



Eaux résiduaires urbaines

Paramètres caractéristiques et variations

**"Conception, dimensionnement et modélisation
d'une station d'épuration par boues activées."**

Jean Pierre CANLER

du lundi 20 novembre au mercredi 22 novembre
2017

Pour mieux
affirmer
ses missions,
le Cemagref
devient Irstea



www.irstea.fr





SITES INTERNET POUR TÉLÉCHARGER LES DOCUMENTS DE REFERENCES

<https://gisbiostep.irstea.fr>

<https://epnac.irstea.fr>

www.fndae.fr



Plan de l'exposé

Introduction

Les eaux résiduaires urbaines (ERU)

Origine

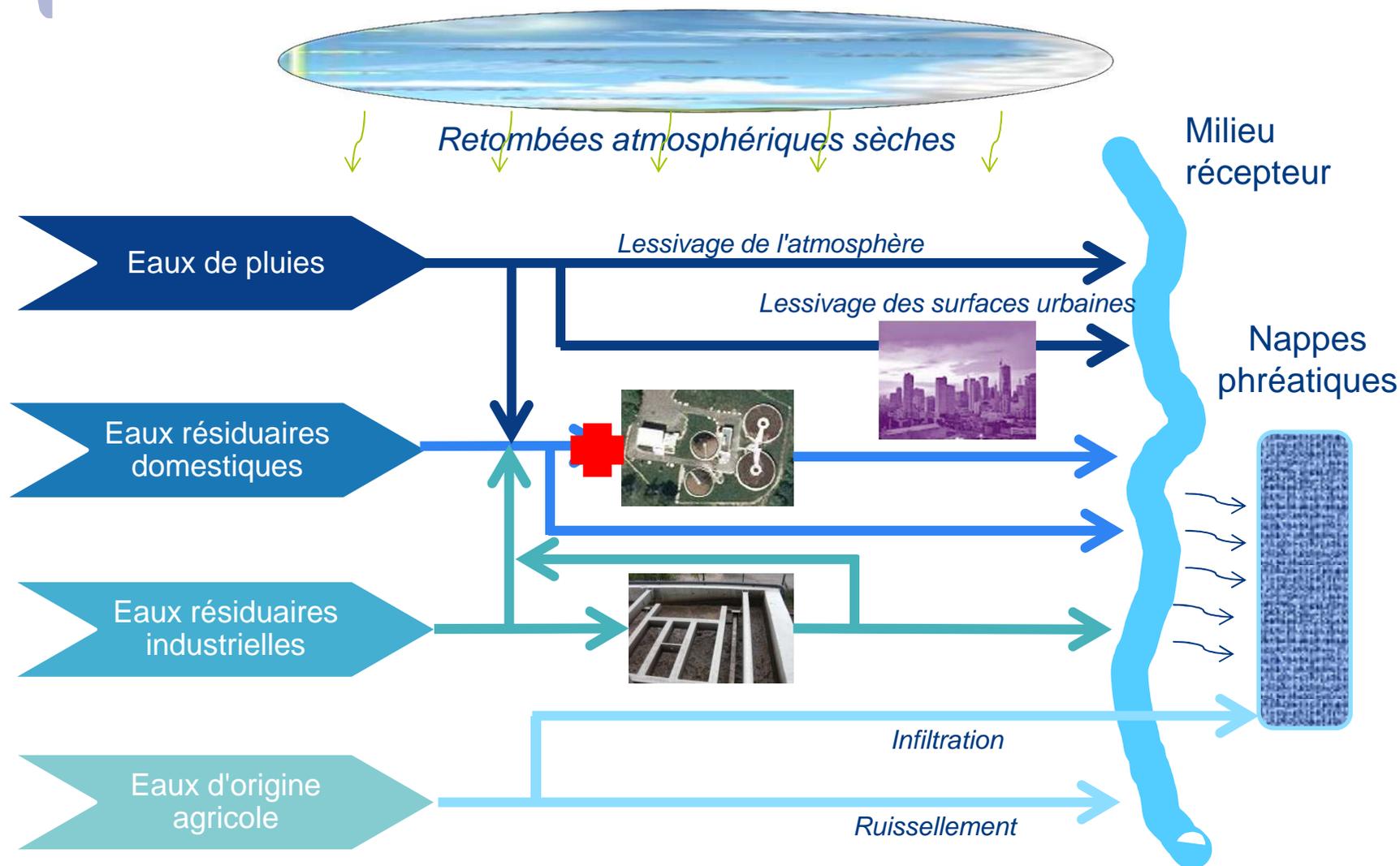
Les paramètres de pollution

Notions d'équivalent habitant et de charges spécifiques

Cas des micropolluants

Les eaux pluviales

Principales sources de pollution des eaux



Les eaux résiduaires

PRINCIPAUX POLLUANTS

Type de polluants	Constituants	Impact potentiel sur le milieu récepteur
Microorganismes	Bactéries pathogènes, virus...	Risque pathogène pour les organismes Eaux de baignade, fermes aquacoles
Matières minérales	Sables,	Colmatage et envasement Gène à la photosynthèse (limitation de la pénétration de la lumière, recouvrement des végétaux)
Matière organique biodégradable	DCO, DBO5 dont Graisses	Demande en oxygène dans le milieu récepteur
Matière organique inerte		
Nutriments	Azote, phosphore	Eutrophisation, demande en oxygène
Eaux chaudes	Température	Modifications de la faune et de la flore locales
Micropolluants (polluants traces)	Variés	Divers et non encore complètement identifié

Principes de traitement

Matières en suspension

- Dégrillage
- Dessablage
- Dégraissage
- Décantation
- Flottation
- Filtration

Matière organique biodégradable

- Traitements aérobies à biomasse libre ou fixée
- Traitements anaérobies à biomasse libre ou fixée

Azote

- Traitements aérobies à biomasse libre ou fixée
- Stripping à l'air

Phosphore

- Précipitation chimique
- Traitement biologique du phosphore

Pathogènes

- Chloration
- Ozonation
- UV

Colloïdes

- Filtration
- Précipitation chimique
- Adsorption sur charbon actif
- Résines échangeuses d'ions

Composés volatils

- Stripping à l'air
- Adsorption sur charbon actif
- Oxydation avancée

Odeurs

- Adsorption chimique
- Adsorption sur charbon actif
- Biofiltres

Eaux résiduaires urbaines

A l'entrée de la station d'épuration



ER d'origine domestique

- Qualité et quantité fonction des habitudes (alimentaires), niveau de vie



Eaux pluviales

- Ecoulements sur surfaces imperméabilisées
- Réseaux unitaires ou semi-séparatifs (mixtes)



Eaux claires parasites

- Infiltration
- Etat des collecteurs



ER d'origine industrielle

- Produits d'entretien, bricolage...
- Conventions de raccordement



Autres

- Institutions : établissements scolaires...
- Apports extérieurs

Eaux résiduaires urbaines

Eaux résiduaires d'origine domestique



ER d'origine domestique

- Qualité et quantité fonction des habitudes (alimentaires), niveau de vie

Les eaux grises (eaux usées ménagères) proviennent de bain, de douche, de lavabo, de machine à laver, de lave-vaisselle, de lessive et d'évier.

Présence de détergents

Les eaux noires (eaux vannes) proviennent des toilettes.

Riches en composés azotés et en germes potentiellement pathogènes

Eaux pluviales



Eaux pluviales

- Ecoulements sur surfaces imperméabilisées
- Réseaux unitaires ou semi-séparatifs (mixtes)

Forte variabilité fonction de l'évènement pluvieux, de la taille du bassin versant, de taux d'occupation du sol et de son imperméabilisation, de la période de l'évènement considéré (1^{er} flot).

