

INGENIERIE DE L'EAU

DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'ÉPURATION

Réaliser et présenter par: Meryem BOUSABOUNE



INGENIERIE DE L'EAU

TRAITEMENT BIOLOGIQUE **MÉCANISMES & CONCEPTION**

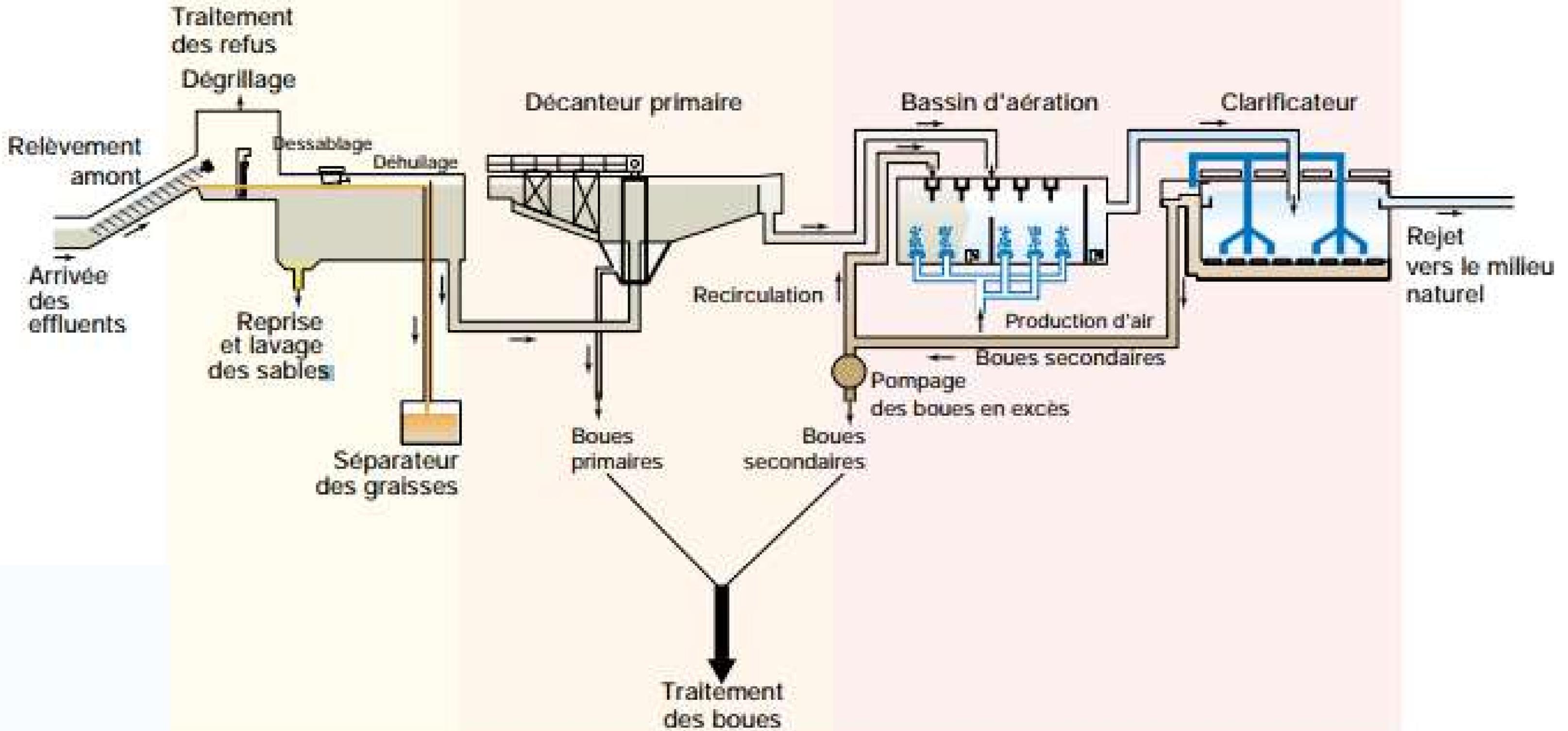
Réaliser et présenter par: Meryem BOUSABOUNE



PRÉTRAITEMENT

TRAITEMENT PRIMAIRE

TRAITEMENT BIOLOGIQUE



RÔLE DE CET OUVRAGE

La dégradation de la matière polluante grâce au développement d'une **biomasse bactérienne** à action épuratrice.



RÔLE DE CET OUVRAGE

Une aération ainsi qu'une agitation est **indispensable** afin de mettre les bactéries dans des **conditions optimales**



FONCTIONNEMENT

Son fonctionnement consiste au **développement de la biomasse** dans le but de dégrader la pollution d'un effluent.

