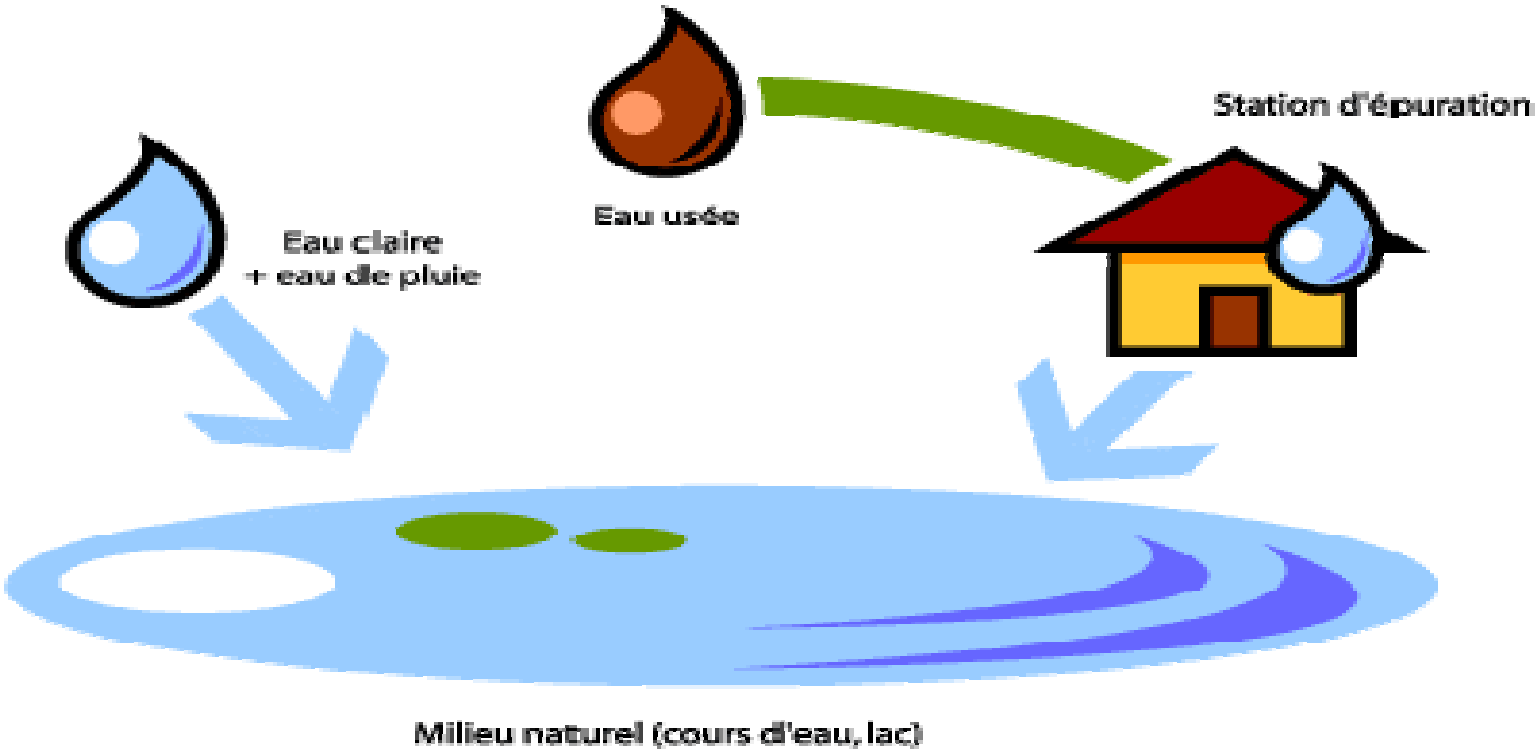
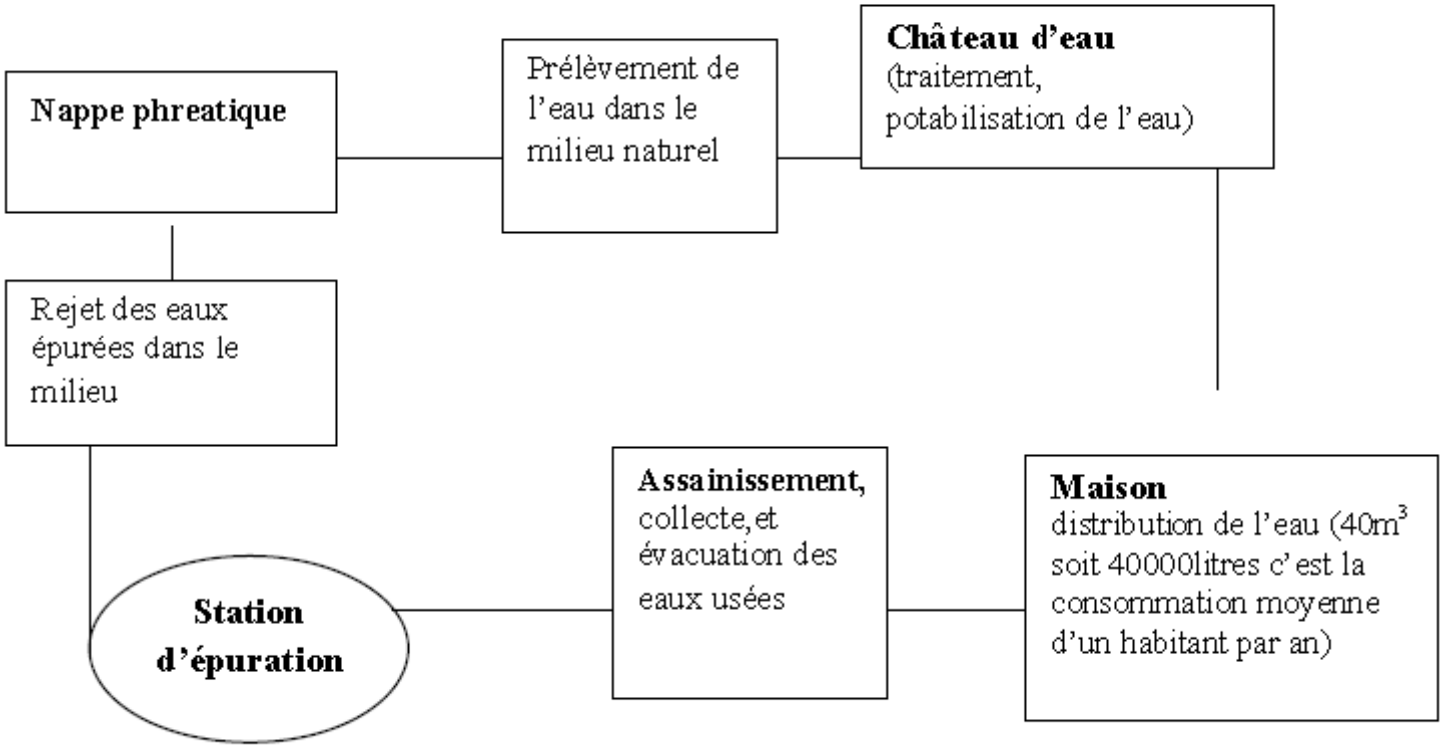
Assainissement



le cycle de l'eau de consommation et son rejet



Définition:

L'assainissement est un processus permettant de protéger le milieu naturel (protection de l'environnement direct de l'homme c'est à dire la préservation de ses ressources de vie naturel l'air, l'eau de rivières , les eaux souterraines contre la pollution); pour cela, des moyens physiques, institutionnels et sociaux sont mis en œuvre dans différents domaines, tels que l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales (de ruissellement), l'évacuation des déchets solides (assainissement solide), l'évacuation des excréta et le traitement de tous ces éléments.

Assainissement = évacuation + épuration

Évacuation = ensemble des procédés permettant d'assurer la collecte et l'évacuation rapide des déchets.

Épuration = ensemble des traitements applicables à des déchets avant rejet dans un milieu naturel.

Types d’Eaux Usées

On distingue trois types d’eaux usées :

- Domestiques (eau du robinet, douche, toilette…)
- Industrielles
- Eaux issues du ruissellement (eaux de pluie)

Les eaux usées domestiques

Nous consommons quotidiennement beaucoup d'eaux. Ces eaux sont bien entendu évacuées après utilisation et deviennent ce que l'on a l'habitude d'appeler des eaux usées.

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

- de 70 à 90 grammes de matières en suspension
- de 60 à 70 grammes de matières organiques
- de 15 à 17 grammes de matières azotées
- 4 grammes de phosphore
- plusieurs milliards de germes pour 100 ml

Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

Les eaux industrielles sont classées en 5 catégories :

- ✓ les eaux à pollution minérale des industries minières , les centrales thermiques à charbon (fonderie)
- ✓ les eaux à pollution organique des industries agricoles et alimentaires
- ✓ les eaux à pollution mixte des industries textiles, du papier, du caoutchouc , du bois ect ….
- ✓ les eaux à pollution radioactive résultant d'effluents radioactifs liquide de l'industrie nucléaire.
- ✓ les eaux à pollution d'origine accidentelles par exemple fuites d'hydrocarbures des conduites ou réservoirs ,les camions-citernes ect…

Les eaux pluviales

Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau,notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement ("délestage") de ce "mélange" très pollué dans le milieu naturel. Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution

QUALITE ET PROVENANCE DES EAUX USEES

Eaux usées : eaux brutes non traitées rejetées après utilisation domestique ou industrielle. elles appelées aussi eaux résiduaires .
Après utilisation, les eaux dites usées ne sont pas directement envoyées dans la nature. Elles sont collectées et acheminées par un réseau d'égouts vers une usine de dépollution qui élimine toutes les substance néfastes aux milieux naturels .
Effluent terme générique désignant les eaux usées .
Eaux résiduaires urbaines (ERU) eaux usées issues d'une activité urbaine.
Eaux résiduaires industrielles (ERI) : eaux usées issues d'une activité industrielle ou commerciale .
Eaux grises = eaux provenant de l'activité domestique tel que les eaux de bains, de douches, de cuisine, des éviers, du lave-linge,…
Eaux noires (eaux provenant des water closet (W.C). synonymes : eaux fécales.)
Eaux pluviales (eaux provenant du ruissellement de l'eau de pluie le long toits, des murs, des cours, des trottoirs, …)
Eaux usées domestiques (eaux grises et noires. Ce sont les eaux usées provenant d'activités ménagères, à l'exclusion des eaux pluviales.)
Eaux usées urbaines résiduaires = eaux usées domestiques ou le mélange des eaux usées domestiques avec les eaux usées industrielles et/ou des eaux de ruissellement.
Ce sont les eaux qui peuvent être déversées dans les égouts.

Comment mesure-t-on les matières polluantes contenues dans les eaux usées ?

La demande biochimique en oxygène (DBO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présente dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend un échantillon de l'effluent ,qu'on maintient à l'obscurité pendant 5 jours et à une température de 20°C (DBO5) .

La valeur de la DBO5 compris entre 5 et 20 mg / l correspond à une eau de réviére peu polluée.

L'analyse de la composition des eaux usées domestiques se fait par l'application de la DBO5 , pour cela on a définie une charge moyenne par habitant :

une eau d'égout en systéme séparatif à un rejet de 150 l / habitant / jour, qui correspond à une DBO5 de 360 mg / l.

D'où une charge moyenne /habitant de 54 g / J

Types d'assainissement

il existe deux types d'assainissement
selon le type d'habitation et les choix fait par la collectivité :

• L'assainissement collectif est assuré par un réseau de collecte (égouts) qui recueillent les eaux usées et les acheminent vers **les stations d'épurations.**

• L'assainissement individuel (dit « assainissement autonome ») pour des habitations ou de petits groupes d'habitations trop éloignés pour être relié aux réseaux collectifs. Une fosse septique récupère les eaux usées.

L’assainissement collectif

En zone urbaine ou d’habitats regroupés, les eaux usées, collectées dans un réseau d’assainissement sont traitées en station d’épuration.

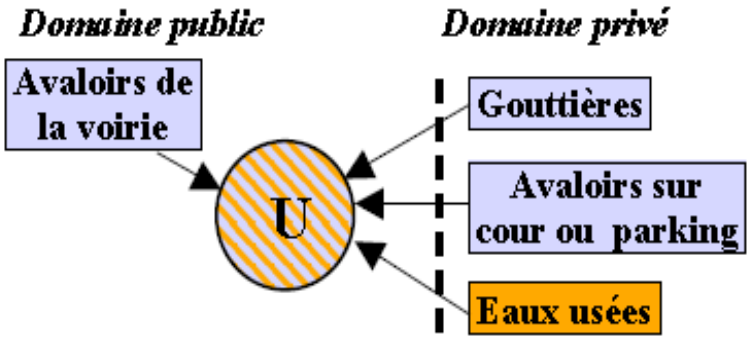
• le réseau de collecte des eaux usées

Les réseaux de collecte **ou “égouts”** ont pour fonction de recueillir les eaux usées de toutes origines et de les acheminer vers les stations d’épuration.