En entrée de station d'épuration

Réseaux unitaires ou semi-séparatifs

Potentiellement chargées en micropolluants

Métaux (toitures, trafic routier), HAP (pneus), MES...

Eaux claires parasites

A l'entrée de la station d'épuration

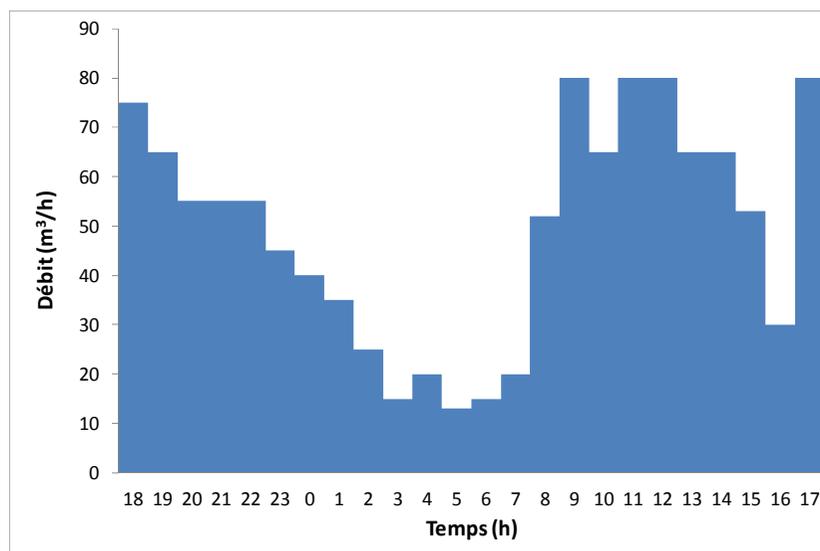


Eaux claires parasites

- Infiltration
- Etat des collecteurs
- Saisonnier

Variabilité inter sites et inter saisons

Fonction de la qualité et des caractéristiques du réseau et du niveau des eaux souterraines



Eaux résiduaires d'origine industrielle



ER d'origine industrielle

- Produits d'entretien, bricolage...
- Conventions de raccordement

Très grande diversité, selon l'utilisation de l'eau dans les process et le type d'activité et de matières traitées

Volumes rejetés parfois importants

Points de rejets généralement bien individualisés

Traitement dans station d'épuration industrielle ou rejet vers station d'épuration urbaine:

Etude de sa biodégradabilité

Ses différentes fractions: dissous, colloïdales et particulaire.

Ses talons réfractaires: N et MO

Eaux résiduaires d'origine industrielle



ER d'origine industrielle

- Produits d'entretien, bricolage...
- Conventions de raccordement

- Industries agro-alimentaires, abattoirs : matières organiques, graisses, sucres
- Ind.vinicole : matières organiques et minérales oxydables, détergents, phosphore
- Ind. chimiques et pharmaceutiques : substances spécifiques et classiques, toxiques
- Raffineries de pétrole : hydrocarbures, additifs de synthèse
- Traitement de surface : métaux, colorants, solvants, phosphore, acides
- Ennoblement textile : colorants, matières oxydables
- Industries papetières : cellulose, chlore, ammoniaque
- Industrie nucléaire : radioéléments, chaleur, micropolluants
- Carrières, mines : métaux
- Industries du bois, scieries : insecticides, fongicides, polymères, colles
- Décharges industrielles : toutes substances (lixiviats)

Eaux résiduaires urbaines - autres



Autres

- Institutions : établissements scolaires, hôpitaux...
- Apports extérieurs

Variabilité hebdomadaire, saisonnière pour les institutions, collectivités touristiques.

Très grande variabilité pour les apports extérieurs

Matières de vidange

Produits de curage

Autres (effluents industriels, lixiviats de décharge...)



Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

Phosphore

Autres caractéristiques

Micropolluants



Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

Phosphore

Autres caractéristiques

Micropolluants

Eaux résiduaires urbaines

DEBITS

Mesure de débit (normalisée)

Ecoulements à surface libre en canal ouvert, mesure par capteurs (ultrasons, piezorésistifs, bulle-à-bulle, déversoirs)



Mesure de débit en canaux ouverts	
Dispositifs	Références normatives
Déversoirs à mince paroi	NF X 10-311
Déversoirs à profil triangulaire	NF ISO 4360
Chenaux rectangulaires à déversement dénoyé	NF X 10-314
Déversoirs rectangulaires à seuil épais	NF ISO 3846
Déversoirs en V ouvert	NF ISO 4377
Déversoirs à profil trapézoïdal	NF ISO 4362
Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi	NF ISO 4374
Canaux jaugeurs Parshall et Saniiri	NF ISO 9826
Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U	NF ISO 4359

Elskens, 2010

Ecoulements en conduites fermées : mesure par capteurs électromagnétiques ou ultrasoniques (NF EN ISO 6817)

Volume collectés

17

Temps sec
(réseau séparatif)
150 l/EH

Temps de pluie
(réseau unitaire)
Très variable

➤ **Volumes journaliers (en m³)**

Volume journalier ERU

Volume journalier ECP

Volume journalier ERI

Volume journalier total temps sec (ERU + ECP + ERI)

➤ **Débits moyens horaires (en m³/h)**

Débit moyen horaire ERU

Débit moyen horaire ECP

Débit moyen horaire ERI

Débit moyen horaire total Qmts total (ERU + ECP + ERI)

Débits de pointe

18

Par temps sec (cas simple)= Q_{pts}

➤ **Débit de pointe ERU**

estimé à partir de la formule suivante :

Coefficient de pointe temps sec
des eaux usées

$$= 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moyen} \cdot (l/s)}}$$

➤ **Débit de pointe ECP**

Inexistant, équivalent Q moyen horaire des ECP

➤ **Débit de pointe ERI**

doit être mesuré

Débits de pointe temps sec :

19

➤ En théorie :

$$\begin{aligned} \text{Débit de pointe temps sec} &= \frac{\text{Débit journalier eaux usées domestique}}{24} \times \text{Coefficient de pointe} + \frac{\text{Débit de pointe des eaux industrielles}}{24} \\ &+ \frac{\text{Débit journalier eaux parasites}}{24} + \frac{\text{Débit matières de vidange}}{\text{Temps d'alimentation}} \end{aligned}$$

Eaux résiduaires urbaines

DEBITS

Variations spatiales et temporelles importantes

Fonction des usages de l'eau, de la longueur des réseaux, de leurs caractéristiques (unitaires, séparatifs), de l'infiltration

Pays / région	Consommation journalière	Référence
Etats-Unis	200 – 300 L/hab/jour	Metcalf & Eddy, 2003
Chine	80 L/hab/jour	
Afrique	15 - 35 L/hab/jour	
Pays méditerranéens	40 – 85 L/hab/jour	
Algérie, Maroc, Turquie	20 – 65 L/hab/jour	
Amérique latine	70 – 190 L/hab/jour	
France	150 L/hab/jour	FNDAE 25



