du système d'assainissement peuvent être diverses :

- écrêter les pointes de débits et éviter les débordements (bassin de rétention d'eaux pluviales),
- stocker temporairement des eaux à traiter en station d'épuration (bassin d'orage sur réseau unitaire).

La restitution des eaux peut être envisagée par infiltration dans le sol support ou vers un exutoire naturel ou artificiel.

Plusieurs types de bassins sont distingués :

- bassins secs (la majeure partie du temps) : couvert ou à ciel ouvert ; dans ce cas ils peuvent avoir une autre fonctionnalité (terrain de loisirs, aire de jeux, ...),
- bassins en eau : ils contiennent en permanence un certain volume d'eau (la capacité de stockage est assurée par le marnage).

LA CONSTITUTION DU RESEAU

➤ Bassins de rétention

✓ FONCTION INITIALE : protection contre les inondations

✓ AUTRES USAGES :

- maîtrise du ruissellement pluvial
- réserve écologique
- activités de loisirs
-



Assainissement urbain

37

LE CALCUL DES SECTIONS D'OUVRAGES

Assainissement urbain

38

CALCUL DES SECTIONS D'OUVRAGES

La connaissance des débits à évacuer et la pente des ouvrages permet de choisir la section qui sera déduit de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des canalisations varient selon des diamètres courants de fabrication, ce qui apporte de ce fait, une capacité supplémentaire d'écoulement.

Dans l'instruction technique, les ouvrages sont calculés suivant une formule d'écoulement résultant de celle de CHEZY

V : Vitesse d'écoulement en m/s $V = C\sqrt{RI}$

R : Rayon hydraulique avec $R = \frac{S}{P}$

S : section mouillée en m², P : périmètre mouillé en m

I : Pente de l'ouvrage en m.p.m

C : Coefficient donné par la formule de BAZIN

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

Assainissement urbain

39

LES OUVRAGES D'EAUX USEES

γ est un coefficient d'écoulement qui varie suivant les matériaux utilisés et la nature des eaux transportées

γ est pris à 0,25 compte tenu des inégalités dans le réseau (Abaque ab3)

On obtient donc :

$$V = 70R^{2/3} I^{1/2}$$

D'où le débit capable de l'ouvrage Q_c : $Q_c = V \times S$

avec Q_c en m³/s, V en m/s et S en m²

Assainissement urbain

40

CONTRAINTES DE CALAGE EAUX USEES

- Les canalisations d'eaux usées sont généralement circulaires
- Pour éviter les risques d'obstruction, le \emptyset minimum sera de **200 mm**.
- Pente minimum : **0,002 m/m**
- Couverture minimale de la canalisation : **80 cm** (sinon dalle de répartition) : Fascicule 70
- Regard de visite tous les **80 m** au maximum (hydrocurage ou visite par caméra)
- Regard à chaque changement de pente ou de direction

Assainissement urbain

41

CONTRAINTES DE CALAGE EAUX USEES

- Vitesse maximum : **4 m/s**

- Conditions d'autocurage :

Pour le débit moyen actuel : **$V \geq 0,30$ m/s**

En pratique $I > 0,002$ m/m à l'aval des réseaux et si possible $I > 0,004$ m/m dans les conduites à l'amont des réseaux EU.

Assainissement urbain

42

LES OUVRAGES D'EAUX PLUVIALES

Le coefficient d'écoulement γ est pris à 0,46 compte tenu des dépôts susceptibles de se former dans le réseau (Abaque ab4)

On obtient donc : $V = 60R^{3/4} I^{1/2}$

D'où le débit capable de l'ouvrage Q_c : $Q_c = V \times S$

avec Q_c en m³/s, V en m/s et S en m²

CONTRAINTES DE CALAGE EAUX PLUVIALES

- Pour éviter les risques d'obstruction, le diamètre minimum sera de **300 mm**.
- Pente minimum : **0,003 m/m**
- Couverture minimale de la canalisation : **80 cm** (sinon dalle de répartition)
- Regard de visite tous les **80 m** au maximum (hydrocurage ou visite par caméra)
- Regard à chaque changement de pente ou de direction

CONTRAINTES DE CALAGE EAUX PLUVIALES

- Vitesse maximum : **4 m/s**
- Conditions d'autocurage :
 - Pour le 1/10 du débit à pleine section :
 $V \geq 0,60$ m/s
 - Pour le 1/100 du débit à pleine section :
 $V \geq 0,30$ m/s

En pratique, **$V_{PS} > 1$ m/s** pour les ouvrages circulaires et **$V_{PS} > 0,9$ m/s** pour les ovoïdes.

