

*Joues*

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN  
" SEINE - NORMANDIE

---

ESSAIS DE TAMISAGE D'EAUX USEES URBAINES  
ET DE FLOCCULATION, DE BOUES SUR LITS DE SECHAGE

---

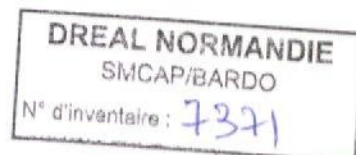
OUISTREHAM - Août/Septembre 1974

---

581  
RES

## SOMMAIRE

---



### - La Station de Ouistreham

Données générales  
Les installations.

### - Essais de tamisage

Description du tamis Beaudrey  
Essais de tamisage sans flocculants  
Essais de tamisage avec flocculation

Premier essai  
Essais complémentaires au laboratoire  
Nouvelle série d'essais  
Synthèse des résultats  
Dépenses de flocculants  
Essai indicatif de traitement sur tourbe.

### - Flocculation des boues sur lits de séchage

Essais au laboratoire

Choix du type de flocculant  
Essais de décantation  
Essais de flottation

Essais sur lits

Essais successifs  
Dépenses de flocculant  
Amélioration du rendement des lits.

### - Les coûts de fonctionnement

### - Conclusion

### - Figures et graphiques.

---

Les analyses dont les résultats figurent dans ce rapport, ont été réalisées, soit par le Laboratoire de l'Université de Caen, soit par le Laboratoire Analyco - qui sont tous deux agréés par l'Agence.

Sauf indications contraires, les mesures de  $DBO_5$  et de DCO, ont été faites sans décantation préalable de l'échantillon.

1.

En mai-juin 1974, une série d'essais de tamisage d'eaux usées urbaines, entreprise à la demande de l'Agence de Bassin Seine-Normandie par le Centre Expérimental de Colombes prenaient fin, et le matériel utilisé se trouvait donc disponible.

Il a paru intéressant d'en tester le fonctionnement sur le terrain, dans une zone côtière où l'afflux touristique estival pose, chaque année, des problèmes de pollution.

L'idée première était d'implanter une installation provisoire dans une agglomération équipée d'un réseau d'assainissement avec rejet direct en mer. Elle a dû être écartée, en raison de l'inexistence, dans ce cas, de toute " structure d'accueil ".

L'autre solution, finalement adoptée, était d'installer le tamis en parallèle d'une station d'épuration surchargée en période de vacances. Cela simplifiait beaucoup les problèmes matériels, et la présence sur place de personnel spécialisé était d'un grand secours.

La Municipalité de Ouistreham a bien voulu accepter que les essais se déroulent sur sa station. Son exploitant, la S A U R, a accepté de mettre en place le matériel, et prêté son concours aux manipulations. Les Etablissements BEAUDREY, de leur côté, ont prêté leur matériel de tamisage pendant quelques mois de plus, et en ont assuré la maintenance et la surveillance.

C'est grâce à cette conjonction de bonnes volontés que l'expérimentation a pu être menée à bien par l'Equipe d'Assistance Technique de l'Agence et celle de Basse Normandie. Tous doivent en être remerciés.

L'expérience de tamisage entraînait évidemment, la production d'une quantité supplémentaire de boues, que les installations de la Station de Ouistreham, déjà surchargées, ne pouvaient normalement recueillir et traiter.

Nécessité faisant loi, des essais de floculation des boues sur lits de séchage sont venus se jumeler à ceux de tamisage. On en trouvera également les résultats ci-après.

.../...

/ LA STATION DE OUISTREHAM /

Construite par la Société DEGRÉMONT, elle présente les caractéristiques suivantes :

1/ - DONNEES GENERALES

- Débits

En période normale ( 2 000 usagers ) :

Volume moyen journalier	200 m <sup>3</sup>
Débit moyen horaire	8,3 m <sup>3</sup> /h.

En période estivale ( 6 000 usagers ) :

Volume moyen journalier	500 m <sup>3</sup>
Débit moyen horaire	21 m <sup>3</sup> /h.
Pointe horaire maximale	53 m <sup>3</sup> /h.

- Charge polluante

Le réseau d'égout est séparatif. La charge polluante moyenne, sur la base de 54 g. de DBO<sub>5</sub>/habitant et par jour, atteint :

- en période normale 108 kg. de DBO<sub>5</sub>/jour
- en période saisonnière 324 kg. de DBO<sub>5</sub>/jour.

2/ - LES INSTALLATIONS

- Ouvrage d'arrivée

Il comprend :

- une grille fixe à barreaux espacés de 25 m/m à nettoyage manuel
- un déversoir permettant de réguler le débit, en faisant office de by-pass (1)
- une pompe d'accélération : marque Wemco, type F4, débit 100 m<sup>3</sup>/h.

(1) La présence d'un déversoir de régulation est inhabituelle en système séparatif.



.../... 3.

- un regard de réception des boues en excès
- un regard de réception des eaux brutes avec canalisation de liaison avec le décanteur primaire (  $\varnothing$  200 avec robinet-vanne )
- une pompe d'épuisement.

- Décanteur primaire :

Diamètre : 9 m. - Surface :  $63 \text{ m}^2$  - Volume utile :  $140 \text{ m}^3$ .

Il est équipé d'un racleur de fond et d'un racleur de surface.

Les éléments récupérés sont envoyés dans un puits à boues central, où ils sont repris par éjecteur hydrostatique.

- Puits à boues primaires:

Il comprend :

- un éjecteur hydrostatique équipé d'une vanne à ouverture rapide, d'un diamètre de 150 et d'une vanne télescopique
- 2 groupes électro-pompes Flygt, type CP 150 7,5 CV.

- Bassins d'aération

L'eau venant du décanteur primaire arrive dans deux bassins carrés de 7 m. de côté, 3 m. de profondeur et  $100 \text{ m}^3$  de volume utile, dont chacun est équipé d'une turbine Actirotor en tôle d'acier avec réducteur et moteur de 8,7 KW.

- Décanteur secondaire :

Il a les mêmes dimensions que le décanteur primaire.

Il comprend :

- un racleur de fond
- une cheminée centrale de répartition
- un déversoir crênelé périphérique pour la reprise des eaux clarifiées
- un éjecteur hydrostatique pour l'évacuation des boues.

.../...

- Puits à boues secondaires

Capacité : environ  $19 \text{ m}^3$ .

La tuyauterie d'extraction des boues est équipée d'une vanne télescopique de réglage de l'extraction continue, d'une vanne de chasse à ouverture rapide et de deux groupes électro-pompes Flygt CP 100.

- Digesteur

Diamètre : 11 m. - Hauteur d'eau : 10,80 m. Volume utile :  $780 \text{ m}^3$ .

L'équipement comprend principalement :

- un agitateur Missenard-Quint (1)
- une goulotte de reprise du chapeau avec sa tuyauterie d'évacuation munie d'une vanne à chasse rapide
- deux tubes de trop plein avec une bague mobile à poignée
- un éjecteur hydrostatique inférieur muni d'un robinet-vanne à volant et situé dans un regard se trouvant à la base du digesteur
- un éjecteur hydrostatique supérieur permettant un contrôle visuel de la boue digérée avec une vanne à chasse rapide permettant l'envoi des boues vers le trop plein
- deux tuyaux de prises d'échantillons (niveaux 2,80 m. et 8,35 m.)
- à la base du digesteur, une tuyauterie d'évacuation avec deux départs :
  - a) l'un vers les lits de séchage
  - b) l'autre vers le puits à boues secondaires.

- Lits de séchage

La station est équipée de six lits de 18 m. x 7 m., totalisant environ  $750 \text{ m}^2$ .

Sur la base admise par le constructeur, de 13 habitants au  $\text{m}^2$ , ils pourraient donc desservir 9 750 habitants. Chacun d'eux produisant 0,8 litre de boue par jour (ou 292 litres par an), cela représente  $2 846 \text{ m}^3/\text{an}$ .

1) En panne au moment des essais.

Pour une épaisseur de boue de 0,30 m., chaque rotation permet de traiter  $225 \text{ m}^3$  et il faut donc faire, par an, 12,6 rotations de 29 jours.

0

0 0

Les lits semblent donc largement dimensionnés. Or, ils se révèlent insuffisants. Cela paraît dû à trois raisons :

- une population estivale dépassant largement les 6 000 habitants prévus au cahier des charges;
- une mauvaise digestion qui n'entraîne pas une diminution de volume des boues suffisamment importante;
- l'épandage sur les lits d'une trop grande épaisseur de boues (40 à 50 centimètres) qui diminue la vitesse de drainage et d'évaporation.

