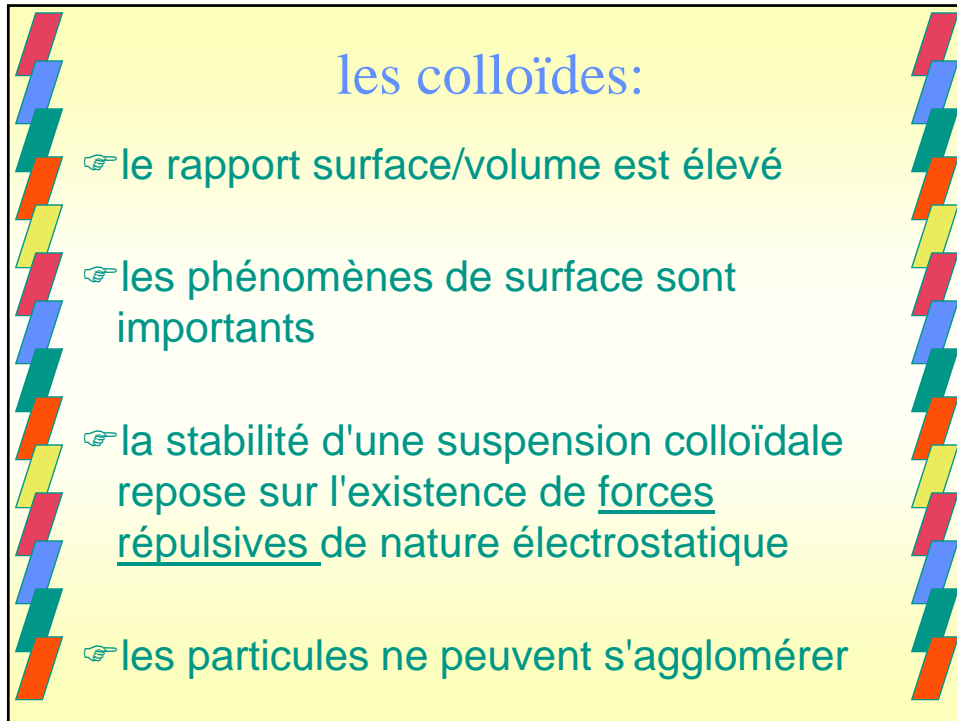


Chapitre 4: Coagulation-Précipitation

- ☞ une fraction de la matière solide d'un effluent peut être non-décantable
- ☞ particules supra-colloïdales
 $1 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$
- ☞ particules colloïdales
 $10^{-3} \mu\text{m} < d < 1 \mu\text{m}$

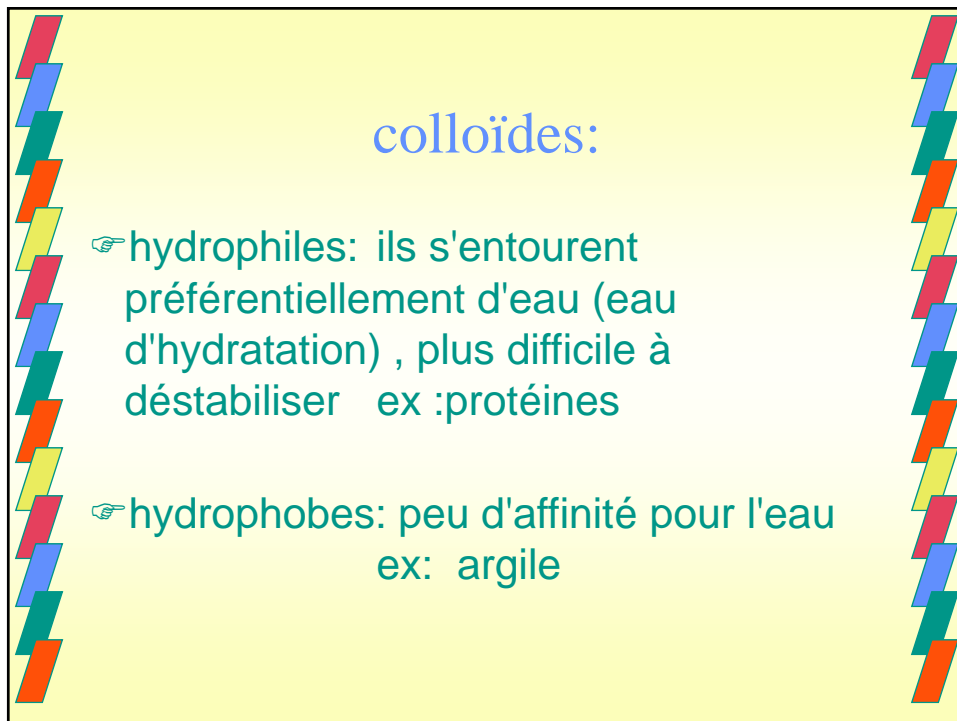
Décantation des petites particules: mission impossible!