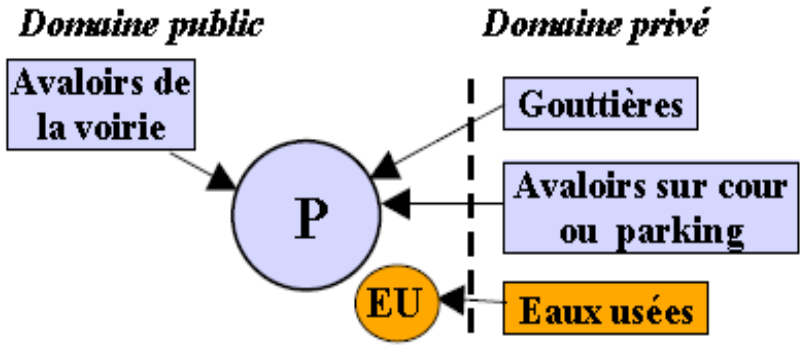
Il en existe trois types :

- le réseau unitaire;
- le réseau séparatif
- le réseau pesodoséparatif

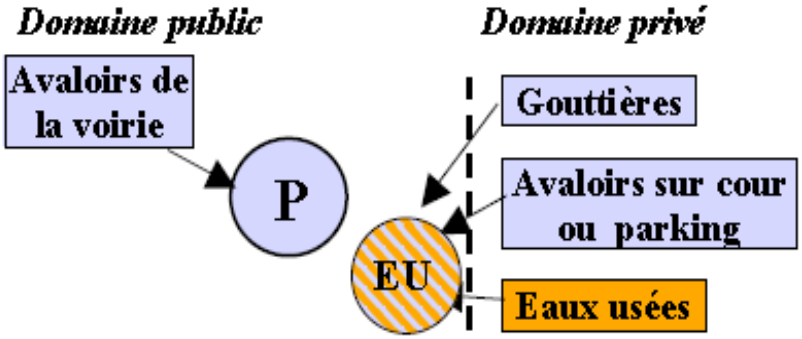
RESEAU UNITAIRE



RESEAU SEPARATIF

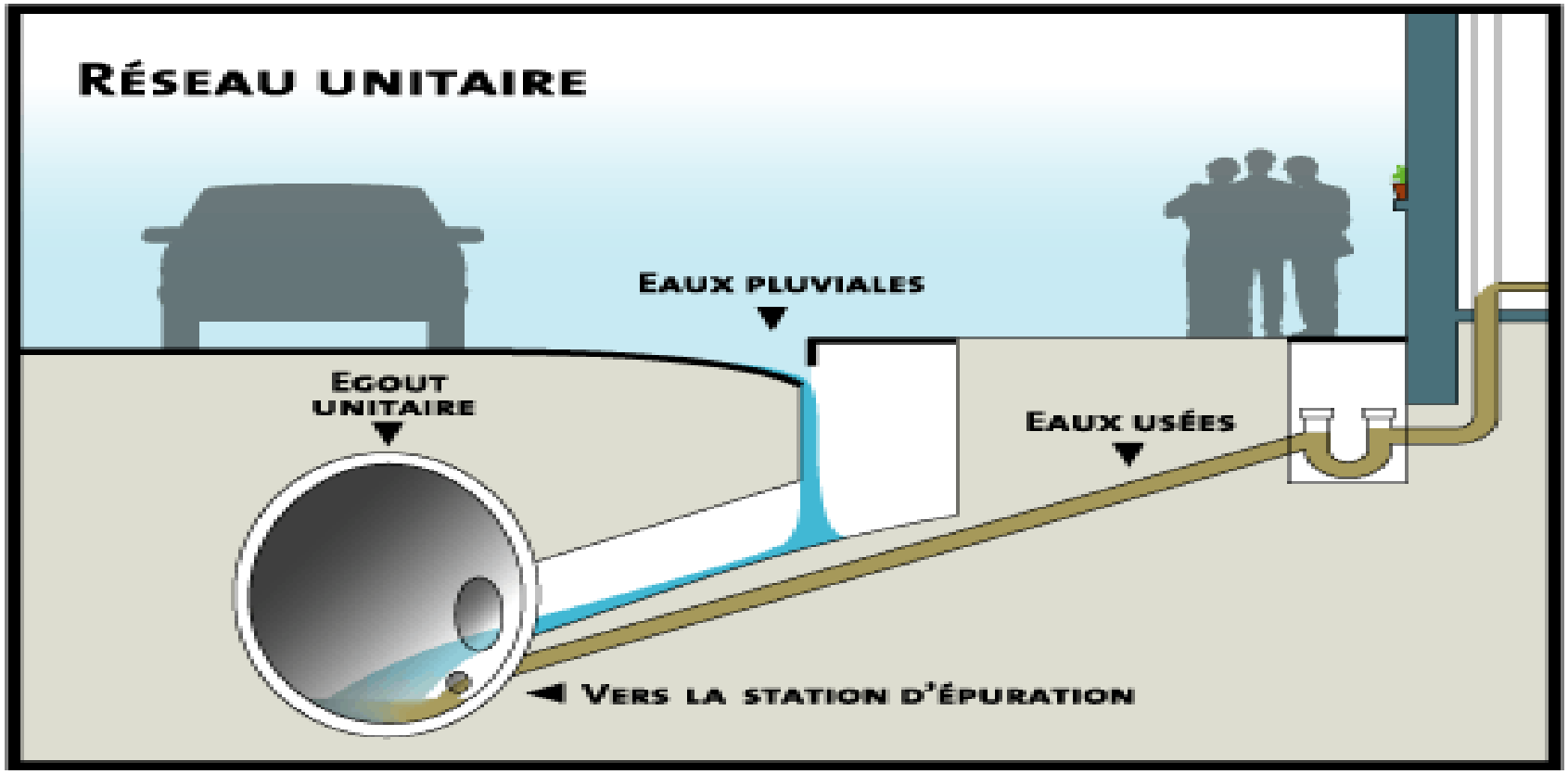


RESEAU PSEUDO SEPARATIF



Système Unitaire :

Le système unitaire :c'est l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales par un seul et unique réseau (c’est un véritable : tout à l’égout)



Systèmes séparatifs :

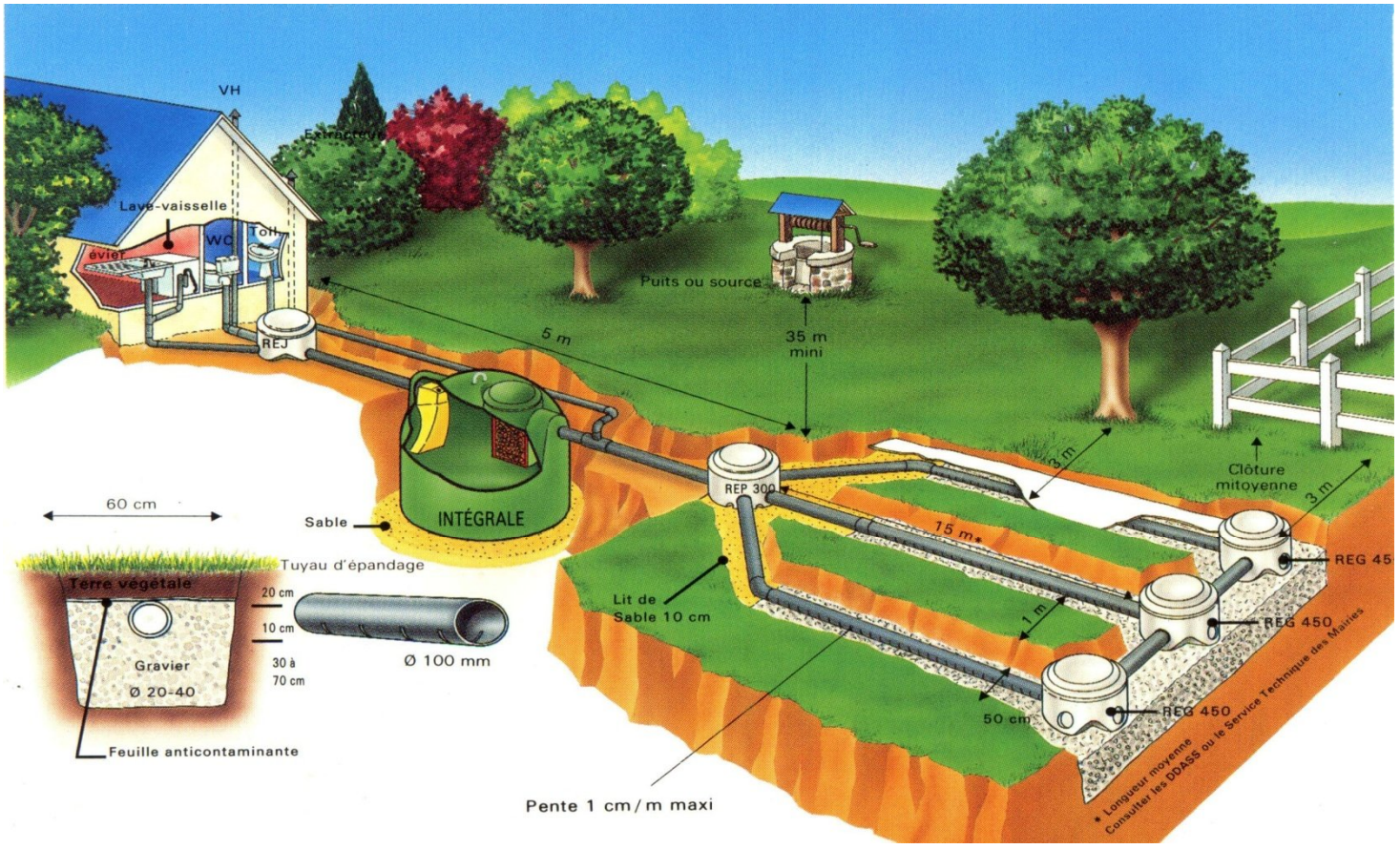
Ils sont destinés à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux des vannes, eaux ménagères et avec réserve certains effluents industriels). Alors que l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre réseau.

Mise en place d’un système séparatif dans une tranchée

Système Pseudo-séparatif (mixte) :

Ce système consiste à réaliser un réseau séparatif particulier dans lequel il est admis que le réseau d'évacuation des eaux usées reçoit une fraction d'eau pluviale, à savoir les eaux de toiture et cours intérieurs et le réseau d'évacuation d'eau pluviale sera réduit à la collecte des eaux de ruissellement sur les chaussées et du bassin versant par drainage.

L’assainissement individuel



Traitement des eaux usées

La station d'épuration

Le but d'une station d'épuration est de traiter les eaux usées. A la fin du processus complexe de traitement, l'eau polluée sera rendue la plus propre possible (dépolluée à 73 % en moyenne) et les boues en résultant seront traitées.

L'eau recueillie par les égouts doit être **épurée, c'est-à-dire purifiée** avant d'être rejetée dans le milieu naturel. Cette épuration se fait dans une **station d'épuration.**

L'eau polluée traverse d'abord des grilles qui retiennent les objets flottants (papiers, gros déchets...). Elle s'écoule ensuite dans un grand bassin appelé **décanteur au fond duquel se** déposent les boues. L'eau débarrassée des matières épaisses est encore très sale. On la fait passer dans un **bassin d'aération où des bactéries** « dégradent" peu à peu la pollution. L'eau passe ensuite par un dernier **décanteur au fond duquel tombent les bactéries alourdies par la pollution** qu'elles ont dévorée.

L'eau surnageant, même si elle n'est pas potable, est suffisamment propre pour pouvoir être rejetée à la **rivière .Celle-ci** continue le travail d'épuration.

Les différents systémes d'épuration

Parmi les procédés de traitement des eaux usées ,on peut citer **:**

1. **Épuration naturelle :**

a) Autoépuration par voie de **lagunage:**

Le lagunage est constitué de trois bassins. Les eaux usées débouchent grâce à une pompe automatique dans le bassin (**I)**. Chargées en matières organiques toxiques, notamment azotées.

