

19/84

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE - SANITAIRE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

DYNAMIQUE D'ADSORPTION
DU PROCION ROUGE ECARLATE
H₃ B SUR CHARBON ACTIF

Proposé par :

M^{me} NEZZAL

Etudié par :

Melle SALEM Z.

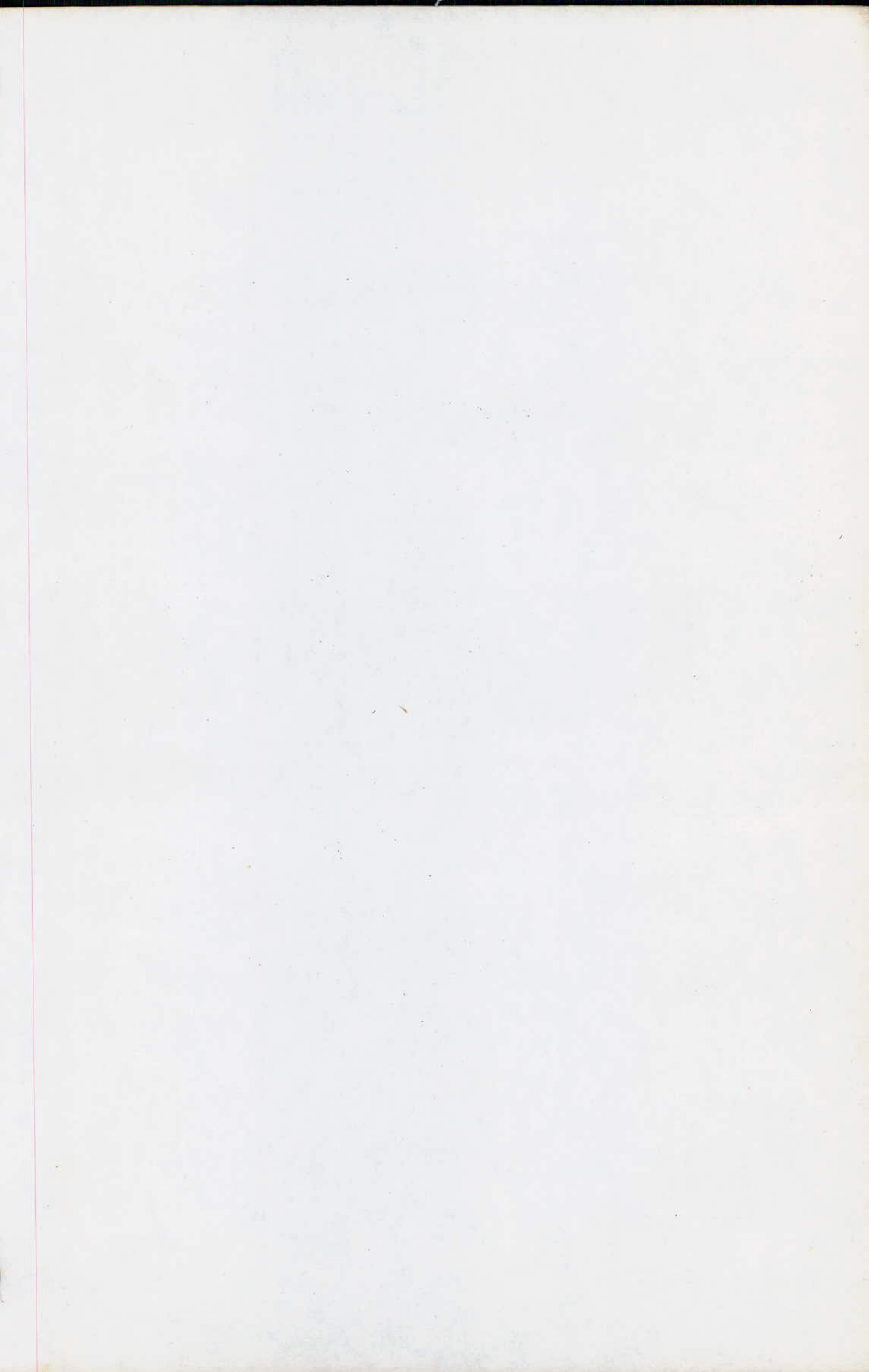
Dirigé par :

M^{me} NEZZAL



PROMOTION :

JUIN 84



GENIE - SANITAIRE

**DYNAMIQUE D'ADSORPTION
DU PROCION ROUGE ECARLATE
H₃ B SUR CHARBON ACTIF**

M^{me} NEZZAL

Melle SALEM Z.

M^{me} NEZZAL

JUIN 84

D E D I C A C E S

Je dédie ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance :

- . A la mémoire de mon père
- . A ma chère mère avec toute ma gratitude
- . A la mémoire de mon frère Hocine
- . A mes frères et soeurs
- . A tous ceux qui me sont chers

ZINEB

- R E M E R C I E M E N T S -

- Au terme de ce modeste travail, qu'il me soit permis de remercier très sincèrement :
- Mme NEZZAL : pour m'avoir guidé tout au long de ce projet
- Mes remerciements s'adressent également au président et membres du jury qui ont bien voulu juger ce travail.
- Je ne saurais oublier de remercier
- Monsieur NAAMANE, Chef de département du génie sanitaire.
- Monsieur ACEOUR, Enseignant au département du génie sanitaire.
- Monsieur NOUAR, Technicien au laboratoire du génie sanitaire, Melle ZAHIA Secrétaire au département de génie chimique, Monsieur MEDDAHI, Technicien au génie chimique pour leur aide et leur gentillesse.
- Enfin mes remerciements s'adressent à tous mes camarades étudiants pour leur soutien moral.
- Que chacun trouve ici le témoignage de mon estime et ma profonde Sympathie.

RESUME

L'adsorption dynamique du colorant : procion rouge écarlate H_3B ; a fait l'objet de notre étude,
a été considérée l'influence de 4 paramètres
1) La concentration, 2) la vitesse d'écoulement ou débit, 3) la hauteur active, 4) le diamètre de la colonne.

Par ailleurs, l'influence du PH, de la température sur l'adsorption du colorant a été considérée dans les conditions statiques.

أن الهدف من دراستنا يتمحور حول دراسة الامتزاز الحركي لصبغة بروسيون الاحمر القاتع، والتي تعتمد اساسا على 4 عوامل من بينها:
1) التركيز (2) سرعة السيولة أو العزارة (3) الارتفاع الفعال للعمود. (4) قطر العمود.
وفي الأخير قمنا بدراسة تأثير ال PH - و الحرارة وتأثيرها على الامتزاز الحركي

Dynamic adsorption of colour : Procion (strong red H_3B) is the subject of this study.

We have considered the influence of four (04) parameters

- the concentration, the flow rate, the acting height and the column's diameter.

Further we studied the effect of PH and temperature on adsorption in static's conditions.

INTRODUCTION

A - Partie théorique

I - Les colorants :

1 - Généralités

1.2 - Les matières colorantes organiques

2 - Classification des colorants

3 - Structure chimique des colorants réactifs

4 - Propriétés du colorant procion rouge écarlate H₃B

5 - Normes de coloration

6 - Toxicité

II - L'adsorption

1 - Définition

2 - Généralités

3 - Type d'adsorption

4 - Adsorption dynamique des corps dissous

1 - Définition

2 - Détermination de la zone d'adsorption

3 - Durée d'utilisation d'une couche de lit filtrant

4 - Consommation en charbon

5 - Diffusion

1 - Diffusion externe

2 - Diffusion dans le solide

3 - Diffusion intérieure

6 - Cinétique d'adsorption

. Loi de Weber

. Loi de Thomas

7 - Facteurs pratiques contrôlant l'adsorption dynamique

8 - Isotherme l'adsorption

1 - Classification des isothermes

Adsorption en monocouche

1.2 - Isotherme de Langmuir

1.3 - Isotherme de Freundlich

Adsorption en multicouche

1.4 - Isotherme du B.E.T.

III - Le charbon actif

- 1 - Définition
- 2 - Fabrication du charbon actif
- 3 - Structure du charbon actif
- 4 - Propriétés de certains charbons actifs
- 5 - Porosité
- 6 - Mécanisme d'adsorption
- 7 - Les différentes techniques du charbon actif
 - 7.1 - Traitement en phase liquide sur charbon actif en poudre
 - 7.2 - Traitement en phase liquide sur charbon actif en grains
- 8 - La capacité utile d'un charbon actif
- 9 - Comparaison entre les deux types de charbons actifs
- 10 - Choix d'un charbon actif
- 11 - Régénération du charbon

B - Partie expérimentale

I.1 - Introduction

I.2 - Technique d'analyse

- a - Principe de fonctionnement du dispositif
- b - Courbe d'étalonnage

II - Dynamique d'adsorption du colorant sur le charbon actif

- 1 - Préparation du charbon actif
- 2 - Caractéristiques du charbon actif
- 3 - Influence de la concentration d'entrée
- 4 - Influence de la hauteur du lit
- 5 - Influence de la vitesse de passage
- 6 - Comparaison de deux colonnes de diamètres différents
- 7 - Régénération du charbon

III - Adsorption en statique

III.1 - Influence du PH

III.2 - Influence de la température

C - Conclusion

INTRODUCTION

L'eau est l'élément qui fait vivre la terre, mais qui peut elle même mourrir et devenir source de mort, si la pollution l'emporte.

L'eau est une matière première essentielle à la plupart des activités industrielles, son grand pouvoir de dissolution, en fait aussi un moyen commode et bon marché, pour évacuer les déchets issus de ces activités.

Dans un passé, qui n'est pas si lointain, les activités industrielles étaient pratiquées dans des usines bâties directement sur des rivières, il s'agissait d'une commodité bien compréhensible ; dans une profession où l'eau a de multiples usages : elle dilue, trempe, nettoie, lave, rince, refroidit, chauffe et dépoussière.

Dans l'industrie textile, elle gonfle la fibre, et la rend réceptive aux drogues et colorants, dont elle est le solvant, elle constitue aussi le grand moyen d'évacuation de toutes les matières indésirables.

C'est cette dernière fonction, l'évacuation, qui est à l'origine de nuisances provoquées sur le milieu naturel, si on se rend compte que les besoins en eau sont de 120 l pour 1 kg de tissu teint.

Les nuisances provoquées sur le milieu naturel peuvent être soient :

- des rejets de pollution toxiques (composés soufrés, sels métalliques, ...),

- des rejets de pollution organique,

- de la coloration des rivières et cours d'eau : cette dernière nuisance a une influence néfaste sur la biocoenose, puisque le rayonnement solaire est intercepté par la substance colorée, et de ce fait empêche la synthèse chlorophyllienne,

- il faut dire aussi qu'une rivière colorée, présente une image désagréable à regarder, surtout si le rejet se fait dans un petit cours d'eau ou la dilution est faible.

La pollution provoquée, par les pertes de matière colorante, représente une perte de matière noble, avant d'être une pollution.

L'industriel doit tout mettre en oeuvre, pour retenir à la source ce produit coûteux ; ce faisant, il réduit la pollution tout en réalisant des économies d'eau, économie de colorant, économie d'énergie.

De nos jours la pollution de l'eau et de l'atmosphère par des produits chimiques et pétrochimiques est devenue un problème important, il semblerait qu'un traitement sur charbon actif pourrait être une méthode excellente, à l'épuration des eaux résiduaires avant leur rejet dans les cours d'eau, à la purification de l'eau pour l'alimentation, en eau potable, et à la récupération de certains produits présentant un intérêt économique.

Les épurations par voie chimique, ou par adsorption ont tendance à réduire l'utilisation des voies biologiques, car les teintureriers et tissages rejettent des effluents peu chargés, mais très colorés pouvant contenir des produits nocifs pour l'épuration biologique.

L'adsorption se manifeste, lorsqu'on met en contact un fluide et un solide, par une différence entre la phase adsorbée au voisinage immédiat du solide et la phase liquide, c'est un phénomène qui peut être physique ou chimique qui se passe à l'interface des deux constituants.

Les principales industries intéressées par l'adsorption sont :

- les industries textiles,
- les industries pétrochimiques,
- et le traitement des eaux.

Par ce présent travail, nous nous proposons d'étudier la décoloration d'une eau synthétique contenant une substance colorante : procion rouge écarlate H3B. Celui-ci étant utilisé pour la coloration des textiles.

Les colorants étant généralement non biodégradables, une méthode convenable de décoloration serait une adsorption et plus exactement une adsorption en dynamique qui consiste en une élimination du colorant après passage de l'eau à traiter, à travers un lit de charbon actif.

Dans un premier temps seront étudiés, l'influence de certains paramètres tels que :
concentration, débit ou vitesse de passage, hauteur.

En deuxième temps, seront étudiées l'influence de la TP° et du pH en statique.

I - LES COLORANTS -

On entend par colorant, toute matière colorée qui, mise en contact de manière appropriée avec un support, se fixe sur ce dernier de façon durable, en lui communiquant de la couleur (1).

I.1 - Généralités :

Les premières matières colorantes étaient d'origine végétale (garance, indigo, gaude ou même animale (cochenille). A l'heure actuelle, la presque totalité des matières colorantes employés sont synthétisées à partir des dérivés des hydrocarbures contenus dans le goudron de houille.

I.1.2 -- Les matières colorantes organiques (chromophores et auxochromes)

Les matières colorées ne sont pas obligatoirement des colorants, quelques groupes fonctionnels très rares suffisent à rendre la molécule colorée, ce sont les chromophores dans le sens étroit du mot. Mais dans la majorité des cas, la coloration est due non à un chromophore unique, mais à l'accumulation des groupes fonctionnel non saturés absorbant individuellement dans le proche ultra-violet. Autrefois on réservait le nom de chromophores à des groupes tels que $-N=N-$ (chromophore azoïque) que l'on ne trouve qu'associé à 2 noyaux benzéniques, et on appelait chromogène l'association suivante $C_6H_5-N=N-C_6H_5$ (Azobenzène). Cependant les noyaux benzéniques sont eux-mêmes des chromophores faibles, il vaut donc mieux considérer les chromophogènes comme des chromophores complexes.

L'azobenzène est un corps orangé, mais ne portant aucun groupe fonctionnel doué d'affinité pour les fibres textiles, ce n'est donc pas un colorant.

Pour transformer l'Azobenzène en colorant, il est indispensable, d'introduire, sur l'un des noyaux benzéniques, un groupe appelé auxochrome, c'est ainsi que l'aminoazobenzène ou jaune d'aniline $C_6H_5-N=N-C_6H_4-NH_2$ est un colorant

En dehors de leur rôle de fixateur du colorant sur la fibre, certains auxochromes modifient profondément la couleur, alors que d'autres la laissent pratiquement inaltérée.

I.2 - Classification des colorants (2)

Les colorants organiques sembleraient pouvoir être classés d'abord par la nature du chromophore complexe, puis par celle du ou des auxochromes. Le dispositif chromophorique le plus économique est le système de double liaisons conjuguées croisées, d'ailleurs peu accessibles, et la fusion de deux tels systèmes constituent le noyau quinonique d'accès plus aisé.

La classification chimique des chromophores complexes est très délicate, certains auteurs voient des noyaux quinoniques dans les colorants nitrés, les colorants azoïques, les colorants thiaziniques, etc... D'autre part, si les colorants indigoïdes ne peuvent être décrits avec de véritables noyaux quinoniques, le chromophore indigo n'a pas une constitution fondamentalement différente de celle du noyau quinonique. Enfin la structure des colorants au soufre est mal élucidée, au contraire il est facile de classer les auxochromes ; ils peuvent être

- acide $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$
- basiques $-\text{NH}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NR}_2$

Les deux premiers $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$ ont peu d'effet sur la couleur, les quatre derniers l'approfondissent le plus souvent, c'est-à-dire déplacent le spectre d'absorption vers les grandes longueurs d'onde.

Du point de vue pratique, les colorants peuvent être classés comme suit :

- 1 - les colorants basiques (teignent la laine au bain marie mais ne se fixent sur le coton que s'il est mordancé au tanin),
 - 2 - les colorants acides (teignent la laine au bain acide mais sont sans effet sur le coton),
 - 3 - les colorants substantifs ou directs (teignent toutes les fibres au bain salin, ce sont presque tous les polyazoïques),
 - 4 - les colorants pour mordant (teignent la laine et le coton après mordantage par hydroxyde métallique, la teinte dépend de la nature de l'hydroxyde)
 - 5 - les colorants de cuve, en général très insolubles dans l'eau, doivent être réduits en substances incolores, ou peu colorées appelées leucodérivés.
- Ces derniers sont solubles dans les alcalis-dilués ; le tissu imbibé de cette solution, est abandonné à l'air dont le gaz carbonique, neutralise l'alcali, et dont l'oxygène réoxyde le leucodérivé régénérant le colorant sur la fibre.

6 - les colorants au soufre qui redeviennent substantifs après solubilisation par le sulfure de sodium,

7 - Les colorants réactifs qui forment de véritables combinaisons chimiques avec les fibres (liaisons de covalence) et qui occupent de ce fait une place importante.

Les colorants rejetés à l'état dissous (3) ;

Les colorants dits acides, basiques, à "mordant", "réactifs" ;

Les colorants rejetés à l'état solide : de cuve, pigmentaires, colorant au soufre.

Pour notre étude nous nous sommes intéressés au colorant réactif : Procion Rouge écarlate H₃B,

Les premiers colorants réactifs furent lancés en 1956, sous le nom de Procion par l'I.C.I. (Imperial Chemical Industries) ; ils ont été appliquées à la cellulose, mais la gamme des applications s'est assez rapidement étendue aux polyamides et à la laine.

I.3 - Structure chimique des colorants Réactifs :

Les colorants réactifs ont la propriété particulière de pouvoir établir avec le substrat une liaison covalente.

Leur constitution générale est la suivante : S - C - S - R (4)
avec S : désignant un ou plusieurs groupes solubilisant



C : le groupement responsable de la couleur, appartient essentiellement aux séries :

- azoïques métallisé ou non
- anthraquinoniques
- Phtalocyaniques

S : le groupement qui constitue le support du groupe réactif, détermine la stabilité et la réactivité du colorant

R : le groupement réagissant par addition, mais le plus souvent détachable par un processus de substitution ou par élimination.

I.4 - Propriétés du colorant Procion rouge écarlate :

Ce colorant est fabriqué par la firme P.C.I., il se présente sous forme de petits grains spériques d'environ 0,1 mm de diamètre, de couleur rouge très foncé bordeaux, sa formule chimique est la suivante



sel trisodé de l'acide (chloro-6 , phényl-N-triazine-1,3,5) diamino-1,4 -5 -hydroxy-4- sulfonato-2-phenyl-1) azo -3-naphtalène disulfonique le groupement réactif de ce colorant étant le groupement Monochlorotriazinyl.



caractéristique de tous les colorants Procion H

on peut alors schématiser la réaction de fixation de ce colorant sur la cellulose de la façon suivante (4).

Si on représente la cellulose comme suit : -OH

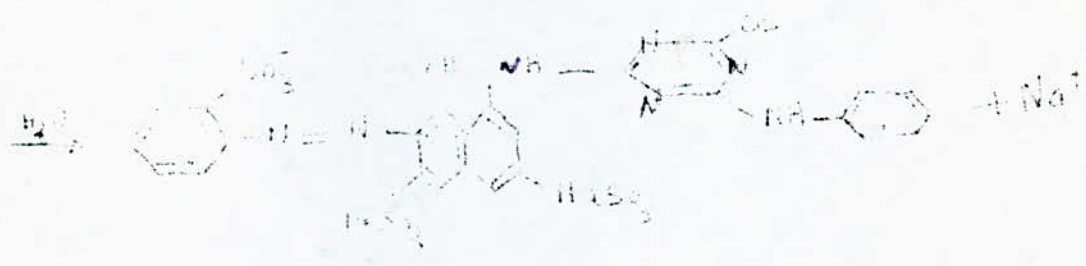
le colorant par R'-Cl , on aura :



ont voit donc qu'il y a une réaction de substitution dans la cellulose de l'espèce H^+ par le groupement R'

Son poids moléculaire est de $\text{M} = 773,92 \text{ g}$

Le colorant est soluble dans l'eau grâce au groupement $\text{Na}.\text{So}_3$ on pense qu'il se dissocie dans l'eau suivant la réaction à 20°C , sa



solubilité est de 40 g/l, mais en présence de sel, la solubilité augmente (21).

Le pH du colorant en solution est de pH = 6,9 c'est un colorant pratiquement neutre, ce qui est normal, vu la structure chimique de ce colorant : le groupement OH est fortement lié au groupement aromatique.

I.5 - Les normes de la coloration :

La couleur n'est pas tolérée pour une bonne eau de consommation, on s'efforce de ne pas dépasser 5 unités platine cobalt, la norme actuelle française tolérée est de 20 unités (échelle colorimétrique platine cobalt).

Méthode au platine cobalt :

Principe :

La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée soit avec celle d'une solution de référence platine cobalt, soit avec des disques de verre coloré, et exprimée en unités Hazen.

Tableau comparatif des normes de coloration pour une eau d'alimentation dans quelques pays :

Pays	Concentrations minimales (mg/l)	Concentrations maximales (mg/l)
France	5	50
Espagne	5	15
Suède	20	40
U.S.A.	3	15

I.6 - Toxicité :

Certains colorants ne sont pas toxiques, vu qu'ils sont utilisés pour colorer certaines boissons et certains aliments.

Mais la toxicité d'un colorant peut être due à sa teneur en groupements cancérigènes : groupements phtalogène, cyanine, sels de Baryum et de plomb.

Aussi, le colorant (az) considéré pourrait être toxique par suite de la rupture de la liaison azoïque -N=N- entraînant la formation d'amines primaires qui sont des méthémoglobines pouvant empêcher le transport de l'oxygène dans le sang, par l'hémoglobine.

II - L'ADSORPTION -

II.1 - Définition :

L'adsorption par un solide peut être définie, comme étant le phénomène de fixation de molécules d'une phase gazeuse ou liquide par la surface de ce solide (5).

II.2 - Généralités :

Les phénomènes d'adsorption des corps dissous, sont connus et utilisés depuis fort longtemps, pour ne citer que l'adsorption de matières colorantes par le noir animal utilisé à la décoloration des liquides. Le phénomène est si intense que tout le colorant passe de la solution sur le solide.

Un trait caractéristique de l'adsorption par les surfaces solides est que si l'on sépare le solide de la phase avec laquelle il était en contact, tout se passe comme si le solide emportait avec lui, la substance adsorbée ; cette adhérence plus ou moins profonde des corps adsorbés, sur les surfaces solides, tient à l'importance même des champs de forces moléculaires à la surface des solides.

Ces champs de forces sont beaucoup plus intenses à la surface des solides, qu'à la surface des liquides : c'est la conséquence de la non mobilité des particules solides qui, n'ayant pas la majeure partie de leurs liaisons satisfaites exercent de plus grandes forces attractives.

II.3 - Type d'adsorption :

Les liaisons d'adsorption sont classées selon le type de forces impliquées ; en fait on distingue deux types d'adsorption.

1 - L'adsorption dite physique ou physisorption : où les liaisons sont des liaisons de Vander-Waals.

2 - L'adsorption chimique ou chimisorption : les liaisons sont du type covalent ou ioniques. Le tableau suivant résume les différences principales, entre les deux types d'adsorption.

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Température du processus	relativement basse à la température d'ébullition de l'adsorbat.	plus élevée
Chaleur d'adsorption	inférieure à 5 kcal/mole	Supérieure à 10 kcal/mole
Liaison gaz-solide	physique	chimique
Spécificité	processus non spécifique	processus spécifique
Desorption	facile	difficile
Cinétique	en principe très rapide indépendante de la température	très lente

La masse de substance adsorbée par une quantité donnée du solide est limitée. Il peut s'établir de véritables équilibres d'adsorption ; cette dernière peut être alors être considérée comme un phénomène réversible.

Nous verrons aussi que la masse de substance adsorbable par une quantité de solide donné, diminue de façon générale quand la température augmente ; on déduit que l'adsorption est un phénomène exothermique, donc l'adsorption d'un corps libère de la chaleur.

L'adsorption est un phénomène de surface, qui peut se produire entre plusieurs phases de diverses natures. Notre étude ne portera que sur l'adsorption dynamique, d'un corps dissous (le colorant) par un solide (charbon actif granulé).

Avant d'aborder cette étude il est important de rappeler qu'une étude statique sur le même colorant a été déjà effectuée et qu'il est utile de différencier ces deux types d'adsorption.

L'adsorption statique : l'adsorption statique s'effectue dans un espace fermé, où le liquide à traiter ne circule pas dans le lit d'adsorbant. On établit des isothermes d'adsorption qui permettent de connaître la capacité d'adsorption de l'adsorbant considéré.

II.4 - Adsorption dynamique des corps dissouts :

Définition :

On appelle adsorption dynamique, l'étude de l'évolution du phénomène d'adsorption dans un lit d'adsorbant traversé en continu par un courant d'adsorbat (11).

Du point de vue pratique, on cherchera à connaître l'évolution en cours de réaction de la quantité d'adsorbat, sortant du lit d'adsorbant.

C'est à dire que l'on choisira comme élément de base, de l'investigation cinétique l'établissement de la courbe de percée du lit d'adsorbant vis à vis de l'adsorbat considéré.

La connaissance de la courbe de percée est indispensable pour le calcul d'un adsorbant. C'est une courbe pour laquelle la concentration C en adsorbat à la sortie du lit a été portée en ordonnée, et le temps se trouve en abscisses fig (1).

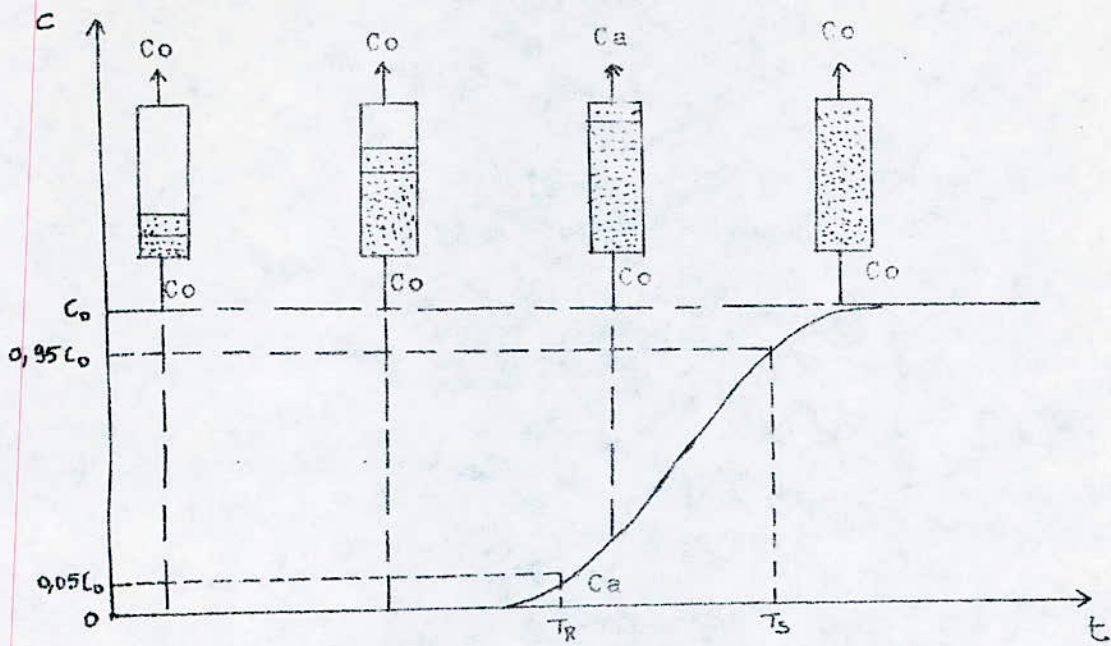
On peut également y porter l'épaisseur du lit à condition, que pendant la traversée du lit la vitesse reste constante.