Diamètre du colloïde		Temps de décantation pour 1 m d'eau à 20°C
mm	μm	
10^{-4}	0.1	2 ans
10^{-5}	0.01	20 ans
10^{-6}	0.001	200 ans



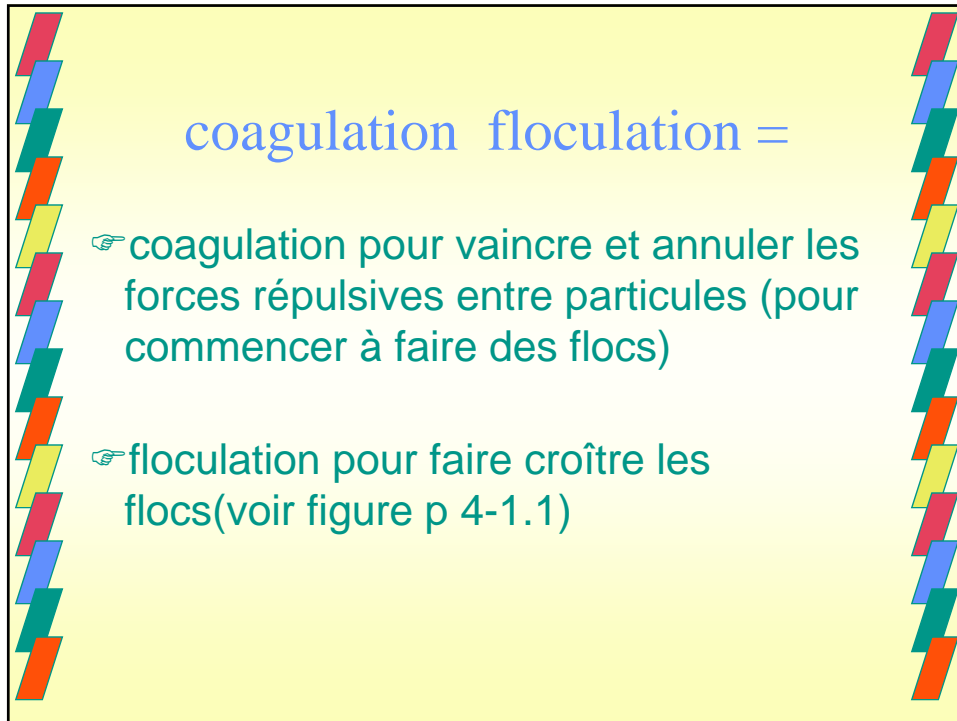
les colloïdes:

- ↳ le rapport surface/volume est élevé
- ↳ les phénomènes de surface sont importants
- ↳ la stabilité d'une suspension colloïdale repose sur l'existence de forces répulsives de nature électrostatique
- ↳ les particules ne peuvent s'agglomérer