Des micro-organismes essentiellement bactériens, les consomment en même temps que le dioxygène , les bactéries dégradent ainsi les matières organiques grâce au dioxygène.

Le dioxygène est fourni aux bactéries par des algues microscopiques photosynthétiques qui donnent à l'eau du bassin (**I)** une couleur verdâtre. Les substances solides minérales décantent tandis que les substances solubles transitent par un système de trop-plein vers le bassin (**II)** où la minéralisation se poursuit ,puis vers le bassin **(III)** où elle se termine.

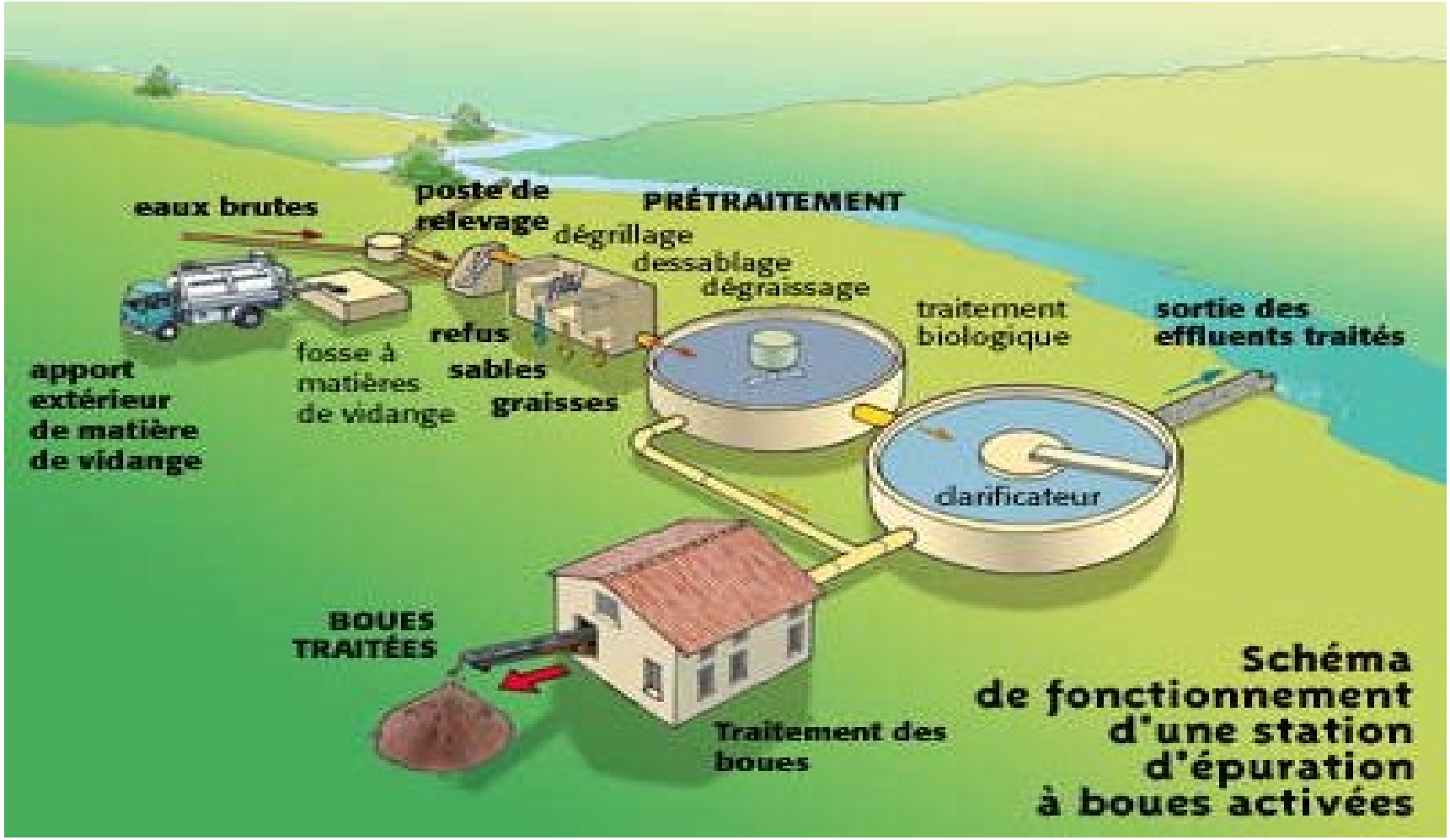
Un tel lagunage abat 99% de la pollution organique et chimique, mais en plus les bassins ne dégagent pratiquement pas d'odeurs. Le seul problème étant qu'il faut environ 1 ha pour 1000 habitants.

b) Autoépuration dans un milieu aquatique **:**

C'est un procédé normal obtenu dans un milieu aquatique et qui s'effectue grâce à un grand nombre de micro-organismes en suspension (plancton) .

Les différents systémes d'épuration (suite)

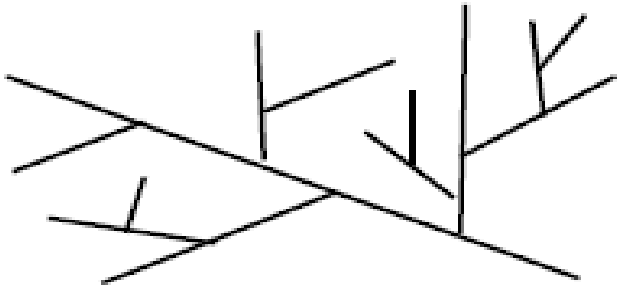
2) **Épuration artificielle :**



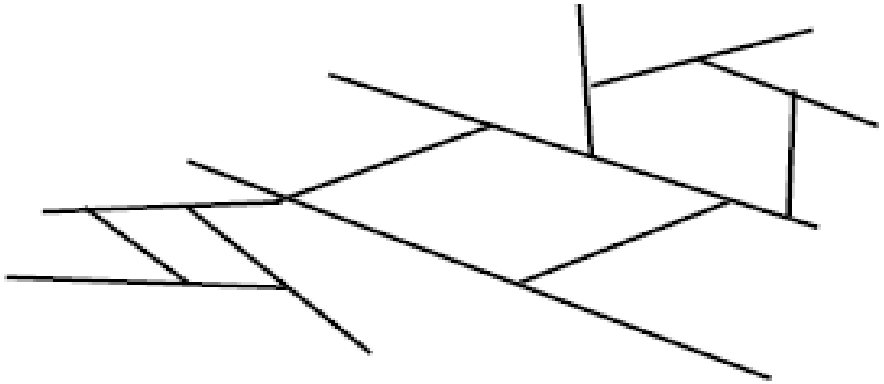
Morphologie du reseau

Les réseaux peuvent avoir plusieurs formes suivant la nature du relief et celle du basin versant et plus précisément son exutoire (exutoire unique ou multiple); d'ou l'agencement des canalisations :

- **réseau ramifié**

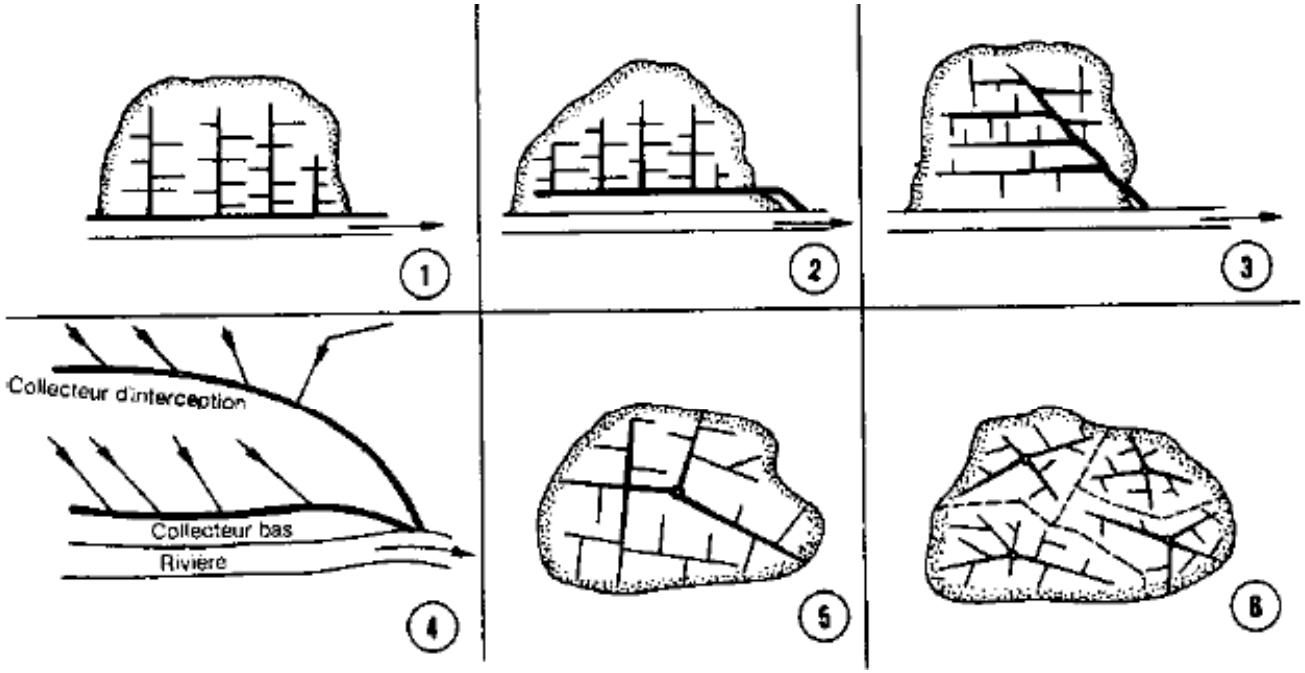


- **réseau maillé**



Schémas types de réseaux

On peut classer les différentes ossatures de réseaux d'assainissement suivant la topographie des lieux et ce comme l'indique les schémas suivants :



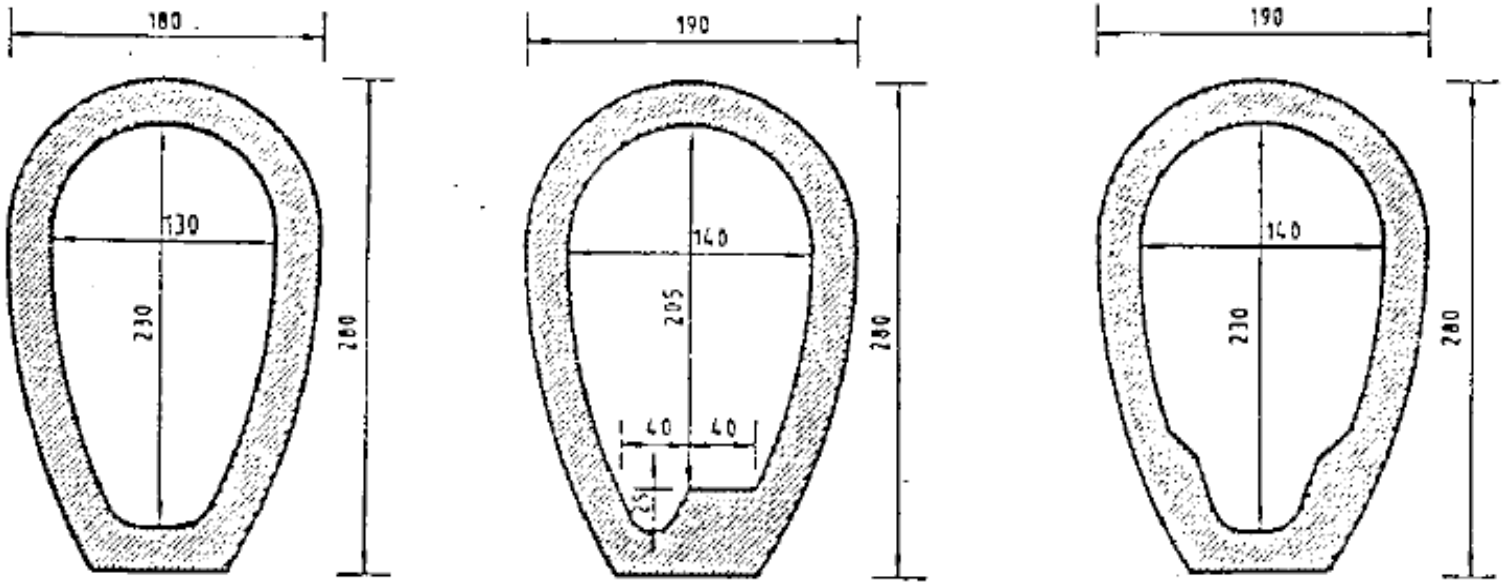
① Collecteurs suivent la pente du terrain et sont **perpendiculaire** à l'exutoire ou milieu récepteur (reviére , oued ,mer)
② Collecteur **latéral**
③ Collecteur **oblique**
④ Collecteurs **zone étages**
⑤ Collecteur **central**
⑥ Collecteur **radial ou ramifié** suivant le basin versant et les basins élémentaires