L'adsorption d'un soluté dans un filtre de charbon actif à couche fixe peut être considéré comme un processus non permanent, au cours duquel le soluté est éliminé en quantités croissantes pendant le passage d'une quantité d'eau à travers la couche.

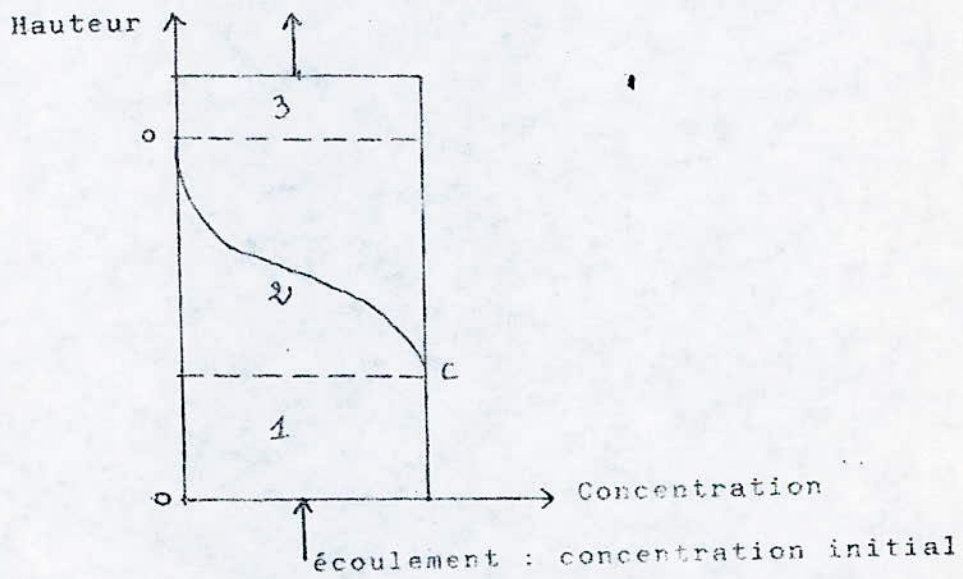
La première couche d'adsorbant reçoit une solution de concentration initiale C_0 , les couches suivantes reçoivent une solution appauvrie, par l'adsorption dans les couches précédentes. Par suite la concentration du liquide diminue, quand on s'éloigne de l'entrée, et l'intensité d'adsorption de la couche, qui se trouve près de l'entrée diminue, du fait de la saturation.

La zone où les concentrations varient s'appelle front d'adsorption ou onde d'adsorption, c'est dans cette région que s'effectuent les phénomènes d'échanges entre le liquide et l'adsorbant sa forme et son étendue dépendent de l'isotherme d'adsorption et de la cinétique du transfert de matière (19).

La fixation par l'adsorbant des composés à adsorber ne s'effectue pas instantanément on observe trois zones (15) fig. (2).



Courbe de percée fig (1)



Front d'adsorption fig (2)

Zone saturée 1 :

En début de colonne, l'adsorbant a atteint, son taux de chargement maximum, taux qui peut être donné par l'isotherme, à l'équilibre avec la concentration finale, comme dans l'adsorption statique.

Zone de transfert 2 :

La concentration va en décroissant jusqu'à 0 c'est la zone de transfert, les diverses couches de charbon ne sont pas en équilibre avec la concentration correspondante.

Zone Vierge 3 :

L'adsorption n'a pas encore eu lieu, l'adsorbant est vierge. Après saturation d'une première tranche d'adsorbant, le front d'adsorption d'équilibre s'établit, et va se déplacer parallèlement à lui-même, à la vitesse correspondant à celle de la saturation ; on conçoit que lorsque le front d'adsorption atteint la fin de la couche d'adsorbant. A la concentration limite fixée l'effluent commence à laisser passer le produit non retenu.

C'est le point de fuite ou de rupture ou encore appelé temps de perçage T_s qui nécessite l'arrêt de la percolation pour passer alors à la désorption.

Dans la pratique on ne considère comme zone de travail que la zone où d'une concentration 100, on passe à une concentration 5 ou 1 dans le premier cas, on parlera d'un front d'adsorption 100/5, dans le deuxième cas, on parlera d'un front d'adsorption 100/1, la fixation dans la zone vierge étant négligée.

Toutefois, si la solution continue à traverser la colonne, tout l'adsorbant finit par être en équilibre avec la charge, le lit entier est saturé, et le temps au bout duquel la concentration de l'effluent est pratiquement égale à celle de la charge, s'appelle temps de saturation $T_s(9)$.

II.4.2 - Détermination de la zone d'adsorption :

On définit arbitrairement la zone d'adsorption comme étant la couche de charbon au travers de laquelle la concentration du soluté varie de 90 % à 10 % de la concentration de l'eau brute, elle correspond à la hauteur minimale de charbon à mettre dans une colonne (17).

La profondeur de cette zone est donnée par la distance horizontale entre les deux droites B.D.S.T. correspondantes fig (3)
(Bed dpth. service time).

La zone d'adsorption augmente avec le temps, ou avec la profondeur du lit.

Le temps de rupture ou de percée T_p est très important, il faut absolument savoir le calculer pendant l'établissement d'un projet d'adsorbeur, ce temps peut varier entre des valeurs de concentrations $0,02C_0$ à $0,1C_0$; on s'imposera un temps de percée qui correspondra à $0,05C_0$, c'est-à-dire qu'on se fixe une adsorption à 95 %.

Le temps de percée décroît quand :

- l'épaisseur de la couche du charbon décroît
- la concentration dans l'effluent augmente
- la dimension effective des particules de charbon augmente
- la vitesse d'écoulement à travers la couche croît.

II.4.3 - Durée d'utilisation d'une couche de lit filtrant :

Elle est évaluée par l'équation de Bohart-Adams (17)

$$t = \frac{N_0}{C_0 V} \times \frac{-1}{K C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_B} - 1 \right)$$

- t : durée de service en (h)
- X : hauteur du lit en (m)
- V : vitesse du fluide en (m/h)
- C_0 : concentration du soluté dans l'eau brute en (mg/l)
- C_B : concentration du soluté dans l'effluent (mg/l)
- N_0 : efficacité d'adsorption (g/m³ de charbon)
- K : constante en (m³/g.h)

$\frac{N_0}{C_0 V}$: est égale à l'inverse de la vitesse de déplacement de la zone d'adsorption, et l'intersection avec l'axe des "X" définit la profondeur critique ou profondeur minimale du lit nécessaire pour atteindre au temps zéro, le degré de qualité souhaité.

II.4.4 - Consommation en charbon :

En multipliant l'inverse de la pente de la droite par la surface transversale du lit, et la densité apparente du charbon, on obtient la consommation en charbon.

Dans un système, à plusieurs lits, le nombre de lits et la hauteur de chaque lit sont liés à la profondeur de la zone d'adsorption par :

$n = \frac{h}{H} + 1$	n : nombre d'étages utilisés (en série)
	h : profondeur de la zone d'adsorption
	H : hauteur de chaque lit

Le choix de la hauteur des lits filtrants repose, sur des considérations pratiques. Si on choisit une faible hauteur de lit, on aboutit à un grand nombre de petites unités et par suite, à un coût d'investissement élevé ; une très faible valeur de "H" approche les conditions de mise en oeuvre d'un lit mobile.

Pour expliquer ou prévoir la forme de la courbe de perçage d'un lit d'adsorbant vis à vis d'un adsorbat donné, il est nécessaire d'isoler l'étape cinétique limitante. En effet lorsqu'une molécule de gaz vient s'adsorber sur un corps poreux l'ensemble du phénomène peut se diviser en trois étapes dont chacune a une vitesse propre (fig. 4)

- I - Diffusion externe
- II - Diffusion interne dans les macropores
- III - Diffusion interne dans les micropores

II.5 - Diffusion :

II.5.1 - Diffusion externe :

Ce phénomène est lié au transfert de matière dans une couche adsorbée à la surface d'adsorbant.

La vitesse de diffusion suit la loi de Fick

$$C \frac{ds}{dt} = D_s \frac{dc}{ds}$$

avec : $C \frac{ds}{dt}$ = quantité de particules qui, par seconde diffusent à travers 1 cm² de la surface S

$\frac{ds}{dt}$: vitesse de diffusion

$\frac{dc}{ds}$: gradient de concentration

D_s : coefficient de diffusion superficielle

Dans le cas de particules de grande dimension comparée aux molécules d'eau Einstein a donné une valeur du coefficient de diffusion superficielle

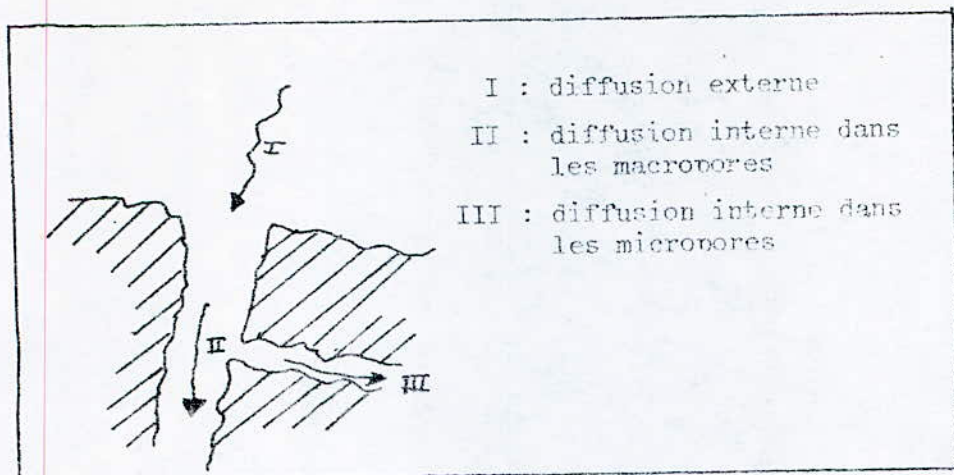


Fig. (4)

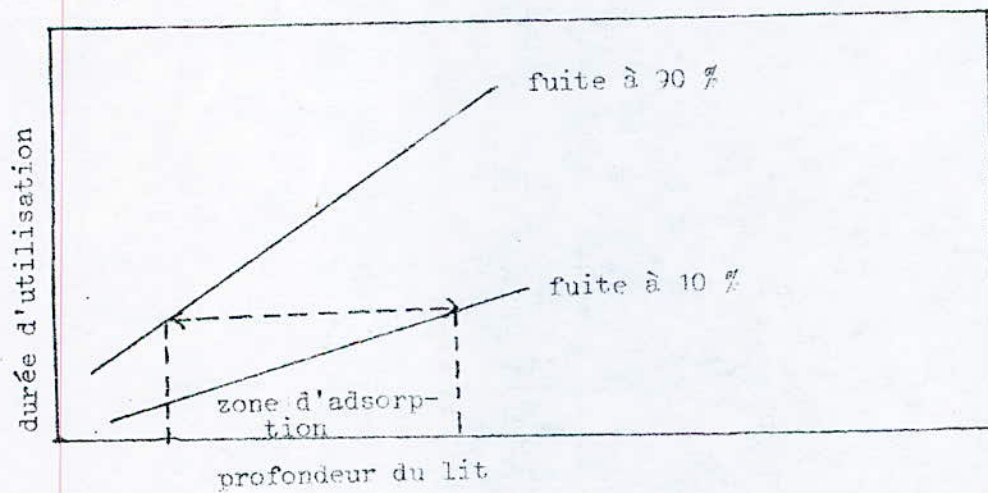


Fig. (3) droites B.D.S.T. pour une seule colonne d'adsorption

$$D_s = \frac{1}{3 \cdot d \cdot N} \frac{RT}{N}$$

3 D_s : attraction de stocks par les particules de diamètre d dans un fluide de viscosité η

R : constante des gaz parfaits et qui vaut $R = 8,315 \cdot 10^7$ erg/mole.K

N : nombre d'Avogadro correspondant aux nombres de molécules par moles
 $N = 6,023 \cdot 10^{23}$

T : température en °C

II.5.2 - Diffusion dans le solide :

Dans ce cas, il existe deux possibilités :

- Diffusion normale liée à l'écoulement en régime laminaire
- Diffusion du type de Knudsen liée à l'écoulement en régime moléculaire.

a -- Diffusion normale :

Dans ce cas les deux lois de Fick sont valables pour faire le calcul de la vitesse de diffusion.

a.1 - La première loi de Fick se rapport à la situation où la distribution de la concentration du corps diffusant le long du capillaire, ne varie pas pendant le processus.

$$U = D_g \text{ grad } C$$

U : vitesse du transfert de molécules par unité de temps et de section (g/cm².S)

D_g : coefficient cinématique de diffusion en phase gazeuse

C : concentration du corps qui diffuse

a.2 - La deuxième loi de Fick s'applique quand le gradient de concentration change durant le processus.

$$\frac{c}{t} = \text{div} (D_g \cdot \text{grad } c)$$

b -- Diffusion de Knudsen :

On peut admettre qu'il n'existe qu'un seul type de diffusion dans les pores, c'est la diffusion moléculaire.

Cette équation nous permet de calculer, le coefficient de diffusion de Knudsen.

$$Dk = 9,7 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{T}{m} \right)^{1/2}$$

k : rayon moyen du capillaire

T : température absolue

M : la masse moléculaire d'adsorbat

II.5.3 - Diffusion intérieure :

Le transfert total de molécule dans les grains d'adsorbant est le résultat de la diffusion en phase gazeuse dans les pores (D_g) et de la diffusion superficielle (D_s) à la surface des pores. Le transfert total est défini par le coefficient effectif (D_e) qui est une fonction de (D_g) et (D_s) (20).

Pour calculer D_e , on a plusieurs équations dont on donne les suivantes :

$$D_e = D_s + \frac{D_g}{H}$$

$$D_e = \frac{D_g}{H} \left(1 + H \frac{D_s}{D_g} \right)$$

où D_e : coefficient effectif de diffusion

D_g : coefficient de diffusion en phase gazeuse

D_s : coefficient de diffusion superficielle

H : porosité des granulés

Δ : gradient de l'isotherme

mais ces méthodes ne sont pas applicables en phase liquide et pour la détermination du coefficient effectif (D_e) nous utiliserons les méthodes suivantes :

Détermination du coefficient effectif (D_e) : Méthode de TIMOFEEV

a) cas d'un grain sphérique (20)

$$D_e = 0,308 \frac{R^2}{t_{0,5}}$$

R : rayon de la sphère

$t_{0,5}$: temps nécessaires à la saturation de l'adsorbant jusqu'à la moitié de sa capacité

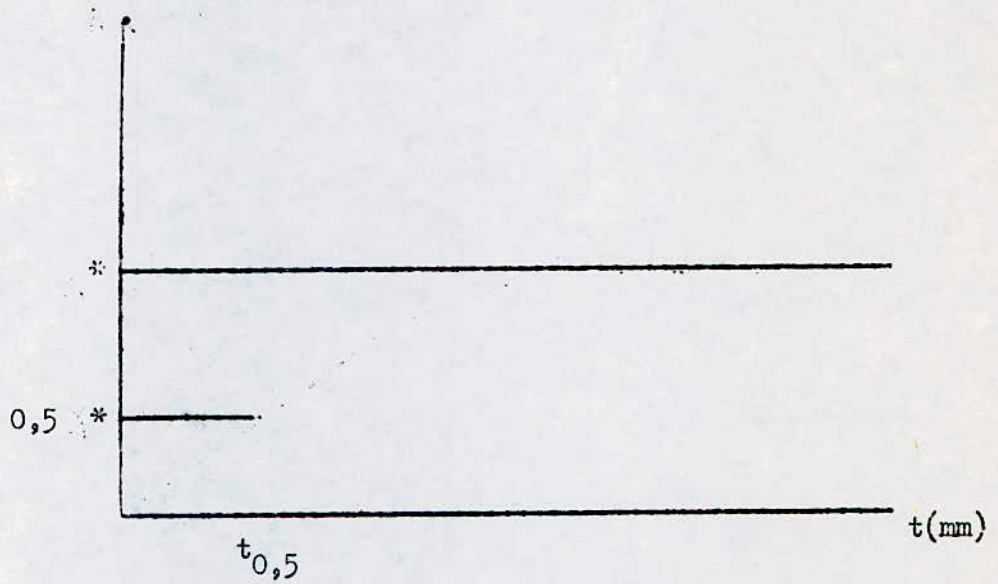
b) cas d'un grain cylindrique (20)

$$D_e = K \cdot \frac{R^2}{t_{0,5}}$$

Le coefficient K est fonction de la longueur du cylindre L et de son rayon moyen, il dépend du rapport $\frac{L}{R}$ de la façon suivante :

L/R	1	2	4	∞
K	0,186	0,318	0,450	0,599

$t_{0,5}$ est déterminé d'après la courbe cinétique obtenue expérimentalement



II.6 -- Cinétique d'adsorption :

Il existe différentes expressions mathématiques décrivant la vitesse d'adsorption.

5.1) Loi de Weber (19)

Celle-ci s'écrit sous la forme suivante :

$$C_0 - C = A q \cdot C_0 \quad t$$

avec C_0 : concentration initiale

C : concentration du soluté à l'instant t

A = paramètre caractérisant l'adsorbant

q : quantité d'adsorbant mis en jeu

Loi de Thomas

$$\frac{dC}{dt} = k_g C (C^* - C) - K_b C_c$$

avec k_g : constante d'adsorption

k_b : constante de désorption

C^* : capacité maximale d'adsorption

C_c : masse de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant

c : concentration du soluté à l'instant t

mais Adams, Bohart et Kloloz estiment que le plus souvent la désorption est très faible. La loi de Thomas devient

$$\frac{dc}{dt} = k_g C (C^* - C)$$

soit $\frac{1}{c} \frac{dc}{dt} = K (C^* - C)$

II.7 - Facteurs pratiques contrôlant l'adsorption dynamique :

Dans la réalisation et l'exploitation des installations mettant en oeuvre les phénomènes d'adsorption, il faut tenir compte des divers facteurs qui affectent plus ou moins le résultat final recherché.

II.7.1 - La nature de l'adsorbat :

L'adsorbat se fixe sur l'adsorbant, selon son affinité pour ce dernier, selon TRAUBE.

L'adsorption augmente avec la longueur de la chaîne, c'est-à-dire que la quantité de soluté adsorbé par un solide croit avec la masse moléculaire (fig. 5).

II.7.2 - La concentration :

La réduction de la concentration de l'adsorbat par dilution engendre une désorption. Le taux d'adsorption augmente avec l'augmentation de la concentration à l'entrée.

II.7.3 - La solubilité de l'adsorbat :

Des expériences qui ont porté sur des solutions aqueuses de matières colorantes (bleu de Méthylène, rouge congo, ...) ont permis d'établir que si par un artifice quelconque, on diminue la solubilité d'un corps dans un liquide l'adsorption par le solide s'en trouve accrue (6)

La solubilité diminue quand le poids moléculaire du soluté augmente.

II.7.4 - La structure moléculaire :

Celle-ci est un facteur de régulation du transport interparticulaire et de l'adsorption cinétique.

II.7.5 - La nature de l'adsorbant :

La surface spécifique d'un adsorbant est sa caractéristique la plus importante ; c'est la surface offerte par les pores d'un gramme de solide.

Les adsorbants travaillant en milieu liquide agissent tout d'abord par la surface externe, leur surface interne doit être accessible par des pores ou des capillaires d'un diamètre plus élevé, que celui nécessaire pour une adsorption de gaz. De plus les adsorbants ont une action spécifique par exemple le gel de silice est un adsorbant énergique

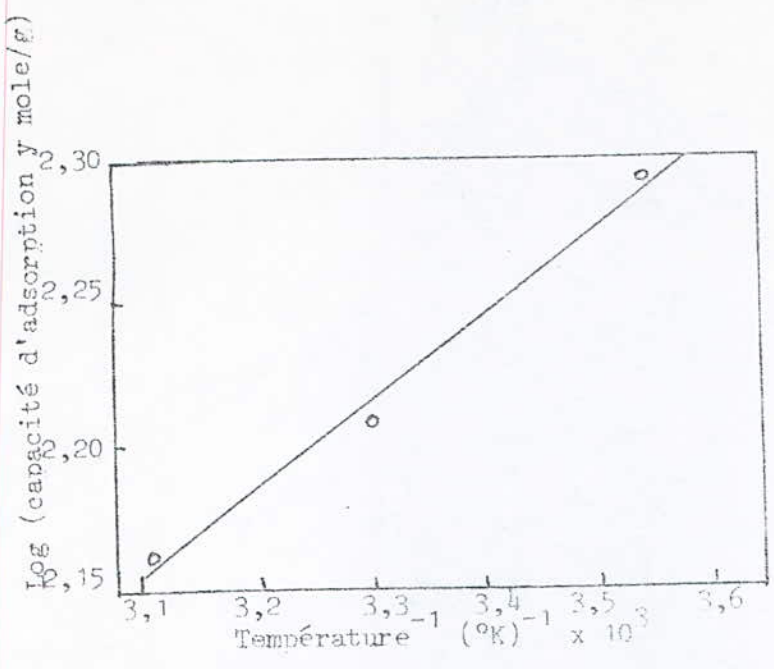


Fig. (5a) Effet de la température sur la capacité d'adsorption sur charbon actif.

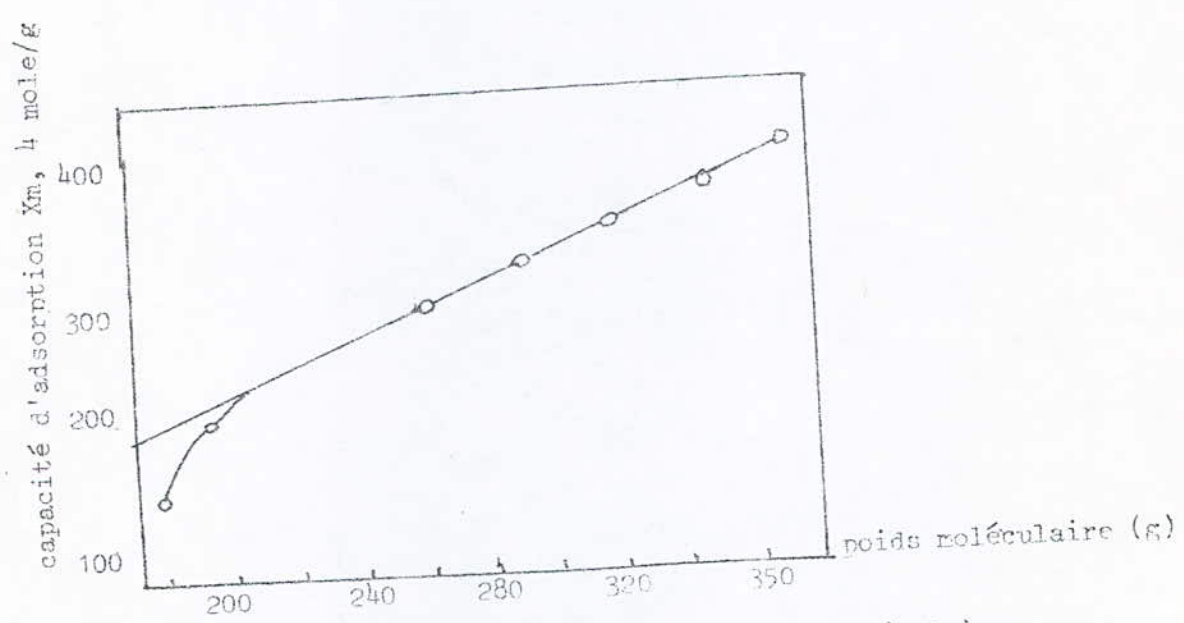


Fig. (5b) Capacité d'adsorption en fonction du poids moléculaire

de l'eau, par contre le charbon actif ne l'est pas car il a une faible affinité vis à vis de l'eau.

C'est pour cette raison qu'on a choisi de travailler sur du charbon actif et aussi parce que sa capacité d'adsorption est très favorable, pour la majorité des produits organiques (11).

II.7.6 - La granulométrie

La granulation de l'adsorbant n'a aucune influence sur sa capacité à saturation, mais par contre, elle a un effet appréciable sur son efficacité. L'efficacité avant le point de rupture reste sensiblement la même, mais le taux de chargement de l'adsorbant au point de rupture diminue lorsqu'on augmente ses dimensions.

II.7.7 - L'épaisseur du lit :

En augmentant, l'épaisseur du lit, on accroît la capacité au point de rupture, il existe d'ailleurs une hauteur minimale au-dessous de laquelle, il y a fuite dès le début de l'adsorption.

II.7.8 - La nature du solvant :

L'adsorption pour les solides sera plus importante, en milieu aqueux, qu'en milieu organique. Quand on immerge un solide, dans une solution, il peut y avoir, en principe adsorption de l'un des constituants, et en particulier du solvant, le solide présentant plus d'affinité pour le solvant que pour le corps dissous (6).

II.7.9 - La vitesse du fluide :

Une augmentation du débit accélère l'élévation de température de l'adsorbant, et conduit à une rupture plus rapide, donc à une diminution de la capacité pratique de chargement.

II.7.10 - La température :

A pression constante, la quantité adsorbée décroît quand la température augmente, l'élévation de celle-ci peut libérer l'adsorbat : (désorption) T_p° (fig. 5a).

En règle générale, l'augmentation de la température abaisse non seulement le taux de saturation, mais également l'efficacité, et en outre, elle agit sur le point de rupture qui devient moins prononcé, quand la température s'élève (19).

II.7.11 - Chaleur d'adsorption :

L'adsorption est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui est de l'ordre de la chaleur latente de condensation de la vapeur.

Au cours de l'adsorption, cette chaleur est transmise, d'une part à l'adsorbant d'autre part principalement au fluide véhiculant la vapeur. La capacité d'adsorption diminuant avec l'élévation de température, il pourrait être nécessaire dans certains cas de refroidir le fluide avant de l'introduire dans l'adsorbent ou de prévoir un refroidissement de l'adsorbant. Dans le cas du traitement d'un fluide liquide, la chaleur d'adsorption adsorbée par le liquide, entrainera une moindre élévation de température.

II.8 -- Isotherme d'adsorption :

L'isotherme d'adsorption est la courbe donnant à température constante la quantité d'adsorbant adsorbé en fonction de la concentration à l'équilibre de la solution.

L'équilibre est atteint quand la concentration de la solution reste constante en fonction du temps.