Eaux résiduaires urbaines

DEBITS

Variations spatiales et temporelles importantes

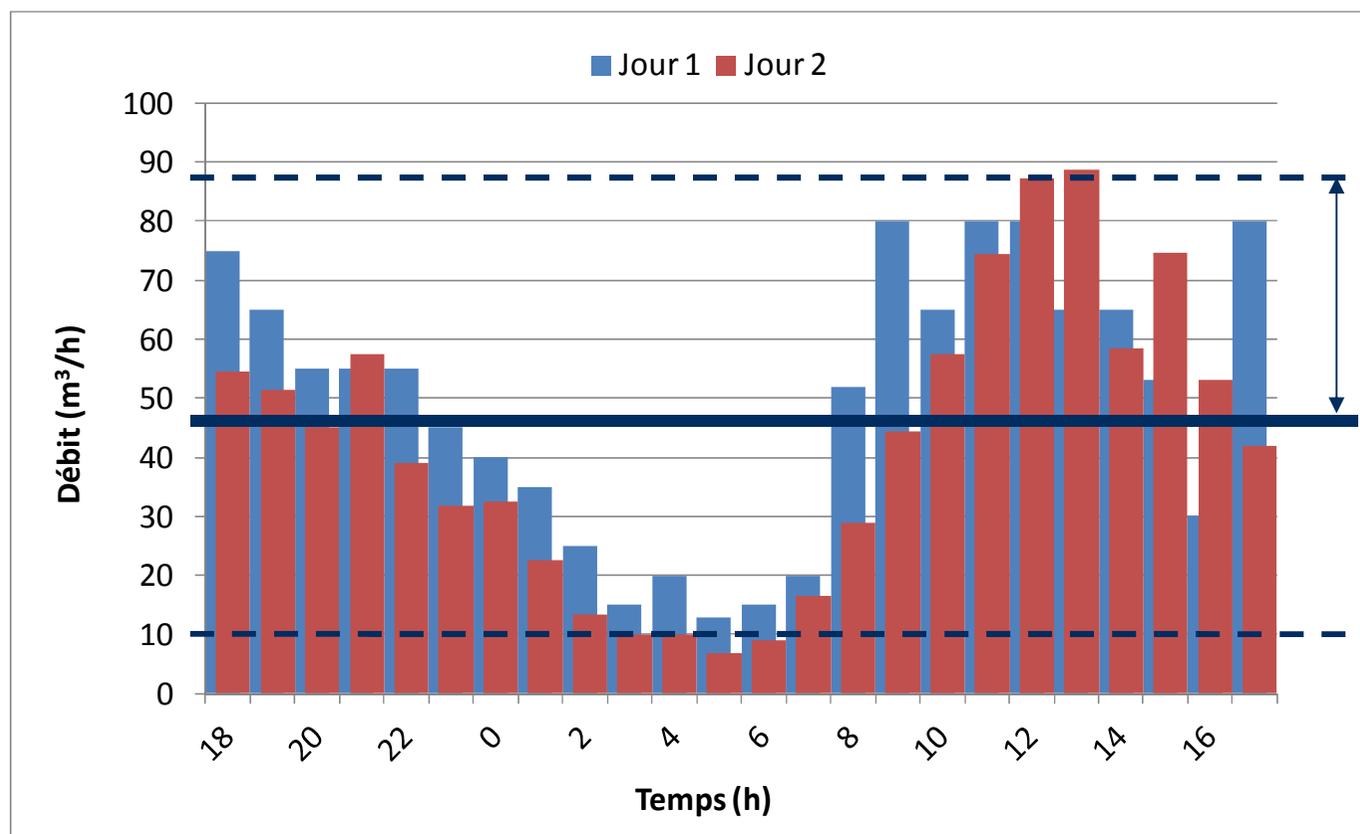
Débit moyen journalier

Débit de pointe temps sec

Débit de pointe temps de pluie

Les eaux résiduaires urbaines

DÉBITS – TEMPS SEC – EXEMPLE 1



X 1,6 – 2,1



$$C_{\text{pointe}} = Q_{\text{max}}/Q_{\text{m}}$$

$$C_{\text{pte TS}} = 1,5 + 2,5 / \text{racine}(Q_{\text{moy TS}} \text{ en L/s})$$



Les eaux résiduaires urbaines

NOTION DE DEBIT DE REFERENCE

Débit de référence

Le débit de référence est la mesure journalière, exprimée en m³/jour en dessous de laquelle les rejets doivent respecter les valeurs limites de rejet de la directive ERU, rappelées dans l'arrêté du 22 juin 2007. Ces valeurs permettent d'exclure les situations inhabituelles (fortes pluies et précipitations exceptionnelles)

Source : « Application de la directive 91/271/CEE relative au traitement des eaux résiduaires urbaines – Guides de définitions » Version 1.5 de septembre 2008, publié par le Ministère de l'Ecologie.

Pluie de référence : pluie mensuelle type (établies sur relevés de 10 ans), dont le débit s'ajoute au débit des ERU + ECP et doit être traitée

Fréquence type : analyse des débits sur au moins 5 ans (si possible)

Débit de référence proche du percentile 95 (revient à exclure 18 évènements par an contre 20 pour la CE)