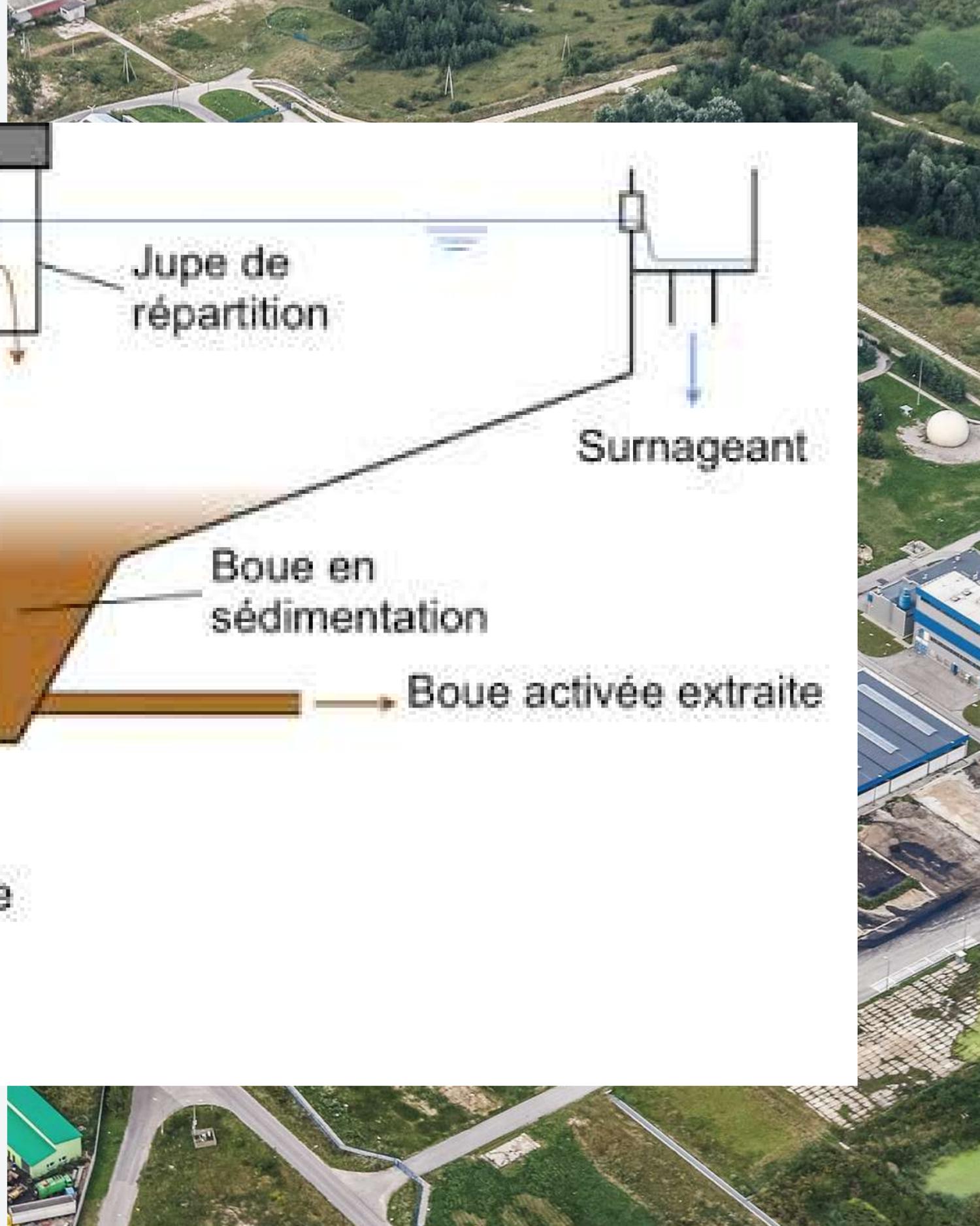
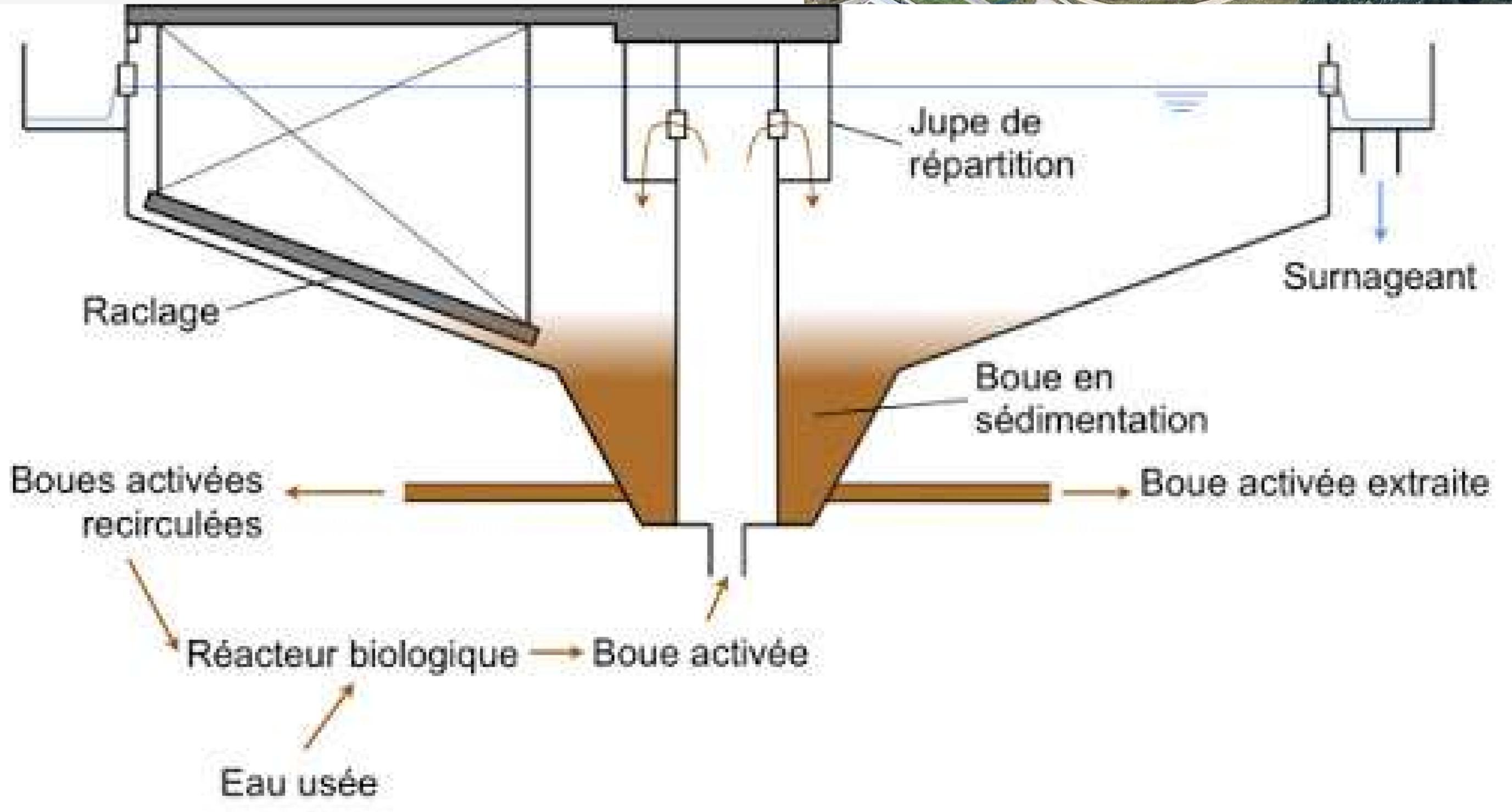
Ingénierie de l'eau



FONCTIONNEMENT

Les principaux problèmes engendrés par cet ouvrage sont le **bruit** dû aux projections d'eau de la turbine d'aération





LES MÉCANISMES DE L'ÉPURATION



L'épuration biologique est assurée par un grand nombre de **micro-organismes**. Ces différents organismes utilisent les différents polluants comme source de nutriment afin de croître et se multiplier.



LES MÉCANISMES DE L'ÉPURATION



- La dégradation de la **pollution carbonée**
- L'élimination de **matières azotées avec** la nitrification-dénitrification.



La dégradation de **la pollution carbonée**:

En présence d'oxygène, les micro-organismes dégradent la matière organique et utilisent de l'oxygène afin de subvenir à ses besoins et produire de nouvelles cellules.





La nitrification-dénitrification

1. *Sont deux étapes permettant l'élimination de la matière azotée contenue dans l'effluent.*



La nitrification-dénitrification

En zone aérobie, des bactéries autotrophes permettent la **nitrification de l'azote ammoniacal**. Elles utilisent uniquement du carbone minéral comme source de carbone et ne respirent que de l'oxygène.



La nitrification-dénitrification

En **zone anoxie**, c'est la dénitrification qui s'opère. En **absence d'oxygène**, les bactéries hétérotrophes utilisent les nutriments présents dans l'eau, dont l'azote organique, pour se développer.

