SODECI
01 B.P. 1843 Abidjan 01
Tél. : 32-04-33
Télex : 23 395 AMURAL

CIEH
B.P. 369
Tél. : 33-34-76
Tél. : 33-35-18
Télex : 5277 B F

RAPPORT DE SYNTHESE DE TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LE CHARBON DE BOIS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX.

par

S. GBALOAN — P. M. ACHIE — K. L. ATIVON

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
C.I.E.H.

Novembre 1986

SODECI
01 BP 1843 Abidjan 01
Tél 32-04-33
Télex 23 395 AMURAL

CIEH
BP 369 Ouagadougou
Tél 33-34-76 & 33-35-18
Télex 5 277 BF

RAPPORT DE SYNTHESE DE TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LE CHARBON DE BOIS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX

par

S. GBALOAN - F.M. ACHIE - K.L. ATIVON

Novembre 1986 /

SOMMAIRE

I/ INTRODUCTION /

Les NATIONS UNIES ont recommandé à tous les états membres, dans le cadre de la décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement, de mettre à la disposition de tout un chacun, de l'eau potable en quantité et en qualité suffisante. Chacun de son côté a engagé des actions qu'il juge opportunes pour atteindre cet objectif.

La SODECI (Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire) pour sa part, soucieuse de fournir de l'eau de meilleure qualité à ses abonnés tout en minimisant le coût de revient de celle-ci, a entrepris très tôt des actions diverses.

La recherche des produits locaux pour le traitement de l'eau a constitué l'une des voies qui lui semblaient la plus sûre pour parvenir à cette fin.

La justesse de vue de la SODECI s'est confirmée lorsqu'une importante étude intitulée "ANALYSE CRITIQUE DES PROCEDES DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE" réalisée en 1983 par le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH), a mis en évidence la nécessité de rechercher des produits locaux de substitution à certains produits classiques de traitement.

Le présent rapport est le fruit d'une franche collaboration fructueuse entre la SODECI et le CIEH. Il fait le point de quelques investigations faites au laboratoire, et en vraie grandeur sur quelques stations de traitement de la SODECI, en vue de l'utilisation du charbon de bois en remplacement éventuel du charbon actif, importé à grand frais pour le traitement de certaines eaux.

II/ CHOIX DES ESSENCES /

Il est juste et nécessaire de signaler que l'utilisation du charbon de bois pour la purification de l'eau est pratique ancestrale de nos différentes tribus.

Le laboratoire central de la SODECI, pour démarrer son expérience, a utilisé le charbon de bois commercialisé sur le marché. Nous avons constaté, que pour les mêmes conditions expérimentales, les résultats étaient très disparâtres donc irreproductibilité des résultats. Cet état de fait était dû à l'hétérogénéité des essences de bois qui composent un même sac de charbon. Il fallait avoir une démarche plus scientifique en sériant les essences. A ce sujet le Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) nous a été d'une grande utilité. En effet leur documentation scientifique disponible nous a permis de faire un choix guidé par les considérations suivantes :

* COMMESTIBILITE : Les essences à retenir doivent être alimentaires.

* DENSITE : Ce paramètre est en relation direct avec la texture du bois qui est elle-même liée au squelette carboné final que nous obtiendrons après carbonisation. Nous avons donc choisi trois plages de densité avec des essences correspondantes.

* FACILITE D'APPROVISIONNEMENT DE L'ESSENCE : Nous avons choisi des essences facilement disponibles dans nos zones de savane et de forêt.

Les essences retenues sont les suivantes :

- Fromager
- Parasolier = Densité = 0,35 D 0,45 Bois dit léger
- Framiré = Densité = 0,45 D 0,65 bois dit moyen

- PIN = Densité = 0,95 D 1,1 bois dit lourd
- AZOBE

Remarque : Les densités sont celles des essences sur pied.

III/ EXPERIMENTATION /

Il est juste et nécessaire de rappeler que le charbon est avant tout un squelette carboné qui par oxydation possède une porosité qui a la propriété de fixer par des phénomènes d'adsorption des molécules organiques. C'est donc dans le but d'éliminer ces matières organiques dissoutes dans l'eau souvent responsables des goûts et des odeurs que le charbon est utilisé.