CALCUL DES SECTIONS D'OUVRAGES

FORMULE DE MANNING - STRICKLER :

$$C = K \cdot R^{1/6}$$

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q_c = V \cdot S = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

- K** = Coefficient de Manning - Strickler
- S** = Section mouillée de l'ouvrage en m²
- P** = Périmètre mouillé de l'ouvrage en m
- R** = Rayon hydraulique de l'ouvrage S/P en m
- I** = Pente longitudinale de l'ouvrage en m/m
- V** = Vitesse de l'eau dans l'ouvrage en m/s
- Q_c** = Débit capable de l'ouvrage en m³/s

LE COEFFICIENT K DE MANNING-STRICKLER

Valeurs courantes de **K** :

- Ouvrages en fonte, béton, grés, PVC, PEHD :
K = 70 à 80
- Ouvrages métalliques en tôle ondulée :
K = 40 à 45
- Fossés profonds engazonnés :
K = 25 à 30

CHOIX DES MATERIAUX

Fascicule 70 du CCTG pour réseaux gravitaires
Fascicule 71 du CCTG pour réseaux sous pression

Références normatives :

- NF EN 476 ➡ norme cadre pour les ouvrages
- NF EN 1610 ➡ norme sur la mise en œuvre des réseaux et la réception
- NF EN 752 ➡ norme cadre sur la conception des réseaux
- NF EN 124 ➡ normes produits pour les dispositifs de couronnement et de couverture
- NF P 98331 ➡ norme pour la réalisation des tranchées

LES EAUX USEES

LES EAUX USEES

Le calcul des réseaux d'eaux usées suppose une procédure en 3 étapes :

- calcul des débits permettant de déterminer les caractéristiques dimensionnelles du réseau,
- le calcul des sections d'ouvrages,
- la résolution proprement dite du projet.

LES DEBITS D'EAUX USEES DOMESTIQUE

On détermine une consommation journalière de l'année se situant dans la fourchette 200 à 250 l/j/hab (*Ceau*) dans les habitats nouveaux ou rénovés (*Ceau* variable en fonction du contexte local).

On calcule le débit moyen Q_m avec :

$$Q_m = \frac{C_{eau} \times N_{hab}}{86400}$$

avec :
Ceau en l/j/hab
 Q_m en l/s

LES DEBITS D'EAUX USEES DOMESTIQUE

On détermine le coefficient de pointe p qui est le rapport entre le débit maximal et le débit moyen au cours de la même journée.

$$p = a + \frac{b}{\sqrt{Q_m}} \quad \begin{matrix} Q_m \text{ en l/s} \\ a = 1,5 \text{ et } b = 2,5 \end{matrix}$$

D'où :

$$1,5 \leq p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \leq 4$$

On obtient donc le débit de pointe Q_p :

$$Q_p = Q_m \times p \quad Q_p \text{ en l/s}$$

VALEURS MOYENNES DE CONSOMMATIONS JOURNALIERES ET DE COEFFICIENTS DE POINTE D'ÉTABLISSEMENTS COURANTS

ACTIVITES	CONSOMMATION JOURNALIERE	COEFFICIENT DE POINTE
Cantines	10 l. par rationnaire	10
Internat	150 l. par élève	6
Ecoles	60 l. par élève	6
Ateliers et bureaux	60 l. par personne	4
Casernes	90 l. par soldat	3
Hôpitaux	400 l. par lit	3
Hôtels	500 l. par chambre	4
Gymnase	20 l. par usager	2
Centres commerciaux	5 l. par m ²	2,5

LES DEBITS D'EAUX USEES INDUSTRIELLES

Dans le cas d'absence d'éléments sur la consommation des industries, l'Instruction Technique préconise la prise en compte d'un débit de 30 à 60 m³/ jour / hectare loti suivant le caractère de la zone industrielle concernée.

LES DEBITS D'EAUX CLAIRES PARASITES

$$Q_{ecp} = Q_m \times (T_{dil}/100)$$

avec:

Q_{ecp} : Débit des eaux claires parasites en l/s

Q_m : Débit moyen des eaux usées en l/s

T_{dilu} : Taux de dilution en %

LES DEBITS DE TEMPS SEC

Le débit de temps sec est donc la somme des débits présentés précédemment.

INFORMATION PRATIQUE

Un collecteur Ø 200 mm posé avec une pente minimale de 0,004 m/m permet l'évacuation de 20 l/s à une vitesse de 0,6 m/s.

Un lotissement de 300 logements génère un débit de pointe < 5 l/s sur la base de 250 l/j./hab. avec 3,5 eq/hab/logement.

En zone rurale, les diamètres des réseaux EU sont rarement supérieurs à 200 mm.