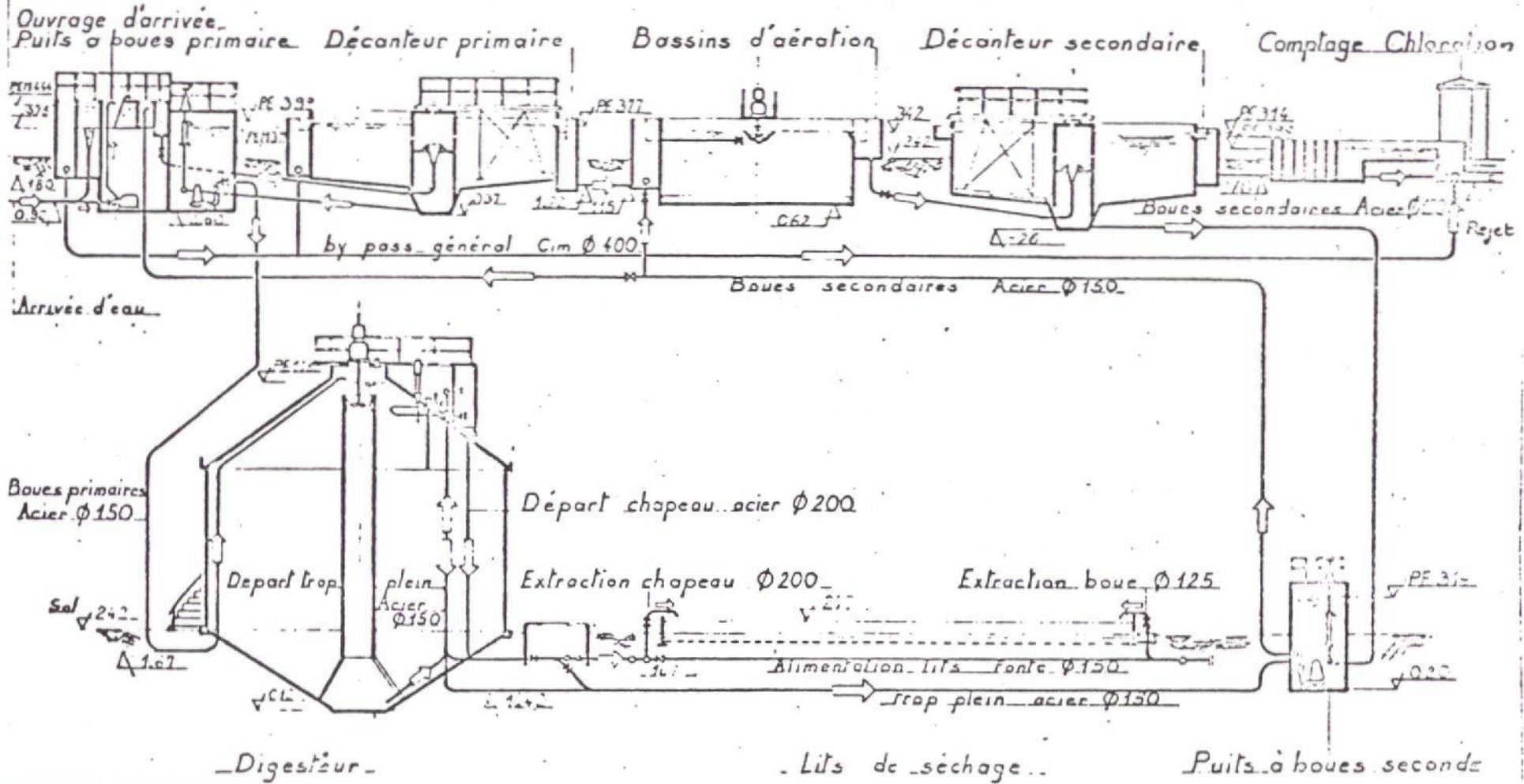
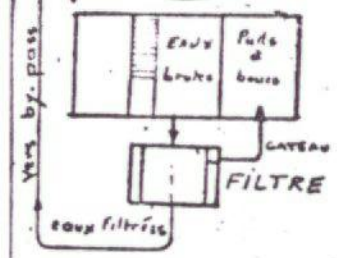
Pour se débarrasser des boues digérées en excès, la S A U R doit effectuer des soutirages fréquents par camions citernes. C'est une solution coûteuse et peu satisfaisante sur le plan de l'environnement, en raison des nuisances créées par la mise en décharge ou l'épandage de boues non stabilisées.

Pour que le digesteur puisse recevoir les boues supplémentaires provenant du tamisage, il a fallu évacuer une partie de son contenu. C'est pour cette raison que des essais d'accélération du séchage des boues par floculation sur les lits se sont trouvés associés à ceux du tamisage.



# VILLE DE QUISTREHAM

## SCHEMA D'ENSEMBLE DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES





## ESSAIS DE TAMISAGE

A Ouistreham, en période de pointe estivale, près de 50% des eaux usées doivent être by-passées après passage dans le décanteur primaire dont l'efficacité est alors très faible en raison de la surcharge. Les eaux by-passées rejoignent le canal, d'où se dégage une odeur nauséabonde.

L'objectif de l'expérimentation était d'essayer de réduire, par tamisage, la pollution des eaux by-passées.

### 1/ - DESCRIPTION DU TAMIS BEAUDREY (voir schéma)

C'est un appareil à tambour filtrant, alimenté gravitairement avec décolmatage par eau sous pression.

L'eau à traiter pénètre axialement à l'intérieur du tambour et en sort radialement en traversant la toile filtrante. Les matières en suspension se déposent sur la face intérieure de cette toile, qui passe à chaque tour de tambour sous la rampe de lavage située au-dessus du filtre; l'eau de décolmatage chargée des particules retenues est dirigée vers un bac disposé dans la cuve de l'appareil et de là, vers le digesteur.

Les eaux tamisées retournent au by-pass et au canal.

L'eau de décolmatage est de l'eau tamisée, traitée par un filtre auxiliaire pour éviter le bouchage des orifices de la rampe.

La vitesse de rotation du tamis est variable, et asservie à la différence de niveau entre l'intérieur et l'extérieur du tambour.

L'appareil d'essais était équipé d'un tambour de 1,30 m. de diamètre et 0,40 m. de large. Le vide de maille de la toile était de 110 microns.

### 2/ - ESSAIS DE TAMISAGE SANS FLOCCULANTS

Le filtre, mis en place par les soins de la S A U R au début d'août 1974, a d'abord fonctionné quelques heures par jour, au moment des fortes pointes, afin de décongestionner le décanteur primaire où l'apport d'un débit trop important remettait en suspension les boues décantées qui étaient entraînées vers le by-pass.



Le débit d'eaux usées entrant dans le microtamis était d'environ  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ . Le temps de séjour des eaux dans le tamis étant extrêmement court, les échantillons prélevés à peu près simultanément en amont et en aval du filtre se rapportent au même flux hydraulique et sont bien représentatifs de l'efficacité du filtre.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

( Mg/l )	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	296	206	30,4
D B O <sub>5</sub>	223	201	9,9
D C O	685	514	25,

On constate que le rendement sur la DBO<sub>5</sub> est faible.

A titre de comparaison, des échantillons ont été prélevés au même moment à l'entrée et à la sortie du décanteur primaire; leur composition était la suivante :

(Mg/l )	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	296	190	35,9
D B O <sub>5</sub>	223	266	- 19
D C O	685	450	34

Les raisons précises de l'anomalie constatée sur la DBO<sub>5</sub> n'ont pu être décelées.

En première approximation, le tamisage<sup>(1)</sup> donne des résultats un peu inférieurs à ceux de la décantation.

(1) sur toile de 110 microns



### 3/ - ESSAIS DE TAMISAGE AVEC FLOCCULATION

Dans tout ce qui suit, les dosages sont donnés en mg/l (ou g/m<sup>3</sup> ou p. p. m. ) de produit actif.

Tous les essais ont été effectués avec des débits compris entre 25 et 30 m<sup>3</sup>/heure. Pendant des périodes de courte durée aux heures de pointes, il a pu être poussé jusqu'à 45 m<sup>3</sup>/ heure.

#### a) 1er essai

Une première série d'essais de laboratoire avait orienté le choix vers les polyélectrolytes anioniques : les cationiques donnaient des flocons de dimensions plus faibles, et les eaux surnageantes restaient troubles.

Le polyélectrolyte anionique en poudre (produit commercial à 100% de produit actif) a été utilisé à la dose de 1 g/m<sup>3</sup>.

Le matériel utilisé pour l'ensemble des essais, très rudimentaires, comprenait :

- un fût de 200 l. pour préparer la solution de polyélectrolyte
- un disperseur en vue de faciliter l'homogénéisation de la solution
- un agitateur électrique
- une pompe doseuse d'injection de la solution dans l'eau à traiter.

Les résultats sont résumés ci-dessous :

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	296	206	30,4
D B O <sub>5</sub>	223	197	11,65
D C O	685	490	28,5

Il n'y a pas d'amélioration significative par rapport aux essais sans flocculant. Plusieurs raisons peuvent être invoquées :

- mauvais choix du polyélectrolyte
- temps de contact trop court : en effet, entre le point d'injection du flocculant et l'arrivée de l'eau brute sur le tamis, le temps de contact est inférieur à la seconde
- arrivée brutale de l'eau sur le filtre, entraînant une rupture mécanique des flocs fraîchement formés, qui se dispersent et se reforment derrière le filtre.

### b) Essais complémentaires au laboratoire

Devant ces inconvénients majeurs, les essais en laboratoire ont été repris afin de sélectionner un type de flocculants permettant d'obtenir presque instantanément des floccs résistant aux effets mécaniques.

Les résultats obtenus avec des polymères organiques utilisés seuls, ne sont pas probants. On peut les résumer de la manière suivante :

- les cationiques ne donnent rien, même en augmentant progressivement les doses de 0,2 à 0,5, 1, 2 et 5 ppm;
- les non ioniques sont dans le même cas, aux mêmes doses;
- pour les anioniques, une augmentation du dosage entraîne une amélioration de la floculation, sans toutefois aboutir à un floc satisfaisant ;

Pourtant, les polyélectrolytes anioniques seuls ont donné des résultats intéressants sur des eaux usées de différentes stations, avec des doses de 1 à 2 mg/l, en permettant d'éliminer 70 à 80% des MES, et 40 à 70% de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO.

Les eaux flocculées restaient légèrement troubles à cause des fines particules difficilement flocculables.

L'addition simultanée d'un polymère organique cationique, puis d'un polymère organique anionique, améliore nettement les résultats. On peut donner une explication théorique de ce phénomène.

Les polymères agissent soit par adsorption, soit par neutralisation des charges électriques des particules en suspension ou en solution, soit encore par pontage avec les liaisons "hydrogène" des polymères.