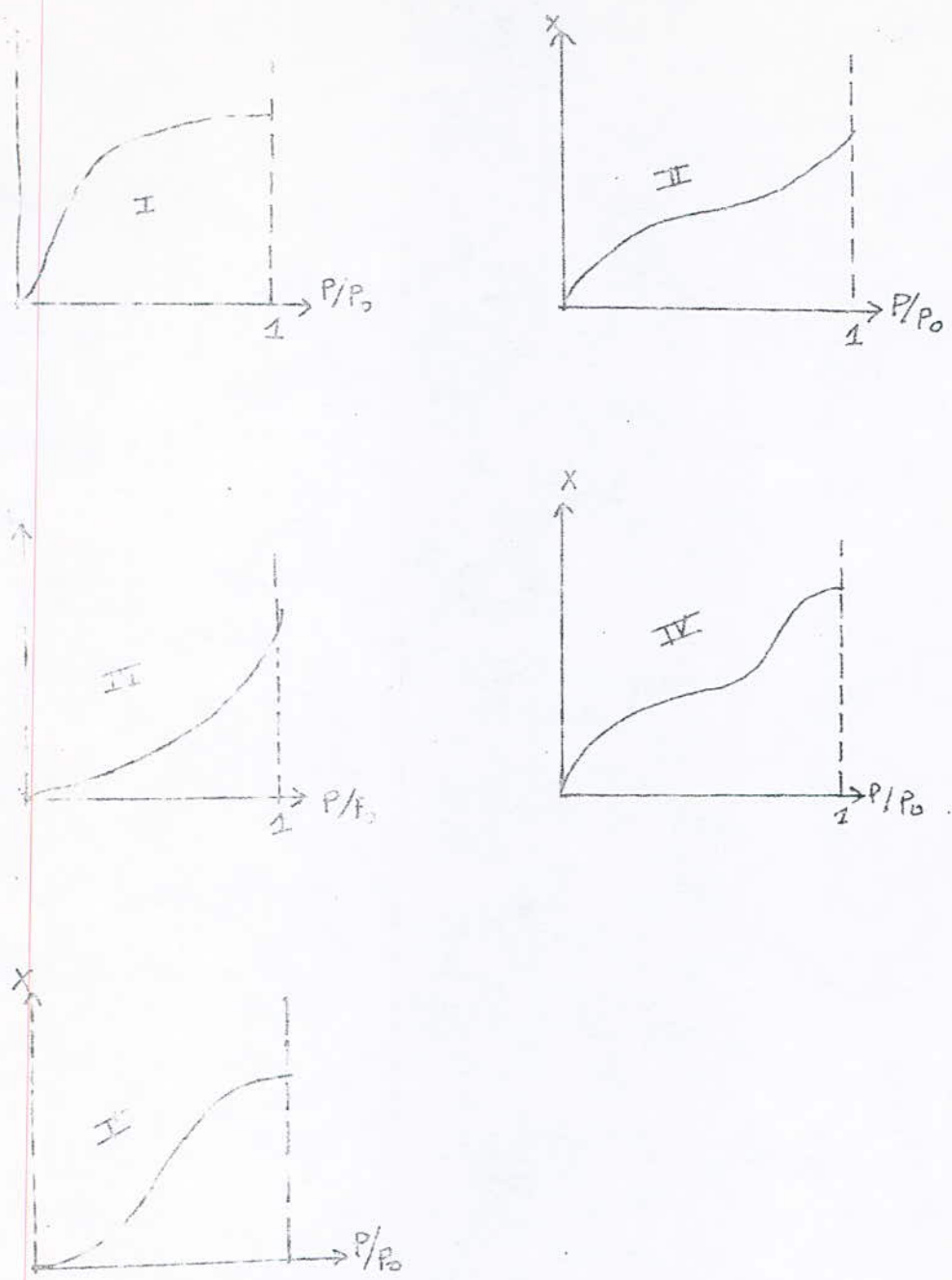
Les performances d'une couche adsorbant-adsorbant peuvent être décrites par trois types de courbes dépendantes entre-elles, les isothermes, les isobares et les isotères ; les isothermes sont plus utilisés car celles qui sont les plus faciles à réaliser.

II.8.1 -- Classification des isothermes d'adsorption :

L'examen d'un grand nombre de résultats publiés par divers chercheurs a permis à Brauneur, Deming et Teller de reconnaître qu'aux températures inférieures à la température critique du gaz, les isothermes se divisent en cinq groupes représentés sur la fig -6-

L'isotherme de type I représente la formation d'une couche monomoléculaire adsorbée chimiquement ou physiquement sur un solide non poreux.

L'isotherme du type II, III, IV et V impliquent la formation de couches polymoléculaires, l'adsorption de la première couche, peut être physique ou chimique, mais les suivantes sont adsorbées physiquement.



x = quantité adsorbée
 P = pression effective
 P_0 = pression saturante

Fig. (6)

II.8.2 - Isotherme de Langmiur :

L'adsorption du type Langmiur a été souvent constatée dans les solutions diluées où les substances dissoutes sont adsorbées sur le charbon activé ; En portant en abscisse la concentration d'une substance dissoute à l'état d'équilibre exprimée en mole/l, et en ordonnée, la teneur en substance adsorbée par unité de masse de charbon activé (exprimé en mole/gr) l'équation de Langmiur s'écrit :

$$\frac{X}{m} = \frac{X_m bc}{1 + bc} \quad (1)$$

avec b : d'adsorption
X_m : capacité ultime
en divisant par X_mbc (1) devient

$$\frac{X/m}{X_m bc} = \frac{1}{1+bc} \quad \text{en inversant les deux membres de l'équation on obtient}$$

$$\frac{X_m bc}{X/m} = 1 + bc \quad \text{---} \quad \frac{C}{X/m} = \frac{1}{X_m b} + \frac{C}{X_m}$$

$$\frac{C}{X/m} = \frac{1}{X_m} C + \frac{1}{X_m b} \quad \text{on pose} \quad A = C$$
$$B = C/X_m$$

le tracé de la droite B = (f(A) permettra de déduire la constante b, la capacité X_m sachant que 1/X_m est l'ordonnée de la droite, 1/X_mb l'ordonnée à l'origine.

La théorie de Langmuir repose sur des hypothèses bien définies.

L'adsorption s'effectue sur des sites bien définis uniformément distribués sur la surface du solide, chaque site ne pouvant recevoir qu'une particule de gaz.

Tous les sites sont identiques, et il n'y a pas d'interaction entre les particules adsorbées.

II.8.3 - Equation de Freundlich :

Applicable pour une adsorption, en une seule couche pour des solutions diluées ; L'adsorption d'un constituant donné, suit la relation :

$$\frac{X}{m} = KC^n$$

X quantité de soluté adsorbé

m masse d'adsorbant

C concentration d'équilibre

L'expression logarithmique de cette équation donne

$$\ln \frac{X}{m} = \ln K + n \ln C$$

$$\text{posons } A = \ln \frac{X}{m}$$

$$B = \ln C$$

le tracé de la droite $A = f(B)$, nous permet de déduire les constantes n, et K n'étant la pente de la droite, et K l'ordonnée à l'origine.

Il arrive qu'on trouve la même valeur de n, pour un adsorbant donné, quelque soit l'adsorbat, dans ce cas n dépend du solide adsorbant et K du corps adsorbé (b) généralement n varie de 0,3 à 0,5 et l'adsorption est d'autant plus forte que n est petit.

II.8.4 - Equation de Brunauer, Emmett et Teller (B.E.T.) :

Cette équation est en général applicable à l'adsorption en plusieurs couches :

$$X = \frac{X_m AC}{(C_s - C) \left[1 + (A-1) \frac{C}{C_s} \right]}$$

ou X = capacité notée du charbon

X_m : concentration de la matière pour former une couche monomoléculaire

A : constante liée à l'énergie d'interaction avec la surface

C : concentration de la matière dissoute à l'équilibre

C_s : concentration de la matière dissoute à l'état de saturation

Les hypothèses de cette équation sont :

a) chaque couche adsorbée obéit à l'équation de Langmuir

b) la chaleur différentielle d'adsorption à partir de la deuxième couche

est égale à la chaleur de condensation de la vapeur.

c) la chaleur différentielle d'adsorption de la première couche est différente de celles des couches suivantes.

III. LE CHARBON ACTIF

III.1 - Définition

Par charbon actif, on désigne les charbons ayant subi, un traitement dit d'activation, leur conférant une grande porosité, d'où découlent des propriétés adsorbantes et décolorantes (12).

III.2 - Fabrication du charbon actif :

Elle peut-être faite à partir de diverses matières premières telles que, coques de noix de coco, tourbe, bois, houille ...

Les charbons actifs sont obtenus par **struct** chimique, d'une partie de la matière première, ce qui a pour conséquence de dégager le squelette carboné et de développer, une importante porosité interne, tout en conservant de bonnes caractéristiques mécaniques, en particulier la dureté (11).

Il existe en fait, deux types d'activation, l'activation simple à la vapeur, dans laquelle la matière première est portée à 900°C en présence de vapeur, et l'activation chimique pour laquelle la matière première est mélangée à du chlorure de zinc et à de l'acide phosphorique. On considère générale que l'activation à la vapeur favorise une structure poreuse, tandis que l'activation chimique, entraîne plutôt la présence de mésopores.

III.3 - Structure (16) :

La structure du charbon actif se rapproche de celle du graphite. D'après ABRAM (21) le charbon actif est considéré comme étant un arrangement irrégulier de monocristaux ; chaque monocristal serait en fait un fusionnement d'anneaux hexagonaux de carbone identifié en structure au graphite et formé de 5 à 15 couches de plans aromatiques (fig 7).

III.4 - Propriétés de certains charbons actifs (11) :

Matière première	Coquille (noix ...)	Bois	Tourbe	Houille	Pétrole
Présentation	grains, poudre	grains poudre	grains poudre	grains poudre	cylindre poudre
Porosité interne en %	50-80	30-60	55	65	7675
Densité	500	400	500	400	500
Surface spécifique	800-1500	600-1200	500-1600	500-1400	800-1100
Appellation Commerciale	Cochranex F.C.B. Pittsburg P.C.B. Acticarbon N.C.	Acticarbon A.C. Barco K.B. Supersorbant W	Nout (divers) Acticarbon A.M.A.H.	Pittsburg Acticarbon LM DARCO BG	Columbia

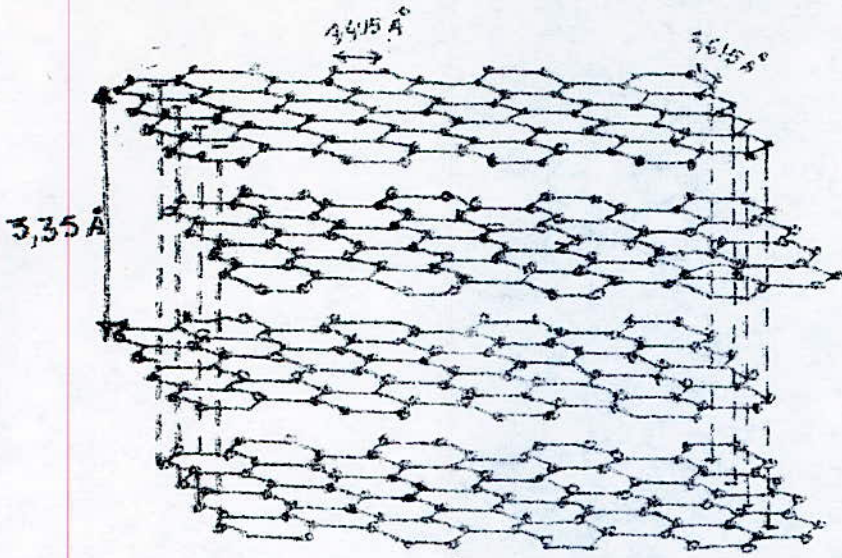
III.5 - Porosité :

Les charbons actifs présentent une certaine hétérogénéité dans la taille des pores, on divise les pores en 3 catégories : les micropores, les mésopores et les macropores (fig.8).

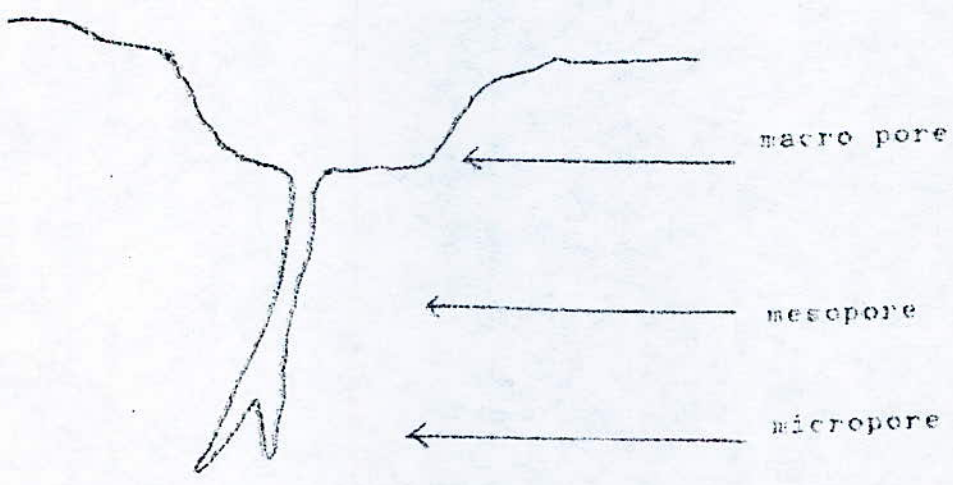
Les micropores : qui constituent les pores d'adsorption sont classés un peu arbitrairement en trois catégories.

Les maxi micropores : qui sont des pores dont la dimension est comprise entre 25 à 100 Å, ils sont capables d'adsorber les plus grosses molécules organiques, ces pores sont caractérisés par leur pouvoir décolorant, vis à vis de la mélasse.

Les moyens micropores : qui sont des pores dont les dimensions sont comprises entre 15 et 25 Å ; Ils sont caractérisés par le pouvoir décolorant vis-à-vis des pigments colorants tels que bleu de méthylène (15).



- Réseau cristallin de graphite fig (7)



- Représentation schématique des pores fig (8)
dans le charbon actif

Les mini micropores : sont tous les pores de dimension supérieure à 5\AA mais 25°

Les mésopores : leurs dimensions sont comprises entre 100 et 10.000\AA . Ils jouent un rôle négligeable dans l'adsorption, mais dans la cinétique car ce sont les pores d'accès des micropores (15).

Les macropores : de dimensions supérieure à 10.000\AA ne jouent pas un rôle important dans l'adsorption (15).

III.6 - Le mécanisme d'adsorption :

L'adsorption se déroule suivant les étapes suivantes :

- diffusion des molécules à travers le film liquide entourant les particules de charbon actif,
- transfert de ces molécules d'adsorbat de la phase liquide à la phase solide,
- diffusion le long des parois des macropores,
- diffusion des macropores vers les micropores,
- cette dernière étape étant la plus lente et déterminante,
- ce mécanisme d'adsorption se déroule à la surface du charbon actif de la façon suivante :

Les centres actifs du charbon rivalisent avec le solvant pour s'associer à la substance dissoute. Tachant de briser l'association substance dissoute - solvant et d'établir une association substance dissoute-substant solide.

La nature chimique de la surface du charbon peut jouer dans certaines conditions un rôle important dans l'adsorption d'un soluté. Une surface de charbon activé est rarement pure. L'oxygène réagit avec le charbon pour produire des centres actifs qui rendent la surface légèrement polaire, de même le charbon contenant des ions métalliques.

Il a été établi que ces centres actifs se comportent de façon similaire au groupement fonctionnels tels que carboxyle, hydroxyle, carbonyle, composés à noyaux condensés et à poids moléculaires élevés. Le degré d'interaction entre l'oxygène et le charbon actif établit l'acidité de la surface du charbon et dans une certaine mesure son comportement adsorptif aux substances dissoutes (8).

III.7 - Les différents types de charbon actif :

Il existe trois types de charbons actifs (8)

Adsorbants	Usages principaux
a) charbon décolorant	- décoloration et raffinage des sucres, décoloration des huiles et graisses végétales, décoloration et purification de substances inorganiques ou organique, purification de l'eau.
b) charbon adsorbant	- désodorisation, récupération de solvants, protection contre les gaz et vapeurs toxiques, purification des gaz industriels.
c) charbons médicinaux	- élimination des bactéries et des toxiques, addition aux aliments pour le bétail.

III.8 - Technique d'utilisation du charbon actif :

Selon le mode d'utilisation, auquel, ils sont destinés les charbons actifs sont présentés sous des formes différentes :

- en poudre : pour le traitement des liquides par mélange
- en grains : filés ou concassés, pour le traitement des liquides, et des gaz par percolation en milieu fixe, mobile ou fluidisé.

III.8.1 - Traitement en phase liquide sur charbon actif en poudre :

Le charbon actif en poudre est incorporé au liquide, et laissé en contact normalement de 15 à 30 mn, sous bonne agitation, exceptionnellement certains cas particuliers nécessitent des temps de contact pouvant atteindre une heure, le charbon est éliminé par filtration.

III.8.2 - Traitement en phase liquide sur charbon actif en grains :

L'emploi de la percolation sur charbon actif, permet de récupérer celui-ci lorsqu'il est saturé et de le régénérer, le passage du liquide s'effectuant généralement de haut en bas entraîne un

certain tassement de charbon actif il existe plusieurs modalités de mise en oeuvre d'un traitement d'adsorption sur colonne de charbon actif, le choix dépendra du résultat souhaité.

III.8.2.1 - Lits filtrants en série : (écoulement de haut en bas).

Dans ce système, lorsque le point de percée est atteint dans la dernière colonne, la première doit être saturée ($C = C_0$) de manière à utiliser au maximum la capacité d'adsorption du charbon. Après régénération de la première colonne, celle-ci est placée en dernière position (17).

III.8.2.2 - Lits filtrants en parallèle. Fig. (10)

Dans ce système, chaque lit filtrant est utilisé à un degré différent d'épuisement. Les effluents individuels sont mélangés de manière à atteindre la qualité d'eau désirée (17).

III.8.2.3 - Lits étendus : Fig. (11)

Dans ce type d'adsorbeur, l'écoulement de l'eau s'effectue de bas en haut à une vitesse suffisante pour étendre le lit -Fig (11)- ils sont particulièrement bien adaptés lorsque l'eau usée contient des matières en suspension ou lorsqu'une activité biologique a lieu dans le lit (17).

III.8.2.4 - Lit mobile ou colonne à contre-courant : Fig. (12)

Le lit est à courant ascendant ; le charbon épuisé est retiré au bas de la colonne. Le charbon neuf ou régénéré est introduit au sommet du lit filtrant (17).

III.9 - La capacité utile d'un charbon :

L'économie d'un traitement sur charbon actif est essentiellement fonction de la capacité utile du charbon, exprimée en g de D.C.O. fixée par kg de charbon actif.

La capacité utile du charbon : caractérise la consommation de charbon pour obtenir un effet déterminé.

ADSORPTION SUR COLONNE

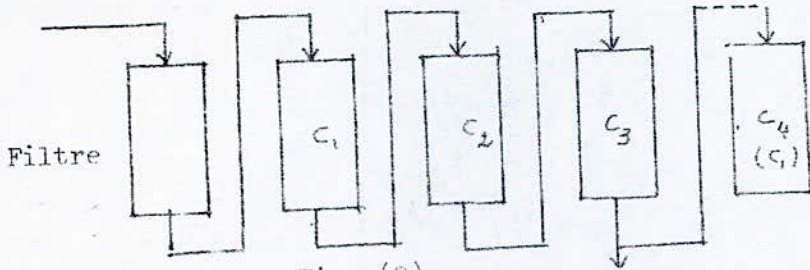


Fig. (9)

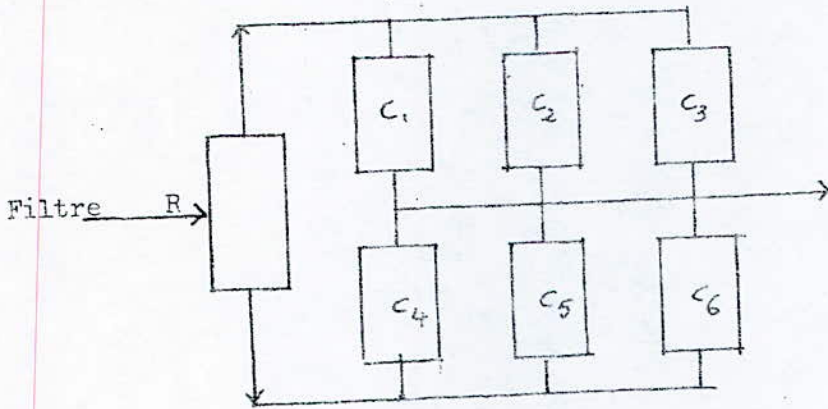


Fig. (10)

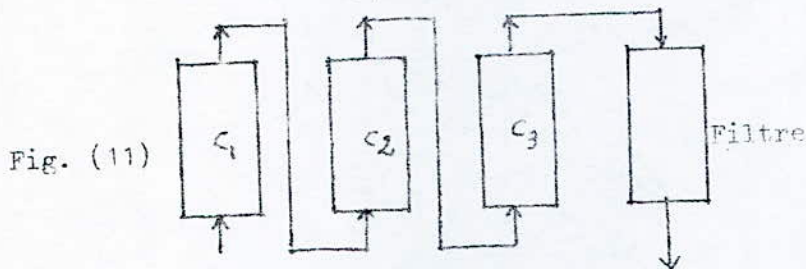


Fig. (11)

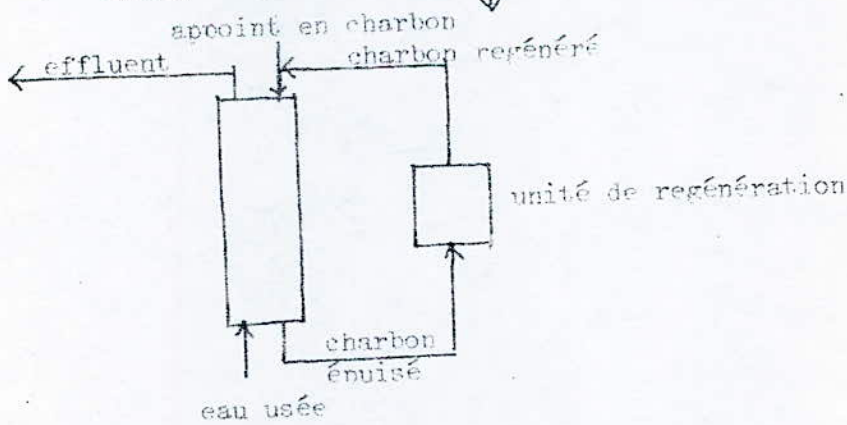


Fig. (12)

Cette capacité est fonction :

. de la profondeur du lit : plus un lit est profond, plus il tolère des fronts d'adsorption allongés sans fuite excessive, tout en assurant une parfaite saturation de la couche supérieure

. de la vitesse d'échange : l'expérience montre que l'on peut rarement excéder 3 volumes d'eau par volume de charbon, et par heure pour les cas de pollutions élevée.

Pour des teneurs en produits adsorbables faible : 5 à 10 volumes d'eau à traiter par volume de charbon et par heure.

III.10 - Comparaison entre les deux types de charbons actifs :

Charbon en grains :

1) Avantages : le charbon actif est régénérable, donc les dépenses sont limitées au coût de la régénération et de la quantité de charbon, que l'on doit introduire pour compléter les pertes.

2) Inconvénients : certains polluants sont fixés, en plus grande quantités que d'autres et ont tendance à déplacer d'autres polluants d'où le problème de sélectivité.

Certains produits sont très bien adsorbés mais à une vitesse extrêmement faible.

Charbon en poudre :

1) Avantages : les charbons actifs en poudre sont 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains.

Leur surdosage est possible en cas de pointe de pollution.

Leur cinétique d'adsorption est rapide, leur surface étant directement accessible.

Ils favorisent la décantation en alourdisant les floccs.

2) Inconvénients : Il est impossible de régénérer le charbon actif lorsqu'il est récupéré en mélange avec des boues d'hydroxydes.

Il est difficile d'éliminer les dernières traces d'impuretés sans addition d'un excès de charbon actif.

III.11 - Choix d'un charbon actif :

Le choix entre un charbon ou l'autre dépend plutôt des problèmes d'exploitation que de ceux du coût du charbon proprement dit.

Si on désire minimiser l'installation initiale on a intérêt à choisir le charbon actif en poudre puisqu'il suffit d'un silo, d'un bac de préparation du charbon et d'une pompe doseuse.

Si on désire minimiser les frais de fonctionnement, on aura dans la majorité des cas intérêt à utiliser des lits de charbon granulaire ayant une épaisseur de 1,5 à 2 m qu'il est possible de changer tous les 18 mois, ou tous les 2 ans, si le niveau de pollution est faible.

La durée de vie du charbon actif granulé est toujours longue par rapport au charbon en poudre.

Pour notre travail, nous avons eu à notre disposition du charbon actif en grains parce qu'il est souvent préféré dans le traitement des eaux usées pour les raisons suivantes :

- 1 - la séparation du charbon de l'effluent n'est pas nécessaire ;
- 2 - le charbon est utilisé de façon plus rationnelle, le charbon actif étant progressivement saturé en soluté.

III.12 - Régénération du charbon :

Il existe 3 méthodes pour la régénération du charbon :

- 1 - Régénération thermique :

par pyrolyse et combustion des substances organiques adsorbées, le chauffage vers 800°C sous atmosphère contrôlée évite d'enflammer le charbon, c'est la méthode la plus employée.

- 2 - Régénération chimique :

Le charbon actif est activé par des solutions aqueuses : potasse ou soude, procédé intéressant lorsqu'on tient à récupérer le produit adsorbé par le charbon.

- 3 - Régénération à la vapeur :

Cette méthode est limitée à la régénération du charbon ayant adsorbé quelques produits volatils.

PARTIE --- EXPERIMENTALE

I.1 I N T R O D U C T I O N

- Nous nous proposons d'étudier la décoloration d'une eau synthétique contenant une substance colorante :

Procion rouge ; écarlate H3B

L'élimination du colorant sera faite, après passage de l'eau à traiter, à travers un lit de charbon actif granulé

.. C'est ce qu'on appelle adsorption dynamique

L'influence de 4 paramètres sur l'élimination du colorant sont à considérer.

- 1) L'influence de la concentration initiale
- 2) L'influence de la vitesse d'écoulement
- 3) L'influence de la hauteur active
- 4) L'influence du diamètre.