DCO, DBO5, NTK, P_{tot} → CO₂, H₂O, PO₄, NH₃ (Respiration NO₃)



La nitrification-dénitrification

La réaction s'opère selon l'équation suivante :





Carence en nutriment :

Il est nécessaire que les bactéries aient l'intégralité des nutriments nécessaires à leur développement.



LES MÉCANISMES DE L'ÉPURATION

- **Carence en nutriment :**

Pour 100kg/j de carbone, il leur faut
5kg/j d'azote et 1kg de phosphore



LES MÉCANISMES DE L'ÉPURATION



- **Carence en nutriment :**
- **Ajout d'urée (pour l'azote) et d'acide phosphorique (pour le phosphore)**



LES DIFFÉRENTS TYPES DE BASSIN

Le bassin d'aération

- Le traitement de la pollution carbonée
- La nitrification-dénitrification

Ces deux phases sont réalisées dans un seul bassin, cette méthode s'appelle le syncopage



LES DIFFÉRENTS TYPES DE BASSIN

Le bassin d'aération

Le traitement de la pollution carbonée
La nitrification-dénitrification

Le bassin est soumis à deux périodes, une première en aérobie et une seconde en anoxie



LES DIFFÉRENTS TYPES DE BASSIN

Le SBR (sequencing batch reactor)

- Il assure le **traitement biologique** des eaux mais également la **décantation**.

le bassin est soumis à des périodes de forte agitation et des périodes sans agitation pour la décantation.



LES DIFFÉRENTS TYPES DE BASSIN

Le SBR (sequencing batch reactor)

- S'applique pour des effluents ne contenant que **peu de pollution azotée**

un bassin d'aération de type SBR semble la meilleure approche tant technique que économique.



LES DIFFÉRENTS TYPES DE BASSIN

Le SBR (sequencing batch reactor)

- S'applique pour des effluents ne contenant que **peu de pollution azotée**

maintenir une concentration correcte des boues dans l'ouvrage.



DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN BIOLOGIQUE

Bassin biologique

- **volume, l'âge des boues présentes dans l'ouvrage et la taille de l'aérateur**

la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et de l'azote.



DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN BIOLOGIQUE

Détermination du volume du bassin

La charge de polluant en entrée :
DBO₅ et DCO

- La **charge volumique appliquée** : elle représente la pollution journalière par mètre³ cube d'effluent dans le bassin, elle s'exprime en kgDBO₅/m³.j



DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN BIOLOGIQUE



Appellation	Charge massique C_m kg DBO ₅ /kg MES.j	Charge volumique C_v kg DBO ₅	Âge des boues en j.	Rendement p d'élimination de la DBO ₅ sur ERU
Faible charge	$C_m < 0,15$	$C_v < 0,40$	10 à 30	? $\geq 90\%$ Nitrification possible
	$C_m < 0,07$ (aération prolongée)			
Moyenne charge	$0,15 < C_m < 0,4$	$0,5 < C_v < 1,5$	4 à 10	? ~ 80 à 90%. Nitrification possible aux températures élevées
Forte charge	$1,2 > C_m > 0,4$	$1,5 < C_v < 3$	1,5 à 4	? < 80



DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN BIOLOGIQUE

Le Flux ou charge polluante

C'est le produit du débit (Q) par la concentration (C) (kg/j)

$$F = C \times Q \text{ (maintenir des unités identiques : kg/j = kg/m}^3 \times \text{m}^3 \text{ /j).}$$

C'est un paramètre important qui renseigne sur la quantité de pollution.



Le Flux ou charge polluante

Exemple :

une concentration en matières de suspension de 300 mg/l, et un débit de 100 m³ /j, donnera un flux de matières en suspension de :

$$(C=300\text{mg/l}=300\text{g/m}^3=0,3\text{kg/m}^3)$$

$$F=C \times Q = 0,3 \times 100 = 30\text{kg/j.}$$



LA CHARGE ORGANIQUE DE LA STATION

C'est le rapport de la pollution reçue sur la capacité nominale de la station elle s'exprime en % du flux nominal en DBO₅.

- **Exemple :** une station de capacité nominale 1000 kg DBO₅/j reçoit une charge en pollution de 300 kg/j (DBO₅)

$$\text{La charge organique} = 300/1000 = 30 \%$$

$$(C=300\text{mg/l}=300\text{g/m}^3=0,3\text{kg/m}^3)$$

$$F=C \times Q = 0,3 \times 100 = 30\text{kg/j.}$$



LE RENDEMENT ÉPURATOIRE DE LA STATION

C'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue. Il définit les performances de la station.

- **Exemple** : une station reçoit une charge en matières en suspension de 200 kg/j (DBO₅). Elle rejette une charge de 10 kg/j.
- Le rendement épuratoire sera : $(200-10)/200 = 0,95 = 95 \%$

LA CHARGE HYDRAULIQUE DE LA STATION

C'est le rapport du débit reçu sur la capacité hydraulique nominale de la station. Elle s'exprime en % de la capacité nominale.

Exemple : une station de capacité nominale 1000 m³ /j reçoit un débit de 200 m³ /j.

La charge hydraulique : $200/1000 = 20 \%$



CHARGE MASSIQUE

C'est le rapport de la charge en DBO₅ reçue sur la quantité de boues présente dans le bassin d'aération.

$$C_m = \text{nourriture/Boues} = \text{kg DBO}_5 \text{ reçue/kg MVS (bassin d'aération)}$$

C_m caractérise l'équilibre biologique du traitement

$$C_m = Q'Lo / VX \quad \text{Avec } Q' = Q_p + q \text{ (q: débit de recyclage)}$$

V : Volume du réacteur

X : Concentration des solides en suspension

Q_p : Débit de point (débit conception)

Lo : DBO₅ à la rentrée du bassin biologique



CHARGE MASSIQUE

Exemple: une station équipée d'un bassin d'aération de 5 150 m³ avec une concentration en boues activées de 4,3 g/l et un taux de MVS (matières organiques = matières actives des boues) de 75 %, reçoit une charge polluante de 1000 kg DBO₅/j :

quantité de boues = volume du bassin x concentration en

$$\text{MVS} = 5150 \times 4,3 \times 0,75 = \text{environ } 16\,610 \text{ kg MVS}$$

$$\text{Cm} = 1000/16610 = 0,06 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS} / \text{jour}$$

MVS : *Matière volatile en suspension, elle représente la biomasse présente dans l'effluent, elle est calculé comme une fraction des MES.*



CHARGE MASSIQUE

Charge massique kg DBO ₅ /kg MES.j.	Classe du procédé
$C_m < 0,15$	Faible charge (ou aération prolongée si $C_m < 0,07$)
$0,15 < C_m < 0,4$	Moyenne charge
$0,4 < C_m$	Forte charge