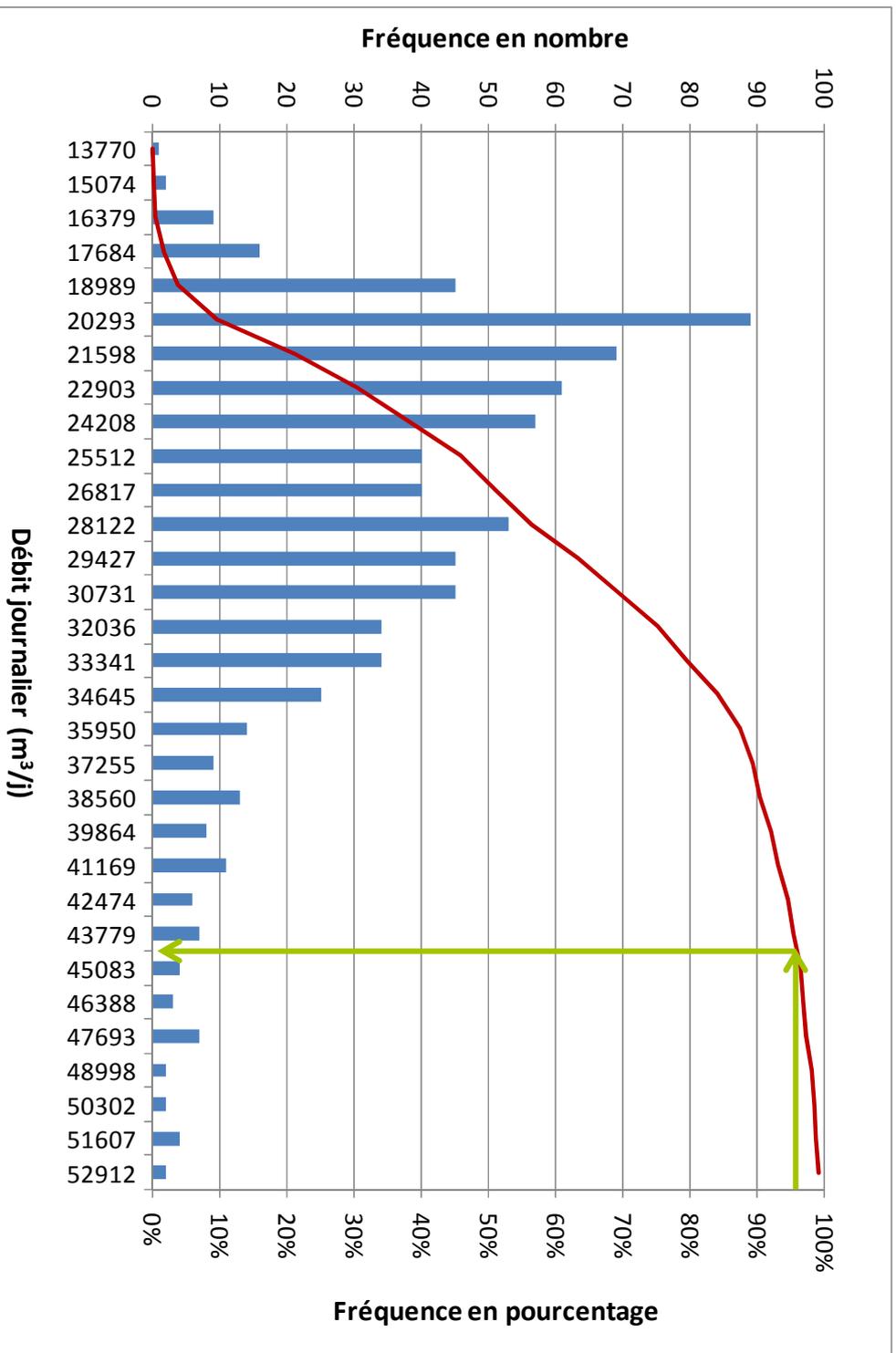


Fixé dans l'arrêté préfectoral d'autorisation, réévalué tous les 5 ans



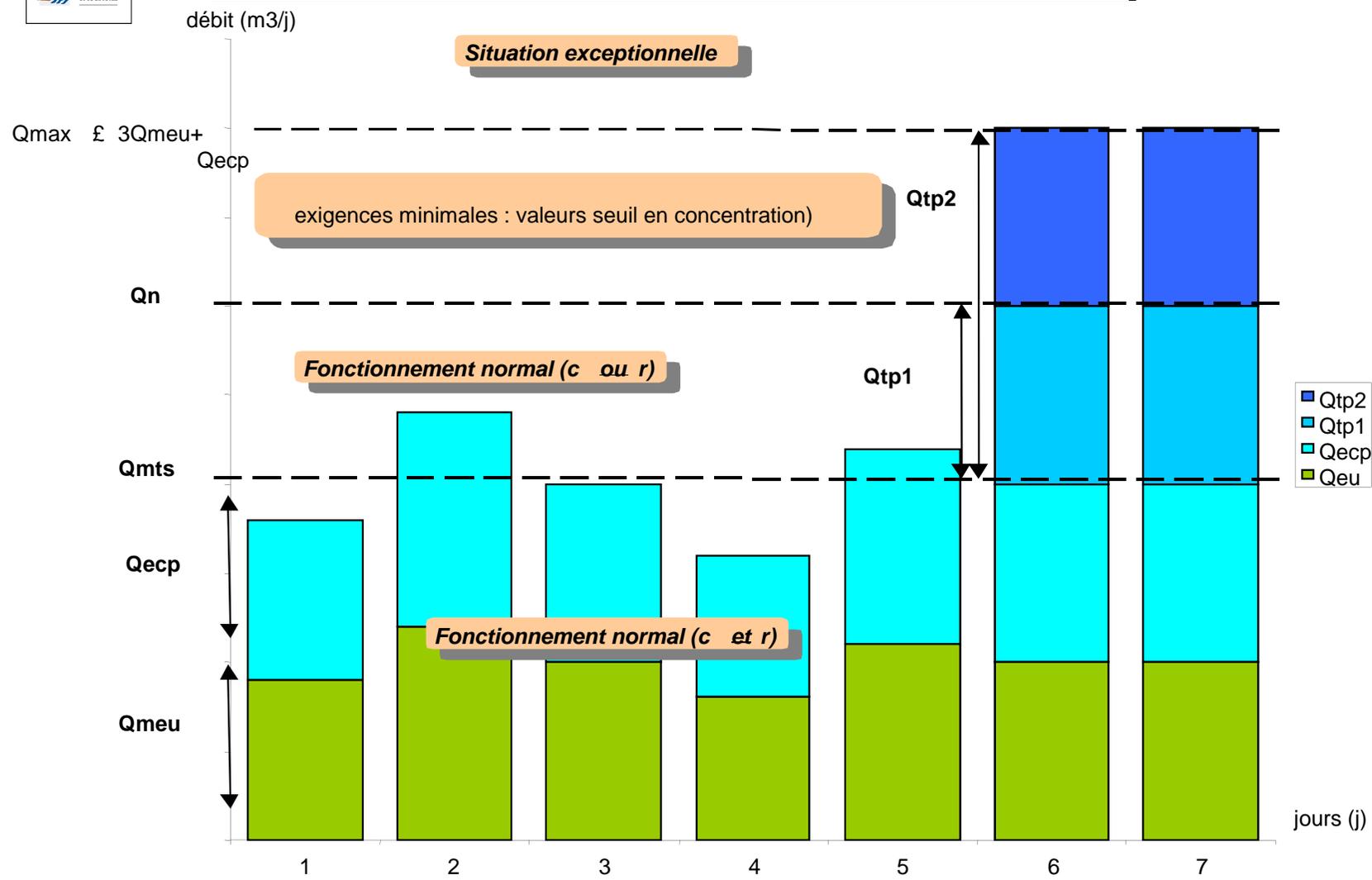
Les eaux résiduaires urbaines

NOTION DE DEBIT DE REFERENCE





Débits journaliers à traiter et exigences d'épuration



Eaux résiduaires urbaines

ECHANTILLONNAGE

Constitution d'un échantillon représentatif pour les paramètres majeurs

Prélèvement d'un volume fixe asservi au débit

Prise d'échantillon : positionnement (représentatif) et caractéristiques de la crépine (pas de filtration)

Conservation de l'échantillon à 4°C (dans le préleveur et lors du transport)





Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

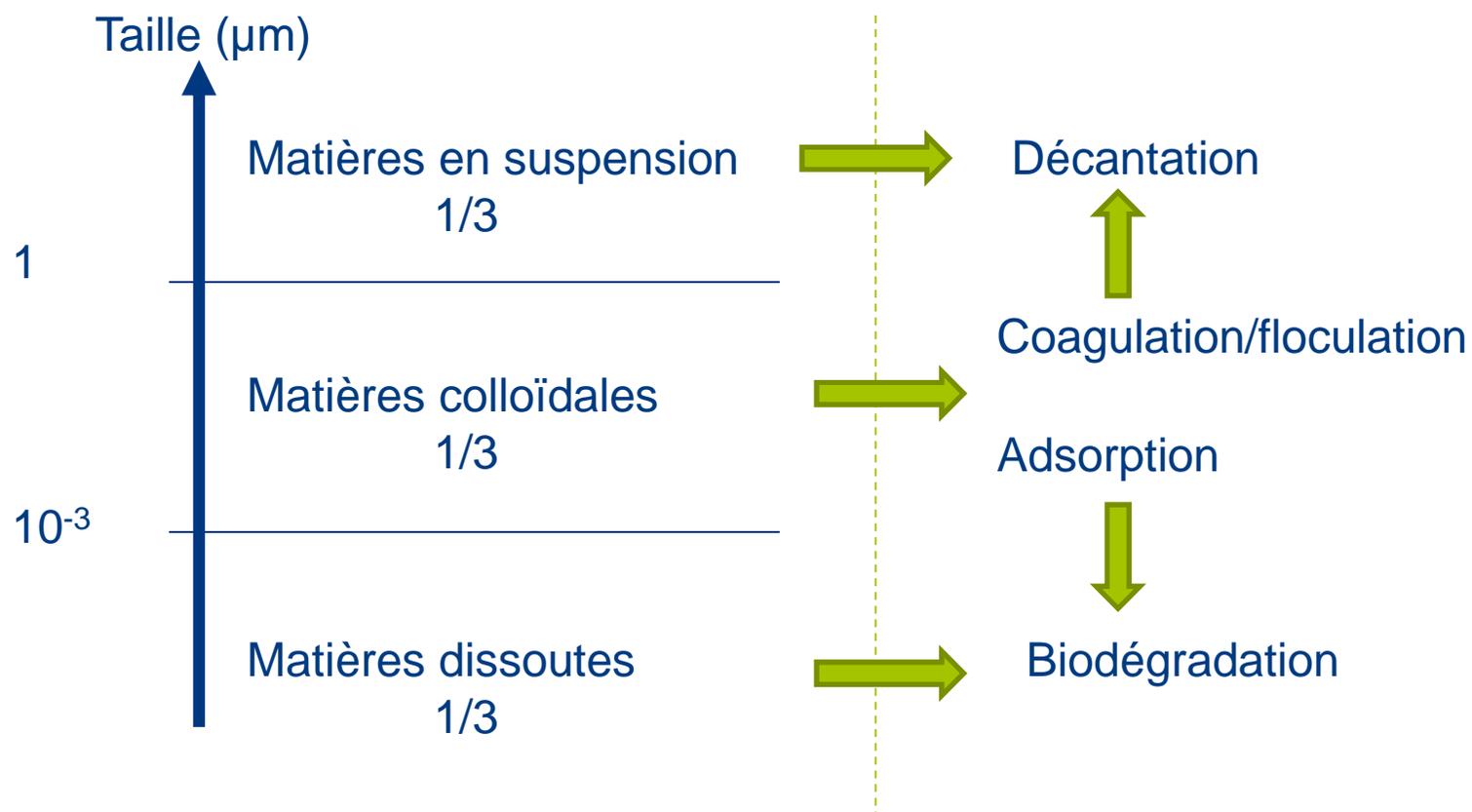
Phosphore

Autres caractéristiques

Micropolluants

Les eaux résiduaires urbaines

PARTICULES EN SUSPENSION



Les eaux résiduaires urbaines

MATIERES EN SUSPENSION

Méthodes de mesure

Centrifugation ou filtration de l'eau en entrée
(filtres en fibres de verre)

Séchage à 105 °C

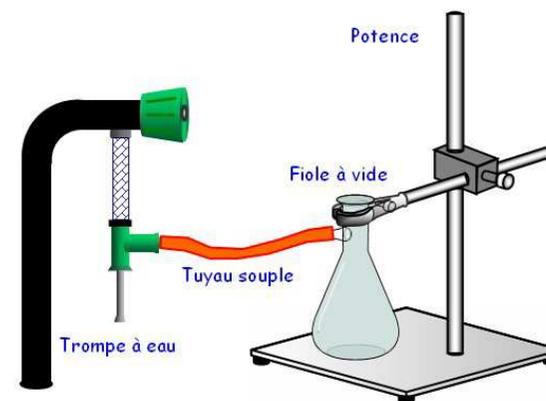
Pesée : Matières en suspension (MES)

Calcination à 550 °C

Pesée : Matières volatiles en suspension (MVS)

Différence = matières minérales en suspension (MMS)

Méthodes normalisées : NF T90-105-2 et NF EN 872



<http://clemspcreims.free.fr/Chimie/filtration-sous-vide-1.jpg>

Les eaux résiduaires urbaines

MATIERES EN SUSPENSION

Concentrations usuelles

	Valeur usuelle	Gamme
MES (mg/L)	300	200 – 400
MVS (mg/L)	210	140 – 280
MMS (mg/L)	90	60 – 120
MVS/MES	0,80 – 0,9	



Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

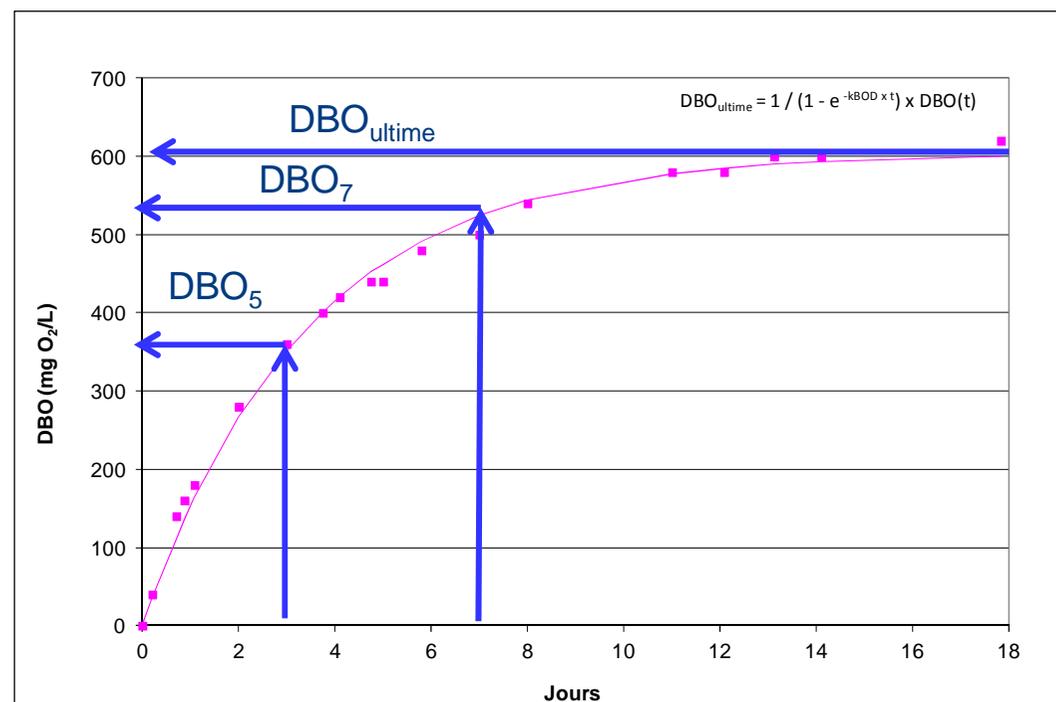
Phosphore

Micropolluants

Les eaux résiduaires urbaines

MATIÈRE ORGANIQUE : DBO

Demande biochimique en oxygène (DBO) = quantité d'oxygène consommée (en mg O₂/L) pour assurer la dégradation (par voie biologique) des matières organiques contenues dans un litre d'eau résiduaire, à l'obscurité et à une température de 20 °C.



Les eaux résiduaires urbaines

MATIÈRE ORGANIQUE : DBO

Méthodes de mesures

Demande biochimique en oxygène (NF EN 1899-1), par dilution et ensemencement
Faible reproductibilité (15 %)

Mesure respirométrique : mesure de la consommation de l'oxygène gazeux dans un flacon fermé



Pas de dilution
Meilleure reproductibilité
Evolution en continu de la DBO



Les eaux résiduaires urbaines

MATIÈRE ORGANIQUE : DCO

Demande chimique en oxygène (DCO) = quantité d'oxygène consommée (en mg O₂/L) pour oxyder (par voie chimique) les substances réductrices ou oxydables contenues dans un litre d'eau résiduaire

