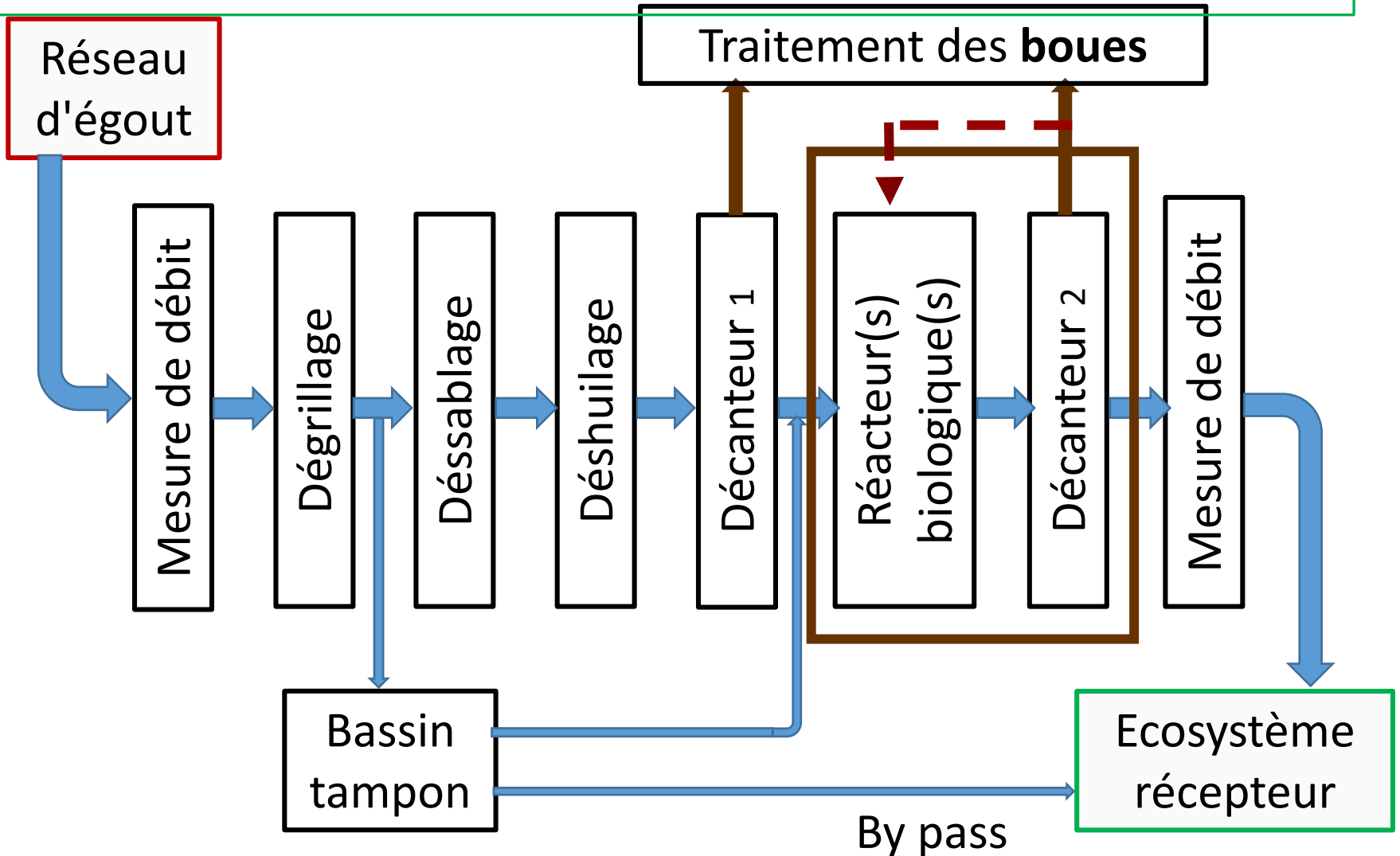


Gestion des eaux usées

- Contexte général
- Caractérisation des eaux
- Gestion des eaux usées
 - Introduction
 - Les prétraitements
 - Le traitement primaire
 - Le traitement secondaire
 - Le traitement tertiaire
 - Le traitement des boues