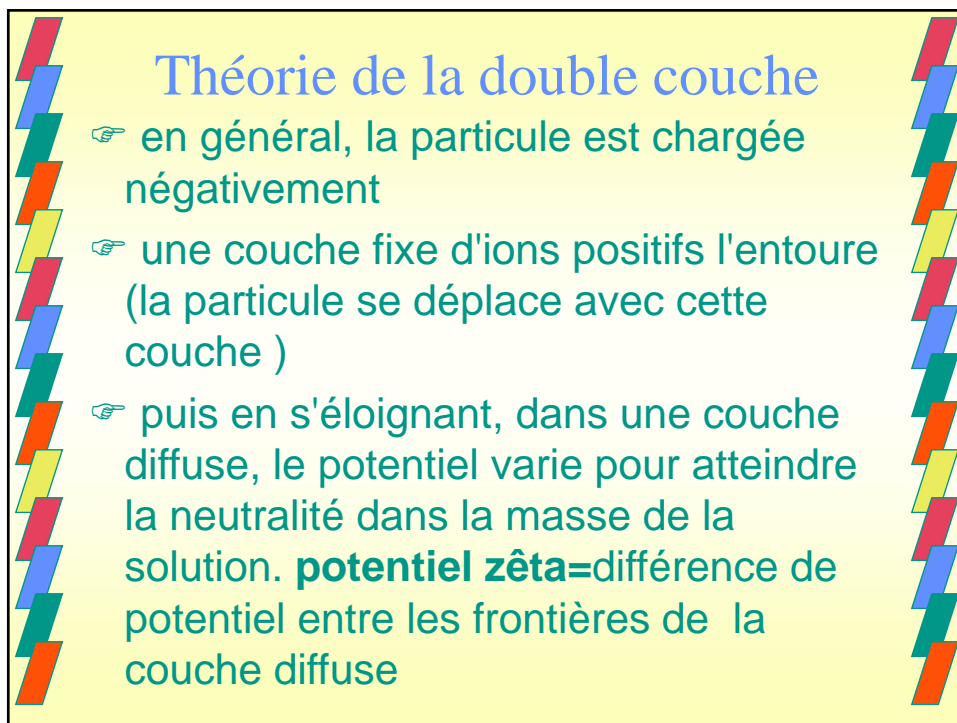
colloïdes:

- ↳ hydrophiles: ils s'entourent préférentiellement d'eau (eau d'hydratation) , plus difficile à déstabiliser ex :protéines
- ↳ hydrophobes: peu d'affinité pour l'eau ex: argile



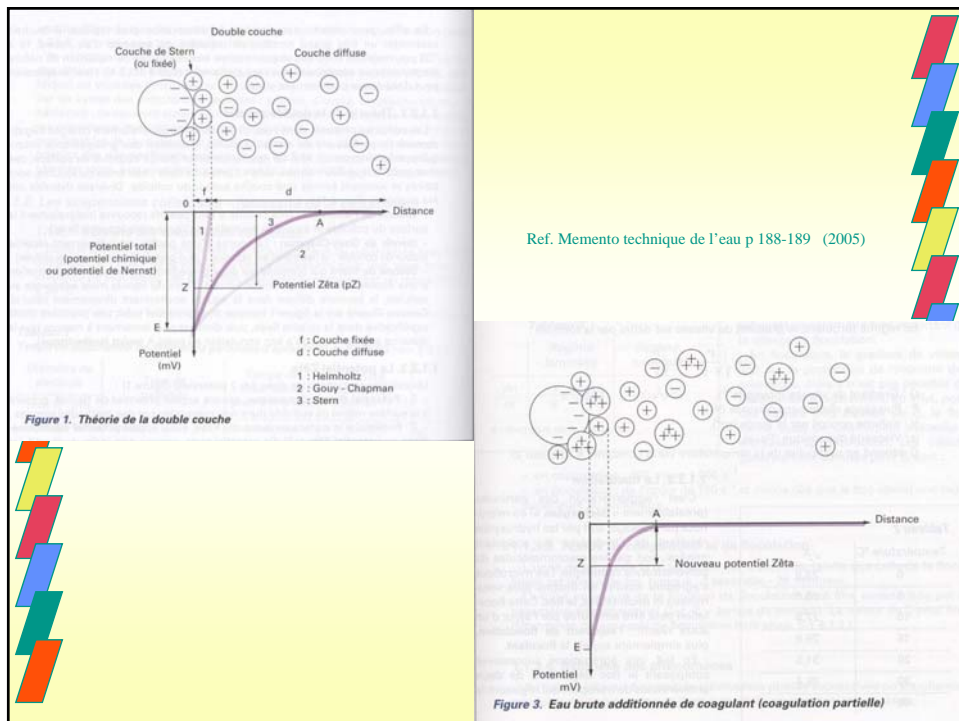
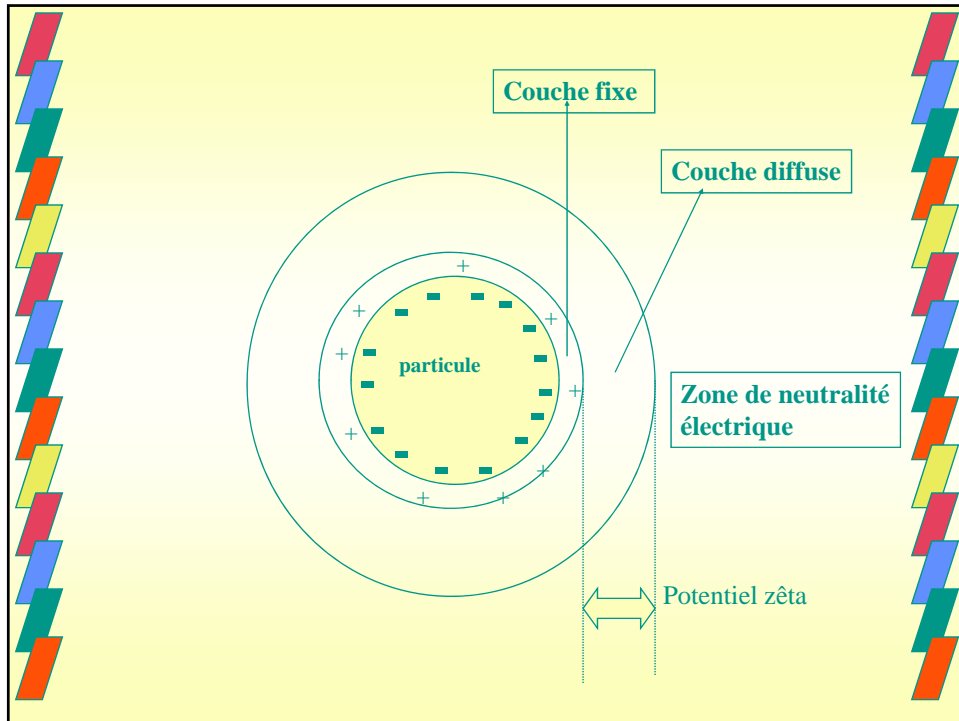
coagulation floculation =