Une eau résiduaire urbaine contient des matières minérales et organiques. Certaines de ces particules ne présentent que des charges négatives ou des sites négatifs; mais la plupart d'entre elles possèdent des sites positifs et négatifs. Pour les particules de taille suffisante, les sites de charges opposées sont très distincts et très séparés; l'addition d'un polyélectrolyte anionique (chargé négativement) arrive à les flocculer :

- soit par le phénomène d'adsorption entre les sites électronégatifs et un groupement actif du polyélectrolyte (par exemple une liaison hydrogène d'un radical amide CO - NH<sub>2</sub>),
- soit par neutralisation des sites positifs des particules, grâce aux groupes fonctionnels du polyélectrolyte anionique qui possèdent des charges négatives importantes (COO<sup>-</sup> ou SO<sub>3</sub><sup>-</sup>),
- soit par l'intermédiaire de ponts (liaisons hydrogène) ou liaisons interparticulaires, ce phénomène étant d'autant plus important que le poids moléculaire du polyélectrolyte est plus élevé.



Pour les particules colloïdales fines ou petites, la résultante des charges étant négative, l'action du polyélectrolyte anionique est inefficace. Un polymère anionique favorise donc la floculation des grosses particules, mais elle est sans action sur les fines particules et l'eau floculée reste trouble.

L'adjonction d'un polyélectrolyte cationique (chargé positivement) comportant des groupements fonctionnels du genre ammonium quaternaire, neutralise les charges électriques négatives des fines particules et favorise leur floculation.

L'utilisation simultanée de polymères organiques anioniques et cationiques sur les eaux résiduaires urbaines, permet donc d'obtenir un liquide parfaitement clarifié.

Dans le cas de Ouistreham cependant, les essais de laboratoire ont montré que cette technique n'apportait pas les résultats escomptés. On s'est donc orienté vers l'utilisation combinée d'un floculant minéral (chlorure ferrique) et d'un polymère organique anionique (FA 57 H de Floerger).

Les tests préliminaires ont montré que l'adjonction de chaux n'amenait pas d'amélioration notable du rendement.

Le traitement combiné chlorure ferrique + polymère organique n'élimine pas seulement une proportion importante des matières en suspension, même colloïdales, mais aussi une partie notable des matières dissoutes, comme le montrent les résultats d'analyses. Il est probable que les matières organiques à grosses molécules sont absorbées sur le floc d'hydroxyde ferrique.

L'addition de 10 p. p. m. de chlorure ferrique avec légère agitation, entraîne la formation de petits floes.

L'apport de 1 p. p. m. de polymère anionique permet d'obtenir rapidement des floes volumineux qui décantent; l'eau surnageante restant claire.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus avec deux dosages différents.

	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
FA 57 H, 1,5 ppm Cl <sub>3</sub> Fe 15 ppm	MES 190 mg/l	MES 38mg/l	80
	DBO <sub>5</sub> 266 "	DBO <sub>5</sub> 100 "	62,3
	DCO 450 "	DCO <sub>5</sub> 183 "	59,3
FA 57 H 2 ppm Cl <sub>3</sub> Fe 20 ppm	MES 190 "	MES 32 "	83
	DBO <sub>5</sub> 266 "	DBO <sub>5</sub> 73 "	72,5
	DCO 450 "	DCO <sub>5</sub> 119 "	73,5



c) Essai du 13 août 1974

Le chlorure ferrique est introduit à raison de 20 p. p. m. , à l'entrée de la canalisation amenant les eaux usées au tamis.

Le polyélectrolyte FA 57 H est injecté à raison de 2 ppm, à l'aide d'une pompe doseuse, sur la tuyauterie d'arrivée des eaux usées, un mètre seulement après le point d'introduction du chlorure ferrique. Ces dosages ont été conservés dans tous les essais ultérieurs.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus :

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	260	92	64, 6
D B O <sub>5</sub>	320	155	54, 6
D C O	734	224	69, 6

Les rendements sont nettement inférieurs à ceux obtenus en laboratoire, en raison sans doute du temps de contact trop court. La floculation se poursuit après passage du liquide à travers le tamis, et l'effluent contient des petits floccs.

A titre de comparaison, voici les résultats d'un essai sans floculation, réalisé au même moment :

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	260	182	30
D B O <sub>5</sub>	320	296	7, 5
D C O	734	540	26, 4

d) Essai du 23 août 1974

Les conditions expérimentales et les dosages étaient les mêmes que ceux du 13 août 1974.

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	201	80	60
D B O <sub>5</sub>	147	78	47

e) Essais du 4 septembre 1974

Le dispositif expérimental et les dosages restent les mêmes.

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	168	70	58
D B O <sub>5</sub>	268	131	51
D C O	478	278	41,7

Cet essai et les précédents montrent que, pour une eau moins chargée, les rendements sont plus faibles; il se forme toujours des petits floccs, après passage du liquide à travers la toile.

La composition des boues de décolmatage est donnée ci-après :

(Mg/l)	Eaux brutes	Boues
M E S	168	2 280
D B O <sub>5</sub>	268	990
D C O	478	2 706
D C O a d <sup>2</sup>	424	408

La boue obtenue ne contient que 2,3 pour mille (ou 0,23%) de matière sèche. Mais sa teneur en MES est 13,5 fois supérieure à celle de l'eau brute.

f) Essais du 30 octobre 1974

Pour augmenter le temps de contact entre le flocculant et les eaux résiduaires, un bac tampon de 2 m<sup>3</sup> avait été installé à l'arrivée d'eau au tamis.

- Première série d'essais. Sans flocculants

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	128	101	22
D B O <sub>5</sub>	152	120	21
D C O	357	315	11,8

(Mg/l)	Eaux brutes	Boues
M E S	128	1 370
D B O <sub>5</sub>	152	520
D C O	357	1872

. Avec flocculants (Cl<sub>3</sub> Fe : 20 ppm  
(FA 57 H: 1,5 "

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	206	79	61
D B O <sub>5</sub>	132	61	53
D C O	363	167	54



(Mg/l)	Eaux brutes	Boues
M E S	206	2 704
D B O <sub>5</sub>	132	1 320
D B O a d <sup>2</sup>		248
D C O	363	3 005
D C O a d <sup>2</sup>		406

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO après décantation de deux heures, montrent que la phase liquide des boues a une composition comparable à celle de l'eau brute.

- Deuxième série d'essais

. Sans flocculants

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	270	174	35
D B O <sub>5</sub>	232	224	4
D C O	562	464	17

. Avec flocculants ( 20 ppm de Cl<sub>3</sub> Fe  
( 1,5 " de FA 57 H

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées	Rendement (%)
M E S	236	72	69
D B O <sub>5</sub>	203	91	55
D C O	311	147	52

On remarquera que la charge polluante des eaux brutes a varié sensiblement au cours de la journée. Cela se répercute sur les rendements du tamisage et c'est normal, puisque le dosage des flocculants n'est pas modulé en fonction de la charge polluante.

g) Synthèse des résultats

Avec emploi simultané du chlorure ferrique et du FA 57 H les rendements varient :

- pour les MES, de 60 à 70%
- pour la DBO<sub>5</sub>, de 47 à 55%
- pour la DCO, de 42 à 70%.

Une étude plus fine de longue durée, permettrait en fonction de l'évolution des eaux ménagères, de déterminer les doses optimales d'emploi qui doivent se situer :

- entre 10 et 20 ppm pour le chlorure ferrique
- entre 1 et 1,5 " " " F A 57 H.

h) Dépenses de flocculants

- Le prix du chlorure ferrique est de 400 F. la tonne de solution à 45%, soit  $\frac{400 \times 100}{45} = 889$  F. la tonne de produit pur
- Le prix du FA 57 H est de 19 F. le kg. de poudre à 100% de produit pur.
- Pour des dosages de 20 ppm de chlorure ferrique et 1,5 ppm FA 57 H, la dépense de flocculant par mètre cube d'eau usée est de :  $\frac{889 \cdot 10^6}{10^6} \times 20 + \frac{19 \cdot 10^3}{10^3} \times 1,5 = 1,78 + 2,85 = 4,62$  centimes.
- Sur la base d'une consommation d'eau de 250 l. par personne et par jour, cela correspond à une dépense par habitant de :  
 $\frac{1,16 \text{ centime/jour}}{}$  ou  $\frac{4,22 \text{ francs/an}}{}$

Essai indicatif de traitement complémentaire sur tourbe

Des essais divers ont montré que la tourbe présente des qualités adsorbantes, susceptible d'être utilisée dans le traitement des eaux usées. Certaines installations industrielles utilisent d'ailleurs cette technique.

Il a paru intéressant de tester l'action de la tourbe sur la qualité des eaux tamisées. On a obtenu les résultats suivants, qui ne doivent être considérés que comme indicatifs.

## 1 er essai

-----

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées après passage sur tourbe	Rendement (%)
M E S	83	7,0	91
D B O	136	6,5	95
D C O	253	60	76

## 2ème essai

-----

(Mg/l)	Eaux brutes	Eaux tamisées après passage sur tourbe	Rendement (%)
M E S	72	3	95
D B O	91	22	76
D C O	233	70	70

Les résultats obtenus sont excellents. Il serait souhaitable qu'une expérimentation soit entreprise pour évaluer les possibilités de ce procédé simple et vraisemblablement peu coûteux.

0

0 0

.../...



FLOCCULATION DES BOUES  
SUR LITS DE SECHAGE

1/ - ESSAIS DE LABORATOIRE

a) Choix du type de flocculant

L'analyse chimique des boues met en évidence un taux de matières organiques correspondant pratiquement à des boues fraîches. Cela confirme le très mauvais fonctionnement du digesteur.

