

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

HYDRAULIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention d'un diplôme d'Ingénieur d'Etat

S U J E T

ETUDE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE DE LA SEDIMENTATION SUR UN MODELE

Proposé par :

B.M. Uppaluri

F. Nakib

Etudié par :

M. Bellal

L. Fardjallah

Dirigé par :

B.M. Uppaluri

F. Nakib

PROMOTION : JUN 89

(Remerciements)

Ce modeste travail a été effectué sous la direction des professeurs UPPALURI.B.M et NAKIB.F qu'il nous soit permis de leur présenter nos sincères remerciements pour leurs suivi ainsi que pour leurs conseils

Notre vive gratitude à monsieur le responsable de la 5^{ème} Année NEBBACHE NACER-EDDINE pour son aide et ses encouragements.

On remercie également M^{lle} BEN MAMAR. Sa aide pour son soutien et sa disponibilité gratuite à tout moment.

Nos sincères remerciement aux responsables de la compagnie ARMFIELD TECHNICAL EDUCATION et spécialement à monsieur l'ingénieur en chef J.C Button qui nous a envoyé gratuitement tous les informations nécessaires.

Notre vive gratitude aux responsables de l'université de lund (Sued) pour le rapport de monsieur "P. Larson"

Nos remerciements vont également à tous les professeurs qui ont contribué à notre formation

SOMMAIRE

	page
chapitre I (Introduction)	
I.1 Preamble	1
I.2 But de travail	2
I.3 Présentation du travail	2
chapitre II (Etude théorique de la décantation)	
II.1 Définition	3
II.2 Types de décantation	3
II.2.1 Décantation des particules grenues	3
II.2.1.1 Détermination de la vitesse de chute	3
a- La force extérieure F_E (gravitaire ou centrifuge).	4
b- La force de traînée F_D	4
- Coefficient de traînée C_D	4
c- La force d'entraîne F_p	7
i- La vitesse de chute limitée au régime laminaire.	9
ii- " " " " " " " " transitoire.	10
iii- " " " " " " " " turbulent	10
II.2.1.2 La vitesse de chute au milieu concentré:	11
II.2.2 Décantation des particules flocculeuses.	12
II.3 Le flux solide	15
II.4 Paramètres influençant la vitesse de chute	18
II.4.1 L'influence de température sur la vitesse de chute	18
II.4.2 L'influence de la forme de la particule sur la vitesse	18
II.4.3 L'influence de paroi sur la vitesse de chute	18
chapitre III (Méthodes de décantation)	22
III Méthodes de décantation	22

III.1	Décantation discontinue	22
III.1.1	Aspect d'une suspension en décantation discontinue	22
III.1.1.1	Etude d'une courbe de décantation	25
	a Théorie de Kynch	26
	b Détermination graphique de point critique	28
III.2	Décantation continue	29
III.2.1	Types de décanteurs	29
III.2.1.1	Décanteurs à flux horizontal	29
	a Théorie de décanteur parfait	30
III.2.1.2	Décanteur à flux vertical	32
chapitre IV (étude expérimentale)		34
IV.1	Etude expérimentale sur "W2"	35
IV.1.1	Notions de base	36
IV.1.2	Les expériences	37
IV.1.2.1	L'expérience 1 (l'effet de la concentration)	37
	a Mode opératoire	38
	b Mode de présentation des résultats	38
IV.1.2.2	L'expérience 2 (la construction de la courbe $V_L = f(\omega)$)	39
	a Mode opératoire	39
	b Mode de présentation des résultats	39
IV.1.2.3	L'expérience 3 (l'effet de la hauteur)	40
IV.1.3	Matériel utilisé	40
IV.2	Etude expérimentale sur "W7"	41
IV.2.1	Description et mise en marche du modèle	41
IV.2.1.1	Description du modèle	41
IV.2.1.2	la mise en marche du modèle	41
IV.2.2	les expériences	45
IV.2.2.1	Expérience 1 (caractéristique hydraulique du bassin)	45

	a Mode opératoire	46
	b Présentation des résultats	47
IV.2.2	Expérience 2 (l'efficacité du bassin)	47
	a Mode opératoire	48
	b Plan de prélèvement des échantillons	49
	c Présentation des résultats	51
IV.2.3	Description de l'écoulement dans le bassin	52

chapitre V (resultats et analyse)

V.1	Généralité	55
V.2	Résultats et analyse des expériences sur W2	56
V.2.1	Expérience 1 (l'effet de la concentration)	56
V.2.2	Expérience 2 (construction de la courbe $v_L = f(C_L)$)	65
V.2.3	Expérience 3 (l'effet de la hauteur)	70
V.3	Résultats et analyse des expériences sur W7	75
V.3.1	Expérience 1 (caractéristique hydraulique du bassin)	76
V.3.2	Expérience 2 (l'efficacité du bassin)	80

chapitre VI (conclusion) 95

CHAP I

INTRODUCTION

II' PREAMBULE

La décantation se révèle être un sujet très complexe, des théories et hypothèses diverses ont été publiées dans la littérature technique, beaucoup d'entre elles sont fondées sur des études expérimentales (particulières) faites sur des modèles de bassin de sédimentation de différentes formes et divers types d'écoulement (bassin circulaire avec un écoulement radial, bassin profond de type Pyramidal avec écoulement vers le haut....); mais la configuration principale est celle d'un bassin rectangulaire, avec écoulement d'une extrémité à une autre (c'est le cas de notre modèle).

La conception de ces bassins de sédimentation, fait l'objet d'une étude théorique et expérimentale très active, Cette étude est incapable jusqu'à nos jours de fournir une procédure qui permet de prévoir avec précision les performances d'un bassin d'une échelle réelle; ceci revient au fait qu'il est impossible de faire une similitude basée sur le nombre de FROUDE ou de REYNOLDS entre le modèle et le prototype. Le fonctionnement de ce dernier dépend de certains paramètres difficile à représenter sur le modèle à titre indicatif on peut citer la variation de viscosité, la densité de la suspension, le vent, et la température ect....

I.2 BUT DU TRAVAIL

- a. Etudier théoriquement et expérimentalement le phénomène de décantation
- b. Choix de deux modèles de sédimentation (colonne et bassin)
- c. Mettre en évidence les différents facteurs influant le rendement d'un bassin de sédimentation.
- d. Etablir des travaux pratiques sur l'utilisation de ces modèles.

I.3 PRESENTATION DU TRAVAIL

Le présent projet a été divisé en 6 chapitres y compris l'introduction (chapitre I)

Les chapitres II et III comportent une synthèse des lois et théories relatives à la sédimentation accompagnée par quelques expériences menées par plusieurs chercheurs dans ce domaine.

Dans le chapitre IV l'ensemble des expériences ont été détaillées :

- Description des deux appareils employés
- Le mode opératoire des expériences
- le but d'expérimentation des deux appareils
 - les colonnes de sédimentation (W2)
 - bassin de sédimentation (W7)

Le chapitre V : comporte la présentation et l'analyse des résultats des expériences suivies par une interprétation qualitative et quantitative.

Les conclusions générales tirées à partir de ce travail sont présentées dans le chapitre VI

CHAP II

ETUDE THEORIQUE DE LA DECANTATION

II.1 DEFINITION

le déplacement dans un milieu fluide (liquide ou gazeux) de particules solides ou de gouttes de liquide (non miscible), sous l'action d'un champ d'accélération (gravitaire ou centrifuge), est appelé décantation [10]

Remarque:

Dans le présent projet, il sera essentiellement question de la décantation gravitaire.

II.2 TYPES DE DECONTATION

En générale il y lieu de distinguer deux types de particules en suspension, susceptibles d'être extraites de l'eau par décantation gravitaire

- Décantation des particules grenues: se sédimentent indépendamment les unes des autres avec une vitesse de chute constante.

- Décantation des particules floconneuses: s'agglomèrent les unes aux autres en formant des flocons, qui se sédimentent avec une vitesse croissante en fonction de leurs dimensions [10]

II.2.1 Décantation des particules grenues:

Lorsque plusieurs particules de même dimension sont présentes dans un milieu fluide, leur vitesse de chute reste sensiblement la même que celle d'une particule isolée, tant que la distance moyenne les séparant est supérieure à environ 10 fois leur diamètre; ceci signifie que la concentration en volume des particules doit être inférieure à 10^{-3} (milieu dilué)

II.2.1.1 Détermination de la vitesse de chute

On considère que la particule est en mouvement à travers

un liquide en écoulement unidimensionnel où dans un liquide au repos [3].

Les forces extérieures qui peuvent agir sur cette particule sont:

- a. une force extérieure F_E (gravitaire ou centrifuge)
- b. La force de traînée F_D
- c. La force d'entraînement F_p

a. La force extérieure F_E (gravitaire ou centrifuge)

La force extérieure est exprimée par l'équation de Newton

$$F_E = m_p a_E \quad \dots \dots \dots (II.1)$$

avec

m_p : la masse de la particule

a_E : l'accélération de la particule due à l'action des forces extérieures gravitaire ou centrifuge.

b. La force de traînée F_D

C'est la résistance opposée par le liquide au déplacement de la particule, due aux forces de viscosité et d'inertie, F_D est donnée par la formule suivante:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_l \cdot S \cdot v_p^2 \quad \dots \dots \dots (II.2)$$

avec ρ_l : la masse volumique de liquide (l'eau).

S : la projection de surface de la particule sur un plan perpendiculaire à la direction de son mouvement.

v_p : la vitesse de chute de la particule.

C_D : le coefficient de traînée, dépend du régime d'écoulement.

ce coefficient sera étudié ci-dessous.

- Le coefficient de traînée (C_D)

Ce coefficient dépend de la valeur du nombre de REYNOLDS.

(Re) qui représente le rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité, avec

$$Re = \frac{v_p \cdot d_p}{\nu} \dots \dots \dots (II-3)$$

d_p : le diamètre de la particule

ν : la viscosité du liquide (de l'eau)

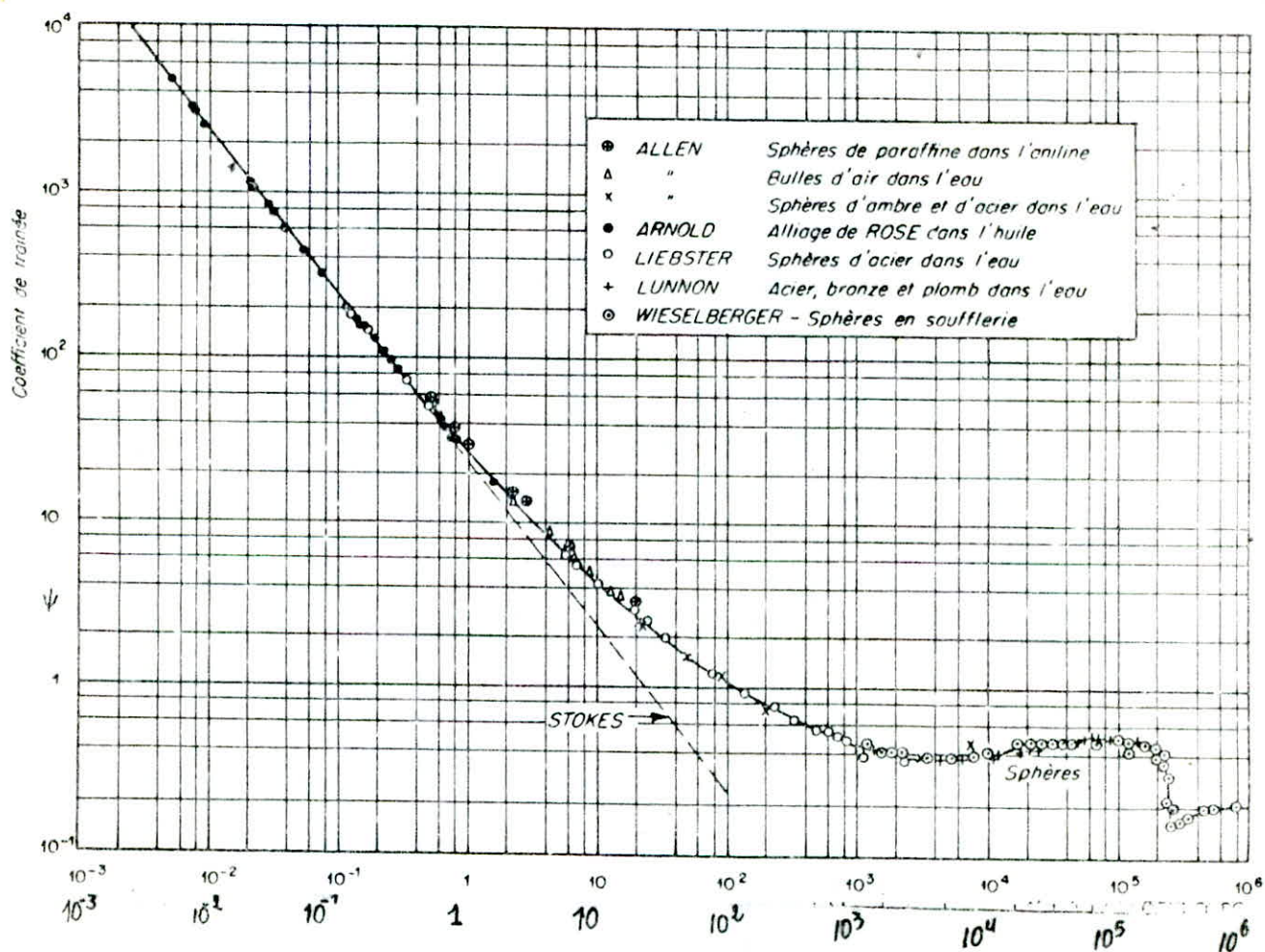
Pour la variation de coefficient de traînée C_D en fonction du nombre de REYNOLDS "Re", on distingue continuellement trois cas de figures fig (II-1)

α : Pour $Re \leq 1$: L'écoulement est laminaire, et les lignes du courant épousent la forme de la particule avec une petite zone de décollement fig (II-2.a); dans ce cas la vitesse de chute limite est donnée par la formule de STOCKES (II.18). Ce qui correspond aux particules ayant un diamètre $d_p < 0,15 \text{ mm}$. on peut citer à titre d'exemple (L'argile, limons, sables fins...) [1]

β : Pour $1 < Re \leq 10^3$: lorsque le nombre de REYNOLDS augmente, l'angle de décollement des lignes du courant augmente fig (II-2.b), et la validité de la formule de STOCKES diminue, par conséquent la courbe $C_D = f(Re)$ commence à s'écarter de la ligne droite initiale zone II fig (II-1) car l'effet de la force d'inertie ne peut plus être négligé devant la force de viscosité. [12]

ceci correspondant aux particules de diamètre $0,15 < d_p < 1,5 \text{ mm}$

δ : Pour $Re > 10^3$: pour cette gamme de Re la valeur de la vitesse est importante, ce qui provoque le détachement des lignes de courant, la zone de décollement devient importante fig (II-2-c), et la traînée due à la viscosité diminue peu à peu jusqu'à une certaine valeur moyenne de Re ; au-delà du laquelle la région de discontinuité se trouve brusquement réduite ainsi que la force de traînée, dans ce cas, la force de traînée dépend uniquement de la différence de pression normales, elle est donc indépendante de " Re " ce qui explique que pour $Re > 10^3$ la courbe $C_D = f(Re)$ devient presque horizontale (la zone-III figure II-1) [12]



zone I ————— zone II ————— zone III —————
 fig (II-1) la variation de coefficient de traînée (C_D) en fonction du nombre de REYNOLDS Re .

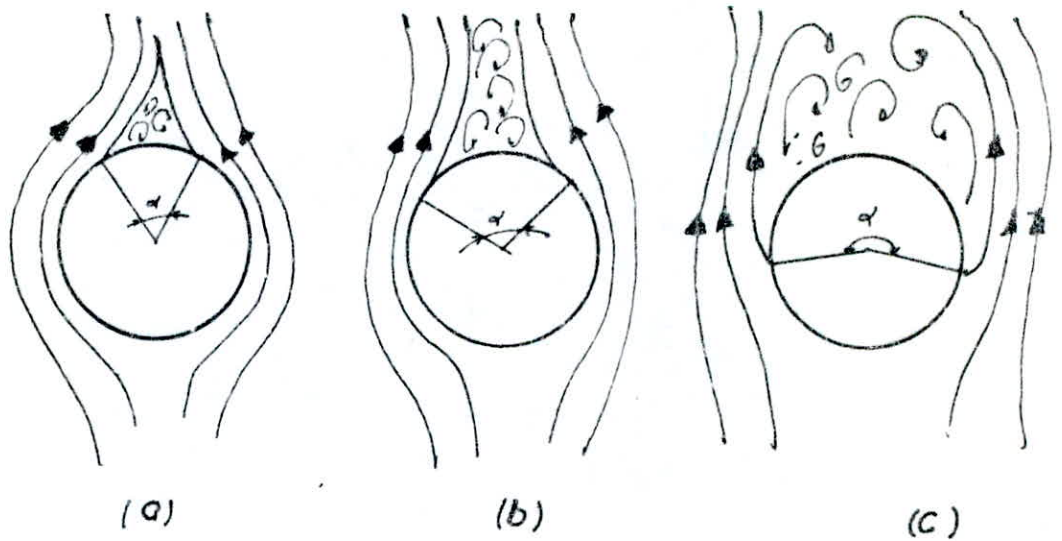


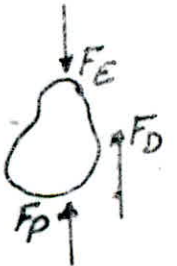
fig (II-2) Les différentes formes d'écoulement autour de la particule en chute [9]

c- La force d'entraînement F_p : est donnée par la formule suivante

$$F_p = \frac{m_p}{\rho_s} \cdot \rho_e \cdot a_e \quad \dots \dots \dots (II-4)$$

avec $\frac{m_p}{\rho_s} = V_s$ (le volume de la particule)

La résultante de ces trois forces appliquées sur la particule, est donnée par la loi fondamentale de la dynamique $F = m_p \frac{dV_p}{dt} = F_e - F_D - F_p$ (II-5)



En substituant les équations (II-2), (II-1) et (II-4) dans l'équation (II-5) on obtient

$$m_p \frac{dV_p}{dt} = m_p a_e - m_p \frac{\rho_e}{\rho_s} a_e - \frac{C_D V_p^2 \rho_e S}{2} \quad \dots \dots \dots (II-6)$$

$$\text{d'où } \frac{dV_p}{dt} = a_e - \frac{\rho_e}{\rho_s} a_e - \frac{C_D V_p^2 \rho_e S}{2 m_p} \quad \dots \dots \dots (II-7)$$

Cette dernière équation est applicable dans les deux cas suivants :

a) Si la force extérieure est gravitaire :

Dans ce cas a_e est équivalent à l'accélération de la pesanteur "g" ainsi l'équation (II-7) devient (II-8) [3]

$$\frac{dV_p}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s}\right) - \frac{C_D V_p^2 \rho_e S}{2 m_p} \dots \dots \dots (II-8)$$

b) Si la force extérieure est une force centrifuge :

alors $a_e = r\omega^2$

avec r : le rayon de rotation

ω : la vitesse angulaire (radian/sec)

donc l'équation (II-7) devient (II-9). [3]

$$\frac{dV_p}{dt} = r\omega^2 \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s}\right) - \frac{C_D \rho_e V_p^2 S}{2 m_p} \dots \dots \dots (II-9)$$

N.B ce deuxième cas n'est pas pris en compte dans le reste du projet

Sous l'action de ces trois forces, la particule descend avec un mouvement accéléré pour atteindre une vitesse constante appelée vitesse du chute limitée, elle est obtenue lorsque

$$\text{On a } F_E = F_D + F_p \dots \dots \dots (II-10)$$

ceci se traduit par

$$F = m_p \frac{dV_p}{dt} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{dV_p}{dt} = 0 \quad \text{avec} \quad m_p \neq 0$$

$$\text{donc } \frac{dV_p}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s}\right) - \frac{C_D V_p^2 \rho_e S}{2 m_p} = 0 \dots \dots \dots (II-11)$$

Pour une particule sphérique $S = \frac{\pi d_p^2}{4}$ et $m_p = \left(\frac{\pi d_p^3}{6}\right) \rho_s$

ainsi l'équation (II-11) devient (II-12)

$$\frac{3 C_D V_p^2}{4 d_p \rho_s} = g \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s} \right) \dots \dots \dots (II-12)$$

d'où on tire la valeur de la vitesse de chute limite

$$V_p = \sqrt{\frac{4 (\rho_s - \rho_e) g d_p}{3 C_D \rho_e}} \dots \dots \dots (II-13)$$

D'après l'expression (II-13) on peut dire que la vitesse de chute limite dépend de :

- La nature, la forme, et de la densité de la particule.
- La densité de l'eau et le coefficient de traînée $\left(C_D = \frac{2 F_D}{S \cdot \rho_e \cdot V_p^2} \right)$

En d'autres termes du régime d'écoulement (laminaire, transitoire et turbulent) [3]

i- La vitesse de chute limite dans le régime laminaire ($Re \ll 1$):

Dans ce régime, la force de résistance qui agit sur la particule sphérique est donnée par la formule de M. STOCKES [3]

$$F_D = 3 \pi d_p \mu V_p \dots \dots \dots (II-14)$$

cette force peut être substituée dans l'équation (II-1) qui devient

$$m_p \frac{dV_p}{dt} = m_p \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s} \right) g - 3 \pi d_p \mu V_p \dots \dots \dots (II-15)$$

comme $m_p = (\pi d_p^3 / 6) \rho_s$

$$\text{donc } \left(\frac{\pi d_p^3}{6} \right) \rho_s \cdot \frac{dV_p}{dt} = \frac{\pi d_p^3}{6} (\rho_s - \rho_e) g - 3 \pi d_p \mu V_p \dots \dots \dots (II-16)$$

$$\text{d'où } \frac{dV_p}{dt} = \frac{(\rho_s - \rho_e) g}{\rho_s} - \frac{18 \mu V_p}{d_p^2 \cdot \rho_s} \dots \dots \dots (II-17)$$

comme la vitesse limite est atteinte pour $\frac{dV_p}{dt} = 0$
d'où

$$V_p = \frac{(\rho_s - \rho_e) g d_p^2}{18 \mu} \dots \dots \dots (II-18)$$

cette expression est appelée loi de STOKES.

Le coefficient de trainée correspond à ce régime d'écoulement est obtenu comme suite

D'après l'équation (II-13) on a

$$C_D = \frac{4(\rho_s - \rho_e)g d_p}{3 v_p^2 \rho_e} \quad \text{(II-19)}$$

en remplaçant v_p par son expression (II-18) dans l'équation (II-19) on obtient

$$C_D = \frac{4(\rho_s - \rho_e)g d_p}{3 v_p \rho_e} \cdot \frac{18 \mu}{(\rho_s - \rho_e)g d_p^2} = \frac{24 \mu}{d_p v_p \rho_e} = \frac{24}{Re}$$

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad \text{(II-20)}$$

ii La vitesse de chute limite dans le régime transitoire [92]

En remplaçant l'expression de C_D donnée dans ce cas

comme suit. $C_D = \frac{18}{Re^{0,6}}$ (II-21)

dans l'équation (II-13), on obtient

$$v_p = \frac{0,153 g^{0,71} d_p^{1,14} (\rho_s - \rho_e)^{0,71}}{\rho_e^{0,29} \mu^{0,43}} \quad \text{(II-22)}$$

iii La vitesse de chute limite dans le régime turbulent:

Dans ce cas C_D reste approximativement constant, il vaut 0,44

zone III fig (II-1) d'où on obtient

$$v_p = 1,74 \sqrt{\frac{g d_p (\rho_s - \rho_e)}{\rho_e}} \quad \text{(II-23)}$$

II.2.1.2 La vitesse de décantation dans un milieu concentré

Dans une suspension contenant un grand nombre de particules, on considère habituellement chaque particule individuellement comme prolongée dans un milieu fluide formé de l'ensemble de la suspension (moins cette particule elle-même), c.-à.-d. ayant la masse volumique et la viscosité de la suspension [10].

On considère que cette hypothèse comme valable, mais le problème est de savoir ce qu'est la viscosité d'une suspension par rapport à ses propres particules. et ceci n'a pas encore été résolu de façon générale.

Vitesse de décantation :

Pour des valeurs du nombre de REYNOLDS ($Re \ll 1$), on peut admettre que la viscosité cinématique équivalente ν_c d'une suspension s'exprime approximativement à partir de la viscosité du liquide ν_l par la formule [10]

$$\nu_c = \nu_l / (1 - C_v / C'_v) \quad \dots \dots \dots (II-24)$$

C_v : concentration en volume de solide dans la suspension

C'_v : la valeur limite de C_v à la fin de décantation
(concentration en volume tassé)

En remplaçant la concentration en solide par la dilution D (volume de liquide par unité de masse de solide m^3/kg) [10] égale à

$$D = \frac{1}{C} - \frac{1}{\rho_s} \quad \dots \dots \dots (II-25)$$

avec $C = C_v \rho_s \quad \dots \dots \dots (II-26)$

C : concentration en masse par unité de volume

on obtient
$$\nu_c = \nu_l \frac{D + 1/\rho_s}{D - D'} \quad \dots \dots \dots (II-27)$$

où D' : la dilution limite (la valeur de D à la fin de la décantation avec un liquide de masse volumique ρ_l , de masse volumique d'une

suspension de dilution D est

$$s_c = \frac{D s_e + 1}{D + 1/s_s} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-28})$$

L'équation de STOCKES (II-18) peut être écrite sous la forme (II-29), après avoir remplacé s_e et μ_e par s_c et μ_c

$$V_p = \frac{0,545 (s_s - s_e) (D - D') dp}{(1/D + s_e) (D + 1/s_s) \mu_e} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-29})$$

II.2.2 D'écantation des particules flocunneuses:

Dans la d'écantation des particules flocunneuses, la détermination de la vitesse de chute d'une particule est difficile, car il y a un changement dans les caractéristiques physique du liquide

Pour la détermination de cette vitesse M. ROBINSON [3] a fait des modification sur la loi de STOCKES, en changeant s_e par s_c et μ par μ_c

μ_c = la viscosité dynamique de la suspension
ainsi la loi de STOCKES devient.

$$V_s = \frac{K dp^2 (s_s - s_c) g}{\mu_c} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-30})$$

K : constante dépendant de la forme des particules solides

V_s : la vitesse de chute de la suspension

la masse volumique de la suspension peut être calculé comme

suit [3]: $s_s - s_c = s_s - (s_s C_v + s_e e) = e [s_s (1 - e) + s_e e] \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-31})$

d'où $s_s - s_c = e (s_s - s_e) \Rightarrow s_c = (1 - e) s_s - s_e \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-32})$

$C_v + e = 1 \quad \dots \dots \dots \quad (\text{II-33})$

avec e : indice de porosité

$$e = \frac{\text{volume d'eau}}{\text{volume total de la suspension}} = \frac{W_e}{W_t}$$

D'autre part M. ROBINSON [2] a trouvé que l'expression de la viscosité dynamique d'une suspension est

$$\mu_c = \mu (1 + K' C_v) \quad \dots \quad (II-34)$$

avec $K' = 2,5$ pour les particules sphériques.

La formule ci-dessus est applicable pour des concentrations volumétriques $C_v > 2\%$

Dans le même contexte M. VAND [2] a proposé une deuxième formule pour le calcul de la viscosité dynamique de la suspension

$$\mu_c = \mu e^{K' C_v (1 - 0,609 C_v)} \quad \dots \quad (II-35)$$

En plus de la formule (II-30) une autre a fait son apparition grâce aux études expérimentales sur des petites particules uniformes, menées par STEINOUR [2].

$$V_p = \frac{d_p^2 (\rho_s - \rho_c) g \cdot 10^{-4} (1 - e)}{18 \mu} \quad \dots \quad (II-36)$$

où V_p est la vitesse de chute d'une seule particule qui peut être exprimée autrement.

$$V_p = V_s + V_s \frac{(1 - e)}{e} = \frac{V_s}{e} \quad \dots \quad (II-38)$$

avec V_s : vitesse de chute de la suspension

$\frac{V_s(1-e)}{e}$: la vitesse de déplacement de l'eau vers le haut lors de la chute de particule.