Méthodes de mesure

Méthode normalisée (NF T90-101) : oxydation par bichromate de potassium

Limite de détection : 30 mg/L

Micro-méthodes

Prise d'échantillon (2mL) nécessite un broyage

Les eaux résiduaires urbaines

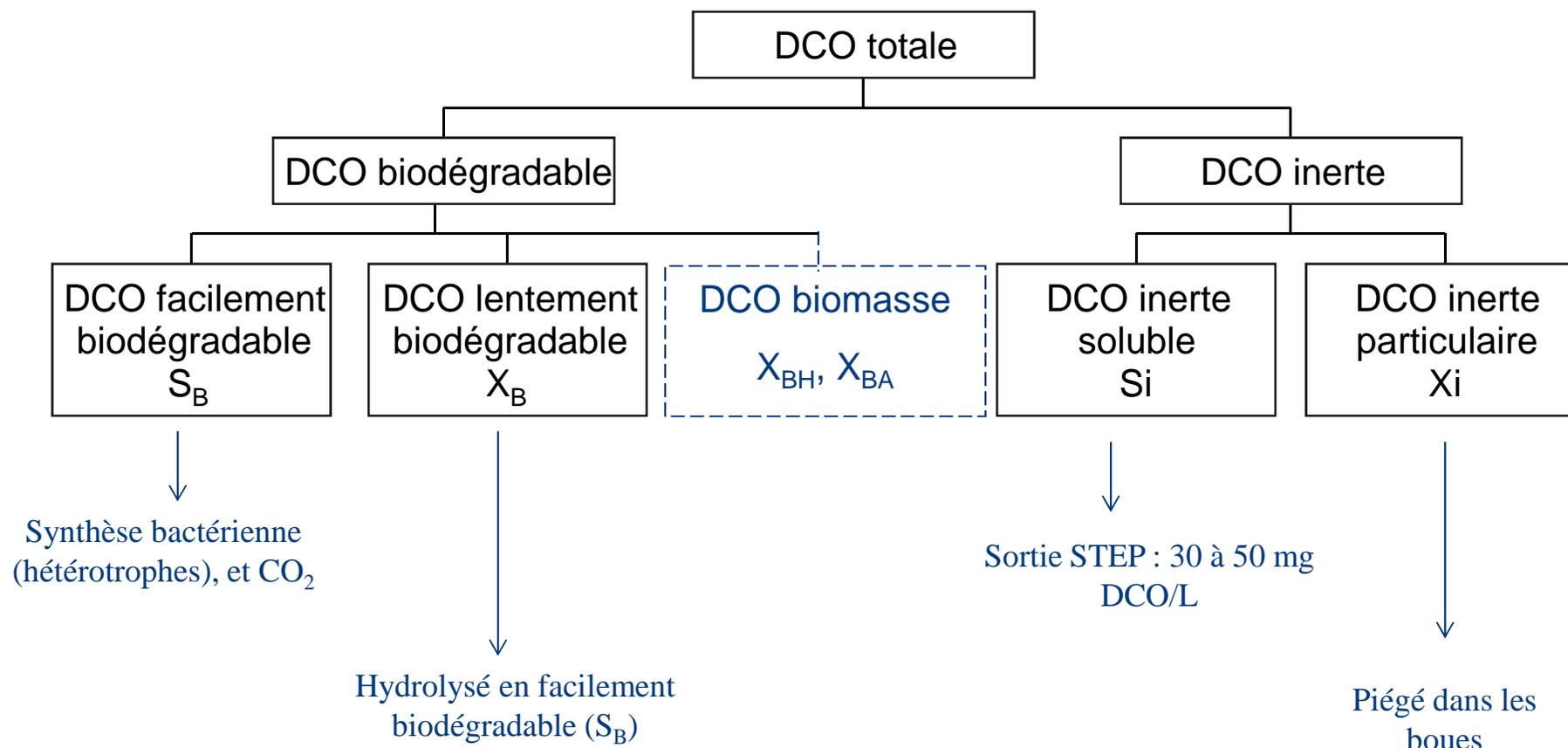
MATIERES ORGANIQUES

Concentrations usuelles

	Valeur usuelle	Gamme
DBO ₅ (mg/L)	300	200 – 400
DCO (mg/L)	700 - 750	400 – 1000
Fraction décantable	30 – 35 %	
DCO/DBO ₅	2,4	2,0 – 2,5

