Coagulation – Floculation

- Traitement des eaux destinées à la consommation humaine

Principes physico-chimiques, dimensionnement, Jar-Test et contrôle de procédé





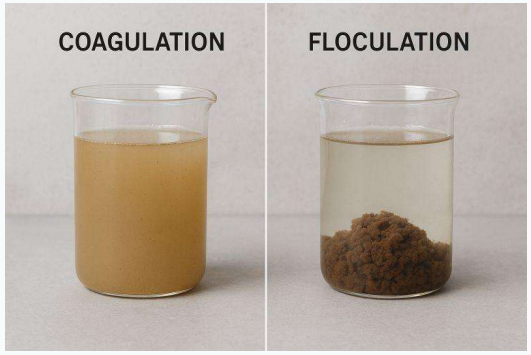
Coagulation

Floculation

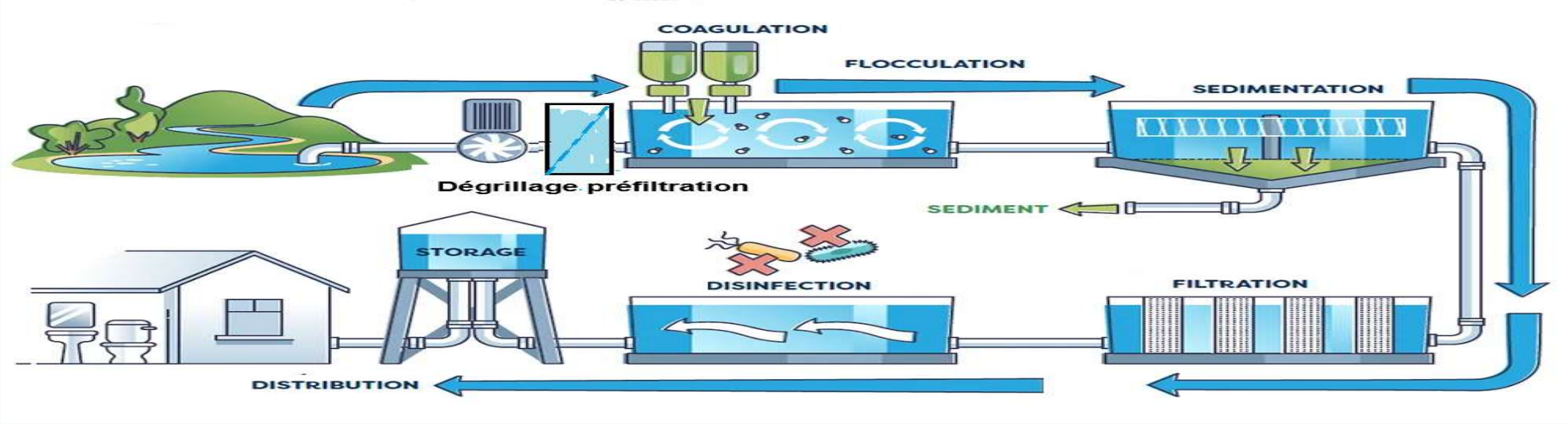
Décantation

Objectifs du traitement

- Déstabiliser les colloïdes et les particules fines
- Former des flocs séparables par gravité ou filtration
- Réduire la turbidité, une partie de la matière organique et des microorganismes associés
- Préparer une filtration et une désinfection efficaces



Chaîne de traitement de l’eau

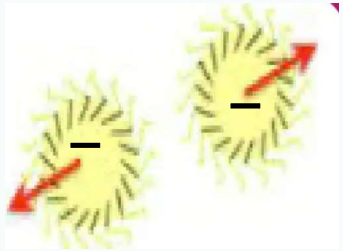


Eau brute | **Coagulation** | **Floculation** | **Décantation** | **Filtration** | **Désinfection**

Réactif → mélange rapide → agitation lente → séparation des boues

Pourquoi les colloïdes restent-ils stables ?