En remplaçant (II.37) et (II.38) dans (II.36) on trouve

$$V_s = \frac{e^2 d_p^2 (\rho_s - \rho) g}{18 \mu} 10^{-2.82(1-e)} \quad (\text{II.39})$$

Une expression plus simplifiée donnant la vitesse de chute d'une seule particule a été trouvée par M. HAWKSLEY [2]

$$V_p = \frac{V_s}{e} = \frac{d_p^2 (\rho_s - \rho_c) g}{18 \mu c} \quad (\text{II.40})$$

Dans un milieu concentré, la décantation est caractérisée par un flux solide (débit massique par unité de surface), symbolisé par Ψ , est donné par la formule

$$\Psi = C_v V_s \quad \dots \quad (II-41)$$

Cette relation entre la vitesse de chute V_s et la concentration C_v , est obtenue expérimentalement. Pour différentes valeurs de concentration, on mesure la vitesse de sédimentation (V_s), les résultats trouvés permettent d'établir l'allure de la fonction $\log V_s = f(\log e)$ la courbe est une droite d'équation ①

$$\log V_s = n \log e + \log V_i \quad \dots \quad (II-42)$$

avec n : la pente de cette droite

V_i : la vitesse de chute de la particule, correspondant à une dilution infinie ($e=1$)

d'autre part :

$$\log V_p = \log V_i + \frac{d_p}{d_c} \quad \dots \quad (II-43)$$

avec d_c : diamètre de la colonne

d'après les équation (II-42) et (II-43) on tire

$$\log V_s = n \log e + \log V_p \quad \dots \quad (II-44)$$

$\frac{d_p}{d_c}$ est négligeable pour les fines particules et enfin on trouve d'après l'équation (II-44)

$$\frac{V_s}{V_p} = e^n \quad \dots \quad (II-45)$$

d'où

$$\Psi = C_v \cdot V_p \cdot e^n \quad \dots \quad (II-46)$$

① voir fig (II-3)

d'après cette dernière équation on constate que ψ dépend uniquement de la porosité "e"

Le flux max est obtenu pour une valeur de (e) comprise entre 0 et 1, déterminée ainsi

$$\frac{d\psi}{de} = V_p \{ n e^{n-1} (1-e) + e^n (-1) \} \quad \dots \quad (\text{II-47})$$

$$\frac{d\psi}{de} = V_p \{ n e^{n-1} - (n+1) e^n \} \quad \dots \quad (\text{II-48})$$

quand $\frac{d\psi}{de} = 0$

$$n e^{n-1} (1-e) - e^n = 0 \quad \dots \quad (\text{II-49})$$

où $n(1-e) = e \quad \dots \quad (\text{II-50})$

donc $e = \frac{n}{1+n} \quad \dots \quad (\text{II-51})$

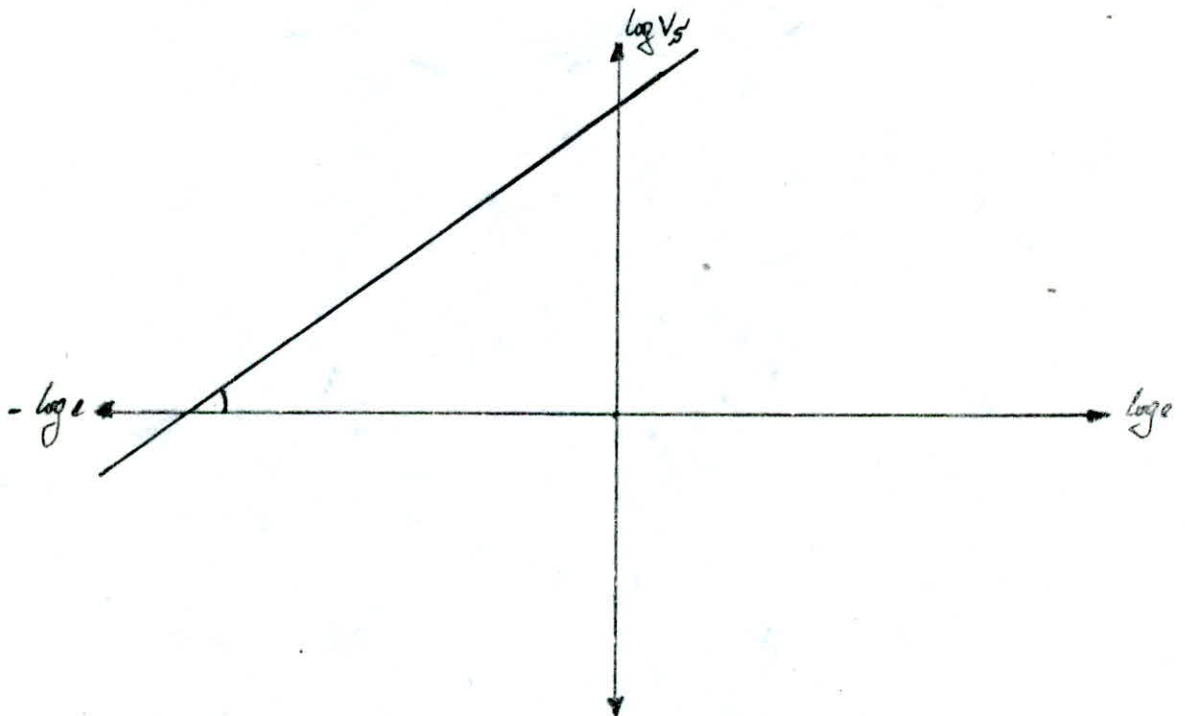


Fig (II - 3)

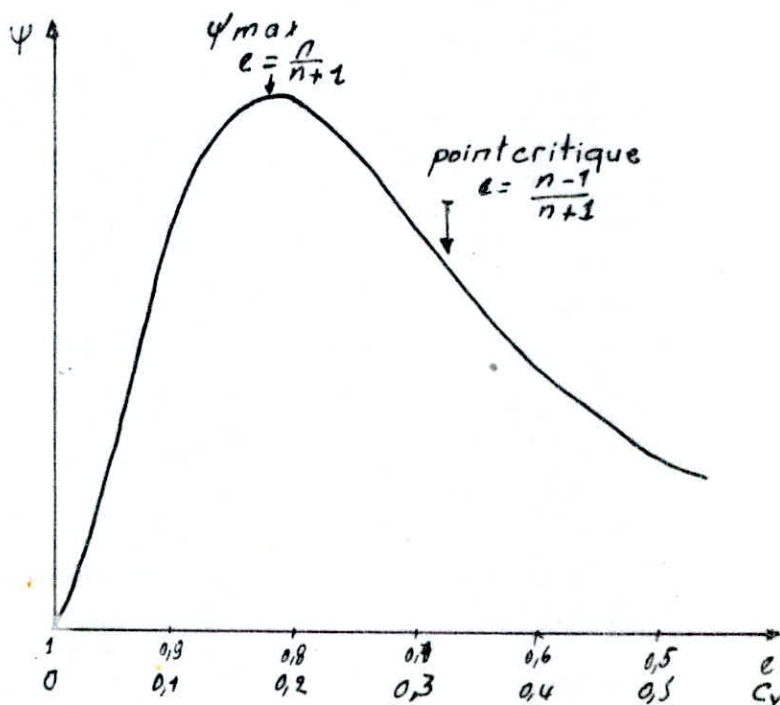
De même manière on peut déterminer la valeur de l'indice de porosité (e) correspondant au point d'inflexion (point critique) de la courbe $\Psi = f(e)$ (fig (II-4))

$$\frac{d^2\Psi}{de^2} = \nu_p \{ n(n-1)e^{n-2} - (n-1)n e^{n-1} \} \quad (\text{II-52})$$

quand $\frac{d^2\Psi}{de^2} = 0$

$$n-1 - (n+1)e = 0 \quad \dots \dots \dots (\text{II-53})$$

donc $e = \frac{n-1}{n+1} \quad \dots \dots \dots (\text{II-54})$



fig(II-4)

La variation du flux Ψ en fonction de l'indice de porosité (e).

II.4 PARAMETRES INFLUENCANT LA VITESSE DE CHUTE

II.4.1 L'influence de la température sur la vitesse de chute

La vitesse de chute étant fonction de la viscosité, cette dernière dépend essentiellement de la température selon la relation

$$V_c = \frac{0,0117}{1 + 0,0337t + 0,000221 t^2} \cdot 10^{-4} \left(\frac{m}{s}\right) \quad (II-55)$$

avec t = la température en $^{\circ}C$.

Donc l'influence de la température sur la vitesse de chute peut être appréciée pour les parties gauches du diagramme $C_D = f(Re)$ fig II-1 est spécialement dans la première zone ($Re < 1$), où la force de traînée due à la viscosité est prédominante [12].

Si la température augmente, la viscosité diminue par conséquent la vitesse de chute augmente, d'où il en résulte une diminution dans la capacité de transport solide.

Au fur et à mesure qu'on se déplace vers les parties droites du diagramme $C_D = f(Re)$, l'influence devient moins importante (à cause de la diminution de la force de traînée). On conclut que l'effet de la température est beaucoup plus marqué pour les fines particules que pour les grosses particules. [12]

II.4.1 L'influence de la forme de la particule sur la vitesse de chute

En générale la forme des particules en suspension est différente de celle d'une sphère. Pour apprécier l'influence de la forme sur la vitesse de chute, on a introduit la notion de coefficient

volumétrique "B" qui caractérise la forme des particule, il est égale dans le cas d'une seule particule à :

$$B = \frac{W}{\frac{\pi d_p^3}{6}} \quad (\text{II-56})$$

avec W : le volume de la particule (ou du grain)
 $\frac{\pi d_p^3}{6}$: volume d'une sphère ayant comme diamètre " d_p ", la plus grande dimension de la particule (ou du grain)

Et pour un mélange de N particules il est donné par

$$B_m = \frac{\sum_{i=1}^N W_i}{\sum_{i=1}^N \frac{\pi}{6} \cdot d_{pi}^3}$$

avec :

W_i : volume de la particule (ou grain) de diamètre d_{pi}

Des expériences ont été effectués par un groupe de chercheurs dans une colonne de 7m de hauteur et de 300mm de diamètre. Ils ont procédé de la manière suivante: [18]

- ont lâché des grains de coefficients volumétriques de diamètres différents dans la colonne.
- Puis pour chaque grain, ils ont mesuré la vitesse de chute.
- les résultats trouvés sont présentés dans la fig (II-6)

II.4.3 L'influence des parois sur la vitesse du chute

L'influence des parois sur la vitesse du chute n'apparait que lorsque le rapport suivant dépasse une certaine valeur C .

$$\frac{d_p \text{ (diamètre du grain)}}{d_c \text{ (diamètre de la colonne)}} > 0,25$$

Le même groupe de chercheurs s'est penché sur ce problème. Ils ont effectués les mêmes types d'expériences, dans trois (3) colonnes de 7m de hauteur, chacune et de diamètre respectifs 40 - 104 - 300 mm et avec des particules ayant un coefficient volumétrique (B) égale à 0,3. Les résultats trouvés sont présentés dans la figure (II-5), d'où l'on constate la diminution de la vitesse de chute pour $\frac{d_p}{d_c} > 0,25$. [12]

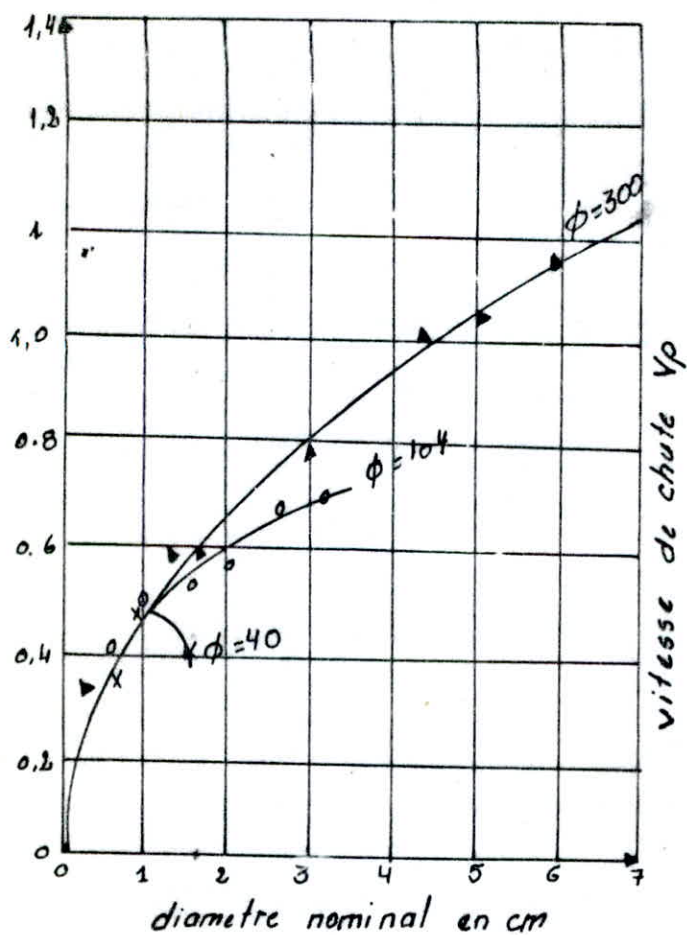


Fig (II-5)

La variation de la vitesse de chute en fonction du diamètre nominal $\beta = 0,3$

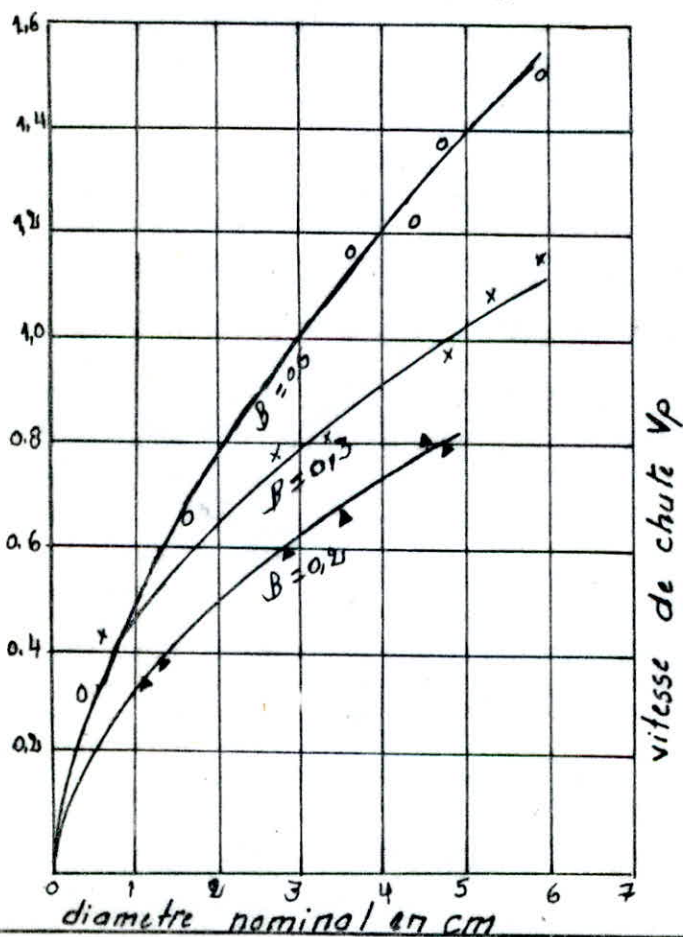


Fig (II-6)

La variation de la vitesse de chute en fonction du diamètre nominal pour des grains de coefficient volumétrique $\beta = 0,6 \cdot 0,3 \cdot 0,2$

CHAP III

METHODES DE DECANTATION

METHODES DE DECANTATION

En générale, on distingue deux méthodes de décantation

- Décantation discontinue
- Décantation continue

Ces deux méthodes feront respectivement l'objet de nos études expérimentales sur l'appareil W2 (colonnes de décantation) et sur W7 (bassin de décantation)

III.1 DECANTATION DISCONTINUE

Elle se fait dans un décanteur discontinu, constitué par une cuve que l'on remplit rapidement de suspension et qu'on laisse au repos pendant un certain temps.

Après un temps de décantation suffisant, on siphonne le liquide clarifié jusqu'au niveau de la boue. Une fois que le siphonnage est terminé, on évacue la boue restante par le fond de la cuve, puis on recommence la même opération.

Le modèle le plus simple de décantation discontinue est représenté par une éprouvette cylindrique transparente. [10]

III.1.1 Aspect d'une suspension en décantation discontinue:

On peut facilement examiner l'aspect d'une suspension en décantation discontinue dans une éprouvette cylindrique transparente, si on verse dans cette éprouvette une suspension de granulométrie étendue, et après avoir bien agité cette suspension, on observe à partir du moment où l'on cesse l'agitation on voit (fig III.1)

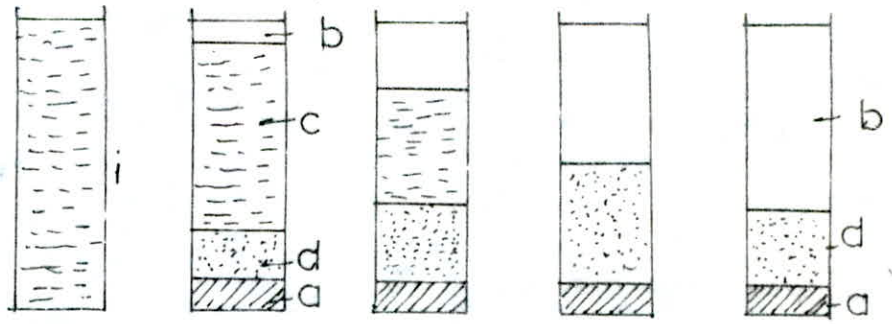


fig (III-1) Evolution de l'aspect d'une suspension au cours de décantation

- a zone de grosses particules
- b " " liquide clair
- c " " même aspect que la suspension de départ
- d " " intermédiaire
- i suspension dans l'état initial (après homogénéisation)

a) La zone a : située au bas de l'éprouvette, elle est facilement identifiable nettement marquée, contenant les grosses particules à décantation rapide. Cette zone monte rapidement puis se stabilise au bout d'un temps assez court, correspondant à la décantation presque totale des grosses particules.

b) La zone b : située dans la partie supérieure de l'éprouvette, est une zone du liquide généralement claire, marquée par une interface nette entre le liquide clair et la suspension en décantation.

Remarque :

Au cas où la dilution est trop importante, la floculation des fines particules n'est pas complète, par conséquent l'interface n'est pas très nette.

c) La zone c : située au dessous de l'interface avec la zone "b", elle conserve l'aspect de la suspension de départ, limitée à sa partie inférieure par la zone "d" ci-après.

d) La zone d : est une zone intermédiaire dont l'aspect varie de bas en haut entre celui de la zone (a) et la zone (c)

Le niveau supérieur de cette zone monte en même temps que le niveau de la zone (c) descend, la zone (d) s'étend jusqu'à l'interface au moment où la zone "c" disparaît puis elle descend avec une vitesse de plus en plus lente pour finir par se stabiliser après un temps qui peut, pour certaines suspensions atteindre plusieurs jours [10]

Remarques: 1) Si le rang^① des dimensions des particules en suspension est $\leq 6:1$ La suspension décanter avec interface (claire) voir la fig (III-1)

Dans ce cas l'erreur maximale sur le calcul du diamètre équivalent par la loi de STOCKES est de l'ordre de 6:1

2) Si le rang est $> 6:1$ l'interface ne sera pas bien claire ce qui implique que les zones de décantation, est identifiées par conséquent l'observation de la montée du niveau de la boue sera difficile fig (III-2) [14].

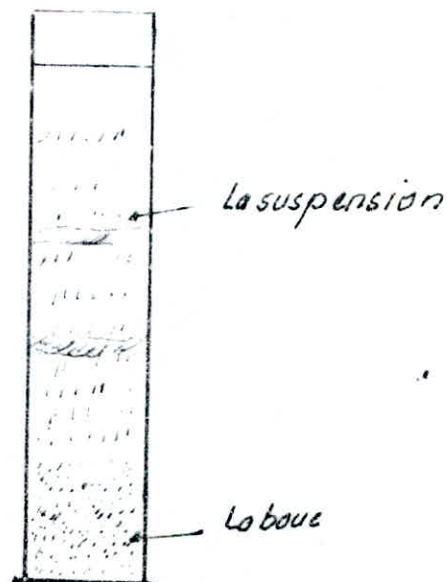
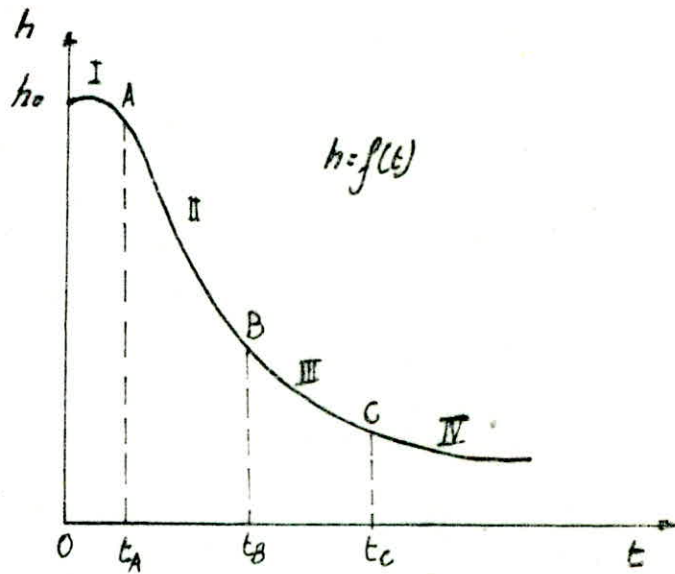


fig (III-2)

① rang : Le rapport entre le diamètre maximal et minimal de la particule.

III.1.1.1 Étude d'une courbe de décantation

La courbe de décantation représente la variation de niveau de l'interface 'H' en fonction du temps; elle peut être décomposée en quatre régions séparées par les points A, B et C. [10]



fig(III-3) forme générale d'une courbe de décantation

Région I : elle correspond à la durée initiale de floculation, elle peut être négligeable ($t_A=0$) si la floculation est rapide.

Région II : c'est la région où la vitesse de décantation est constante

$$V_s = \frac{h_B - h_A}{t_B - t_A} = \frac{1}{S_p} \frac{W_B - W_A}{t_B - t_A} \quad \dots \quad (III-1)$$

avec W_A, W_B : les volumes de la suspension correspondants aux point A et B

S_p : section de l'éprouvette.

Région III : à partir du point B, il se produit une diminution progressive de la vitesse de chute à cause des

actions perturbatrices, en particulier l'interaction entre flocons. Le point "B" est rarement marqué et par fois imperceptible.

" Région III: à partir du point c, les flocons se touchent et forment un réseau semi-rigide, par conséquent la vitesse de chute est très faible, le phénomène observé dans ce cas est celui de la compression de la boue. [10]

a) Théorie de KYNCH

L'évolution des suspensions concentrées durant la sédimentation a été analysée par KYNCH [2], Les principales hypothèses de cette théorie sont:

a. La concentration des particules est uniforme à travers une couche horizontale.

b. Les effets de paroi sont négligés.

c. L'influence de la forme et de dimension des particules est négligée, autrement dit on a affaire à une suspension uniforme.

d. La vitesse de chute des particules dépend seulement de leur concentration locale.

e. La concentration augmente vers le fond de decanteur.

f. La vitesse de sédimentation tend vers zéro quand la concentration se rapproche d'une valeur limite correspondant à la couche de boue déposée au fond du bassin.

si à un niveau horizontal d'un décanteur, la concentration des particules est C_v leur vitesse de sédimentation est V_s , alors le flux solide (ψ) sera donné par la formule

$$\psi = V_s \cdot C_v \quad \dots \dots \dots (III-2)$$

La variation du flux solide entre la hauteur H et $H + dH$ ayant respectivement les concentrations C_v et $C_v + \left(\frac{\partial C_v}{\partial H}\right) dH$ est donnée comme suit

$$\left\{ \left(\psi + \frac{\partial \psi}{\partial H} dH \right) - \psi \right\} dt = \frac{\partial}{\partial t} (C_v dH) dt \quad \dots \dots (III-3)$$

d'où $\frac{\partial \psi}{\partial H} = \frac{\partial C_v}{\partial t} \quad \dots \dots \dots (III-4)$

d'autre part $\frac{\partial \psi}{\partial H} = \frac{\partial \psi}{\partial C_v} \cdot \frac{\partial C_v}{\partial H} = \frac{d\psi}{dC_v} \cdot \frac{\partial C_v}{\partial H} \quad \dots \dots (III-5)$

ψ dépend uniquement de C_v

la combinaison des deux équations (III-4) et (III-5) donne

$$\frac{\partial C_v}{\partial t} - \frac{\partial \psi}{\partial C_v} \cdot \frac{\partial C_v}{\partial H} = 0 \quad \dots \dots \dots (III-6)$$

en général, la concentration (C_v) des particules en décantation ne dépend que de leur position, et du temps $C_v = f(H, t)$

$$dC_v = \frac{\partial C_v}{\partial H} dH + \frac{\partial C_v}{\partial t} dt \quad \dots \dots \dots (III-7)$$

pour C_v constante on a

$$\frac{\partial C_v}{\partial H} dH + \frac{\partial C_v}{\partial t} dt = 0 \quad \dots \dots (III-8)$$

d'après l'éq (III-8) on trouve $\frac{\partial C_v}{\partial H} = - \frac{\partial C_v}{\partial t} / \frac{dH}{dt} \quad \dots \dots (III-9)$

En remplaçant dans l'équation (III-6) l'équation (III-9) on obtient

$$\frac{\partial C_v}{\partial t} - \frac{\partial \psi}{\partial C_v} \left\{ - \frac{\partial C_v}{\partial t} / \frac{dH}{dt} \right\} = 0 \quad \dots \dots (III-10)$$

ce qui donne $-\frac{d\psi}{dC_v} = \frac{dH}{dt} = V_s \quad \dots \dots (III-10)$

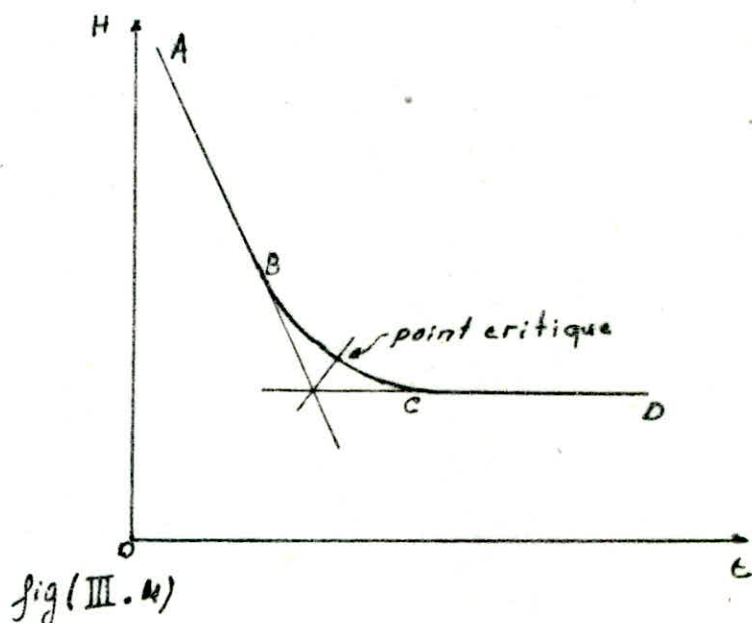
cette dernière équation a été traduite par le principe de KYNCH ; qui dit que la vitesse de chute de la suspension dépend de la concentration locale.

b) Détermination graphique du point critique

Le point critique correspondant à l'égalité entre le niveau de la boue et celui de l'interface.

La détermination graphique de ce point est faite selon les étapes suivantes:

- On prolonge les deux parties droite (AB) et (C-D) de la courbe $H = f(t)$ fig(III-4)
- A partir du point d'intersection de ces droites prolongées on trace une bisectrice.
- Le point d'intersection de cette bisectrice avec la courbe $H = f(t)$ donne directement le point critique.



DECANTATION CONTINUE

La décantation dans des appareils où l'eau est au repos n'est utilisée que rarement. Les appareils industriels dans les stations de traitement et d'épuration sont alimentés de façon continue (ou semi-continue en cas de travail à temps partiel).