Types et formes de canalisations (ouvrages du réseau)

Les ouvrages principaux d'un réseau comprennent les formes suivantes **:**

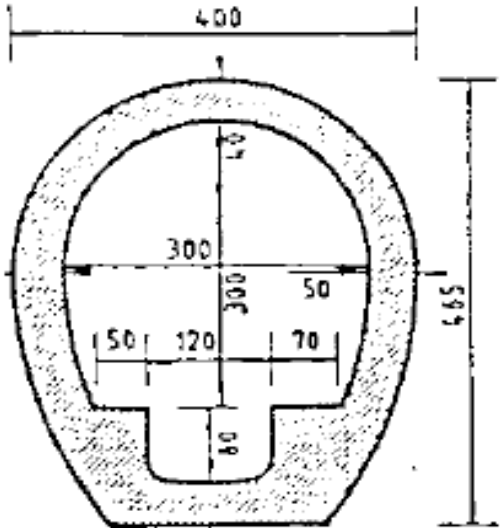
- circulaire
- ovoïde (hauteur 1 à 2 m)
- profils particuliers (canalisations visitables)

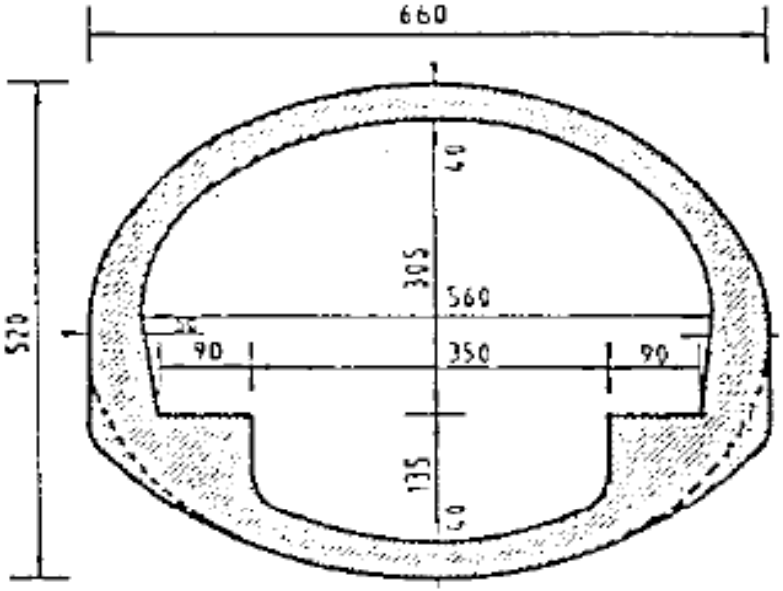
Exemples: Egouts élémentaires visitables

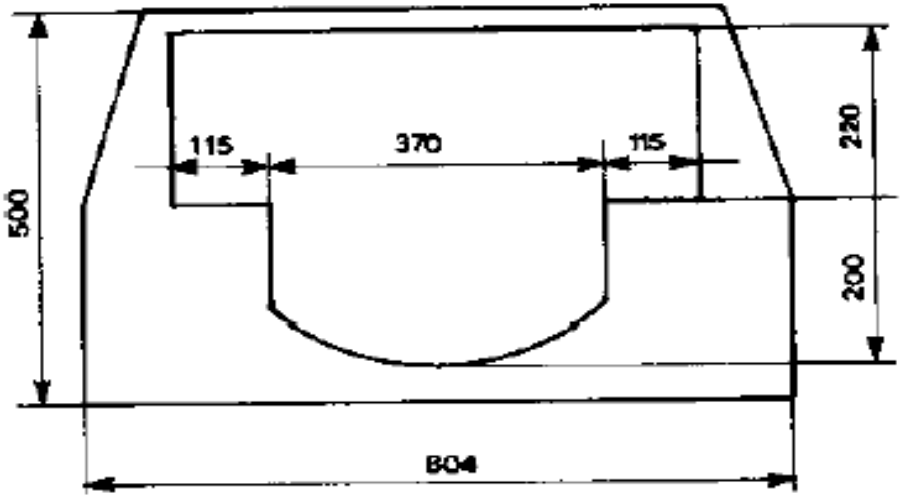


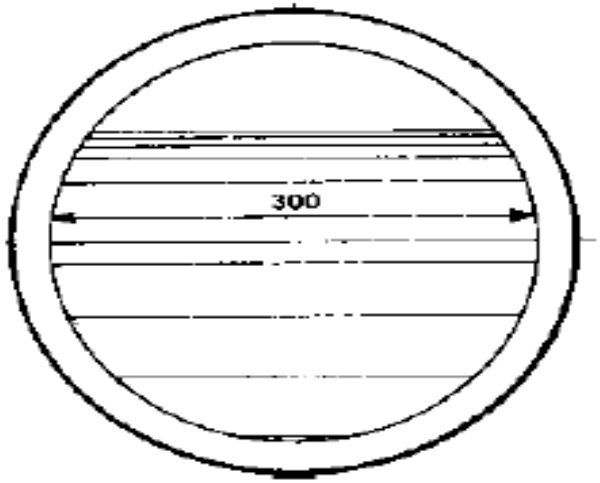
Types et formes de canalisations

Exemples: Eméssaires et **c**ollecteurs visitables









Matériaux des canalisations

- **grès**
  peu utilisé en France, recommandé pour zones industrielles
- **fonte ductile**
  peu utilisé, pour assainissement « à risque »
- **matières plastiques (PVC et polyéthylène)**
  petites sections circulaires uniquement (ø <50 cm)
- **amiante ciment (fibrociment)**
  caractéristiques voisines du PVC
- **béton non armé**
  utilisé en préfabrication
- **béton armé**
  pour grandes sections

Les canalisations doivent repondre aux caractéristiques physiques suivantes :

- étanchéité
- inertie à l ’action des polluants
- épaisseur suffisantes pour résister aux surcharges
- faible rugosité

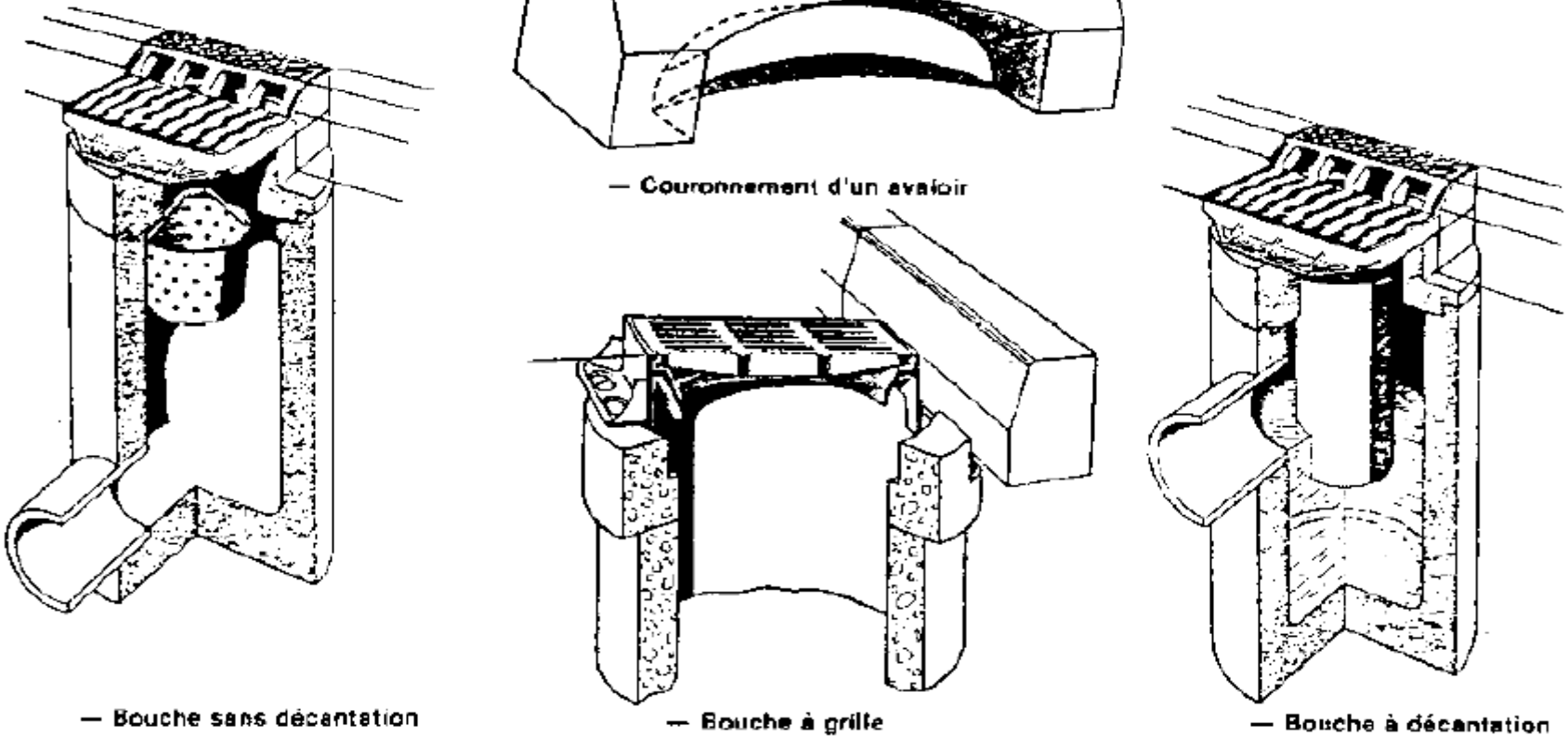
Les ouvrages spéciaux

- **Liaison surface-réseau**
  - les ouvrages de collecte
    - **branchements particuliers**
    - **bouches d ’égouts**
  - les ouvrages de visite (les regards)
- **Liaison réseau-milieu naturel**
  - émissaires de rejet
  - les déversoirs d ’orage
- **Ouvrages liés au bon fonctionnement du réseau**
  - réservoirs de chasse
  - ouvrages de dessablement
  - siphons
  - stations de relèvement
  - ouvrages de prétraitement
- **Dispositifs de stockage des eaux pluviales**
  - bassins de rétention
  - stockages à l’amont

Ouvrages de collecte des eaux pluviales

Exemples: Bouches d ’égout

Fig. 20 extrait de (131)