Dans la recherche d'une efficacité maximale, l'on a amélioré par une méthode d'oxydation ménagée la porosité du charbon, se traduisant par une surface développée des pores très importante. Ce charbon ainsi obtenu est appelé "Charbon Actif".

Notre but est de comparer les résultats dans l'abattement des matières organiques, des goûts et des odeurs du charbon actif et du charbon de bois utilisé.

Les paramètres retenus pour nos investigations sont :

- la température
- le pH
- la couleur
- les matières organiques
- le goût
- les odeurs
- la turbidité.

3.1. Choix du mode d'utilisation du charbon pour le traitement

Le charbon actif peut être utilisé en percolation ou en émulsion. L'utilisation en percolation nécessite des modifications en génie civil très conséquentes dans le cas

d'une station déjà construite qui a besoin des services du charbon. Par contre le charbon en poudre en solution, présente le grand avantage de pouvoir être adapté aisément aux stations déjà existantes. L'introduction de la barbotine se faisant au niveau de l'agitation rapide qui disperse le charbon dans toute la masse d'eau à traiter. Ainsi nous avons choisi d'utiliser le charbon sous la forme pulvérulente en solution de 20 g/l ou 20 kg/m3.

3.2. Expérimentations au laboratoire

L'utilisation sous sa forme pulvérulente nous a permis de travailler directement sur le matériel classique des essaies de floculation. L'instrument principal a donc été un floculateur type hydrocure FLH6 permettant de travailler en parfaite synchronisation avec six bechers. Ceci a pour avantage d'éliminer toute erreur de temps de rétention ou temps de contact pouvant influencer les résultats. En effet, trois bechers seront affectés au charbon non actif et les trois autres bechers affectés au charbon actif.

a) Recherche de la concentration efficace de la solution de charbon

Le choix de la concentration de la barbotine a été fonction des conditions d'exploitation pouvant être rencontrées sur les stations : autonomie des bacs de préparation de la solution de charbon - densité - abrasivité de la solution. Ce dernier paramètre revêt d'une importance capitale pour la sauvegarde du matériel de distribution de la barbotine. Après expérimentation, la plage de concentration comprise entre quinze et vingt et cinq grammes par litre permet de satisfaire tous les paramètres à savoir :

- minimiser les risques d'usure de la pompe par abrasion ;

- empêcher le bouchage des conduites par une barbotine trop épaisse ;

- autonomie satisfaisante des bacs.

Nous avons choisi de travailler avec une concentration de 20 g/l.

b) Résultats comparatifs des charbons

Il est juste et nécessaire de signaler que dans le souci de tester leur efficacité en valeur intrinsèque, les charbons ont été utilisés sans un autre réactif de traitement. Dans une deuxième phase, les réactifs classiques de traitement à savoir: sulfate d'alumine et hypochlorite de calcium seront additionnés au charbon.

Commentaires des courbes

Ces courbes représentent le rabattement des matières organiques obtenu en appliquant des taux de traitement de 0 à 40 g/m3. Les résultats obtenus avec chaque variété de charbon non actif de bois seront comparés aux résultats du charbon actif "NORIT".

Planche I

Courbe du charbon actif NORIT (CA, NORIT) et celle du charbon de bois non actif de FRAMIRE (CBNA-Framiré). Les allures des courbes de rabattement des matières organiques en fonction des taux de traitement du charbon actif NORIT et du charbon de bois non actif de framiré sont semblables. L'on constate cependant un écart de rabattement de l'ordre de 13,5 % entre le charbon actif et le charbon de bois non activé de framiré. Il est rejouissant de remarquer que cet écart s'il est relativement important dans les faibles taux de traitement (entre 5 et 15 g/m3) s'amenuise dans les taux plus élevés (entre 15 et 30 g/m3). Ainsi l'écart le plus faible entre le charbon actif NORIT et le CBNA-framiré se situe à 30 g/m3 et est de l'ordre de 4 en pourcentage de rabattement.

Planche II

- courbe du charbon actif NORIT (CA-NORIT)
- et celle du charbon de bois non activé de fromager.

Les deux courbes en présence sont de même allure. Notons que le comportement du charbon de bois non activé de fromager vis-à-vis des matières organiques se rapproche de celui de CA-NORIT. L'écart dans les zones des faibles taux de traitement (5 à 15 g/m3) est de 10 en pourcentage de rabattement. Il ne sera que de 3 en pourcentage de rabattement pour un taux de traitement de 30 g/m3 de charbon.