Le débit d'alimentation arrive en continu et les boues décantées sont elles-mêmes très généralement soutirées en continu [10]

La décantation continue peut être faite sur deux genres de décanteurs suivant le flux d'écoulement.

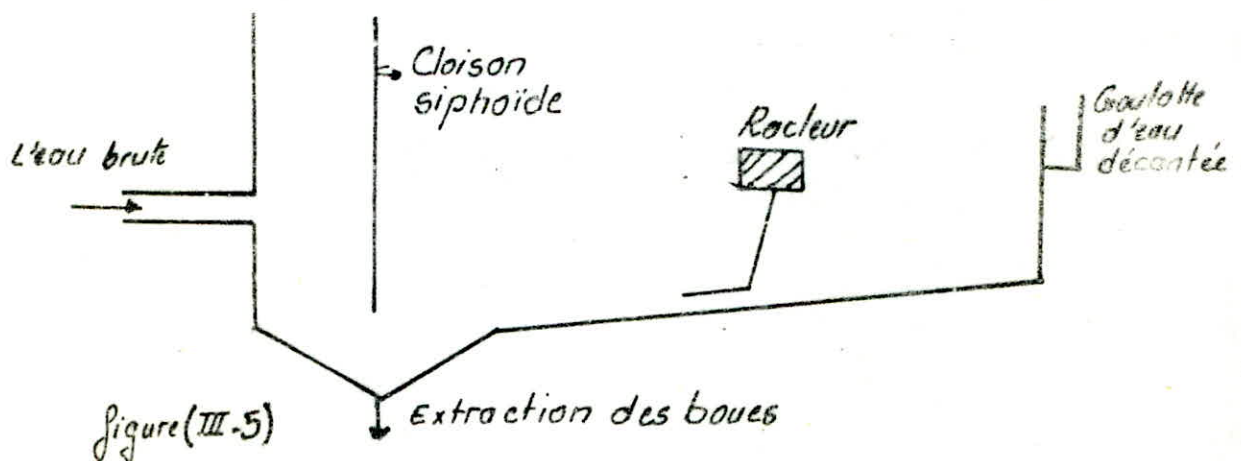
III.2.1

Types de décanteurs

III.2.1.1

Décanteurs à flux horizontal:

Ils sont de forme rectangulaire, l'eau pénètre soit par une cloison perforée, soit par une cloison siphonoïde (en forme de siphon). Le fond de l'appareil est généralement incliné et l'eau décantée est récupérée à l'extrémité de l'appareil par déversement dans une goutte à goutte. Les boues peuvent être raclées ou non. Des vidanges périodiques sont faites au moyen de purge. Le schéma général de ce type d'appareil est présenté dans la fig (III-5). [15]



Ces appareils ont connu une amélioration spectaculaire dans leurs rendements (le taux d'élimination des particules en suspension), en cloisonnant l'intérieur de façon à diminuer la distance de chute des particules.

a) Théorie de décanteur parfait

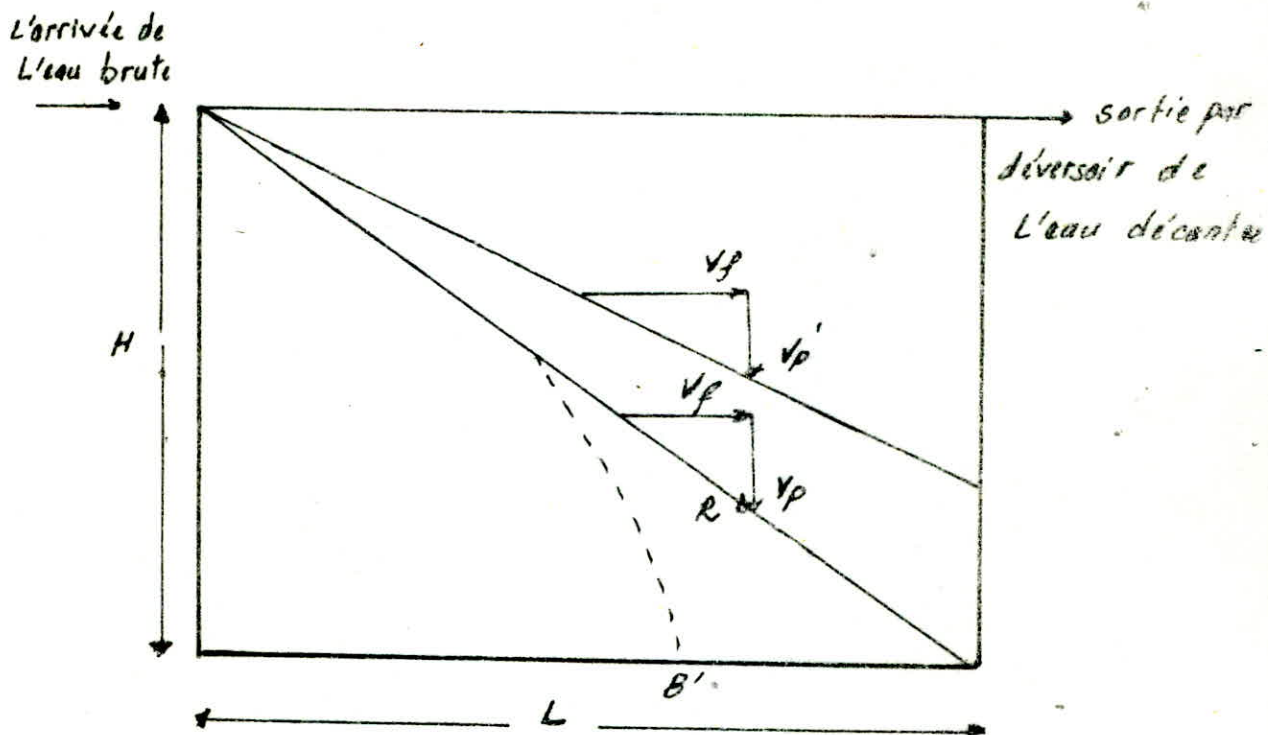


fig (III.6) représentation schématique du mécanisme de décantation

H : La hauteur de décanteur.

L : La longueur de décanteur.

v_f : La vitesse d'écoulement horizontal.

v_p : la vitesse de chute de la particule dans l'eau au repos.

Dans un bassin rectangulaire (fig III-6) l'eau et ont en mouvement, la particule est soumise à une force résultante R qui est obtenue à partir des composantes V_p (résultante des forces appliquées à une particule chutant dans l'eau au repos = vitesse de chute de la particule) et V_f (force due à la vitesse de passage du fluide dans le décanteur)

AB représente le trajet maximum que peut parcourir une particule qui traverse le décanteur.

s'il s'agit d'une particule grenue, elle suivra la trajectoire AB selon un mouvement uniformément linéaire, et s'il s'agit d'une particule floculée qui continue à grossir au fil de l'eau par agglomération de nouvelles particules colloïdales destabilisées. Elle suivra la trajectoire AB' selon un mouvement uniformément accéléré. En générale, les particules floculées décantent plus vite que les particules grenues, et le décanteur parfait doit donc assurer l'élimination totale des particules grenues qui sont les plus lentes à décanter si leurs dimensions sont très faibles

le temps mis par la particule pour parcourir la distance H est t_1

$$t_1 = \frac{H}{V_p} \dots \dots \dots (III-3)$$

Et le temps mis par l'eau pour parcourir la distance L est t_2

$$t_2 = \frac{L}{V_f} \dots \dots \dots (III-4)$$

La condition nécessaire pour que la particule arrive au point B,

$$t_1 \leq t_2$$

$$\frac{H}{V_p} \leq \frac{L}{V_f}$$

La vitesse moyenne d'écoulement $V_f = \frac{Q}{L \cdot H} \dots \dots \dots (III-5)$

L = largeur du décanteur

$$V_p \geq \frac{Q}{L \cdot L} = \frac{Q}{S_d} \quad (\text{III-6})$$

avec S_d = surface au sol.

$$V_H = \frac{Q}{S_d} \quad (\text{III-7})$$

Q : débit d'écoulement dans le bassin.

La formule ci-dessous représente la vitesse de HAZEN, elle caractérise chaque type de décanteur. Il est évident que cette vitesse représentant la valeur minimale critique, pour assurer une bonne décantation, est indépendante de la hauteur de décanteur, donc on a intérêt à réaliser des décanteurs le moins haut possible, tout en laissant une hauteur telle que les boues ne soient pas remises en suspension du fait que la vitesse horizontale de l'eau s'en trouve augmentée.

Remarque : Dans le cas où les particules n'ont pas la même granulométrie, les vitesses de chute sont différentes, les particules ayant une vitesse V_p' inférieure à V_H seront retenues dans le décanteur, dans la proportion du rapport V_p'/V_H , le pourcentage sera

$$P_i = 100 V_p' / V_H \quad (\text{III-8})$$

la proportion totale des particules qui pourront être retenues dans le décanteur sera

$$P = (1 - P_H) + \int_0^{P_H} \frac{V_p'}{V_H} dP_i \quad (\text{III-9})$$

P_H : le pourcentage de particule ayant une vitesse égale à V_H .

III.1.1.2 Décanteur à flux vertical

Ce type des décanteurs se présente généralement sous une forme cylindro-conique, l'eau flocculée arrive par une cheminée centrale et circule de haut en bas dans celle-ci après le voile syphoïde constitué par la cheminée, l'eau circule de bas en haut et l'eau décantée est reprise par une goutte périphérique ou par les conduites radiales perforées assurant une meilleure

répartition sur toute la surface du décanteur.

Les boues se déposent dans la partie conique et peuvent être évacuées par purges périodiques. Le schéma général de ce type d'appareil est présenté dans la fig (III-7)

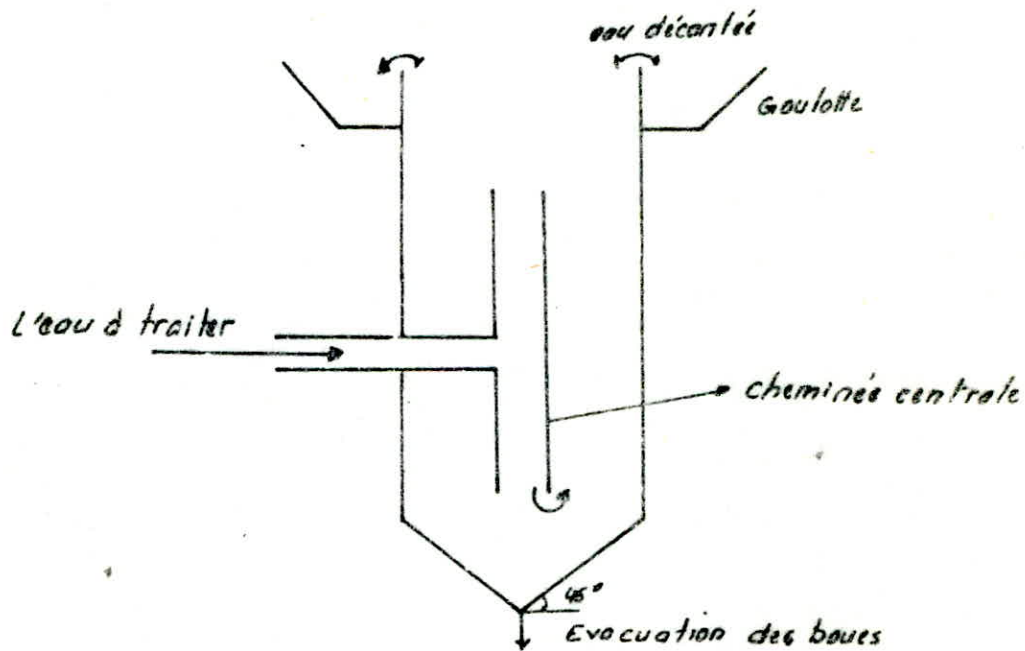


fig (III-7)

(schéma général du décanteur à flux horizontal)
La pente de la partie conique varie de 45° à 60° suivant la nature de l'eau à traiter [15].

CHAP IV

ETUDE EXPERIMENTALE

IV.

ETUDE EXPERIMENTALE

Les études expérimentales comportent des expériences effectuées en deux étapes et à l'aide de deux types d'appareils

A L'étude de sédimentation dans les colonnes
(appareil W2)

B L'étude de différents facteurs gouvernant l'écoulement et la décontation dans un modèle de sédimentation "W1"

On vise par l'étude expérimentale les objectifs suivants

- L'étude du phénomène de sédimentation sous des conditions hydrauliques et physiques variables telles que:
 - La concentration volumétrique (ou massique)
 - La hauteur initiale de la suspension
 - Les caractéristiques hydrauliques du bassin
 - Les caractéristiques physiques des particules en suspension
- L'étude des différents facteurs qui influencent sur le rendement d'un bassin sédimentation
- Détermination des facteurs guidant la conception du bassin
- La mise en marche du modèle, et la préparation des manipulations, afin de permettre aux étudiants de se familiariser avec le phénomène de sédimentation

Dans les paragraphes suivants on présente une description des deux appareils, et les expériences effectuées à l'aide de ceux-ci

IV.1

ETUDE EXPERIMENTALE SUR W2 (Colonnes de sédimentation)

Cet appareil est constitué de 5 colonnes en verre, graduées, de 5 cm de diamètre et de 95 cm de hauteur montées sur band de 70 cm de largeur et 114 cm de hauteur (fig IV-1)

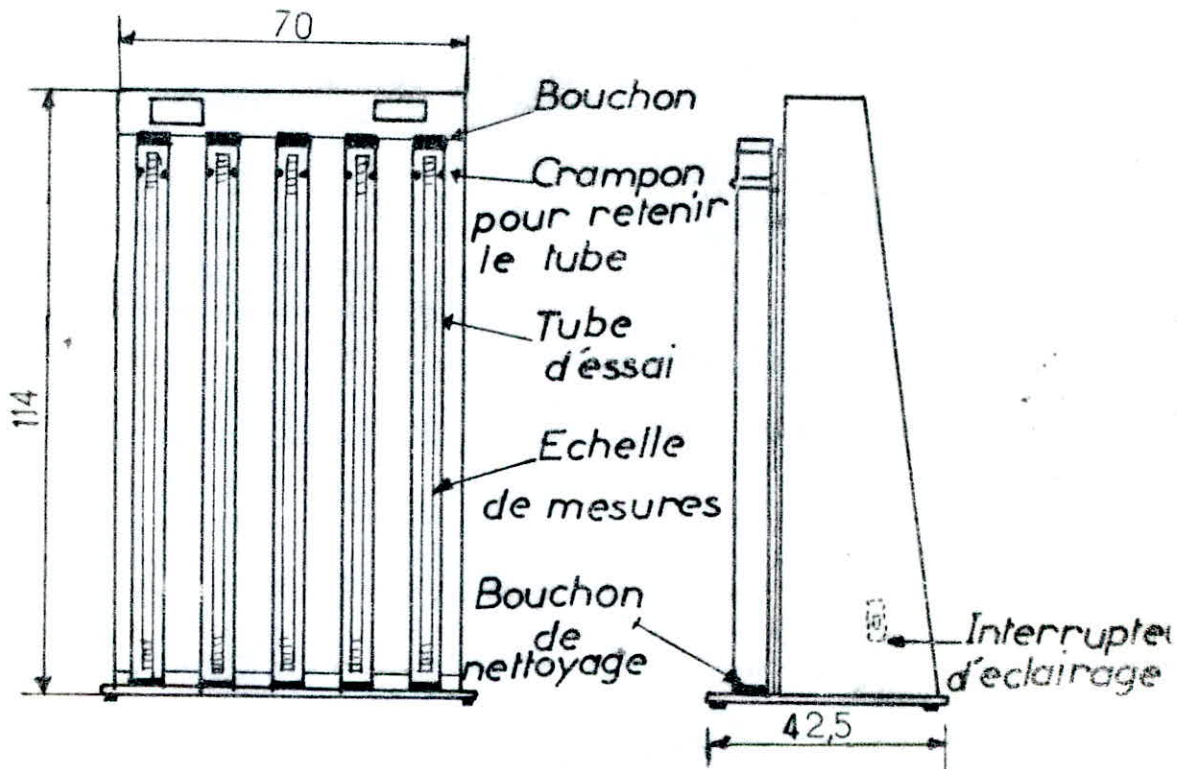


Fig (IV-1) COLONNES DE SEDIMENTATION

Cet appareil est utilisé essentiellement pour étudier la décantation dans un liquide au repos (parag III.1.1), en d'autre terme étudier

- 1) L'effet de la concentration initiale sur la vitesse de décantation et sur le volume massique de la boue au point critique et à la fin de décantation

2°- L'effet de la hauteur initiale de la suspension sur:

- La vitesse de décantation.
- sur les deux concentrations limites d'extraction de la boue.
- La variation de vitesse de chute avec la concentration locale de la suspension.

Les points cités ci-dessous seront détaillés ultérieurement.

IV.11 Notions de base

Dans le chapitre étude théorique CHAP(II), une approche théorique du phénomène de décantation a été décrite, et dans le chapitre(III) les différentes méthodes de décantation ont été expliquées. On redonne quelques notions de base aideront à comprendre la décantation dans des conditions particulières de l'appareil "W2".

Vitesse de chute

Quand la concentration des particules en suspension est faible, l'effet de l'interaction mutuelle est négligeable, et la vitesse de chute est donnée alors par la loi de STOCKES

$$V_p = \frac{d_p^2 (S_s - S_c) g}{18 \mu}$$

Pour les fortes concentrations, les caractéristiques de la suspension sont principalement modifiées, et la loi de STOCKES prend la forme suivante:

$$V_s = \frac{d_p^2 (S_s - S_c) g}{18 \mu_e}$$

2. durant la d'écantation discontinue on distingue généralement 4 zones de d'écantation.

3. le point critique (point d'inflexion) c'est le point correspondant à l'égalité entre le niveau de la boue et celui de l'interface.

4. L'interface: est le niveau qui sépare la zone de l'eau claire et celle de la suspension en d'écantation.

IV.1.2

Les expériences:

Avant d'entamer les expériences on a jugé utile de calculer la masse volumique (ρ_s) de la chaux qui intervient ultérieurement dans le calcul, elle est déterminée de la manière suivante:

- On verse différentes masses de la chaux, dans des colonnes contenant le même volume d'eau.

- On mesure l'augmentation du volume (ΔV) dans les colonnes.

- La masse volumique est égale au rapport de la masse de la chaux sur l'augmentation de volume $\rho_s = \frac{m_c}{\Delta V}$ avec m_c = la masse de la chaux.

- La masse volumique finale étant prise égale à la moyenne des masses volumiques calculées dans chaque colonne.

IV.1.1 L'expérience 1

Effets de la concentration initiale

Pour étudier l'effet de la concentration sur les caractéristiques de sédimentation, on a effectué des expériences avec différentes concentrations.

La vitesse de chute de la suspension " V_s " calculée dans cette expérience pour différentes concentrations permet de déterminer le taux de sédimentation

$$\text{taux de sédimentation} = \frac{\text{la masse de la chaux} \times \text{la vitesse de chute}}{\text{le volume de suspension}} \quad [g/l]$$

a) Mode opératoire:

- Peser cinq (5) différentes quantités de chaux, mélanger les avec l'eau de telle façon à avoir les concentrations volumétriques suivantes (5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15) %.

- Après avoir bien mélangé chaque suspension dans le récipient, verser la dans une colonne toute en laissant un volume vide correspondant à 5cm de hauteur.

- Remettre les cinq (5) tubes à leurs places dans le band de "W2", attachez les bien, puis fermer les avec leurs bouchons.

- En prenant à différents intervalles de temps la valeur du niveau de l'interface (H), et on note en parallèle avec cela la hauteur de la boue (H_b)

- la compression finale de la boue sera lu après 24h

b) Mode de présentation des résultats:

- On trace la variation de l'interface en fonction de temps $H = f(t)$

- On calcule graphiquement la vitesse " V_s " par la tangente de la partie droite de la courbe $H = f(t)$, et on trace $V_s = f(C_v)$

- A partir de la courbe $H = f(t)$, on détermine le point

critique qui donne la hauteur critique (paragraphe III.1.1.1 a)

- Après avoir déterminé V_s on calcule le taux de sédimentation, puis on trace la courbe (taux de sédimentation = $f(C_v)$)

- On trace la courbe représentant $\psi = f(C_v)$.

IV.1.2.2 L'expérience 2

Construction de la courbe, vitesse de sédimentation = $f(\text{concentration à partir d'un seul essai})$.

a) Mode opératoire:

- On prépare une solution d'une concentration $C_v = 5\%$ après avoir bien mélangé cette solution, on la verse dans une colonne.

- On relève à chaque fois la hauteur de l'interface en fonction du temps. [14].

b) Mode de présentation des résultats

- On représente sur un graphe, la variation du niveau de l'interface en fonction du temps $H = f(t)$.

- Pour différents points de la courbe $H = f(t)$, on trace les tangentes. Et le calcul de chaque tangente donne directement la vitesse de chute V_L au point choisi.

- On détermine la concentration volumétrique (C_L), aux x points choisis à l'aide de la relation [14].

$$C_L = \frac{C_v \cdot H_0}{H_i}$$

IV.1.23 L'expérience: 3

Cette expérience a pour but de montrer l'influence de la hauteur sur la vitesse de décantation

a) Mode opératoire

On utilise dans cette expérience une concentration volumétrique de 2% pour des volumes différents correspondant à des hauteurs 30-40-50-70-90 cm.

b) Mode de présentation des résultats:

On trace les mêmes graphes que celles de l'expérience 2

IV.13 Matériel utilisé:

le matériel utilisé dans les expériences sur le W₂ et le W₇

- Une balance
- Un chronomètre
- 26 tubes d'essai
- Un récipient pour le mélange
- Un turbidimètre
- Spectrophotomètre
- Une pipette

IV.2

ETUDE EXPERIMENTALE SUR LE W7

Bassin de sédimentation

Description et mise en marche du modèle

Cet appareil est très utile pour l'étude des caractéristiques hydrauliques du bassin influençant la décantation, il permet aussi d'étudier la décantation elle-même sous des conditions hydrauliques et physiques variables.

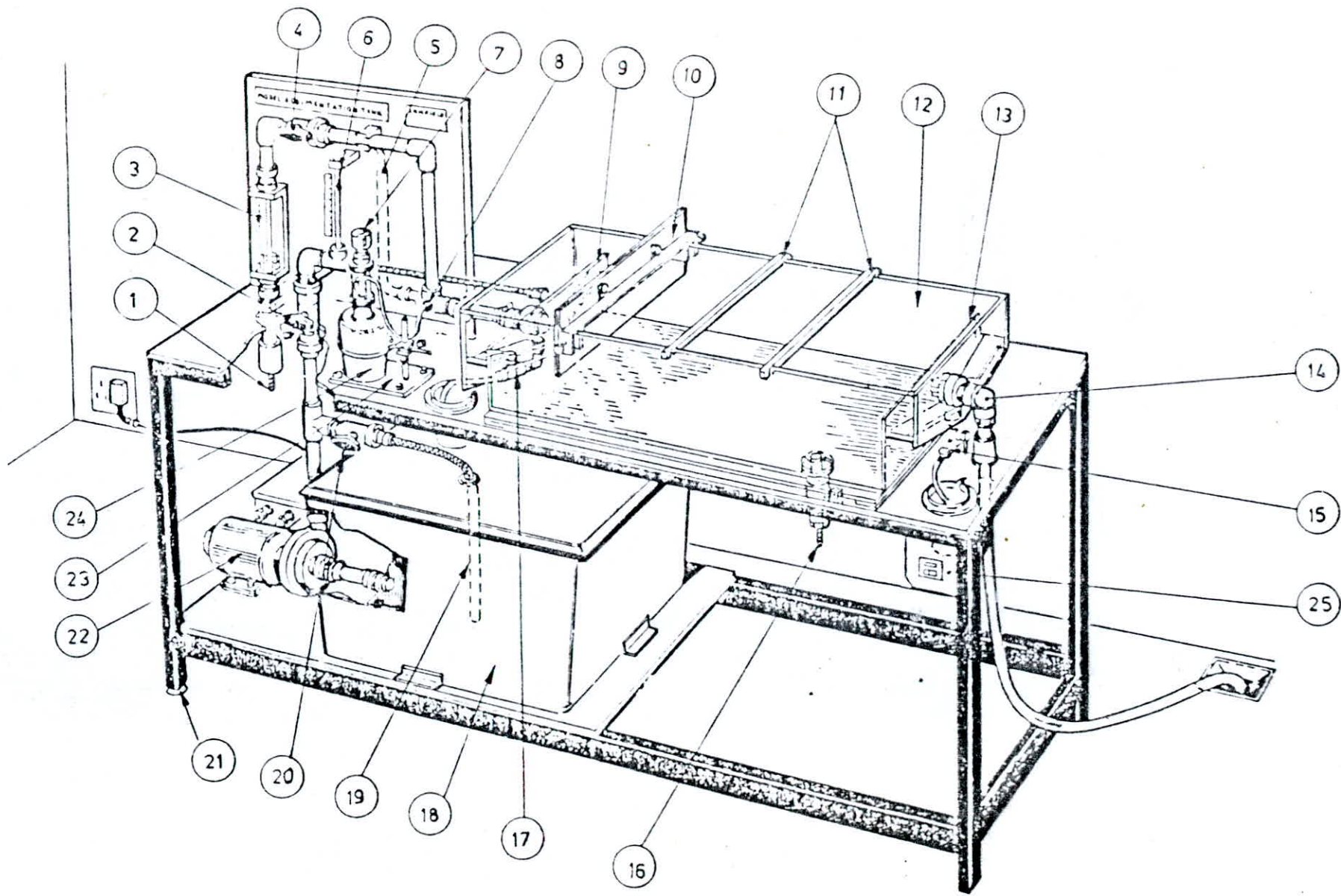
IV.2.1 Description du modèle

La partie essentielle de ce modèle, est le bassin de sédimentation, ayant comme dimensions: 100 cm de longueur, 40 cm de largeur et de 25 cm de hauteur. il est muni dans sa partie entrée d'un déversoir rectangulaire de 17 cm de hauteur, et dans sa partie sortie d'un déversoir de 20 cm de hauteur équipé dans sa partie inférieure d'une vanne de vidange, et dans sa partie supérieure d'une cloison déplaçable dans les deux sens horizontal et vertical (schéma IV) [13].

IV.2.1.1 La mise en marche du modèle

Toutes les références numériques entre parenthèse correspondant au schéma (IV-2), la mise en marche du modèle comprend les étapes suivantes:

1. Nivelier le bassin de sédimentation (12) par un ajustement des pieds à l'aide d'un niveau.



NOMENCLATURE

- 1 _ POSITION DE TUYAU DU ROBINET
- 2 _ VANNE DE CONTROLE
- 3 _ DEBITMETRE (MAX 22 l/min)
- 4 _ VANNE DE CONTROLE
- 5 _ TUYAU DE RETOUR AU RESERVOIR
- 6 _ DEBITMETRE (MAX 2 l/min)
- 7 _ INJECTEUR DE COLORANT
- 8 _ POSITION D'ENTREE DE COLORANT
- 9 _ DEVERSOIR D'ENTREE
- 10 _ CLOISON
- 11 _ BARRES DE CONTREFORT
- 12 _ BASSIN DE SEDIMENTATION
- 13 _ DEVERSOIR DE SORTIE
- 14 _ TUYAU DE SORTIE
- 15 _ ROBINET DE PRELEVEMENT A LA SORTIE
- 16 _ VANNE DE VIDANGE
- 17 _ ROBINET DE PRELEVEMENT A L'ENTREE
- 18 _ RESERVOIR DE 120 l DE CAPACITE
- 19 _ TUYAU DE RETOUR AU RESERVOIR
- 20 _ VANNE DE L'AGITATEUR
- 21 _ PIEDS DE MODELE
- 22 _ LA POMPE
- 23 _ PLAQUE DE LA BOUTEILLE DE COLORANT
- 24 _ LA BOUTEILLE DE COLORANT
- 25 _ INTERRUPTEUR DE DEMARRAGE DE LA POMPE

Si on dispose pas de niveau, la procédure suivante est adoptée pour le nivellement du bassin:

A. fermer les vannes de contrôles (2) et (4) ainsi que la vanne de vidange (16)

B. remplir le bassin de sédimentation (12) avec l'eau claire jusqu'au niveau du déversoir de sortie.

C. ajuster les pieds de telle sorte que le menisque d'eau soit parallèle avec le seuil du déversoir de sortie

2. fermer les vannes (2; 3; 20) et les robinets de prélèvement (15; 17)

3. remplir le réservoir (18) avec de l'eau claire

4. après avoir rempli la bouteille 24 avec du colorant mettez la sur la position (23)

5. brancher le courant électrique et démarer la pompe (25)

6. ouvrir la vanne l'agitateur (20)

7. ouvrir la vanne (2) afin de permettre l'écoulement du réservoir vers le bassin, vérifier si l'eau coule dans ce dernier, régler le débit par le débitmètre (6)

8. placer le tuyau qui vient du robinet dans la position (1) et ouvrir la vanne (4) et vérifier que l'eau du robinet arrive à l'entrée du bassin, régler ce dernier débit par la vanne (3)

9. laisser se remplir le bassin avec l'eau jusqu'à ce que l'eau commence à se déverser par le déversoir de sortie (13)

10. pendant l'écoulement vers le bassin injecter le colorant par l'injecteur (7) monté sur la bouteille du colorant (24) et vérifier que le colorant entre dans le bassin

11 - vérifier le fonctionnement des deux robinets de prélèvement (15;17) situés respectivement à l'entrée et à la sortie du bassin [13].