- Particules souvent chargées négativement : répulsion électrostatique



- Petite taille : sédimentation naturelle très lente
- La coagulation réduit les barrières à l'agrégation
- La turbidité est exprimée ici en NFU (mesure néphélométrique adaptée)

Coagulation : mécanismes et réactifs

- Neutralisation des charges et adsorption
- Précipitation des hydroxydes métalliques : entraînement des particules
- Réactifs : chlorure ferrique, sulfate ferrique, sulfate d'aluminium, PAC
- Le pH et l'alcalinité conditionnent l'efficacité
- $Fe^{3+} + 3\ H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3(s) + 3\ H^+$

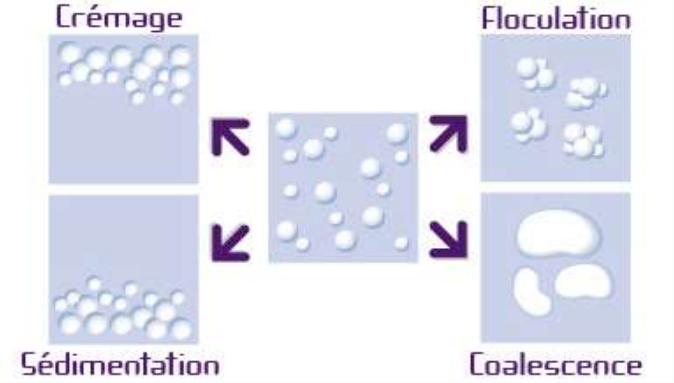
Mélange rapide : dimensionnement

Ordres de grandeur indicatifs à confirmer par essais

- Temps de contact : 10 à 60 s ; gradient G : 300 à 1 000 s^{-1}
- Volume du mélangeur : $V = Q \times t$
- Gradient : $G = \sqrt{[P / (\mu \times V)]}$
- Exemple : Q = 200 m^3/h ; t = 30 s → V = 1,67 m^3
- Avec G = 700 s^{-1} et μ = 0,001 Pa·s → P dissipée ≈ 818 W

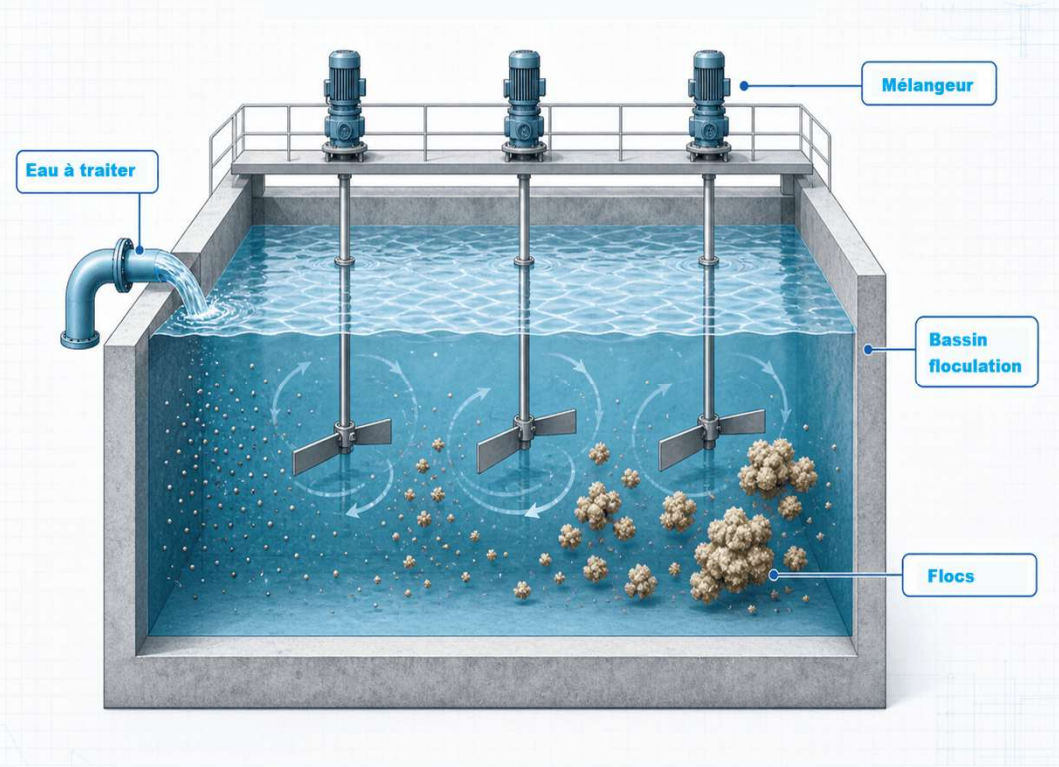
Floculation : croissance et résistance des flocs