Calcul du Taux de recyclage des boues :

$$r = X / (X_r - X) \text{ (r varie entre 25\% et 100\%) = } q / Q'$$

$$Q' = Q_p + q \text{ (q:recyclage)}$$

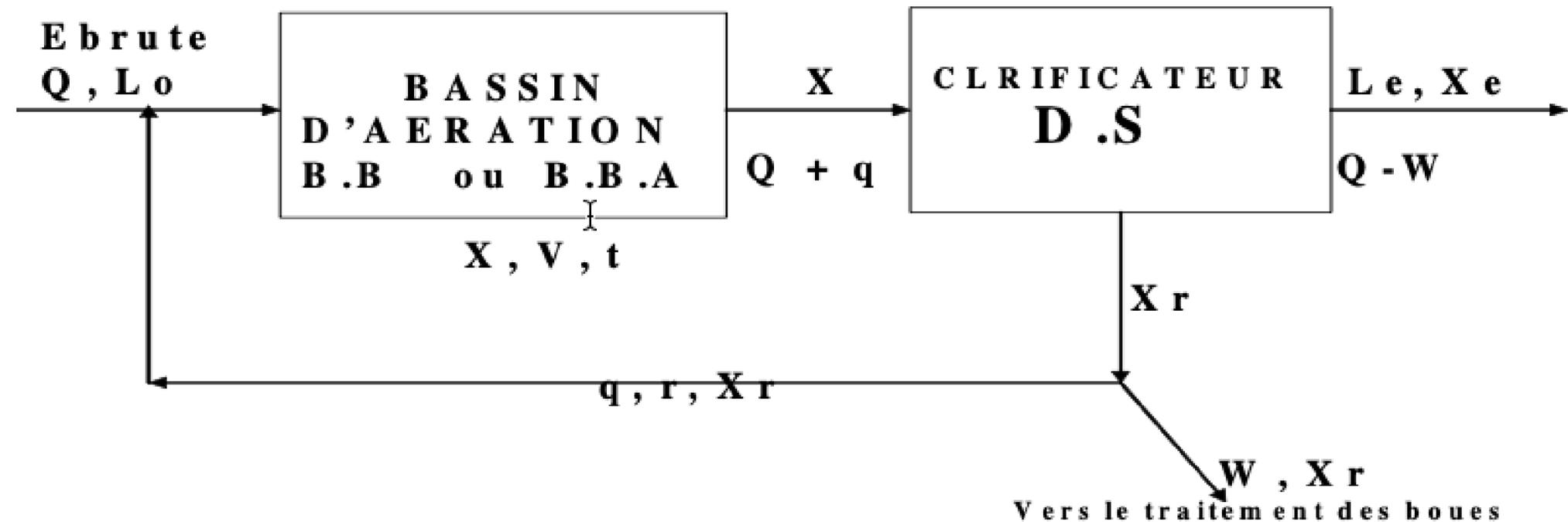
X : Concentration des Solides en Suspension dans le réacteur

X_e : Boues de l'effluent

X_r : Concentration des boues recyclées

q : débit de recyclage

r : taux de recyclage



Calcul du volume du bassin d'aération

Le flux de DBO₅ correspond au flux en entrée de bassin biologique et donc en sortie de prétraitement. Par rapport à la charge initiale, Cette étape nous permet de voir l'influence d'un bon prétraitement dans la conception d'un bassin d'aération.

La formule suivante permet de calculer le volume du bassin d'aération.

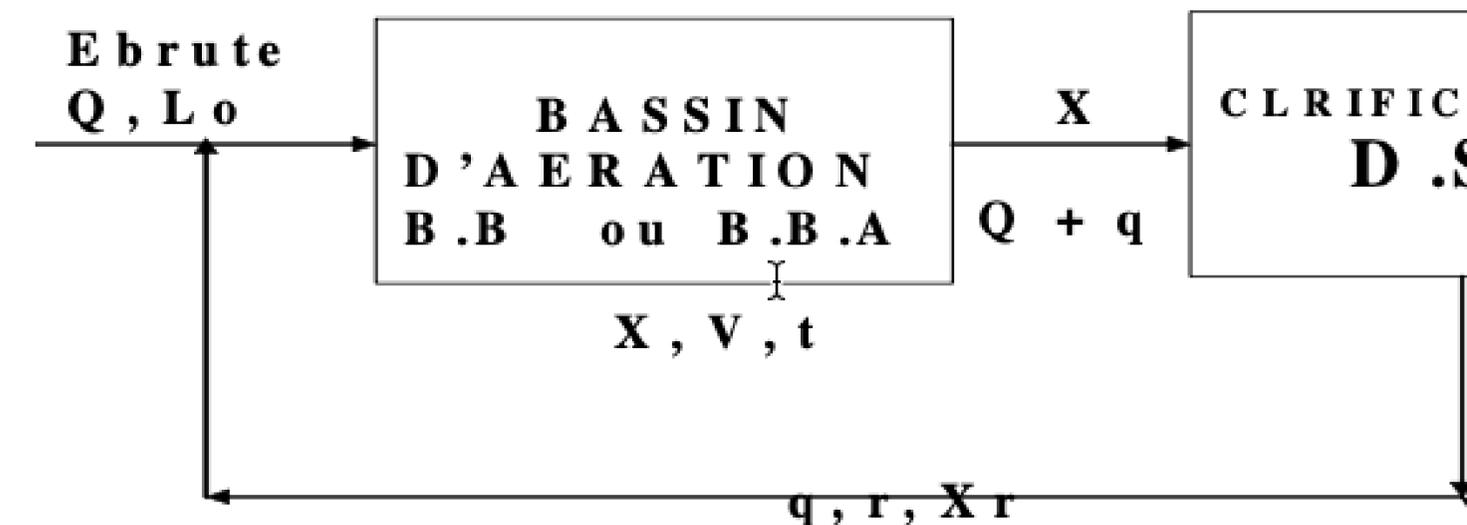
$V_{ba} \text{ (volume du bassin d'aération)} = \text{Flux de DBO}_5 / \text{Charge Volumique}$

$$V = Q' L_0 / C_m \cdot X$$

$$Q' = Q_p + q \text{ (q:recyclage)}$$

L_0 : DBO₅ de l'influent

X : Concentration des Solides en Suspension dans le réacteur



Temps de rétention hydraulique/ LE TEMPS DE SÉJOUR : TS

C'est le temps de séjour hydraulique de l'eau dans un bassin, il correspond au rapport du volume du bassin (V) sur le débit de l'effluent entrant (Q').

$$T_s = V \text{ (m}^3\text{)} / Q' \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$Q' = Q_p + q \text{ (q:recyclage)}$$

On distinguera le temps de séjour sur le débit moyen 24 h et celui sur le débit de pointe.