IV.2.2 Les expériences

Les caractéristiques hydrauliques du bassin

Les caractéristiques hydrauliques d'un ouvrage sont généralement étudiées, en utilisant des traceurs, parmi lesquels on peut citer à titre indicatif.

- traceur radioactif.
- " " conductif.
- " " de colorant

les deux premiers traceurs nécessitent un équipement très perfectionné qui permet d'enregistrer continuellement le passage du traceur, ce qui donne une bonne précision, n'ayant pas d'équipement adéquat on a utilisé le colorant comme traceur, ce dernier est caractérisé par

- ne fait pas varier la densité de l'eau
- permet d'étudier visuellement le mode d'écoulement dans le bassin.
- permet de calculer la vitesse moyenne d'écoulement

IV.2.2.1 Expérience 1

Le calcul de la vitesse moyenne de l'écoulement a été

fait pour les trois cas de figures suivants:

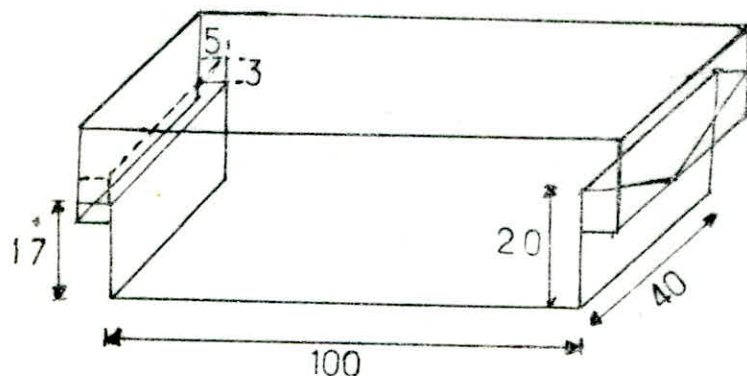
1. sans cloison

2. avec cloison à 9 cm de profondeur

3. " " " 12 " " "

Avant de commencer ces expériences il est indispensable de calculer la capacité du bassin "W"

$$W = 20 \cdot 40 \cdot 100 + 3 \cdot 5 \cdot 40 = 80600 \text{ cm}^3 \\ = 80,6 \text{ l}$$



a) Mode opératoire:

- Après avoir trouvé la capacité de bassin ($W = 80,6 \text{ l}$), on détermine le débit nécessaire pour un temps de séjour $t_s = 20 \text{ min}$ $Q = \frac{W}{t_s} = \frac{80,6}{20} = 4,03 \text{ l/min}$.

- On remplit le bassin avec l'eau par un débit important, puis on réduit ce débit au débit calculé.

- On injecte le colorant et au même temps on déclenche le chronomètre.

- On commence à prélever les échantillons au moment où le colorant atteint la sortie par l'intermédiaire du robinet de prélèvement (15) chaque 3 min pendant 10 min et chaque 5 min pendant 50 min.

- On répète la même expérience avec cloison à 9 cm et à 12 cm de profondeur.

NB : La teneur en colorant a été mesurée par un spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 450 nm ($450 \times 10^9 \text{ m}$)

b) Présentation des résultats

- On porte sur un graphe la variation de la teneur en colorant (concentration) en fonction de temps.

- On calcule la vitesse moyenne d'écoulement par la formule
$$V_H = \frac{L}{t_m}$$

avec L = la longueur de bassin

t_m : le temps correspondant à la teneur max en colorant

IV.2.2.2 Expérience 2

L'efficacité de notre bassin de sédimentation a été examinée à partir des essais suivants

1 - pour un temps de séjour $t_s = 20 \text{ min}$, et sans cloison

2 - " " " " $t_s = 30 \text{ min}$, " "

3. $t_s = 20$ min, avec cloison, située à 5 cm du deversoir d'entrée et à 9 cm de profondeur
4. $t_s = 30$ min, avec cloison, située à 5 cm du deversoir d'entrée et à 9 cm de profondeur
5. $t_s = 20$ min, avec cloison, située à 6 cm du deversoir d'entrée et à 12 cm de profondeur
6. $t_s = 30$ min, avec cloison, située à 5 cm du deversoir d'entrée et à 12 cm de profondeur
7. $t_s = 20$ min, avec cloison, située à 10 cm du deversoir d'entrée et à 9 cm de profondeur
8. $t_s = 20$ min, avec cloison, située à 10 cm du deversoir d'entrée et à 12 cm de profondeur.

a) Mode opératoire

- On calcule le débit nécessaire pour chaque temps de séjour t_s par la relation $Q = \frac{W}{t_s}$.
- On prépare une solution de concentration de 10% ($\frac{\text{Poids}}{\text{Poids}}$) de la chaux; pour avoir une bonne homogénéisation de la solution, il faut préparer la solution dans un récipient en mettant d'abord une faible quantité d'eau juste pour avoir un mélange visqueux, puis on verse le mélange dans le réservoir et en fin on le dilue jusqu'à avoir une concentration de 10% (PIP)
- On fixe la cloison dans la position voulue, et on vérifie que la vanne d'alimentation (réservoir \rightarrow bassin) (2), et la vanne de vidange sont fermées
- On démarre la pompe, puis on ouvre la vanne (3) et on vérifie s'il y a une dispersion complète de la chaux

dans le réservoir d'alimentation.

- On remplit le bassin de sédimentation avec un débit important puis on le réduit au débit calculé.

- On fixe le débit du robinet à $3/4$ du débit calculé avec la vanne (4).

- On fixe le débit de la suspension à $1/4$ du débit calculé avec la vanne 2

- On déclanche le chronomètre au moment de l'entrée de la suspension dans le bassin et après un temps de séjour on commence à prélever des échantillons le long du bassin à différentes profondeurs selon le plan de prélèvement indiqué ci-après, et on fait également deux prélèvements à l'entrée et à la sortie du bassin par les robinets de prélèvement (15) (17)

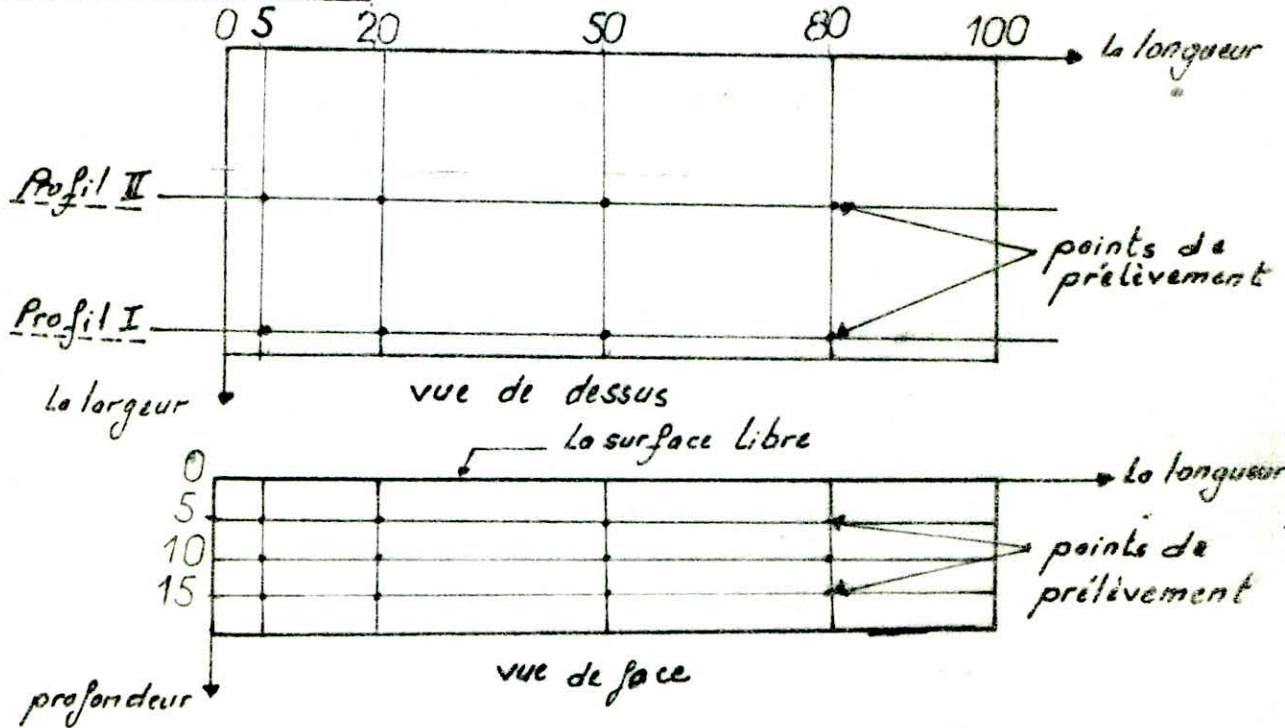
NB: Les échantillons sont analysés par le turbidimètre qui donne le degré de turbidité^(*) de chaque échantillon par l'unité normale de turbidité (N.T.U) [13].

^(*) turbidité: c'est l'état d'un liquide trouble.

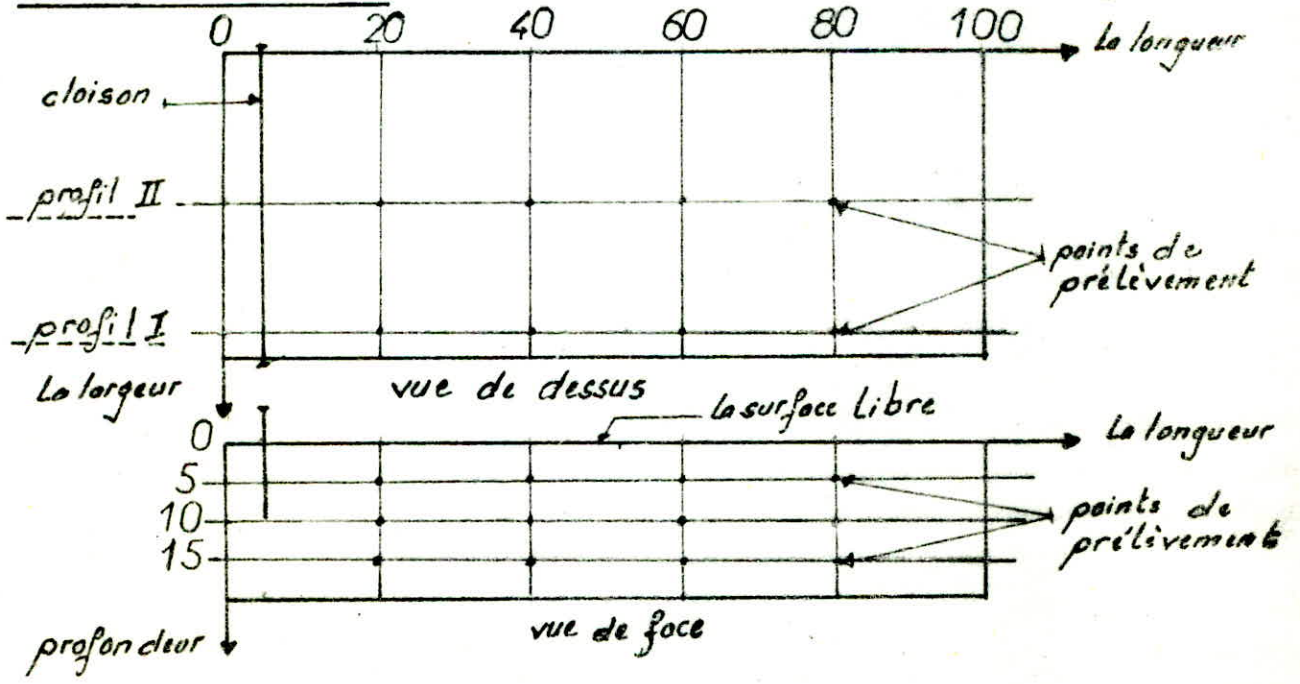
b) PLAN DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Les échantillons ont été prélevés à différentes profondeurs le long du bassin selon 2 profils,
- Le premier profil à 2 cm de la paroi
- Le second profil au milieu (à 20 cm de la paroi) du bassin
voir les figures ci-dessous.

A) sans cloison



B) avec cloison



c)

Présentation des résultats

les résultats d'analyse des échantillons nous permettent de calculer le rendement du bassin η dans chaque essai $\eta = 1 - \frac{T_s}{T_0}$

avec : T_0 : la turbidité d'entrée (N.T.U)

T_s : " " de sortie "

et de tracer les isoteneurs (courbe d'égale turbidité), les isoteneurs ont été tracés selon les étapes suivantes :

1 - on calcule le pourcentage $P = \frac{T}{T_0}$
avec T = la turbidité au point de prélèvement

2 - par interpolation (ou parfois par extrapolation) on détermine les points d'égale turbidité le long du bassin, en reliant ces points, on obtient les isoteneurs
dans notre cas on a tracé les isoteneurs correspondant à $P = (20, 40, 60, 80) \%$

Le bassin de sédimentation est divisé en trois (3) zones caractérisées par divers propriétés fonctionnelles.

1. Zone d'entrée: dans cette zone l'écoulement et la distribution des particules en suspension, sont directement influencés par l'énergie d'arrivée, cette zone est caractérisée donc par:

- Un mixage et entraînement des particules.
- Écoulement tridimensionnel

2. Zone de décantation: c'est une zone intermédiaire entre la zone d'entrée et celle de sortie, est caractérisée par un écoulement bidimensionnel

- elle permet facilement la décantation
d'autre part elle est caractérisée par deux types de courants un courant de fond (de retour) et un courant de surface, séparés par une interface presque horizontale au dessus de laquelle la concentration des particules en suspension est plus ou moins constante.

Remarque: L'interface peut disparaître pour les faibles concentrations

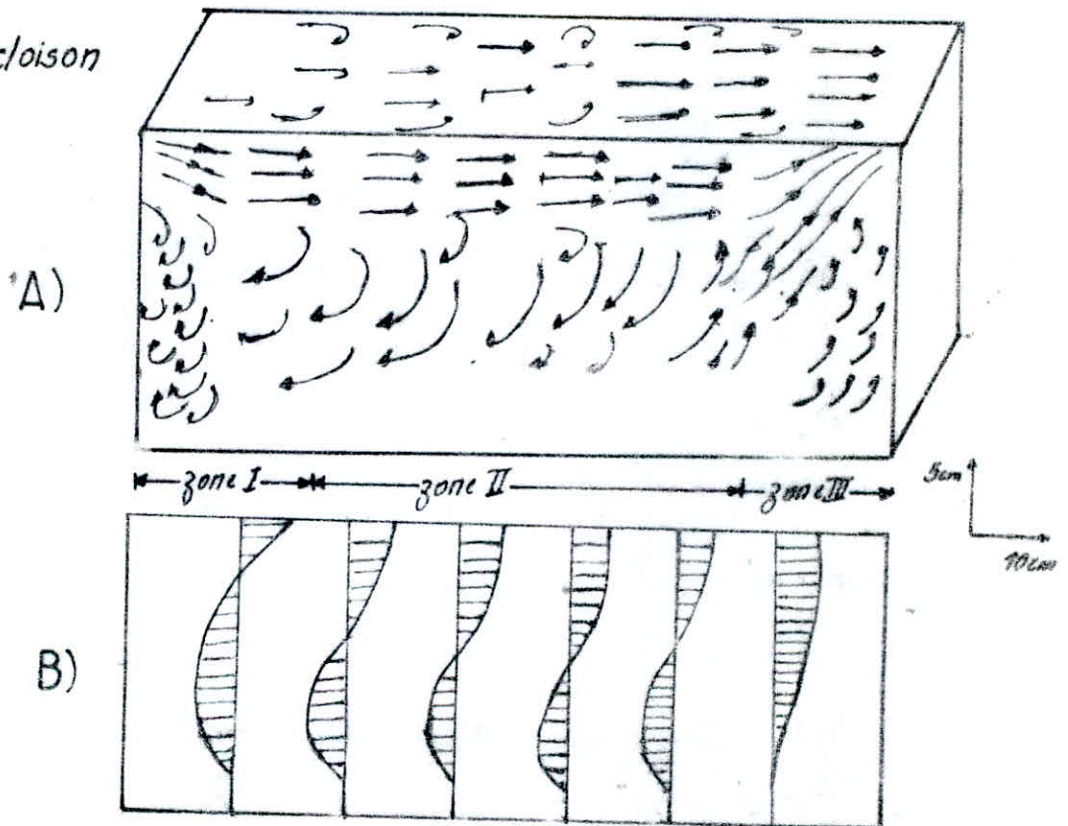
3. Zone de sortie: en plus des caractéristiques de la première zone, elle est marquée par la convergence des lignes de courant vers la section de sortie, ce qui provoque l'augmentation de la vitesse de sortie et par conséquent l'entraînement d'une partie des particules qui restent en suspension.

L'utilisation du colorant nous a permis de visualiser le mode d'écoulement dans le bassin, et de tracer par la suite la variation de l'épure de vitesse le long de ce dernier, pour un temps de séjour donné dans les cas suivants:

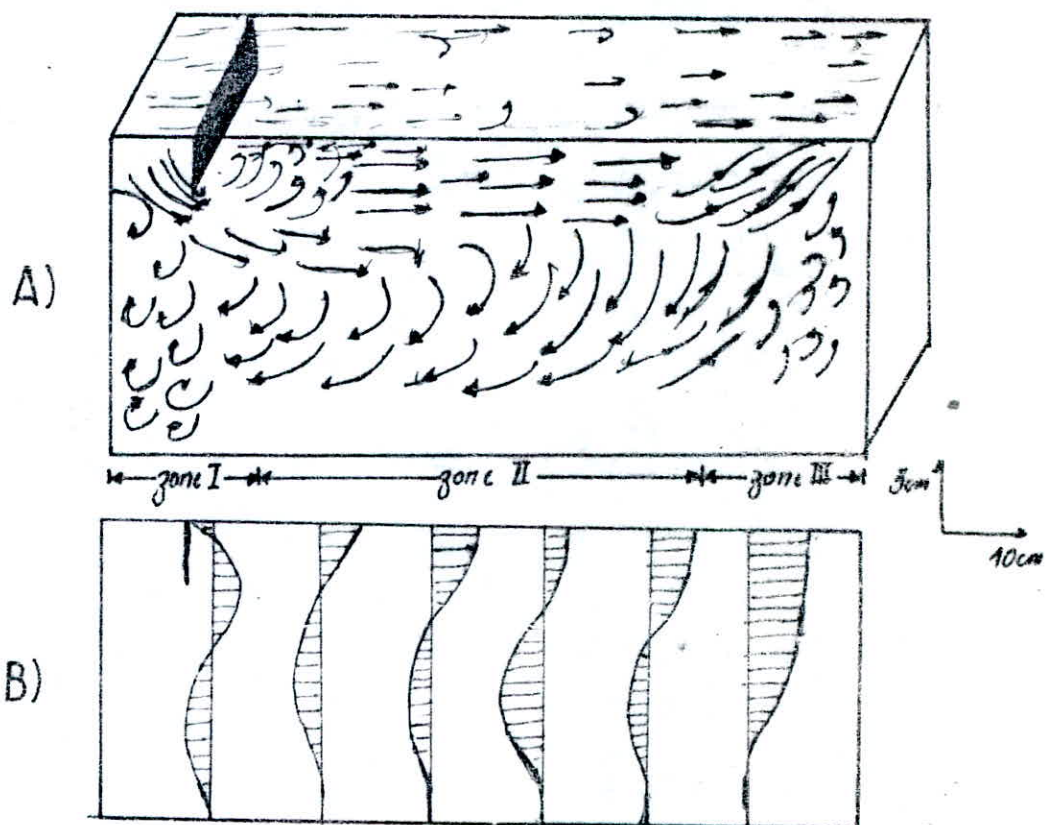
- 1- sans cloison
 - 2- avec cloison à 9cm de profondeur et à 5cm de versoir d'entrée
 - 3- avec cloison à 12cm de profondeur et 5cm " " "
- Les figures ci-dessous représentent la schématisation de l'écoulement dans le bassin

- A) distribution de colorant
- B) L'épure de vitesse

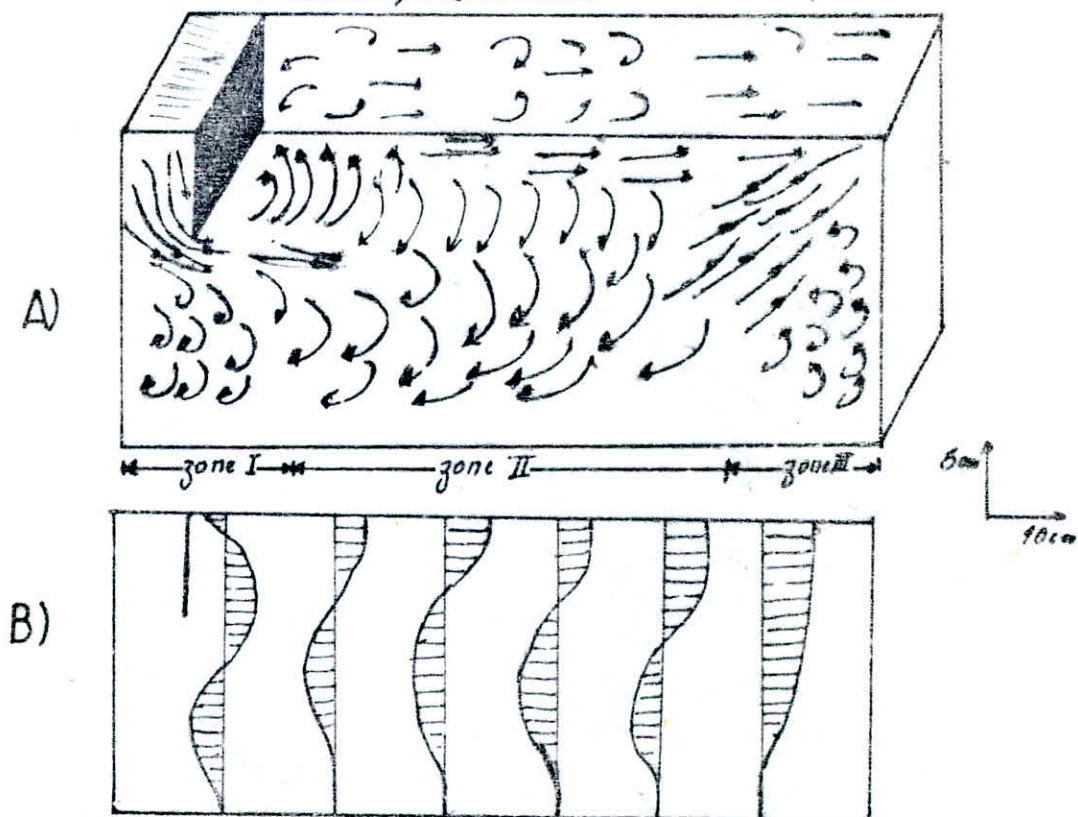
1) sans cloison



2-avec cloison à 9cm de profondeur



3-avec cloison à 12cm de profondeur.



CHAP V

RESULTATS ET ANALYSE

V

RESULTATS ET ANALYSE

V.1 GÉNÉRALITES:

Les résultats obtenus sont analysés systématiquement à l'aide des méthodes détaillées par le fournisseur des deux appareils (ARMPFIELD TECHNICAL EDUCATION). En plus on a essayé d'interpréter les observations en terme de caractéristiques hydrauliques du bassin, et des divers phénomènes influençant la décantation.

Tout d'abord on présente les résultats de la détermination de la masse volumétrique (ρ_s) de la chaux, ce paramètre est essentiel pour les différents calculs et analyse des résultats expérimentaux:

tableau (V.1) la détermination de ρ_s de la chaux.

m_c (g)	W_0 (cm^3)	W_f (cm^3)	ΔW (cm^3)	$\rho_s = \frac{m}{\Delta W}$
35,00	1374,45	1388,19	13,74	2,55
68,75	"	1400,49	26,04	2,64
104,00	"	1412,27	37,82	2,75
140,00	"	1425,92	51,47	2,72
172,00	"	1441,38	66,93	2,57

avec W_0 = le volume initial
 W_s = " " final
 ΔW = l'augmentation de volume.

$$\rho_s = \frac{2,55 + 2,64 + 2,75 + 2,72 + 2,57}{5} = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

V.2 Résultats et analyse des expériences sur W2

V.2.1 Expérience n°1

Les résultats de l'expérience de vérification de l'effet de concentration (paragraphe IV.1.1.1) sont présentés dans le tableau (V-2) et la figure (V-1):

Les graphes $H=f(t)$ représentent les courbes de sédimentation, à partir desquelles on a déterminé la vitesse de chute de la suspension (V_s), pour chaque concentration.

Les valeurs de V_s sont données sur le même graphe.

On remarque d'après ces courbes que pour $C_v = 15\%$ $V_s = 0,4 \text{ cm/min}$ et pour $C_v = 3\%$ $V_s = 2,5 \text{ cm/min}$, qu'il y a une diminution graduelle de la vitesse de chute avec augmentation de la concentration voir fig (V-2) cela s'explique par:

- L'augmentation des forces d'interaction entre les particules ce qui provoque la formation de flocons et par conséquent la diminution de l'espace libre disponible à leur déplacement.

- L'augmentation de la force de traînée due à l'augmentation de la viscosité avec la concentration, d'où il en résulte la diminution de la vitesse de chute.

- Les courbes $H=f(t)$ obtenues par l'expérience sont conformes à la théorie, à part l'absence de la région I due à la rapidité de flocculation (t_{a20}), des détails sur les trois autres régions ont été déjà donnés dans le paragraphe (III.1.1.1) mais cela ne nous empêche pas de faire quelques remarques.

- la région II est représentée par la partie rectiligne (A-B) où la suspension chute avec une vitesse constante, cela est due au fait que la répartition des particules

dans la suspension est uniforme, cette région prend fin au moment où la concentration de la suspension varie.

- La région III : est représentée par la partie (B - C) elle est marquée par une diminution progressive de la vitesse de chute à cause de l'effet d'interaction entre les particules provoquée par l'augmentation de concentration.

- La région IV : le début de cette zone correspond au moment où la courbe $H=f(t)$ commence à prendre l'allure d'une droite, la concentration de la suspension se rapproche de la concentration maximale

- Les résultats du calcul des paramètres marquant la sédimentation discontinue sont présentés dans le tableau (V-3), à partir duquel on remarque que les deux rapports ci-dessous restent constants

le volume massique au point critique

le volume massique initiale

et

le volume massique final

le volume massique initial

Les derniers représentent deux indices de vides limites (n) trouvés dans notre cas 0,63 et 1 entre lesquelles il est conseillé de faire l'extraction de la boue du bassin, faute de quoi on aura soit une boue compacté ($n < 0,63$), alors son extraction peut perturber la décantation en créant une turbulence dans le bassin, soit une boue faiblement concentré ($n > 1$) donc le nombre d'opérations d'extraction sera relativement élevé ce qui n'est pas pratique.