I.2 TECHNIQUE D'ANALYSE :

- Pour étudier l'adsorption du colorant procion rouge écarlate H3B par le charbon actif granulé, nous avons utilisé la méthode calorimétrique avec un spectrophotomètre Beckmann, pour une longueur d'onde d'absorption maximum du colorant se situant dans le visible.

a) Principe de mesure

Il est basé sur la loi de LAMBERT-BEER : $-\frac{dI}{I} = -K dL$ (I)

avec I : intensité de la lumière

dL : épaisseur de la substance absorbante homogène

K : constante caractérisant la substance de la longueur d'onde de radiation

L'intégration de l'équation (I) donne LOC. $\frac{I_0}{I} = KL$

Comme le spectre d'absorption dans le visible où l'U.V se fait habituellement dans un solvant non adsorbant, le facteur K sera fonction alors de la concentration de la substance $K = \epsilon \cdot c$

E : étant une constante inhérente à la substance, appelée coefficient d'extinction moléculaire ou absorption (moléculaire) molaire. l'équation II devient alors

$\text{Log } \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot C \cdot L = \text{Densité optique}$

b) Courbe d'étalonnage

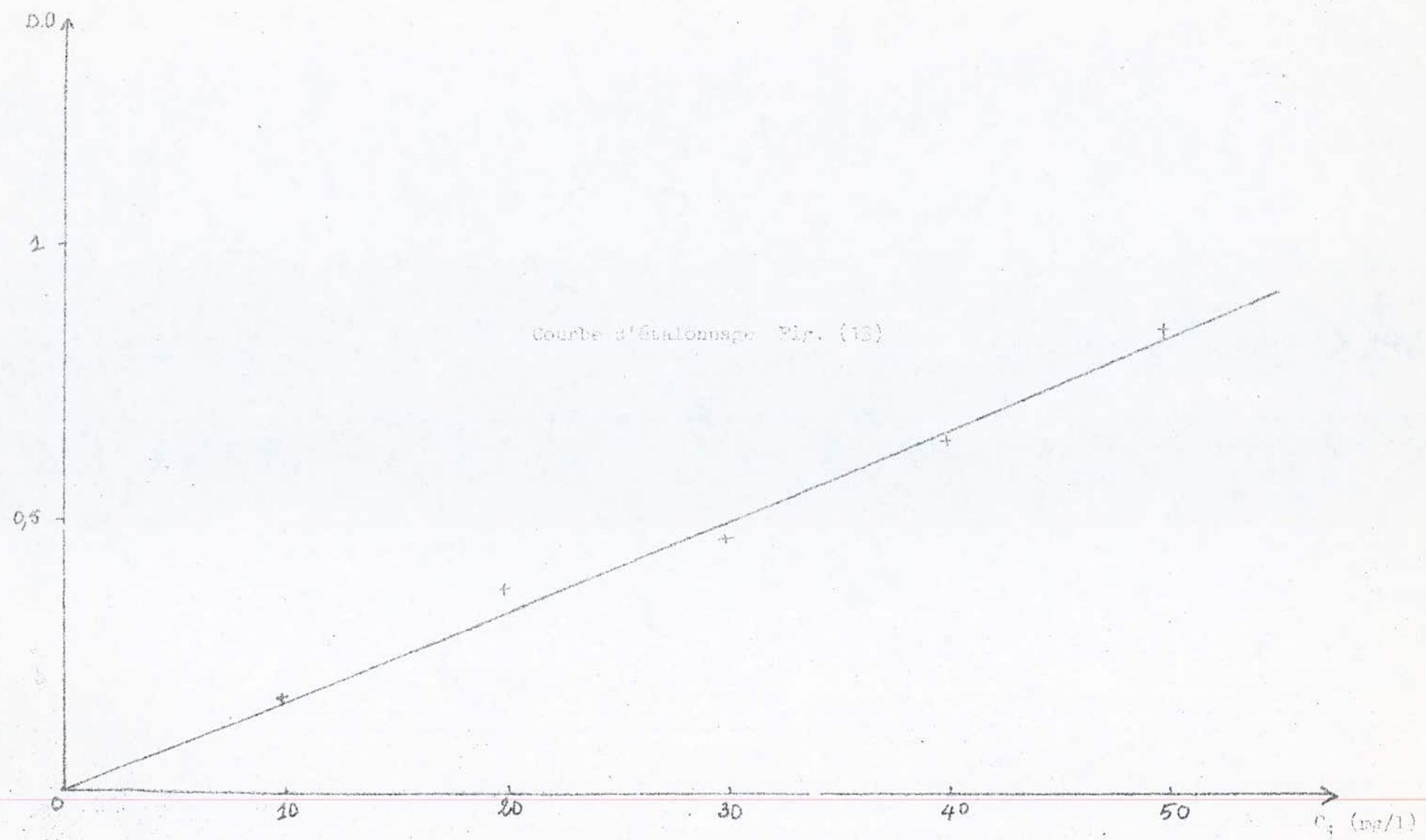
La courbe d'étalonnage est obtenue pour des solutions de con concentrations connues, les densités optiques correspondantes sont affichées sur le spectrophotomètre, pour une longueur d'onde λ constante et égale à 535 nm

$D = f(c)$ a été tracé

D : Densité optique

C : Concentration de la solution aqueuse

pour la suite, la concentration Cx d'une solution inconnue, sera déterminée graphiquement à partir de la courbe d'étalonnage, en connaissant la densité optique



Courbe d'étalonnage Fig. (13)

! C (mg:l)	! 0	! 10	! 20	! 30	! 40	! 50	!
! D max	! 0	! 0,177	! 0,370	! 0,462	! 0,637	! 0,840	!
!	!	!	!	!	!	!	!

le tracé de la courbe $D = f(c)$ fig (13) nous indique que la densité optique varie linéairement avec la concentration du colorant.

II - DYNAMIQUE D'ADSORPTION DU COLORANT SUR LE CHARBON ACTIF

1) Préparation du charbon actif :

Après avoir bien rincé, le charbon actif avec de l'eau distillé, nous l'avons fait bouillir encore, dans de l'eau distillée pendant 3 H, pour évaporer tous les produits volatils susceptibles de l'avoir contaminé, il a ensuite été mis à sécher à l'étuve à une température environnante de 110°C

Il est stocké dans un dessiccateur pour le tenir à l'abri de l'humidité de l'atmosphère. Cette opération est faite, dans le seul but d'augmenter autant que possible la surface spécifique de ce charbon, en débarassant ses pores des impuretés qu'il peuvent contenir.

2) Caractéristiques du charbon actif

- Les caractéristiques internes d'un adsorbant solide sont :

- 1) L'humidité
- 2) La densité structurale ou densité réelle
- 3) La densité apparente ou densité du grain
- 4) Le volume poreux total
- 5) La porosité
- 6) La surface spécifique

Le charbon actif utilisé est un charbon actif hollandais granulé dont la dimension varie de 1,2 mm à 1,8 mm.

1) L'humidité

Le charbon de masse M_0 est mis à l'étuve à 110°C, à sécher jusqu'à poids constant M_1

L'humidité est donnée par la relation $H = \frac{M_0 - M_1}{M_1}$

$H = 7,97 \%$

2) La densité réelle

Les charbons actifs se mouillent irrégulièrement et tendent facilement à emprisonner de l'air.

Nous avons pour éviter cet inconvénient adopté la méthode suivante pour mesurer la densité de notre échantillon :

- L'échantillon est placé dans une étuve à 105°C, pour le déshydrater - Une petite quantité de produit à analyser est mise dans un picnomètre tarré. Il est ensuite rempli de méthanol, ce dernier a la propriété de ne pas mouiller le charbon actif. Il est ensuite pesé.

La connaissance de la tare et de la masse volumique du méthanol nous permet d'accéder au poids du charbon actif utilisé, et connaissant le volume du picnomètre, nous en déduisons la densité

Soit : M1 : La masse du produit à analyser en (g)

P1 : Le poids de méthanol ajouté à l'échantillon M1 pour remplir le picnomètre en (gr)

P2 : La masse de méthanol remplissant le picnomètre

d : Densité du méthanol $d = 0,7917 \text{ g/cm}^3$

La densité réelle de notre échantillon est donnée par

$$d_R = \frac{M_1 \times d}{P_2 - P_1} \quad d_R = 2,15 \text{ g/cm}^3$$

3) La densité apparente

La méthode utilisée est la suivante

- Est mise dans une éprouvette préalablement lavée et séchée, une quantité de charbon actif correspondant à un volume quelconque V, il est nécessaire de secouer l'ensemble pour avoir un bon tassement des grains.

- La connaissance de la tare et de la masse totale, nous permet de connaître la masse de l'échantillon m. La densité apparente est donc le rapport de la masse de cet échantillon et le volume qu'il occupe.

$$d_{app.} = \frac{m}{V}$$

$$d_{app.} = 0,49 \text{ g/cm}^3$$

4) Porosité

La porosité est définie comme étant le rapport du volume total du vide sur le volume total.

Pour la mesure de la porosité, on a utilisé une éprouvette graduée de 5ml et remplie de charbon actif jusqu'à un volume de 2ml, soit alors une masse totale M1

Du méthanol a été ajouté jusqu'à un volume de 3ml, soit alors la masse M2, la porosité est déterminée, suivant la formule :

$$\epsilon = \frac{V_v}{V} = \frac{(M_2 - M_1) / \rho_m - V}{V_t}$$

$$V_t = 3 \text{ cm}^3$$

$$V = 1 \text{ cm}^3$$

$$\rho_m = 0,79 \text{ g/cm}^3 \quad \epsilon = 0,38$$

5) Le volume poreux total :

Le volume poreux total s'exprime par

$$V.P.T = \frac{1}{d_a} - \frac{1}{d_R} \quad (\text{cm}^3/\text{g})$$

d_a : Densité apparente en g/cm³

d_R : Densité réelle en g/cm³

$$V.P.T. = 1,57 \text{ g/cm}^3$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

HUMIDITE	%	7,97	%
DENSITE REELLE	G/CM ³	2,15	g/cm ³
DENSITE APPARENTE	G/CM ³	0,49	g/cm ³
POROSITE		0,38	
VOLUME POREUX TOTAL		1,57	g/cm ³

DYNAMIQUE D'ADSORPTION :

Cette partie consiste à examiner en dynamique, l'élimination du colorant par le charbon actif, après avoir fixé les paramètres suivants :

- 1) Hauteur du charbon fixée à 19 cm
- 2) Diamètre de la colonne 13mm
- 3) Débit fixé à 1,8 ml/mm correspondant à une vitesse de 0,022 cm/s.
- 4) Variation de la concentration d'entrée

Mode opératoire

L'étude consiste à percoler une solution colorée dans une burette de 13 mm de diamètre à travers une hauteur de charbon actif granulé

L'influence de la concentration à l'entrée sur le temps de percée a été examiné. Les concentrations en colorant dans les solutions sont de 5, 10, 20 et 40 mg/l.

L'examen des courbes fait ressortir que pour l'influence de ce paramètre

- a) On observe alors pour :
- 1) une concentration de 40 mg/l, un temps de percée de 16mm - fig (14)
 - 2) une concentration de 20 mg/l, un temps de percée de 24mm - fig (14)
 - 3) une concentration de 10 mg/l, un temps de percée de 43mm - fig (14)
 - 4) une concentration de 5 mg/l, un temps de percée de 50mm - fig (14)

On remarque alors que pour de faibles concentrations, le temps de percée est grand, et si l'on augmente la concentration le temps de percée diminue.

TABLEAU 3

$C_i = 5 \text{ mg/l}$

t (mm)	Cs (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	ρ %
0	0	0	0	100
20	0,08	40	$3,63 \cdot 10^{-3}$	98,4
40	0,18	80	0,0031	96,4
60	0,31	120	0,010	93,8
80	0,48	160	0,013	90,4
100	0,72	200	0,015	85,6
110	0,84	220	0,016	83,2

TABLEAU 4

$C_i = 10 \text{ mg/l}$

t (mm)	Cs (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	ρ %
0	0	0	0	100
20	0,3	40	0,0076	97
40	0,42	80	0,014	95,8
60	1,14	120	0,019	88,6
80	1,8	160	0,024	82
100	3,19	200	0,025	68
130	3,72	240	0,030	62,8
150	4,98	300	0,027	50,2

TABLEAU 5

$C_i = 20 \text{ mg/l}$

t (mm)	C_s (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	F %
0	0	0	0	100
20	0,67	40	0,014	96,6
40	1,53	80	0,021	92,3
60	3,25	120	0,033	83,7
80	5,88	160	0,039	70,6
100	7,8	200	0,044	61
140	8,5	280	0,057	57,5
150	10,7	300	0,059	46,3
210	12,26	420	0,059	38,7
230	13,37	460	0,056	33,15
280	14,9	560	0,052	25,5

TABLEAU 6

$C_i = 40 \text{ mg/l}$

t (mm)	C_s (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	F %
0	0	0	0	100
20	2,86	40	0,027	92,8
40	15,24	80	0,036	61,9
60	20,7	120	0,042	48,2
80	27,4	160	0,048	31,5
90	28,9	180	0,050	27,5
100	29,5	200	0,058	26,3
180	30,4	360	0,063	24
230	30,5	460	0,080	23,75
280	30,7	560	0,096	23,2
310	30,8	620	0,105	20

Fig. (14)

C_s (mg/l)

30

20

10

0

Influence de la concentration à l'entrée sur
l'élimination du colorant Fig. (14)
 $C_s = f(t)$

Hauteur du lit	H = 19 cm
Masse de charbon	m = 54,22 g
Vitesse de passage	V = 0,025 cm s ⁻¹
Température ambiante	T = 16°C

$C_i = 40$ mg/l

$C_i = 20$ mg/l

$C_i = 10$ mg/l

$C_i = 5$ mg/l

16' 24' 43' 55' 1h

2h

3h

4h

5h

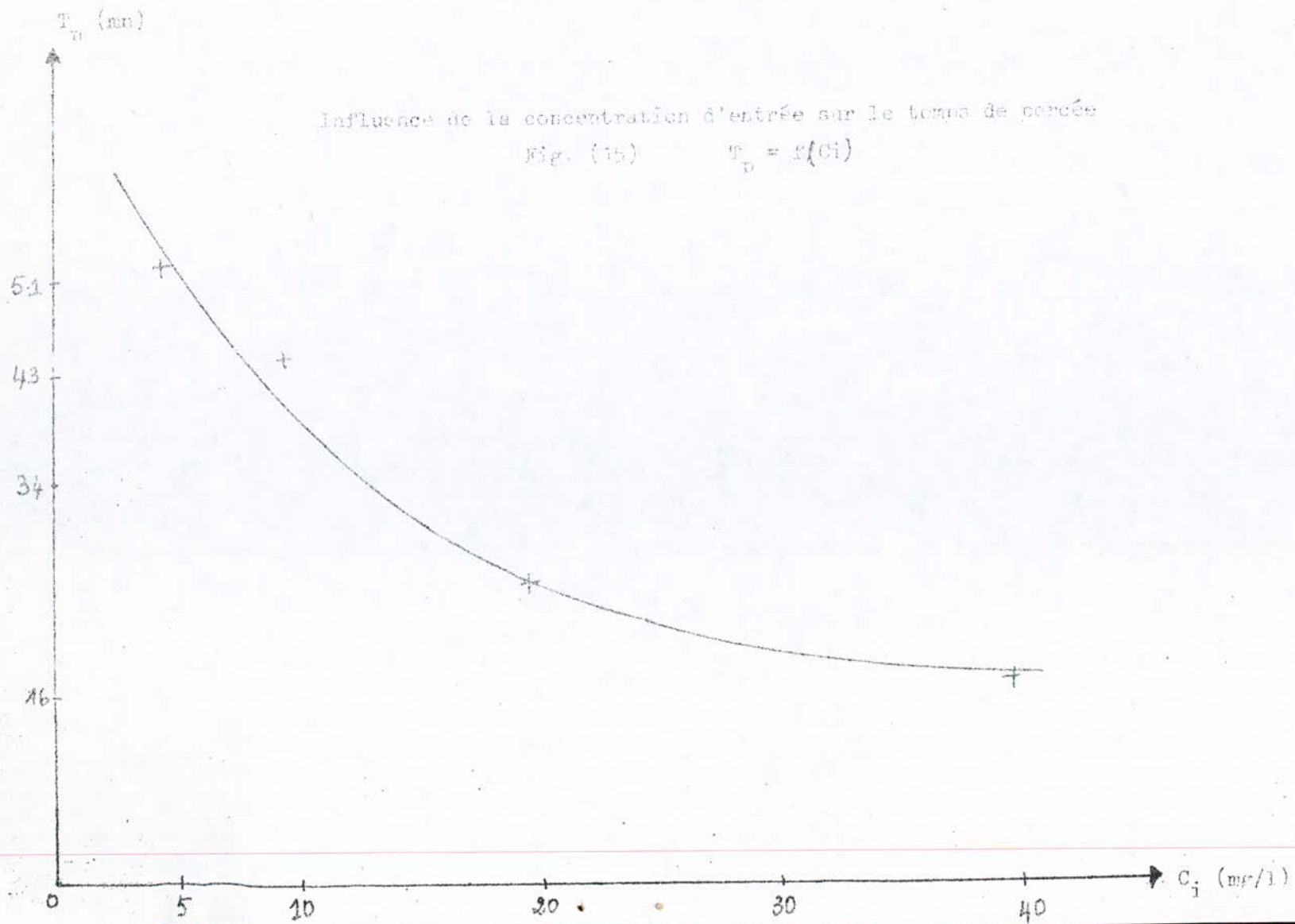
6h

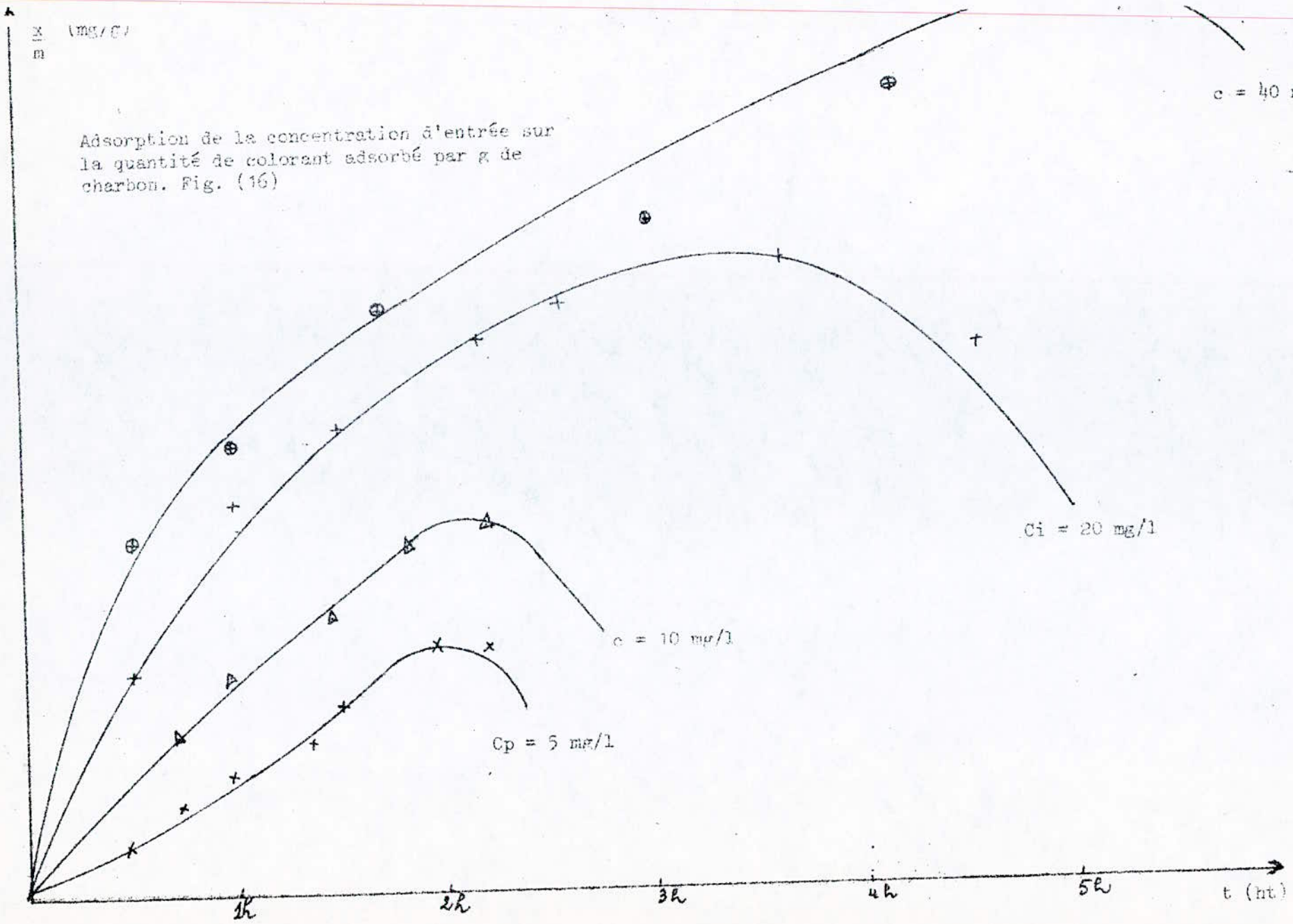
7h

8h

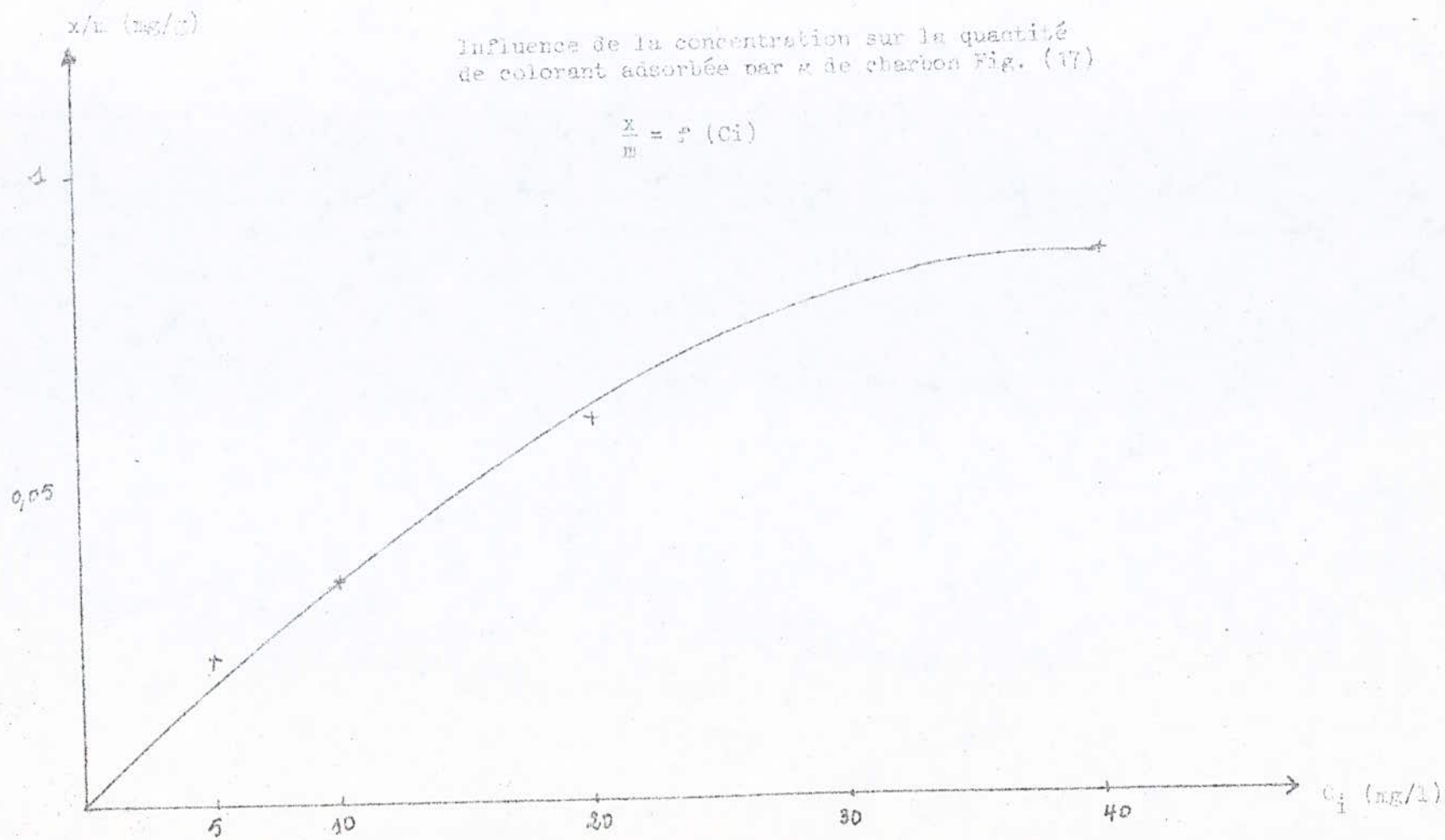
9h







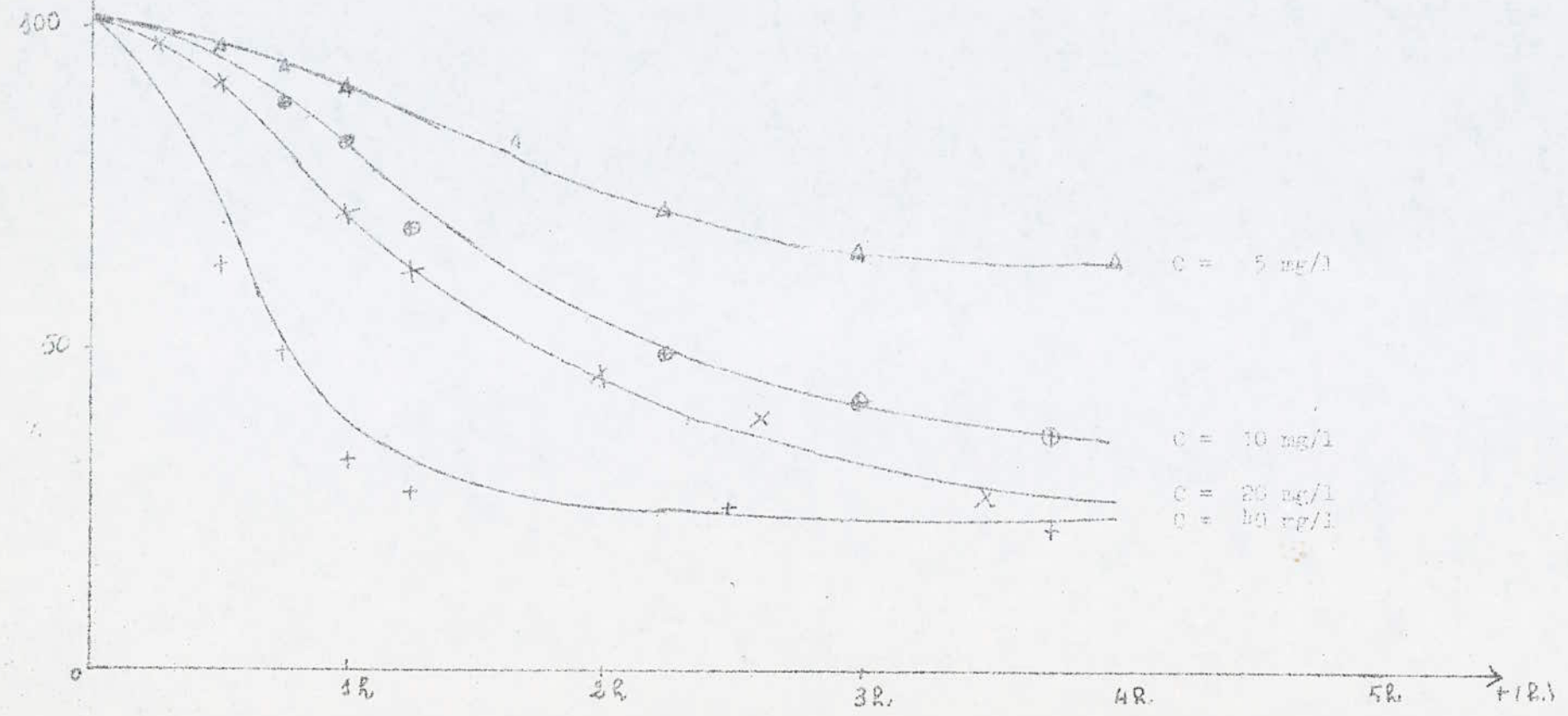
Adsorption de la concentration d'entrée sur la quantité de colorant adsorbé par g de charbon. Fig. (16)

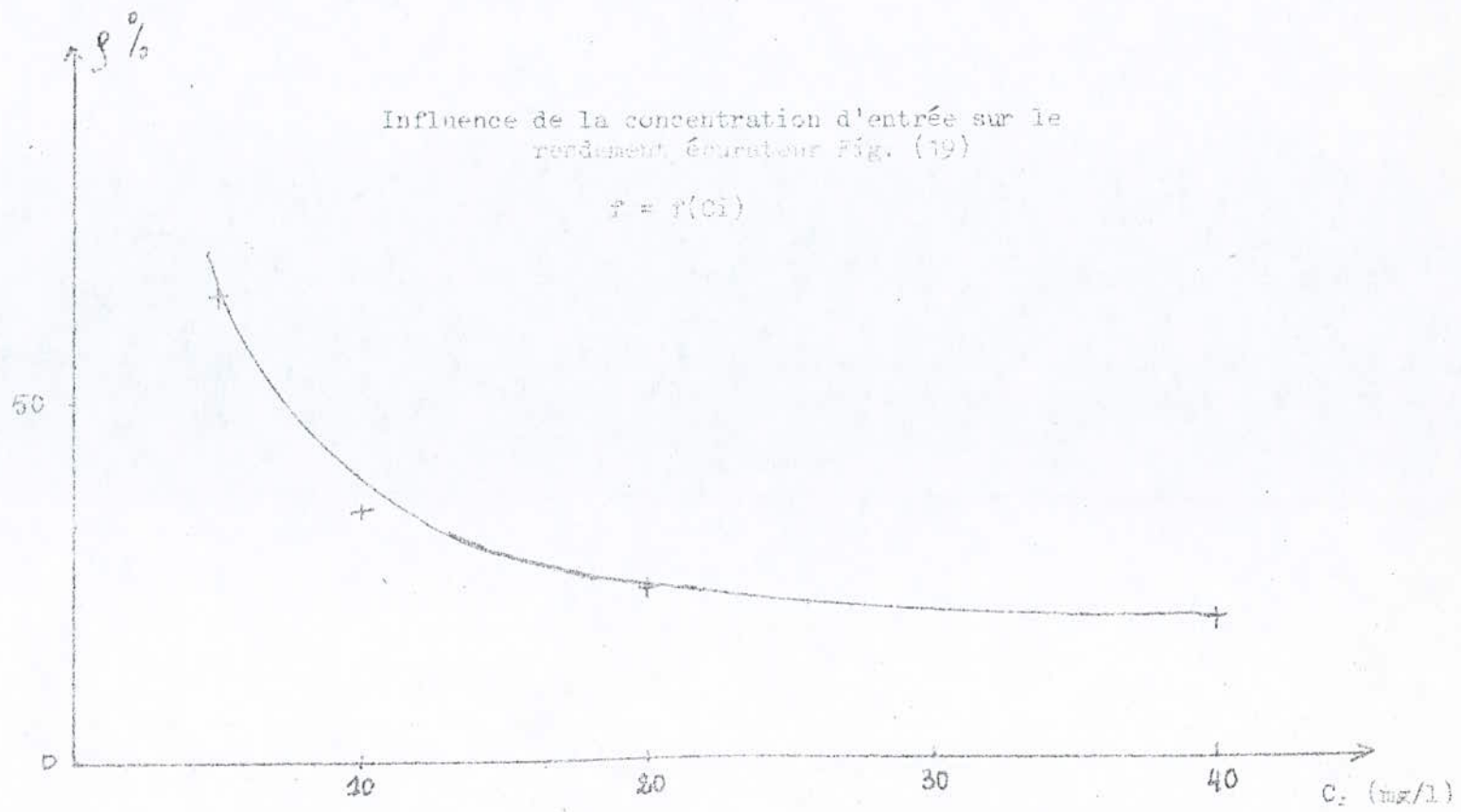


$\beta\%$

Influence de la concentration d'entrée sur le rendement
Écarteur Fig. (18)

$$\beta = f(t)$$





I - INFLUENCE DE LA CONCENTRATION -

Après percolation de la solution à traiter à travers la couche de charbon active, celle-ci sort complètement décolorée, mais quelques mm après, la coloration commence à apparaître, ce qui correspond au temps de rupture obtenu pour une concentration percée $C_p = 0,05 C_i$.