Traitement secondaire



Traitement secondaire

❑ **FONCTION** : extraire la **charge organique (C)** = abattement DCO & DBO5

❑ **PRINCIPE** : **processus** exclusivement **biologique**

❑ Aérobie : C-org → C-cell (boues II) + CO₂ ↑

❑ Anaérobie : C-org → C-cell (boues II) + CH₄ (+ CO₂ + ...) ↑

❑ **TECHNOLOGIES**

❑ Réacteur homogène

❑ Lagunage

❑ Boues activées

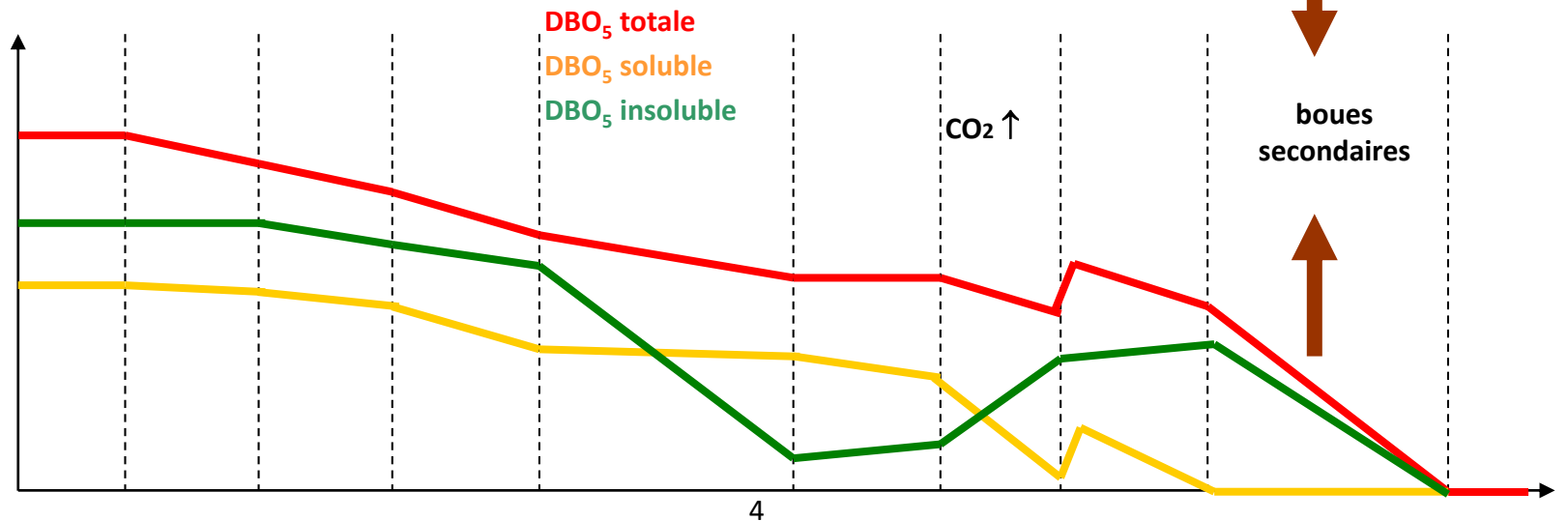
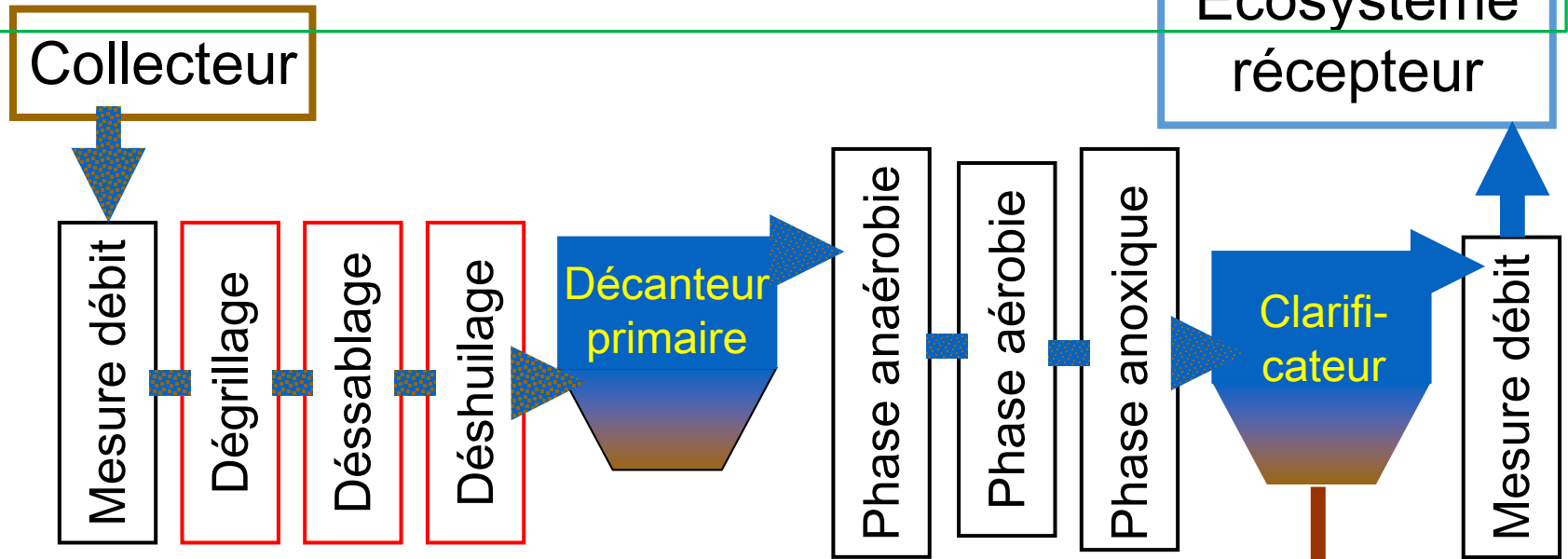
❑ Réacteur hétérogène