LE TEMPS DE SÉJOUR : TS

Exemple: une station équipée d'un bassin d'aération de 5 150 m³, reçoit un débit moyen 24 h (Q₂₄) de 160 m³ /h et un débit de pointe (Q_p) de 250 m³/h. Le temps de séjour dans le bassin d'aération sera :

sur le Q₂₄ : Ts moyen = 5150/160 = 32,2 heures

sur le Q_p = Ts pointe = 5 150/250 = 20,6 heures

Un temps de séjour élevé dans le bassin d'aération permettra une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée.



CALCUL DE CHARGE VOLUMIQUE

C'est le rapport de la charge en DBO₅ reçue sur le volume du bassin d'aération.

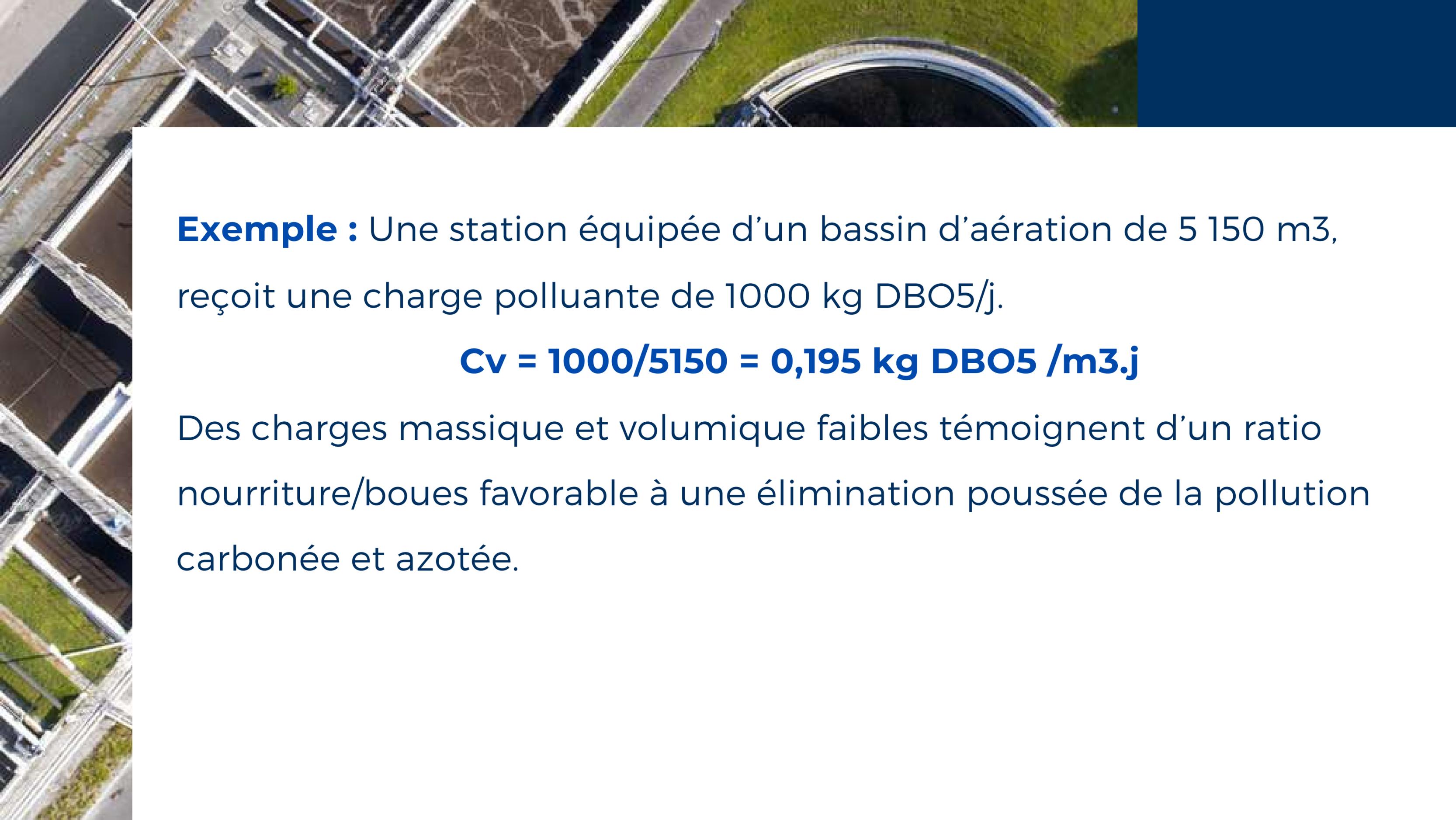
$$C_v = Q' L_0 / V$$

$$Q' = Q_p + q \text{ (q:recyclage)}$$

$$C_v = \text{kg DBO}_5 \text{ reçue} / \text{m}^3 \text{ (bassin d'aération)}$$

Déduire le rapport : $C_v / C_m = \text{MVS}$ dans le réacteur biologique





Exemple : Une station équipée d'un bassin d'aération de 5 150 m³, reçoit une charge polluante de 1000 kg DBO₅/j.

$$C_v = 1000/5150 = 0,195 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{j}$$

Des charges massique et volumique faibles témoignent d'un ratio nourriture/boues favorable à une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée.

CONCEPTION DU BASSIN D'AERATION

Méthode de conception par charge massique :

Les éléments de conception

- Débit des eaux usées à traiter Q'
- Concentration de l'influent en DBO₅ ou en DCO

Les éléments à définir sont:

- Volume de réacteur V
- Taux de recyclage r
- Excès de boues à éliminer W
- Quantité d'oxygène nécessaire O_2 (Kg/j) pour le bassin d'aération



L'AGE DES BOUES :A

L'Age des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération : celui-ci est plus important que le temps de séjour de l'eau à traiter du fait de la recirculation des boues décantées.

Il correspond au rapport de la quantité de boues présentes, en kg MS, dans le bassin d'aération (S) sur la quantité de boues en excès (E) à évacuer par jour, en kg MS/j.

$$A = V \times C' / W \times C$$

V : **Volume du** bassin d'aération (m³)

C' : Concentration des boues activées en kg MS / m³ (Matières sèches : MS)

W : Débit journalier (m³ /j) d'extraction des boues

C : Concentration des boues en excès en kg MS / m³

Exemple : une station est équipée d'un bassin d'aération de 5 150 m³

C' = 3 g/l : concentration des boues activées :

C = 6 g/l concentration des boues en excès

Débit d'extraction : 100 m³ /j = W

Age des boues = $V \times C' / W \times C$

$5\ 015 \times 3 / 100 \times 6 = 25,8$ jours

Un âge des boues élevé témoigne d'une boue bien développée, ce qui est favorable à une bonne élimination de la pollution.

LA PRODUCTION DE BOUES (P)

Dans le cas d'effluents domestiques et pour les stations à aération prolongée, on retiendra une production de boues égale à 80 % de la charge en DBO₅ éliminée (Le)

$$P = 0,8 \times Le$$

P= Production journalière de boues (kg MS)

Le= Masse journalière de DBO₅ éliminée (kg DBO₅/j).