1 - Influence de la concentration sur le temps de percée Fig. (15)

A partir des résultats obtenus pour la fig. (14), nous avons tracé la courbe donnant l'influence de la concentration (C_i) à l'entrée sur le temps de percée (t_p).

Les résultats sont résumés, dans le tableau suivant :

C_i (mg/l)	5	10	20	40
t_p (mn)	51	43	34	16
C_p (mg/l)	0,25	0,5	1	2

Discussion :

L'augmentation de la concentration entraîne l'augmentation de la masse en soluté pour une même hauteur de charbon, donc il y a un remplissage rapide des pores, d'où une diminution du temps de percée.

On remarque que le temps de percée est assez faible. Ceci s'explique, par le fait que notre colorant est constitué de grandes molécules, qui sont beaucoup mieux adsorbées que les petites molécules (25).

2 - Influence de la concentration sur la quantité de colorant adsorbée par g de charbon :

La figure 17 montre que plus la concentration initiale du soluté est grande plus le taux d'adsorption est grand (21) Fig (17).

En considérant l'influence de la concentration d'entrée, sur l'élimination du colorant fig. (16) nous avons obtenu les résultats suivants :

C_i (mg/l)	5	10	20	40
$\frac{x}{m}$ optimum	0,0235	0,035	0,06	0,035

à partir d'une concentration supérieure à 40 ng/l la quantité adsorbée ne variera pas beaucoup, car les pores du charbon sont presque tous chargés et la fixation est au maximum.

3 - Influence de la concentration initiale sur le rendement d'épuration

Le rendement d'épuration diminue avec l'augmentation de la concentration fig. (19)

Ci	5	10	20	40
ξ %	63	35	24	20

Ces résultats ont été tirés de la courbe fig. (18) représentant le rendement d'épuration en fonction du temps après une durée de fonctionnement du filtre de 4 heures correspondant à un temps optimum.

II - INFLUENCE DE LA VITESSE D'ÉCOULEMENT DE LA SOLUTION A TRAITER -

La vitesse d'écoulement, guide les phénomènes d'adsorption et intervient aussi sur le dimensionnement des filtres de charbon actif.

Mais à l'échelle industrielle on tente au maximum de travailler à de grandes vitesses, tout en respectant les normes de rejets.

1 - Influence de la vitesse sur l'adsorption : Fig. (20)

L'augmentation de la vitesse, entraîne une diminution de l'adsorption du fait qu'une vitesse rapide amène une plus grande quantité de soluté, d'où une saturation rapide du charbon et un temps de contact moindre.

Par exemple après une percolation de 2 h :

V (cm.s ⁻¹)	0,05	0,075	0,1
C _s (mg/l)	29	33,4	38

Ces résultats sont déduits de la fig. (20) représentant l'influence de la vitesse de passage sur la concentration à la sortie.

2 - Influence de la vitesse de passage sur la quantité de colorant adsorbée par g de charbon : fig. (24)

Nos résultats expérimentaux confirment la théorie : une augmentation du débit accélère l'élévation de la température de l'adsorbant et conduit à une rupture plus rapide donc à une diminution de la capacité de chargement (19)

V (cm s ⁻¹)	0,05	0,075	0,1
$\frac{x}{m}$ opt (mg/g)	0,054	0,174	0,242

INFLUENCE DE LA VITESSE DE PASSAGE SUR L'ADSORPTION

- La colonne utilisée est une burette de diamètre 13mm et le choix des trois vitesses est relatif au matériel utilisé.

TABLÉAU 18

Cc = 38 mg/l

Hauteur du lit = 15 cm

masse du lit = 19,9 g

débit = 4 ml mn⁻¹

Vp = 0,05 cm s⁻¹

T = 16 ° c

t (mn)	Cs (mg/l)	V (ml)	x/m(mg/g)	%
0	0	0	0	100 %
5	3,41	20	0,034	91,02
10	8,64	40	0,059	77,26
20	10,35	80	0,111	72,76
40	18,2	160	0,159	52,10
60	22,6	240	0,185	40,52
80	25,6	320	0,19	32,83
100	28,2	400	0,196	25,7
120	29,8	480	0,197	21,6
140	30,6	560	0,208	19,5
160	31,2	640	0,218	17,9
180	31,8	720	0,224	16,3
200	32	800	0,234	15,8
220	32,6	880	0,238	14,2
240	33	960	0,241	13,15
260	33,4	1040	0,242	12,1
280	33,6	1120	0,241	11,6
300	34	1200	0,241	10,5

TABLEAU 9

Résultats obtenus pour

$C_c = 38 \text{ mg/l}$

Hauteur du lit = 15 cm

masse du lit = 19,9 g

débit = 6 ml mn^{-1}

$V_p = 0,075 \text{ cm s}^{-1}$

$T = 16 \text{ }^\circ\text{c}$

t (mn)	Cs (mg/l)	v (ml)	x/m (mg/g)	D %
0	0	0	0	100
5	19,30	30	0,028	49,2
10	22,11	60	0,048	41,8
20	26,6	120	0,068	30
40	28,8	240	0,111	24,2
60	30,2	360	0,141	20,5
80	31,2	480	0,154	17,9
100	32	600	0,164	15,8
120	33,1	720	0,177	12,9
140	33,8	840	0,177	11,0
160	34,4	960	0,173	9,5
180	35	1080	0,163	7,9
200	35,2	1200	0,162	7,4
220	35,4	1320	0,157	6,8
240	35,6	1440	0,156	6,3
260	36	1560	0,154	5,2
280	36,2	1680	0,152	4,7
300	36,4	1800	0,144	4,2

TABLEAU 10

Résultats obtenus pour

Cc = 38 mg/l

Hauteur du lit = 15 cm

masse du lit = 19,9 g

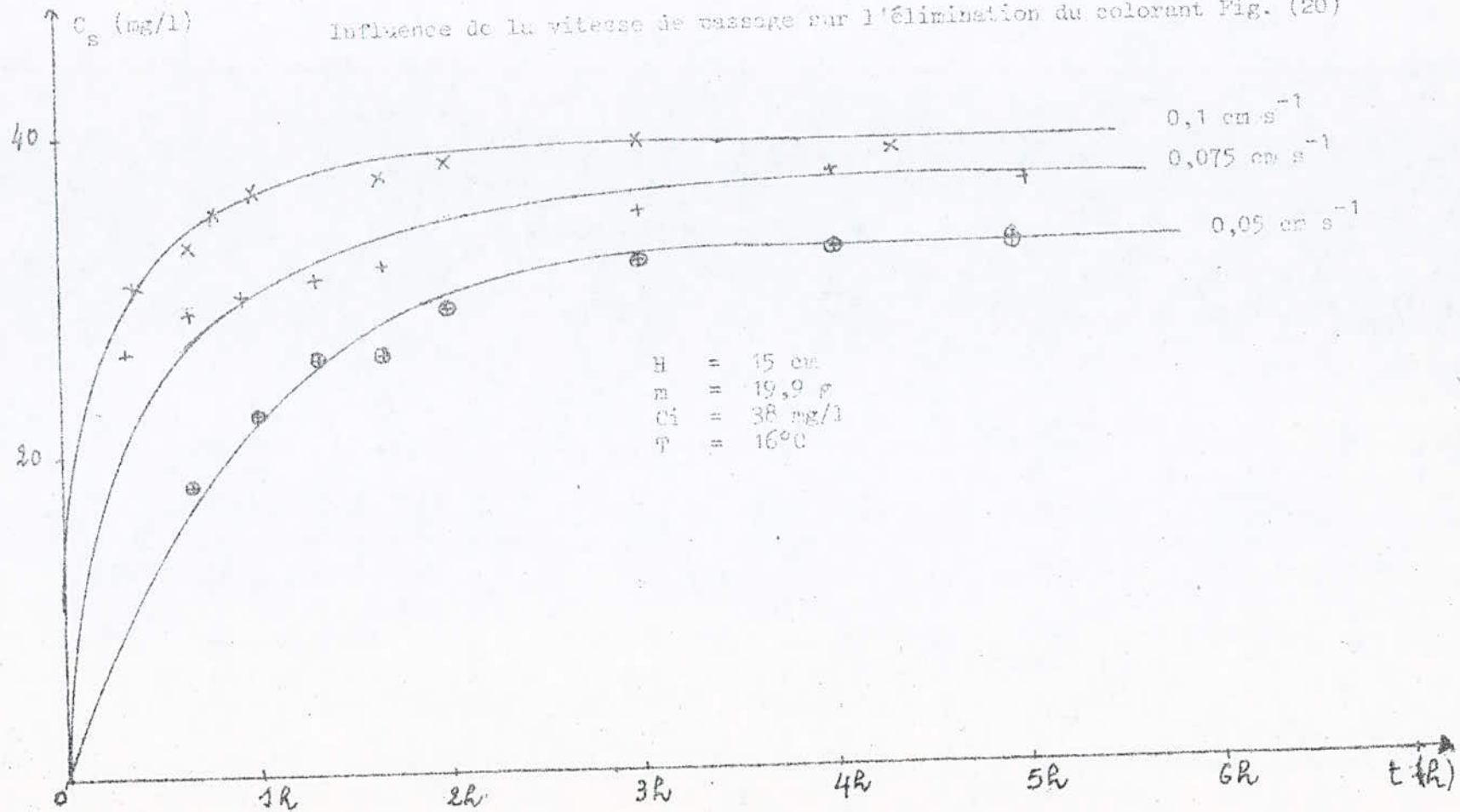
débit = 8 ml mn⁻¹

T = 16°C

Vp = 0,1 cm.s⁻¹

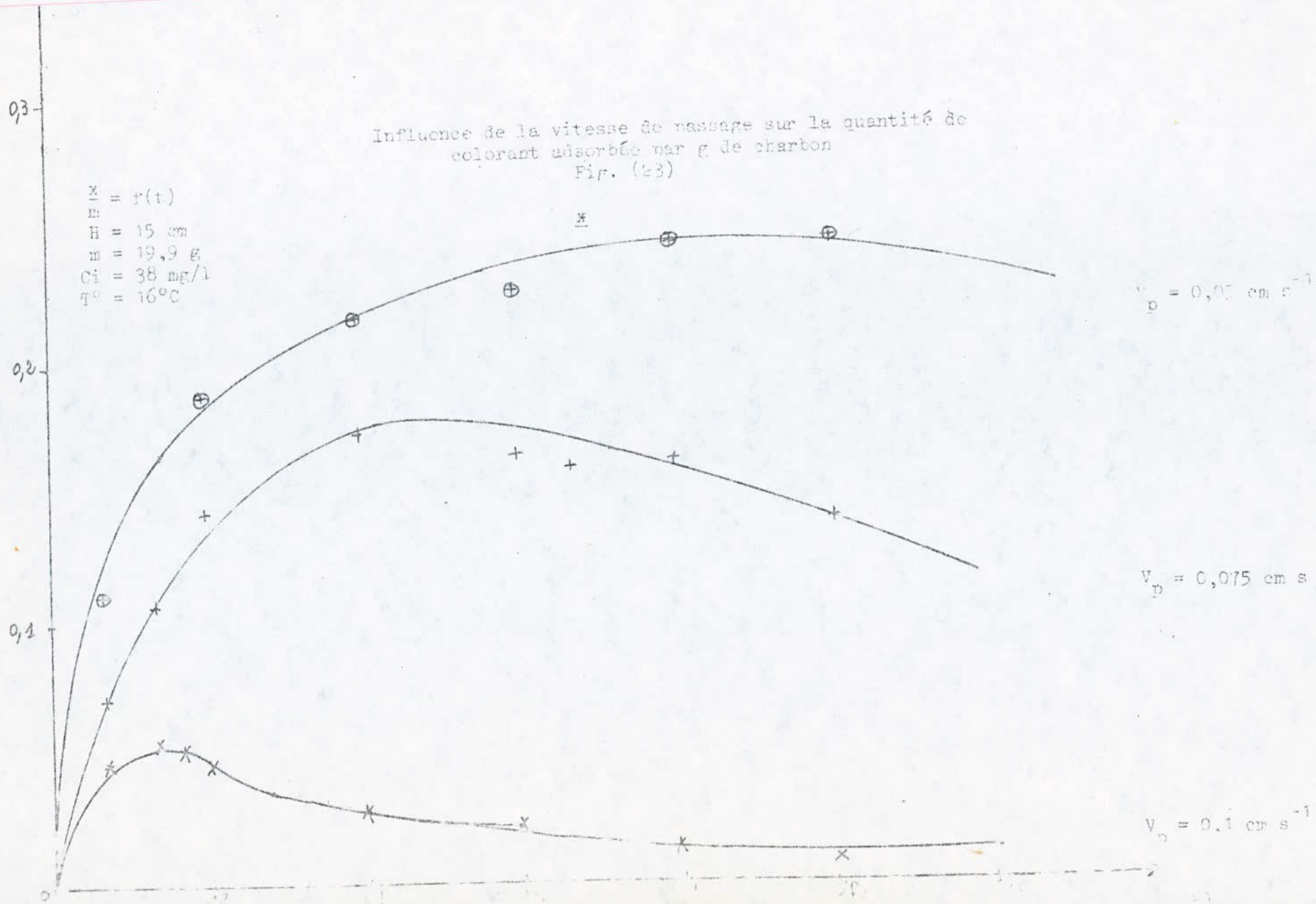
t (mn)	Cs (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	g %
0	0	0	0	100
5	17,4	40	0,041	54,1
10	26,5	80	0,045	30,2
20	32,2	160	0,0466	15,2
30	33,4	240	0,055	12,1
40	34,6	320	0,054	8,9
50	35,4	400	0,053	6,8
60	36,2	480	0,052	4,7
70	36,4	560	0,045	4,2
80	36,6	640	0,0434	3,7
90	36,8	720	0,0433	3,15
100	37,4	800	0,0430	1,5
120	37,8	960	0,024	0,5
140	37,9	1120	0,0219	0,5

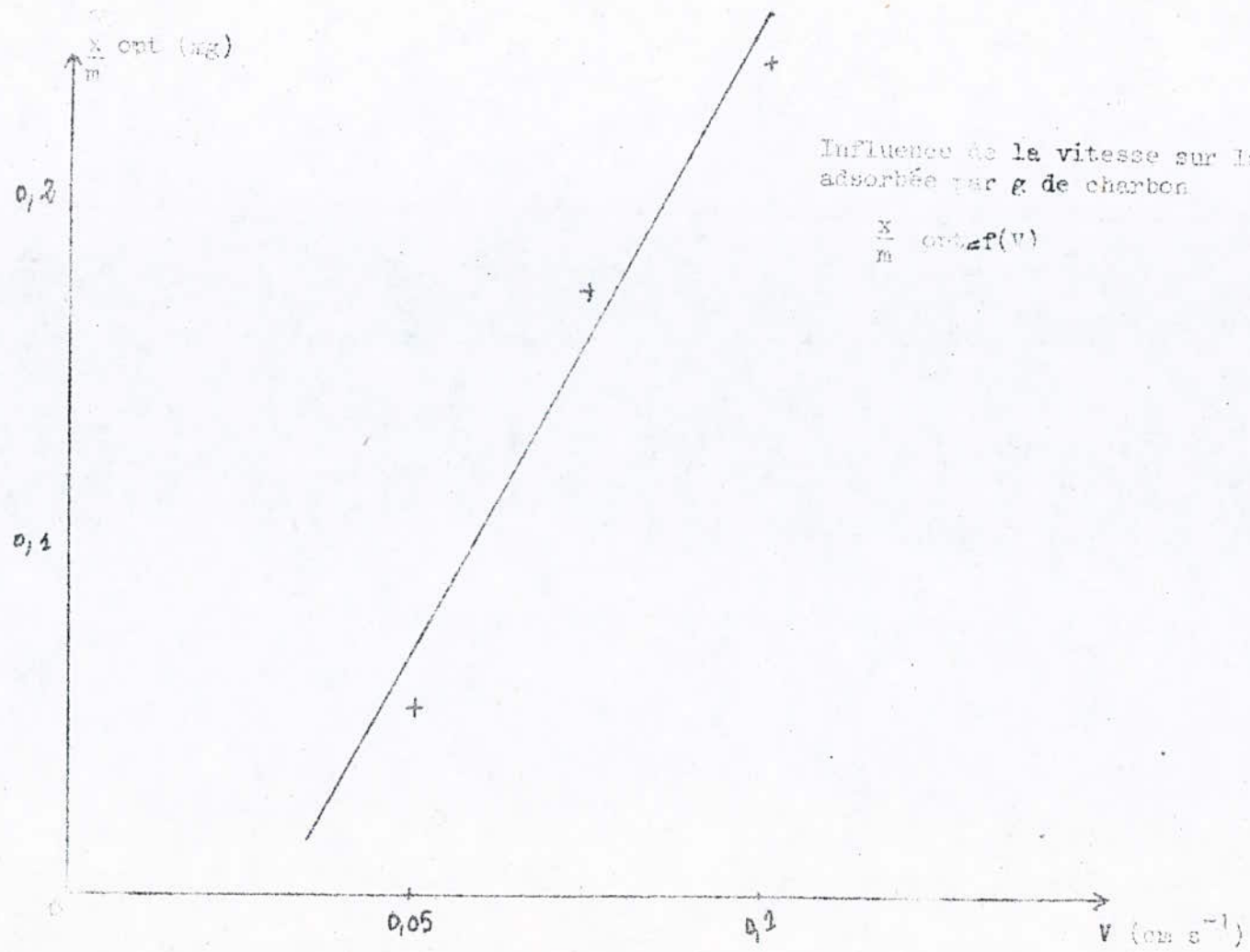
Influence de la vitesse de passage sur l'élimination du colorant Fig. (20)

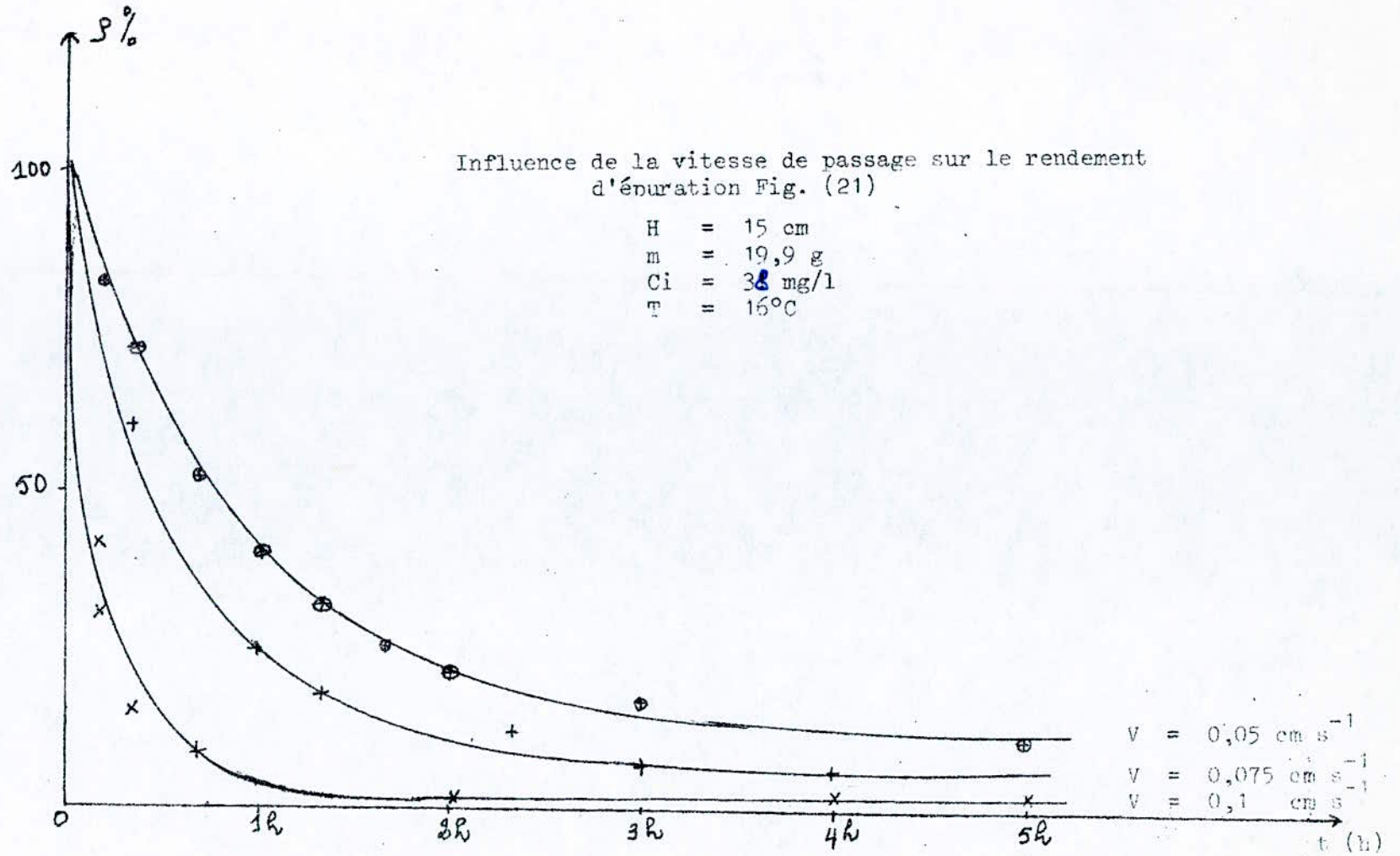


Influence de la vitesse de passage sur la quantité de colorant adsorbée par g de charbon
 Fig. (23)

$\Sigma = r(t)$
 $m = 15$ cm
 $m = 19,9$ g
 $C_i = 38$ mg/l
 $T^\circ = 16^\circ\text{C}$

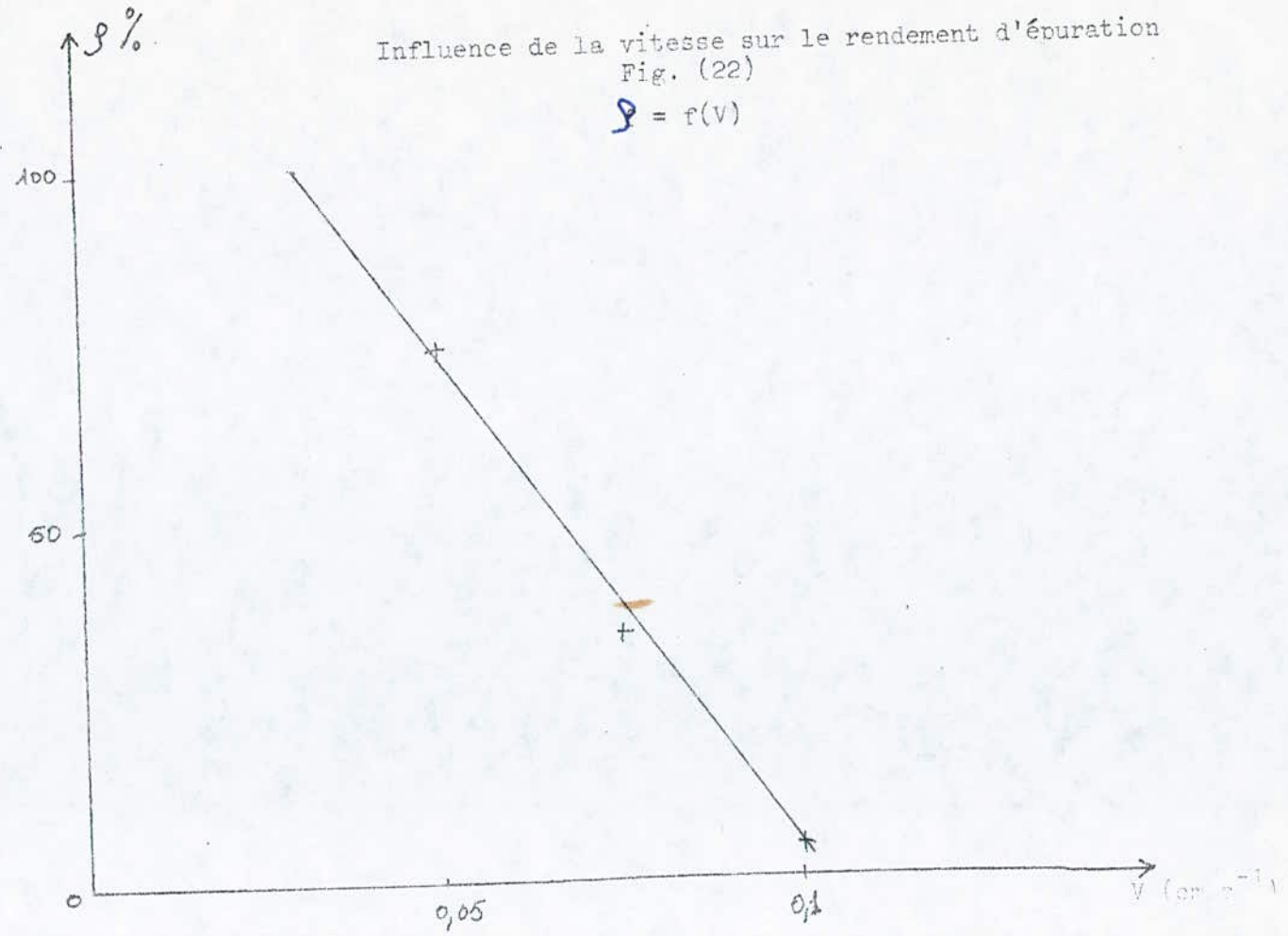






Influence de la vitesse sur le rendement d'épuration
Fig. (22)

$$\rho = f(v)$$



3 - Influence de la vitesse de passage sur le rendement
épuratoire :

Le rendement épuratoire augmente avec la diminution de la
vitesse du fait qu'une faible vitesse permet une plus grande fixation
de molécules sur les sites actifs.