❑ Lit bactérien

❑ Biodisques

❑ **CONSEQUENCE** → **Boues secondaires**

Traitement secondaire



Traitement secondaire

En réalité, maintien de **B constant** dans les bassins biologiques



Collecteur

Mesure débit

Dégrillage

Déssablage

Déshuilage

Décanteur primaire

Phase anaérobie

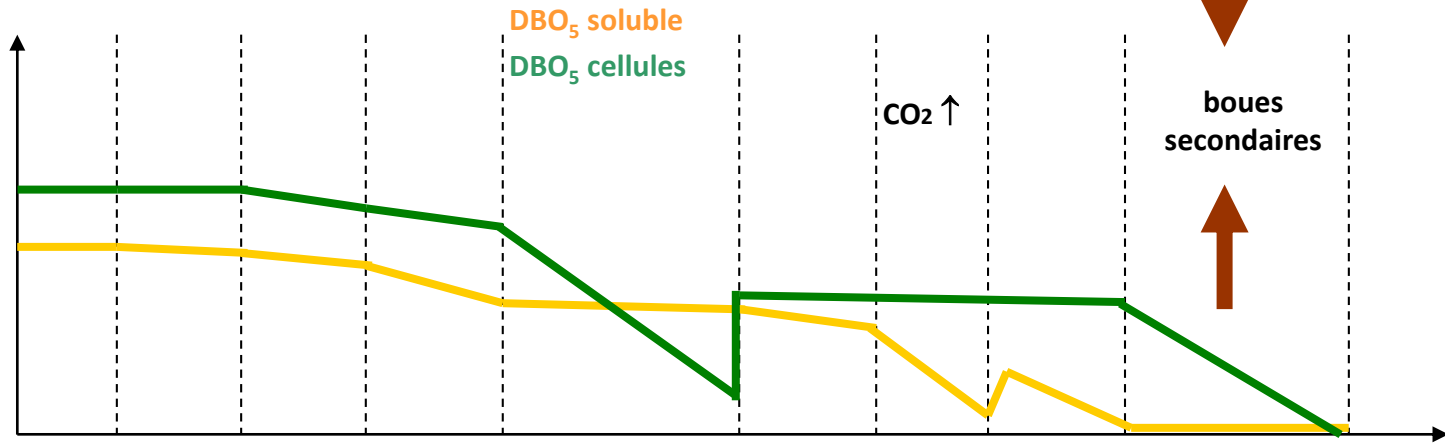
Phase aérobie

Phase anoxique

Ecosystème récepteur

Clarificateur

Mesure débit



En boues activées

Recirculation des boues

Traitement secondaire

BIOLOGIE

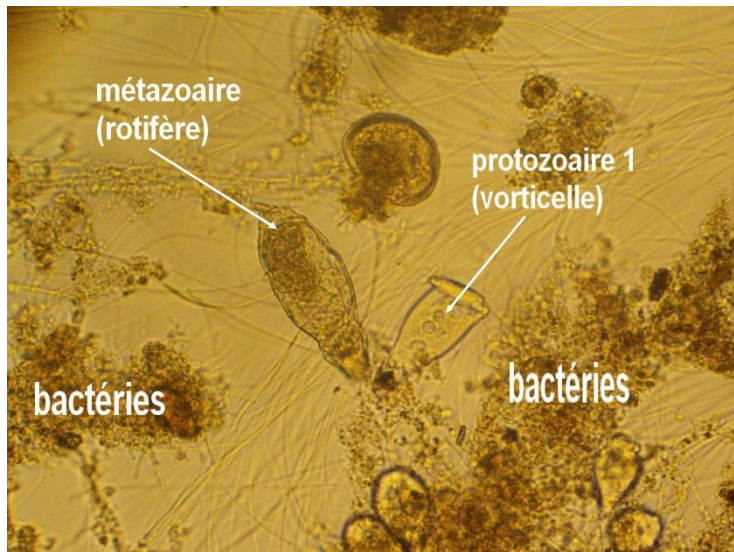
Aspect macroscopique



<http://step.ouvaton.org/tech8b.htm>



<http://pedagogie.ac-montpellier.fr/>



<http://www.ac-grenoble.fr/>

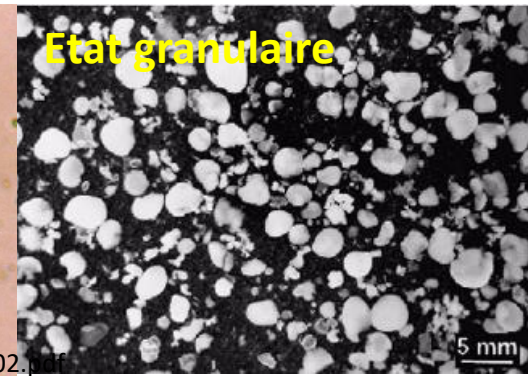
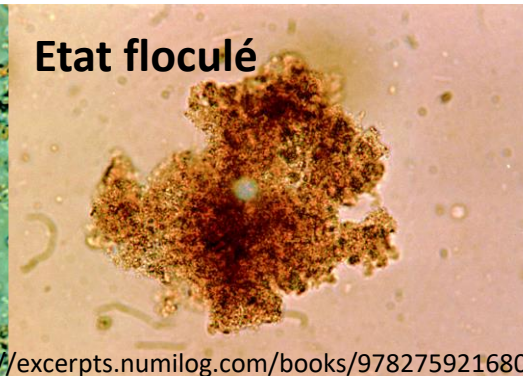


<http://www.ac-grenoble.fr/>

Vues microscopiques

Traitement secondaire

Organisation des populations bactériennes



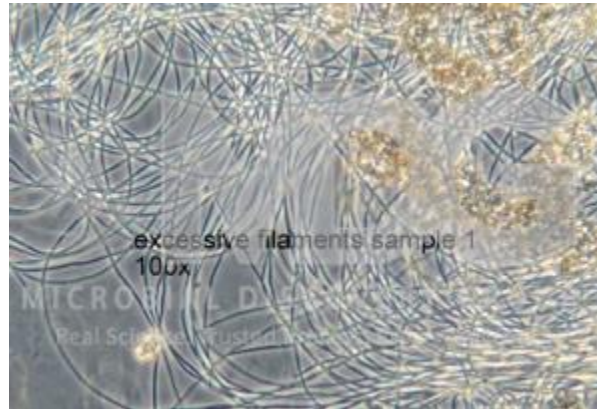
<http://excerpts.numilog.com/books/9782759216802.pdf>

<http://www.researchgate.net/>

Cause	Alimentation carencée (S/B <<<) ou en excès (S/B >>>)	Alimentation équilibrée → formation de mucilage (polysaccharides) → adhésion intercellulaires → bioflocs ou biofilms	Succession programmée de phases d'alimentation ("festin") et de carence ("famine").
Conséquences	Mauvaise épuration Mauvaise décantation Mauvaise filtrabilité	Bonne épuration Bonne décantation Bonne filtrabilité	Bonne épuration Excellente décantation

Traitement secondaire

Organisation des populations bactériennes :
situation anormale → **bulking**



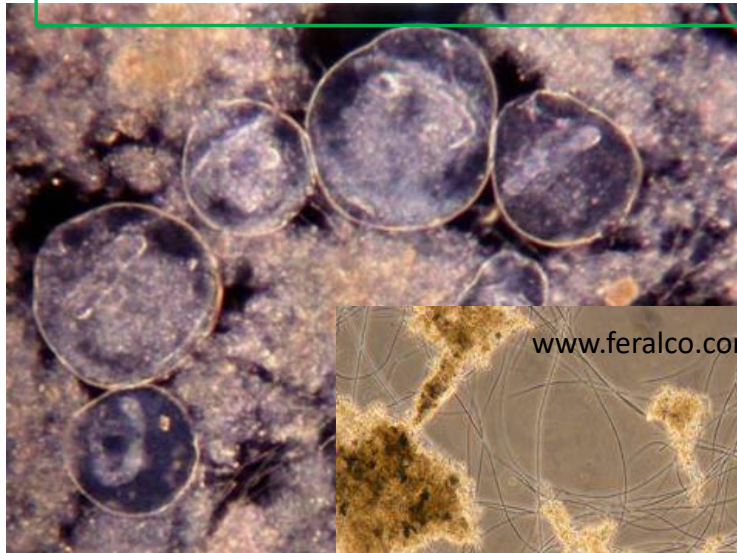
<http://www.mdgbio.com/>

pH trop bas
S/B <<<<<
Carence en O₂
Eau septique

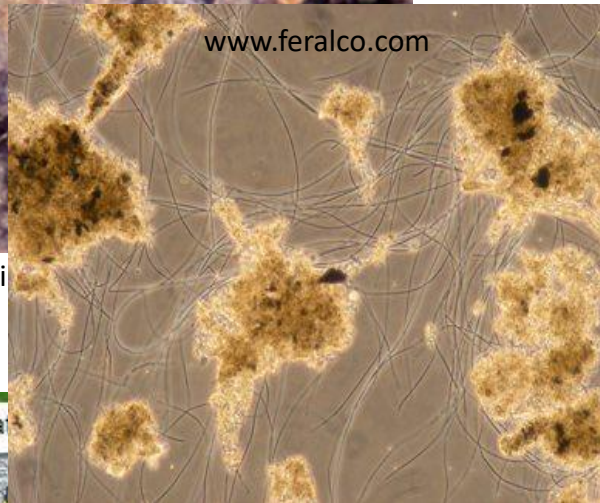
Bonne épuration
Mauvaise décantation
Mauvaise filtrabilité
Foisonnement (bulking)