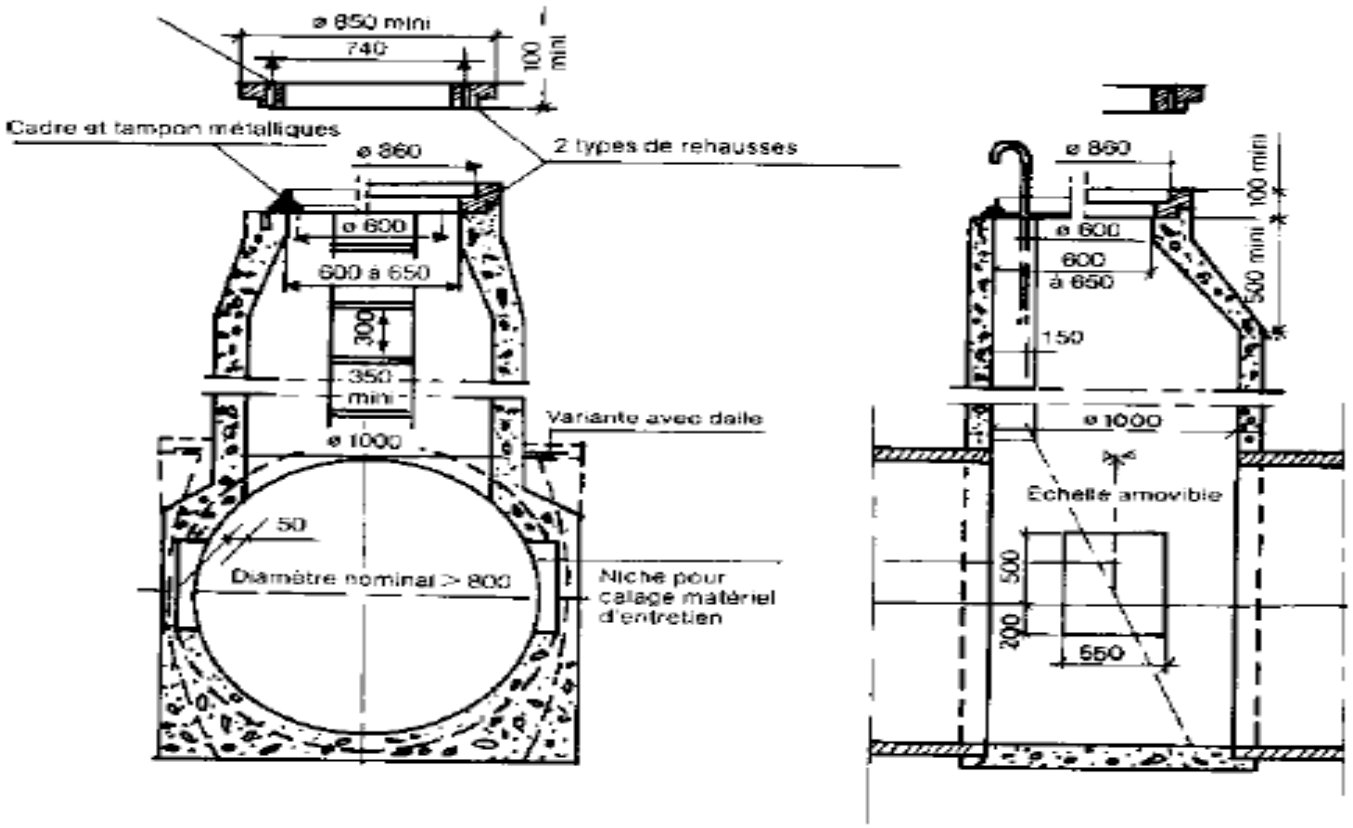
— Couronnement d'un avaloir

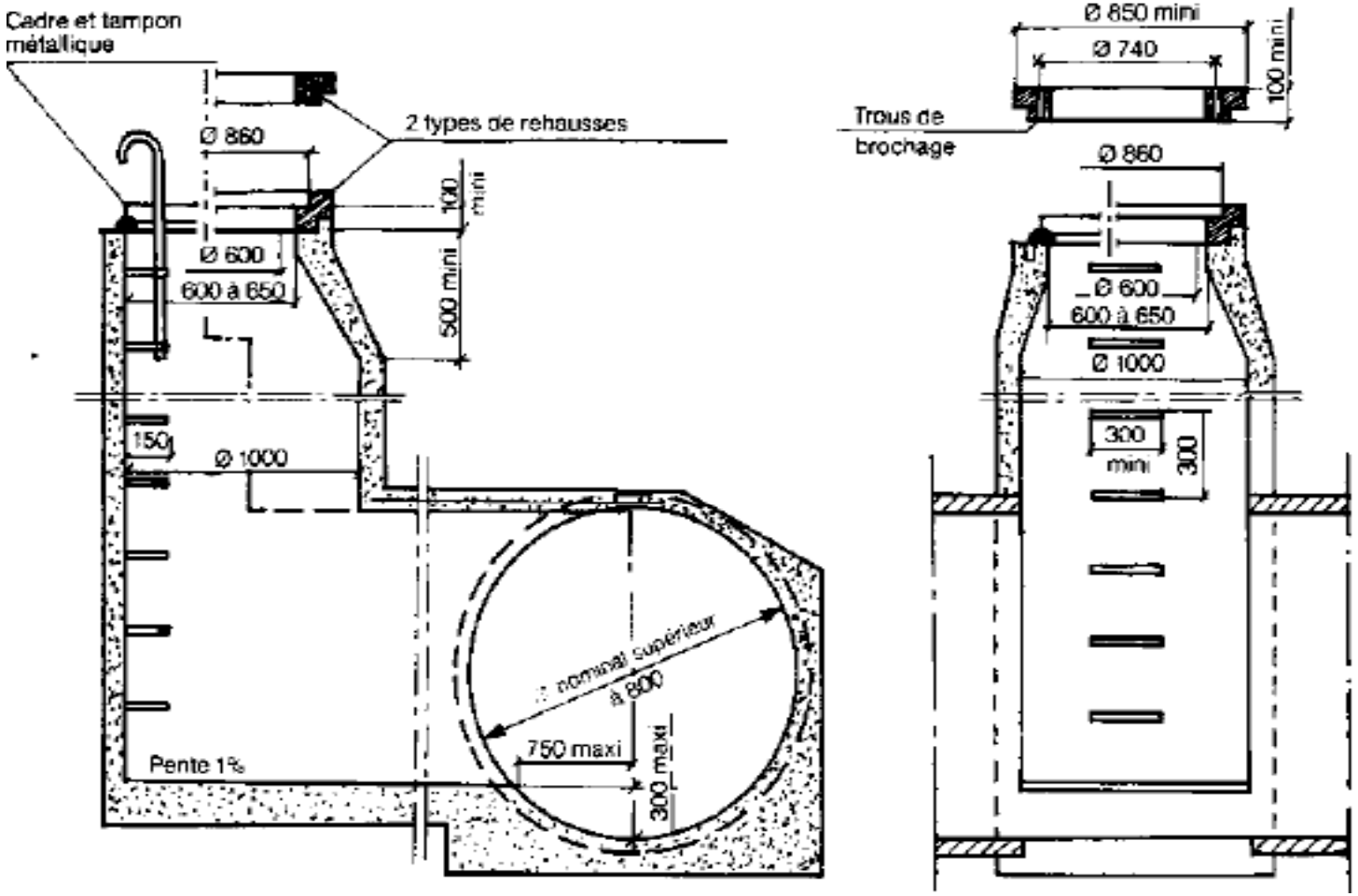
— Bouche sans décantation

— Bouche à grille

— Bouche à décantation

Exemples de regards de visite




Cadre et tampon métallique
2 types de rehausses
Ø 860
100 mini
Ø 600
600 à 650
500 mini
150
Ø 1000
Ø nominal supérieur à 800
750 maxi
300 maxi
Pente 1%
Ø 650 mini
Ø 740
100 mini
Trous de brochage
Ø 860
Ø 600
600 à 650
Ø 1000
300 mini
300

Calcul du débit d'eaux usées domestiques

Principe de calcul

Le débit des eaux usées domestiques est en rapport direct avec le débit d'eaux potable distribué par l'ONEP ; mais ce débit des eaux usées ni que 70% à 80% de l'eau consommée et ceci à cause des pertes et fuites dans le réseau.

Calcul du débit de pointe Qp

- difficulté à prévoir les variations journalières
- utilisation d 'une méthode simplifiée: coefficient de pointe

$$Qp = p \times Qmoyen$$

Qm = quantité d'eau journalière transité dans le tronçon à étudié exprimé en l /s .

avec

$$p = a + b / \sqrt{Qm(\ l/S)}$$

a = 1,5 et b = 2,5

1.5 < p < 4

- p ≈ 3 en tête de réseau
- p ≈ 2 près de l 'exutoire

Exemple d'application:

Soit deux secteurs d'habitation : $S_1 = 10$ ha avec une densité $d_1 = 80$ Logements / ha

$S_2 = 15$ ha avec une densité $d_2 = 30$ Logements / ha

Si on considère : - que la densité moyenne d'occupation est de 3,1 habitants par logement

- que les besoins en eau sont respectivement :
  - 250 l / habitant / jour pour le secteur S_1
  - 200 l / habitant / jour pour le secteur S_2

-Que les pertes pour arrosage des jardins privés et espaces publics y compris les pertes de réseau sont estimés à 30% de la valeur des besoins.

Calculer pour chaque secteur Q_m , p et Q_p ?

Réponse:

$$Q_m = \begin{cases} S_1 : q_{m_1} = (80 \times 10 \times 3{,}1 \times 0{,}7 \times 250) / 86400 = 5{,}023 \text{ l / s} \\ S_2 : q_{m_2} = (30 \times 15 \times 3{,}1 \times 0{,}7 \times 200) / 86400 = 2{,}260 \text{ l / s} \end{cases}$$

$$p = \begin{cases} S_1 : p_1 = 1{,}5 + 2{,}5 / \sqrt{5{,}023} = 2{,}62 \\ S_2 : p_2 = 1{,}5 + 2{,}5 / \sqrt{2{,}260} = 3{,}16 \end{cases}$$

$Qp_1 = qm_1 \times p_1 = 5{,}023$ l / s x 2,62 = 13,16 l / s

$Qp_2 = qm_2 \times p_2 = 2{,}260$ l / s x 3,16 = 7,14 l / s

Calcul du débit d'eaux usées industrielles

Les débits des eaux à évacuer par les industries dépendent de la nature de l'industrie le procédé de fabrication utilisé , donc le projeteur pourra se baser sur les données statistiques et les résultats empiriques , qui ont permet de dégager 3 types de zones industrielles selon leurs consommation d'eau :

- zone d'entrepôt de 10 à 12 m³ / J / ha.Loti
- zone d'emplois , de petites industries de 20 à 25 m³ / J / ha.Loti
- zone d'industries moyennes de 50 à 150 m³ / J / ha.Loti

Surface Loti = Surface totale de la zone non comprise la surface de voirie et ses espaces annexes .

Exemple :

Soit une zone à Lotir (à partager en lots) d'une surface totale de 100 ha dont 15% sont réservés à la voiries et ses espaces annexes . La surface réelle à occuper par les industries est de 85 ha .

La moyenne de prélèvement en eau se situe aux alentours de la médiane statistique de 35 à 40 m³ / J / ha.Loti .

Calculer les débits journaliers à évacuer ?

Solution:

$Q_1 = 35 \times 85 \times 1{,}22 = 3629{,}5$ m³ / J

$Q_2 = 40 \times 85 \times 1{,}22 = 4148$ m³ / J

Avec 1,22 coefficient de majoration en fonction de la surface à occuper par les industries (Voir abaque)

Calcul des sections des canalisations des eaux usées

Le calcul des sections des canalisations des eaux usées est basé sur la formule de Chézy qui donne la vitesse d'écoulement comme suit :

$$V = C \times \sqrt{RI}$$

Avec

V = vitesse moyenne d'écoulement en (m/s)

R = rayon moyen de l'ouvrage ou rayon hydraulique en (m)

$$R = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$$

C = Coefficient de la paroi ou de rugosité de l'ouvrage (conduite rugueuse ou lisse)

I = pente du collecteur en (m / m) .

Pour le calcul de C , on utilise la formule de Bazin :

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

Y étant le coefficient d' écoulement en fonction de la nature des parois et des eaux transportées .

On a le débit : $Q = V \times S$ or $V = C \times \sqrt{RI}$ donc

$$Q = C \times S \times \sqrt{RI}$$

Exemple 1:

Soit un canal rectangulaire assez large de base B = 6.00 m et de hauteur H = 1,50 m
Calculer le rayon hydraulique Ry ?

$$Ry = \frac{Sm}{Pm} \quad \text{avec} \begin{cases} Sm = H \times B \\ Pm = 2H + B \end{cases} \quad \text{et} \quad Ry = \frac{1,50 \times 6}{2x1,50 + 6} = 1 \text{ m}$$

Exemple 2 :

Soit une conduite des eaux usées en système séparatif de diamètre intérieur d = 200 mm et de diamètre extérieur D = 250 mm , calculer le rayon hydraulique Ry ?

$$Ry = \frac{Sm}{Pm} = \frac{\pi d^2/4}{2 \pi d/2} = \frac{d}{4} = 50 \text{ mm}$$

Exemple 3:

Une conduite circulaire en ciment lisse de coefficient de rugosité C = 80 , ayant une pente de 0,0004 ,permet l'écoulement d'un débit de 2260 l /s .