Nous trouvons pour une même concentration initiale
 $C_i = 38 \text{ mg/l}$ et une même hauteur $H = 15 \text{ cm}$

V (cm s^{-1})	0,05	0,075	0,1
Φ (%)	15	7	1

Ces résultats ont été tirés de la courbe fig. (22)
représentant l'influence de la vitesse de passage sur le rendement
d'épuration.

III - INFLUENCE DE LA HAUTEUR DE CHARBON ACTIF SUR L'ELIMINATION DU COLORANT -

La colonne expérimentale est une burette de 13 mm de diamètre.

La hauteur active sera de 10, 19, 30 et 40 cm.

Nous nous sommes fixés pour but, dans cette partie, d'étudier pour une :

- . vitesse de passage $V_p = 0,025 \text{ cm s}^{-1}$
- . concentration initiale $C_i = 10 \text{ mg/l}$
- . une température ambiante $T = 16^\circ\text{C}$

L'influence de la hauteur du lit sur :

- 1) La concentration de sortie de l'effluent fig. (25)
- 2) Le temps de percée fig. (26)
- 3) La quantité adsorbée par g de charbon actif fig. (27)
- 4) Le rendement d'épuration fig. (29)

III.1 - Influence de la hauteur active sur la concentration de sortie :

Conformément à la Théorie (3) énonçant que plus un lit est profond, plus il tolère des fronts d'adsorption allongés, sans fuite excessive tout en assurant une parfaite saturation de la couche supérieure fig. (25).

La courbe fig. (26) montre que plus la hauteur est importante plus est longue la durée du filtre, ceci est dû au fait que pour une concentration fixée à 38 mg/l et une vitesse de passage égale à $0,025 \text{ cm s}^{-1}$, en augmentant la hauteur active, on augmente par la même occasion la masse du charbon et par conséquent la surface de contact et le nombre de pores se trouvant sur celle-ci d'où une élimination rapide du colorant.

III.2 - Influence de la hauteur active sur le temps de percée :

Nous avons déduit le temps de percée correspondant à chaque hauteur d'après la fig. (26).

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau La fig. (22) montre que le temps de percée augmente d'une façon linéaire avec l'augmentation de la hauteur.

Cette courbe est régie par l'équation suivante :

$$t_p = 3,85 H - 32$$

t_p : temps de percée (mn)
 H : hauteur du lit en cm

TABLEAU 11

Hauteur du lit H = 10 cm
 masse du lit m = 28,52 g

t (mn)	Cs (mg/l)	V (ml)	y/m (mg/g)	g %
0	0	0	0	100
10	0,31	20	0,0068	96,8
20	0,87	40	0,013	91,2
40	1,87	80	0,023	81,2
60	2,18	120	0,033	78,1
70	2,81	140	0,035	71,9
90	3,68	180	0,038	63,12
140	4,43	280	0,054	55,62
160	4,81	320	0,058	51,8
180	5,18	360	0,06	48,1
275	5,43	550	0,068	35,6
300	6,62	600	0,071	33,8
360	7	720	0,075	30
420	7,18	840	0,083	28,2

TABLEAU 12

Hauteur du lit H = 19 cm

masse du lit m = 54,22 g

t (mn)	Cs (mg/L)	V (ml)	x/m (mg/g)	%
0	0	0	0,0036	100
10	0,24	20	0,0071	97,6
20	0,3	40	0,010	97,4
30	0,36	60	0,014	96,4
40	0,42	80	0,016	95,8
50	0,84	100	0,019	91,6
60	1,14	120	0,021	88,6
70	1,62	140	0,024	83,8
80	1,8	160	0,023	82
90	3,07	180	0,025	69,3
100	3,2	200	0,026	68,1
110	3,5	220	0,030	65,1
130	3,72	260	0,032	62,8
140	3,8	280	0,033	62
150	4	300	0,036	60
170	4,2	400		58

TABLEAU 13

Hauteur du lit H = 30 cm
masse du lit m = 99,55 g

t (mn)	Cs (mg/l)	x/m (mg/g)	v (ml)	%
0	0	0	0	100
70	0,143	0,013	140	98,57
90	0,33	0,017	180	96,7
125	0,66	0,023	250	93,4
170	0,76	0,031	340	92,4
215	1,09	0,040	450	89
245	1,19	0,043	490	88,1
270	1,33	0,047	540	86,7
365	1,57	0,053	630	84,3
390	1,6	0,065	780	84

TABLEAU 14

Hauteur du lit H = 40 cm

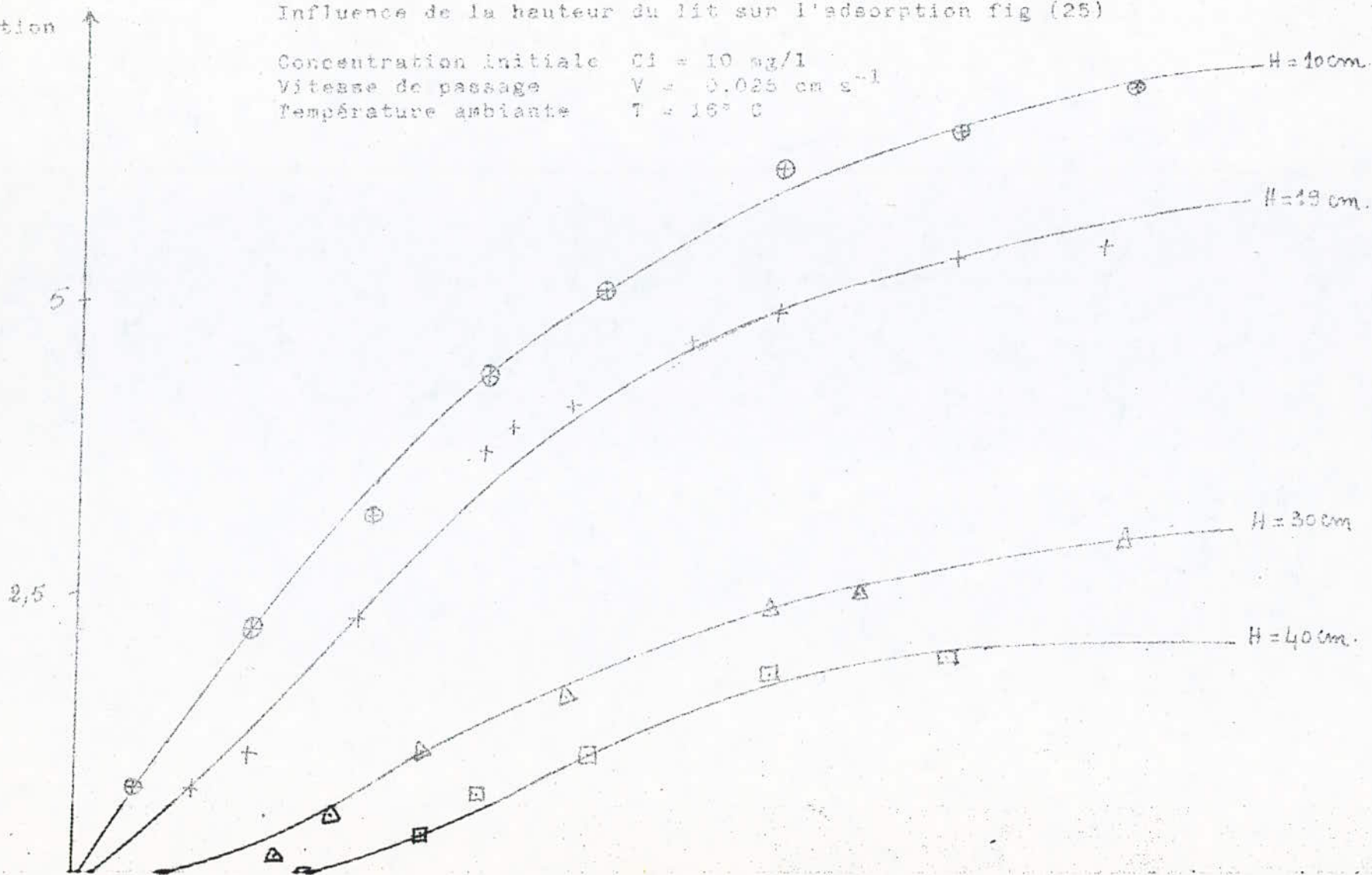
masse du lit m = 114,14 g

t (mn)	Cs (mg/l)	V (ml)	x/m (mg/g)	θ %
0	0	0	0	100
50	0,03	100	0,013	99,7
80	0,05	160	0,014	99,5
110	0,18	220	0,018	98,2
120	0,53	240	0,019	94,7
130	0,65	260	0,021	93,5
140	0,82	280	0,022	92,8
150	0,89	300	0,024	91,1
160	1,02	320	0,028	89,8
170	1,08	340	0,026	89,2
180	1,14	360	0,027	88,6
240	1,17	480	0,033	88,4
300	1,2	600	0,041	88
330	1,3	660	0,043	87

Influence de la hauteur du lit sur l'adsorption fig (25)

Concentration initiale $C_i = 10 \text{ mg/l}$
Vitesse de passage $V = 0.025 \text{ cm s}^{-1}$
Température ambiante $T = 15^\circ \text{ C}$

Concentration de sortie
mg/l



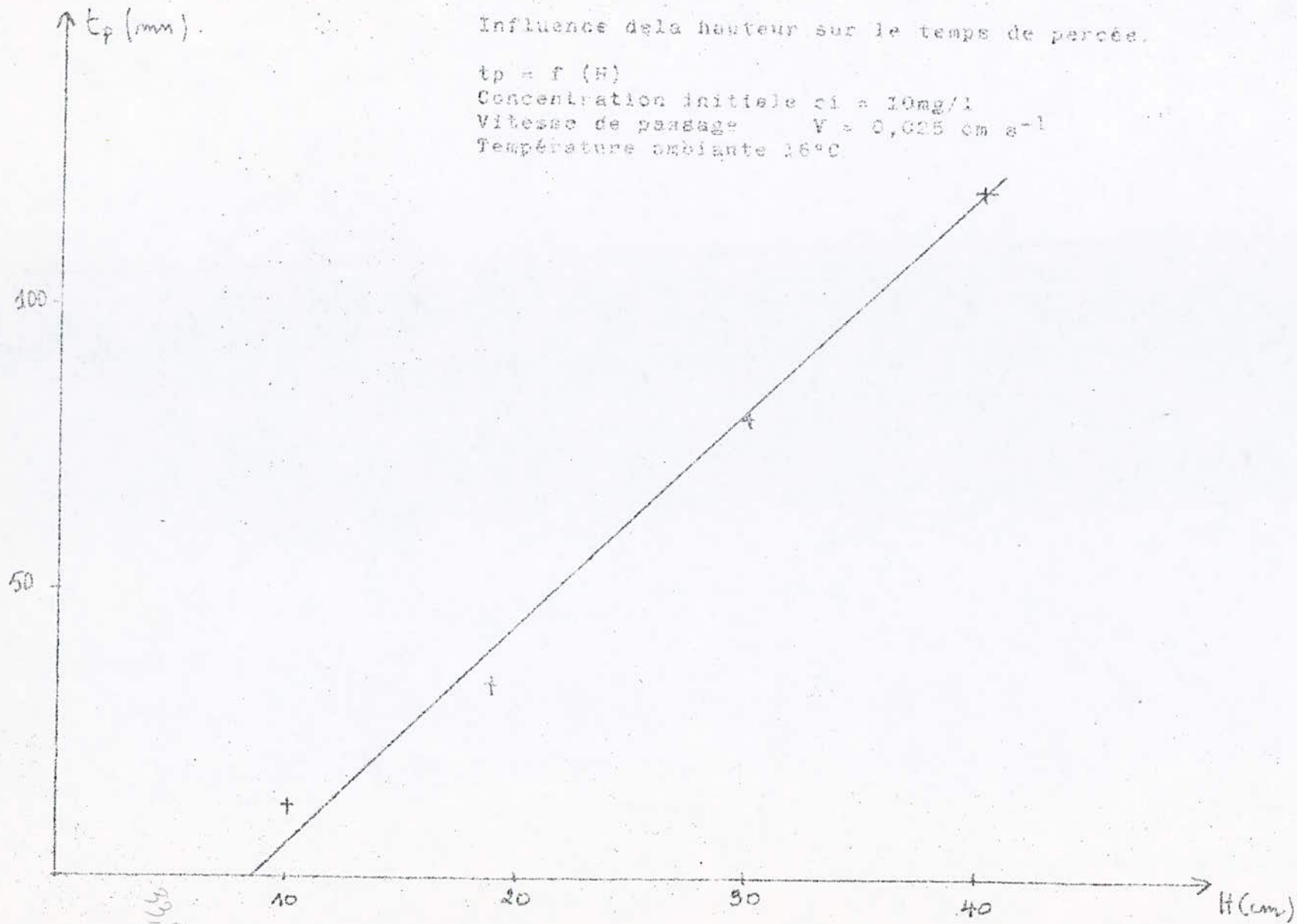
Influence de la hauteur sur le temps de percée.

$t_p = f(H)$

Concentration initiale $c_i = 10 \text{ mg/l}$

Vitesse de passage $V = 0,025 \text{ cm s}^{-1}$

Température ambiante 16°C



50
100
150
200
250
300

Influence de la hauteur du lit sur la quantité
adsorbée/g de charbon fig (27)

Concentration à l'entrée $C_i = 10 \text{ mg/l}$
vitesse de passage $V = 0,025 \text{ cm s}^{-1}$
température ambiante $T = 18^\circ\text{C}$

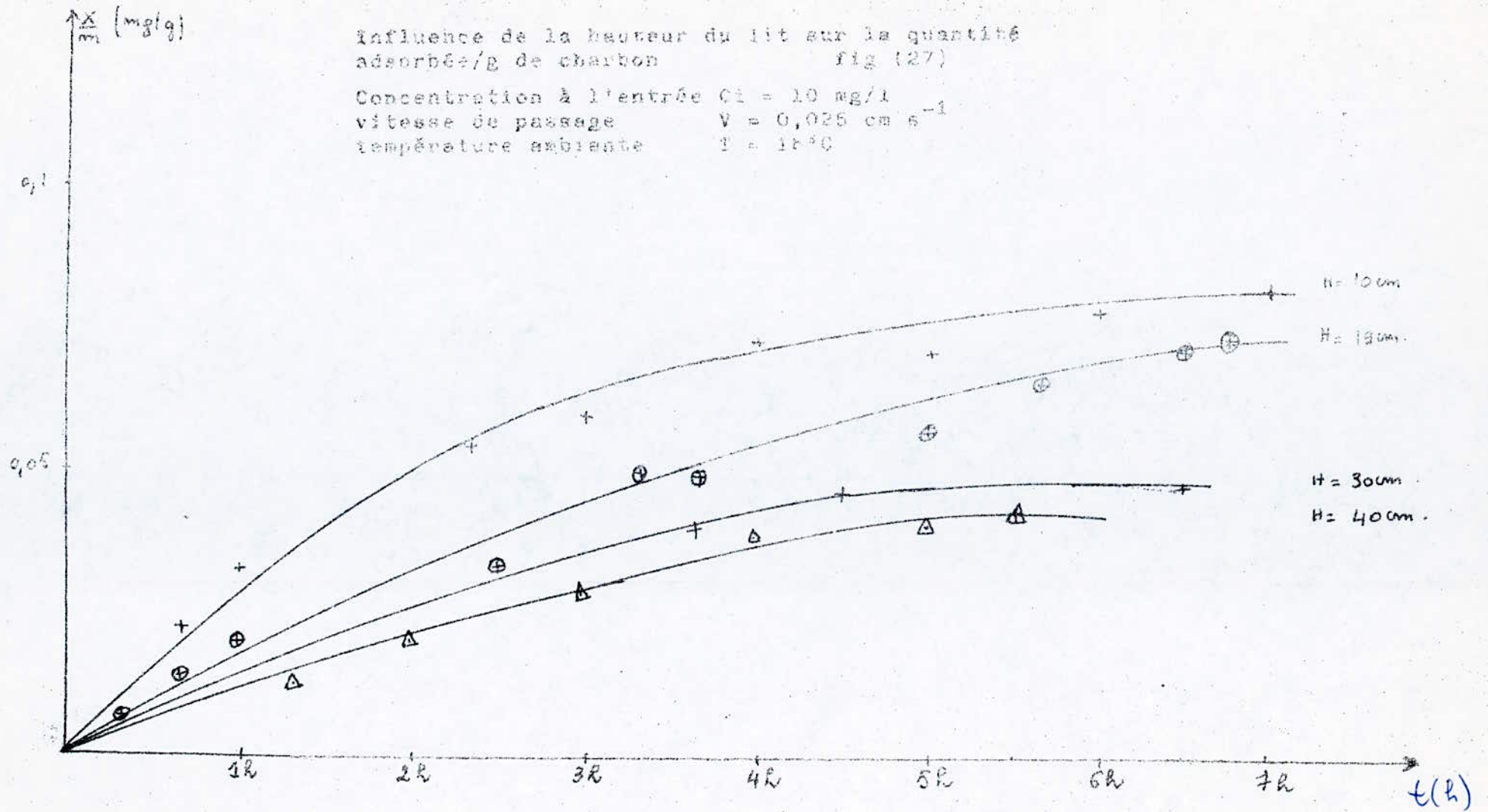
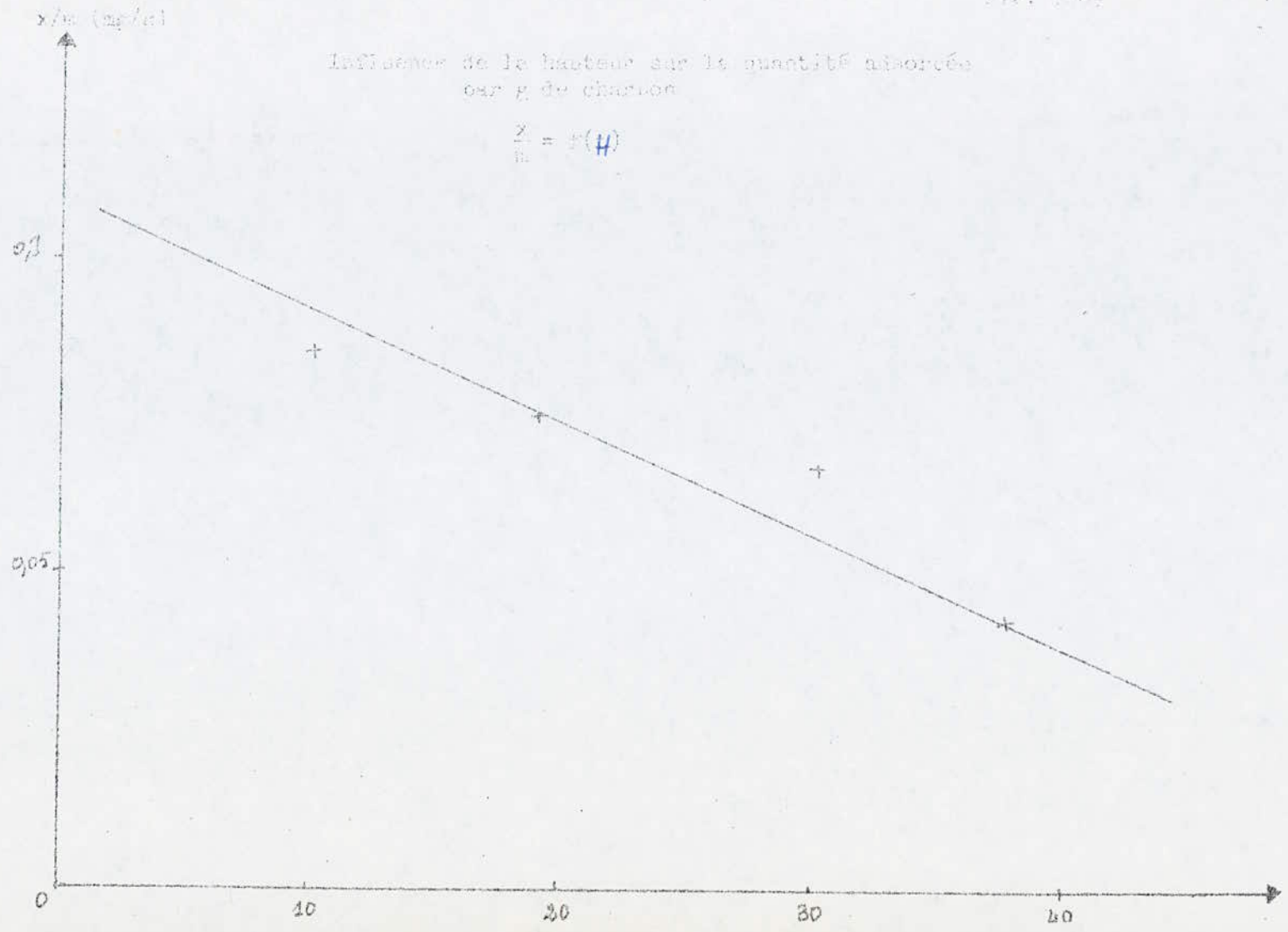
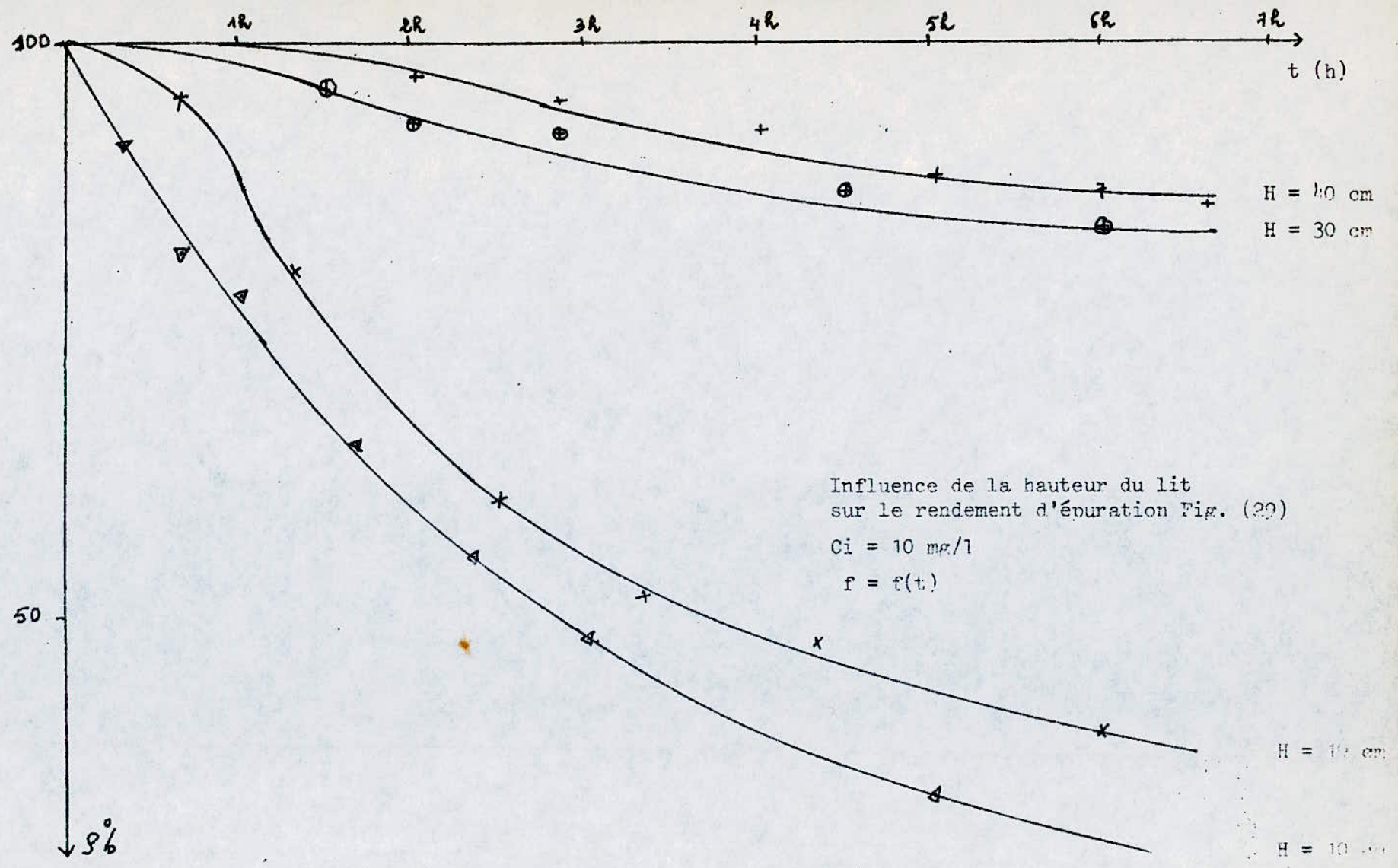


Fig. (15)

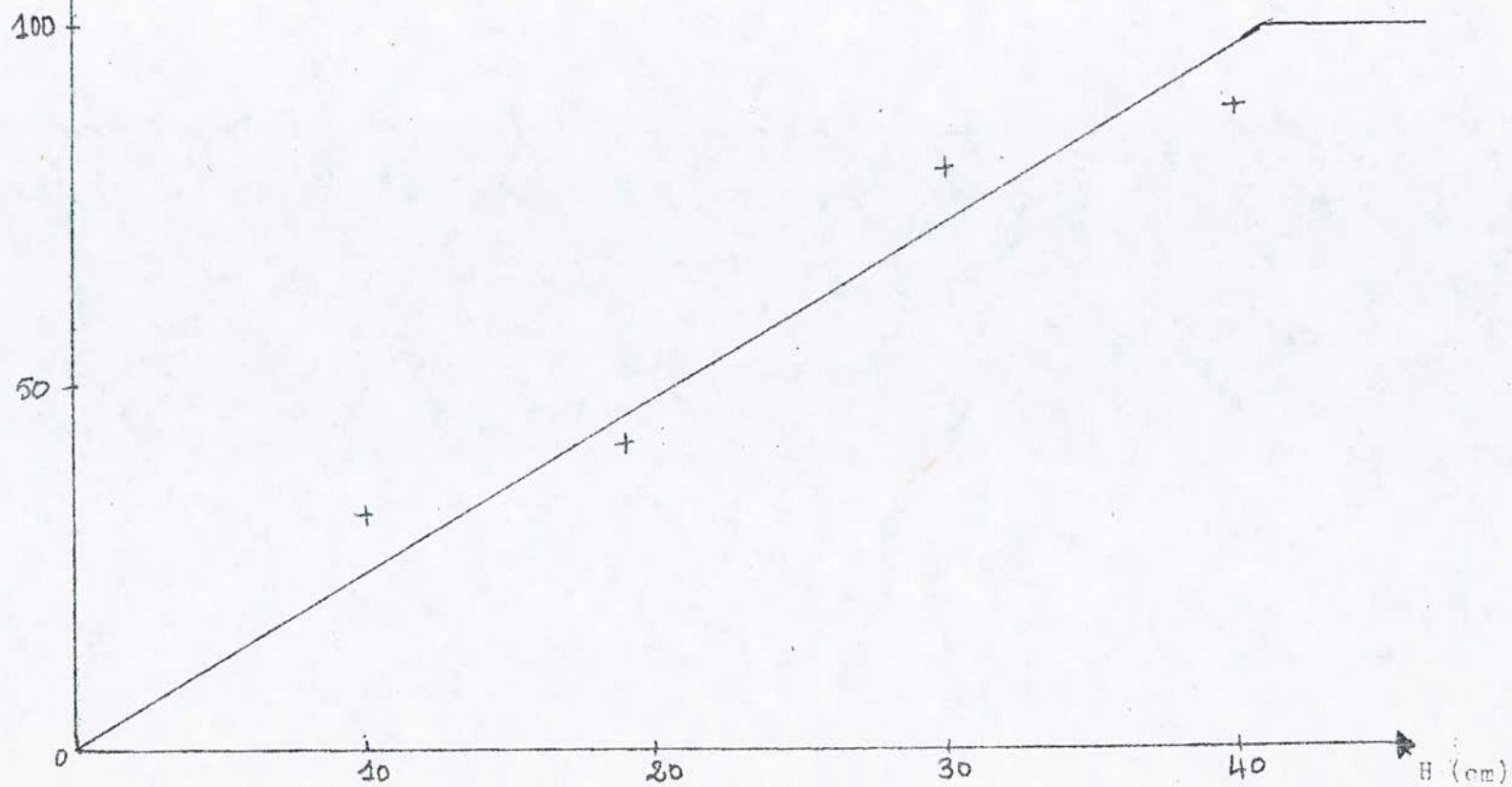




Influence de la hauteur sur le rendement d'épurateur

Fig. (30)

$r = f(H)$



III.3 - Influence de la hauteur sur la quantité adsorbée de colorant par g de charbon (x/m) :

D'après les fig. (27, 28) la plus grande quantité de colorant adsorbée est obtenue pour la plus petite hauteur.