Planche III

Courbe CA-NORIT et celle du CBNA-AZOBE.
Le rabattement maximum de matières organiques obtenues avec le CBNA-AZOBE est de 20 % avec un taux de traitement de plus de 40 g/m3. Au taux de traitement de 25 g/m3 le rabattement des matières organiques avec le CBNA-AZOBE est de 11 % tandis que le CA-NORIT est de 52 % soit une différence de 41 % en rabattement.

Planche IV

Courbe CA-NORIT et celle du CBNA-PARASOLIER.
Le rabattement maximum des matières organiques obtenues avec le CBNA-PARASOLIER est de 23 % avec un taux de 25 g/m3. Les taux au-dessus de 25 g/m3 n'apportent aucune amélioration. L'écart entre le CA-NORIT et le CBNA-PARASOLIER au taux de traitement de 25 g/m3 est d'environ 30 % en rabattement.

Planche V

Courbe CA-NORIT et CBNA-PIN.
Le rabattement en matières organiques est au maximum à 16 % avec un taux de traitement de 30 g/m3. L'écart entre CA-NORIT et le CBNA-PIN est de 36 % en rabattement des matières organiques.

Lorsque l'on considère les cinq planches ci-dessus nous pouvons retenir pour la suite de nos expériences le fromager et le framiré. En effet le comportement de ces deux essences, se rapproche au mieux du CA-NORIT. L'examen des autres paramètres retenus à savoir : le pH, la couleur, le goût,

les odeurs et la turbidité, vient confirmer celui des rabattements de matières organiques.

La suite de nos expériences se poursuivra avec le fromager (1) et le framiré (2). L'eau brute sur laquelle nous travaillons est une eau réunissant toutes les caractéristiques d'une eau de mauvaise qualité, difficile à traiter à savoir : eau stagnante à très forte couleur et odeur. Eau très chargée en matière organique d'origine végétale et animale.

Le lieu de prélèvement : barrage sur la rivière AGBO alimentant la station de la ville d'AGBOVILLE.

c) Traitement mixte hypochlorite de calcium - charbon

Les expériences en laboratoire se sont poursuivies toujours dans le sens d'une étude comparative entre le charbon de bois non actif des essences retenues et le charbon actif NORIT. Dans cette deuxième série nous avons mesuré l'efficacité des charbons vis-à-vis des matières organiques après adjonction d'hypochlorite de calcium.

Rappelons que l'hypochlorite de calcium utilisé au stade de l'eau brute a pour but d'oxyder les éléments du milieu. Dans le cas des longues chaînes carbonées aliphatiques, aromatiques ou mixtes, l'oxydant ainsi introduit opère au découpage de ces longues chaînes, les rendant ainsi plus accessibles aux pores du charbon pour une meilleure adsorption.

Planche VI

Taux de traitement d'hypochlorite de calcium 15 g/m3.

Courbe CA-NORIT et CBNA-FRAMIRE.

A un taux de 30 g/m3 de charbon, le rabattement du CBNA-FRAMIRE est à 50 %. Pour ce même taux, le CA-NORIT permet un rabattement de 60 % soit une différence de 10 %.

---

(1) Ceiba pentendra

(2) Terminalia ivorensis.

Planche VII

Taux de traitement d'hypochlorite de calcium 15 g/m3. Courbe CA-NORIT et CBNA fromager.

Bon comportement du CBNA fromager. Au taux de 30 g/m3 de charbon en présence d'hypochlorite de calcium nous approchons les 60 % de rabattement en matières organiques.

REMARQUES

Nous insistons sur le fait que l'hypochlorite en contact avec l'eau brute à traiter trois à cinq minutes avant l'ajout de la barbotine de charbon améliore non seulement l'efficacité de ce dernier, mais évite aussi que le charbon neutralise par adsorption le chlore, atténuant quelque peu l'action de notre oxydant.

d) Traitement mixte sulfate d'alumine - charbon

Lorsque l'on considère le phénomène de floculation qui a pour but de déstabiliser l'état colloïdal de l'eau brute par des ions métalliques, dans notre cas Al+++, l'on peut faire les remarques suivantes :

1°/ La présence du charbon en barbotine qui ne met en jeux que des phénomènes physiques à 90 % ne gênera en rien le phénomène électro-chimique de floculation qui est une neutralisation des colloïdes par les ions Al+++.