La teneur en matière sèche, élevée en début de soutirage de la boue, diminue rapidement pour se stabiliser à 3,5-4%.

Un échantillon pris en début de soutirage donne à l'analyse :

55,7 g/l de matières totales en suspension,

dont ( matières volatiles 44,1 g/l (soit 80%)  
( matières sèches 11,6 " (soit 20%) dont  
0,8 g/l de protéines.

Le pourcentage élevé des matières organiques et le pourcentage faible de protéines dans ces matières volatiles, déterminent la famille de flocculants à utiliser : les polyélectrolytes cationiques.

Les polymères organiques de poids moléculaire élevé, présentent en solution, une viscosité importante. Toutes les solutions diluées de polyélectrolytes ont été dosées à 5 g/l de produit commercial, mais dans ce qui suit, tous les dosages sont exprimés en mg/l (ou g/m<sup>3</sup> ou ppm) de produit actif.

Sachant que les solutions ne sont stables que pendant une courte période ne dépassant guère huit jours, tous les tests ont été faits avec des solutions fraîchement préparées et par dissolution lente sans agitation poussée, afin d'éviter pour les polymères possédant des molécules extrêmement longues, une dégradation mécanique par forte agitation.

b) Essais de décantation

La figure 1 donne le principe de ces essais, réalisés sur un litre de liquide.

Le graphique 1 représente les essais de plusieurs flocculants réalisés avec la même dose de polyélectrolyte : 40 ppm de produit actif.

On a obtenu les résultats suivants :

Courbe	1 : sans flocculants, pas de décantation au bout de 10 minutes
"	2 : Polyélectrolyte anionique fort, résultat à peu près nul
"	3 : Polymère non ionique, légère décantation, mais les eaux surnageantes restent troubles
"	4 : Polymère cationique faible
"	5 : Polymère cationique faible, mais de poids moléculaire supérieur
"	6 : Polymère cationique fort, bonne décantation
"	7 : Polymère cationique fort, de poids moléculaire plus élevé
"	8 : Polymère cationique fort, bonne décantation.

Les trois dernières courbes montrent que les cationiques forts, pour une dose de 40 ppm, donnent des résultats presque analogues.

- Les graphiques II, III et IV, représentent les résultats d'essais des polyélectrolytes cationiques forts, 6, 7 et 8 à des doses variant de 40 à 80 ppm.

C'est le polyélectrolyte cationique fort n°8 qui donne les meilleurs résultats. Il pourrait être choisi pour le traitement des boues de la station de Ouistreham, à raison de 60 ppm, ce qui correspond à 1,1 à 1,2 kg. par tonne de matière sèche.

On remarquera que la décantation est très rapide dans les premières minutes, pour atteindre un palier au bout de 10 minutes.

- Pour obtenir un séchage aussi rapide que possible sur les lits, il est préférable d'effectuer une flottation plutôt qu'une décantation, car dans ce dernier cas, l'eau doit percoler à travers la couche de boue, avant d'atteindre la surface drainante.

### c) Essais de flottation

Pour obtenir un effet de flottation des boues organiques mal digérées, le choix s'est porté vers des copolymères organiques cationiques (copolymères de l'acrylamide et d'ester cationique).

- Le graphique V représente les essais de flottation de quatre flocculants commerciaux à raison de 50 ppm.

- La figure 2 donne le principe des essais réalisés.

Le processus de flottation est, en général plus lent que celui de décantation, mais au bout de 48 heures, le volume des boues peut être réduit dans un rapport de 1 à 7 ou 8, voire 10.

- Le graphique VI donne un aperçu d'une étude effectuée en laboratoire avec le " Floerger FC 250 ", qui paraît le mieux adapté aux boues de Ouistreham. C'est avec ce flocculant qu'ont été effectués les essais en vraie grandeur sur les lits de séchage.

## II - / ESSAIS SUR LITS

### a) Essai du 7 août 1974

Surface du lit :  $126 \text{ m}^2$  - Teneur des boues en matières sèches : 4,2%.

Pour que les essais soient comparables, on a envoyé sur le lit la même hauteur de boue que celle habituellement épandue sans polyélectrolytes par le gestionnaire, soit 45 cm.

- Volume des boues admises :  $126 \times 0,45 = 57 \text{ m}^3$ .
- Quantité de matière sèche :  $57 \text{ m}^3 \times 4,2\% = 2,400 \text{ tonnes}$
- Quantité de flocculant ajoutée : 3,600 kg.

soit 1,5 kg. par tonne de matière sèche.

Pour que la technique employée soit transposable même sur les stations ne disposant pas de personnel qualifié, on a utilisé un matériel très rudimentaire :

- deux fûts de 220 l. servant à la préparation et au stockage des solutions aqueuses de flocculants;
- une pompe doseuse pour l'injection de cette solution directement à la bouche d'arrivée des boues sur ce lit;
- un agitateur pour favoriser la dissolution du polyélectrolyte dans l'eau;
- un disperseur pour faciliter l'homogénéisation de la poudre dans l'eau, afin d'éviter la formation de grumeaux.

Dans chaque fût, 1,8 kg. de polyélectrolyte en poudre a été dissous dans 180 litres d'eau.

Le remplissage des lits a duré deux heures, le débit de la pompe étant limité à 180 l/h.



Dès la mise en route, la boue a flocculé et commencé à se séparer de l'eau qui ruissellait sur le sable. Au bout de 10 minutes, les drains commençaient à évacuer avec un débit qui, d'abord<sub>3</sub>, faible, augmentait très vite pour atteindre son maximum (6 m<sup>3</sup>/h.), juste après la fin du remplissage du lit. On a représenté sur le graphique VII, l'évolution du débit des drains en fonction du temps.

Le niveau de la boue sur le lit avait déjà baissé de 13 cm. après 6 heures.

Au bout de 24 heures, la boue commençait à sécher en surface et à se craqueler.

Au 4ème jour, les crevasses étaient importantes en surface.

Au 6ème jour, les boues pouvaient être enlevées.

Dans le cas de Ouistreham, les eaux drainées sont envoyées directement au milieu naturel - alors que dans la plupart des stations, elles sont recyclées en tête des installations.

Deux analyses en ont été faites :

D C O :	937 mg/l )	} une heure après le début des opérations de floculation
D B O <sub>5</sub>	684 " )	
D C O :	840 " )	} trois heures après le début du traitement
D B O <sub>5</sub>	621 " )	

Au cours des essais de laboratoire, l'analyse du liquide après floculation des boues avait donné :

D C O :	494 mg/l
D B O <sub>5</sub>	96 "

b) Essai du 13 août 1974

- Polyélectrolyte utilisé : FC 250
- Dosage : 2 kg. par fût de 200 l. soit 10 g/l de produit actif
- Volume des boues admises (épaisseur : 0,50 m.) :

$$126 \times 0,5 = 63 \text{ m}^3$$



- Teneur des boues en matières sèches : 4,5%.
- Quantité de matières sèches :  $63 \times 4,5\% = 2\ 835$  kg.
- Quantité de flocculants ajoutés : 4 kg. , soit 1,41 kg. par tonne de matière sèche.
- Temps de remplissage : 2,30 h. pour une épaisseur de 50 cm.
- Débit des drains :  $6,3\ m^3$  , une heure après le début du traitement.

Une prise d'échantillons en éprouvette de 2 000 ml. pendant le remplissage du lit; a donné en fonction du temps, l'évolution de la floculation et de la flottation (graphique VIII).

A l'analyse, les eaux du drain présentent une amélioration par rapport à l'essai précédent.

D C O : 630 mg/l

D B O<sub>5</sub> : 288 "

Après huit jours, la boue a pu être enlevée à la fourche.

#### c) Autres essais

Pendant l'été 1974, plusieurs essais ont eu lieu à raison d'un toutes les trois semaines environ. Les résultats sont à peu près analoges :

- Flottation des boues floculées
- Ecoulement très rapide des drains
- Enlèvement des boues après huit à douze jours suivant le temps.

Le mois de septembre a été très pluvieux, ce qui a gêné fortement le séchage sur des lits à ciel ouvert; dans des conditions aussi mauvaises, les boues n'ont pu être enlevées qu'au bout de trois semaines.

#### d) Dépenses de flocculants

Le prix du " Floerger FC 250 " est de 24 F. le kg.

- Pour une tonne de matière sèche et pour 1,5 kg. de flocculant, la dépense est donc de : 36 F.

- Pour un mètre cube de boues contenant 45 kg. de matière sèche, la dépense est de :

$$36. 10^{-3} \times 45 = \underline{1,62 \text{ F.}}$$

- Pour un habitant, la production de boues fraîches (car les boues de Ouistreham doivent être considérées comme fraîches) est de 85 gr/jour ou 31 kg./an, la dépense est de :

$$36 \times 0,031 = \underline{1,12 \text{ F./an}}$$

e) Amélioration du rendement des lits

- Capacité théorique

On a vu que le constructeur avait prévu 12,6 rotations par an permettant de traiter 2 847 m<sup>3</sup> de boue (ou, pour une boue à 4%, 114 t/an de matière sèche).

- Capacité actuelle

Le gestionnaire fait en pratique 4 rotations par an, sur une épaisseur de 0,45 m. de boue à 4%. Le volume traité annuellement est de :

$$750 \times 0,45 \times 4 = 1\,350 \text{ m}^3$$

contenant  $1\,350 \times 4\%$  = 54 tonnes de matière sèche.

- Capacité des lits avec floculation

Sur la base d'un temps de séchage moyen de trois semaines, on arrive à 17 rotations par an, avec une épaisseur de boue de 0,45 m.