- ☞ coagulation pour vaincre et annuler les forces répulsives entre particules (pour commencer à faire des floccs)
- ☞ floculation pour faire croître les floccs (voir figure p 4-1.1)



Théorie de la double couche

- ☞ en général, la particule est chargée négativement
- ☞ une couche fixe d'ions positifs l'entoure (la particule se déplace avec cette couche)
- ☞ puis en s'éloignant, dans une couche diffuse, le potentiel varie pour atteindre la neutralité dans la masse de la solution. **potentiel zêta**=différence de potentiel entre les frontières de la couche diffuse



Potentiel zêta

- ☞ caractéristique des forces répulsives entre particules
- ☞ il se détermine par la mesure des vitesses de déplacement d'une particule soumis à un champ électrique
- ☞ on ajoute le coagulant pour annuler la valeur du potentiel zêta (=> les particules peuvent se toucher)

Les réactifs chimiques: 1) les coagulants

- ☞ sulfate d'aluminium hydraté (alun)
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$ précipite
- ☞ chlorure ferrique:
 $\text{FeCl}_3 \Rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ précipite
- ☞ sulfate ferrique $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \Rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$
- ☞ co-précipitation avec chaux ou carbonate de calcium pour compenser l'acidification.
- ☞ quantités utilisées: de 30 à 500 mg/L
- ☞ forte agitation nécessaire pour bien disperser l'aluminium avant la formation des hydroxydes

2) Floculants:

- ☞ polymères de haut poids moléculaire à structures linéaires et solubles dans l'eau
- ☞ polymères non-ioniques, anioniques(-) ou cationiques(+)
- ☞ les flocs vont se rassembler sur le long du polymère (croissance des flocs)
- ☞ petite quantité utilisée: de 0.2 à 2mg/L

Tests en laboratoire: jar test = test en bécher

- ☞ phénomènes complexes
- ☞ dosage déterminé avec des essais au labo
 - ajout de différentes concentrations de réactifs (coagulant, floculant)
 - agitation (i.e. 1 min forte 100 rpm; puis modérée 30 rpm 20-30 min)
 - décantation (i.e. 30-60 min)
- ☞ étude des effets des quantités de réactifs et du pH sur la turbidité de l'effluent après décantation.