1) Calculer la section de cette conduite sachant que son rayon hydraulique (rayon moyen) est de 0,5 m .

$$Q = VxS \longrightarrow S = Q / V \quad \text{avec} \begin{cases} Q = 2260 \text{ l/s} = 2,26 \text{ m}^3/\text{ s} \\ V = C \times \sqrt{RI} \end{cases}$$

$V = 80 \times \sqrt{0,5 \times 0,0004} = 1,13$ m/s et $S = Q / V = 2,26 / 1,13 = 2$ m² d'où $S = Ø^2/4$

$$Ø = \sqrt{2x10^3x10^3x4 / \pi} = 1595,77 \text{ mm}$$

2) Déterminer le coefficient d'écoulement **Ɣ** ?

$$C = \frac{87x\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \longrightarrow C(\gamma + \sqrt{R}) = 87x\sqrt{R} \longrightarrow \gamma = \frac{(87 - C)\sqrt{R}}{C} = 0{,}06$$

3) Si le coefficient γ = 0,15 ; calculer C et Q ?

$$C = \frac{87x\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} = \frac{87 \times \sqrt{0{,}5}}{0{,}15 + \sqrt{0{,}5}} = 71{,}77$$

$$V = C \times \sqrt{RI} = 71{,}77 \times \sqrt{0{,}5 \times 0{,}0004} = 1{,}01 \text{ m/s}$$

$$Q = VxS = 1{,}01 \times 2 = 2{,}02 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Calcul des débits d'eaux pluviales

METHODE RATIONNELLE

Cette méthode à l'avantage de prendre en compte les principaux facteurs de ruissellement et conduit aux calculs des zones à faibles superficies tels que :

- usines - casernes – centres commerciaux ect ....

Le débit Q est donné par la formule suivante :

$$Q = k.C.I.A$$

K : coefficient de minoration
C: coefficient de ruissellement
I : intensité moyenne de précipitation en l/ ha / s
A : aire d'apport en ha

1) coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement C dépend essentiellement du caractère d'urbanisation càd la nature du relief et le mode d'utilisation ou d'occupation du sol ; il est défini :

$$C = \frac{\text{Volume d'eau qui ruisselle de la surface}}{\text{Volume total de la pluviométrie qui tombe sur la surface}}$$

Quelques exemples des coefficients de ruissellement :

Surface	Coefficient de ruissellement, *R*
Chaussée en béton, asphaltée	0,70 - 0,95
Chaussée en brique	0,70 - 0,85
Toiture	0,75 - 0,95
Terrain gazonné, sol sablonneux	
- plat (pente < 2 %)	0,05 - 0,10
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,10 - 0,15
- pente abrupte (> 7 %)	0,15 - 0,20
Terrain gazonné, sol dense	
- plat (pente < 2 %)	0,13 -0,17
- pente moyenne (2 à 7 %)	0,18 - 0,22
- pente abrupte (> 7 %)	0,25 - 0,35
Entrée de garage en gravier	0,15 - 0,30

Si le bassin d'apport considéré est couvert par des surfaces Ai , à coefficients différents , on calcul un coefficient moyen pondéré .

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n}$$

2) intensité moyenne de précipitations :

Une précipitation pluviale est définie par son intensité et sa fréquence (période T)
Dans la région parisienne la formule suivante est adopté :

$$i = \frac{430\ 000}{(T + 10) \times 60}$$

i : l / ha / s et T : durée de chute en minute , variant de 10 à 60 minutes
Valeurs des intensités (i) :

Durée de T **(mn**)	10	20	30	40	50	60
Intensité i **(l/ ha/ s**)	358	240	180	143	120	102

Ces valeurs sont propres à la région parisienne ① et pour trouver celles des régions ② et ③ il faut multiplier les résultats du tableau respectivement par les coefficients 1,25 et 1,30 .

3) Aire d'apport (A)

Aire d'apport est la surface des parties couvertes ou revêtues exprimées en (**ha**)

MINI - PROJET I /

Soit à batir un centre commerciel à grande surface, dans la région paraisienne (?) ce centre comprend :

- Des batiments ABCD et EFGH.
- Un grand parking bétonné DCJI auquel on accéde par deux voies imperméabilisées CGLK et NMOJ
- Un grand jardin plantée KLMN.

Ces deux voies sont desseries par la rue LPQR entièrement pavée avec les larges joints, trottoire compris. Cette ~~voie~~ rue est bordée de pavillons ayant chacun 100 m^2 de toitures et séparés par des jardins.

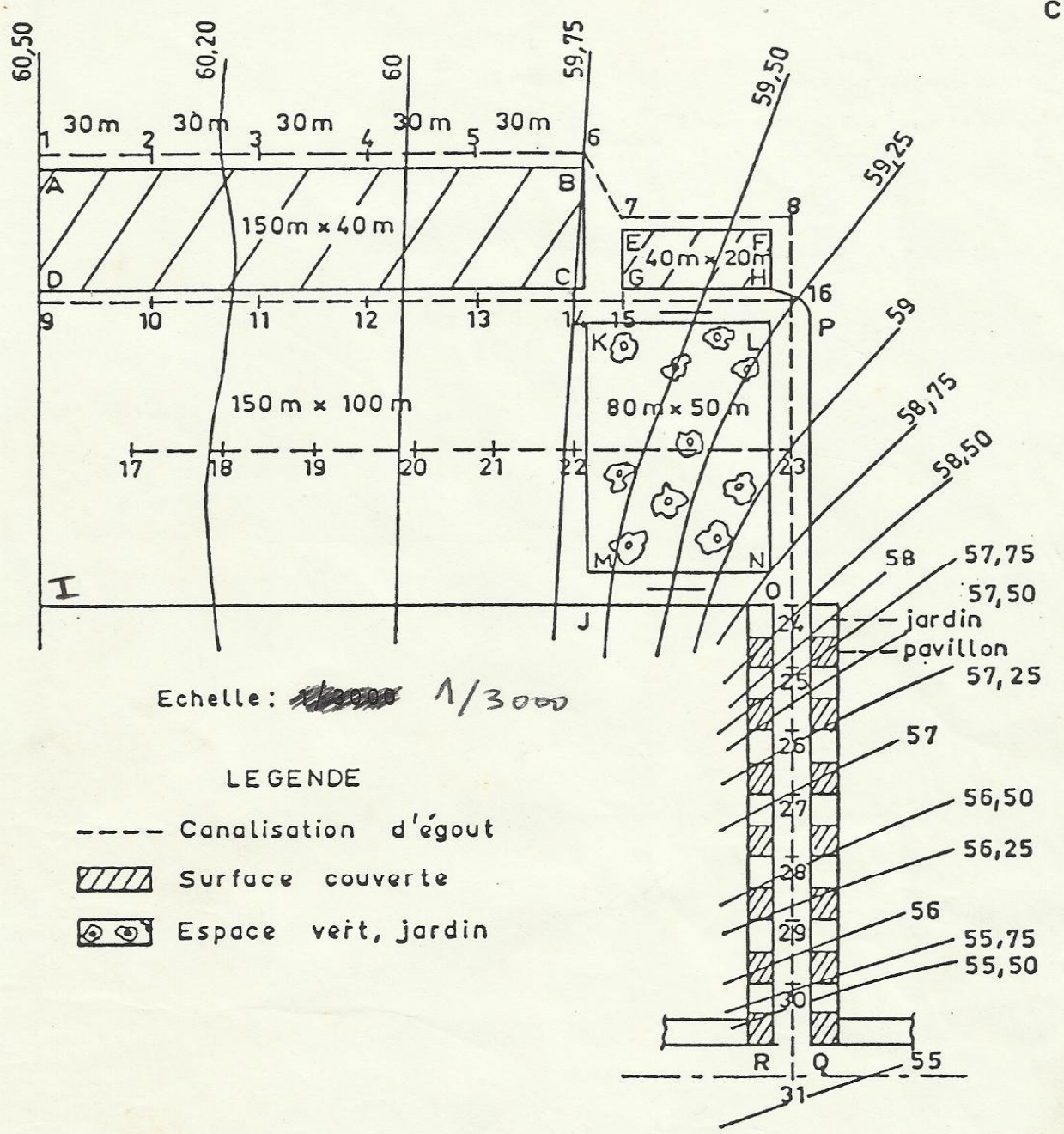
Le réseau d'égont unitaire 1,8;31 se deverse dans un collecteur principal après avoir reçu les deux antennes 9 - 16 et 17 - 23 , cette dernière (17-23) recueillant toutes les eaux du parking au moyen de grilles.

Les eaux des caniveaux de la rue seront receuillies en 23 , 24 , 26 , 28 , 30.

Il sera admis que l'eau tombant sur les espaces verts ou les jardins est absorbée par le sol.

La seule contrainte est que la profondeur minimale soit de 0,85 m , la dessert des caves des pavillons n'etant pas envisagée.

Il est demandé le calcul des sections du seul collecteur principal 1, 8, 31 , pour la fréquence décennale; à (T = 10 ans) partir de l'abaque de Manning Strickler et le profil en long de ce collecteur.



Echelle: ~~1/2000~~ 1/3000

LEGENDE

---- Canalisation d'égout

Surface couverte

Espace vert, jardin

Cotes du terrain

1 : 60,50
2 : 60,35
3 : 60,20
4 : 60,05
5 : 59,90
6 : 59,75
7 : 59,65
8 : 59,40
9 : 60,50
1.0 : 60,35
11 : 60,20
12 : 60,05
13 : 59,90
14 : 59,75
15 : 59,65
16 : 59,25
17 : 60,35
18 : 60,23
19 : 60,10
20 : 59,98
21 : 59,85
22 : 59,73
23 : 59,00
24 : 58,60
25 : 57,75
26 : 57,35
27 : 56,95
28 : 56,55
29 : 56,15
30 : 55,75
31 : 55,15

B) Détermination des débits par la méthode superficielle en fonction des périodes de retour d'insuffisance et des régions.

Les études pluviométriques effectuées en France ont permis de diviser celle-ci en trois régions de pluviométrie homogène.

Pour chaque région Mr Caquot a établi des formule superficielles permettant la détermination des débits d'eau pluviale, selon la période de retour désiré. dans un bassin versant urbanisé.

Remarque: Définition du bassin versant:

Le bassin versant (appelé aussi bassin de drainage d'un oued, considéré en un point donné de son cours) est la surface topographique limité par son contour à l'intérieur duquel l'eau précipité donne naissance à un écoulement qui se dirige vers ce point de l'oued.

Les limites de bassin versant sont définies topographiquement par la ligne de partage des eaux délimités par la ligne de crête =) et les lignes de pente rejoignant l'exutoire.

ANNEXE C

DÉTERMINATION DES FORMULES SUPERFICIELLES EN FONCTION DES PÉRIODES DE RETOUR D'INSUFFISANCE ET DES RÉGIONS

Région	Période de retour d'insuffisance T = 1/F	Paramètre a (F)	Paramètre b (F)	Formule superficielle (m^3/s)
I	10 ans	5,9	— 0,59	$Q = 1{,}430\ I^{0.29}\ C^{1.20}\ A^{0.78}$
	5 ans	5,0	— 0,61	$Q = 1{,}192\ I^{0.30}\ C^{1.21}\ A^{0.78}$
	2 ans	3,7	— 0,62	$Q = 0{,}834\ I^{0.31}\ C^{1.22}\ A^{0.77}$
	1 an	3,1	— 0,64	$Q = 0{,}682\ I^{0.32}\ C^{1.23}\ A^{0.77}$
II	10 ans	6,7	— 0,55	$Q = 1{,}601\ I^{0.27}\ C^{1.19}\ A^{0.80}$
	5 ans	5,5	— 0,57	$Q = 1{,}290\ I^{0.28}\ C^{1.20}\ A^{0.79}$
	2 ans	4,6	— 0,62	$Q = 1{,}087\ I^{0.31}\ C^{1.22}\ A^{0.77}$
	1 an	3,5	— 0,62	$Q = 0{,}780\ I^{0.31}\ C^{1.22}\ A^{0.77}$
III	10 ans	6,1	— 0,44	$Q = 1{,}296\ I^{0.21}\ C^{1.14}\ A^{0.83}$
	5 ans	5,9	— 0,51	$Q = 1{,}327\ I^{0.24}\ C^{1.17}\ A^{0.81}$
	2 ans	5,0	— 0,54	$Q = 1{,}121\ I^{0.26}\ C^{1.18}\ A^{0.80}$
	1 an	3,8	— 0,53	$Q = 0{,}804\ I^{0.26}\ C^{1.18}\ A^{0.80}$

La formule superficielle applicable au Maroc est dans ce cas

$$[m^3/s] \leftarrow \boxed{Q = 1{,}430\ I^{0{,}29} \cdot A^{0{,}78} \cdot C^{1{,}20}}$$

qui correspond à la formule décennale de la région I.