Mais il faut tenir compte du fait que, pendant le remplissage, les drains évacuant un volume d'eau correspondant à 15% du volume épandu. Cela accroît d'autant la capacité du lit, qui correspond à une épaisseur fictive de boue de  $0,45 \times 1,15 = 0,52 \text{ m.}$  de boue.

Le volume traitable annuellement est donc de :

$$750 \times 0,52 \times 17 = 6\,630 \text{ m}^3$$

contenant  $6\,630 \times 4\%$  = 265 tonnes de matière sèche.

- Le rapport  $\frac{\text{Capacité avec floculant}}{\text{Capacité théorique}}$  est de : 2,35

- Le rapport  $\frac{\text{Capacité avec floculant}}{\text{Capacité actuelle réelle}}$  est de : 4,9

LES COÛTS DE FONCTIONNEMENT

Il est intéressant de rapprocher les coûts de fonctionnement dans les procédés classiques et dans la filière tamisage+ floculation sur lits - en se gardant de toute conclusion hâtive, à partir d'un seul essai de courte durée, dont les résultats ne sont pas forcément extrapolables.

- Avec les procédés classiques, dans une station d'une capacité de 6 000 habitants, on obtient une épuration à 80% pour une dépense de 11 F. par habitant et par an (hors amortissements).

On a donc éliminé pour 11 F. :

$$0,147 \times 365 \times 0,8 = 42,9 \text{ kg. de pollution}$$

et la dépense est de : 0,256 F. par kilo de pollution éliminée.

La filière "tamisage avec flocculants" permet d'éliminer 60% des MES, et 45% de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO de l'eau brute.

Il faut calculer le rendement d'élimination des matières oxydables, rapportées à l'eau decantée pendant deux heures, puisque la production de matières oxydables par habitant et par jour est donnée dans ce système.

Admettons que les MES décantables contiennent 30% des matières oxydables de l'eau brute. Désignons par :

MO<sub>eb</sub> la teneur en matières oxydables des eaux brutes  
 MO<sub>ad</sub><sup>2</sup> " " " " " après décantation de 2 h.  
 MO<sub>tf</sub> " " " " " des eaux tamisées avec floculation.

Nous avons :

$$\frac{MO_{ad}^2}{MO_{eb}} = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$\frac{MO_{tf}}{MO_{eb}} = 1 - 0,45 = 0,55$$

Si r est le rendement sur la MO<sub>ad</sub><sup>2</sup>, on a :

$$\frac{MO_{tf}}{MO_{ad}^2} = 1 - r = \frac{0,55}{0,7}$$

$$\text{D'où } r = 1 - \frac{0,55}{0,7} = 0,2$$



Cette filière élimine donc annuellement :

$(0,090 \times 0,6 + 0,057 \times 0,2) 365 = 23,7$  kg. de pollution pour une dépense par habitant de : 4,22 F. pour le tamisage et 1,12 F. pour la floculation des boues, soit 5,34F.

Le coût d'élimination du kilo de pollution est alors de :

$$\frac{5,34}{23,7} = \underline{0,225 \text{ F.}}$$

- Les deux chiffres ne sont pas directement comparables, le second ne prenant pas en compte les dépenses d'énergie, main d'oeuvre, etc...

On peut cependant penser que le coût d'exploitation de la filière tamisage + floculant sur les eaux usées de Ouistreham serait du même ordre de grandeur que celui des procédés classiques.

N. B. - Rappelons que les Agences prennent comme base de calcul de la pollution urbaine, 147 grammes par habitant et par jour, constitué de :

90 grammes de matières en suspension

57 grammes de matières oxydables, correspondant

à l'application de la formule  $MO = 2 \frac{DBO_5 + DCO}{3}$

les analyses étant faites sur eau décantée pendant 2 heures.

## CONCLUSION

Le tamisage des eaux usées, avec emploi de flocculants, permet d'obtenir des résultats techniques intéressants, sans que les frais de réactifs soient prohibitifs.

Cette technique représente une solution intéressante pour les agglomérations qui connaissent d'importantes variations de population. Sa compacité peut aussi permettre de résoudre les problèmes de traitement primaire, quand la surface disponible est limitée.

Il ne faut pas perdre de vue cependant qu'un tamis produit des boues. S'il est installé pour être utilisé en période de pointe, en parallèle avec une station classique, toutes les boues peuvent être mélangées et traitées par les voies habituelles, si le dimensionnement des installations le permet.

Mais la technique du tamisage ne prendra tout son intérêt que lorsque nous saurons construire des installations compactes de stabilisation ou de destruction des boues. Il est nécessaire d'entreprendre des recherches dans cette voie.

Par ailleurs, la floculation des boues sur les lits de séchage entraîne une importante amélioration de leur rendement, et donne aux gestionnaires de stations d'épuration le moyen d'éviter de coûteuses évacuations de boues liquides par camions spécialisés. Cette technique peut aussi permettre aux stations moyennes, dont les lits de séchage sont insuffisants, de retarder le moment où elles devront recourir à des installations efficaces mais coûteuses, de déshydratation des boues.

Si ces modestes essais apportent aux collectivités et aux gestionnaires de stations des indications pratiques, susceptibles de faciliter leur tâche, ils auront atteint le but que s'est fixé l'Agence Financière de Bassin Seine Normandie en les entreprenant.

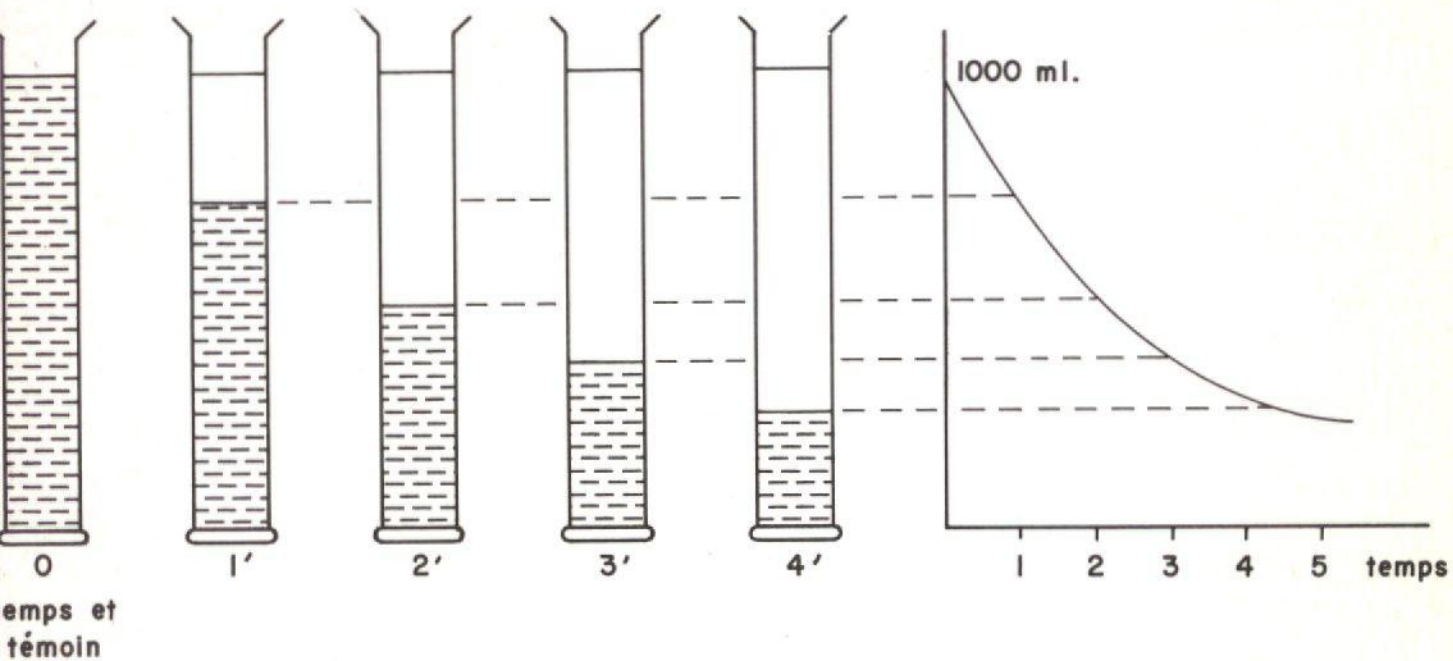


Figure 1 .