« Jar test » <http://www.astell.net/jartest1.htm>

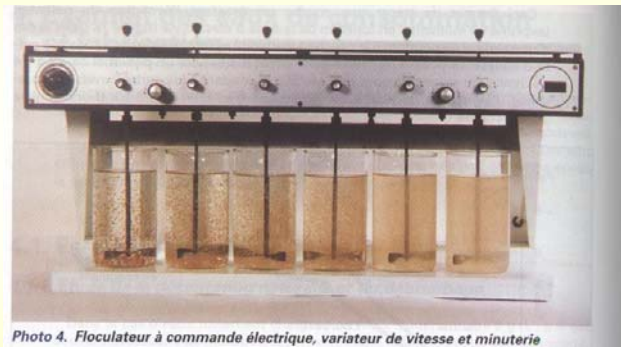
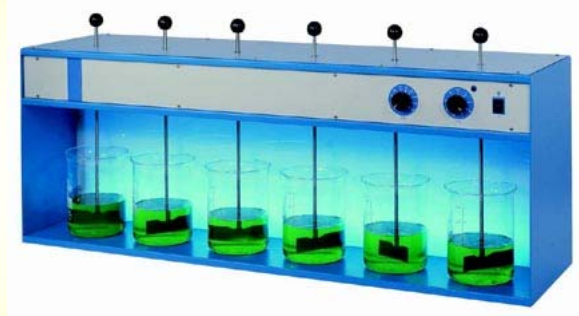


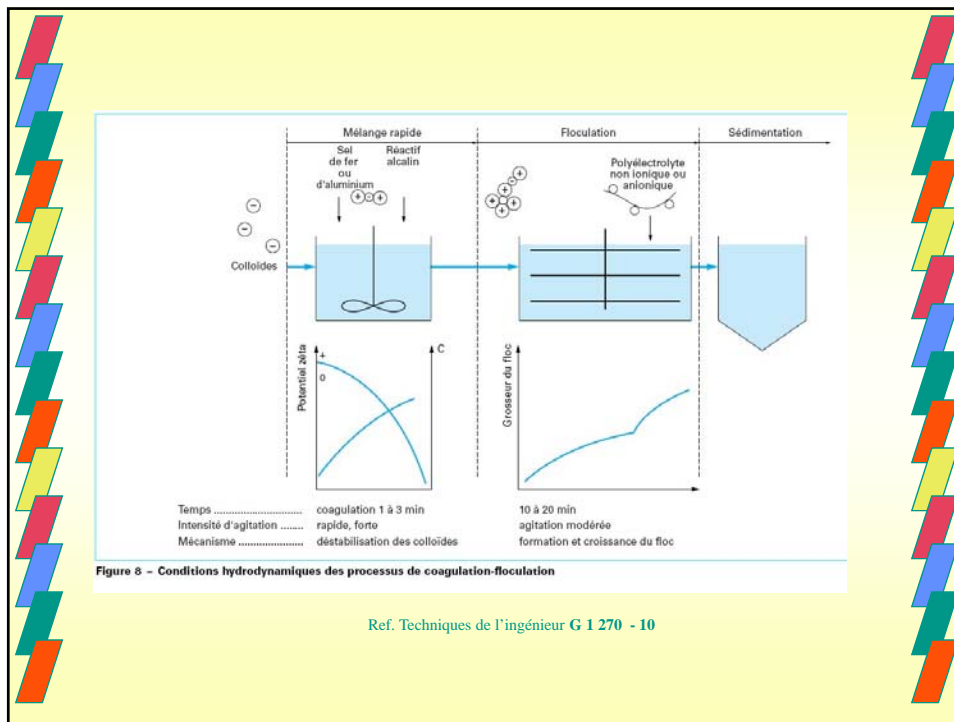
Photo 4. Floculateur à commande électrique, variateur de vitesse et minuterie