A partir du graphe (V-4), on peut apprécier le taux maximum de sédimentation. Il est obtenu pour une concentration volumétrique de 5% (correspondant à une vitesse de décantation 2,13 cm/min) au-delà de laquelle le flux solide diminue graduellement. A la lumière de ce résultat on peut dire que pendant le fonctionnement d'un bassin de sédimentation, on a intérêt à avoir à l'intérieur du bassin, des concentrations égales ou légèrement supérieures à la concentration optimale (correspondant au flux solide maximum), afin d'obtenir un flux solide égal ou légèrement inférieur au flux solide maximum, autrement dit obtenir un bon rendement.

les mêmes remarques peuvent être faites pour la courbe (V-3)

tableau (V-2) Les mesure de l'interface (H) et la boue (H_b)

Le temps (min)	La concentration volumétrique C _v (%)							
	3		5		7,5	10	12,5	15
	L'interface	La boue	L'interface	La boue	L'interface	L'interface	L'interface	L'interface
0	90	0	90	0	90	90	90	90
5	80	0,8	81,8	1,3	83,2	85	86,7	87,8
10	68,2	1,5	72,8	2,7	77,2	80,3	83	85,2
15	59	2,4	64,2	4,0	70,5	75,5	79,4	82,8
20	41	3,2	54,7	5,4	63,5	70,5	75,8	80,5
25	28,5	4,1	45,5	6,9	56,8	65,5	72,3	78
30	16	4,9	36	8,3	50	60,6	72,3	75,7
35	10,9	5,2	26,8	9,8	43	55,7	65	73,4
40	5,95	5,95	17,1	11,1	36	51	57,7	68,6
45	5,8	5,8	11,6	11,6	22,7	41,2	54	66,3
50	5,7	5,7	11,2	11,2	21,1	36,5	50,5	64
55	5,65	5,65	11	11	20,1	32	46,9	61,7
60	5,6	5,6	10,5	10,5	19,2	29,6	43,7	59,5
65	5,6	5,6	10,1	10,1	18,2	28,2	40,7	57,3
70	5,6	5,6	9,7	9,7	17,8	27	38,3	55,2
75	5,6	5,6	9,55	9,55	17,2	26	36,4	53,1
80	5,6	5,6	9,4	9,40	16,7	25,2	35	51,2
85	5,55	5,55	9,4	9,40	16,2	24,5	33,6	49,2
90	5,55	5,55	9,35	9,35	15,7	23,7	32,8	47,5
95	5,55	5,55	9,30	9,30	15,3	23,2	31,9	46
100	5,50	5,50	9,30	9,30	14,65	22	30,3	43,4
110	5,50	5,50	9,25	9,25	14,2	20,9	28,9	41,4
120	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	20,1	27,7	39,7
130	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	18,9	26,5	38,1
140	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	18,5	25,5	36,7
150	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	18,2	24,8	35,5
160	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	18,2	24,2	34,3
170	5,50	5,50	9,20	9,20	13,9	18,2	23,6	33,3
180	5,50	5,50	9,20	9,20	13,8	18,2	23,6	32,8
190	5,50	5,50	9,20	9,20	13,8	18,2	23,6	32,0
200	5,50	5,50	9,20	9,20	13,8	18,2	23,6	31,9
210	5,50	5,50	9,20	9,20	13,8	18,2	23,6	31,8
220	5,50	5,50	9,20	9,20	13,8	18,2	23,6	31,8

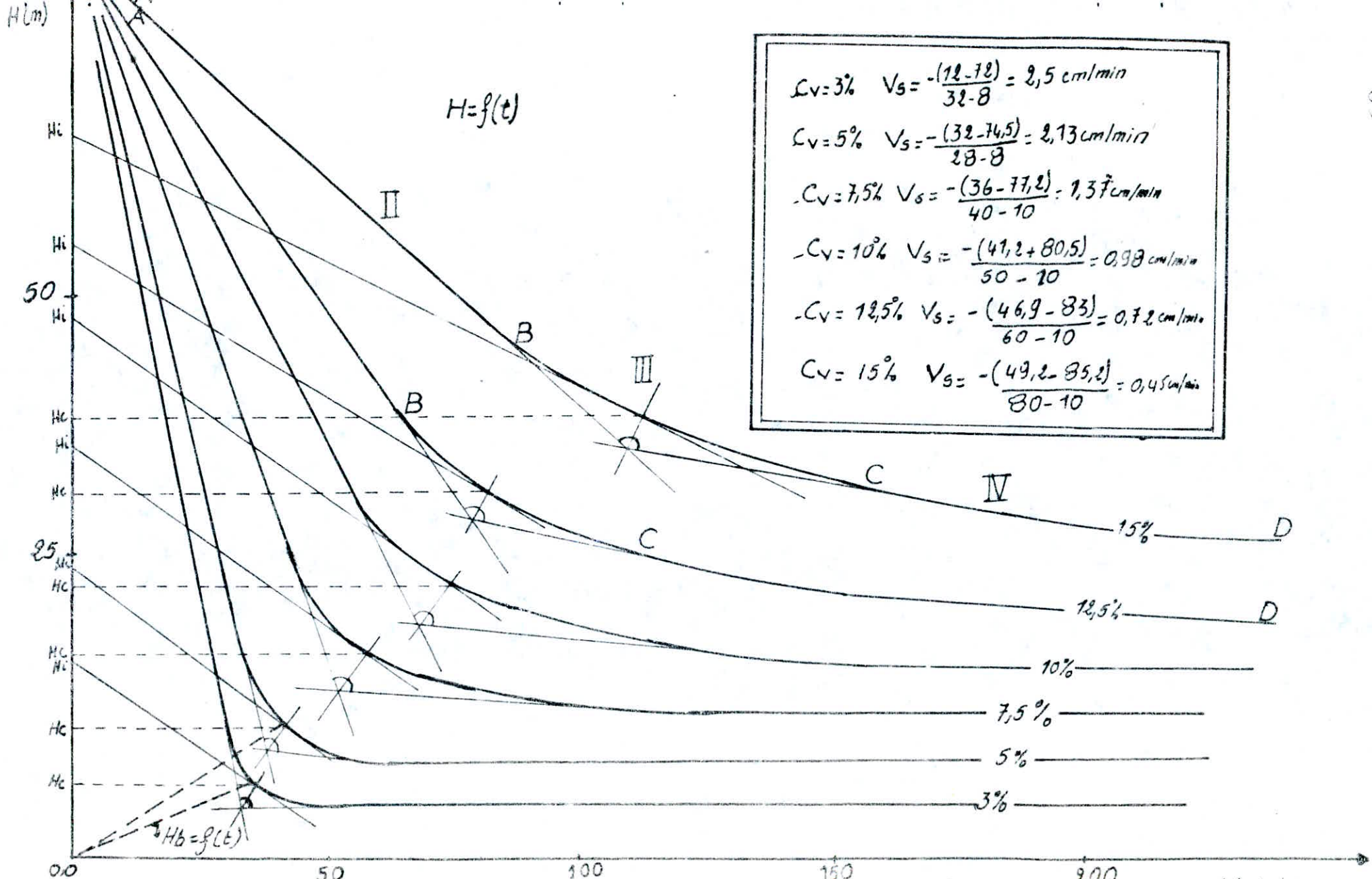


fig (V-2) les courbes de sédimentation pour différentes concentrations t (min)

tableau (V-3) paramètres caractérisant la sédimentation discontinue.

1	la concentration volumétrique C_v (%)	3	5	7,5	10	12,5	15
2	la masse de la chaux m_c (kg)	0,139	0,235	0,352	0,468	0,585	0,714
3	le volume massique de la suspension initiale V/V_c (m^3/kg)	$9,53 \cdot 10^{-4}$	$9,24 \cdot 10^{-4}$	$8,89 \cdot 10^{-4}$	$8,58 \cdot 10^{-4}$	$8,29 \cdot 10^{-4}$	$7,98 \cdot 10^{-4}$
4	la hauteur du point critique H_c (m)	0,074	0,120	0,175	0,225	0,300	0,350
5	le volume massique de la suspension au point critique = $\frac{\text{l'aire de la colonne} \times \text{la hauteur critique}}{\text{la masse de la chaux}}$ (m^3/kg)	$1,04 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$0,97 \cdot 10^{-3}$	$0,94 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$0,96 \cdot 10^{-3}$
6	la hauteur finale de la boue H_b (m)	0,047	0,081	0,130	0,180	0,220	0,286
7	le volume massique final = $\frac{\text{l'aire de la colonne} \times \text{la hauteur finale}}{\text{la masse de la chaux}}$ (m^3/kg)	$6,60 \cdot 10^{-4}$	$6,76 \cdot 10^{-4}$	$7,27 \cdot 10^{-4}$	$7,55 \cdot 10^{-4}$	$7,51 \cdot 10^{-4}$	$7,80 \cdot 10^{-4}$
8	$\frac{\text{le volume massique au point critique}}{\text{le volume massique initial}}$	1,09	1,08	1,10	1,10	1,20	1,20
9	$\frac{\text{le volume massique final}}{\text{le volume massique initial}}$	0,63	0,63	0,64	0,64	0,63	0,63

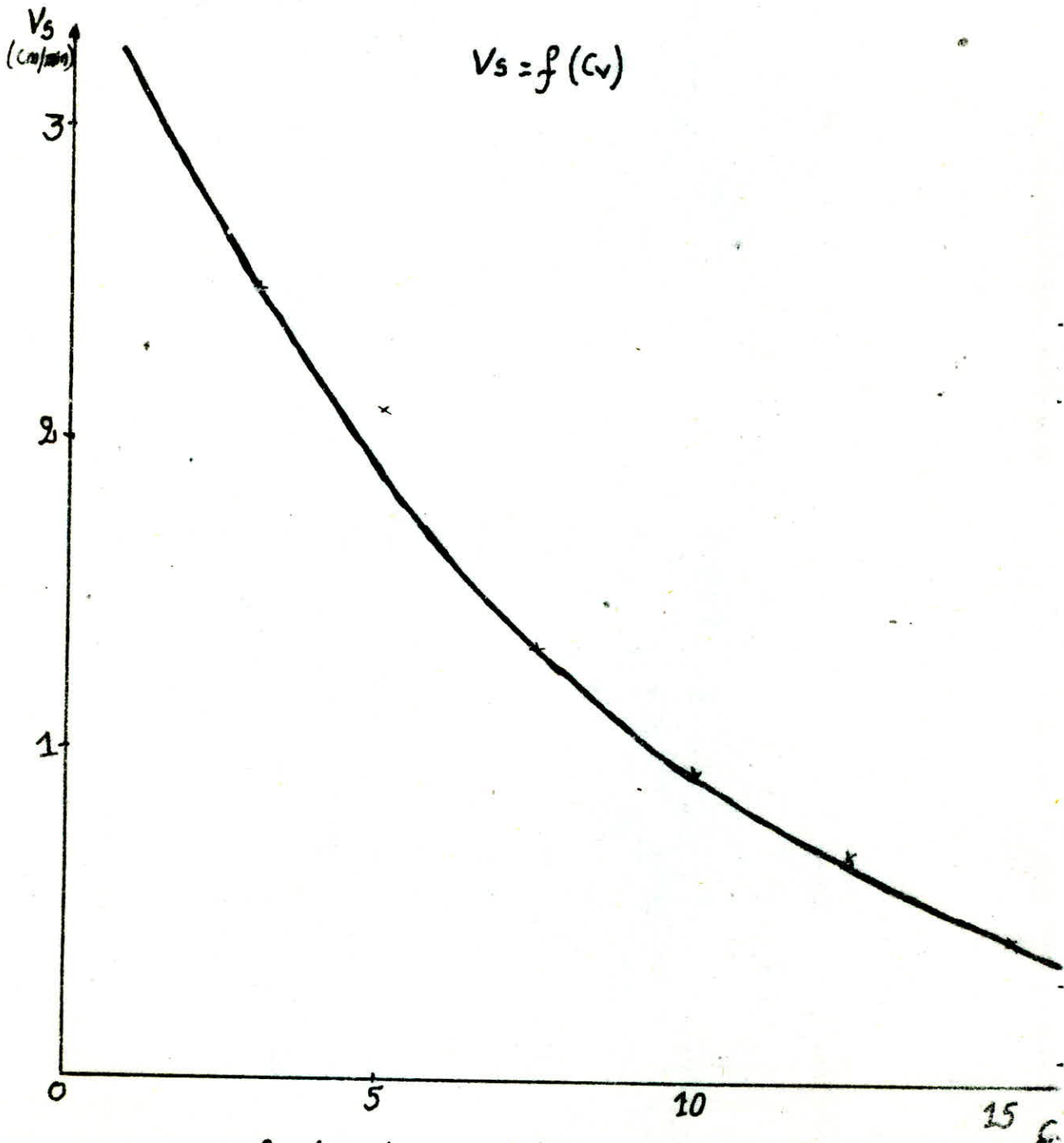
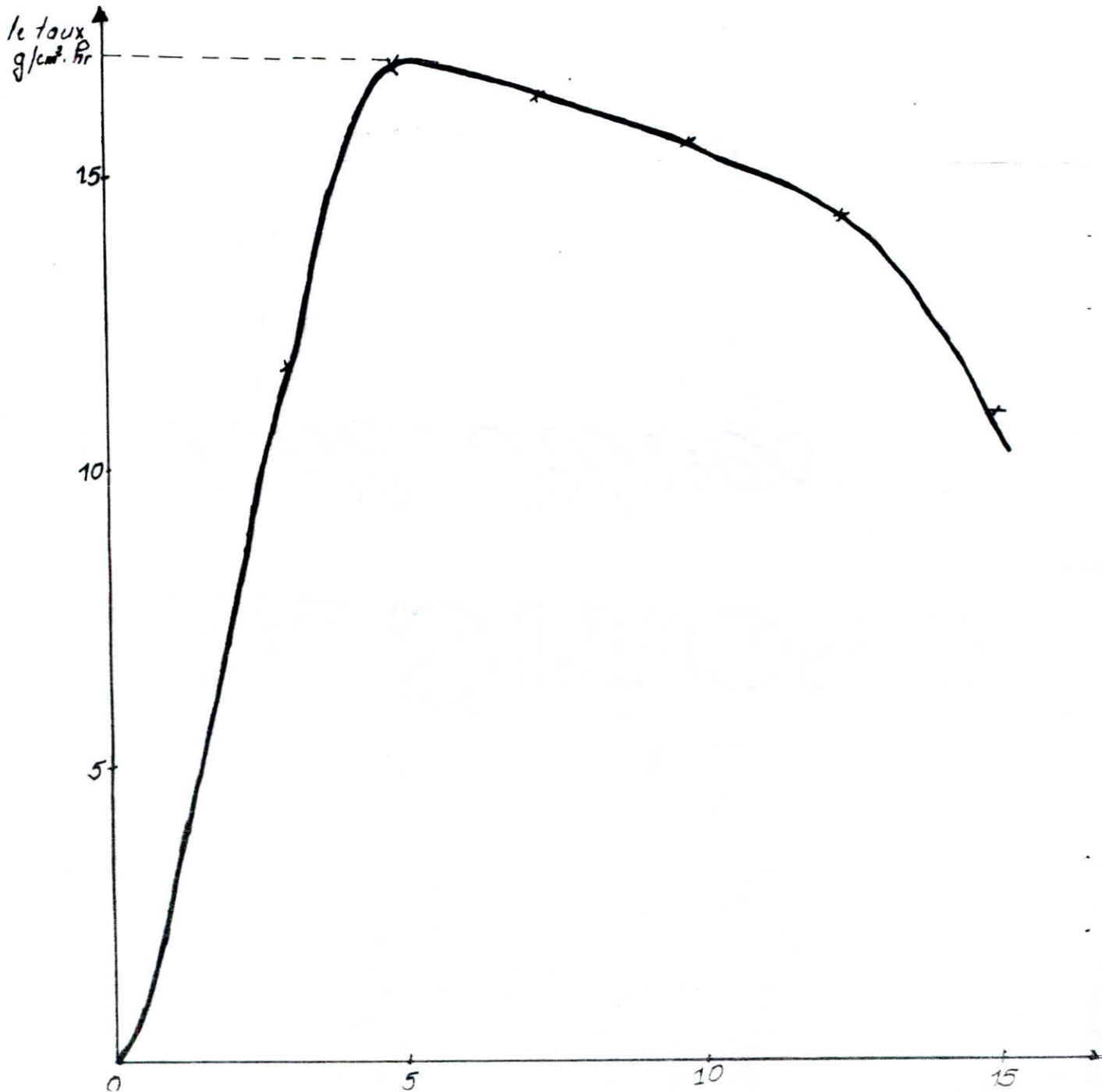


Fig (V-2) La variation de la vitesse de chute avec la concentration (C_v)

tableau (V-4) calcul du taux de sédimentation.

La concentration volumétrique C_v (%)	3	5	7,5	10	12,5	15
La masse de la chaux (g)	139	235	352	468	585	714
La vitesse de décantation v_c (cm/h)	150	127,8	82,2	58,8	43,2	27
Le volume initial de la suspension (cm ³)	1767,14	1767,14	1767,14	1767,14	1767,14	1767,14
taux de sédimentation (g/cm ² .h)	11,79	16,92	16,37	15,57	14,34	10,90



C_v (%)	e (%)	V_s (cm/min)	$\psi = V_s \cdot C_v$ (cm ³ /min)
3	97	2,50	0,075
5	95	2,13	0,106
7,5	92,5	1,37	0,102
10	90	0,98	0,098
12,5	87,5	0,72	0,090
15	85	0,45	0,067

tableau (V-5)

calcul du flux de sédimentation

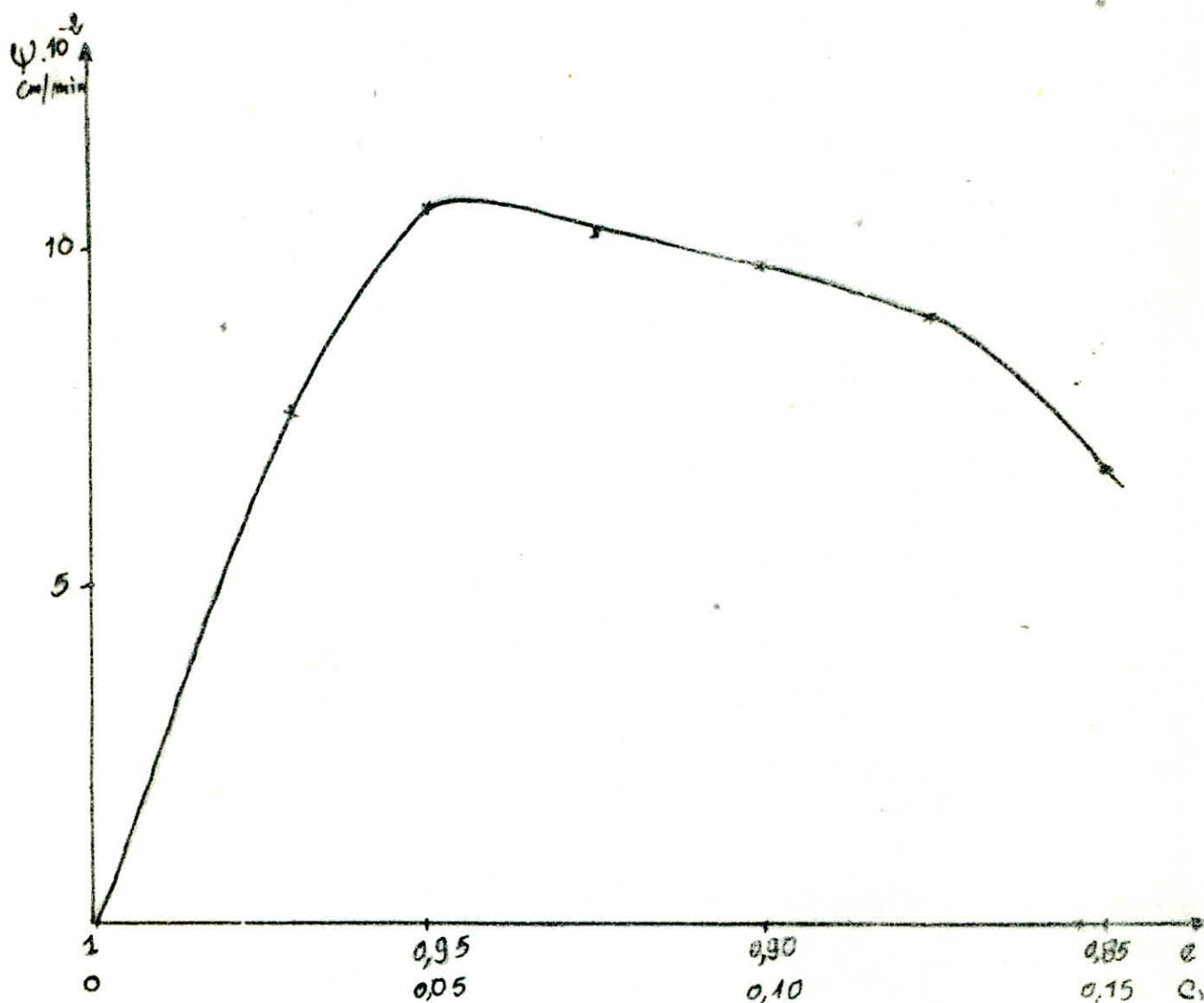


Fig (V-4) La variation de ψ avec e ou C_v

V.2.2 Experience : 2

La courbe de décantation pour une concentration initiale de 5% présentée dans la fig (V-5) est utilisée pour l'évaluation de la vitesse de chute limite " v_L ", et la concentration correspondante " C_L " au cours de la sédimentation comme il a été déjà expliqué (paragraphe V.1.2.2.b). Plusieurs tangentes ont été tracées en différents points, leurs pentes donnent directement la vitesse de chute limite " v_L ", des points d'intersection de ces tangentes avec l'axe des Hauteur (H), on détermine les concentrations C_L par la formule $C_L H_i = C_0 H_0$ tableau (V-7).

Le graphique de $v_L = f(C_L)$ présenté dans la figure (V-6) permet de déterminer la vitesse de sédimentation pour une concentration donnée. En d'autres termes il pourra servir comme abaque (pour la suspension de la chaux). D'autre part la même courbe est très utile pour le bon fonctionnement des bassins de sédimentation car elle donne la vitesse limite v_L que l'eau déplacée vers le haut ne doit pas excéder, faute de quoi les particules seront entraînées vers le haut et probablement vers la sortie. Pour éviter cela on propose de connaître la répartition de la vitesse et de concentration à travers le bassin, et par la suite faire une homogénéisation dans les zones où la limite v_L est dépassée, afin d'augmenter la vitesse de chute des particules.

A partir du calcul de v_L et C_L tableau (V-7), on a déterminé le flux de sédimentation pour les concentrations (5 - 7 - 10 - 15 - 20) % tableau (V-8), la courbe $\psi = f(C_L)$ tracée à partir de ces résultats a la même allure que celle de l'expérience 1 représentée dans la fig (V-4)

tableau (V-6) les mesures de l'interface (H) avec le temps (t)

le temps t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
niveau de l'interface H (cm)	90	81,8	72,8	64,2	54,7	45,5	36,0	26,8	17,1	11,6	11,2	11,0	10,5	10,4	9,70	9,55	9,40	9,40

90	95	100	110	1120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
9,35	9,30	9,30	9,25	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20

tableau (V-7) calcul de C_L et v_L à partir de la courbe (V-5)

le temps t (min)	20	30	35	40	50	60	70	80
H_i (cm)	90	86	65	29,5	17	14,5	12,25	11,5
la concentration limite C_L (%) $C_L = \frac{H_0 C_{00}}{H_i}$	5	5,23	6,92	15,25	26,47	31,03	36,73	39,13
v_L (cm/min)	2,13	2	1,54	0,42	0,25	0,075	0,05	0,037

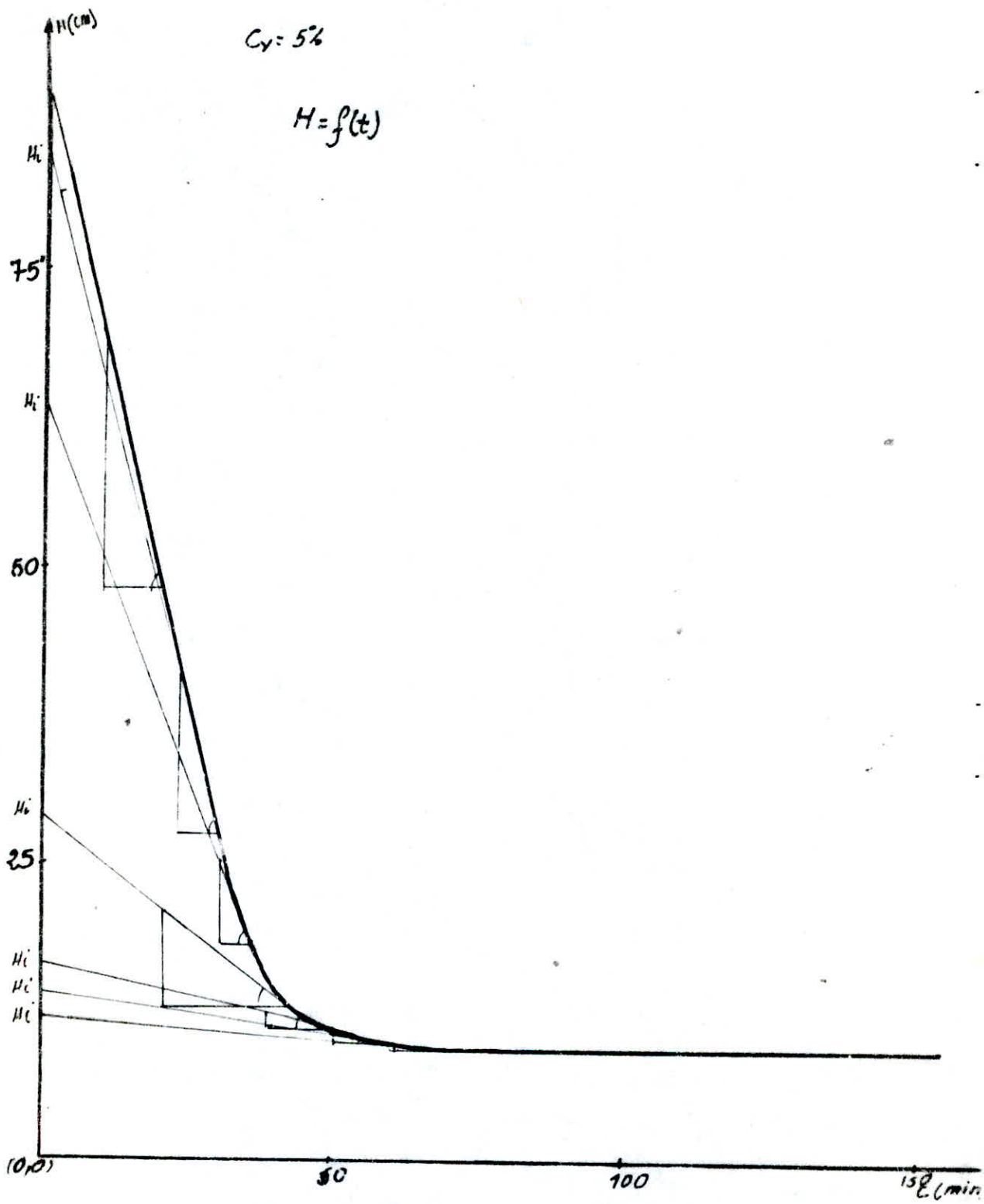


fig (I-5) calcul graphique de V_L en différents points

Tableau (V. 8) calcul de flux solide a partir de fig (V-6)

C_L (%)	5	7	10	15	20	30
V_L (cm/min)	1,83	1,45	0,96	0,45	0,32	0,2
$\psi = C_L \cdot V_L$ (10^{-2})	9,16	10,15	9,60	6,75	6,4	6