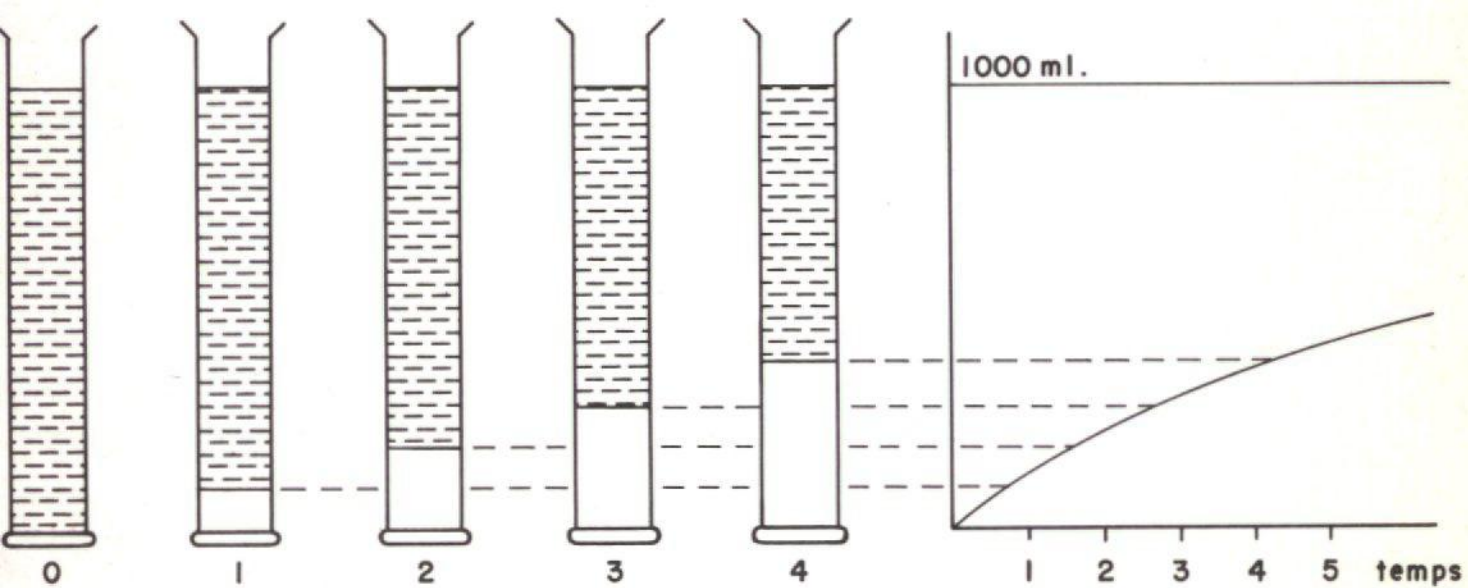
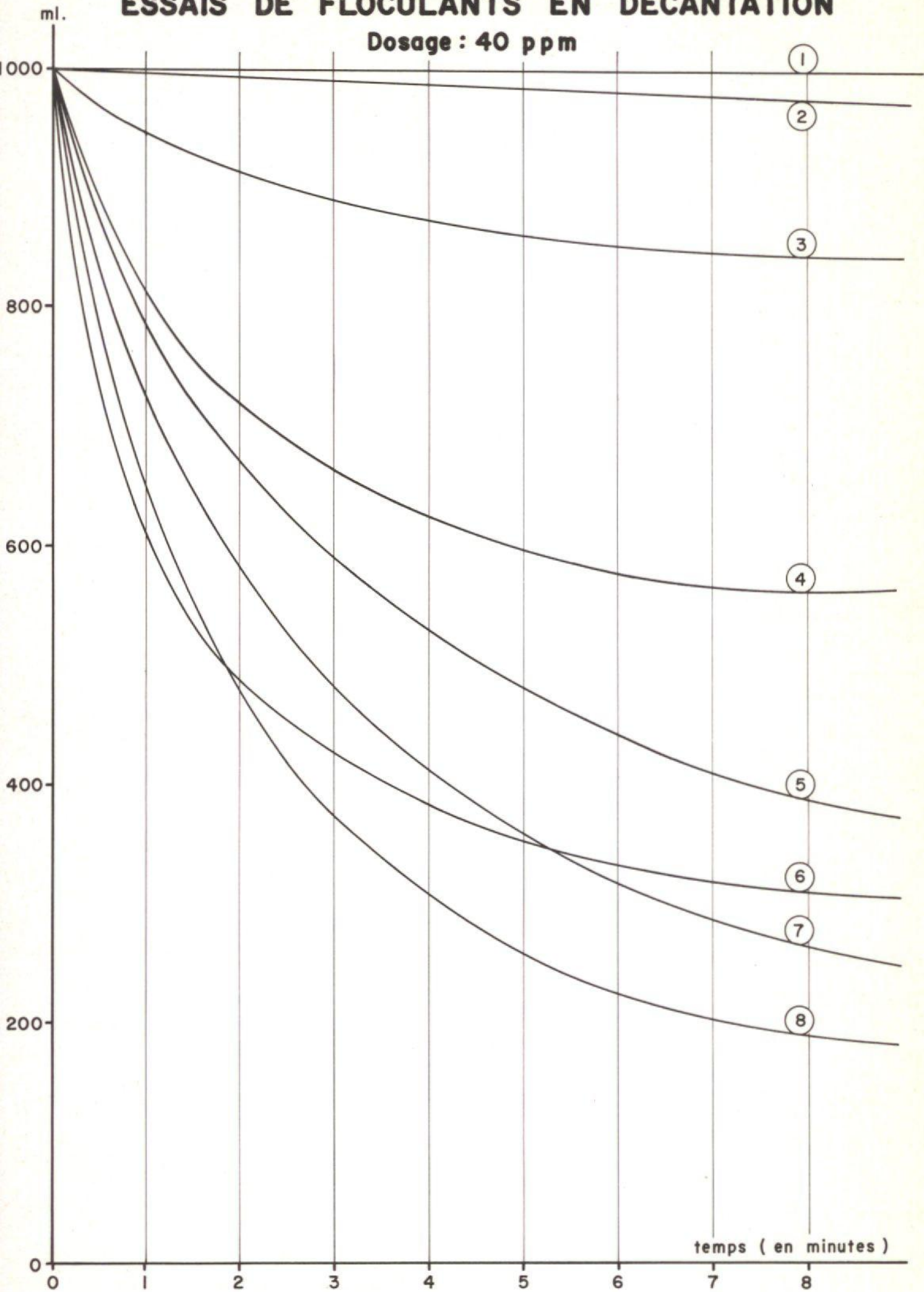


Figure 2 .



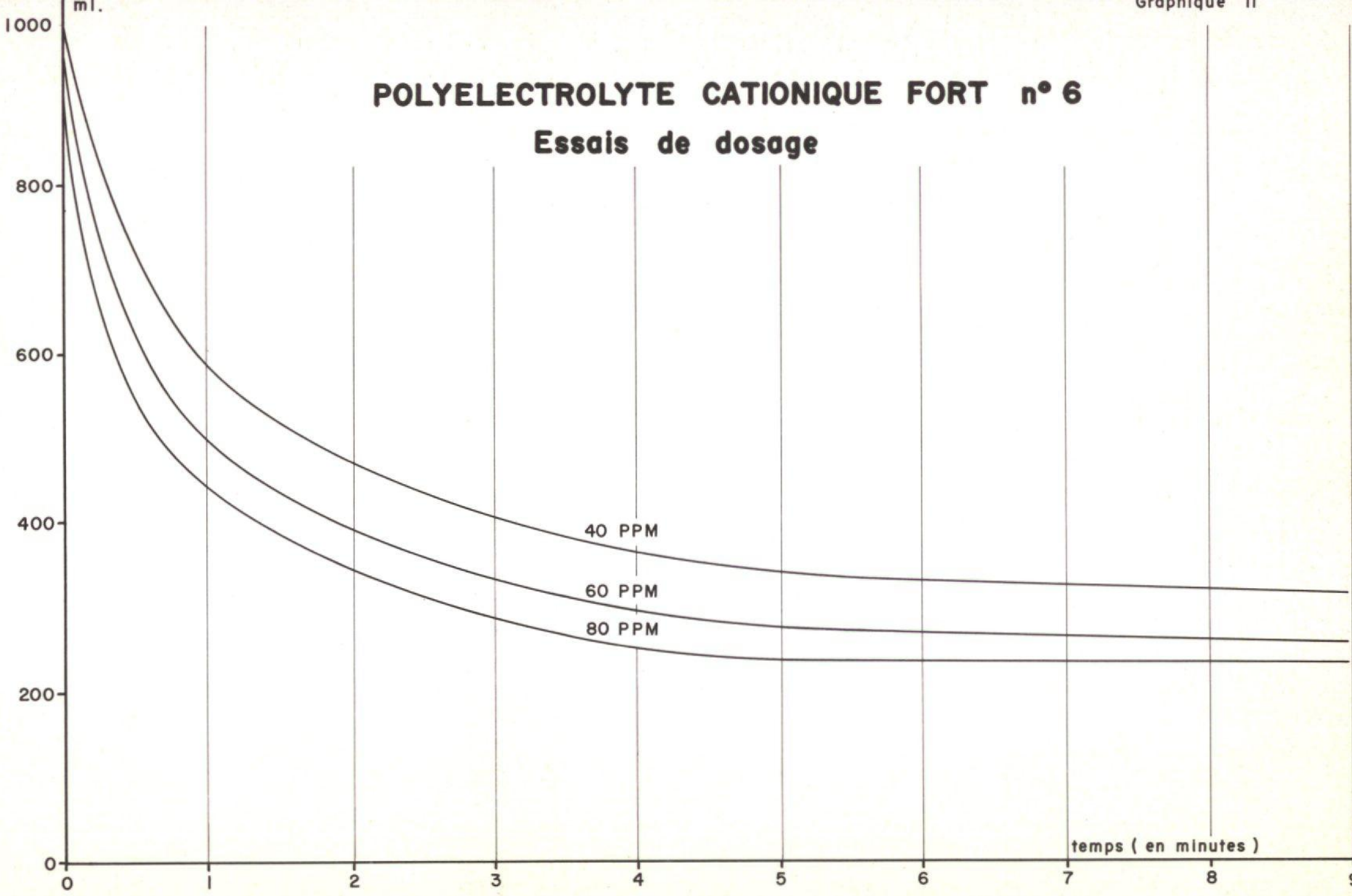
**ESSAIS DE FLOCCULANTS EN DECANTATION**