Coagulation-floculation

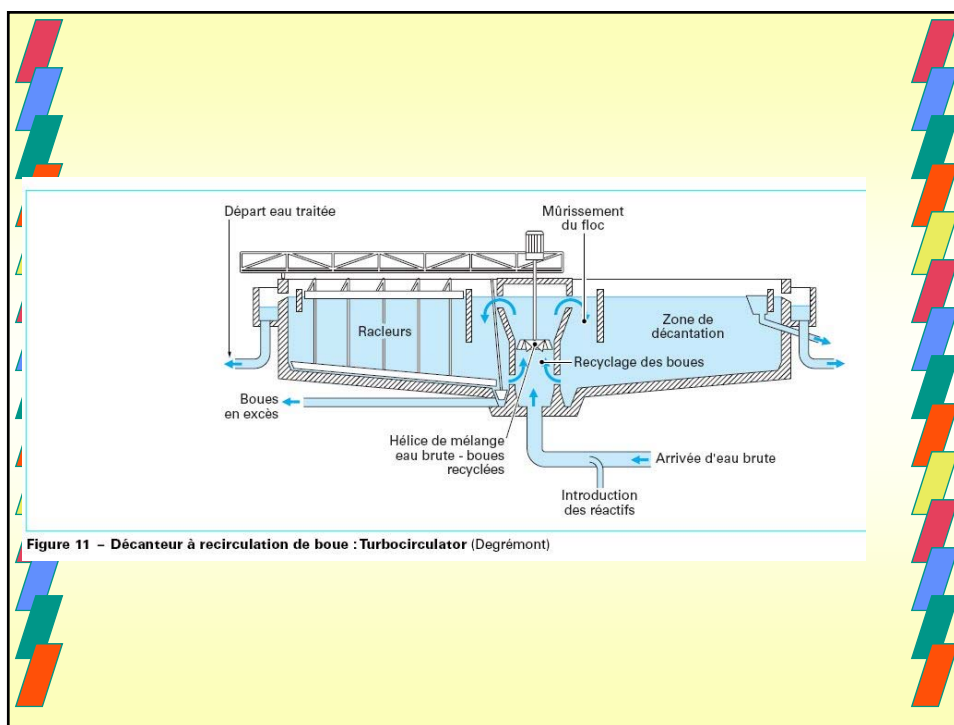
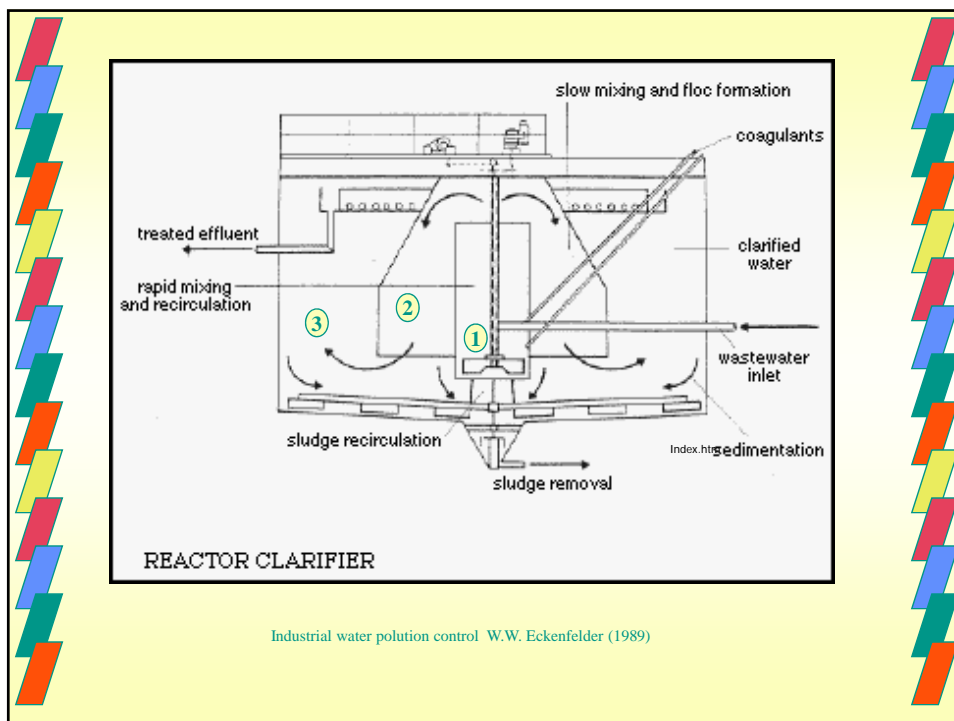