2°/ Après formation des flocs, les grains de charbon en se logeant dans ces flocs joueraient un rôle très bénéfique en les allourdissant. Les flocs ainsi lestés permettraient une meilleure décantation dans les ouvrages.

Planche VIII

Taux de traitement de sulfate d'alumine 120 g/m3. Courbe CA-NORIT et CBNA-FRAMIRE.

Le taux de traitement efficace et économique en charbon est de 30 g/m3. On note un rabattement des matières organiques

de 75 %. Le charbon actif-Norit est à 80 % de rabattement pour le même taux de 30 g/m3.

Planche IX

Taux de traitement de sulfate d'alumine 120 g/m3. Courbe CA-NORIT et CBNA-FROMAGER.

Le taux de traitement efficace est de 30 g/m3. Le rabattement des matières organiques obtenu est de 78 %. Le charbon actif pour le même taux de 30 g/m3, a un rabattement de 80 %.

e) Traitement complet hypochlorite - sulfate d'alumine - charbon

Ce dernier stade simule le traitement en usine puisqu'il regroupe les trois réactifs à savoir : l'hypochlorite comme oxydant - le sulfate d'alumine comme floculant et le charbon comme adsorbant.

Planche X

CA-NORIT et CBNA-FRAMIRE

Taux de traitement

- hypochlorite de calcium : 12 g/m3
- sulfate d'alumine : 120 g/m3

La conjugaison de l'hypochlorite de calcium et du sulfate d'alumine améliore le rendement des charbons.

CA-NORIT	a 30 g/m3	92 % de rabattement en M.O
CBNA	a 30 g/m3	84 % " " " "

Planche XI

CA-NORIT et CBNA-FROMAGER

Taux de traitement

- hypochlorite de calcium : 12 g/m3
- sulfate d'alumine : 120 g/m3

Comme dans le cas du framiré la conjugaison des deux réactifs améliore le rendement des charbons.

CA-NORIT	a 30 g/m3	92 % de rabattement en M.O
CBNA-FROMAGER	a 30 g/m3	89 % " " " "

Nous remarquons par les résultats obtenus au laboratoire que les charbons de bois non actif de framiré et de fromager ont un comportement louable dans la lutte contre les matières organiques. Il est juste et nécessaire de faire remarquer que les eaux en présence ont une pollution essentiellement organique naturelle provenant de la dégradation de la flore et de la faune. Ce type de matières organiques s'élimine aisément. Nous aurions été en présence de pollutions artificielles telles que les pesticides, l'écart en rabattement entre le CA-NORIT et les CBNA-FRAMIRE et FROMAGER aurait été certainement plus grand en faveur du charbon actif.

IV/ APPLICATION SUR L'USINE PILOTE D'AGBOVILLE /

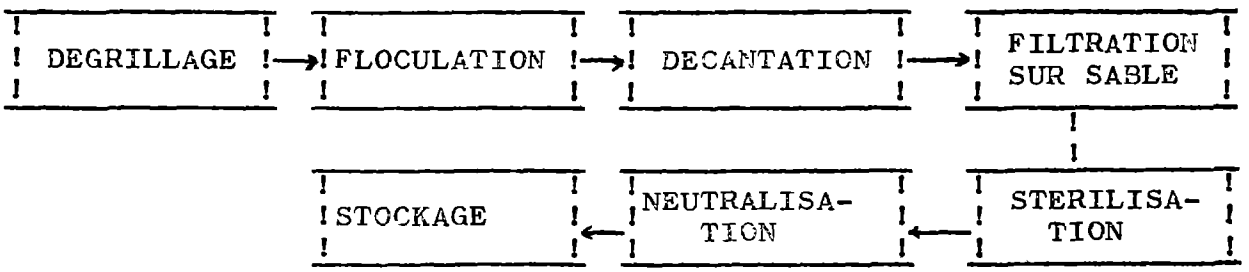
4.1. La station de traitement - Méthodologie

L'usine de traitement d'eau de la ville d'Agboville a l'avantage d'être conçue en deux tranches bien distinctes permettant la comparaison des résultats obtenus. Ainsi nous avons pu appliquer le traitement au charbon sur la tranche II, la tranche I servant de comparaison pour juger de l'efficacité du charbon non actif de fromager.