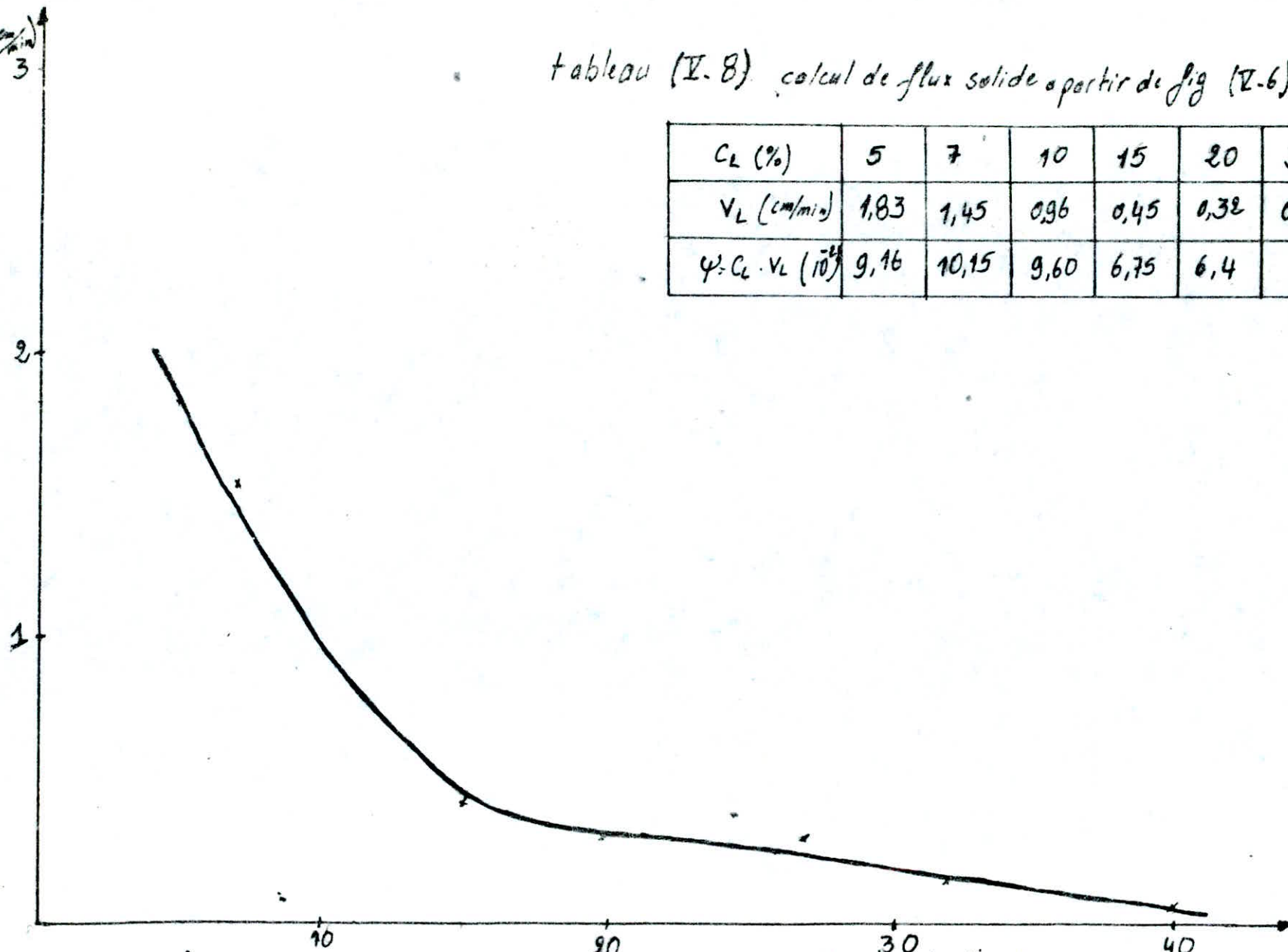


fig (V-6) variation de la vitesse (V_L) en fonction de la concentration C_L
 tracée à partir d'un seul essai

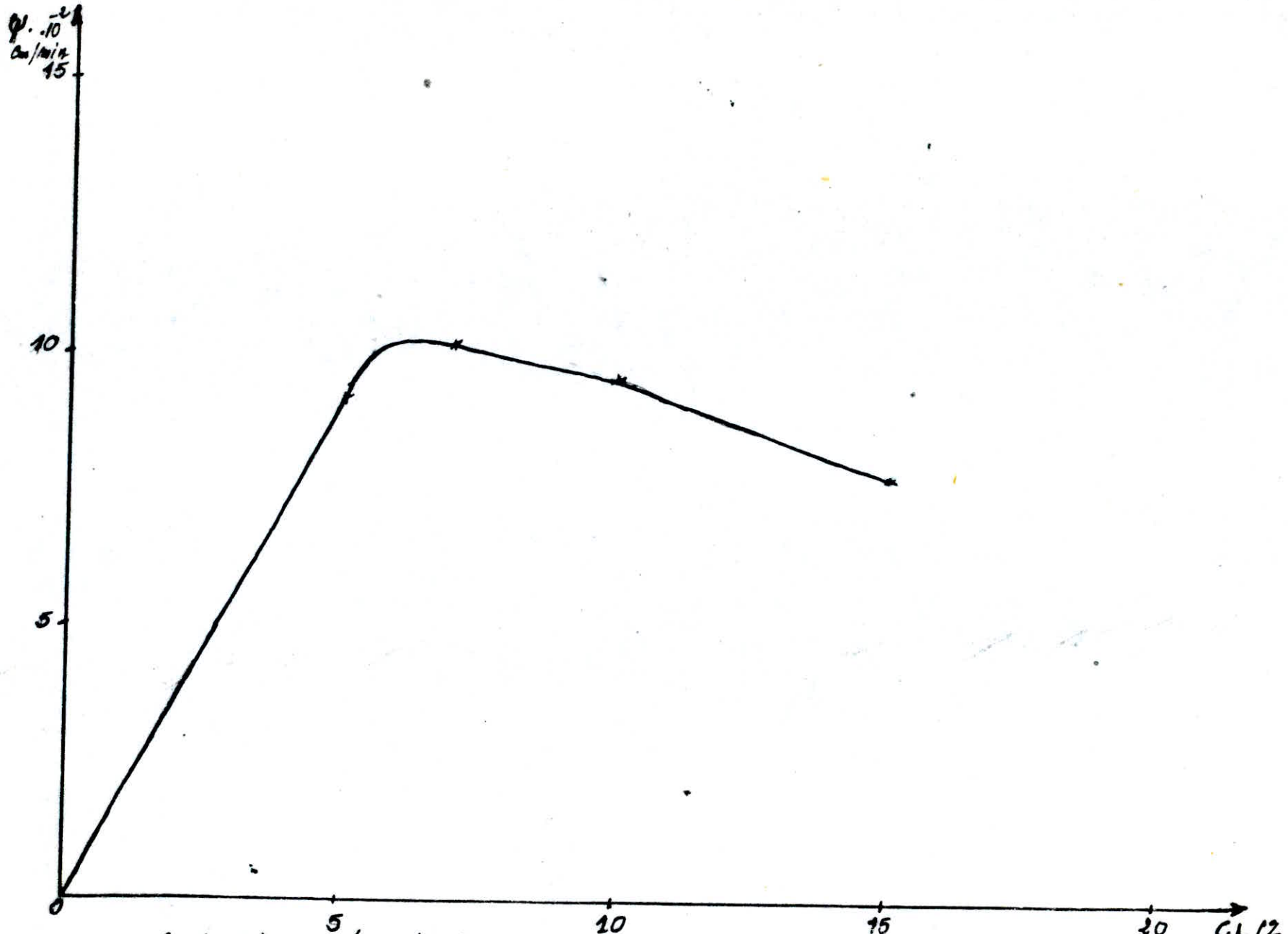


fig (V-7) représente la variation de flux (Ψ) avec la concentration volumétrique (C_L)

V.2.3 Expérience n° 3

D'après les résultats de cette expérience (tableau V-10), on remarque que la hauteur initiale n'a pas d'influence sur les paramètres caractérisant la sédimentation; à savoir :

- la vitesse de chute
 - le volume massique au point critique
 - le volume massique final
- ainsi que les deux rapports suivants:

$$\frac{\text{volume massique au point critique}}{\text{volume massique initial}}$$

$$\frac{\text{volume massique final}}{\text{volume massique initial}}$$

Donc dans la conception des bassins de sédimentation on a intérêt à limiter leur hauteur; tout en respectant les conditions de leur bon fonctionnement, c'est-à-dire leur donner une section d'écoulement convenable, afin de ne pas avoir de grandes vitesses d'écoulement, qui pourraient être à l'origine de la remise en suspension de la boue.

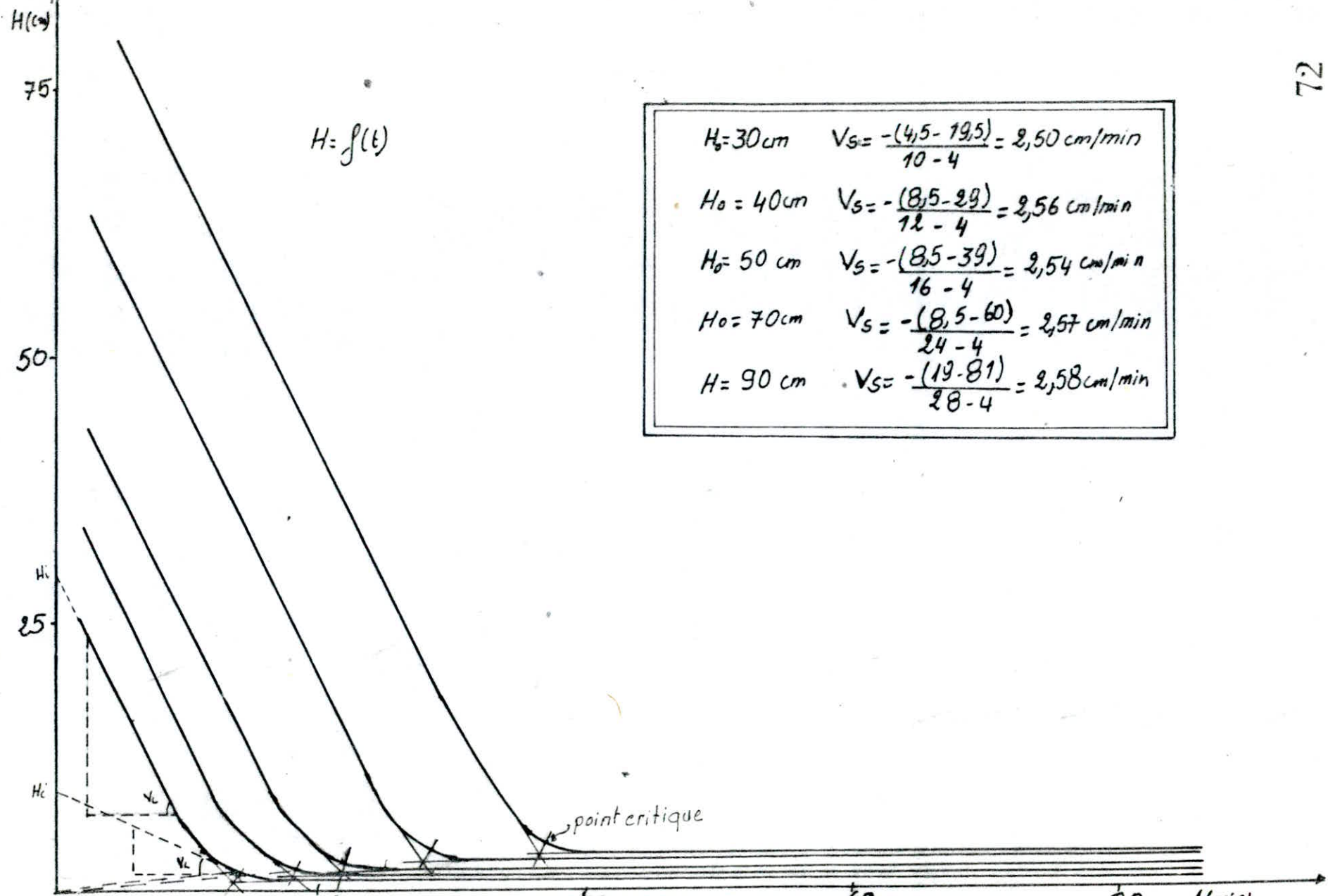
Les courbes $V_L = f(C_L)$ représentées dans la fig (V-9) sont tracées selon la méthode décrite dans le mode opératoire de l'expérience 2. Elles sont presque superposées l'une sur l'autre ce qui montre que la hauteur n'a pas d'influence sur la relation

$$V_L = f(C_L)$$

Remarque: les courbes doivent être superposées, leur non superposition est due aux erreurs expérimentales.

tableau (V-9) , Resultats expérimentaux - Hauteur initiale (H₀) variable
 - la concentration volumétrique C_v (C_v = 2%)

Hauteur (H ₀) initial (cm)	90 m = 21,2g		70 m = 77g		50 m = 58,67g		40 m = 40,53g		30 m = 30,37g	
	Le temps min	L'interface (cm)	La boue (cm)	L'interface (cm)	La boue (cm)	L'interface (cm)	La boue (cm)	L'interface (cm)	La boue (cm)	L'interface (cm)
0	90	0	70	0	50	0	40	0	30	0
4	81	0,60	60	0,45	39	0,3	29	0,5	19,5	0,4
8	70	1,00	49,5	1,0	29	0,5	17,5	0,8	10	0,7
12	60,5	1,55	39	1,6	18,5	1,1	8,5	1,1	2	1,05
16	51	2,10	29	2,2	8,5	1,6	1,7	1,5	1,2	1,20
20	40	2,60	18,5	2,7	2,6	2,2	1,7	1,7	1,2	1,20
24	29,5	3,20	8,5	2,9	2,1	2,2	1,7	1,7	1,2	1,20
28	19	3,60	3	2,8	2,2	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
32	11,5	3,65	2,8	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
36	4	3,65	2,75	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
40	3,7	3,70	2,75	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
44	3,7	3,70	2,75	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
48	3,7	3,70	2,75	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20
52	3,7	3,70	2,75	2,75	2,1	2,1	1,7	1,7	1,2	1,20



$H_0 = 30 \text{ cm}$	$V_s = \frac{-(4,5 - 19,5)}{10 - 4} = 2,50 \text{ cm/min}$
$H_0 = 40 \text{ cm}$	$V_s = \frac{-(8,5 - 29)}{12 - 4} = 2,56 \text{ cm/min}$
$H_0 = 50 \text{ cm}$	$V_s = \frac{-(8,5 - 39)}{16 - 4} = 2,54 \text{ cm/min}$
$H_0 = 70 \text{ cm}$	$V_s = \frac{-(8,5 - 60)}{24 - 4} = 2,57 \text{ cm/min}$
$H_0 = 90 \text{ cm}$	$V_s = \frac{-(19 - 81)}{28 - 4} = 2,58 \text{ cm/min}$

fig (V-8) variation de niveau de l'interface en fonction du temps (t) pour différentes hauteurs initiales de la suspension

tableau (I-10) paramètre, caractérisant la sédimentation discontinu

La hauteur initiale de la suspension (cm)	30	40	50	70	90
La masse de la chaux (kg)	0,0303	0,0405	0,0506	0,071	0,0913
le volume massique initial $\frac{1}{\rho_c}$ ($\frac{m^3}{kg}$)	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$
La hauteur critique h_c (m)	0,015	0,020	0,025	0,036	0,046
le volume massique au point critique = $\frac{\text{La hauteur critique} \times \text{L'aire de la colonne}}{\text{La masse de la chaux}}$ ($\frac{m^3}{kg}$)	$9,71 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,69 \cdot 10^{-4}$	$9,95 \cdot 10^{-4}$	$9,9 \cdot 10^{-4}$
La hauteur finale de la boue (cm)	0,0415	0,0460	0,020	0,0270	0,0350
le volume massique final $\frac{1}{\rho_f}$ ($\frac{m^3}{kg}$) = $\frac{\text{La hauteur finale} \times \text{L'aire de la colonne}}{\text{La masse de la chaux}}$	$7,45 \cdot 10^{-4}$	$7,75 \cdot 10^{-4}$	$7,75 \cdot 10^{-4}$	$7,46 \cdot 10^{-4}$	$7,53 \cdot 10^{-4}$
$\frac{\text{le volume massique au point critique}}{\text{le volume massique initial}}$	1,00	1,00	1,00	1,02	1,02
$\frac{\text{le volume massique final}}{\text{le volume massique initial}}$	0,76	0,79	0,79	0,76	0,77
la vitesse de sédimentation ($\frac{cm}{min}$)	2,50	2,56	2,54	2,57	2,58

tableau (I-11) calcul de V_L et C_L d'après les courbes de fig (I-8)

H = 30 cm		H = 40 cm		H = 50 cm		H = 70 cm		H = 90 cm	
V_L	C_L	V_L	C_L	V_L	C_L	V_L	C_L	V_L	C_L
2,50	5,00	2,56	5,00	2,54	5,00	2,57	5,00	2,58	5,00
0,92	12,00	2,12	5,79	1,87	6,57	1,75	7,14	2,00	5,92
		0,75	15,38	0,5	18,5	0,75	14,6	0,62	15,51
								0,12	64,27



fig (I-9) variation de la vitesse limite "V_L" en fonction de la concentration C_L pour différentes hauteurs C_L (poids/poids) initiales.

Les experiences de sédimentation sur le modèle consistent à étudier les différents paramètres influençant le phénomène de décantation. Pour cela on fait varier le temps de séjour (la vitesse d'alimentation), la position verticale et horizontale de la cloison.

Pour chaque une de ces expériences, on a suivi le mode opératoire expliqué précédemment (chapitre II). Les résultats de ces séries d'essais sont présentés, séparément dans les tableaux (V-16 à V-23) et dans les figures (V-14 à V-18).

Pour chaque essai le prélèvement a été fait à différentes profondeurs le long du bassin, selon deux profils (paragraphe IV.2.2.2.b). Ainsi on a obtenu pour chaque essai deux figures correspondant aux deux (2) profils, ces deux figures représentent les isoteurs de la chaux (courbes d'égales concentrations).

La disposition de ces courbes dans le bassin indique la distribution des particules dans ce dernier pour un temps donné, on peut noter aussi que les résultats, le long du profil I, donnent des indications de l'influence des parois sur la sédimentation.

Une corrélation de l'allure générale des isoteurs avec des différentes zones de sédimentations dans les colonnes reste envisageable; dans la partie supérieure près de la surface libre la teneur de la chaux est faible, ce qui correspond à la zone claire dans les colonnes; au fond les isoteurs sont plus rapprochés, et ont des valeurs élevées ce qui correspond à la zone de compression.

V.3.1 Interpretation des resultats experimentaux

V.3.1 Experience 1:

L'utilisation du colorant permet de calculer la vitesse moyenne d'écoulement dans le bassin, comme elle permet de visualiser le mode d'écoulement.

Dans le 1^{er} essai: sans cloison, on remarque d'après la courbe $C_c = f(t)$ (fig V-10) que la concentration maximale en colorant est obtenue après 3,4 min son injection; donc la vitesse moyenne de l'écoulement est:

$$V = \frac{L}{t}$$

avec L : longueur du bassin (100cm)

t : temps correspondant à la concentration maximale (3,4)

$$V = \frac{100 \text{ cm}}{3,4 \text{ min}} = 29,41 \text{ cm/min.}$$

On remarque aussi qu'après 10 min de l'injection presque tout le colorant a atteint la sortie, ceci montre que le colorant n'a pas été bien dispersé.

Dans le 2^{eme} essai avec cloison, à 9cm de profondeur, on remarque que la concentration maximale, en colorant est obtenue après 5,6 min de son injection, donc la vitesse d'écoulement est $V = \frac{L}{t} = \frac{100}{5,6} = 17,85 \text{ cm/min}$

D'après cette vitesse, on peut conclure que la cloison a retardé l'avancement du colorant en créant une rotation de liquide.

On remarque qu'il y a encore du colorant après 20 min de l'injection, ceci est dû au fait que la cloison a produit la rotation du liquide provoquant ainsi la dispersion du colorant

Dans le 3^{ème} essai avec cloison à 12 cm de profondeur la concentration maximale correspond à $t = 6$ min après l'injection. la vitesse moyenne d'écoulement est:

$$V = \frac{L}{t} = \frac{100}{6} = 16,67 \text{ cm/min}$$

D'après cette vitesse on peut dire que l'avancement du front du colorant a été retardé. Ceci revient au fait que la rotation créée par le cloison était très poussée; d'autre part on remarque que la diminution de la concentration en colorant est graduelle à partir de la valeur maximale ce qui indique qu'il y a une distribution homogène du colorant, ceci explique que le rendement du bassin de sédimentation (taux d'élimination des particules en suspension) est plus élevé que dans le cas de la cloison à 9 cm de profondeur.

LES EXPERIENCES DU COLORANT

A) sans cloison

C_c : La concentration de colorant dans l'eau, $t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$.

Le temps min	C_c (%)
0	0,001
1,5	0,002
3,5	0,056
5,5	0,034
7,5	0,012
9,5	0,009
11,5	0,005
13,5	0,004
15,5	0,007
17,5	0,005
22,5	0,005
27,5	0,003
32,5	0,002
37,5	0,002
42,5	0,002
47,5	0,002

tableau (V.13) la variation de la concentration de colorant en fonction de temps à la sortie de bassin

B) avec cloison à 9cm de profondeur

$t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$

tableau (V.14) La variation de la concentration de colorant en fonction de temps à la sortie

Le temps (min)	C_c (%)
0	0,001
2	0,079
4	0,089
6	0,095
8	0,069
10	0,011
12	0,002
17	0,002
22	0,002
27	0,002
32	0,002
37	0,002
42	0,002
47	0,002
52	0,002
57	0,002

C) avec cloison à 12 cm de profondeur

$t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$.

tableau (V.15) la variation de la concentration de colorant en fonction de temps à la sortie de Bassin

Le temps (min)	C_c (%)
0	0,002
2	0,051
4	0,108
6	0,152
8	0,136
10	0,122
12	0,093
17	0,070
22	0,059
27	0,012
32	0,004
37	0,003
42	0,003
47	0,002
52	0,002
57	0,002

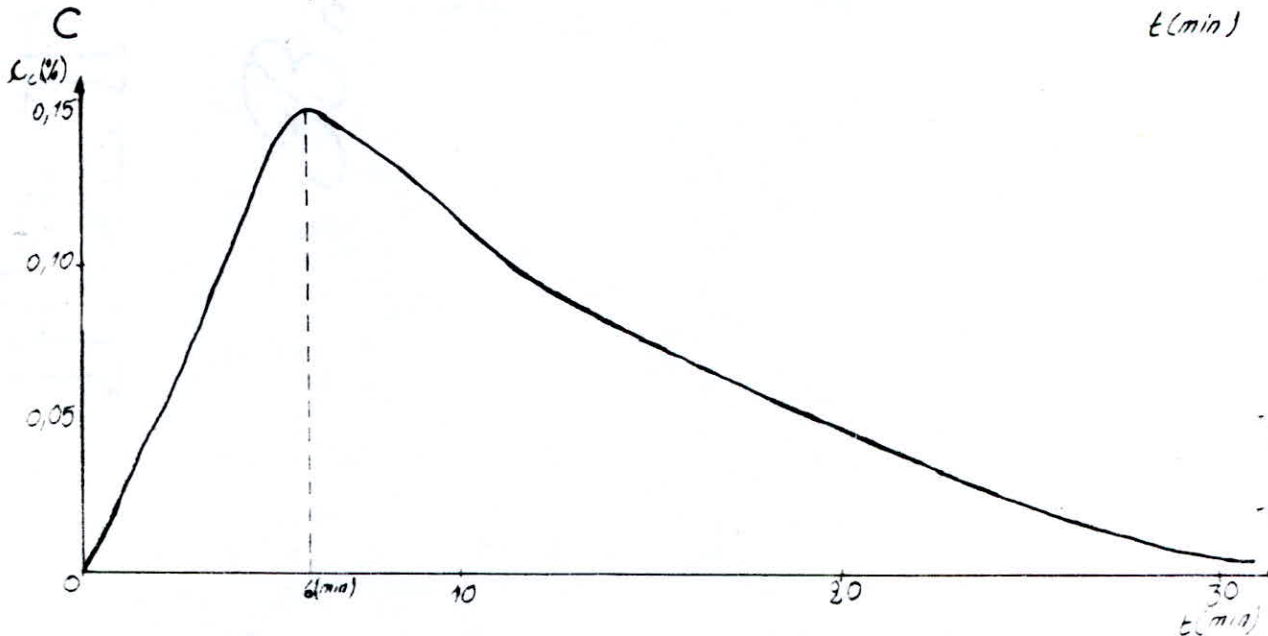
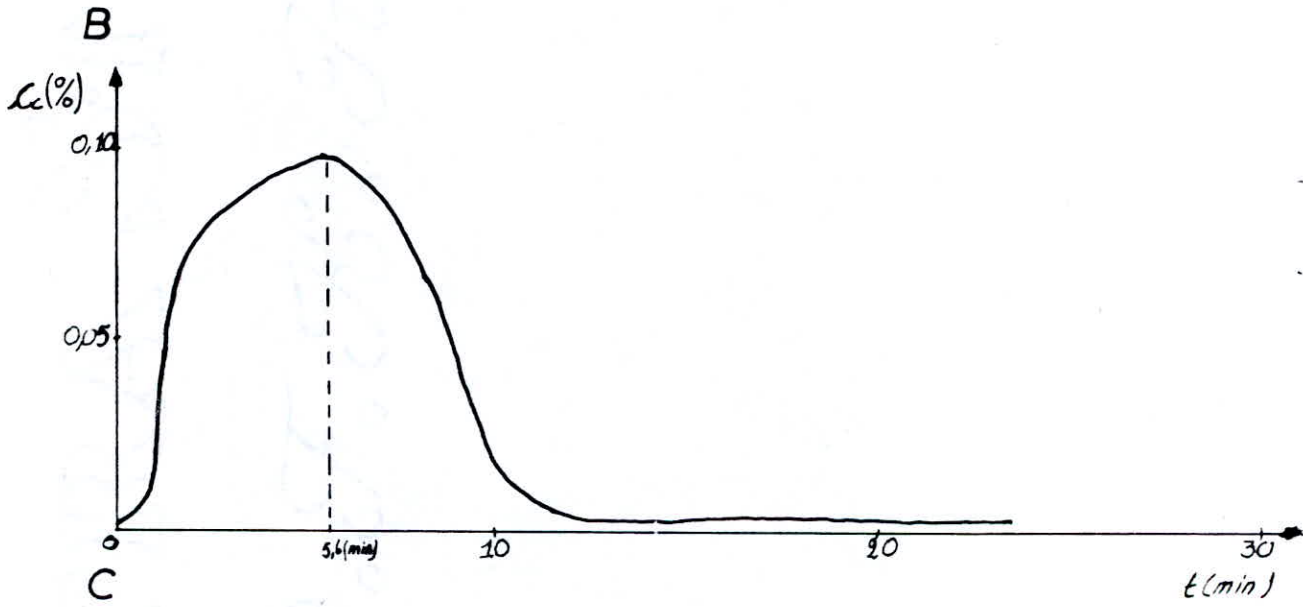
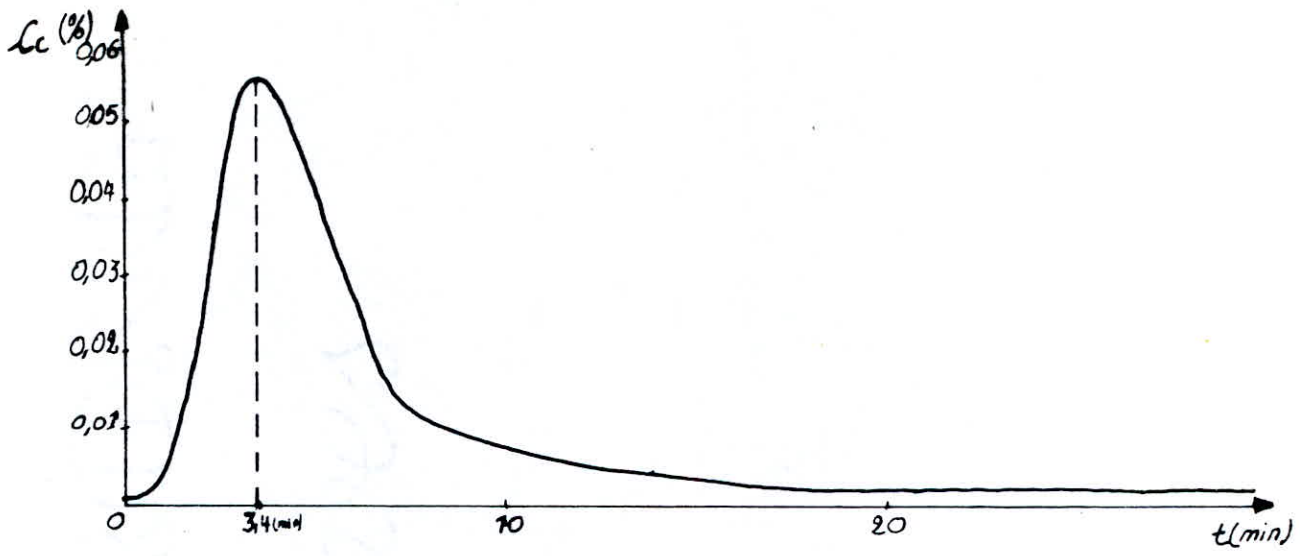


Fig (V-10) La variation de la teneur de colorant (L_c)

V.3.2 Expérience 2 :

Avant d'entamer l'interprétation de l'évaluation du rendement, on a jugé utile de donner quelques approches sur la disposition des isoteneurs dans le bassin.