LA PRODUCTION DE BOUES (P)

Exemple: une station reçoit 1000 kg de DBO₅/j et a un rendement épuratoire de 95 % sur ce paramètre.

Masse de DBO₅ éliminée/j :

$$L_e = 1000 \times 0.95 = 950 \text{ kg DBO}_5/\text{jour}$$

Production de boues :

$$P = 0,8 \times L_e = 0,8 \times 950 = 760 \text{ kg MS.}$$

En pratique, on calculera la production de boues sur la quantité de DBO₅ reçue (1000 kg/j)

LA PRODUCTION DE BOUES (P)

La quantité des boues produites par jour est la somme des boues biodégradables et des boues non biodégradables :

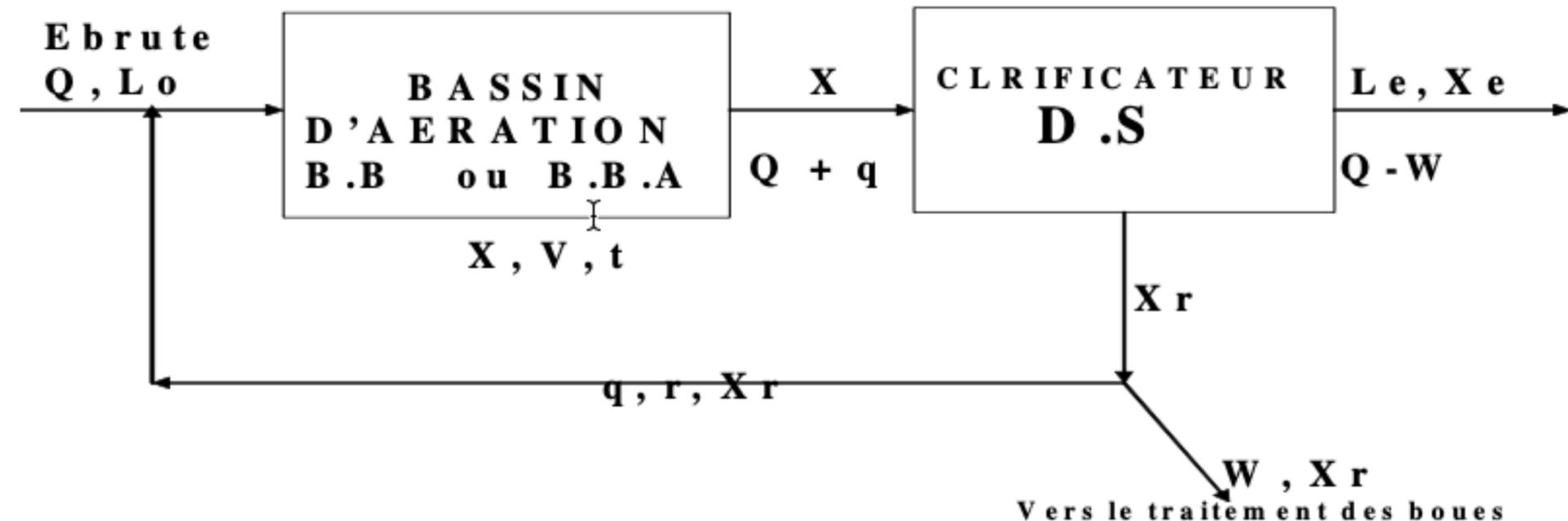
$$B = B_1 + B_2$$

Avec B_1 : XV/Tr B_1 varie entre 65% à 75% de B

On prend : $B_1 = 0,7B$

On néglige B_2 donc on aura :

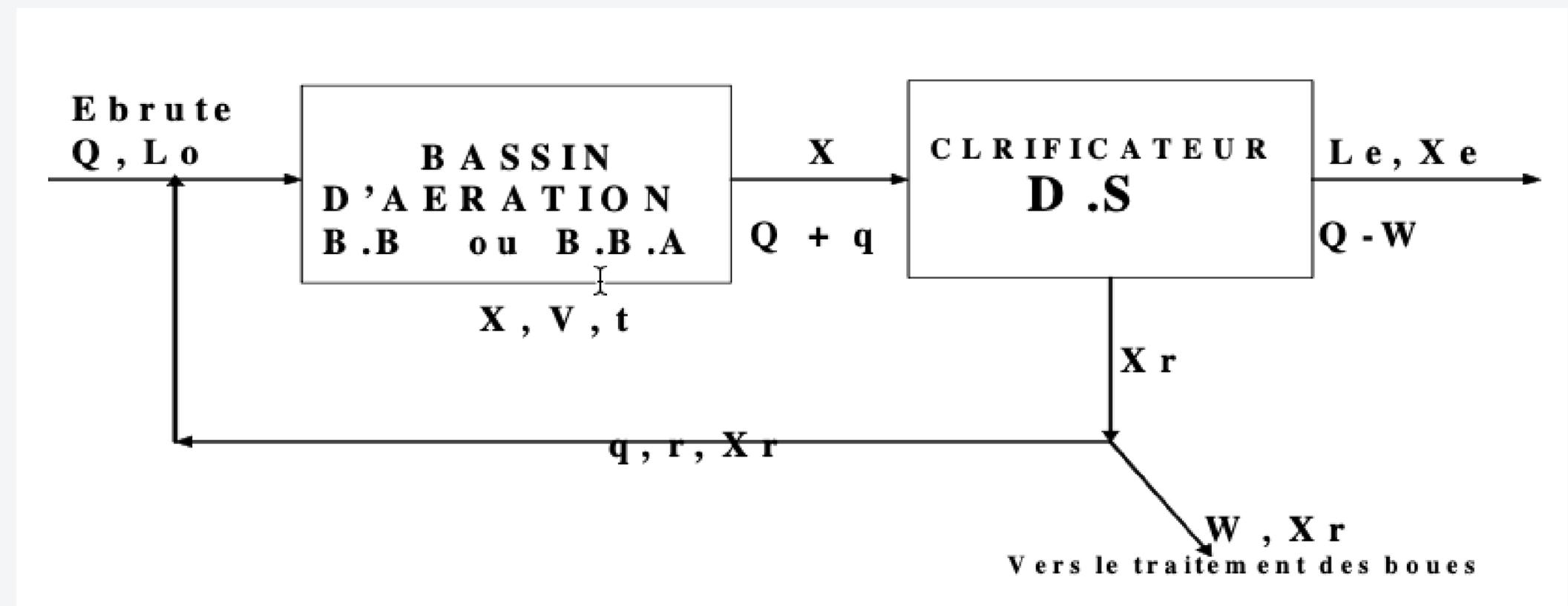
$B = XV/0.7.Tr$ en tonnes de DBO_5 / jour)



Aération du bassin

Le dernier paramètre à contrôler dans un bassin biologique est l'aération. En absence d'oxygène, les bactéries aérobies sont incapables de survivre et d'effectuer leur action épuratrice.