Dosage : 40 ppm



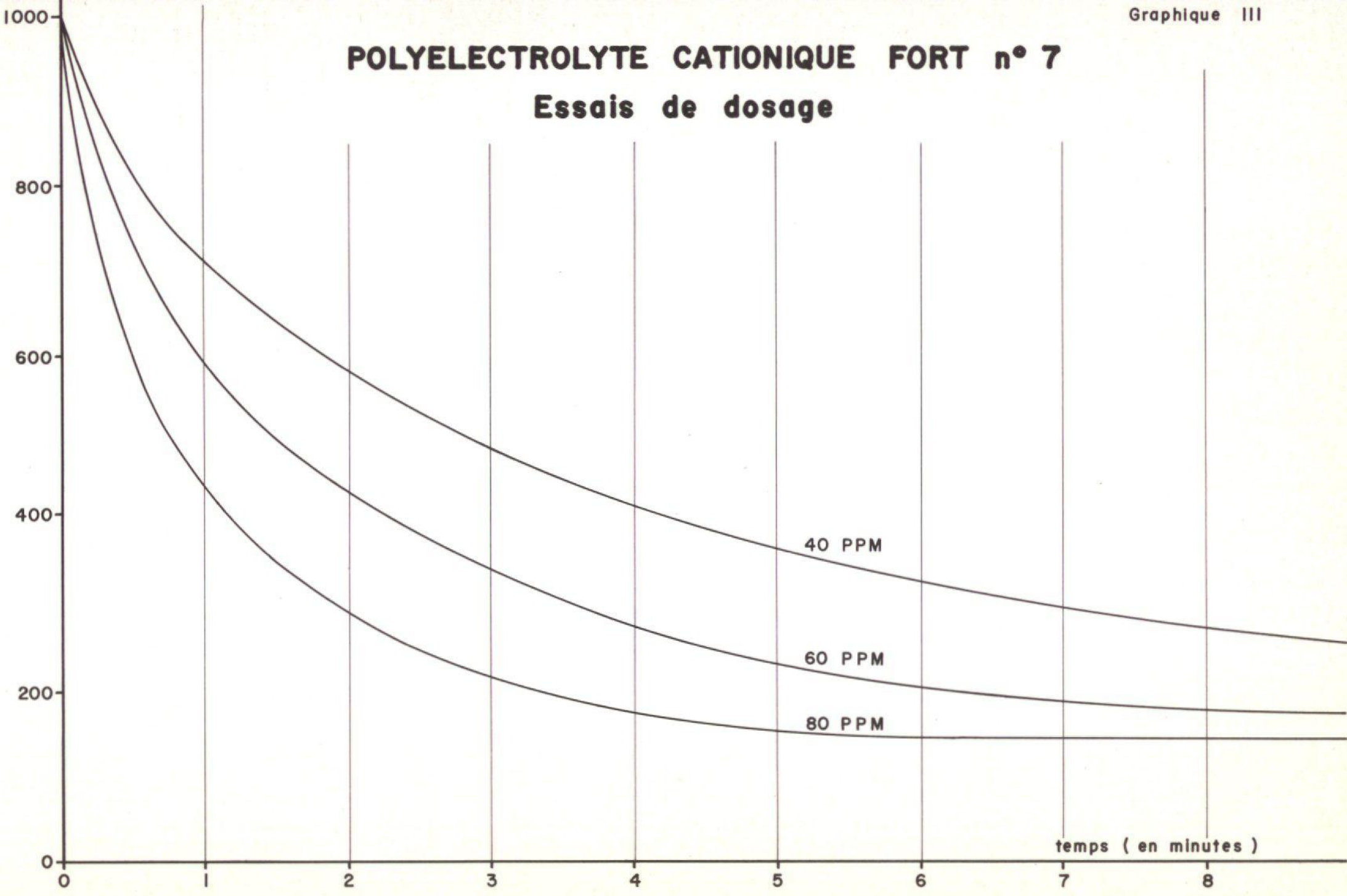
# POLYELECTROLYTE CATIONIQUE FORT n° 6

## Essais de dosage



# POLYELECTROLYTE CATIONIQUE FORT n° 7

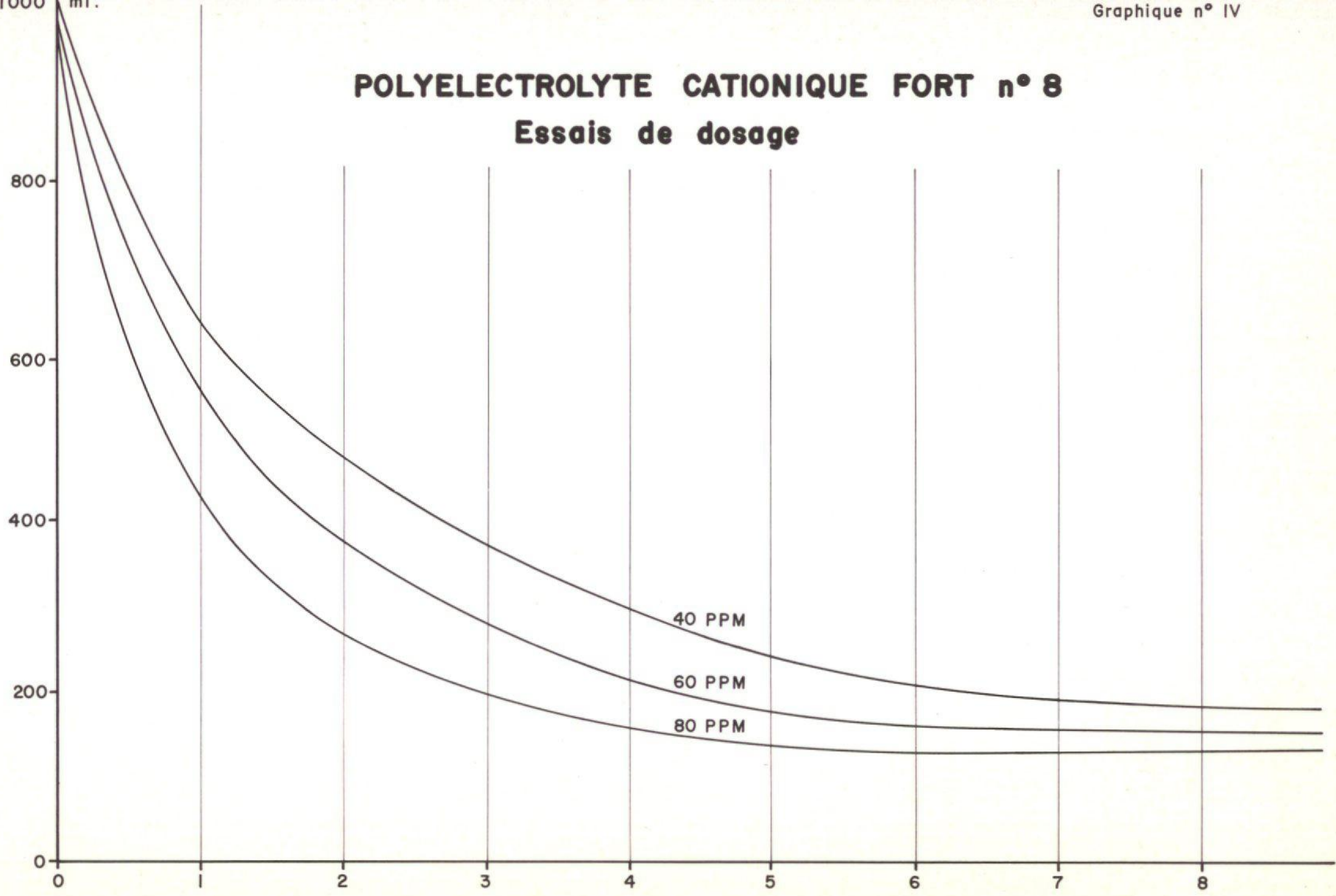
## Essais de dosage



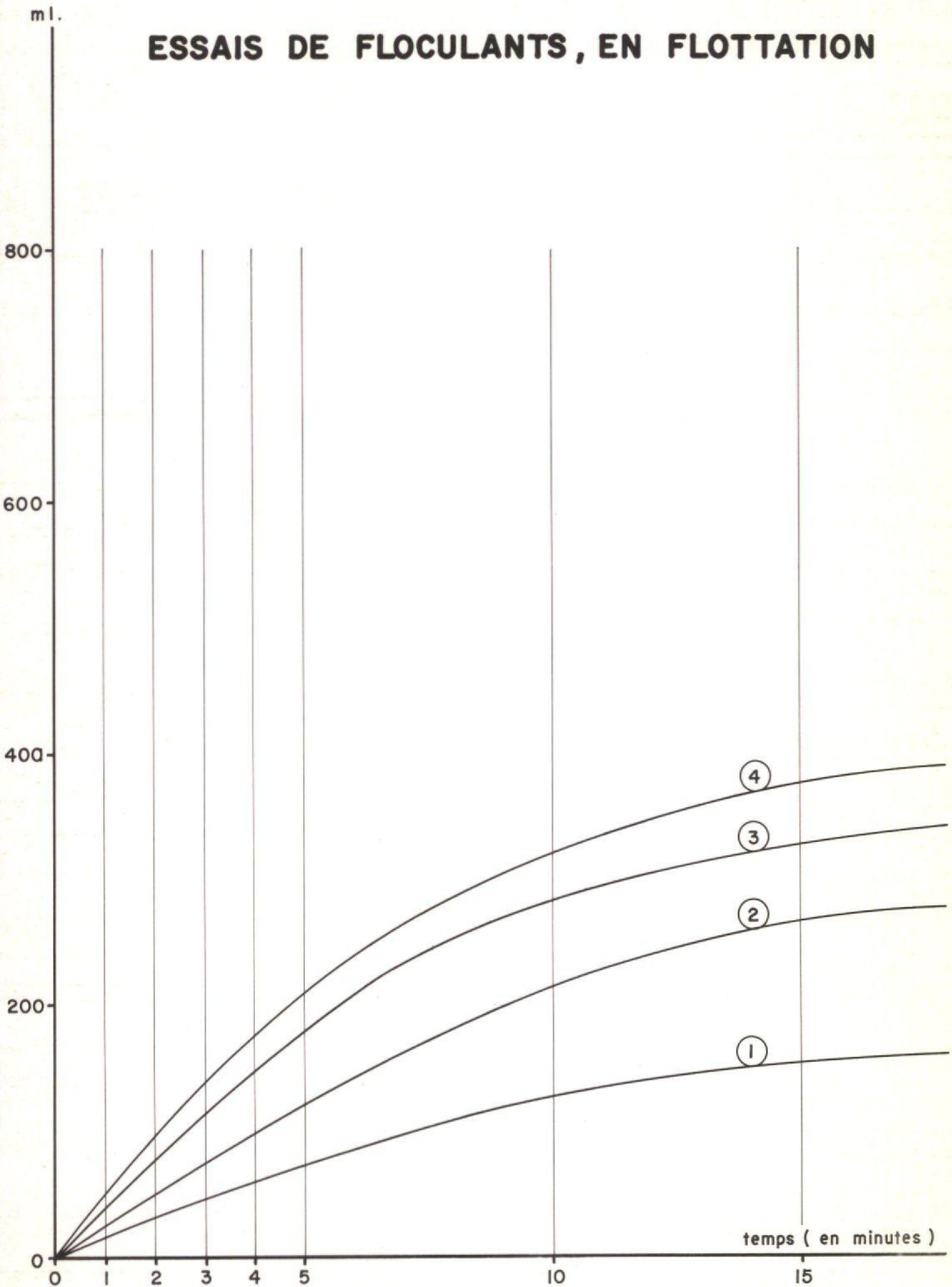