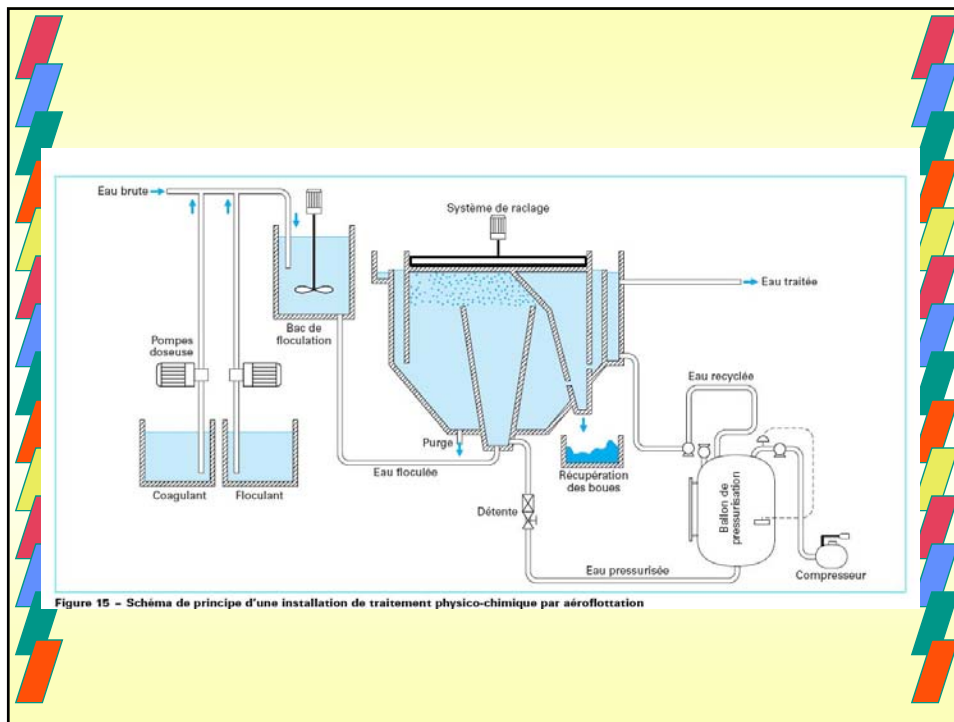
Éléments de conception:

- ① agitation forte pour la coagulation
gradient de vitesse
 $G = [P/(\mu V)]^{1/2}$ 400-1000 s⁻¹
temps de mélange de 0.1 à 30
P puissance dissipée; V volume de liquide ; μ viscosité
- ② agitation plus douce pour la floculation
G 100 s⁻¹ (bon mélange mais ne pas casser les floccs déjà formés)
temps de mélange de 20-30 min
- ③ décantation des solides



- ## Les appareils:
- ☞ 3 appareils pour chaque étape
 - ☞ 1 appareil pour les 3 étapes
 - recirculation de boues
 - contact de boues
 - ☞ voir p 4.3.3





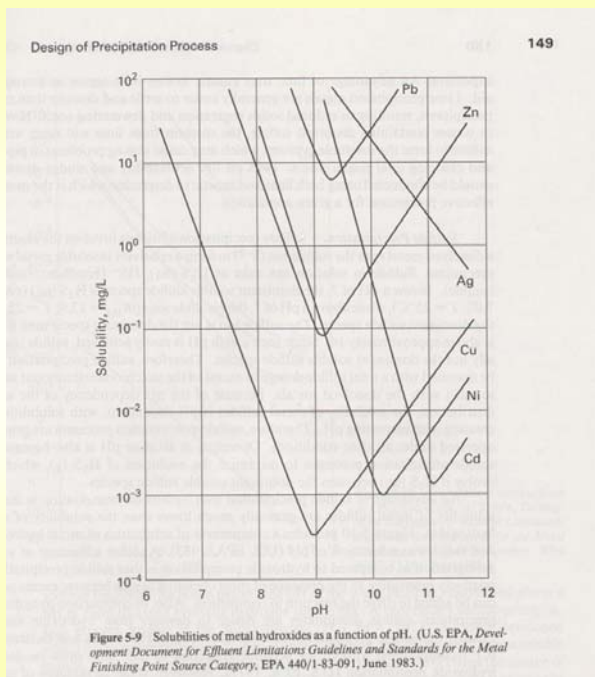
Application aux émulsions:
huiles, hydrocarbures dans l'eau