Les eaux résiduaires urbaines

MATIERE ORGANIQUE ET BIODEGRADABILITE





Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

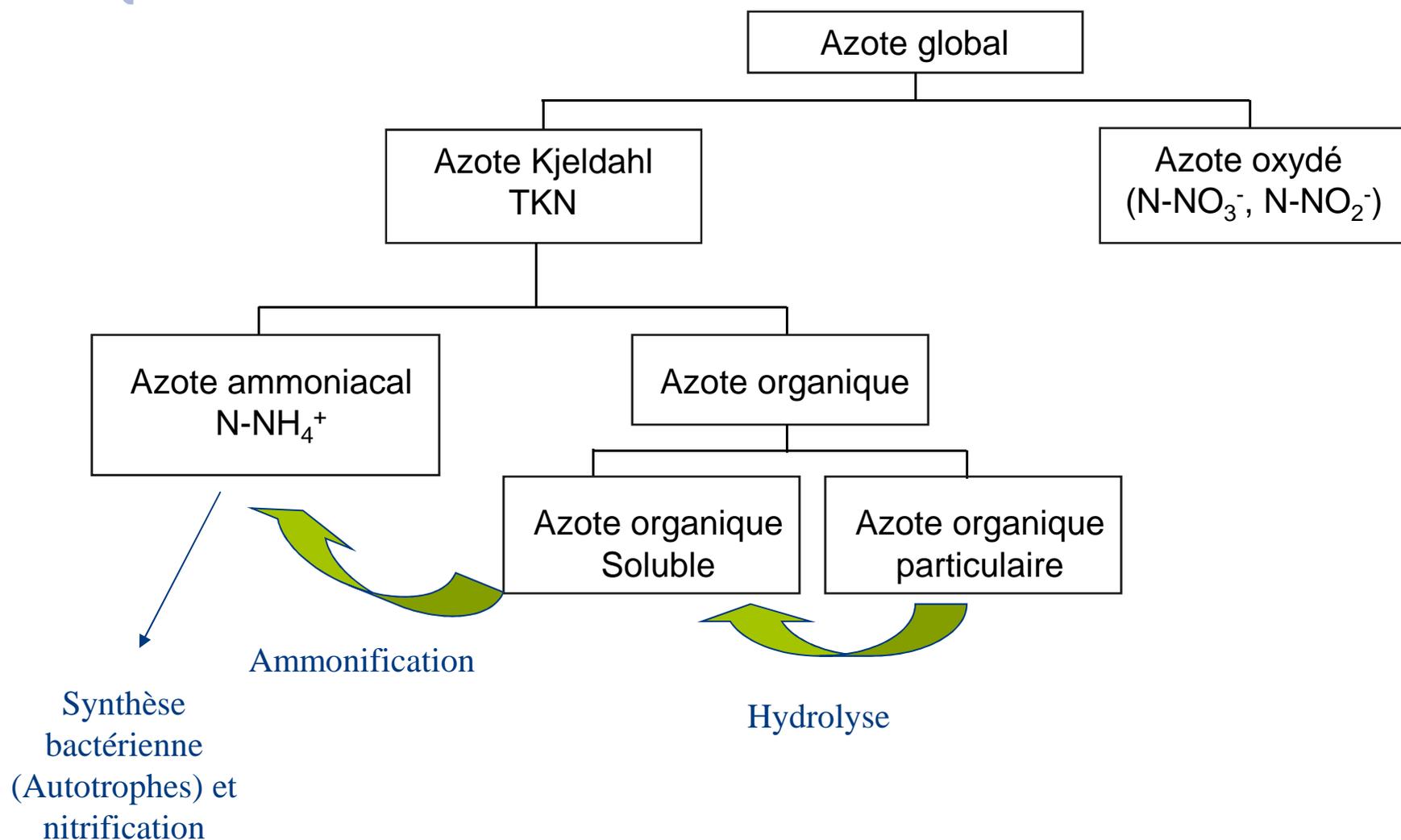
Phosphore

Autres caractéristiques

Micropolluants

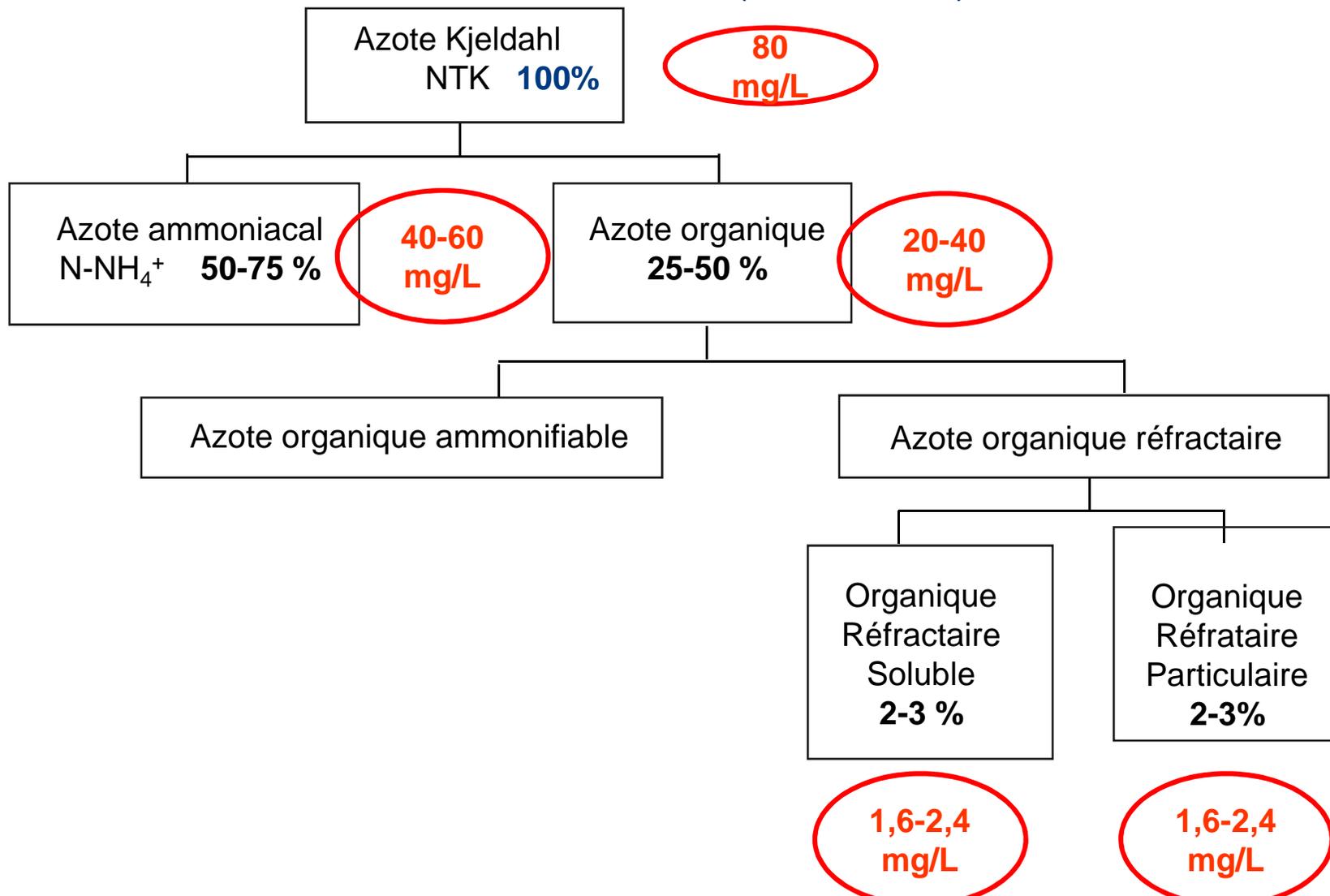
Les eaux résiduaires urbaines

COMPOSES AZOTES



Les eaux résiduaires urbaines

FRACTIONS DE L'AZOTE ORGANIQUE (% NTK ERU)





Les eaux résiduaires urbaines

COMPOSES AZOTES

La teneur en azote dépend du composé considéré :

1 mg d'azote N-NH₄⁺ correspond à 1,29 mg NH₄⁺

1 mg d'azote N-NO₂⁻ correspond à 3,29 mg NO₂⁻

1 mg d'azote N-NO₃⁻ correspond à 4,43 mg NO₃⁻



Les eaux résiduaires urbaines

COMPOSÉS AZOTÉS

Méthodes de mesure

Azote Kjeldahl : méthode normalisée (NF EN 25663) : minéralisation puis dosage de l'ammoniac

Azote ammoniacal, formes oxydés de l'azote

Méthodes spectrométriques ou par titrage, chromatographie ioniques (NOx)

Azote organique

Par différence entre azote Kjeldahl et azote ammoniacal

Les eaux résiduaires urbaines

COMPOSES AZOTÉS ET PHOSPHORÉS

Concentrations usuelles

	Valeur usuelle	Gamme
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	50	30 – 80
TKN	70	40 - 100
% d'ammonification	70 %	
Fraction décantable		7 - 10 %
NO ₃ ⁻	0	
NO ₂ ⁻	0	



Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

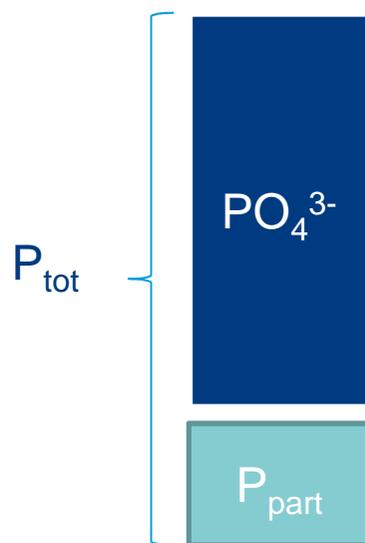
Phosphore

Autres caractéristiques

Micropolluants

Les eaux résiduaires urbaines

COMPOSES PHOSPHORÉS



Méthodes de mesure

Orthophosphates : dosage par colorimétrie

Phosphore total (P_{tot} ; NF EN ISO 6878)
Après minéralisation



Les eaux résiduaires urbaines COMPOSES AZOTÉS ET PHOSPHORÉS

Concentrations usuelles

	Valeur usuelle	Gamme
P-PO ₄ ³⁻	8	6 – 10
P _{tot}	10	8 – 12
Fraction décantable		5 – 10 %

Eaux résiduaires urbaines

BILAN POUR LES POLLUANTS MAJEURS

	Valeur usuelle	Gamme
Débit (L/j)	150	80 - 250
MES (mg/L)	300	250 – 600
MVS (mg/L)	240	200 – 480
MMS (mg/L)	60	50 – 120
DBO ₅ (mg/L)	300	200 – 400
DCO (mg/L)	700	400 – 1000
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	50	30 – 80
TKN	70	40 - 100
NO ₃ ⁻	0	
NO ₂ ⁻	0	
P _{tot}	10	8 – 12
P-PO ₄ ³⁻	8	6 – 10



Eaux résiduaires urbaines

BILAN POUR LES POLLUANTS MAJEURS

Ratios caractéristiques

	Valeur usuelle	Gamme
MVS/MES	0,8 – 0,9	
DCO/DBO ₅	2,4	2,0 – 2,5
DCO/NTK	10	8 – 15
DCO/P _{tot}	70	60 - 80
N-NH ₄ ⁺ /NTK	0,7	0,65 – 0,8
P-PO ₄ ³⁻ /P _{tot}	0,8	0,75 – 0,85

Valeurs en dehors de ces gammes :

- Part d'effluents industriels importante
- Problème de mesure



Eaux résiduaires urbaines

BILAN POUR LES POLLUANTS MAJEURS

Notion d'équivalent habitant

Notion de classement administratif permettant de caractériser la taille d'une installation, d'une agglomération

Par définition, 1 équivalent habitant correspond à une charge **60 g de DBO₅ par jour**

La taille de l'agglomération correspond à la charge brute de pollution organique contenue dans les eaux usées produites par les populations et activités économiques rassemblées dans l'agglomération d'assainissement, c'est-à-dire par l'ensemble des zones d'assainissement collectif comprises dans le périmètre de l'agglomération d'assainissement défini précédemment. Ils sont exprimés en Equivalent-Habitant ou en kg par jour de DBO₅. Elle correspond à la charge journalière de la semaine la plus chargée de l'année à l'exception des situations inhabituelles.