Il est donc *nécessaire de calculer la quantité d'oxygène nécessaire et d'en déduire le type d'aérateur.*



DETERMINATION DE L'OXYGENE DISSOUS NECESSAIRE POUR L'AERATION

La quantité d' O₂ nécessaire dans le temps pour un système à boues activées est donnée

$$\text{par : } O_2 \text{ (Kg/j)} = dL/dt - 1,42 dX/dt$$

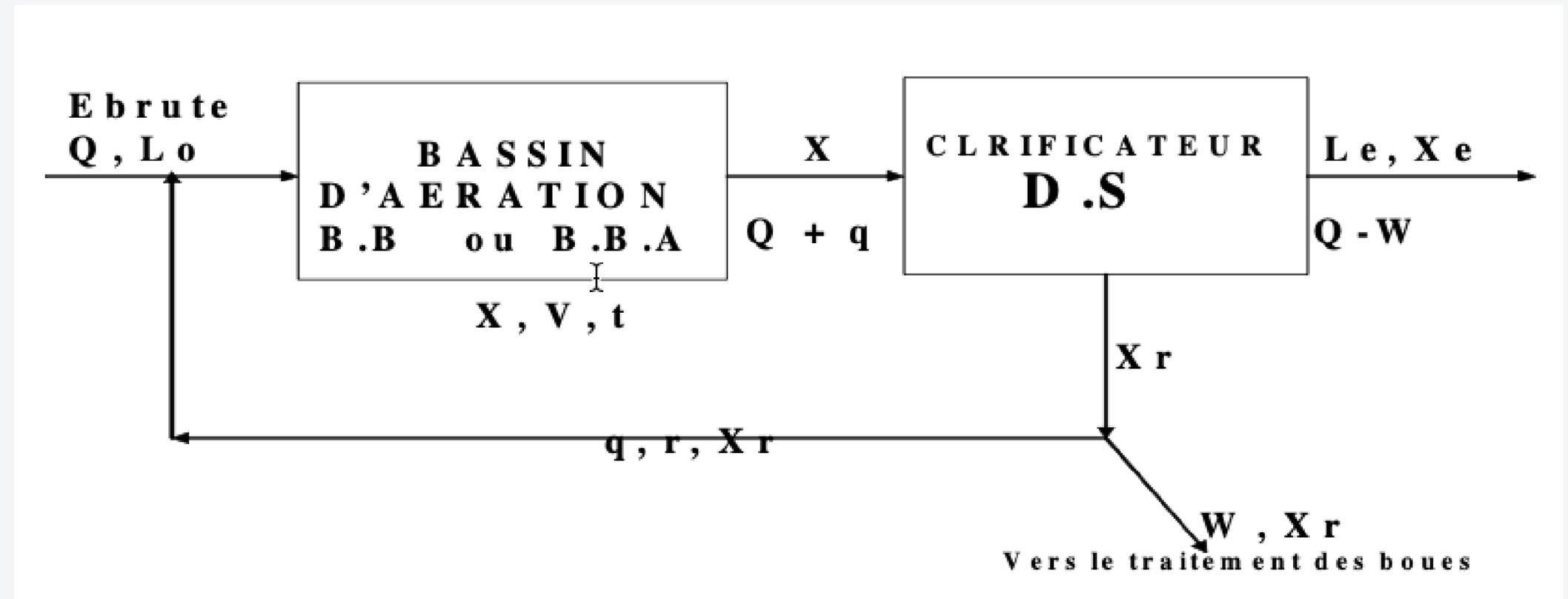
$$O_2 \text{ (Kg/j)} = (L_o - L_e) \cdot Q' - 1,42 \cdot XV/SRT$$

avec : $dL/dt = (L_o - L_e) \cdot Q'$, DBO₅ éliminée par jour

$dX/dt = XV/SRT$ AVEC **XV : masse de biomasse** dans le système, $XV = [MVS] \times V$

L_o: DBO₅ de l'influent

L_e: DBO₅ de l'effluent épuré



DETERMINATION DE L'OXYGENE DISSOUS NECESSAIRE POUR L'AERATION

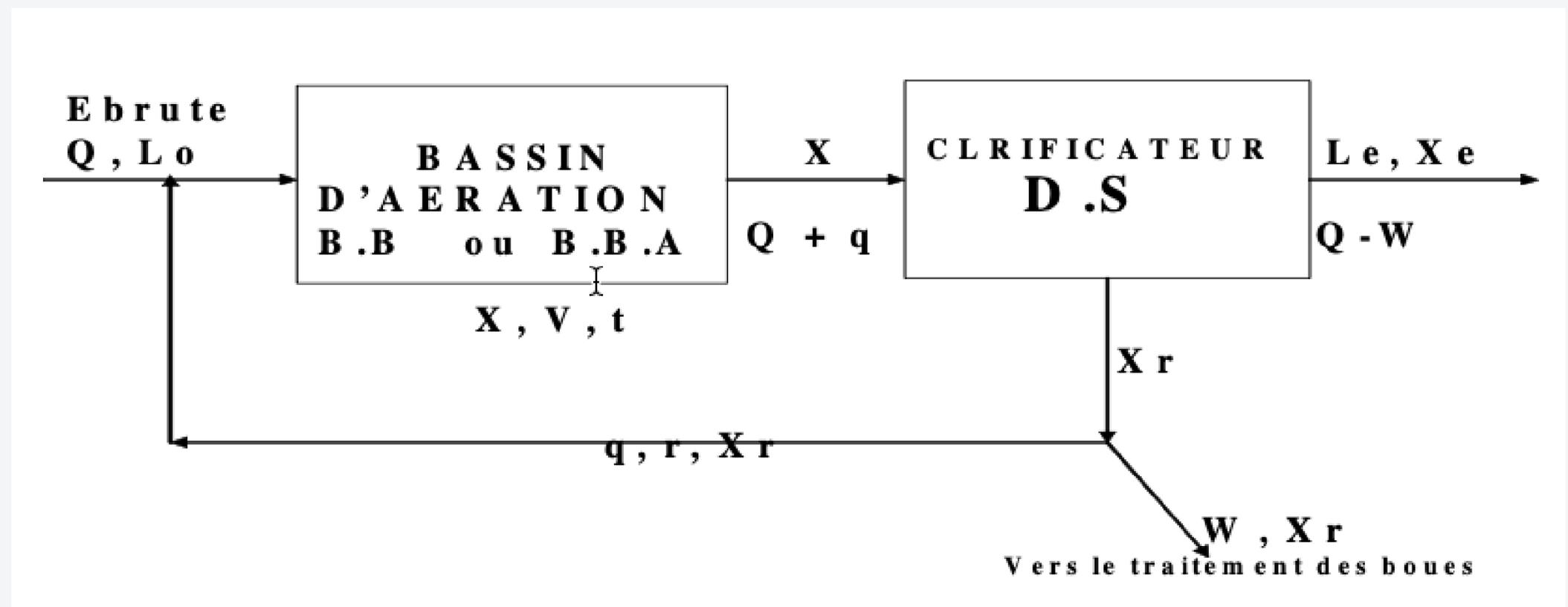
Le volume d'air correspondant :