- Agitation modérée : collisions puis agrégation des particules
- Floculation péricinétique (brownienne) et orthocinétique (cisaillement)
- Temps indicatif : 15–40 min ; G : 20–80 s^{-1}
- Critère d'intensité cumulée : Gt = G × t
- Limiter la rupture des flocs : gradients décroissants possibles



Exemple : bassin de floculation

- Débit Q = 200 m³/h ; temps de séjour t = 25 min
- Volume utile V = 200 × 25 / 60 = 83,3 m³
- Trois compartiments identiques : 27,8 m³ chacun
- À G = 40 s^{-1} : P dissipée = $\mu V G^2 \approx 133$ W
- Puissance moteur à déterminer avec les rendements et la géométrie



Décantation : principe hydraulique

- Les flocs sédimentent ; les boues sont extraites au fond
- Charge superficielle : $v_a = Q / S$
- Surface requise : $S = Q / v_a$

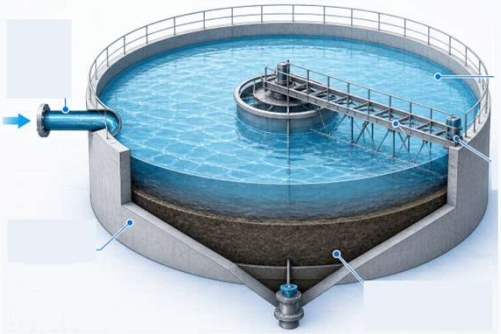
- Exemple : Q = 200 m³/h ;

  v_a = 1,25 m/h → S = 160 m²

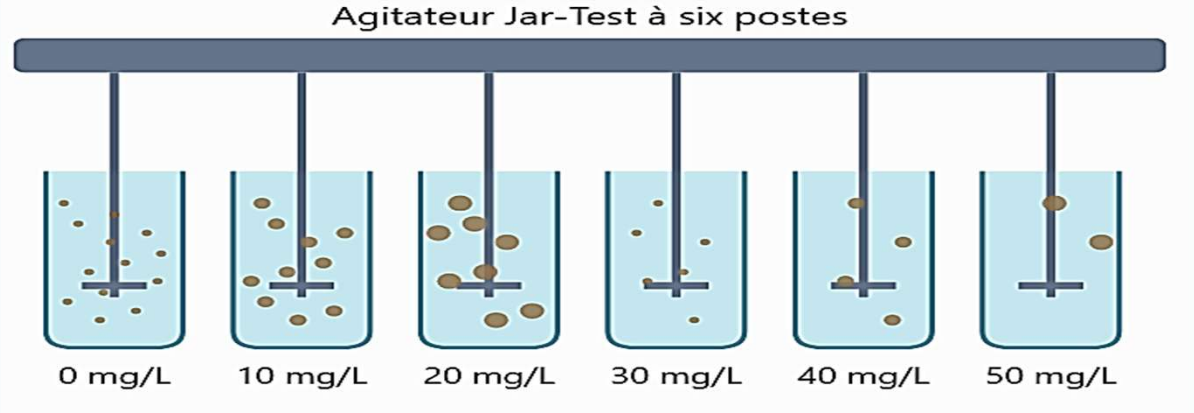


- Décanteur circulaire : D ≈ 14,3 m ;