Traitement secondaire

Bioflocs



www.savoi



Consortium d'espèces

Bactéries épuratrices

Protozoaires

Larves

...

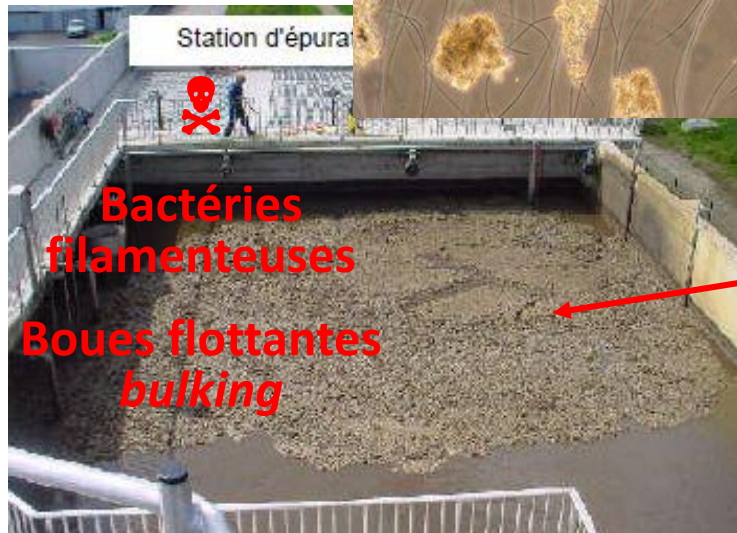
Composition variable selon

Caractéristiques de l'eau brute

Oxygénation

Temps de séjour dans les bassins
(âge des boues)

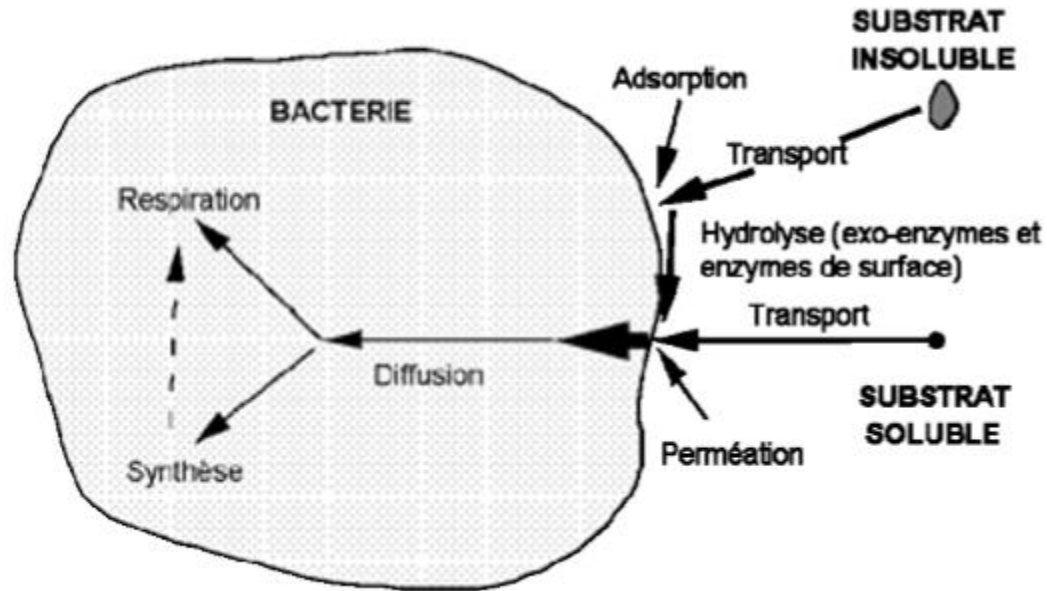
Température



**Bactéries
filamenteuses**
**Boues flottantes
bulking**

www.arsatese-loirebretagne.asso.fr

Traitement secondaire



Traitement secondaire

- Deux catégories de métabolisation
 - Catabolisme : casse les molécules → réserves
 - Phase énergétique
 - Oxydo-réduction
 - Anabolisme : utilise ces réserves → croissance
 - À partir de matières organiques : bactéries hétérotrophes
 - À partir de CO₂ : bactéries autotrophes
 - Besoins : 0,8 kcal/g biomasse
- Rendement conversion substrat biomasse ($Y_{X/S}$) = quantité de biomasse produite par g de substrat énergétique consommé (propre au métabolisme)

Traitement secondaire

- Réserves énergétique → maintenance
- Compétition entre croissance et maintenance
- Modèles cinétiques
 - Vitesse d'assimilation des substrats : r_s
 - Vitesse d'utilisation pour la croissance : r_x
 - Energie catabolique entre croissance $Y_{x/s}$ et maintenance r_M

$$r_s = \frac{r_x}{Y_{x/s}} + r_M$$

Traitement secondaire

$$r_X = \mu X$$

$$r_M = m_s X$$

$$r_s = \left(\frac{\mu}{Y_{X/S}} + m_s \right) X$$

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_S + S}$$

$$m_s = \text{constante}$$

Traitement secondaire

- Rendement effectif de production de biomasse
 - Compétition entre croissance et maintenance
 - Rendement effectif apparent

$$(Y_{X/S})_{eff} = \frac{\mu Y_{X/S}}{\mu + Y_{X/S} m_s}$$

- A forte charge, lors de la période de croissance :

$$S \gg \rightarrow \mu \approx \mu_{max} \gg Y_{X/S} m_s \rightarrow Y_{X/S, eff} \approx Y_{X/S}$$