Eaux résiduaires urbaines

BILAN POUR LES POLLUANTS MAJEURS

Notion de charges spécifiques

L'utilisation des ratios caractéristiques des ERU permet de déterminer les charges spécifiques ramenées à l'équivalent-habitant 60 g

Paramètre	Valeur (g/j)
DBO ₅ / EH ₆₀	60
DCO / EH ₆₀	145
MES / EH ₆₀	75
N / EH ₆₀	15
P / EH ₆₀	2,1

Stricker et Héduit, 2010
Mercoiret, 2010



Eaux résiduaires urbaines

PARAMETRES CARACTÉRISTIQUES

Débits

Polluants majeurs

Matières en suspensions : MES, MVS

Matière organique : DBO, DCO

Azote

Phosphore

Autres caractéristiques



Eaux résiduaires urbaines

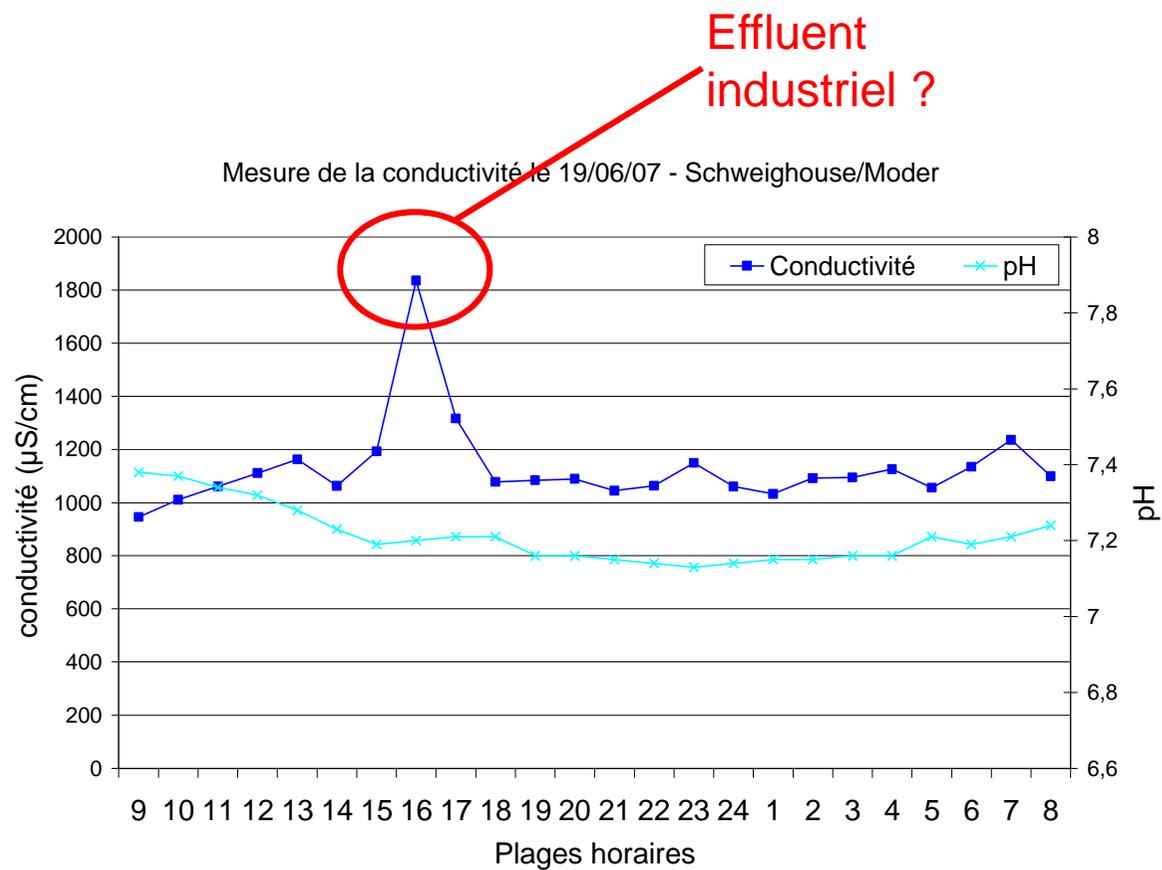
AUTRES CARACTERISTIQUES

Paramètres physico-chimiques

pH	7,8
Conductivité	1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Température	12-20 °C

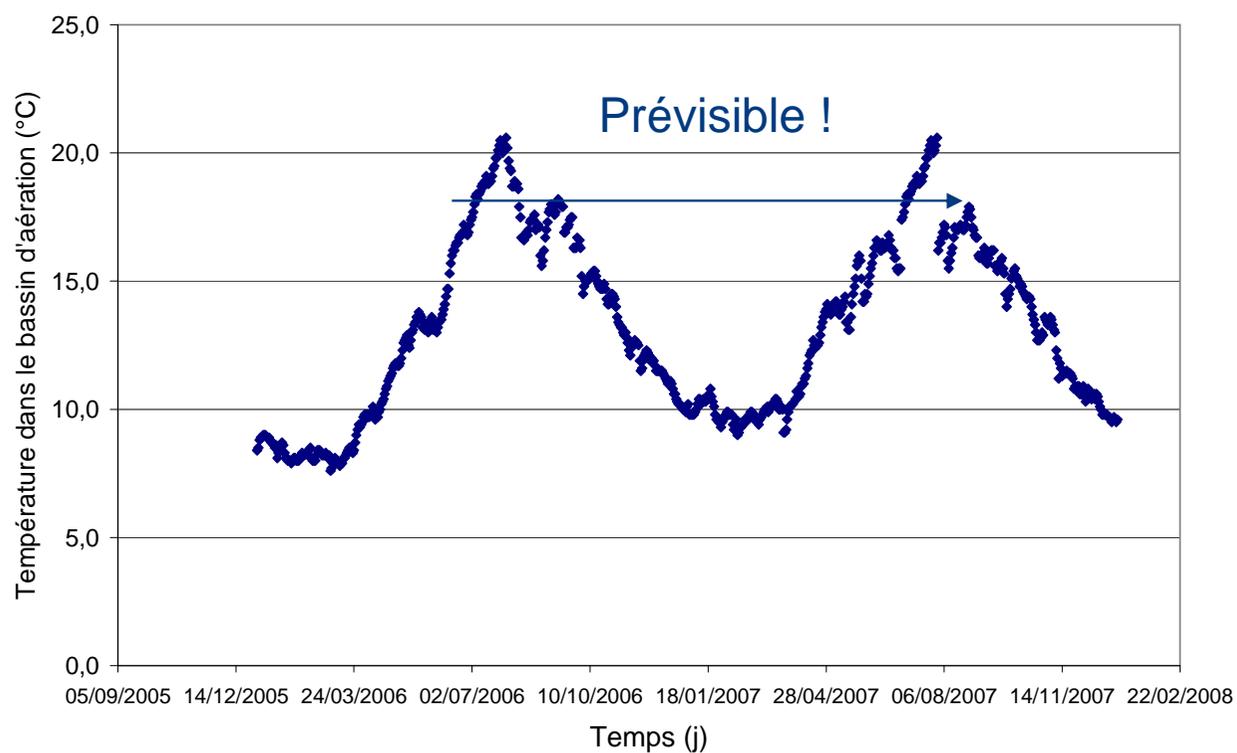
Eaux résiduaires urbaines

AUTRES CARACTERISTIQUES - EXEMPLES



Eaux résiduaires urbaines

AUTRES CARACTERISTIQUES - EXEMPLES



TEMPÉRATUR
E





Jean Pierre CANLER

jean-pierre.canler@irstea.fr

Pour mieux
affirmer
ses missions,
le Cemagref
devient Irstea



www.irstea.fr