- Débits nominaux

Tranche I : 60 m3/h
Tranche II : II A : 80 m3/h
II B : 80 m3/h

- Filière de traitement



L'expérimentation en grandeur nature a été faite avec le charbon de fromager car il a montré un meilleur comportement au laboratoire. Il faut aussi signaler que ces essais en grandeur nature nécessitent une très grande quantité de charbon pulvérulente.

La confection de deux essences risquait de nous détourner de notre but essentiel, car très rapidement, nous nous serions attardés sur des problèmes purement technologiques qui ont leur importance mais qui se situent en aval de ce rapport.

Nous avons travaillé pendant quinze jours d'affilés sur l'usine d'AGBOVILLE au mois de janvier 1986 ; puis quinze jours au mois de mai 1986.

Le mois de janvier représentant un mois de saison sèche et celui de mai un mois de saison de pluies.

Les résultats de fonctionnement sont cautionnés dans deux tableaux. Ces tableaux permettent d'apprécier d'une part l'amélioration de l'eau brute par rapport à l'eau traitée sur les paramètres suivants : turbidité - couleur - odeur - saveur - matière organique en milieu alcalin. D'autre part l'on peut aussi apprécier l'amélioration apportée par le charbon de bois fromager en examinant la tranche I et la tranche II de l'usine.

4.2. Résultats obtenus

4.2.1. Tableau I : mois de janvier 1986 saison sèche

L'eau brute à cette période de l'année se caractérise par une très forte couleur et une forte odeur de vase et de moisie. En effet, la rivière "AGBO" au niveau du barrage est entièrement recouverte de nénuphars et les échanges de la masse d'eau avec le milieu extérieur se font difficilement. La dégradation de la flore est à son maximum d'où très forte quantité de matières organiques.

Lorsque l'on considère le tableau, l'on constate l'efficacité du traitement d'une manière générale puisque l'on se situe après traitement à des valeurs conformes aux normes

de potabilité. Mais une analyse plus fine du tableau permet de faire les remarques suivantes :

Turbidité : léger avantage sur la tranche II, la tranche au traitement au charbon. L'explication est à trouver dans l'effet d'alourdissement du floc obtenu à cause de la présence des petits grains de charbon ; donc une meilleure séparation solide - liquide en parfait accord avec les lois de décantation.

Couleur : l'appréciation de ce paramètre sur les deux tranches n'est pas très aisée car il revêt beaucoup plus de phénomène chimique à savoir : l'oxydation de longues chaînes carbonées par l'hypochlorite.

Odeur et goût : Ces deux paramètres nécessitent que l'on fasse un petit tour d'horizon de nos connaissances en la matière. En effet, il est juste et nécessaire de signaler que les pays tropicaux avec la permanence d'une température moyenne de 37°C sont propices à la prolifération des espèces planctoniques avec des cycles de croissance deux à trois fois plus rapide que dans les pays tempérés. Ainsi nous nous trouvons dans la plupart des cas en milieu de B-mésosaprobe. Cette dénomination caractérise un état d'évolution des eaux naturelles et dans notre cas précis,une eutrophisation au stade I. Dans de telles situations,la majorité des espèces en présence est connue pour être responsable des nuisances organoleptiques (goûts et odeurs). Ce sont les conséquences directes des déchets de métabolisme des champignons actinomycètes dont les plus courants sont la GEOSMINE et le 2 méthyl -ISOBORNEOL. Avec ces deux paramètres à savoir l'odeur et la saveur, le charbon apporte un agrément inégalé en matière de traitement. En effet, le phénomène d'adsorption de ces substances responsables des goûts et des odeurs est très aisé.

Dans la plupart des cas de traitement l'on contourne le désagrément de ces goûts et odeurs par une chloration. Le goût et l'odeur de chlore viennent dominer les autres. Ainsi,

la tranche II, par la présence de charbon, délivre une eau pratiquement sans goût particulier et sans odeur. La tranche I eau à goût et odeur de chlore.

Matières organiques : les résultats du laboratoire se confirment fort bien sur l'usine. Le charbon étant un réactif ayant une valeur intrinsèque dans le rabattement des matières organiques, il apporte un plus sur la tranche II comme l'on peut le constater sur le tableau.