La courbe $\frac{x}{m} \text{ max} = f(H)$ montre que la quantité maximum adsorbée par gramme de charbon diminue d'une façon linéaire avec la croissance de la hauteur, on obtient une droite qui suit la relation suivante :

$$\frac{x}{m} \text{ max} = f(H)$$

$$\frac{x}{m} \text{ max} = -1,38 \cdot 10^{-3} H + 0,11$$

III.4 - influence de la hauteur active sur le rendement d'épuration :

Le meilleur rendement d'épuration est obtenu pour la plus grande hauteur fig. (29).

Nous avons tracé la courbe donnant le rendement d'épuration en fonction de la hauteur H : $\rho\% = f(H)$ fig. (30) le rendement d'épuration augmente avec la croissance de la hauteur et pour une hauteur de 41,66 cm la saturation atteinte est :

$$\rho\% = 2,4 H \quad H : \text{hauteur (m)}$$

Résultats de l'influence de la hauteur active sur :

- 1 - le temps de percée : t_p
- 2 - la quantité maximum de colorant adsorbée par g de charbon x/m
- 3 - le rendement d'épuration : $\rho\%$

Tableau

H (cm)	10	19	30	40
t_p (mn)	12	33	80	120
$\frac{x}{m} \text{ max}$ (mg/g)	0,085	0,075	0,067	0,043
$\rho\%$	34	44	85,5	89

Conclusion : à partir de cette relation

$$\rho = f(H) \quad \rho(\%) = 2,4 H$$

H : hauteur active (m)

on peut fixer la hauteur H pour un rendement d'épuration ($\rho\%$) donné.

IV - CALCUL DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT D'UNE COLONNE DE CHARBON -

Dans ce chapitre, nous nous sommes proposés de calculer la durée de fonctionnement d'une colonne de charbon actif.

IV.1 - Vérifier la loi de Bohart-Adams qui donne la durée de vie d'un filtre :

$$t = \frac{N_0}{C_0 V} \times \frac{1}{K C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_s} - 1 \right)$$

- No : efficacité d'adsorption (g/m³) de charbon
- V : vitesse du fluide (m/h)
- K : constante (m³/g.h)
- X : hauteur du lit en m
- C₀ : concentration à l'entrée (mg/l)
- C_s : concentration à la sortie (mg/l)

IV.2 - Déterminer

- 1) la vitesse de déplacement de la zone d'adsorption
- 2) la profondeur critique
- 3) la consommation en charbon

En supposant que l'effluent rejette une concentration de sortie de 0,5 mg/l et dans les conditions suivantes :

- . une colonne de diamètre 13 mm
- . une concentration initiale C₀ = 10 mg/l
- . une vitesse de passage V_p = 0,025 cm s⁻¹

- 1) détermination de la vitesse de déplacement de la zone d'adsorption :

. Après avoir tracé la courbe donnant t_p = f(H) fig. (26)

ou t_p : est le temps de fonctionnement d'un filtre

H : la hauteur du filtre

. L'inverse de la vitesse de déplacement de la zone d'adsorption est donnée par la pente x

vitesse de déplacement $V = \frac{1}{x} = \frac{1}{6,453} = 0,155 \text{ m/h}$

2) Détermination de la profondeur critique :

. La profondeur critique ou profondeur minimale du lit est la hauteur nécessaire pour atteindre au temps zéro, le degré de qualité souhaité.

. Xc est donnée par l'intersection de la courbe avec l'axe des X au temps t = 0

Xc = 9 cm

2.a) Consommation en charbon :

En multipliant la vitesse de déplacement V, par la surface transversale du lit s et la densité apparente da du charbon on obtient la consommation en charbon C :

C = V.da.s = 10,08 g/h

C = 242 g/j

C = 88,3 kg/an

2.b) Détermination des coefficients No et K :

pour les conditions suivantes :

- 1) Concentration initiale Ci = 10 mg/l
- 2) Vitesse d'écoulement V = 0,025 cm s⁻¹
- 3) Diamètre de colonne ø = 13 mm

No/Co V est donnée par la pente de la droite tp = f(H) fig. (26)

L'efficacité d'adsorption No = 5,81 g/m³ de charbon.

La constante K est donnée par l'ordonnée à l'origine :

$\frac{1}{KCo} \ln \left(\frac{Ci}{Cs} - 1 \right)$

K = 0,49 m³/g.h

donc on pourra écrire la loi de Bohart-Adams

tp = 3,85 h - 32

tp : temps de percée (mn)

H : hauteur du lit (cm)

Vérification de la loi de Bohart-Adams :
pour une concentration initiale $C_i = 10 \text{ mg/l}$

H (cm)	10	19	30	40
Temps théorique (mn)	2,7	37,5	80,1	118,1
Temps expérimental (mn)	5	35	80	120

Conclusion :

Les résultats obtenus montrent une bonne correspondance entre les temps expérimentaux et ceux calculés par la formule de Bohart-Adams.

On remarque les faibles durées de vie des filtres, ceci s'explique par les fortes concentrations d'entrée en colorants et les faibles hauteurs actives qui comme nous l'avons vu précédemment interviennent dans les phénomènes d'adsorption.

5 - COMPARAISON ENTRE DEUX COLONNES DE DIAMETRE DIFFERENTS -

Dans le but d'étudier l'influence du diamètre sur l'adsorption du colorant par le charbon actif, nous avons utilisé deux colonnes de longueur 70 cm, et de diamètres respectifs $\phi = 2$ cm et $\phi_2 = 4$ cm.

L'étude expérimentale consiste en une percolation de la solution à traiter, sur une couche de charbon actif granulé, pour les conditions suivantes :

- masse de charbon : 60 g
- concentration initiale : 38,5 mg/l
- vitesse d'écoulement : 0,037 cm/s

On a tracé alors les courbes donnant l'influence du diamètre sur :

- 1) la concentration de sortie, fig. (3)
- 2) la quantité adsorbée par gramme de charbon fig. ()
- 3) le rendement d'épuration fig. (32)

Les résultats sont résumés dans le tableaux

Discussion :

Bien qu'avec l'augmentation du diamètre, il y a augmentation de la surface de contact, on trouve que pour la colonne de $\phi = 2$ cm la concentration à la sortie augmente moins rapidement que pour la colonne de diamètre 4 cm.

La quantité de colorant adsorbée par gramme de charbon est plus grande pour la colonne de diamètre 2 cm et donc le rendement épuratoire est meilleur.

Ceci s'explique par le fait que pour une même masse de charbon dans les deux colonnes, la hauteur devient plus grande pour la colonne de faible diamètre et donc le temps de contact est plus grand.

INFLUENCE DU DIAMETRE

$\emptyset = 2 \text{ cm}$

TABLEAU 15

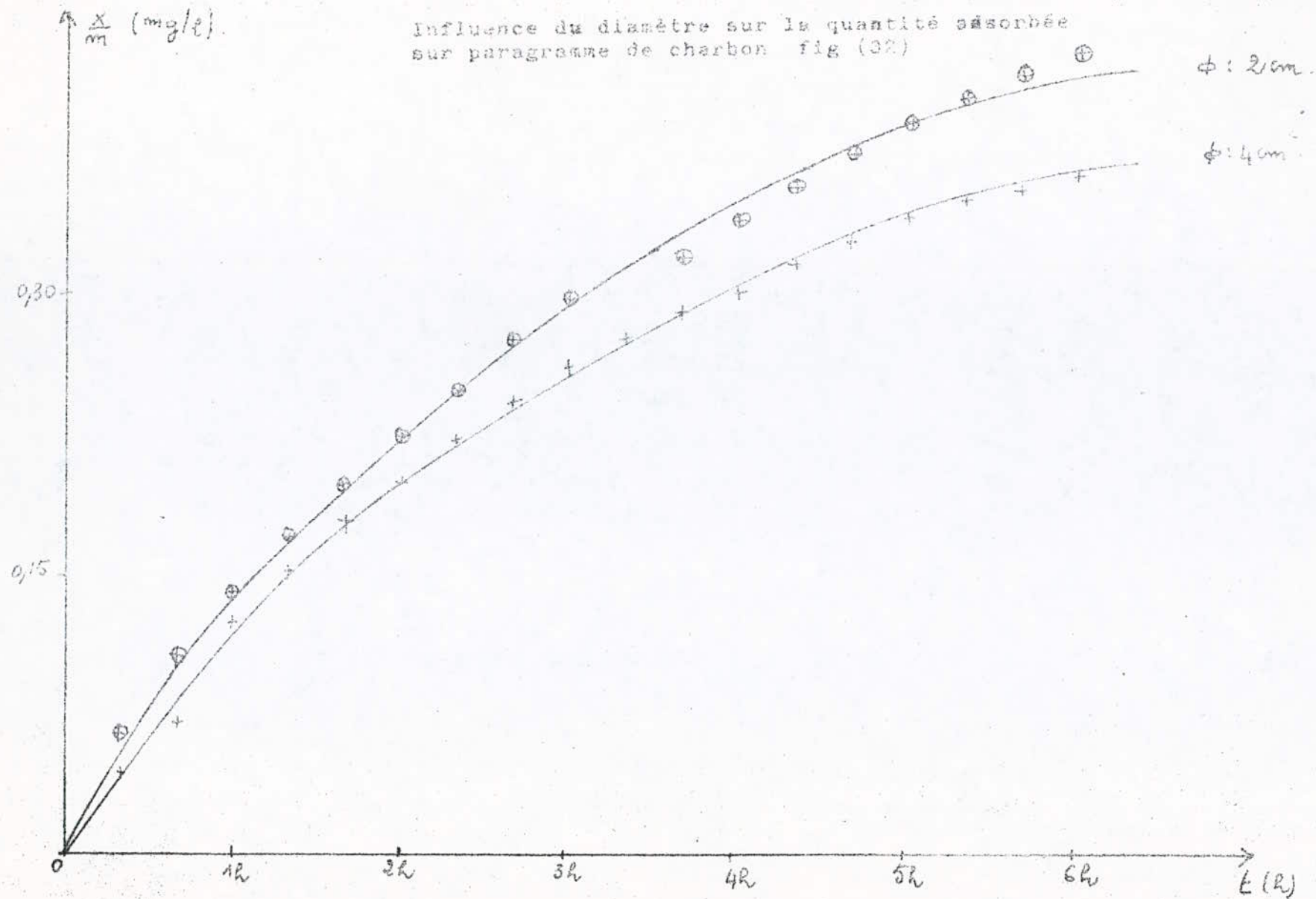
t (mn)	Cs (mg/l)	x/m (mg/g)	%
0	0	0	100
40	10,8	0,105	45,45
80	25,6	0,168	33,5
120	27,2	0,223	29,35
160	27,8	0,273	27,79
200	28,8	0,320	25,19
240	30	0,339	22,07
280	31	0,376	19,48
320	32,4	0,406	15,84
360	34	0,428	11,68
400			

$\emptyset = 4 \text{ cm}$

TABLEAU 16

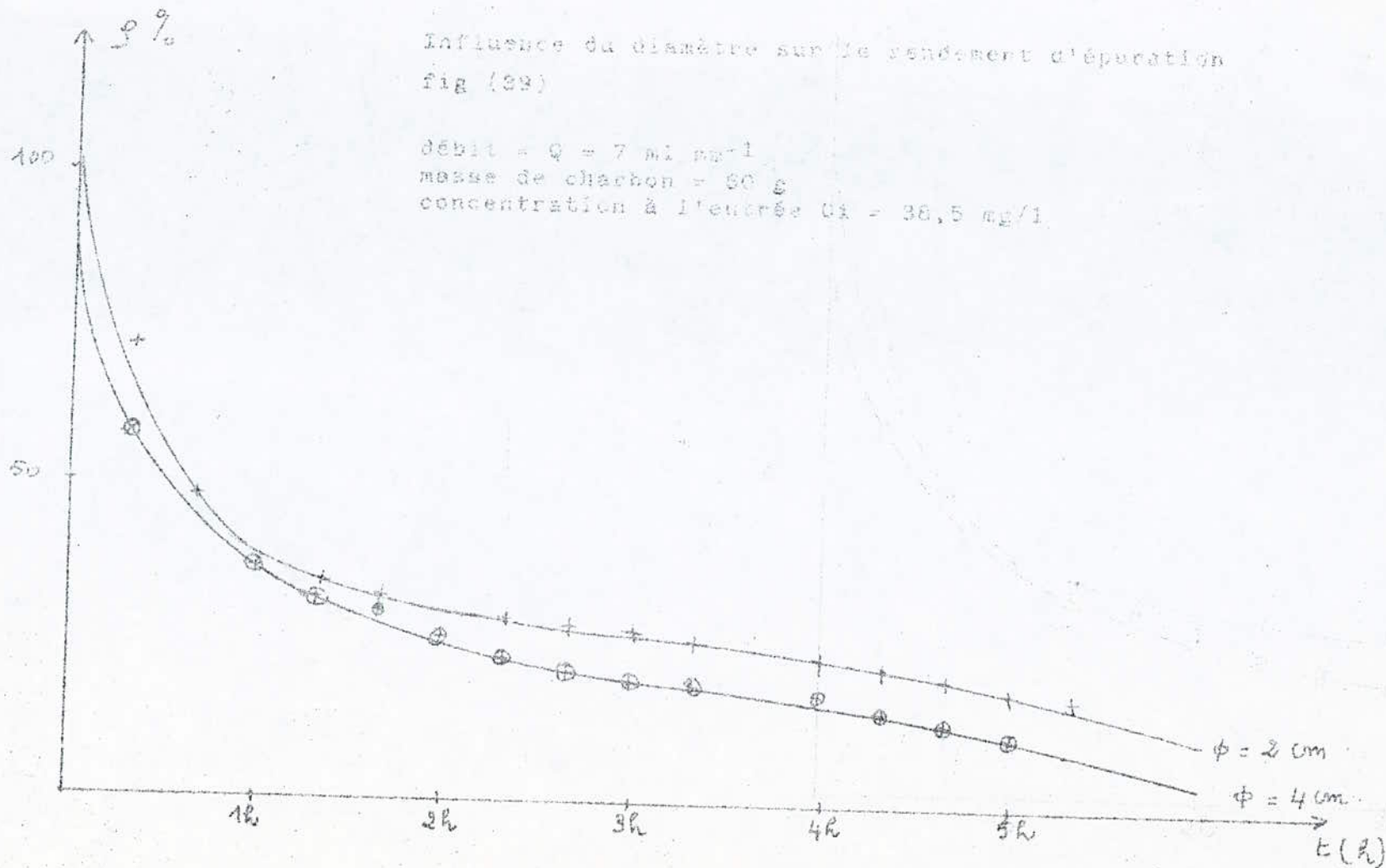
t (mn.)	Cs (mg/l)	x/m (mg/g)	%
0	0	0	100
40	20,6	0,091	46,5
80	26,4	0,151	31,43
120	28,6	0,200	25,71
160	30,4	0,240	21,03
200	31,6	0,273	17,92
240	32,4	0,302	16,88
280	33,2	0,327	13,76
320	34,2	0,348	11,17
360	35,4	0,363	8,05
400	37	0,373	3,9

Influence du diamètre sur la quantité adsorbée
sur paragraphe de charbon fig (32)



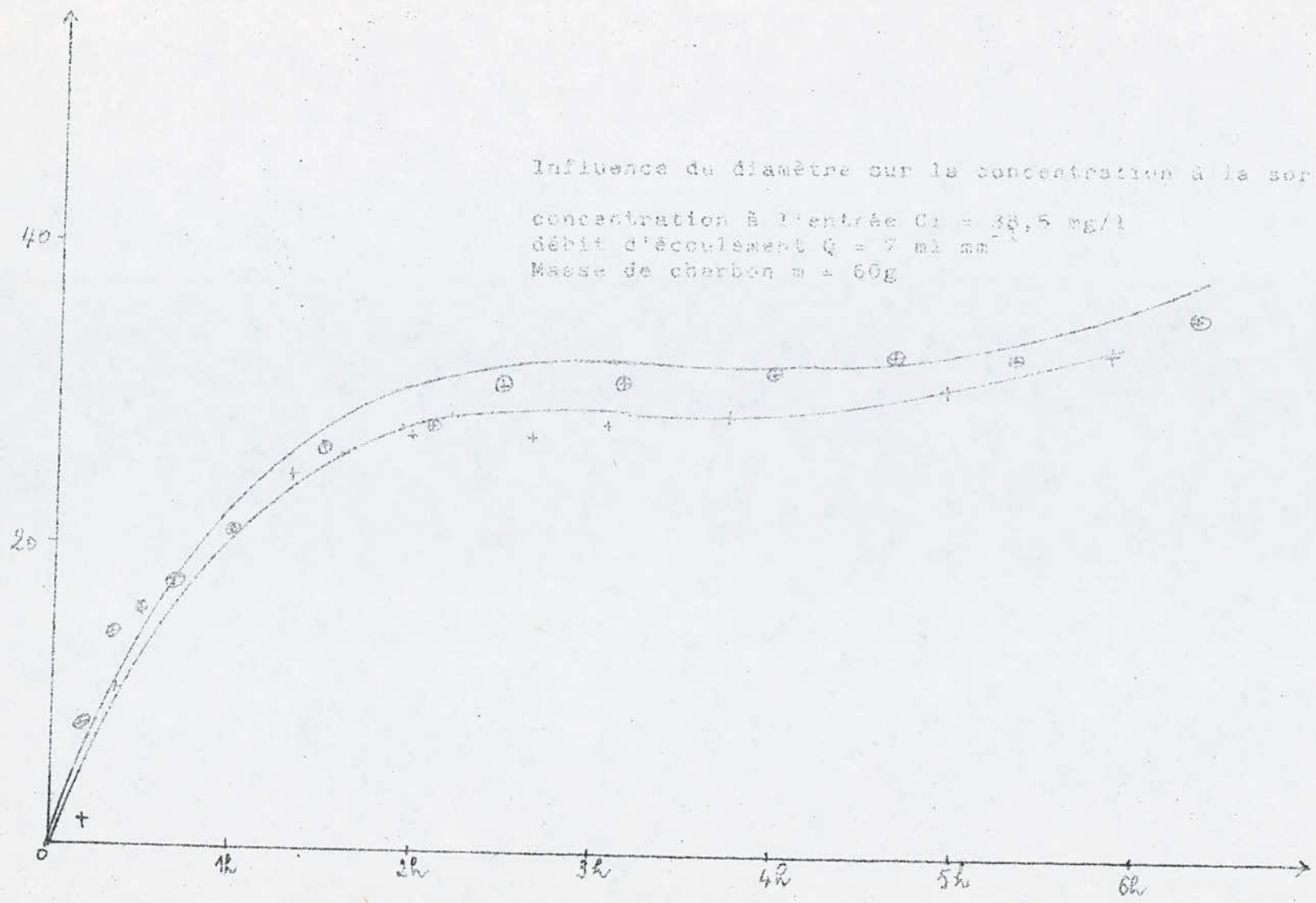
Influence du diamètre sur le rendement d'épuration
fig (39)

débit = $Q = 7 \text{ ml min}^{-1}$
masse de charbon = 90 g
concentration à l'entrée $C_1 = 38,5 \text{ mg/l}$



Influence du diamètre sur la concentration à la sortie fig (51)

concentration à l'entrée $C_1 = 38,5 \text{ mg/l}$
débit d'écoulement $Q = 7 \text{ ml mn}$
Masse de charbon $m = 60 \text{ g}$



Régénération du charbon actif :

- Lorsqu'on atteint les 95% de la concentration initiale, on arrête la manipulation, et on procède à la régénération du charbon actif usé.
- Nous avons procédé comme suit :
Régénérer le charbon actif, en le faisant bouillir dans de l'eau distillée, pendant une durée de 3 à 4 heures, puis on l'a fait sécher à l'étuve, sous une température de 110°C durant 48 H.
- Et enfin nous l'avons mis dans un dessiccateur
- Nous avons alors comparé, pour les mêmes conditions expérimentales, le charbon frais et le charbon régénéré
- Conditions expérimentales :
Masse de charbon actif granulé = 60 g
Vitesse d'écoulement = 0,037 cm/s
Concentration initiale = 38,5 mg/l
- Les résultats sont résumés dans les tableaux

D I S C U S S I O N :

- La régénération du charbon entraîne une diminution du poids de 10%, et entraîne aussi une légère diminution de la vitesse d'adsorption, néanmoins, nous avons pu constater que les résultats obtenus après régénération du charbon actif usé sont acceptables, et sans aucun doute meilleurs, si la régénération se faisait juste après le temps de percée, ou temps de rupture.

Détermination du temps de percée, pour les différentes concentrations initiales.

Les concentrations choisies sont	$C_i = 5, 10, 20, 40 \text{ mg/l}$
La hauteur du lit	$H = 19 \text{ cm}$
La masse du lit	$m = 54,22 \text{ g}$
La température ambiante	$T = 16^\circ\text{C}$
La vitesse de passage	$v = 0,025 \text{ cm}$

REGENERATION DU CHARBON

TABLEAU 17

t (mn)	Cs (mg/l)	x/m (mg/g)	$\frac{Pe}{c}$
0	0	0	0
30	21,6	0,05915	43,89
60	25,6	0,1043	33,50
90	27,2	0,1438	29,35
120	28,6	0,1785	25,71
150	29,6	0,2096	23,11
180	30,2	0,2387	21,56
210	30,6	0,2663	20,52
240	31	0,2926	19,5
270	31,6	0,3167	17,92
300	32	0,3394	14,80

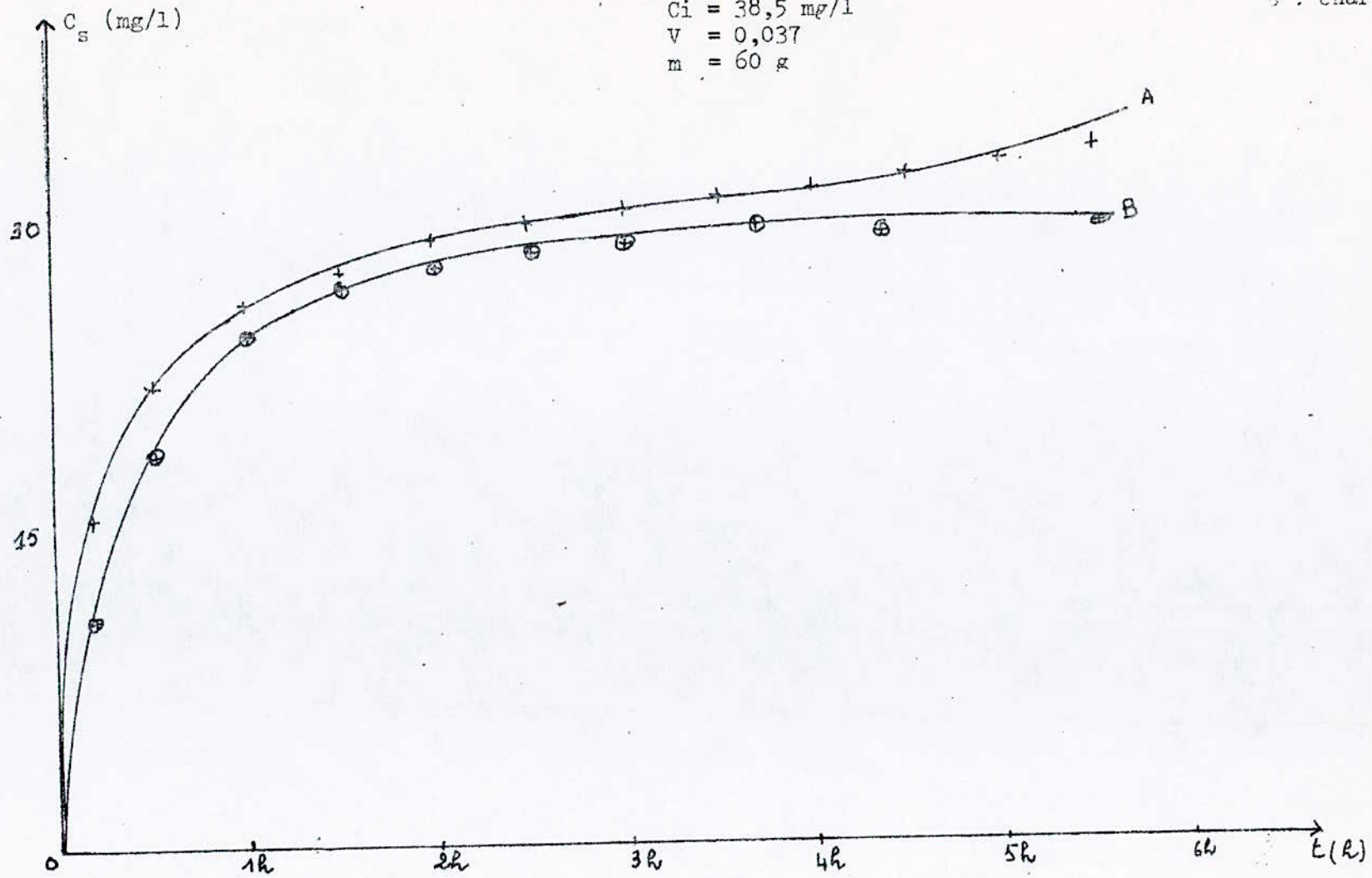
Regénération du charbon

$$C_i = 38,5 \text{ mg/l}$$

$$V = 0,037$$

$$m = 60 \text{ g}$$

A : charbon régénéré
B : charbon frais



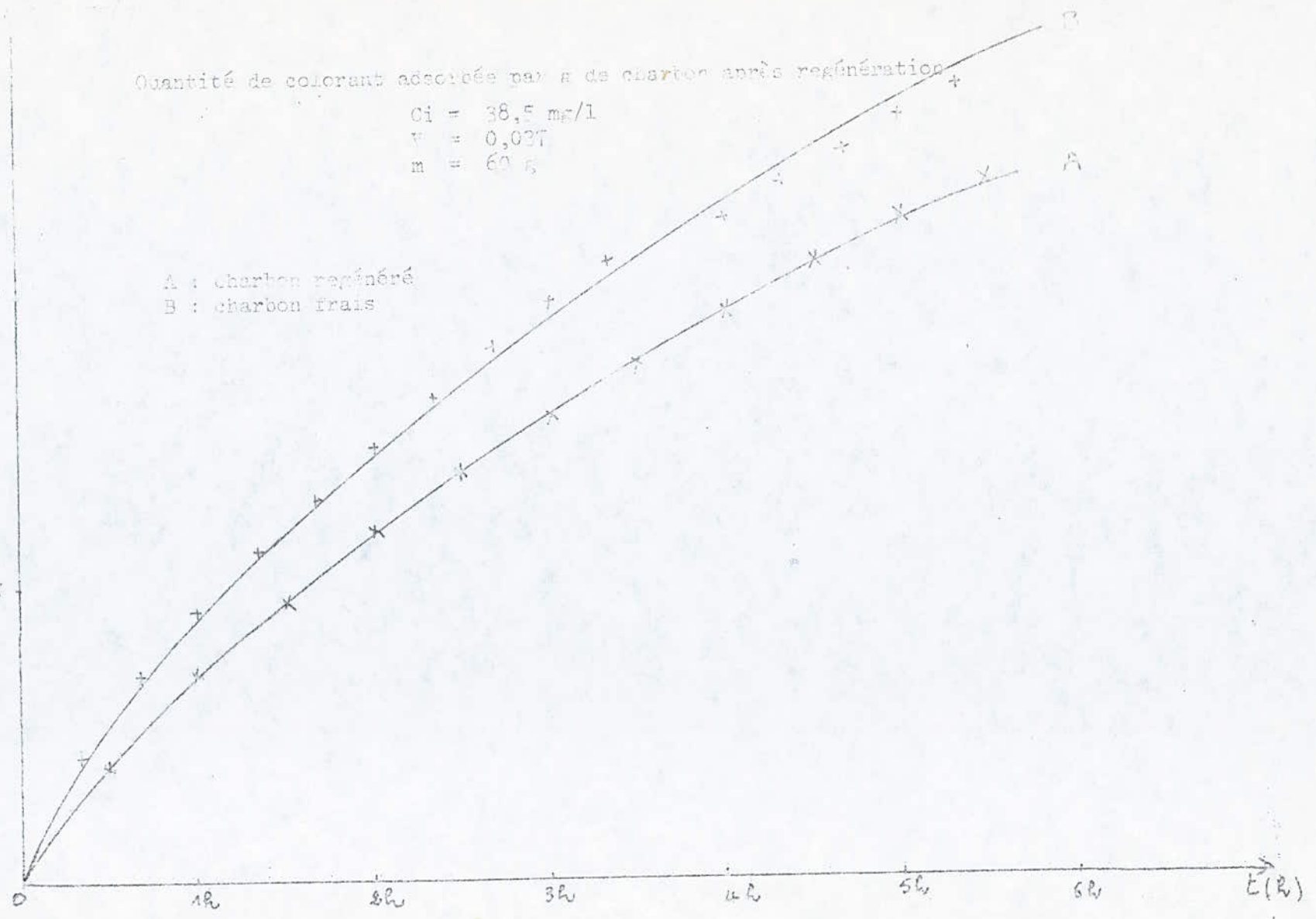
Quantité de colorant adsorbée par g de charbon après régénération

$C_i = 38,5 \text{ mg/l}$
 $V = 0,037$
 $m = 60 \text{ g}$

A : charbon régénéré
B : charbon frais

0,30

0,15



ETUDE STATIQUE

6 - INFLUENCE DU PH -

Nous avons étudié l'influence du PH, sur l'adsorption du colorant par le charbon actif en grains.