- A faible charge, lors de la période de maintenance :

$$S \ll \rightarrow \mu \ll Y_{X/S} m_s \rightarrow Y_{X/S, eff} \ll Y_{X/S}$$

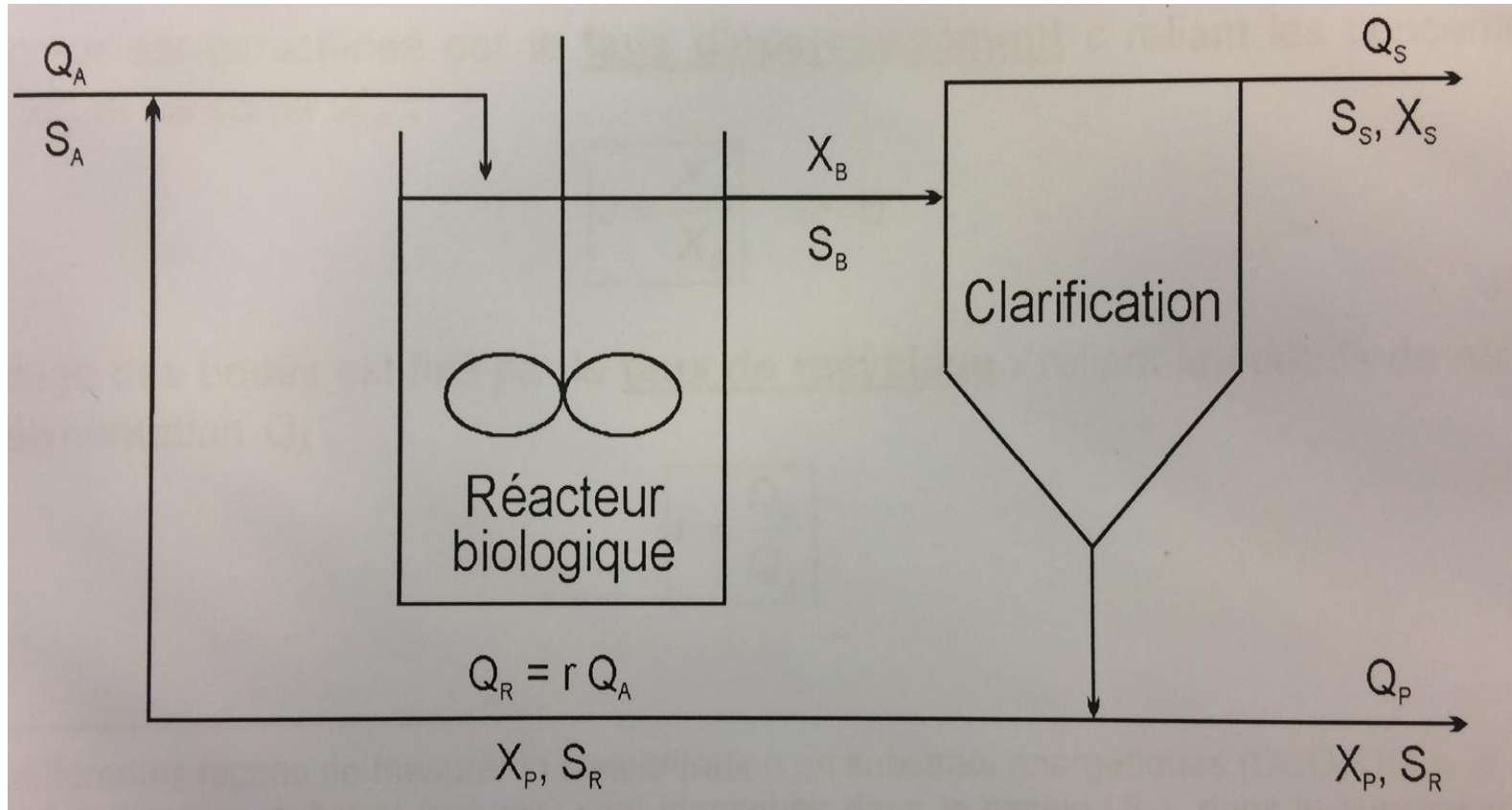
Traitement secondaire

- Taux spécifiques d'utilisation des substrats
 - Besoins physiologiques de la biomasse
 - Capacité épuratoire