# POLYELECTROLYTE CATIONIQUE FORT n° 8

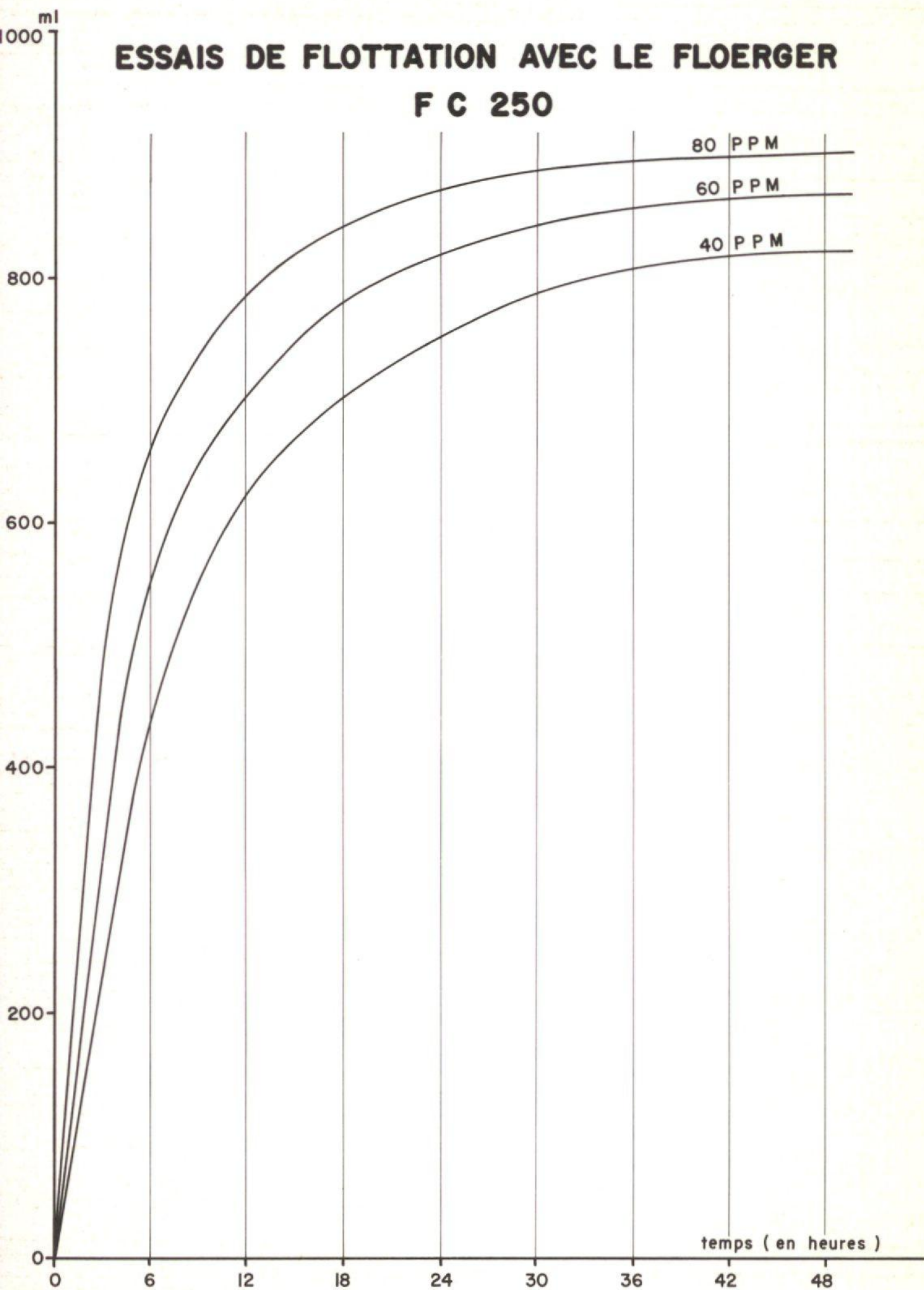
## Essais de dosage



## ESSAIS DE FLOCCULANTS, EN FLOTTATION



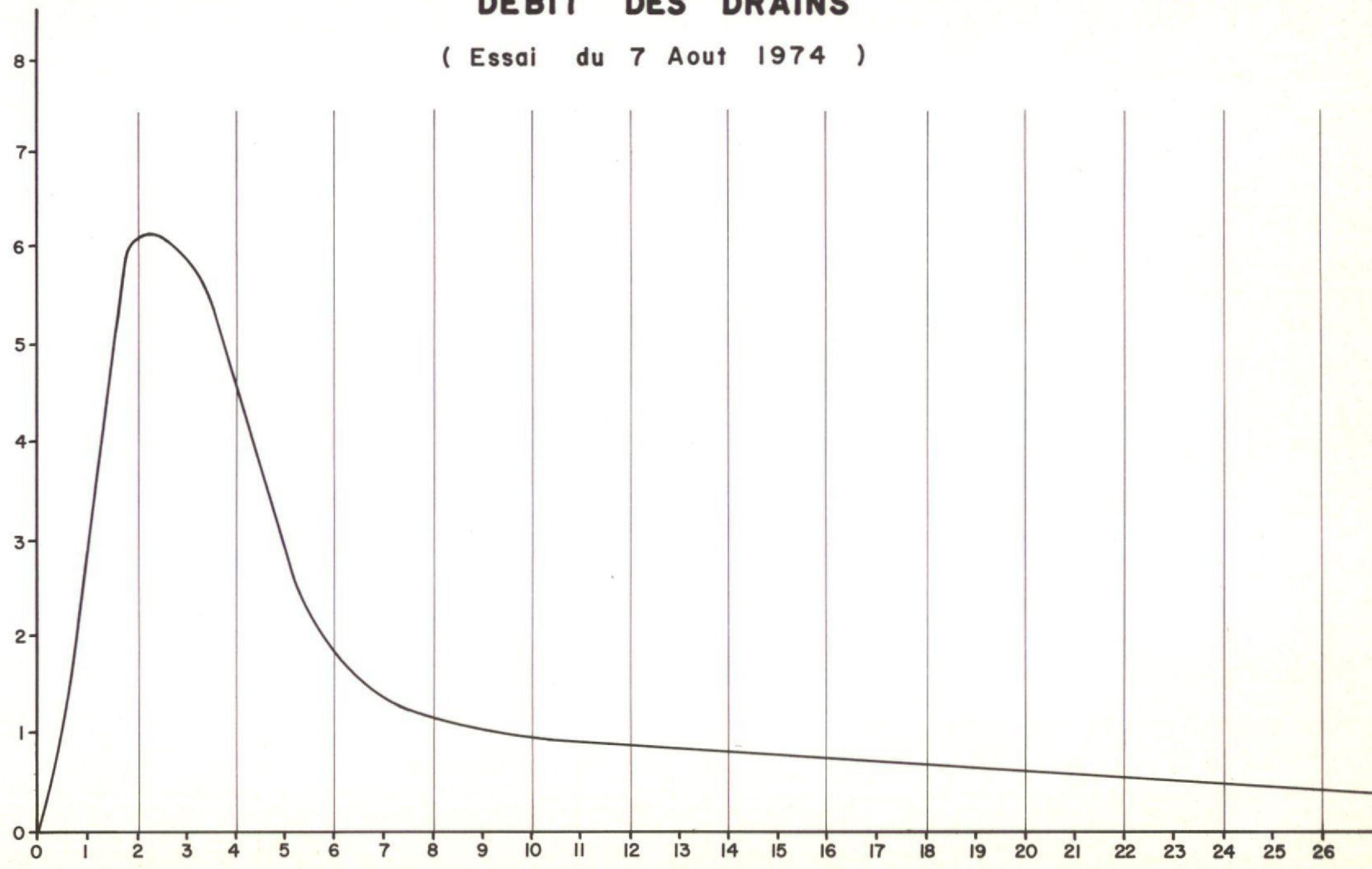
# ESSAIS DE FLOTTATION AVEC LE FLOERGER F C 250





# DEBIT DES DRAINS

( Essai du 7 Aout 1974 )



**EVOLUTION DE LA FLOTTATION**

( Essai du 13 Aout 1974 )