Les eaux rejetées par les industries, n'ont pas forcément un PH = 7, le PH est supérieur à 7, du fait de l'utilisation de Na₂CO₃ dont le PH = 10,43 comme agent solubilisant dans l'eau.

Dans ce but nous avons considéré deux concentrations.

Les PH des solutions sont ajustées par des solutions de

Hcl	0,25N
NaOH	0,1N

Dans les conditions :

Volume de solution	:	100 ml
Masse de charbon	:	1 g
Température ambiante	:	17°C
Temps de contact	:	7 jours

les résultats obtenus sont résumés au tableau

Interprétation :

. Le PH du milieu influe sur l'adsorption du colorant par le charbon actif,

. Le milieu basique, le taux d'adsorption du colorant diminue pour les deux concentrations choisies fig. (36).

. Dans le cas du charbon actif, l'adsorption en phase liquide d'espèce ionique négative est défavorisée en milieu basique car l'oxygène des ions hydroxylés (OH⁻) réagit avec les sites carbonés pour donner des centres actifs chargés négativement (comme le colorant) rendant ainsi la surface du charbon légèrement polaire (théoriquement celle-ci est non polaire).

. par contre un milieu acide favoriserait cette adsorption les ions (H⁺) permettant la neutralisation des centres actifs négatifs (11).

Influence du PH :

a) Ci = 25 mg /l

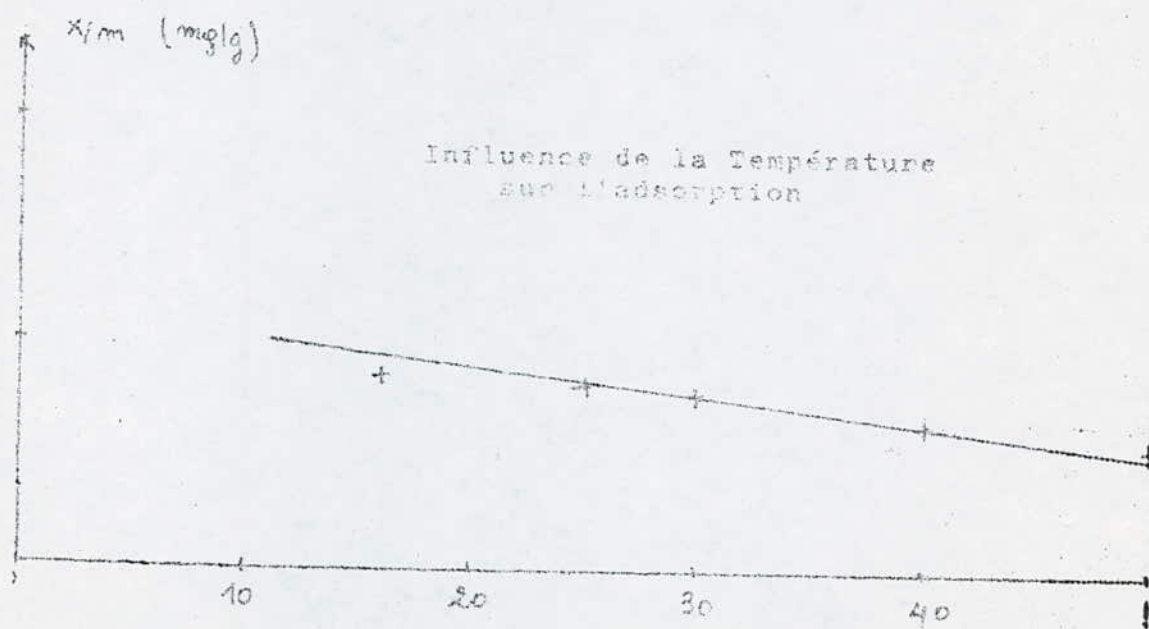
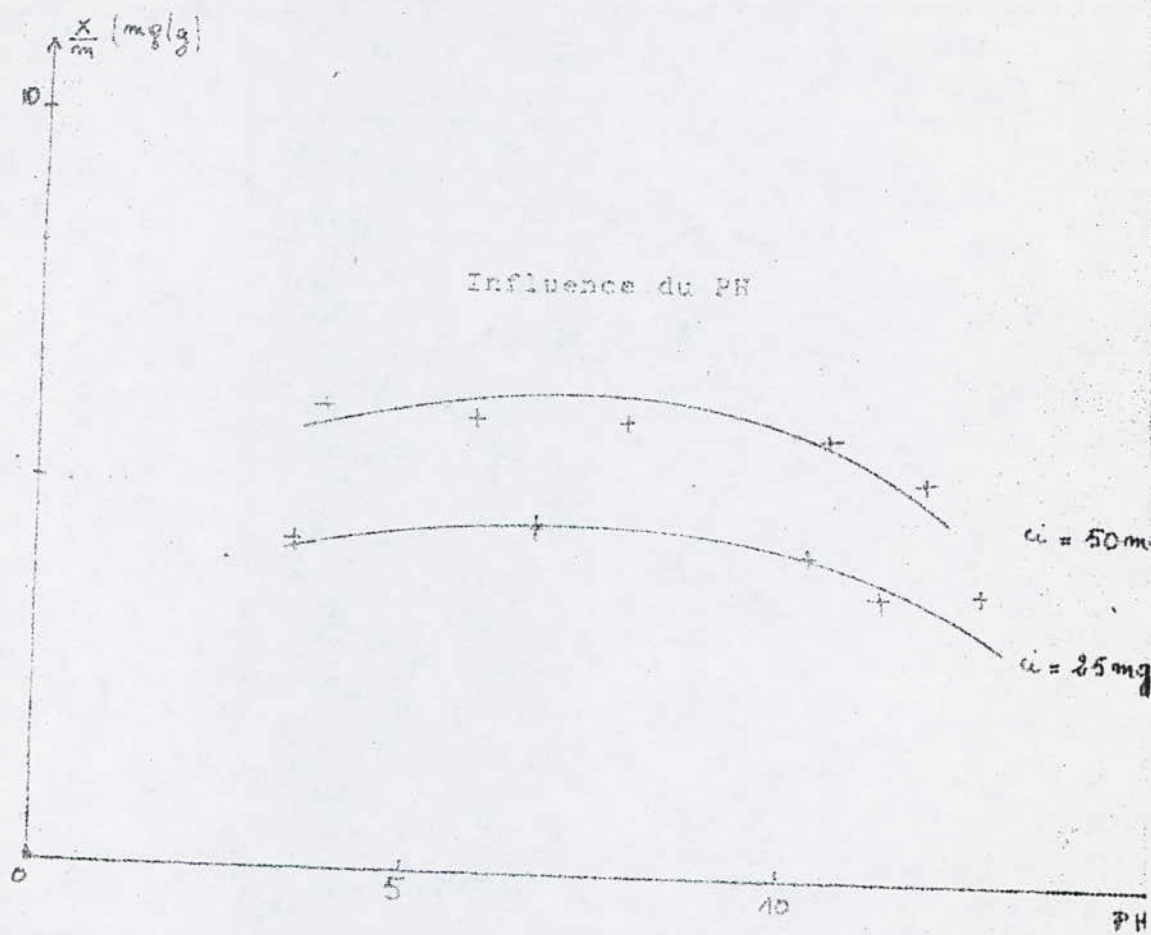
TABLEAU 18

PH	2,6	3,4	6,6	10,2	11,2	12,5
C (mg/l)	5	3,5	2,5	4	6,4	8
x/m (mg/g)	2	2,15	2,25	2,1	1,86	1,7
PH Final	7,2	7,3	7,3	7,8	7,9	8

b) Ci = 50 mg/l

TABLEAU 19

PH	3,8	5,7	7,8	9,8	10,5	11,8
C (mg/l)	19,25	20,62	20,81	20,87	20,93	23,06
x/m(mg/g)	3,07	2,94	2 ,92	2,91	2,90	2,69
PH Final	7	7	7,2	7,4	7,5	7,8



Influence de la température :

- L'influence de la température t sur l'adsorption du colorant par le charbon actif a été considéré
- Pour cela les ballons contenant les solutions de colorant en contact avec le charbon actif ont été plongés dans un bain thermostaté permettant de garder la température constante.
- Pour les conditions opératoires suivantes :
 - Volume de solution $V = 100 \text{ ml}$
 - Masse de charbon actif $m = 1 \text{ g}$
 - Temps de contact $t = 6 \text{ h}$
 - Concentration du colorant $C_i = 20 \text{ mg/l}$
- Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

$T^\circ (\text{C})$	16	25	30	40	50
$T^\circ (\text{K})$	289	298	303	313	323
$10/T (\text{K}^{-1})$	3,46	3,35	3,30	3,19	3,09
$C_s (\text{mg/l})$	17,4	17,5	17,6	18	18,3
$\frac{x}{m} (\text{mg/g})$	0,26	0,25	0,24	0,2	0,17
$\log k_p$	0,886	0,90	0,92	1	1,07

Discussion :

Une augmentation de la température diminue légèrement le taux d'adsorption du colorant. Par le charbon actif.

- La température influence sur le degré de déplacement des particules; plus la température est faible, et plus la quantité adsorbée est élevée
- L'adsorption est un processus exothermique, si une décroissance en énergie libre, doit se manifester, la croissance de température, et des valeurs des paramètres d'énergie E , ΔH ; est un moyen utile pour déterminer

valeurs des paramètres

la nature des mécanismes d'adsorption.

La mesure des chaleurs d'adsorption est le principal critère qui permet de différencier l'adsorption chimique de l'adsorption physique.

Calcul de la chaleur d'adsorption :

La relation de Van't.Hoff : Arrhenius donne :

$$\Delta H = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} (\ln X_{m_1} - \ln X_{m_2})$$

T_1 , T_2 : température absolues de deux systèmes identiques

X_m : masse adsorbée maximum en une couche pour le modèle d'adsorption d'après Langmuir

R : constante des gaz parfaits = 2 cal / mole K°

- Le calcul de H, ne sera qu'approximatif, l'équation de Langmuir n'ayant pas été vérifiée.

$$- \log K_p = - \frac{\Delta H}{R} + cte$$

$K_p = \frac{x/m}{C_s/m}$ est proportionnel au rapport de la masse de colorant

adsorbée par une masse de charbon sur la concentration en soluté se trouvant en présence de la même masse de charbon.

le tracé de la courbe donnant les variations de $\log K_p$ en fonction de $\frac{1}{T}$ permet de calculer la chaleur d'adsorption H, du système à partir de la pente de la droite.

$$x = \frac{\Delta H}{R} .$$

$$\frac{\Delta H}{R} = 377,35$$

$$\Delta H = 754,70 \text{ cal}$$

$$\Delta H = 0,75 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H < 5 \text{ Kcal}$$

d'où la vérification de l'existence d'un mécanisme de physisorption.

7 - CALCUL D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT PAR ADSORPTION SUR CHARBON
ACTIFS GRANULE -

En se basant sur le fait qu'un kg de tissu teint consomme 120L et en supposant qu'une tonne de tissu est teinte par jour, il y a une consommation journalière de 120 m³ d'eau colorée qu'il faudra épurer avant de la rejeter dans les petits cours d'eau, rivières ou dans la nature en général.

Les colorants étant généralement non biodégradables, on préconise alors une décoloration sur charbon actif granulé par adsorption avec les conditions suivantes :

- . à la charge de 0,2 m/mn
- . une concentration dans l'effluent en colorant de $C_o = 38 \text{ mg/l}$ qui a été déterminé après un essai de bain de teinture.

Une concentration de sortie après décoloration de $C_s = 2 \text{ mg/l}$ c'est-à-dire que l'épuration est de 95 %.

Pour les résultats suivants Tableau (1) on calculera :

- 1) la profondeur de la zone d'adsorption
- 2) le nombre de colonnes à mettre en oeuvre en série
- 3) durée de service pour obtenir un effluent de 2 mg/l

Tableau I :

Hauteur (m)	durée de service (h)	
	$C_s/C_o = 0,9$	$C_s/C_o = 0,1$
1,22	42	6,6
2,44	66	31
3,66	90	55

Les courbes B.D.S.T. sont tracées comme indiquées à la fig. ()

la pente $\frac{N_o}{C_o V} = 19,7 \text{ h/m}$

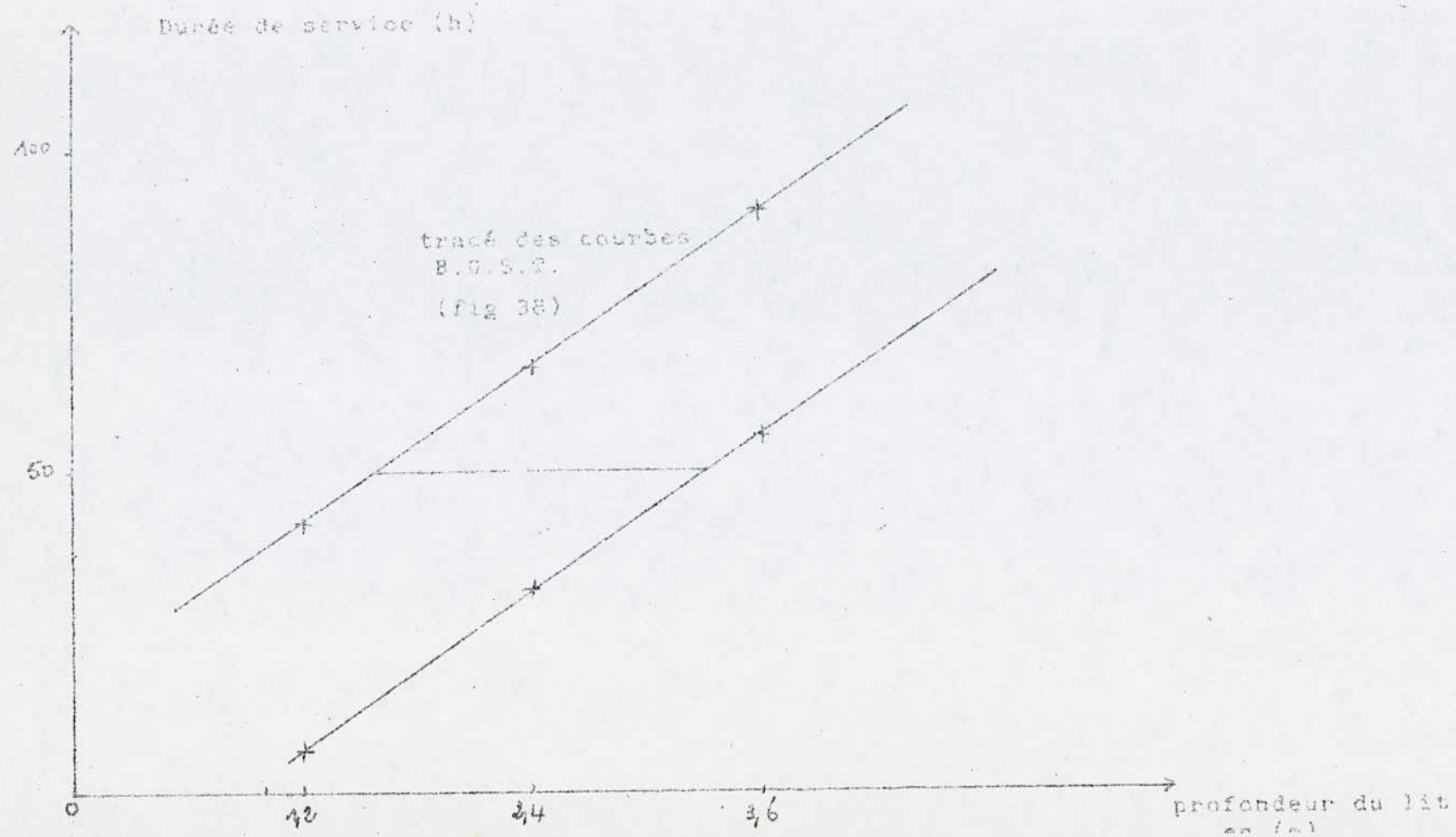
N_o : efficacité d'adsorption (g/m³ de charbon)

C_o : concentration de l'effluent brute

V : vitesse du fluide en m/h

$$V = 0,2 \text{ m/mn} \times \frac{60 \text{ mn}}{1} = 12 \text{ m/h}$$

$$C_o = 38 \text{ mg/l} = 0,038 \text{ kg/m}^3$$



on calcule ensuite N_0 :

$$N_0 = 19,7 \text{ h/m} \times 12 \text{ m/h} \times 0,038 \text{ kg/m}^3 = 8,98 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{L'ordonnée à l'origine : } -\frac{1}{K C_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_s} - 1 \right)$$

soit $T_0 = 18 \text{ h}$; pour $\frac{C_s}{C_0} = 0,9$ on calcule la valeur de K

$$K = -\frac{1}{C_0 T_0} \ln \left(\frac{C_0}{C_s} - 1 \right)^{C_0}$$

$$K = -\frac{1}{0,038 \times 18} \ln \left(\frac{1}{0,9} - 1 \right) = 3,21 \text{ m}^3/\text{kg/h}$$

1 - Profondeur de la zone d'adsorption :

Si on définit arbitrairement la zone d'adsorption comme étant la couche de charbon au travers de laquelle la concentration du soluté varie de 90 % à 10 % de la concentration de l'eau brute.

La profondeur de cette zone est donnée par la distance horizontale entre les deux droites B.D.S.T. correspondantes d'après la fig. (38) la profondeur de la zone d'adsorption est de $H = 1,77 \text{ m}$

2 - Le nombre de colonnes à mettre en série :

La profondeur du lit pour obtenir un effluent de 2 mg/l se calcule comme suit :

$$h = \frac{V}{N_0 K} \ln \left(\frac{C_0}{C_s} - 1 \right) = \frac{12}{8,98 \times 3,21} \ln \left(\frac{38}{2} - 1 \right)$$

$$X_0 = 1,20 \text{ m}$$

Le nombre de lits et la hauteur de chaque lit sont liés à la profondeur de la zone d'adsorption par :

$$n = \frac{H}{h} + 1 \quad (17)$$

n : nombre de colonnes à mettre en série

H : profondeur de la zone d'adsorption (m)

h : hauteur de chaque lit (m)

Si on choisit des colonnes de 1,2 m, le nombre de colonnes sera :

$$n = \frac{1,77}{1,2} + 1 = 2,47$$

soit 3 colonnes à mettre en série.

3 - La durée de service est donnée par :

$$t = \frac{N_0}{C_{ov}} \times \frac{1}{KCo} \ln \left(\frac{C_0}{C_s} - 1 \right)$$

$$t = \frac{8,98}{0,038 \times 12} \times 1,2 \times 3 \frac{-1}{3,21 \times 0,038} \ln \left(\frac{38}{2} - 1 \right)$$

$t = 47 \text{ h}$

Le choix de la hauteur des lits filtrants repose sur des considérations pratiques.

Si on choisit une faible hauteur du lit on aboutit à un grand nombre de petites unités et par suite à un coût d'investissement élevé.

Une très faible hauteur de h approche les conditions de mise en oeuvre d'un lit mobile si on utilise des lits filtrants très hauts, on simplifie l'exploitation.

C - CONCLUSION -

L'étude de l'adsorption en lit fixe, que nous avons faite, nous a permis de montrer l'une des applications majeurs de l'adsorption dans le cas de l'élimination du colorant procion rouge écarlate H₃B.

Les paramètres étudiés nous ont permis de montrer que :

1 - Lorsque la concentration en soluté augmente la quantité de colorant adsorbée par g de charbon augmente et le temps de percée diminue.

2 - Quand la vitesse de passage augmente le temps de percée diminue ainsi que la quantité de colorant adsorbé ; d'où l'obtention de faibles rendements épuratoires.

3 - L'augmentation de la hauteur de charbon augmente le temps de percée. La quantité adsorbée par g de charbon devient plus importante, du fait de l'augmentation du temps de contact entre l'adsorbat et l'adsorbant ce qui entraîne de bons rendements épuratoires.

4 - Pour la même masse de charbon, la même concentration à l'entrée et le même débit nous avons procédé à une comparaison entre deux colonnes de diamètre différents.

Une diminution du diamètre, mène à une augmentation de la quantité de colorant adsorbée par g de charbon, par le fait qu'elle favorise une augmentation de la hauteur et un temps de contact entre adsorbat-adsorbant plus long.

5 - Les résultats obtenus après régénération du charbon actif usé sont acceptables, et sans aucun doute seraient meilleurs, si la régénération se faisait juste après le temps de rupture ou de percée, pour que le charbon, ne soit pas trop épuisé.

EN STATIQUE

6 - Influence du PH :

Le colorant est mieux adsorbé, pour un PH légèrement acide, une augmentation du PH, entraîne une diminution de la quantité de colorant fixé, du fait que l'oxygène des ions hydroxylés (OH^-) réagit avec les sites carbonés, pour donner des centres actifs.

7 - Influence de la température :

L'étude de celle-ci a montré que pour un temps de contact de 6 h, a montré que l'augmentation de celle-ci entraînait, non seulement un abaissement du taux de saturation mais également de l'efficacité.

Le calcul de la chaleur d'adsorption AH, a montré l'existence d'un mécanisme de physisorption.

Ce travail est loin d'être achevé, et à cet effet dans une prochaine étude, il serait intéressant d'étudier d'autres paramètres par exemple :

- . l'influence de la granulométrie pour un charbon donné
- . le coefficient de forme **sphéricité**)
- . la variation du diamètre des colonnes
- . l'effet d'une alimentation ascendante.

NOMENCLATURE

C_i	concentration du colorant initiale (mg/l)
C_s	concentration de colorant à la sortie de la colonne (mg/l)
$\frac{x}{m}$	masse de colorant adsorbé par unité de masse d'adsorbant (mg/g)
m	masse de charbon actif (g)
	rendement d'épuration (%)
T	température absolue (°k)
t	temps
t_R	temps de rupture
t_s	temps de saturation
v	vitesse d'écoulement cm s^{-1}
Q	débit ml:mn^{-1}

BIBLIOGRAPHIE

- 01 J. MEYBEEK - Les colorants synthétiques
- 02 F. RAHAL - Purification des eaux résiduaires contenant le bleu de Méthylène, l'écarlate solephynil B.N.L., le jaune Koyarus F.S.B., le bleu Astrazon N.B.L. à l'aide de la bentonite "Roussel"
- 03 DEGREMONT - Memento technique de l'eau. Novembre 1978
- 04 MIR HEDYTULLAH - Les colorants synthétiques
- 05 M.R. PAPIN - Technique de l'ingénieur J. 2730 - 2732 - 2734
- 06 G. EMSCHWILLER - Chimie physique. Tome II. Presses Universitaires de France. 2ème édition 1961
- 07 S.E. CHITOUR - Chimie des surfaces, introduction à la catalyse 2e édition avec compléments (1981)
- 08 S. JANKOVIC - Manuel chimie de l'environnement édité par l'O.M.S. à Genève - 1974
- 09 P. WUTHIER - Raffinage et génie chimique. Tome I. 2e édition 1972
- 10 P. SOUCHAY - Chimie générale, cinétique chimique . Edition Masson
G. PANNETIER - & Cie 1964
- 11 J. TERRADELLAS - "Adsorption". Publication de l'institut du génie de l'environnement de Lausanne. 1976
- 12 Chimie et Industrie : Génie chimique Vol 105 N° 23. Nov 1972
- 13 W.J. POPIEL - Chimie physique des phénomènes de surface.
Rapporté par S. Chitour

- 14 Adsorption du Rouge congo par la cellulose.
Projet de fin d'étude à l'E.N.P., étudié par Belkebir
sous la direction de W.J. Porpiel
15. R. PAVIE - L'eau et l'industrie N° 53. Mars 1981
rapporté par Mesdemoiselles Medegjel et Messaoudi 126. K. Gaiz
16 (1981)
- 16 "Modes d'élimination des composés sur filtres"
. cas d'un support inerte et adsorbant
. cas d'un support consommable et non adsorbant
- 17 W.W. ECKENFELDER - Gestion des eaux usées urbaines et
industrielles. Déc 81. Paris
- 18 Pr. Y. DIVET - Utilisation du charbon actif dans le traitement
des eaux. Technique de l'eau et de l'assainissement. Août 1973

PROJET DE FIN D'ETUDES

- 19 Omar BARKAT - Recherche sur les courbes de réponse.
- 20 Aïcha BOUGRINE - Etude de la cinétique d'adsorption en phase
liquide (Janvier 1983)
- 21 Farah HADDOUD - Sorption du procion rouge écarlate H₃B.
(Janvier 1984)
- 22 M. BOUCENNA - Préparation de charbon actif (Juin 1982)
- 23 Zohra FERHATI - Adsorption des phénols sur un lit de charbon
actif (Juin 1983)
- 24 Tounès GUENDOUI - Elimination du phénol des solutions aqueuses
(Janvier 1984)
- 25 Traitement de l'effluent aqueux de la raffinerie d'Alger par
adsorption
étudié par Mlle Medegjel et Messaoudi sous la direction de
Mme Nezzal et K. Gaïd

