

# Principes d'assainissement

---

*GETTVERT Florian*

## SOMMAIRE

A. Conception/dimensionnement du réseau .....	p.1
B. Diagnostic du système d'assainissement .....	p.5
C. Evolution du système d'assainissement .....	p.7
Annexe 1 .....	p.9

Belleville est une petite collectivité principalement constituée d'un centre bourg et équipée d'un réseau d'assainissement unitaire.

Les caractéristiques du système d'assainissement sont les suivantes :

- 2 500 habitants connectés
- surface du bassin versant drainé : 100 ha
- coefficient d'imperméabilisation du bassin versant : 20%
- un unique déversoir d'orage situé en entrée de station d'épuration

L'unique milieu récepteur sur la commune, dans lequel se font les rejets de la station d'épuration et du déversoir d'orage, est un petit cours d'eau de bonne qualité avec des étiages sévères en été.

## A. Conception / dimensionnement du système

### Pour le réseau

1. *Estimer les volumes d'eaux usées et le débit de pointe par temps sec qui sont attendus à l'exutoire du réseau.*

On estime la consommation d'eau entre 100 à 150 L/j/hab. On prendra une valeur moyenne de **120 L/j/hab** qui est une bonne estimation de la consommation moyenne en France.

2 500 habitants sont connectés au réseau unitaire de la ville soit un volume d'eaux usées de **300 000 litres par jour** qui arrivent à l'exutoire de ce réseau.

On obtient donc le débit moyen suivant :

$$Q_m = \frac{120 \cdot 2500}{24 \cdot 3600} = 3,47 \text{ L/s}$$

Pour calculer le débit de pointe  $Q_p$  par temps sec, il faut connaître le facteur de pointe  $p$  d'après la formule suivante :

$$p = \left( 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \right) = 2,84$$

Le facteur de pointe  $p$  est bien compris entre 1,5 et 4.

Donc :

$$Q_p = \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}\right) \cdot Q_m = p \cdot Q_m = 9,87 \text{ L/s}$$

Ainsi, le débit de pointe par temps sec attendu à l'exutoire du réseau est donc estimé à **9,9 L/s**.

### Pour la station

#### *2. Estimer les concentrations et les charges de pollution en entrée de station d'épuration (pour les paramètres MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, azote et phosphore).*

Les matières en suspension (MES) représentent le poids, volume et nature minérale ou organique des particules véhiculées par les eaux usées.

La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) est la quantité d'oxygène consommée pour la dégradation biologique des débris et résidus contenus dans une eau donnée sur cinq jours. Elle représente une fraction des matières organiques biodégradables

La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation d'oxygène dans les conditions d'une réaction d'oxydoréduction, en milieu sulfurique, à chaud et en présence de catalyseur.

L'azote total (N total) est la somme d'azote estimée dans les eaux usées.

Le phosphore total (P total) est la somme du P contenu dans les orthophosphates (dont la forme la plus courante PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), les polyphosphates et le phosphate organique.

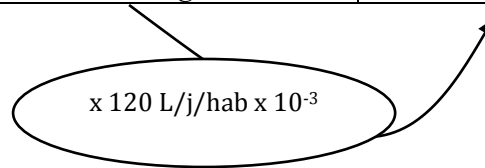
Les différents paramètres présentés ci-dessus proviennent de types de polluants divers tels que les eaux des fosses d'aisance, les eaux usées domestiques, les pollutions biologiques ou les matières de canalisation. Ne seront pas pris en compte par la suite les produits résiduels de l'industrie et les détergents.

En entrée de station d'épuration, on peut estimer les concentrations et les charges de pollution<sup>1</sup> de ces différents paramètres (cf. tableau de la page suivante).