$$q_s = \frac{r_s}{X} = \frac{\mu}{Y_{X/S}} + m_s$$

- Respiration exogène – croissance
- Respiration endogène – maintenance

Traitement secondaire



Traitement secondaire

- Bilan sur la biomasse dans le bassin biologique

$$(Q_A + Q_R) X_B - Q_A X_A - Q_R X_P = V r_X = V \mu X_B$$

$$r = \frac{Q_R}{Q_A}$$
$$c = \frac{X_P}{X_B} > 1$$

$$(1 + r - rc) Q_A X_B = V \mu X_B$$

Traitement secondaire

- Temps de séjour hydraulique

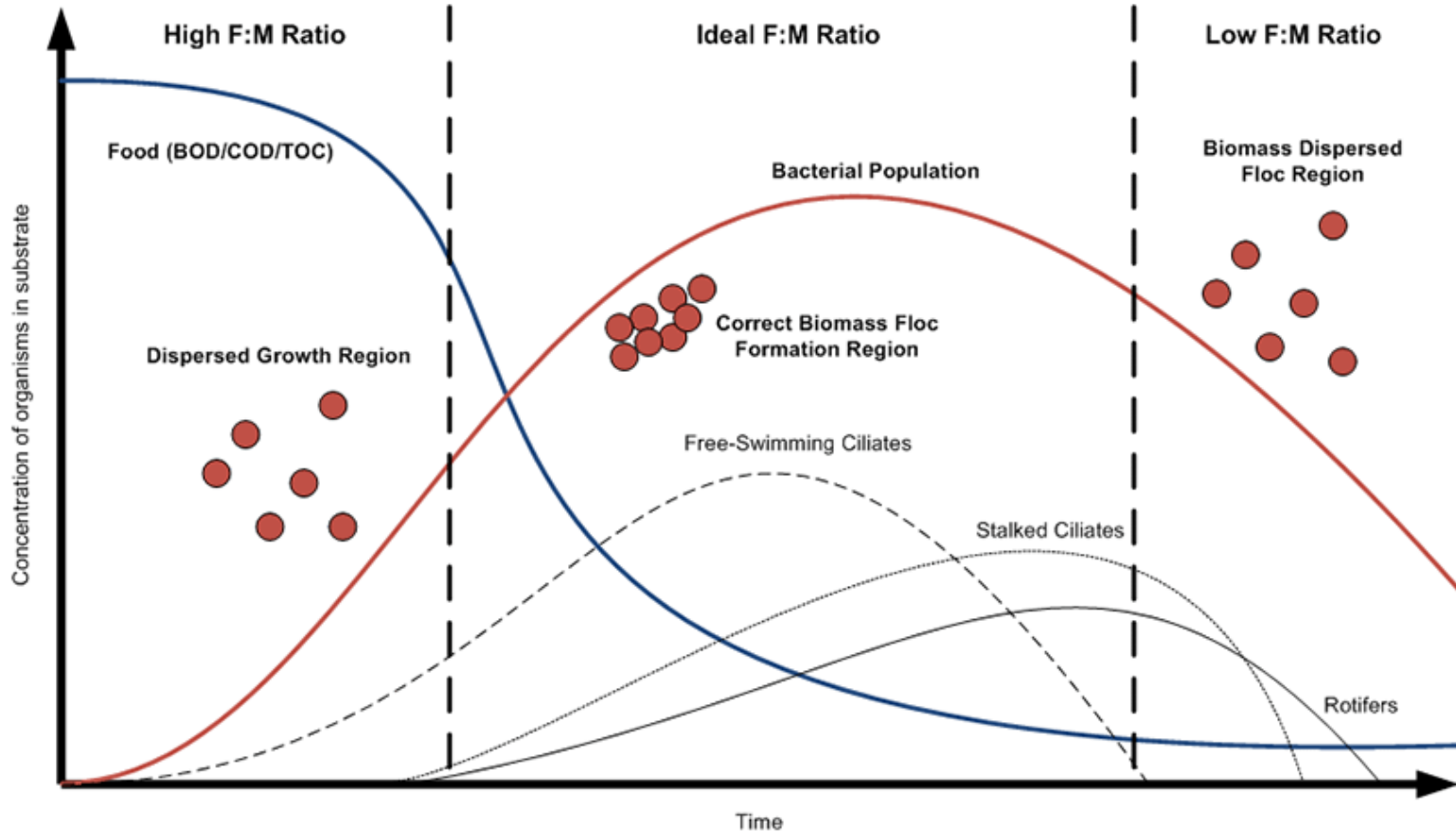
$$t_H = \frac{V}{Q_A}$$

- Temps de séjour des boues

$$\theta_c = \frac{1}{\mu} = \frac{t_H}{1 + r - rc \frac{S_B}{K_S + S_B}}$$
$$\frac{1}{\theta_c} = \mu = \mu_{max} \frac{K_S}{K_S + S_B}$$
$$S_B = \frac{K_S}{\theta_c \mu_{max} - 1}$$

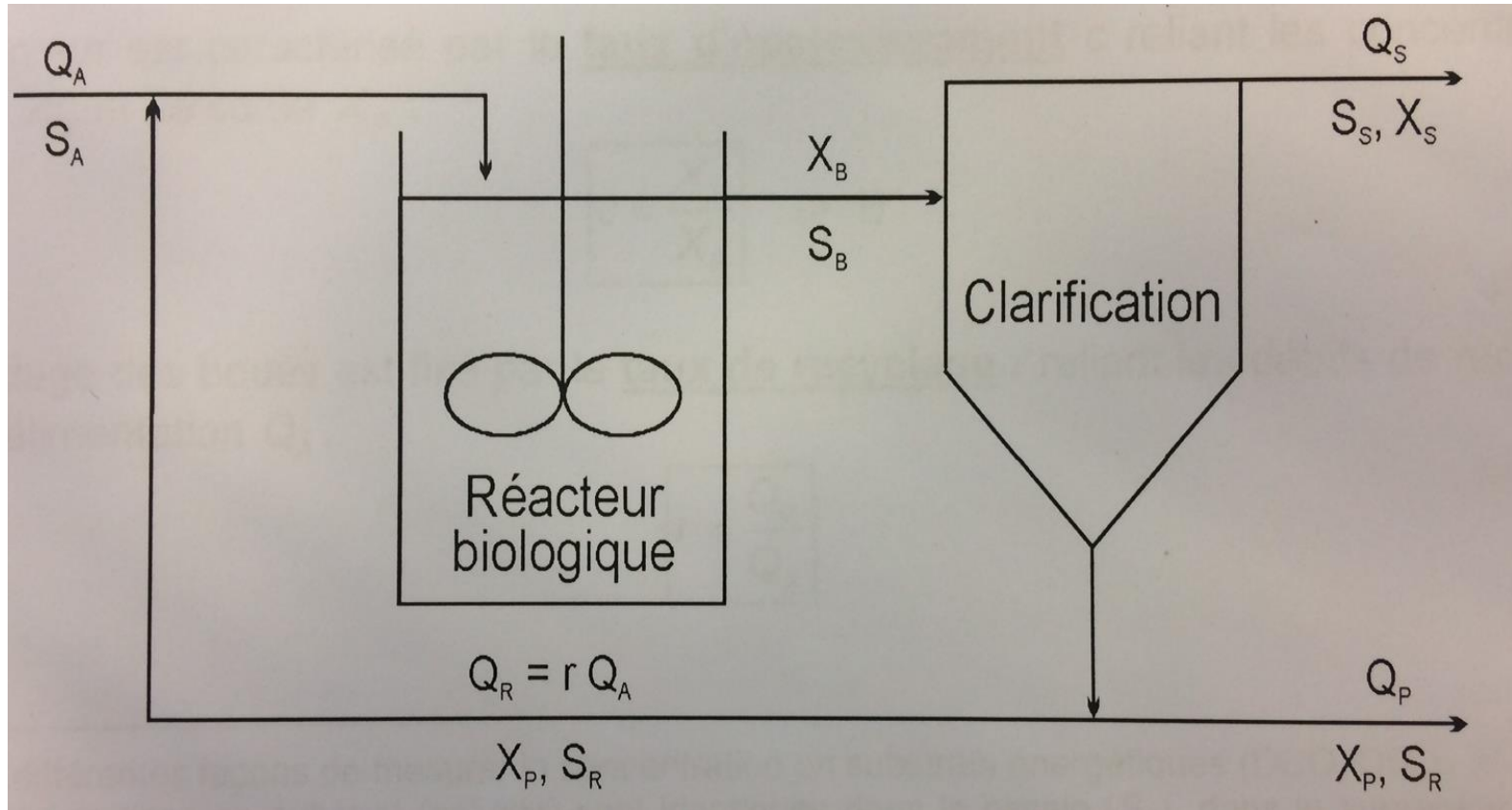
Traitement secondaire

Sélection des populations en fonction du temps de séjour des boues dans les bassins (âge des boues)