  H = 3,5 m → t = 2,8 h

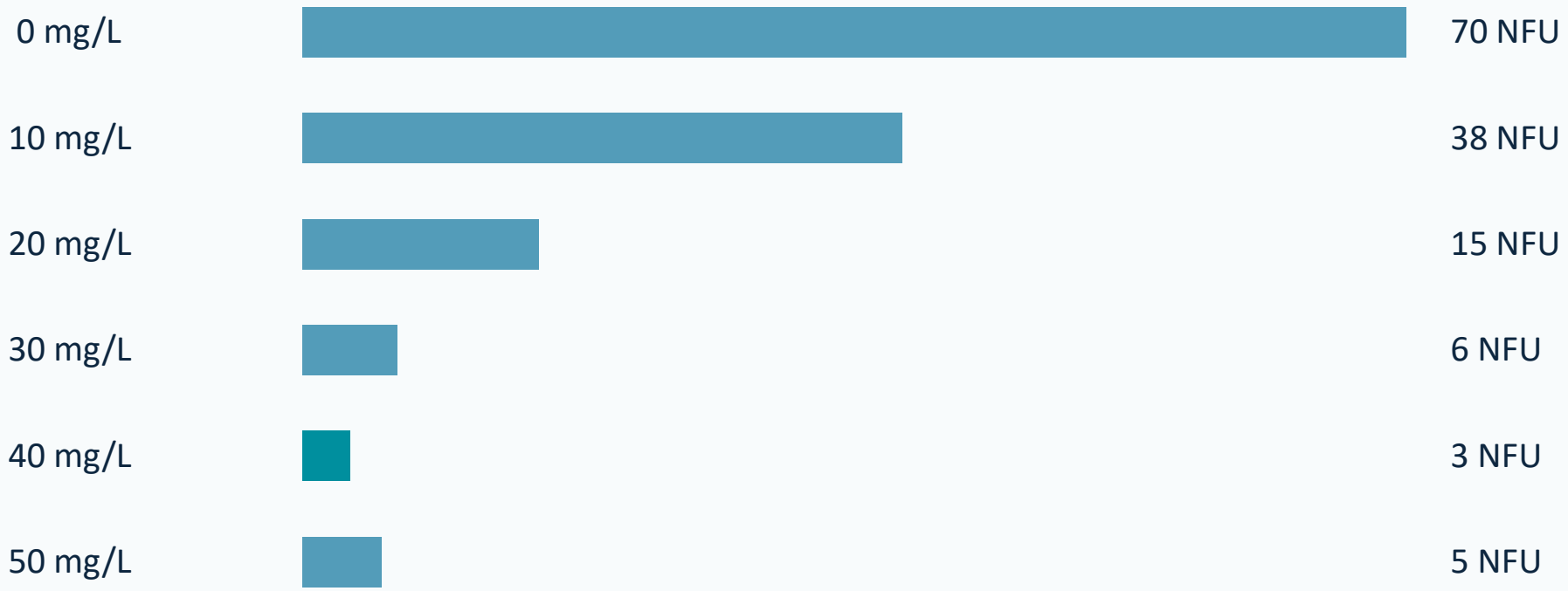


Jar-Test : protocole en six béchers



- 1 L d'eau brute par bécher ; turbidité initiale : 80 NFU
- Doses $FeCl_3$ anhydre équivalent : 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg/L
- Mélange rapide : 1 min ; floculation lente : 20 min
- Décantation : 30 min ; prélèvement identique du surnageant
- Mesurer turbidité résiduelle (NFU), pH et fer résiduel

Jar-Test : résultats pédagogiques fictifs



Dose favorable parmi les doses testées : 40 mg/L → 3 NFU (96,25 % d'abattement)

Bilan matière et consommation de réactif

- Débit industriel : 200 m^3/h ; dose $FeCl_3$: 40 mg/L
- $FeCl_3$ anhydre équivalent : 8 kg/h = 192 kg/j
- Solution commerciale à 40 % massique : 480 kg/j
- Consommation théorique d'alcalinité ≈ 37 mg/L en $CaCO_3$
- Les boues comprennent hydroxydes métalliques et matières capturées