---

<sup>1</sup> Site : <http://step.ouvaton.org/eau3.htm> (consulté le 18 janvier 2014) « Ces différents paramètres permettent de définir l'Equivalent Habitant ou l'E.H. Il exprime la charge polluante contenue dans 180 litres d'eau usée c'est-à-dire la production d'un habitant et pour un jour. Un Equivalent Habitant correspond à 60g de DBO<sub>5</sub>, 135g de DCO, 9,9g d'azote, 3,5g de phosphore. »

Paramètre	Concentrations	Charge de pollution
MES totales	100 à 400 mg/L	12 à 48 g/j/hab.
DBO <sub>5</sub>	333 mg/L d'O <sub>2</sub>	40 g/j/hab.
DCO	750 mg/L d'O <sub>2</sub>	90 g/j/hab.
N total	55 mg/L	6,6 g/j/hab.
P total	19 mg/L	2,3 g/j/hab.



On peut estimer par conséquent la **matière organique** (MO) par la relation empirique suivante qui lie la DBO<sub>5</sub>, la DCO chimique en O<sub>2</sub> et la MO :

$$MO = \frac{2 + DBO_5 + DCO}{3}$$

On obtient alors une MO moyenne de **361,7 mg/L**.

### 3. *Quelle(s) est(sont) la(les) filière(s) de traitement possible(s) ? Pourquoi ?*

On peut répertorier les filières de traitement possible en deux grandes filières : les filières biologiques et les filières physico-chimiques<sup>2</sup>.

- Les filières biologiques :

Elles sont plutôt utilisées pour le traitement secondaire des eaux résiduaires et industrielles (élimination des composés carbonés présents sous forme soluble : sucres, graisses, protéines, ... ; et certains composés azotés ou phosphatés). Ces filières biologiques permettent d'éliminer la pollution organique grâce à des **micro-organismes** et des **bactéries**.

Les différents traitements sont les suivants (liste non exhaustive) :

- Le traitement **aérobie** : dégradation de la pollution par des micro-organismes et des bactéries grâce à un apport d'oxygène (naturel ou artificiel). Ce traitement aérobie se retrouve au niveau des filtres à sable, des lits bactériens, des bio-filtres, du lagunage ou des boues activées.
- Le traitement **anaérobie** : transformation des produits azotés et carbonés car à la respiration endogène des micro-organismes et des bactéries nitrifiantes (avec une phase de dénitrification ensuite)

<sup>2</sup> Site : [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89puration\\_des\\_eaux](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89puration_des_eaux) (consulté le 18 janvier 2014)

- Les filières physico-chimiques :

Il s'agit d'utiliser des procédés physico-chimiques tels que la décantation, la flottation, la coagulation, des systèmes de filtres et/ou membranes. On les utilise notamment dans les stations d'épuration urbaine à boues activées.

Le choix de la filière de traitement et de son dimensionnement dépend de plusieurs paramètres : de la concentration des polluants attendus, de la quantité de polluants à l'entrée de l'exutoire, de la capacité possible de chaque filière de traitements, des conditions météorologiques du territoire, ...

*4. Pour l'une des filières retenues, préciser les éléments clefs de celle-ci et expliquer pourquoi.*

Nous allons développer le procédé dit « à boues activées »<sup>3</sup>. Ce procédé est utilisé dans le traitement biologique des eaux usées. Il s'agit en effet d'épurer les eaux sur cultures libres. Il s'agit d'un traitement secondaire.

Les boues activées permettent d'éliminer une partie de la pollution carbonée et azotée, d'éliminer biologiquement du phosphore et de stabiliser les boues (procédé d'«aération prolongée» ou «digestion aérobie»).

Le principe consiste à mettre en contact les eaux usées avec des bactéries en brassant le « mélange » afin de dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Ce type de traitement nécessite une aération importante pour l'activité des bactéries mais aussi pour la dégradation des matières (suivie d'une décantation où les boues riches en bactéries sont renvoyées vers un bassin d'aération).

Ce principe est souvent approprié pour des eaux usées domestiques d'agglomérations.