*La masse volumique de l'air est de 1.29 g/l

*La proportion d'O₂ dans l'air est de 23.2% en poids

*Le rendement de transfert de l'air est de 20% Ainsi on détermine : O₂ Kg/j et V_{air} m³/j Exemple :

$$O_2 = 7895 \text{ kg/j et } V_{\text{air}} = 131594 \text{ m}^3/\text{j}$$



CHOIX DU SYSTEME D'AERATION

Les systèmes d'aération ont un double but :

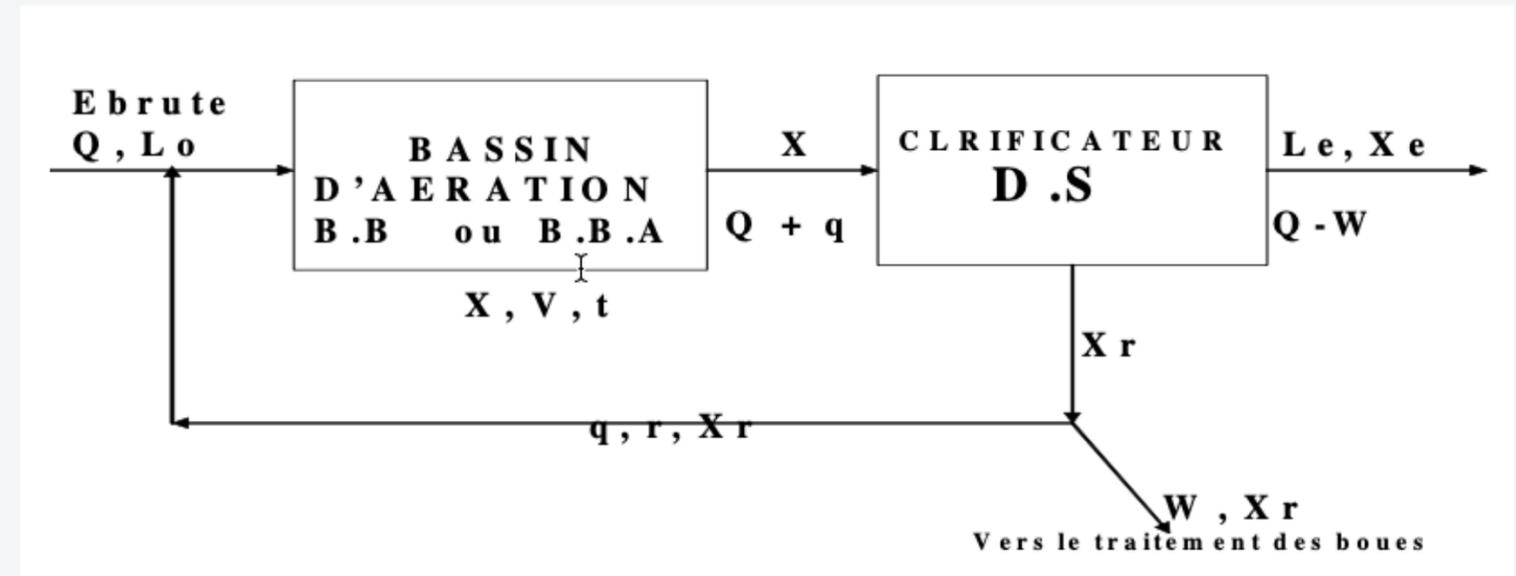
- *Apporter aux micro-organismes des boues activées l' O₂ dont ils ont besoin
- *Provoquer un brassage et une homogénéisation suffisante
- *L'énergie nécessaire pour dissoudre 1Kg d' O₂ = 0.7 Kwh
- *Apport spécifique 1.43 Kg d' O₂/Kwh Or d'après l'exemple précédent :

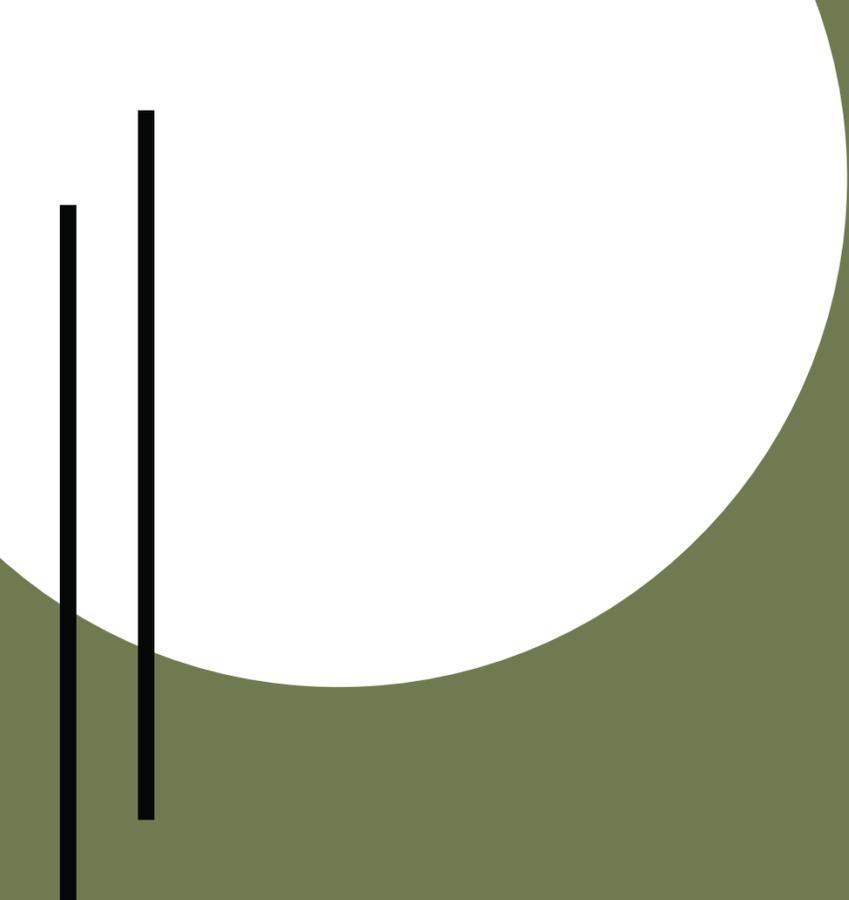
$$O_2 \text{ Kg/j} = 7895 \text{ et } V_{\text{air}} = 131594 \text{ m}^3/\text{j}$$

On peut déduire :

-le volume d'air par m³/h/m³ du bassin

-l'O₂ g/h/m³





Merci !

INGÉNIERIE DE L'EAU