I : pente moyenne en [m/m] du bassin versant

A : superficie exprimé tjs en [hect]

C : Coefficient de ruissellement

2) Validité des formules :

Dans le domaine actuel des vérifications qui ont été effectuées, pour les formules de calcul des débits ne sont valables que dans les conditions suivantes :

a) la limite supérieure de la surface du bassin ou du groupement de bassin ΣA_i est fixé à 200 ha.

$$\boxed{\Sigma A_i \leqslant 200 \text{ ha}}$$

b) La valeur de la pente I doit rester comprise entre $\boxed{0{,}2\% \text{ et } 5\%}$

c) La valeur du coef de ruissellement C, doit rester compris ent $\boxed{0{,}2 \text{ et } 1}$

③ Etude de la pente I

Soit un bassin urbanisé dont le plus long cheminement hydraulique L de la canalisation d'évacuation est constitué de tronçon successive $L_1, L_2, \ldots$ ect de pente respectives $I_1, I_2 \ldots$ ect, la pente moyenne I de ce cheminement est donnée par la formule suivante :

$$I = \left[\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{I_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{I_2}} + \cdots + \frac{L_n}{\sqrt{I_n}}} \right]^2$$

Qui peut encore s'écrire:

$$I = \left[\frac{\sum_{k_1}^{n} L_k}{\sum_{k=1}^{k=n} \frac{L_k}{\sqrt{I_k}}} \right]^2$$

Par exemple: Soit un bassin dont le plus long cheminement de la canalisation d'évacuation est de 750 m, se décompose en trois tronçons de 220 m, 150 m et 380 m, dont les pentes respectives sont de 0,02, 0,05 et 0,03 m.p.m

Calculer la pente moyenne le long de ce tronçon?

$$I = \left[\frac{750}{\frac{220}{\sqrt{0,02}} + \frac{150}{\sqrt{0,05}} + \frac{380}{\sqrt{0,03}}} \right]^2 = 0,033 \text{ m.p.m}$$

Exemple ② : Soit un tronçon de réseau composé de trois tronçons élémentaire. $L_1 = 100\,m$ et $I_1 = 0,01$ (en m/m) ; $L_2 = 150\,m$ et $I_2 = 0,025$; $L_3 = 200\,m$ et $I_3 = 0,005$.

Calculer la valeur de $I_{moy} = ?$

$$I_{moy} = 0,00887$$

0,009

④ Définition du coefficient de ruissellement (voir cours)

Rappel : Coef de ruissellement (on dit aussi coef d'urbanisation) est donc pris égale :

$$C = \frac{\sum A_{j\,IMP}}{\sum A_j}$$

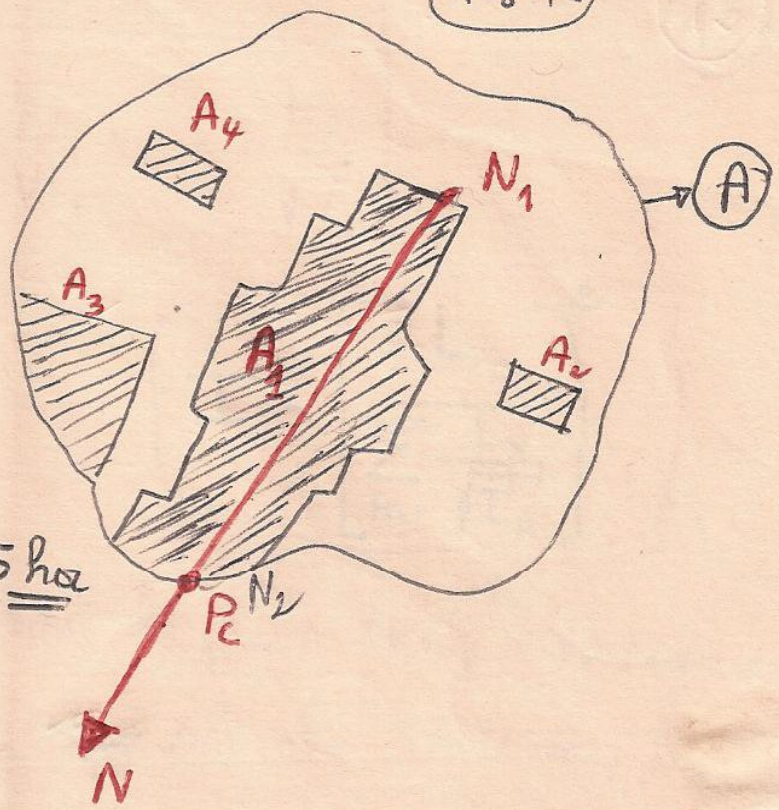
$\sum A_{j\,IMP}$: la surface imperméabilisée

$\sum A_j$: Surface totale du bassin

Exemple d'application :

Soit un bassin versant urbanisé (fig) composé :

- d'un tronçon d'evacuation $N_1 N_2$
- Des surfaces imperméables A_1, A_2, A_3, A_4



La surface totale de ce bassin est de 5 ha

$A_1 = 2$ ha , $A_2 = 0,1$ ha , $A_3 = 0,3$ ha

$A_4 = 0,1$ ha

donc le coef de ruissellement de ce bassin est : $C = \dfrac{\sum A_{j\,IMP}}{\sum A_j}$

$\sum A_{j\,IMP} = 2 + 0,1 + 0,3 + 0,1 = 2,5$ ha

$\sum A_j = A_{Total} = 5$ ha

$\Rightarrow \boxed{C = \dfrac{2,5}{5} = 0,50}$

⑤ Evaluation de l'allongement d'un bassin (M) et du coefficient d'influence im.

Définition de l'allongement :

L'allongement d'un bassin est égal au rapport du plus long cheminement hydraulique (L) au côté du carré dont la surface est équivalente à celle de ce bassin soit :

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

M sera tjs égale ou supérieur à 0,80 ($M \geq 0,8$)

L'allongement M à une influence sur l'evaluation du débit de pointe ; Si M st différent de 2 ($M \neq 2$), dans ce cas notre débit brute (~~d'calcul~~) doit être corrigé par un coefficient d'influence [m] appelé aussi coefficient correcteur qu'on peut

Calculer à l'aide des abaques de L'Annexe III et de L'Annexe C (qui donne le paramètre d'expression de la pluviométrie

- Si $M = 2 \Rightarrow m = 1 \Rightarrow Q_{brut} = Q_{pointe}$
- Si $M < 2 \Rightarrow m$ = coef. majorateur
- Si $M > 2 \Rightarrow m$ = coef minorateur

exemple d'application des abaques:

Soit un bassin situé dans la Région 2 dont la surface est de 42 ha, son ~~allongement~~ Cheminet hydraulique étant de 3200 m, la période de retour d'insuffisance est de 10 ans. Calculer le coef correcteur m = ?

Sol:

$$M = \frac{3200}{\sqrt{420.000}} = 4,94$$

de l'annexe C on a: $b(F) = -0,55$ (Pour $T = 10$ ans)

l'abaque de l'annexe III donne $m = 0,62$

(6) Evaluation des paramètres équivalents afférents à un groupement de bassins.

Lorsqu'il s'agit d'un ensembles de bassins en série ou en parallèle, il est nécessaire de rechercher les paramètres équivalents à cet assemblage :

Soient des bassins dont les surface A_i, les longueurs L_i et les pentes I_i des collecteurs, les coefficients de ruissellement C_i, les allongements M_i et les débits de pointe Q_{p_i} sont affectés des indices $1, 2, \ldots, n$, les paramètres équivalents sont déterminés comme suit :

a) BASSINS en Série :

a_1) Surface eq $\quad A = A_1 + A_2 + \cdots\cdots + A_n = \sum_{k=1}^{k=n} A_k$

a_2) Pente eq : La pente moyenne de l'ensemble des collecteurs des bassins est donnée par la formule :

$$I_{eq} = \left[\frac{\Sigma L_k}{\Sigma \frac{L_k}{\sqrt{I_k}}} \right]^2$$

Ce qui revient à considérer l'ensemble des bassins en série comme un bassin unique, ~~pour lequel on calcul la pente moyenne~~.

a_3) Coef de ruissellement eq

$$C_{eq} = \frac{\Sigma C_k A_k}{\Sigma A_k}$$

a_4) Allongement :

$$M_{eq} = \frac{\Sigma L_k}{\sqrt{\Sigma A_k}}$$

Exemple d'application

Soit trois bassins versants dont les caractéristiques sont les suivantes :

- A (km^2) ..... 15 - 28 - 20
- L (m) ..... 100 - 330 - 240.
- C ..... 0,4 - 0,6 - 0,8
- I (m/m) ..... 0,03 - 0,05 - 0,04

Calculer I_{eq}, C_{eq} et M_{eq} ?

* I_{eq} =

$$I_{eq} = \left[\frac{100 + 330 + 240}{\frac{100}{\sqrt{0,03}} + \frac{330}{\sqrt{0,05}} + \frac{240}{\sqrt{0,04}}} \right]^2 = 0,042.$$

$$C_{eq} = \frac{(0,4 \times 15) + (0,6 \times 28) + (0,8 \times 20)}{63} = 0,62 \quad \text{et} \quad M_{eq} = \frac{100 + 330 + 240}{\sqrt{630000}} = 9,84$$

b) Bassins en Parallèles:

b$_1$) Surface : $$A = \Sigma A_K$$

b$_2$) Pente : $$I_{eq} = \frac{I_1 Q_1 + I_2 Q_2 + \dots + I_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$$

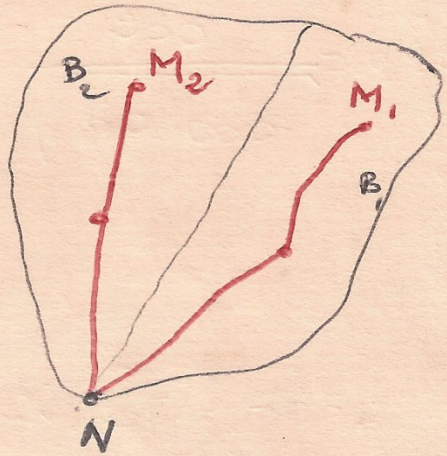
$$\boxed{I_{eq} = \frac{\Sigma I_K Q_K}{\Sigma Q_K}}$$

Q_K représente le débit corrigé

~~b$_3$) Allongement~~ : Ex. d'appl.

Soit un noeud N où convergent les tronçons suivants (chacun de caractéristiques homogènes) :

- Tronçon NM_1 : $I_1 = 0,0152$, $Q_{P_1} = 0,750\ m^3/s$
- Tronçon NM_2 : $I_2 = 0,040$, $Q_{P_2} = 1,425\ m^3/s$



donc

$$I_{eq} = \frac{(0,0152 \times 0,750) + (0,040 \times 1,425)}{0,750 + 1,425}$$

$$I_{eq} = 0,03145$$

b_3) Allongement : Lorsqu'il s'agit d'assemblage en parallèle, Meq est le rapport de la longueur du plus long cheminement par lequel circule le plus fort débit sur le côté du carré d'une aire équivalente à la surface de l'assemblage.

$$M_{eq} = \frac{L(\varphi_{max})}{\sqrt{\Sigma A_k}}$$

→ {débit corrigé

exemple d'app: Soient deux bassins versants dont les caractéristiques sont les suivants :

	B_1	B_2
A (ha)	10	6
L (m)	500	230
C	0,5	0,7
I (m/m)	0,04	0,03

Région (I) et la Période de retour est 10 ans. Calculer Meq = ?