On remarque que dans la zone d'entrée (zone I), les isoteneurs sont horizontales, et que le gradient de concentration est faible ce qui revient à dire que la vitesse de chute est faible, car la remise en suspension et le mixage vertical créés par l'énergie d'entrée empêchent la décantation.

Dans la zone de sortie on remarque que le mixage des particules est accentué par le courant de retour qui provoque la montée des courbes des isoteneurs vers le haut, ceci explique la diminution de la concentration dans la partie centrale de cette zone.

Pour les essais avec cloison, on remarque que la quasi totalité des isoteneurs, particulièrement dans la zone d'entrée, sont situées au-dessous de la cloison, ce qui montre l'effet de cloison sur le mode de sédimentation.

La variation du rendement du bassin de sédimentation en fonction du temps de séjour, sans cloison, et avec cloison à différentes positions est présenté dans le tableau ci-dessous.

tableau (V.12) de rendements

position de cloison	sans cloison		cloison à L=5cm				cloison à L=10cm	
			profondeur 9cm		profondeur 12cm		profondeur 9cm	profondeur 12cm
temps de séjour	20	30	20	30	20	30	20	20
le rendement %	94	96	84,8	84,1	95	95,5	80,5	94

On constate d'après ce tableau, une augmentation du rendement avec le temps de séjour, cela s'explique par la diminution de la vitesse d'écoulement, et de la vitesse de HAZEN ($V_s \propto \frac{Q}{S_b}$), (avec S_b = la surface du fond de bassin) ce qui donne aux particules plus de temps pour décanter. Le rendement du modèle sans cloison est supérieur à celui avec cloison cela est dû à l'absence de toute sorte de mixage de particules, qui pourra être à l'origine de leur remise en suspension et de leur entraînement vers le haut.

Si l'on considère l'utilisation de la cloison à différentes profondeurs, on constate que le rendement augmente avec la profondeur de cette dernière (tableau V.12). En d'autres termes, est plus élevé pour 12cm que pour 9cm de profondeur cela revient au fait que pour 12cm de profondeur la rotation des particules créée par la cloison est très poussée, ce qui veut dire que ces dernières font plus de rotations pendant leur déplacement, et par conséquent elles auront de fortes chances d'atteindre le fond du bassin avant la sortie.

L'ESSAI N°1

- sans cloison , $t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$, $T_0 = 20026 \text{ (NTU)}$
 $T_s = 1200 \text{ (NTU)}$, $\eta = 1 - T_s/T_0 = 1 - 1200/20026 = 94\%$

le tableau (V-16) de variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin.

L(cm) \ H(cm)		5		20		50		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	7650	38	7150	36	5060	25	11550	56
	10	13600	68	11415	57	9200	46	13020	58
	15	14950	75	13125	66	10474	52	12420	55
profil II	5	6600	33	3905	34	7420	37	11550	58
	10	12075	60	14450	72	11500	57	13020	65
	15	17050	85	16628	83	16170	81	12420	62

L'ESSAI N°2

- sans cloison , $t_s = 30 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$, $T_0 = 20026 \text{ (NTU)}$
 $T_s = 750 \text{ (NTU)}$, $\eta = 1 - T_s/T_0 = 1 - 750/20026 = 96\%$

tableau (V-17) de variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L(cm) \ H(cm)		5		20		50		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	4200	21	4608	23	2750	13,7	5400	26,9
	10	5000	25	7610	37,5	4550	22,7	5950	29,6
	15	8100	40	13090	62,8	9030	65	6000	30
profil II	5	3700	18,5	4200	21	5980	29,8	7110	35,5
	10	6750	33,7	8040	40	8470	42,2	4900	24,5
	15	11020	55	15300	76,4	10400	52	6950	29,7

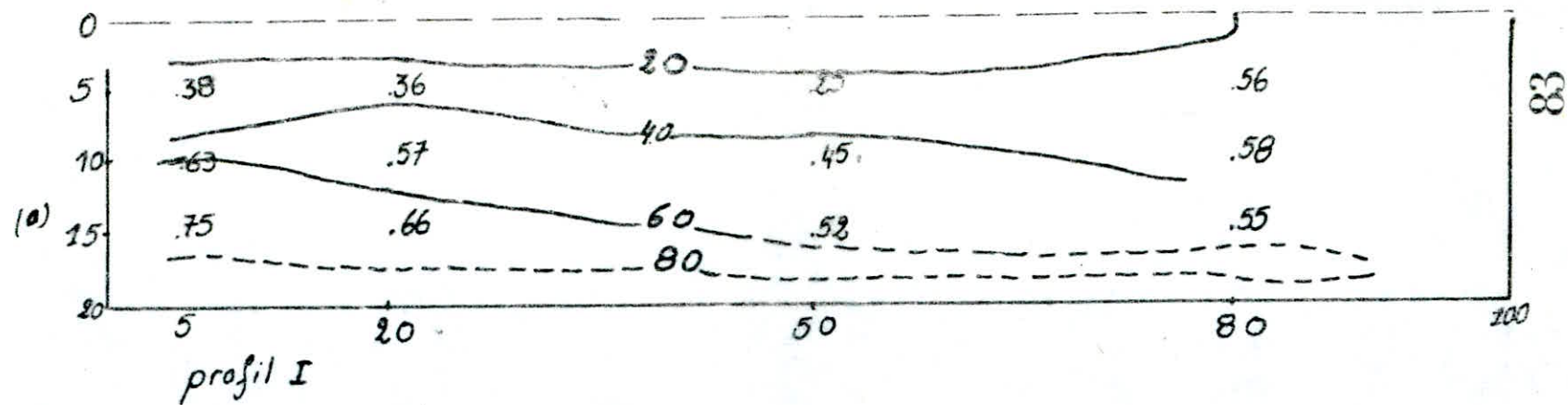


fig (V-11)

La disposition des isobars pour le 1^{er} essai

échelle 1/5

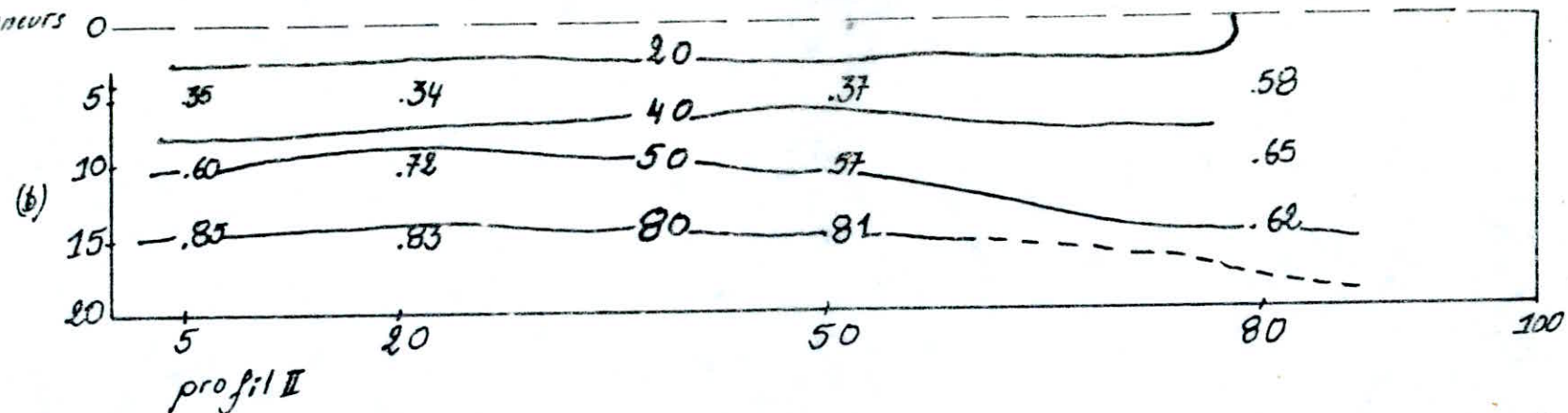


fig (V-19)

la variation de la hauteur de la boue (H_b) le long du bassin.

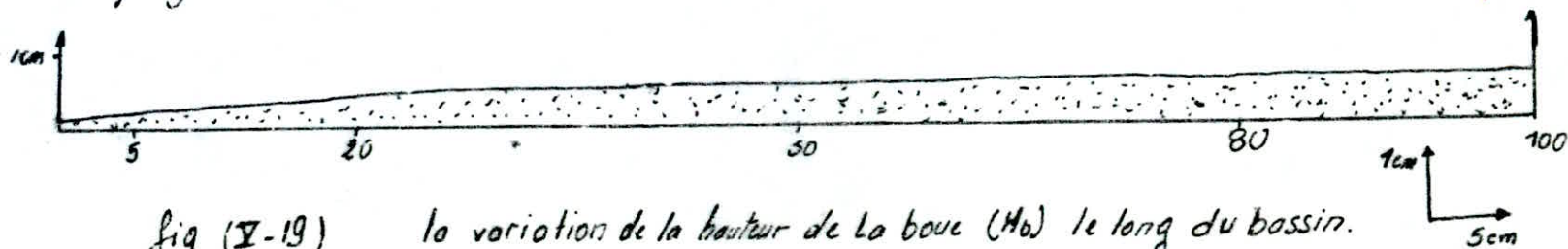
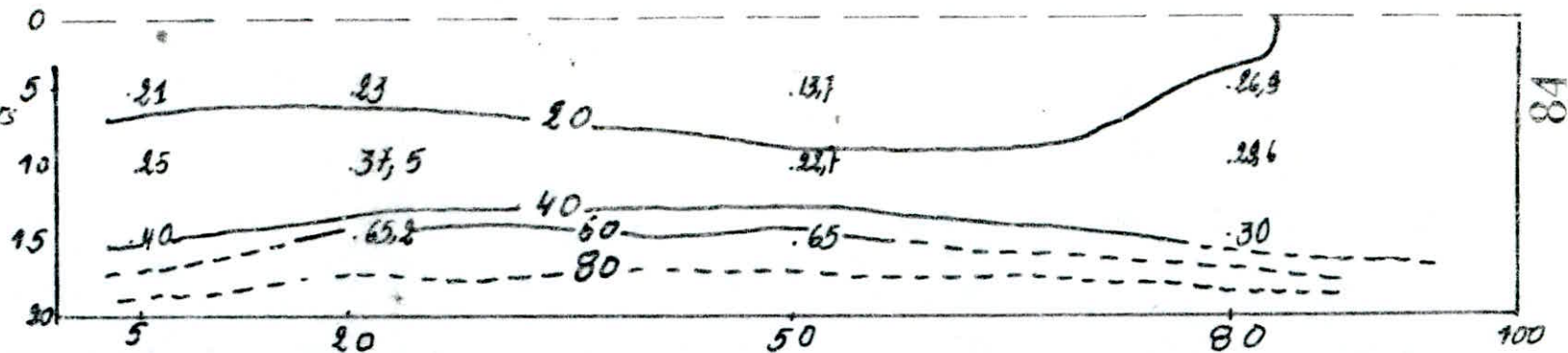
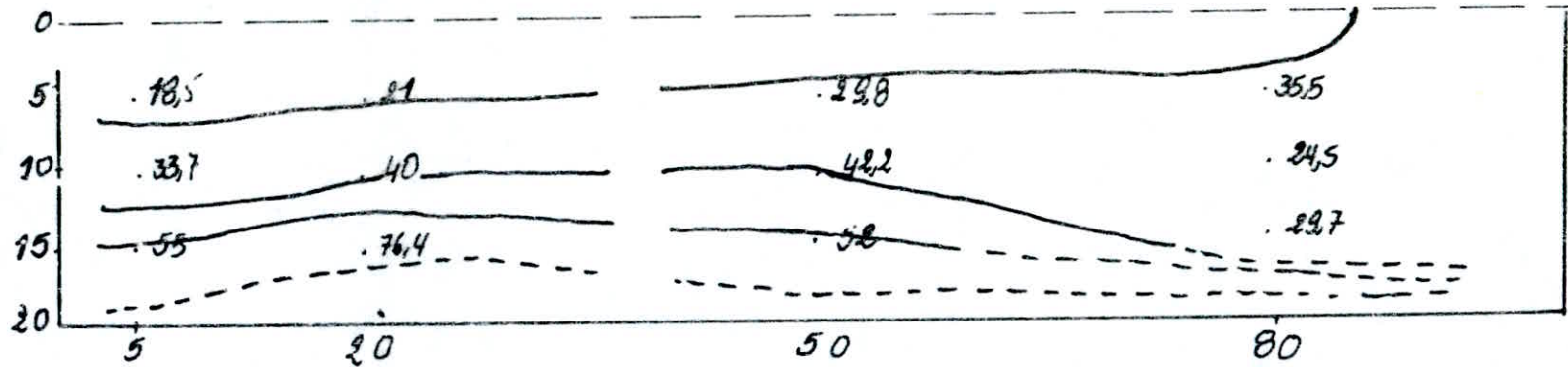


fig (V-12)

La disposition des isotencurs
pour le 2^{ème} essai
échelle 1/5



(a) profil I



(b) profil II

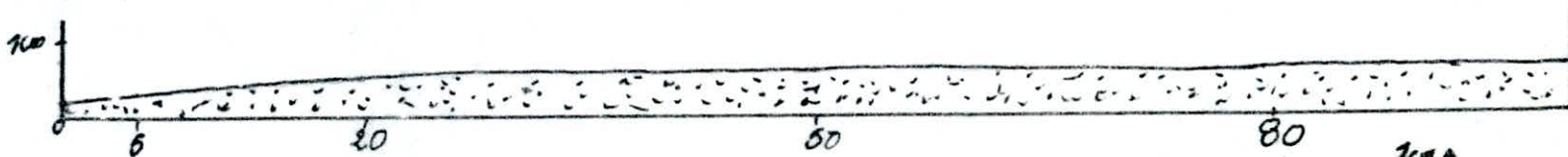
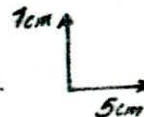


fig (V-20)

la variation de la hauteur de la boue (H_0) le long du bassin.



L'ESSAI N°3

- avec cloison à 9 cm de profondeur, $t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$
 $T_0 = 22500 \text{ (NTU)}$, $T_3 = 3850 \text{ (NTU)}$ $\eta = 1 - 3850/22500 = 82,8\%$

tableau (II-18) de la variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L(cm) \ H(cm)		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	4300	19	4400	19,5	4600	20	9080	40
	10	15000	41	8500	38	13300	60	10500	67
	15	15600	67	20000	89	15400	68	10800	48
profil II	5	8200	36	5700	25	4950	22	9600	43
	10	13600	60	12400	55	12600	56	10500	61
	15	14800	64	14760	67	14300	63	15300	68

L'ESSAI N°4

- avec cloison à 9 cm de profondeur, $t_s = 30 \text{ min}$, $Q = 2,68 \text{ l/min}$
 $T_0 = 22500 \text{ (NTU)}$, $T_3 = 3570 \text{ (NTU)}$, $\eta = 1 - 3570/22500 = 84,1\%$

tableau (II-19) de la variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L(cm) \ H(cm)		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	2800	12	3000	13	3780	16	5400	24
	10	7920	35	7680	34	8400	37	9600	43
	15	10640	47	12800	57	13600	60	13650	61
profil II	5	3300	15	2880	13	6840	30	7200	32
	10	9000	40	9840	44	9000	40	8600	38
	15	14900	66	14700	65	13700	61	12900	57

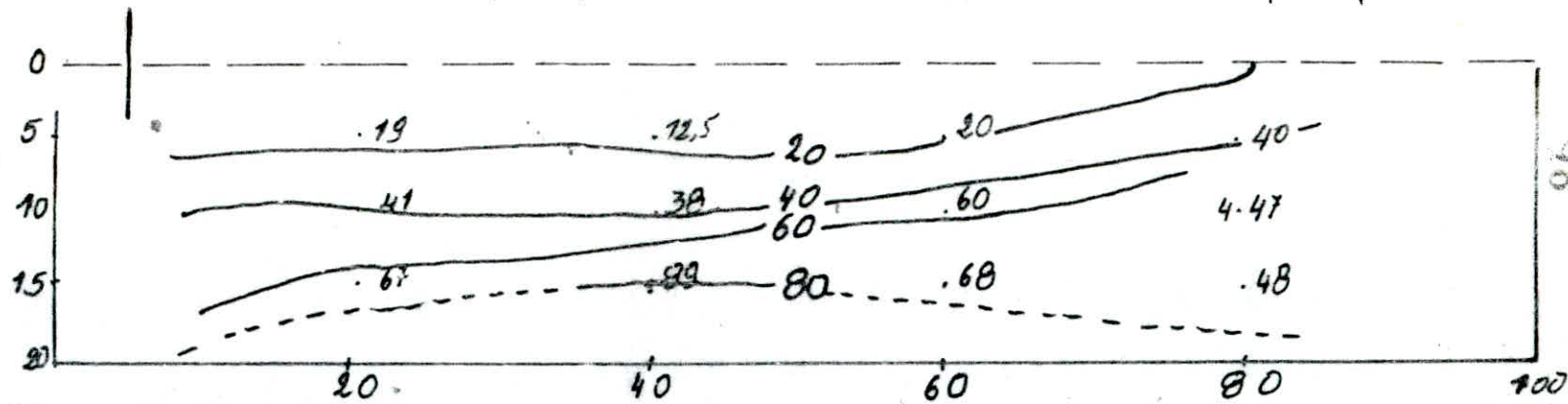
fig (I-13)

la disposition des isothermes

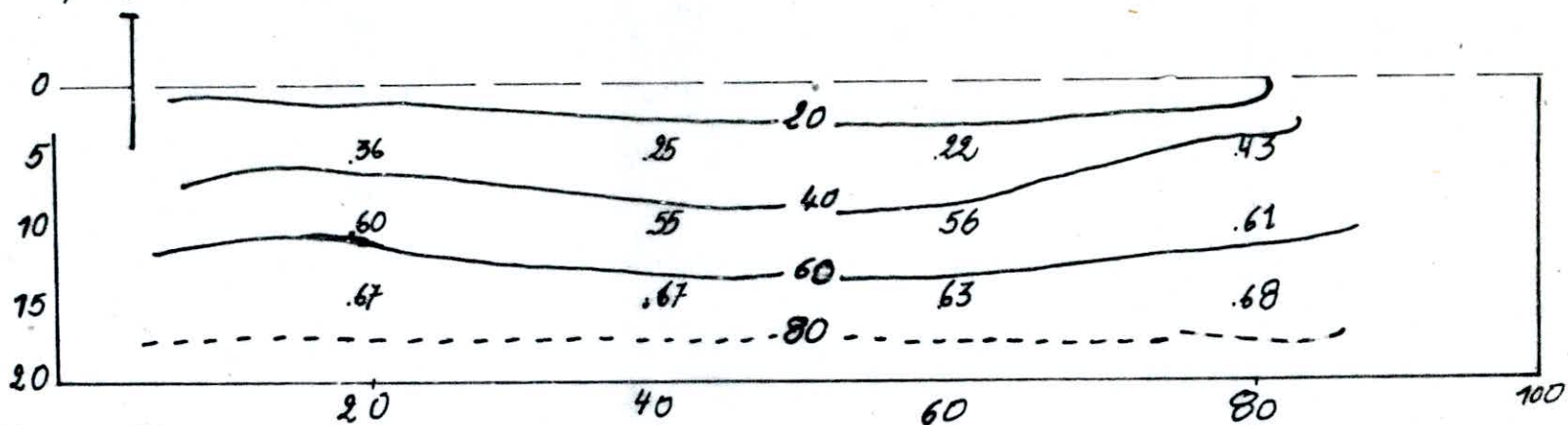
le long du bassin pour

le 3^{ème} essai

échelle 1/5



(a) profil I



(b) profil II

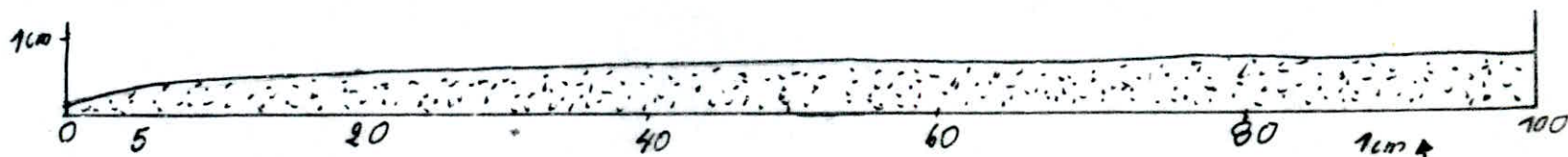


fig (I-21)

la variation de la hauteur de la base (H_b) le long du bassin

5cm

fig (V-14)
 la disposition des isobars
 le long du bassin pour
 le 4^{ème} essai
 échelle 1/5

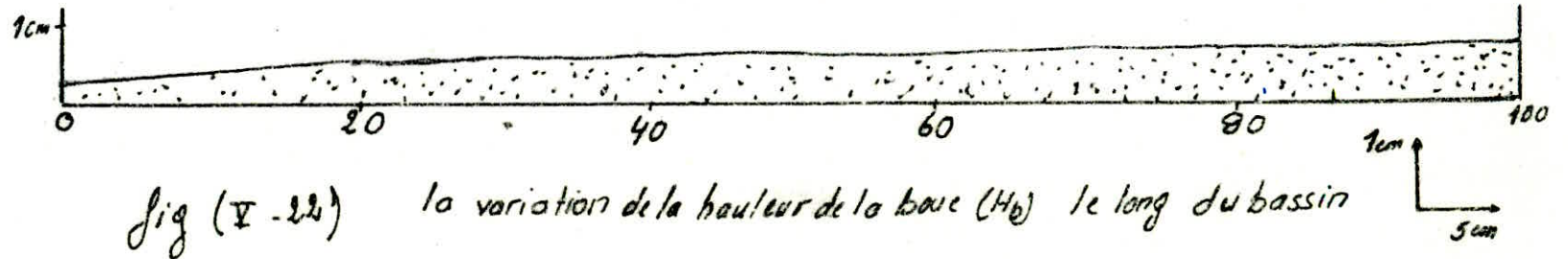
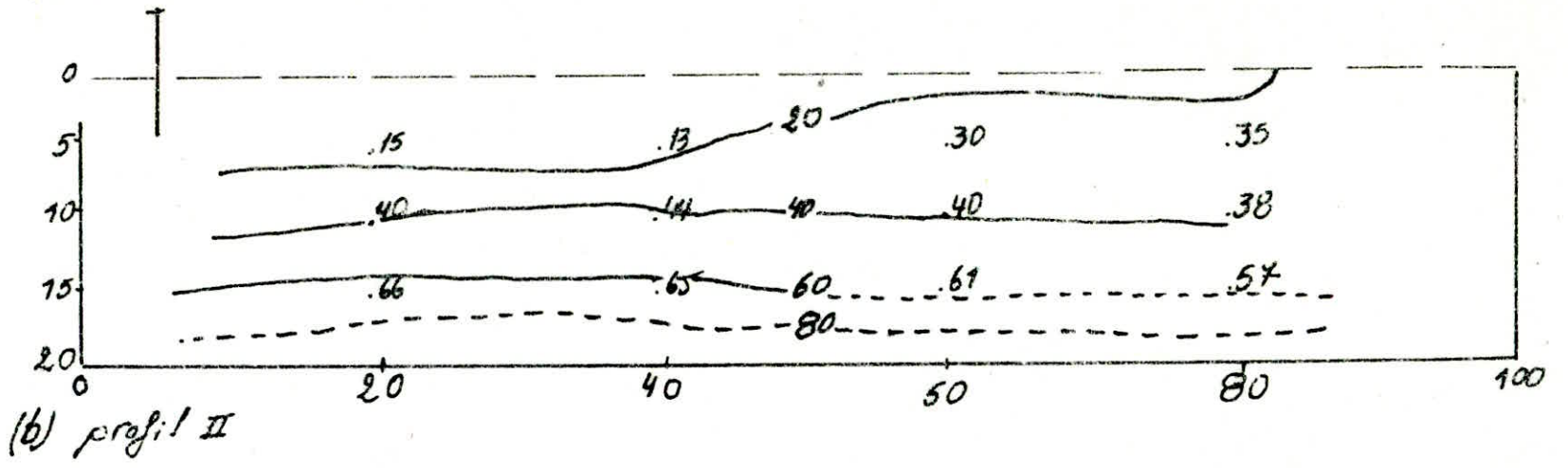
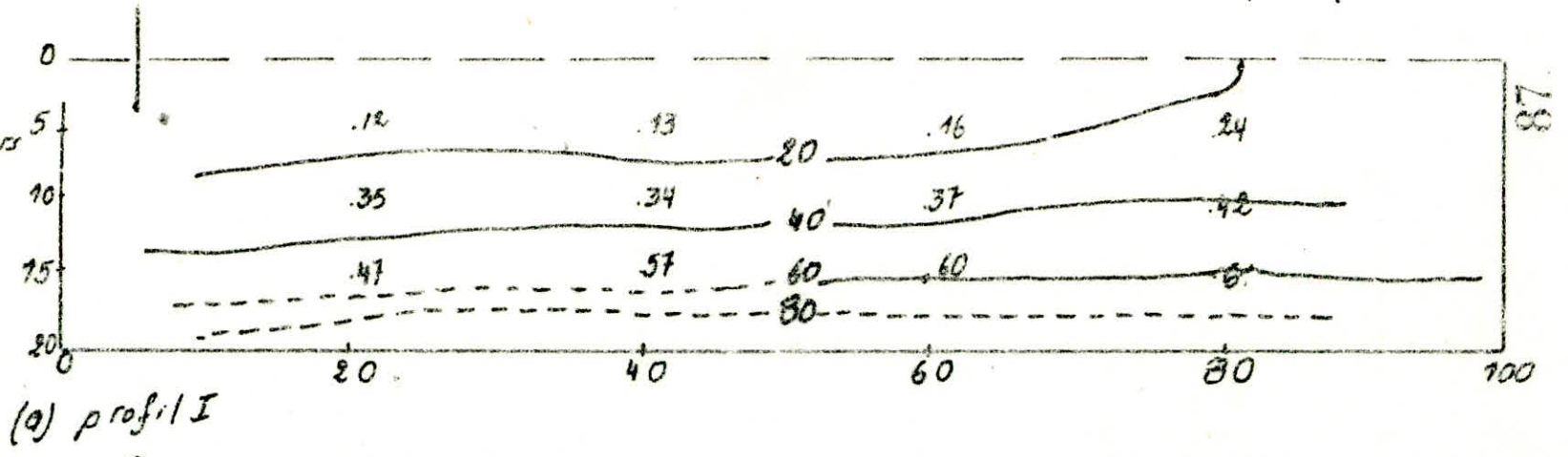


fig (V-22) la variation de la hauteur de la base (H_b) le long du bassin

L'ESSAI N°5

- avec cloisons à 12 cm de profondeur, $t_s = 20 \text{ min}$, $Q = 4,03 \text{ l/min}$
 $T_0 = 32500 \text{ (NTU)}$, $T_s = 1650 \text{ (NTU)}$ $\eta = 1 - 1650/32500 = 95\%$

tableau (I-20) de variation de la turbidité T et de pourcentage P le long du bassin