---

<sup>3</sup> Site : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Boues\\_activ%C3%A9es](http://fr.wikipedia.org/wiki/Boues_activ%C3%A9es) (consulté le 18 janvier 2014)

## B. Diagnostic du système d'assainissement

### Par temps sec

5. *On observe un accroissement significatif du volume des effluents en hiver (x 2). Expliquer le phénomène et quoi faire ?*

Cet accroissement significatif peut être dû aux processus biologiques impliqués dans la biodégradation qui sont défavorisés par la chute de température ce qui peut augmenter le temps de traitement. Pour y remédier, l'installation de bassin(s) de stabilisation (ou lagunes) qui réceptionneront les eaux usées à un même stade de traitement.

En hiver, le sol est plus souvent saturé en eau. Si les canalisations sont enfouies profondément, il se peut que l'on observe plus d'infiltration des eaux du sol dans les canalisations. En effet, les canalisations ne sont pas totalement hermétiques, c'est-à-dire qu'à certains endroits avec le temps il peut y avoir des fuites ou, dans notre cas, des entrées d'eaux. On estime déjà qu'environ 20 % de la pollution des eaux usées domestiques n'arrivent pas à la station d'épuration à cause de ces fuites. L'eau du sol qui entrerait par ces « trous » accroît le volume des effluents en hiver également.

### Par temps de pluie

6. *A l'aide de la formule globale rationnelle, estimer les débits de pointe causés par des événements pluvieux de période de retour hebdomadaire, bimensuelle et mensuelle. En négligeant un éventuel stockage dans le réseau, quelle est la fréquence de déversement du déversoir d'orage ? Commenter.*

On souhaite maintenant calculer le débit de pointe du bassin versant  $Q_{BV}$  par temps de pluie. Pour cela, on applique la méthode rationnelle recommandée par la norme EN752 :

$$Q_{BV} = 2,78 \cdot C_r \cdot I \cdot A$$

avec  $Q_{BV}$  : débit de pointe (L/s)  
 $C_r$  : coefficient de ruissellement (sans unité)  
 $I$  : intensité de pluie (mm/h)  
 $A$  : superficie du bassin versant (ha)

Hypothèse :

Le coefficient de ruissellement est pris égal au coefficient d'imperméabilisation :

$$C_r \approx C_{imp} = S_{imp}/A$$

On obtient alors les résultats suivants :

<b>Fréquence d'apparition</b>	<b>I</b> (en mm/h)	<b>Q<sub>BV</sub></b> (en L/s)
Hebdomadaire	2,2	122,3
Bimensuelle	3,5	194,6
Mensuelle	5	278

De plus, le débit nominal de la station est égal à trois fois le débit moyen, soit un débit nominal de 10,42 L/s à l'exutoire en entrée du réseau.

Le débit nominal de la station est bien supérieur au débit de pointe par temps sec (pour rappel :  $Q_p = 9,9$  L/s) : le dimensionnement du réseau d'eaux usées est donc suffisant par temps sec.

Cependant, par temps de pluie, il faut ajouter au débit d'eaux usées des habitants celui dû au ruissellement des eaux de pluie sur le bassin versant : le réseau apparaît alors sous-dimensionner, d'où la nécessité du déversoir d'orage.

Même pour la pluie de fréquence hebdomadaire, le réseau est sous-dimensionné. Ainsi, le petit cours d'eau sur la commune apparaît comme un milieu fortement sollicité si des ouvrages annexes ne permettent pas de rejeter ces eaux de « manière étalée » dans le temps. Les rejets du déversoir d'orage peuvent alors impacter sur le milieu naturel.

On a donc une fréquence de déversement du déversoir d'orage supérieure à une fois par semaine par temps de pluie. Cette fréquence est proche des 100% par temps de pluie.

## C. Évolution du système d'assainissement

La construction d'un nouveau grand lotissement est en projet à la périphérie du bourg: les nouveaux habitants à assainir sont estimés à 300 avec une surface imperméabilisée de 5 ha.

### *7. Justifier quel type de réseau préconiser ?*

On estime alors à 2 800 le nombre d'habitants connectés au réseau d'assainissement de Belleville, d'où un volume d'eaux usées à l'exutoire de 336 000 L/j (soit une augmentation de 36 000L/j). Le débit moyen  $Q_m$  passe alors de 3,47 L/s à 3,89 L/s et le débit de pointe par temps sec attendu à l'exutoire est alors estimé à  $Q'_p = 10,8 \text{ L/s}$  (avec un facteur de pointe  $p' = 2,78$ ).