http://www.wastewaterinfo.com/Formulas/F-M_Ratio/f-m_ratio.html

Traitement secondaire



Traitement secondaire

- Bilan sur le substrat dans le bassin biologique

$$\begin{aligned} Q_A S_A + Q_R S_R - (Q_A + Q_R) S_B &= V r_S \\ &= V \left(\frac{\mu}{Y_X \bar{S}} + m_S \right) X_B = \frac{V X_B}{Y_X \bar{S} \theta_c} (1 + Y_{X/S} m_S \theta_c) \end{aligned}$$

$$X_B = \frac{Q_A}{V} (S_A - S_B) \frac{Y_X \theta_c}{\bar{S} (1 + Y_{X/S} m_S \theta_c)}$$

Traitement secondaire

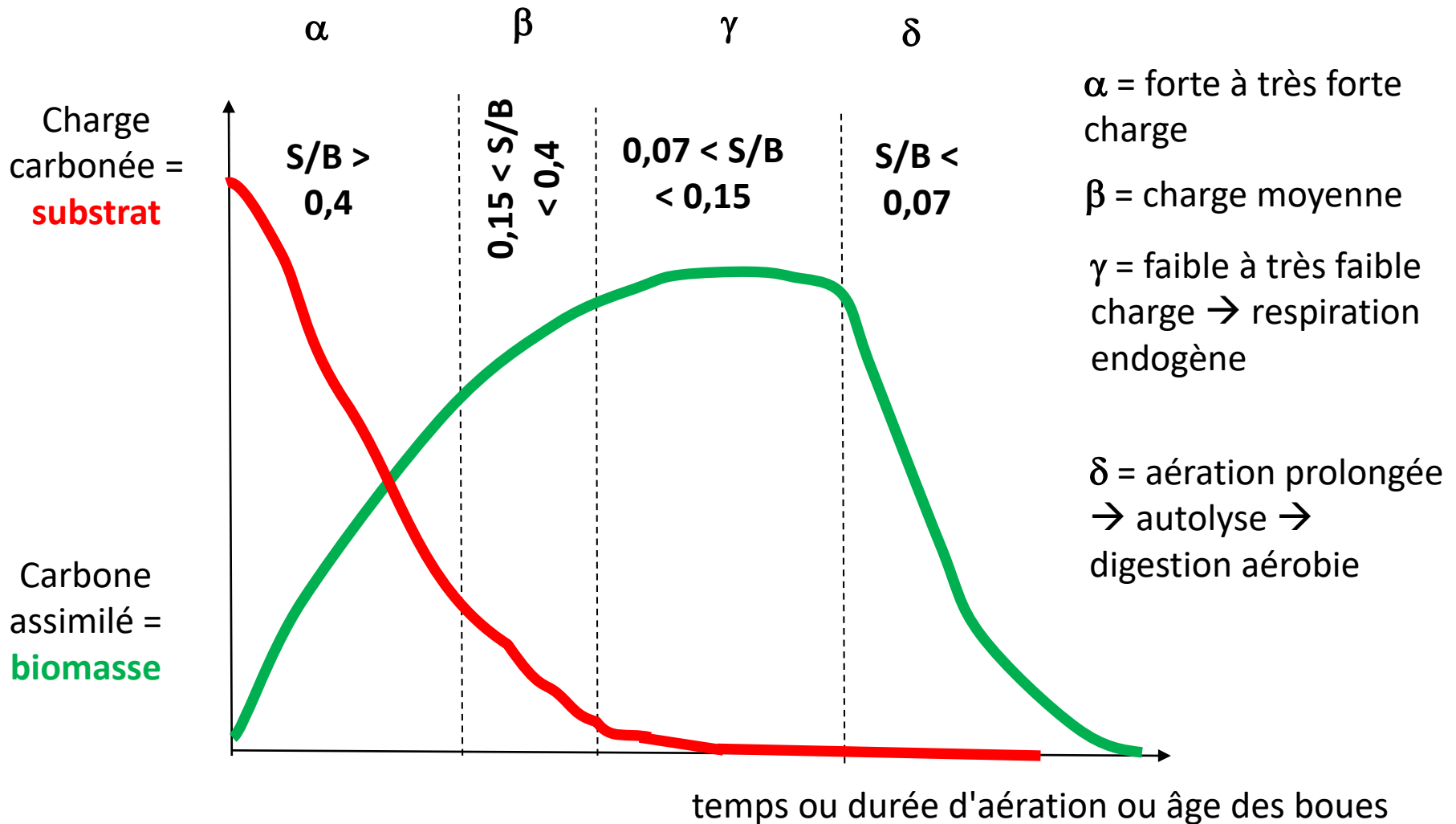
- Dimensionnement

$$\theta_c = \frac{1}{\mu} = K \frac{K_S + S_B}{\mu_{max} S_B}$$

$$\left(Y_{\frac{X}{S}}\right)_{eff} = \frac{Y_{\frac{X}{S}}}{\left(1 + m_S Y_{\frac{X}{S}} \theta_c\right)}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{Q_A S_A}{X_B V} = \frac{S_A}{(S_A - S_B)} \frac{1 + Y_{X/S} m_S \theta_c}{Y_{\frac{X}{S}} \theta_c}$$

Traitement secondaire



cfr : Edeline (graphique) + Degrémont (valeurs)