L \ H		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	2500	8	1500	5	5100	16	4600	14
	10	11400	35	10780	33	15750	49	10240	32
	15	21000	65	16665	51	18860	58	14400	44
profil II	5	3850	12	2270	7	1900	6	5200	16
	10	11082	34	11000	34	11370	35	13300	41
	15	14600	45	21100	65	16900	52	14300	44

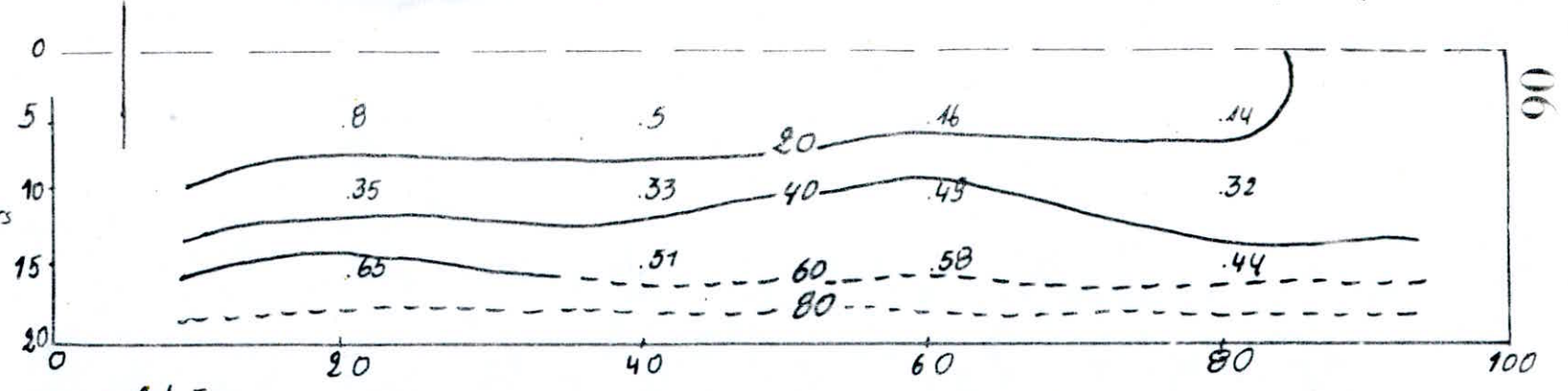
L'ESSAI N°6

- avec cloisons à 12 cm de profondeur, $t_s = 30 \text{ min}$, $Q = 2,68 \text{ l/min}$
 $T_0 = 27000 \text{ (NTU)}$, $T_s = 1210 \text{ (NTU)}$, $\eta = 1 - 1210/27000 = 95,5\%$

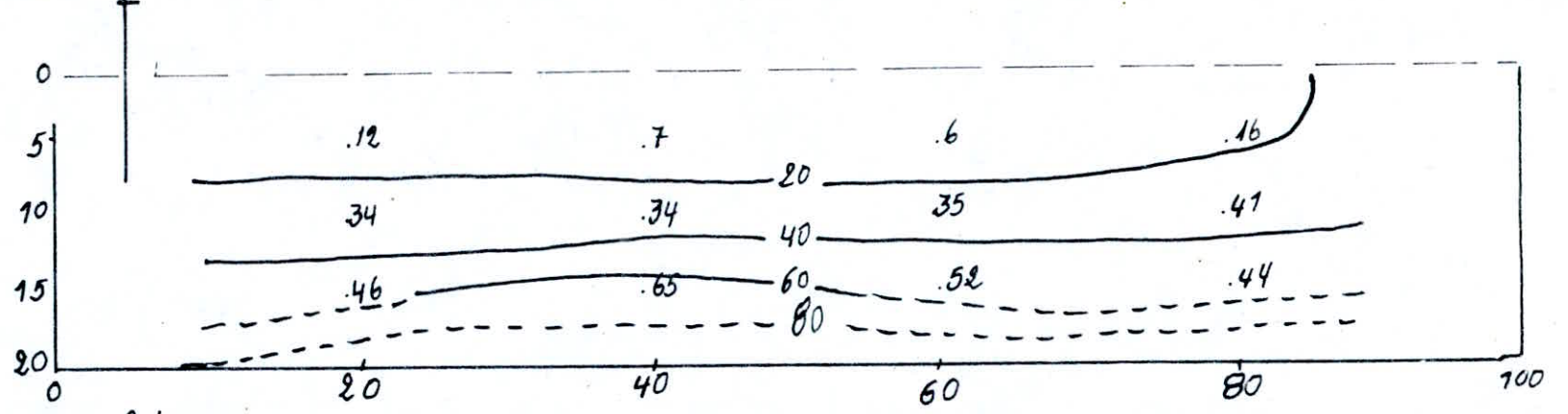
tableau (I-21) de variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L \ H		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	1820	7	2250	8	2400	9	2100	8
	10	7150	26	9600	36	9450	35	7830	29
	15	8250	30	10500	39	11340	42	10800	40
profil II	5	1890	7	4050	15	3780	14	3240	12
	10	9390	37	9180	34	6750	25	4860	18
	15	18090	67	13500	50	11340	42	5940	22

fig (I-15)
 la disposition des isothermes
 le long du bassin pour
 Le 5^{eme} essai
 echelle 1/5



(a) profil I



(b) profil II

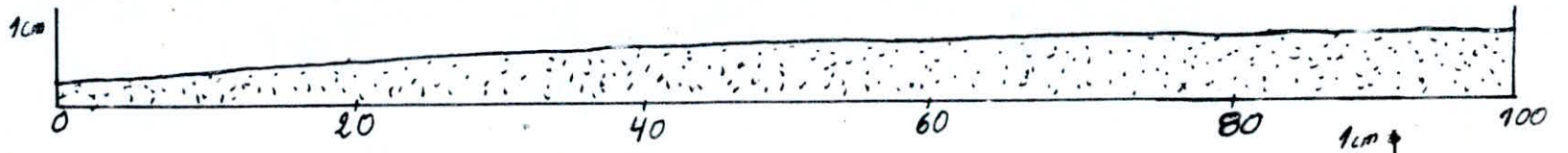


fig (II-23) la variation de la hauteur de la base (H_b) le long du bassin.

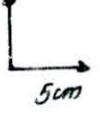
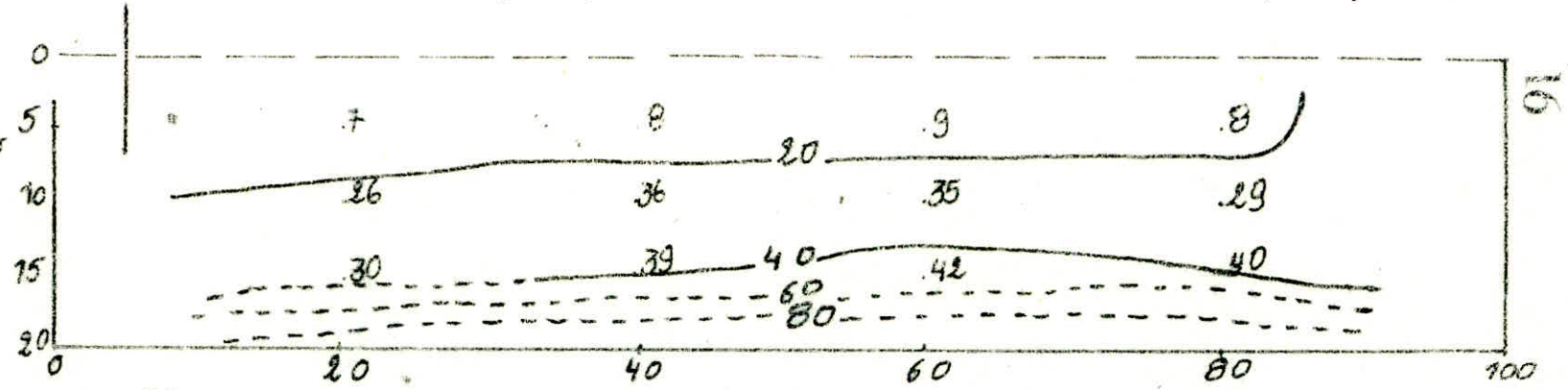


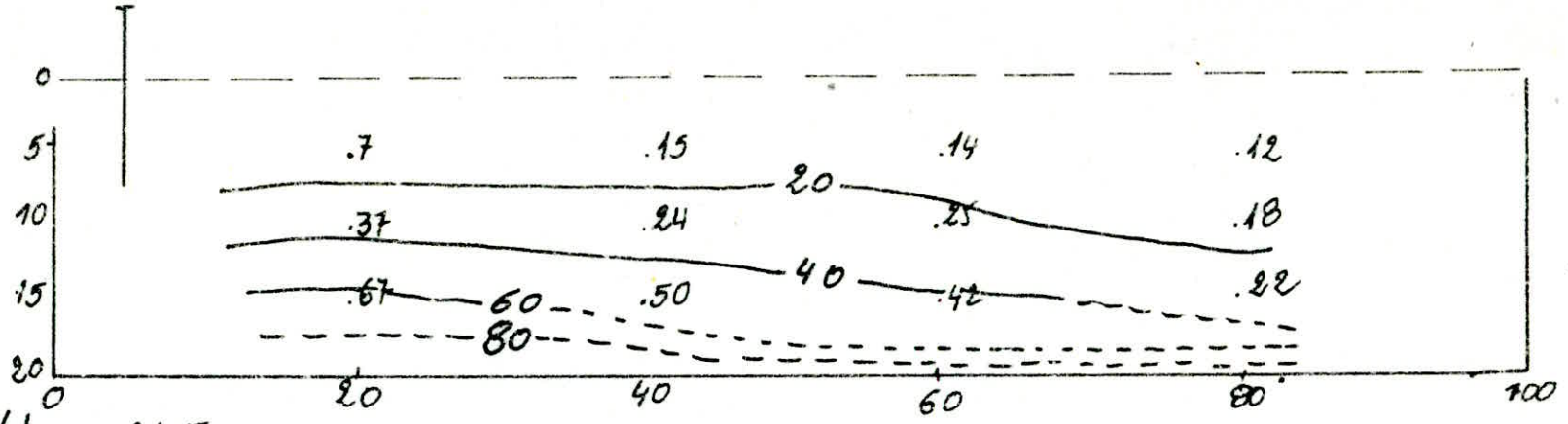
fig (V.16)

la disposition des isothermes
le long du bassin pour
le 6^{eme} essai

echelle 1/5



(a) profil I



(b) profil II



fig (V.24) la variation de la hauteur de la base (Hb) le long du bassin

L'ESSAI N°7

- avec cloison à 9 cm de profondeur et à 10 cm de longueur, $t_s = 20 \text{ min}$,
 $Q = 4,03 \text{ l/min}$, $T_0 = 22350 \text{ (NTU)}$, $T_s = 4350 \text{ NTU}$, $\eta = 1.4350/22350 = 60,5\%$

tableau (V-22) la variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L \ H		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	4917	22	2900	13	2790	12,5	7152	32
	10	9610	43	7600	34	6930	31	12740	57
	15	14304	64	14530	65	14530	65	11175	50
profil II	5	7820	35	6035	27	4690	21	8500	38
	10	13850	62	11850	53	11400	51	14080	63
	15	15190	68	14530	65	13855	62	12070	54

L'ESSAI N°8

- avec cloison à 12 cm de profondeur et 10 cm de longueur, $t_s = 20 \text{ min}$
 $Q = 4,03 \text{ l/min}$, $T_0 = 22500 \text{ (NTU)}$, $T_s = 1320 \text{ (NTU)}$, $\eta = 1.1320/22500 = 94\%$

tableau (V-23) la variation de la turbidité T et du pourcentage P le long du bassin

L \ H		20		40		60		80	
		T	P	T	P	T	P	T	P
profil I	5	2930	13	1800	8	2230	10	3280	15
	10	7200	32	6530	29	6070	27	8550	38
	15	14400	64	13050	58	12600	56	11030	49
profil II	5	3830	17	2250	10	2700	12	3600	16
	10	7650	34	7200	32	6530	29	9670	43
	15	11700	52	11470	51	10800	48	10570	47

fig (V-17)
 la disposition des isothermes
 le long du bassin pour
 le 7^{ème} essai
 echelle 1/5

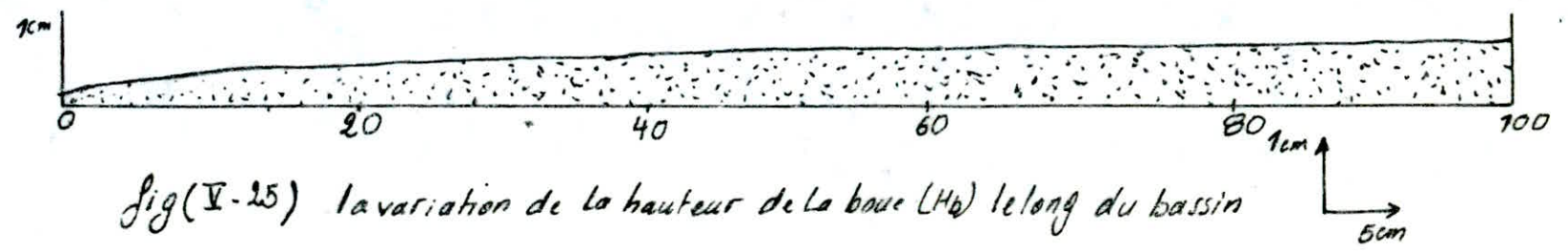
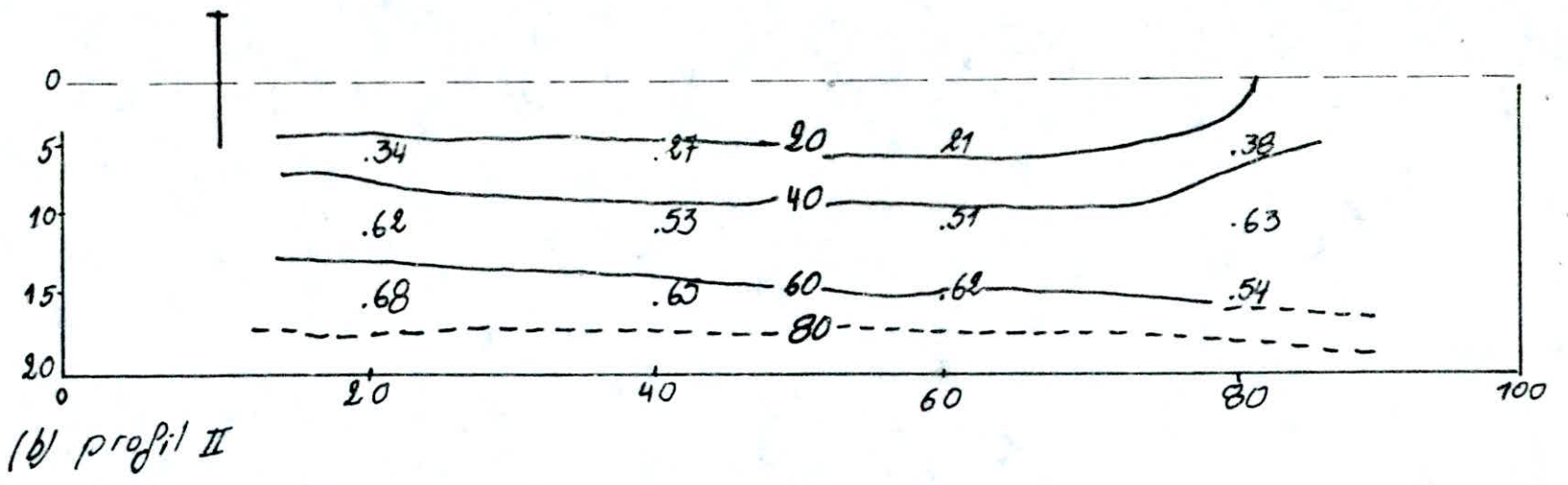
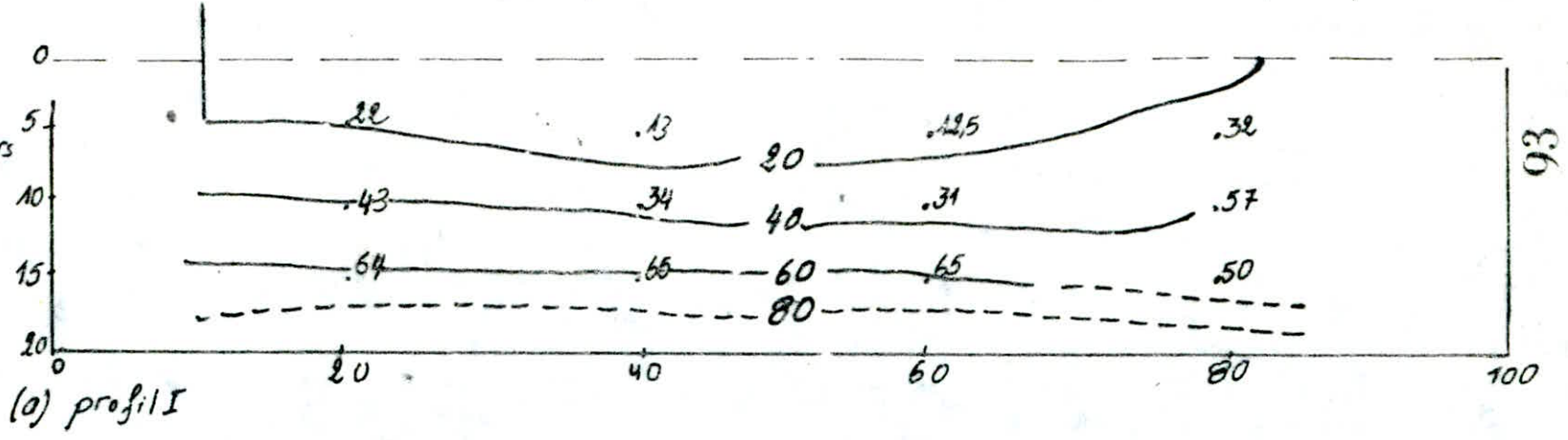
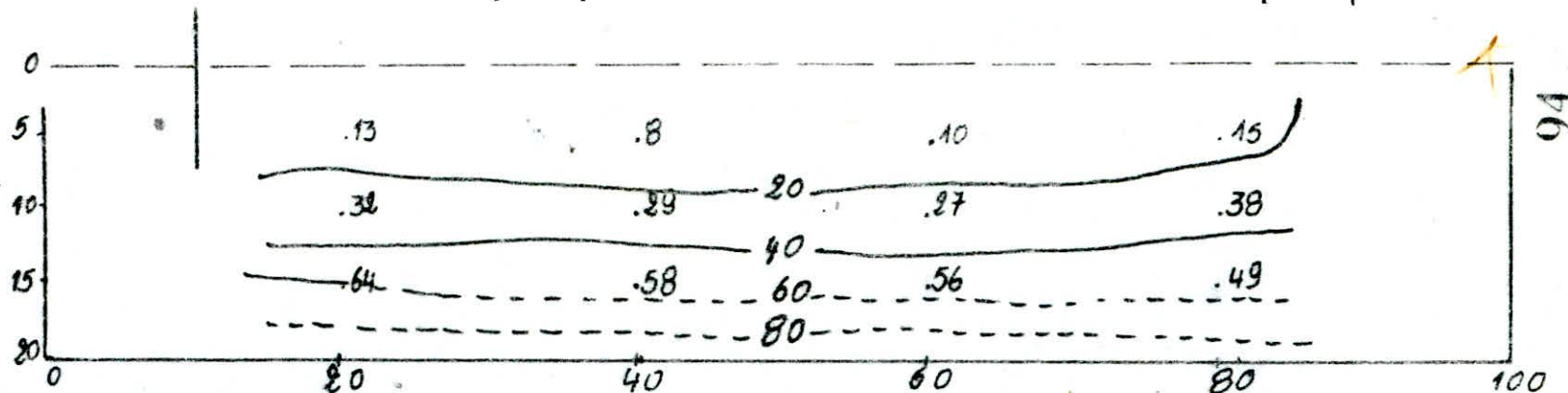


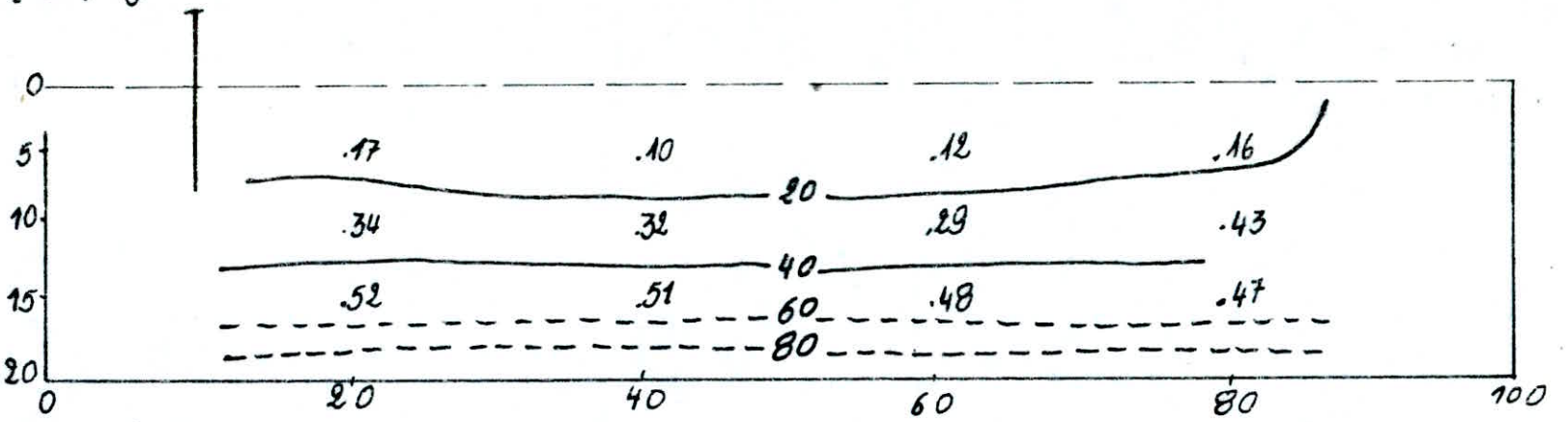
fig (V.18)

la disposition des isolignes
le long du bassin pour
le B_{ess} essai

echelle 1/5



(a) profil I



(b) profil II

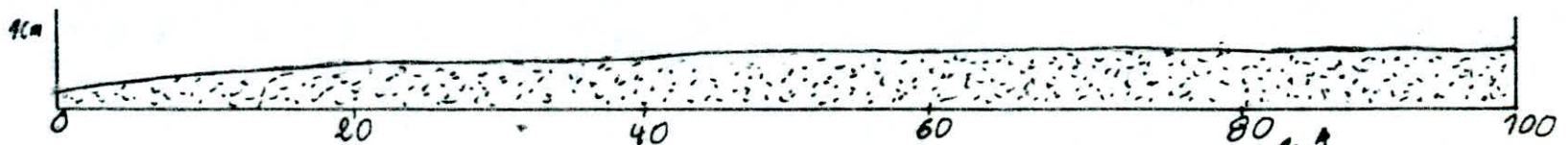


fig (V.26) la variation de la hauteur de la boue (H_b) le long du bassin

1cm
5cm

CHAP VI

CONCLUSION

Conclusion

La présente thèse vient de s'ajouter aux travaux théoriques et expérimentaux effectués dans le domaine de la sédimentation par plusieurs chercheurs pendant de longues années. A titre indicatif on peut citer HAZEN (1904), et LARSEN (1977).

Malgré toutes ces études, il n'existe aucun modèle théorique, ou procédure de calcul à l'époque actuelle, qui puisse être acceptée comme parfaite. Cela est dû au fait que les paramètres régissant ce phénomène sont très complexes et parfois mal connus, d'autre part, il est très difficile de déterminer avec précision les relations entre eux.

Dans de telles circonstances, on a essayé à travers ce travail d'éclaircir ce phénomène, en effectuant une étude théorique complétée par des essais expérimentaux sur l'appareil W2 (colonne de sédimentation) et sur le modèle W7 (bassin de sédimentation), une vérification expérimentale du mécanisme de décantation sous des conditions hydrauliques et physiques variables, a été faite, une visualisation du régime d'écoulement dans le bassin, en utilisant un traceur de colorant a été effectuée.

A la lumière de notre étude nous noterons les points suivants qui sont très utiles dans la conception des bassins de sédimentation

1. Pour une concentration initiale donnée et pour un débit donné, il est possible de dimensionner la section horizontale du bassin par la relation de HAZEN $S_b = \frac{Q}{V_s}$

2. D'après les résultats expérimentaux, on a trouvé que la hauteur du bassin n'influe pas sur la sédimentation, mais la vitesse horizontale dans le bassin peu profond peut produire la remise en suspension de la boue, afin d'éviter ceci une hauteur convenable,

3. Pour chaque concentration donnée, il y aura une vitesse limite V_L , si la vitesse de l'eau déplacé vers le haut excède cette valeur, les particules seront entraînées vers le haut et probablement vers la sortie, pour éviter ceci il faut faire un homogénéisation de la suspension.
4. Pour le bon fonctionnement des décanteurs, l'extraction de la boue doit être faite entre les deux limites de l'indice de vide de la boue.
5. La hauteur de déversoir de sortie doit être supérieure à celle de déversoir d'entrée, afin de créer le courant de retour, qui permet de recycler une partie de la suspension.
6. Limiter la concentration à l'entrée du bassin dans les limites déterminées pour une solution typique afin d'avoir un flux solide maximum, ce qui augmente le rendement du bassin.

Dans notre étude nous avons limité les expériences à une suspension de granulométrie plus ou moins constante, donc l'influence de la granulométrie n'a pas été étudiée de même que l'influence de la coagulation et la floculation etc sur la sédimentation.

En vue d'une bonne connaissance du phénomène de sédimentation nous suggérons de faire des expériences avec des suspensions de granulométrie étendue, tout en tenant compte de l'influence de la coagulation, floculation, de faire varier la position de la cloison dans le bassin plusieurs fois afin d'avoir une approche précise sur la relation de rendement avec la position du cloison.

Toutes ces recommandations n'ont d'ailleurs pour but que de montrer l'inachèvement des recherches théoriques et expérimentales sur la sédimentation. Plusieurs contraintes d'ordre technique, et matériel ont été rencontrées lors de l'élaboration du présent mémoire, à titre d'exemple on peut citer, le manque d'appareils adéquats de prélèvement des échantillons l'indisponibilité du détecteur électronique et d'enregistreur automatique qui permettent de détecter continuellement la variation de régime d'écoulement, et de la décantation. Enfin espérons que ce mémoire trouvera une large audience auprès des futures promotions, qu'il soit un guide précieux pour eux, qu'il servira d'avantage à ceux qui entameront la recherche dans ce domaine.

Bibliographie

- [1] Bechac . J.P "traitement des eaux usées"
Edition Eyrolles, Paris 1982
- [2] Coulson . P "Chemical engineering" volume II
Ed london 1966.
- [3] Foust . L "Principle of unit operation"
Ed. new york 1960
- [4] Fransisco . J "Journal of the environmental, engineering Division"
"Decembre 1978" PP (1163-1275)
- [5] Giniccho "L'energie hydraulique"
Ed. Eyrolles, Paris 1978
- [6] . GOMELLA: C "les eaux usées dans les agglomérations urbaines rurales"
Ed. Eyrolles, Paris 1978
- [7] GOMELLA C traitement des eaux publique
Ed Eyrolles, Paris 1978
- [8] Lorson . P "On the hydraulic of rectangular settling bassin" 1977
- [9] LELJAVSKY: S "Précis d'hydraulique fluvial"
Ed. Eyrolles, Paris 1961
- [10] Marcel . E " technique de L'ingenieur"
A 5150
- [11] Mechel . H "Mécanique du fluide et appliqué"
Ed Eyrolles, Paris 1975
- [12] Robert DURAND La houille blanche N° B/1951
- [13]. Armfield (W7) "Instruction manual" 1983
- [14] Armfield (W2) "Instruction manual" 1984
- [15] Le cours de L'EN.P