Solution: on sait que $M_{eq} = \dfrac{L(\varphi_{max})}{\sqrt{\Sigma A_K}}$

calculons φ_1 et φ_2 ⇒ peut donner $L(\varphi_{max})$

on est dans la région I et $T = 10$ ans ⇒ $\varphi = 1{,}430\, I^{0,29} C^{1,20} A^{0,78}$

$$\begin{cases} \varphi_1 = 1{,}430\,(0{,}04)^{0,29} \cdot (0{,}5)^{1,20} \cdot (10)^{0,78} = 1{,}5\ m^3/s \\ \varphi_2 = 1{,}430\,(0{,}03)^{0,29} \cdot (0{,}7)^{1,20} \cdot (6)^{0,78} = 1{,}3\ m^3/s \end{cases}$$

(on peut calculer les débits bruts φ_1 et φ_2 en utilisant l'abaque de l'Annexe II-1)

ensuite on calcul les allongements respectives de chaque Bassin :

$$M_1 = \frac{500}{\sqrt{10.0000}} = 1{,}58 \qquad M_2 = \frac{230}{\sqrt{60.000}} = 0{,}94$$

ce qui donne n_1 et n_2

Connaissant que le paramètre pluviométrique b(F) = -0,59 donné par l'Annexe C. et l'abaque de l'Annexe III permet de donner $m_1 = 1,18$ et $m_2 = 1,65$

d'où : $\begin{cases} Q_{corrigé\,1} = 1,5 \times 1,18 = 1,77\ m^3/s \\ Q_{corrigé\,2} = 1,3 \times 1,65 = 2,15\ m^3/s \end{cases}$

donc $L(Q_{Emax})$ correspond à $L_2 = 230\ m$

$$\Rightarrow \quad M_{eq} = \frac{230}{\sqrt{160.000}} = 0,575$$

Tableau récapitulatif

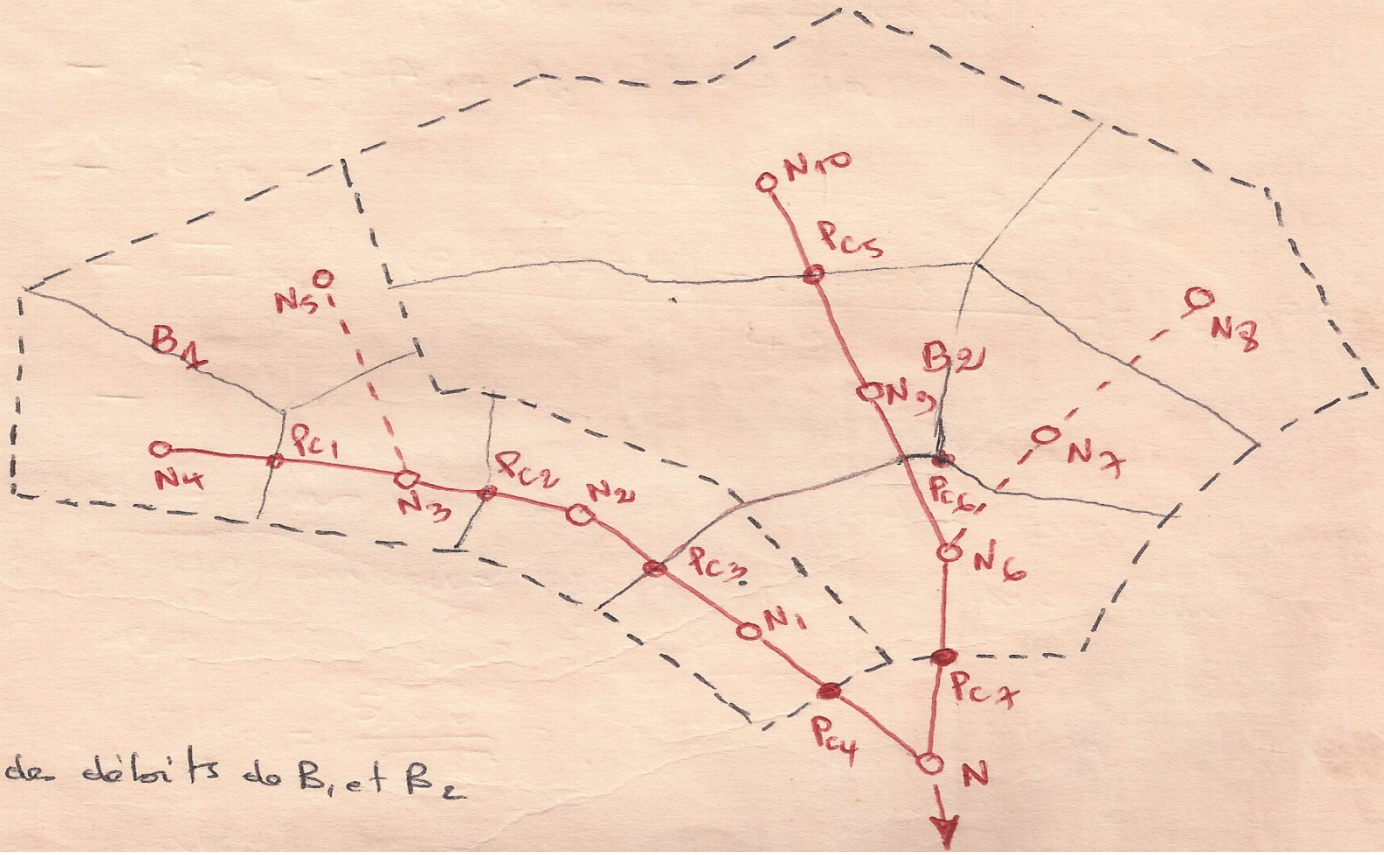
Paramétres équivalents	A_{eq}	C_{eq}	I_{eq}	M_{eq}
Bassins en Série	$\sum A_k$	$\frac{\sum C_k A_k}{\sum A_k}$	$\left[\frac{\sum L_k}{\sum\left(\frac{L_k}{\sqrt{I_k}}\right)}\right]^2$	$\frac{\sum L_k}{\sqrt{\sum A_k}}$
Bassins en parallèle	$\sum A_k$	$\frac{\sum C_k A_k}{\sum A_k}$	$\frac{\sum I_k Q_k}{\sum Q_k}$	$\frac{L(Q_{max})}{\sqrt{\sum A_k}}$

Exercice de calcul de débit :

Soit deux bassins versants B_1 et B_2 (voir fig) dont les caractéristiques d'assemblage aux points caractéristiques P_{c4} et P_{c7} sont les suivantes :

B_1 : $\begin{cases} A_1 = 7\ ha \\ C_1 = 0,55 \\ I_1 = 0,01\ m/m \\ L_1 = 5,76\ hm\ (500+76) \\ M_1 = 2,18 \end{cases}$

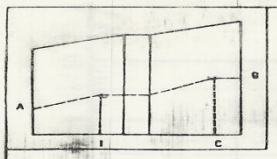
B_2 : $\begin{cases} A_2 = 16\ ha \\ C_2 = 0,35 \\ I_2 = 0,005\ m/m \\ L_2 = 5,46\ hm\ (470+76) \\ M_2 = 1,36 \end{cases}$



(1) Calcul des débits de B_1 et B_2

REGION 2

PERIODE DE RETOUR D'INSUFFISANCE 10 ANS



Ex 1

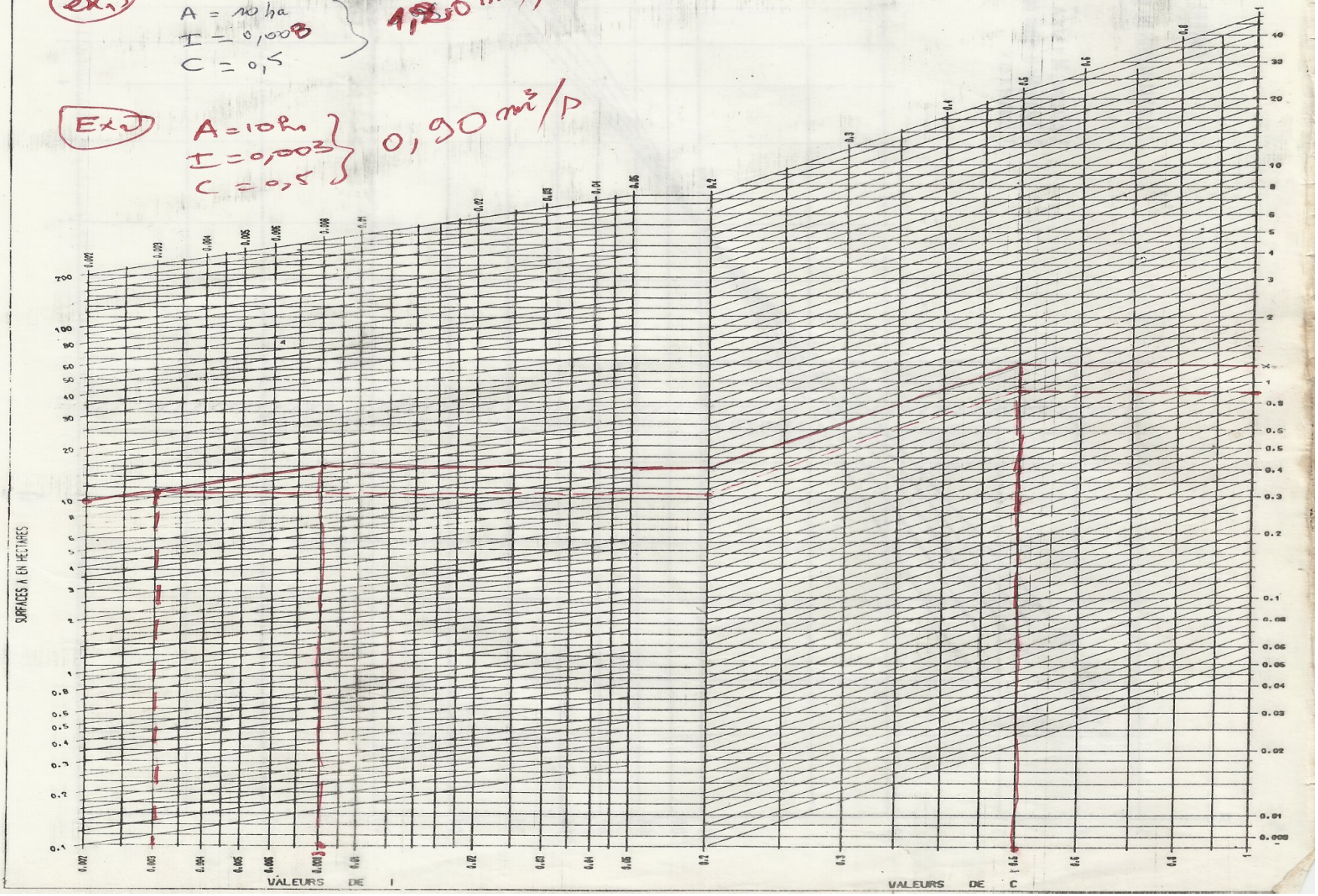
A = 10 ha
I = 0,0008
C = 0,5

} 4,20 m³/p

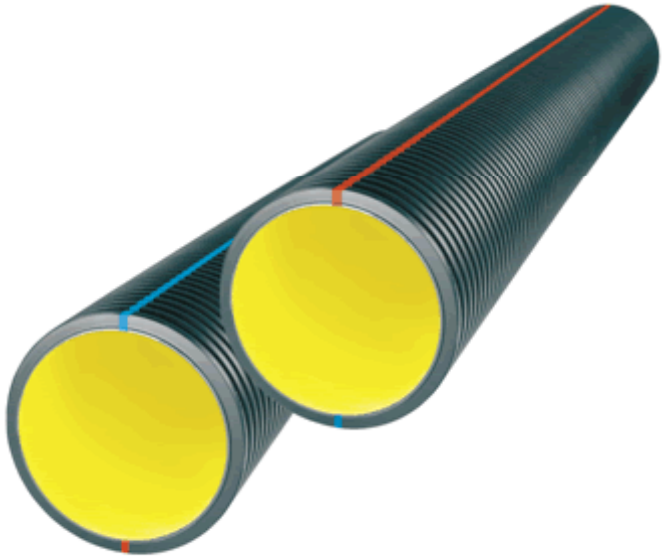
Ex 2

A = 10 ha
I = 0,003
C = 0,5

} 0,90 m³/p



①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑦ +⑧	⑨	⑩	
Trocon	Point d'appo rt	Surface d'influence en (**ha**)		Surfaces cumulés (**Σ Ai**)		**Ai x C**					
		Toit-voirie-parking	Rue								
Début	1										
1-2	2										
2-3	3										
3-4	4										
4-5	5										
5-6	6										
6-7	7										
7-8	8										
8-16	16										
16-23	23										
23-24	24										



Polyéthylène hautr densité

II.5 Quantités a évacuer

L'evaluation de la quantité d'eau évacuée journellement s'effectuera à partir de la cosommation par habitant correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année.Toutefois ,eu égard aux pertes (canalisations) et au fait que toute l'eau utilisée n'est
pas rejetée au réseau (arrosages) il sera admis que l'eau évacuée n'est que les 80% de l'eau
consommée.(plus l'agglomeration est urbanisée ,plusla oroportion d'eau rejetée est élevée)

En ce qui concerne le débit devant servir au calcul de la section de chaque trançon de réseau

En ce qui concerne le débit devant servir au calcul de la section de chaque tronçon de réseau
on calculera en premier lieu ,le débit moyen (qm)

qm= Q/86400

Q :quantité d'eau journalière trnsitée dans le tronçon étudié en l/s

qm : débit moyen en l/s

Il reste à évaluer le coefficient de pointe (Cp) par lequel il faut multiplier ce débit pour avoir
le débit de pointe

Cp doit varier entre les valeurs 4 pour une population groupée limitée à 500 habitants en tête
du réseau et 2 pour la partie aval .

Dans une analyse plus poussée Cp est donné par une formule suivante en fonction du