Traitement secondaire

- Dimensionnement aérateur

$$CO = X_B q_{O_2}$$

$$CO = K_L a (C_{O_2}^{sat} - C_{O_2})$$

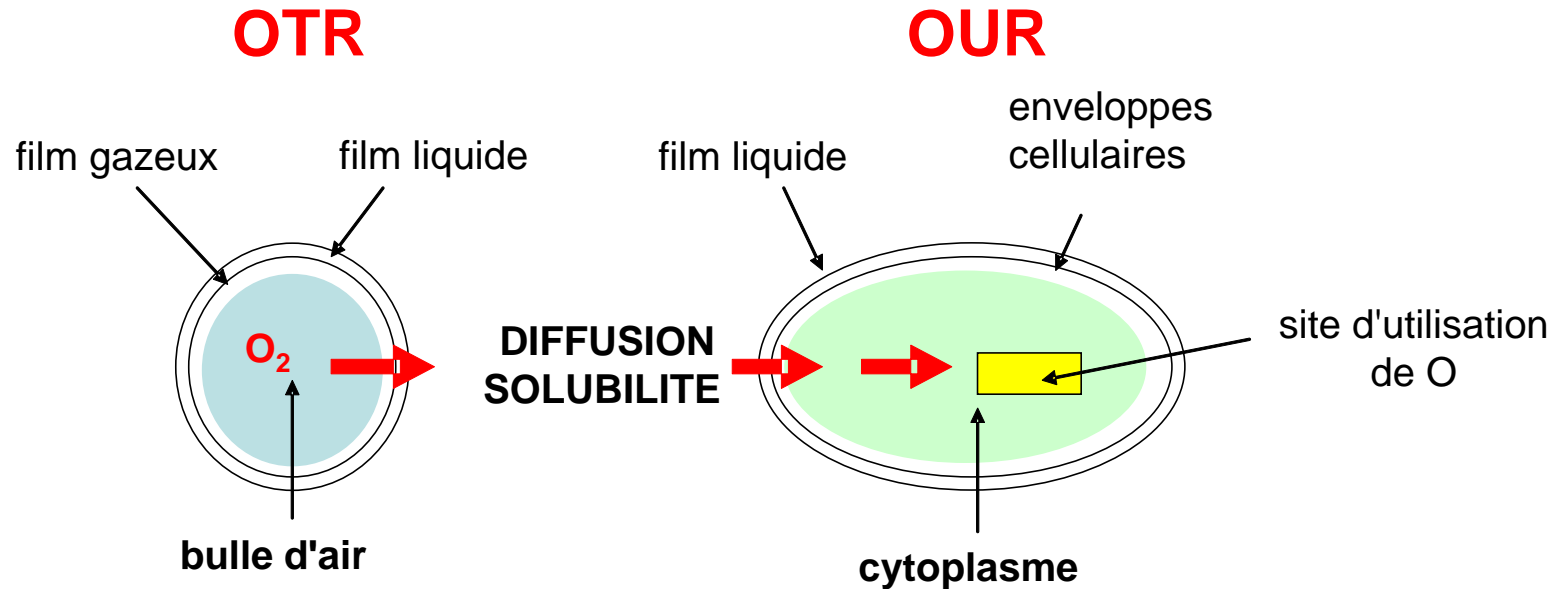
$$CO_{MAX} = (K_L a)_{eau\ claire} (C_{O_2}^{sat} - 0)$$

$$R.E. = ASB = \frac{CO}{P/V}$$

Traitement secondaire

AERATION

- O_2 = facteur limitant → viser 2 mg/L
- O_2 utilisable si en solution dans liqueur mixte



EAU

Traitement secondaire

Evolution de la [O₂] dans la phase liquide

C_L = [O₂] dans la phase liquide

C* = [O₂] à saturation

K_L = coefficient caractéristique du système

a = aire de l'interface G - L

QO₂ = demande spécifique en O₂ (gr O₂ / gr cellules x minute)

X = effectif microbien (gr cellules)

$$\frac{dC_L}{dt} = K_L \times a \times (C^* - C_L) - QO_2 \times X$$

OTR

Oxygen Transfer Rate

Offre d'O₂

OUR

Oxygen Uptake Rate

Demande d'O₂

Traitement secondaire

Besoins en O_2

$$O = \alpha Q(S_0 - S_1) + \beta M + N$$

Oxydation
du substrat

Respiration
endogène

Nitrification

avec

- O = besoin en O_2 (Kg O_2 /j)
- α = 0,5 (si exprimé en DCO) ou 0,67 (si exprimé en DBO)
- $S_0 - S_1$ = substrat éliminé (Kg DBO_5 /j)
- β = 0,16 ou 0,17
- M = biomasse (Kg MVS)
- N = besoins pour la nitrification

Traitement secondaire

Type d'aérateur	CO [kg O ₂ / m ³ h]	ASB en eau claire [kg O ₂ / kWh]
Aérateur de surface : injection d'air par brassage superficiel et formation de vortex	0,040 – 0,100	1 – 2
Aérateur par air surpressé : injection d'air par insufflation à travers des diffuseurs	0,040 – 0,300	2 – 4

Traitement secondaire

AERATEURS DE SURFACE



www.kd-group.dk



www.daga.biz



Aérateurs à
brosse

Traitement secondaire



www.directindustry.fr

Turbines

Traitement secondaire



Traitement secondaire

Disques

AERATEURS DE FOND



<http://french.alibaba.com>

<http://www.jousse-sa.fr>

Traitement secondaire

Tubes



<http://stations-sivom-chauny-tergnier.com>



www.hellopro.fr



www.europelec.com



www.hellopro.fr



www.odipure.com

Exercices

Une eau résiduaire municipale est traitée dans un réacteur à boues activées qui permet de réduire la concentration en DBO_5 de 300 mg/L à moins de 3 mg/L. Le débit d'alimentation est de $10^4 \text{ m}^3/\text{j}$. Les constantes cinétiques ont été déterminées par des essais préalables en laboratoire : $\mu_{\text{max}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$ - $K_s = 60 \text{ mg DBO}_5/\text{L}$ - $Y_{x/s} = 0,6$.

On néglige la concentration en microorganismes dans l'alimentation ainsi que les phénomènes de maintenance et de décès.

Le réacteur peut être modélisé par une cuve parfaitement mélangée avec recyclage. On a sélectionné un temps de séjour de la biomasse de 5 jours. On admet en outre un temps de séjour hydraulique de 7 heures et une concentration en biomasse à la sortie du décanteur de 8000 mg/L. Déterminer la concentration en substrat et en biomasse à la sortie du réacteur biologique, le volume du réacteur biologique, le taux de recyclage et la production de boues.