Or le débit nominal  $Q_{nom}$  en entrée de station, si aucune modification n'est faite, est de 10,42 L/s soit inférieur au débit de pointe  $Q'_p$  par temps sec : l'exutoire de la station apparaît donc **sous-dimensionner**.

**Une** solution serait alors d'installer un **réseau d'assainissement autonome** pour traiter toutes les eaux usées d'au minimum 120 habitants du lotissement et ainsi favoriser l'autonomie en matière d'assainissement du lotissement. Les 180 autres étant reliés au réseau d'assainissement unitaire de la ville (cela permet de rester en deçà des 10,42L/s - cf. annexe 1 pour le calcul). Cette solution permettrait de ne pas « toucher » à la station d'épuration actuelle.

### *8. Sachant que la station actuelle est à 70% de sa capacité nominale en pollution organique, quelle peut être l'influence du nouveau lotissement sur le système d'assainissement actuel ?*

Considérons maintenant que l'ensemble de ce lotissement est relié au réseau d'assainissement **unitaire** (suite à des travaux sur le réseau actuel pour accueillir les nouveaux habitants). Il faut alors évaluer la capacité nominale en pollution organique suite à la construction de ce lotissement.

Paramètre	Charge de pollution actuelle	Capacité	Charge de pollution attendue	Capacité
DBO5	100 000 g/j	70%	112 000 g/j	78,4%
DCO	225 000 g/j	70%	252 000 g/j	78,4%
N total	16 500 g/j	70%	18 480 g/j	78,4%
P total	5 750 g/j	70%	6 440 g/j	78,4%



La capacité nominale en pollution organique a été calculée de la manière suivante :

$$Capacité_{attendue} = \frac{C_{attendue} * Capacité_{actuelle}}{C_{actuelle}}$$

Par conséquent, si l'exutoire d'entrée de la station permet le passage du nouveau débit de pointe  $Q'_p$  par temps sec (réaménagement du réseau d'entrée en station), la station d'épuration serait alors à **78,4%** de sa capacité nominale en pollution organique. Elle offre alors la possibilité de recevoir et traiter les eaux usées des 300 nouveaux habitants de la commune.

## ANNEXE 1

Voici le tableau Excel qui a permis de savoir approximativement le nombre d'habitants en réseau d'assainissement autonome et collectif unitaire pour répondre à « une solution envisageable » (*question 7*) :

	nbre d'hab.	Qm (L/s)	p	Qp (L/s)	
actuellement →	2500	3,47	2,84	9,87	
	2510	3,49	2,84	9,90	
	2520	3,50	2,84	9,93	
	2530	3,51	2,83	9,96	
	2540	3,53	2,83	9,99	
	2550	3,54	2,83	10,02	
	2560	3,56	2,83	10,05	
	2570	3,57	2,82	10,08	
	2580	3,58	2,82	10,11	
	2590	3,60	2,82	10,14	
	2600	3,61	2,82	10,17	
	2610	3,63	2,81	10,20	
	2620	3,64	2,81	10,23	
	2630	3,65	2,81	10,26	
	2640	3,67	2,81	10,29	
	2650	3,68	2,80	10,32	
	2660	3,69	2,80	10,35	
	2670	3,71	2,80	10,38	
		<b>2680</b>	<b>3,72</b>	<b>2,80</b>	<b>10,41</b>
		2690	3,74	2,79	10,44
		2700	3,75	2,79	10,47
		2710	3,76	2,79	10,50
		2720	3,78	2,79	10,53
		2730	3,79	2,78	10,56
	2740	3,81	2,78	10,59	
	2750	3,82	2,78	10,62	
	2760	3,83	2,78	10,64	
	2770	3,85	2,77	10,67	
	2780	3,86	2,77	10,70	
	2790	3,88	2,77	10,73	
→ à l'avenir	2800	3,89	2,77	10,76	