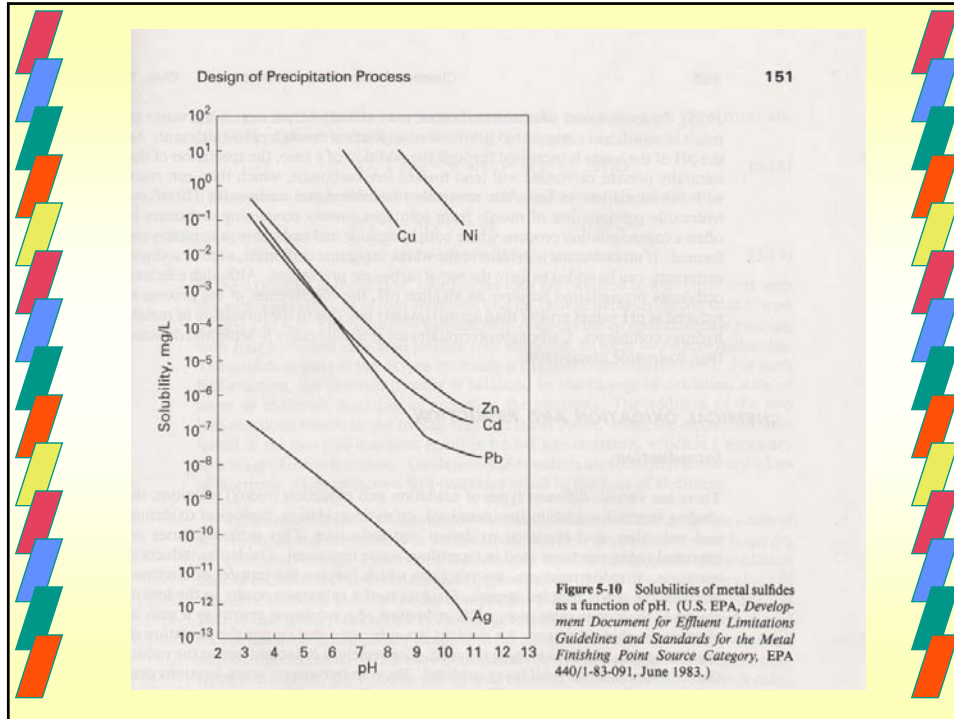
- ☞ émulsions mécaniques:
micelles de 10-100 μ m; 100-500 mg/L
- ☞ émulsions chimiques
0.1-10 μ m, concentration:
 - 100 mg/L en pétrochimie
 - 50 g/L, fluide aqueux de coupe

Précipitation des métaux lourds:

- ☞ effluents :
 - des industries de traitement de surface
 - des lixiviats d'hydrométallurgie
 - eau de lavage de gaz de combustion charbon ou ordures ménagères
- ☞ précipitation sous forme
 - d'hydroxydes, de carbonates
 - sulfures (très peu soluble)

(importance du pH=>voir p 4.4.1-2)





Ion	Commencement de précipitation à pH=	Précipitation quantitative à pH=	Redissolution à pH=	Précipitant	Valeur de base pour la précipitation quantitative
Fe ²⁺	2,8	3,5		NaOH/CaOH/NaCO ₃	2 mg/l
Sn ²⁺	3,9	colloïdal	10,6	NaOH	
Al ³⁺	4,3	4,8	8,5	NaOH/CaOH/NaCO ₃	2 mg/l
Cr ³⁺	5,5	6,3-6,5	9,2	NaOH/NaCO ₃	2 mg/l
	5,5	6,3-6,5		CaOH	
Cu ²⁺	5,8	7,5		NaOH/NaCO ₃	1 mg/l
	5,8	8,5		CaOH	
Zn ²⁺	7,6	8,3	11	NaOH	3 mg/l
	7,6	8,3		CaOH	
	7,4	7,9	11	NaCO ₃	
Ni ²⁺	7,8	9,3		NaOH/CaOH/NaCO ₃	3 mg/l
Pb ²⁺	7,0	9,5		NaOH/ CaOH	1 mg/l
	5,5	6,5	9,0 colloïdal	NaCO ₃	
Cd ²⁺	9,1	9,5-9,8		NaOH/ CaOH	3 mg/l
	7,0	7,2		NaCO ₃	
Ag ⁺	9,5	Colloïdal	Colloïdal	NaOH	
	9,25			NaCO ₃	

Tableau 2.1 : pH de précipitation des métaux (d'après L. Hartinger cité dans le " guide d'analyse des eaux de rejets de traitements de surface ", CETIM, 1990)

« *Traitement physico-chimique des eaux usées* »

☞ Exemple: traitement des eaux urbaines de la banlieue sud de Montréal (Île Charon, Longueuil)

350 000 habitants
330 000 m³/jour



☞ Avantages du physico-chimique:

- s 'adapte aux variations de charge (variation de population, entre autre variation saisonnière en zone touristique).
- faible emprise au sol (installation couverte, se dissimule aisément), zone de montagne, bord de mer
- permet sur des eaux usées domestiques l 'enlèvement de 70% de la charge polluante en DBO₅
- peut s 'adapter aux rejets industriels contenant des toxiques.