4.2.2. Tableau II : mois de mai 1986 saison de pluies

Nous nous bornerons ici à expliquer les quelques différences de comportement de l'eau à cette période de l'année.

Il n'est pas utile, au risque de nous répéter, de commenter le tableau paramètres par paramètres.

En saison de pluies, il y a un effet de dilution des eaux de la retenue doublé d'un effet de turbulence qui vient donc perturber les classifications en gradiant de concentration des éléments. Les eaux sont plus chargées à cause des apports des eaux torrentielles lessivant les sols. Conséquences : nous avons un regain de turbidité - de couleur - mais le réactif de floculation est plus à l'aise dans son action. Signalons aussi que l'effet de dilution a une action bénéfique sur le phénomène de goût et odeur atténuant par la même occasion la différence entre la tranche I de l'usine et la tranche II.

V/ CONCLUSIONS PARTIELLES /

5.1. Sur le plan efficacité

Le charbon de bois non actif de fromager (CBNA - FROMAGER), apporte une action bénéfique au traitement de l'eau. Dans tous les cas, il faut retenir que le charbon doit être utilisé en phase d'affinage. Le charbon à lui tout seul ne pourrait avoir un résultat sur une eau brute du type eau de retenue sur une rivière telle que "L'AGBO".

Signalons toutefois qu'une étude de ce type gagnerait à être épaulée par des moyens d'investigations solides et assez poussés. En effet, le phénomène d'adsoption par lequel le charbon agit met en jeux plusieurs paramètres avec des interactions souvent complexes (origines du charbon - forme des pores avec leur surface développée - la température - le type de polluant en présence - la granulométrie du charbon avec la notion de taille effective, etc...).

Mais ce rapport a pour but de tester à l'état brut, les variétés de charbon disponibles dans la sous-région. L'utilisation du charbon dans l'affinage de l'eau nous a toujours été présentée sous la forme évoluée de charbon actif. L'activation du charbon n'est ni plus, ni moins que la recherche d'une solution économique dans le sens de l'augmentation de l'efficacité ramenée à l'unité de poids de charbon. Au nom de cette même vision économique et compte tenu de la disponibilité de la matière première nous nous trouvons en droit de reconsidérer la question.

5.2. Sur le plan économique

Il s'agit de comparer les coûts d'un traitement au charbon actif et celui du charbon de bois de fromager.

L'exploitant peu averti aura tendance à penser que l'emploi du charbon permettrait de réduire les taux des autres réactifs de traitement. Cet état de fait a été suffisamment démontré et de nombreuses études ont prouvé que les taux habituels sont généralement maintenus. Le charbon doit être considéré comme un réactif d'affinage permettant de ramener l'eau aux normes de potabilité vis-à-vis d'un polluant spécifique ou accidentel. Notre étude économique se situera donc uniquement au niveau de l'emploi du charbon actif et du charbon de bois non activé.

Généralement le charbon actif que nous utilisons dans nos pays subit le schéma classique des échanges NORD-SUD à savoir : - matière première provenance SUD - élaboration de

cette matière première par le NORD - rachat de cette même matière élaborée par le SUD. C'est le cas par exemple du charbon actif à base de coque de noix de coco. L'on comprend alors aisément la nécessité de nos jours d'examiner le problème au niveau de nos jeunes sociétés de distribution d'eau potable.

Calcul des prix de revient du charbon de bois de fromager

Le charbon de bois de fromager en morceaux grossiers est disponible sur le marché Ivoirien à la date du 15 avril 1986 à 3 000 F.CFA le sac de 40 kg soit 75 F.CFA/kg.

La structure de prix serait la suivante :

* prix d'achat		75 F.CFA/kg T.T.C.
* d'usinage		
- énergie	)	
- M.O.P.	) =	140 F.CFA/kg
- conditionnement	)	
* marge éventuelle fabriquant		50 F.CFA
* frais rendu magasin exploitant		25 F.CFA
* divers - imprévu		15 F.CFA
TOTAL		300 F.CFA/kg

Ce prix au kilogramme est celui d'une fabrication de type artisanale se greffant sur la production de charbon de bois existant sur le marché, il est entendu que dans le cas d'une organisation de production industrielle le prix de la tonne pourrait être divisé facilement par deux.

Comparaison CBNA-Fromager - CA-Norit

Le prix du kilogramme du charbon actif rendu magasin SODECI ABIDJAN est de 1 600 F.CFA/kg.

Il ne serait pas juste de se limiter uniquement à la comparaison simpliste des prix au kilogramme.

- charbon actif	1 600 F.CFA/kg
- charbon de bois non actif	300 F.CFA/kg

Les expériences ont montré que pour le même type de pollution à combattre à savoir goût et odeur de moisi dans l'eau, les taux de traitement efficaces pour le charbon actif et le charbon de bois non actif sont :

- 20 g/m3 de charbon actif
- 30 g/m3 de charbon de bois non actif.

Les coûts du traitement ramenés au m3 d'eau sont :

- pour le charbon actif : 32 F.CFA/m3
- pour le charbon de bois non actif fromager : 9 F.CFA/m3

Pour 1 000 m3 d'eau à traiter :	
charbon actif NORIT	32 000 F.CFA
charbon de bois non actif fromager	9 000 F.CFA
Rapport $\frac{\text{CBNA-FROMAGER}}{\text{CA-NORIT}} = \frac{1.}{3,5}$	

VI/ ESTIMATION DES TRAVAUX QUI RESTENT A FAIRE /

L'étude menée sur l'utilisation du charbon de bois non actif (CBNA) de fromager et de framiré pour l'abattement des matières organiques et autres micro-polluants a été une étude purement comparative.

En effet, l'efficacité du CBNA a été comparée au CA (charbon actif). Les expérimentations au laboratoire et en grandeur nature sur la station pilote nous ont permis d'obtenir les résultats et les conclusions que nous avons mentionnés ci-dessus. Cependant dans l'optique d'une rigueur scientifique, il est juste et nécessaire de signaler de nombreuses zones d'ombre que nous aimerions voir lever.

6.1. Matières premières

Au niveau de la sélection des essences, seuls deux critères de choix nous ont guidé à savoir : la densité du bois

sur pied et le caractère alimentaire des essences. Certains aspects pourraient nous éclairer davantage :

- relation entre texture et type de pore obtenu après carbonisation,
- influence de la zone climatique sur l'essence.

En effet, après discussion avec quelques spécialistes de l'institut de bois, il semblerait qu'un fromager en zone de savane aurait des différences avec un fromager en zone forestière. Ces différences peuvent avoir des conséquences sur le pouvoir adsorbant du charbon obtenu.

6.2. Carbonisation du bois

Le charbon de bois non activé, utilisé pour nos expériences nous a été livré par la SODEFOR (Société de Développement Forestière). Il serait bénéfique d'étudier la technique de carbonisation mise en place par la SODEFOR. La maîtrise de cette technique pourrait nous permettre de l'améliorer dans l'optique de l'utilisation du CBNA dans le traitement des eaux. Il ne faut pas perdre de vue que le charbon ainsi obtenu par la SODEFOR est destiné à l'énergie (charbon de chauffe).

Les capacités adsorbantes du charbon étant directement liées au mode de carbonisation, l'on comprend aisément la nécessité de se pencher sur cet aspect du problème. Le charbon actif n'est ni plus, ni moins qu'un charbon à qui l'on a fait subir une carbonisation dans des conditions spécifiques qui ont permis d'accroître la quantité et la qualité des pores ramenés au gramme de charbon.

6.3. Etude des caractéristiques du CBNA

Dans le domaine de l'utilisation du charbon, chaque entitée doit être déterminée par un certain nombre de caractéristiques permettant de l'insérer dans une certaine famille. Ainsi donc, le produit que nous voulons promouvoir souffre de cette lacune que nous souhaiterions combler.

Quel type de structure poreuse développe le CBNA de framiré et de fromager ?

Il est délivré pour chaque charbon une véritable pièce d'identitée avec les rubriques suivantes :

1/ VARIETE DE CHARBON : poudre en granulé

2/ ORIGINE

3/ SPECIFICATIONS

* indice d'iode
* humidité à l'ensachage
* cendres (pour la poudre)
* refus à 80 microns (pour la poudre)
* résistance à la brasion (pour granulé)
* diamètre moyen des particules (granulé)
* granulométrie.

4/ CARACTERISTIQUES MOYENNES

* masse volumique apparente
* masse volumique après mise en oeuvre
* taille effective
* coefficient d'uniformité
* surface spécifique.

5/ PLAGE D'UTILISATION

* type de micro polluant à éliminer.

Tous ces paramètres par laquels un charbon doit être désigné ne peuvent être cernés que dans des laboratoires spécialisés. Notre souhait serait de pouvoir travailler aux côtés des spécialistes en la matière.

6.4. Fabrication du Charbon de Bois Non Actif

Il s'agit de mettre sur pied une méthode de transformation depuis les billes de grume, jusqu'au charbon conditionné sous ses diverses formes selon leur utilisation.

Cette phase des études devrait intégrer les résultats des investigations sur les méthodes de carbonisation. Il faut nécessairement déboucher sur une technologie assez simple pouvant alimenter en quantité suffisante, une société des eaux pour le traitement des eaux brutes nécessitant le charbon.

6.5. Estimation des coûts

1/ Etude sur la matière première - Choix des essences

Relation densité - texture - type de pore du charbon - échantillonnage sur le terrain - contacte avec spécialistes - expédition d'échantillon - analyse dans des laboratoires spécialisés.

Coût estimatif ..... 3 000 000 F.CFA

2/ Carbonisation du bois

Carbonisation méthode artisanale - analyse sur résultats avec les diverses essences sélectionnées - détermination des structures des pores obtenus avec toutes les spécifications. Mise en place d'une méthode de carbonisation améliorée - analyses des structures des pores obtenus avec toutes les spécifications et ceci pour les diverses essences retenues.

Coût estimatif ..... 4 500 000 F.CFA

3/ Etude des caractéristiques du CBNA

Essence sélectionnée - mode de carbonisation déterminé. Chaque type de charbon doit avoir sa spécification. Toutes les spécifications précitées seront obtenues dans des laboratoires spécialisés.

Coût estimatif ..... 4 500 000 F.CFA

4/ Technologie de fabrication

Recherche d'une technologie adaptée - étude - essais - modification - fabrication - usinage de pièces - montage d'unité de fabrication pilote, etc...

Coût estimatif ..... 15 000 000 F.CFA

TOTAL GENERAL ..... 27 000 000 F.CFA

A N N E X E S

ELEMENTS D'INTERPRETATION DES RESULTATS

I/ QUALITE MOYENNE DE L'EAU BRUTE

1) Saison sèche mois de janvier 1986

Température	:	30°C	
pH	:	6,4	
Turbidité	:	120	gouttes de mastic
Couleur	:	250	mg/L PT, co
TAC	:	6°F	
THT	:	6°F	
THCA	:	4°F	
THMg	:	2°F	
Mat. Org.	:	20	mg/l
Fer	:	2	mg/l
Chlorure	:	4	mg/l
Mn	:	0,2	mg/l
CO_2 libre	:	48	mg/l
Nitrates	:	2	mg/l
Silice	:	21	mg/l
Phosphates (P_2O_5)	:	3,75	
Odeur moisi seuil	:	20	
Goût vase seuil	:	20	

2) Saison de pluies mois de mai 1986

Température	:	28°C
pH	:	7,1
Turbidité	:	150 gouttes de mastic
Couleur	:	200 mg/l PT, CO
TAC	:	8,5°F
THT	:	9,6°F
THCA	:	5,2°F
THMg	:	4,7°F
Mat. organiques	:	19,6 mg/l
Fer	:	4,5 mg/l
Mn	:	0,15mg/l
CO_2 libre	:	16 mg/l
CO_2 dissout	:	6,7 mg/l
Nitrates	:	2 mg/l
Silice	:	22 mg/l
Phosphates (P_2O_5)	:	3 mg/l
Odeur moisi seuil	:	15
Goût vase seuil	:	15

II/ APPRECIATION DES GOUTS ET DES ODEURS

La subjectivité de ces paramètres nous a poussé à rechercher une méthode permettant de quantifier les mesures effectuées. Nous avons travaillé en seuil. Le seuil étant défini comme l'inverse de la dilution opérée sur l'eau brute jusqu'à disparition des goûts et odeurs.

Exemple : il a fallu diluer 1 cm3 d'eau brute dans 10 cm3 d'eau distillée pour obtenir la disparition des goûts et odeurs. Nous dirons que le seuil du goût est de 10.

III/ RAISONNEMENT EN RABATTEMENT DES MATIERES ORGANIQUES

Soit CO : la concentration des matières organiques de l'eau brute

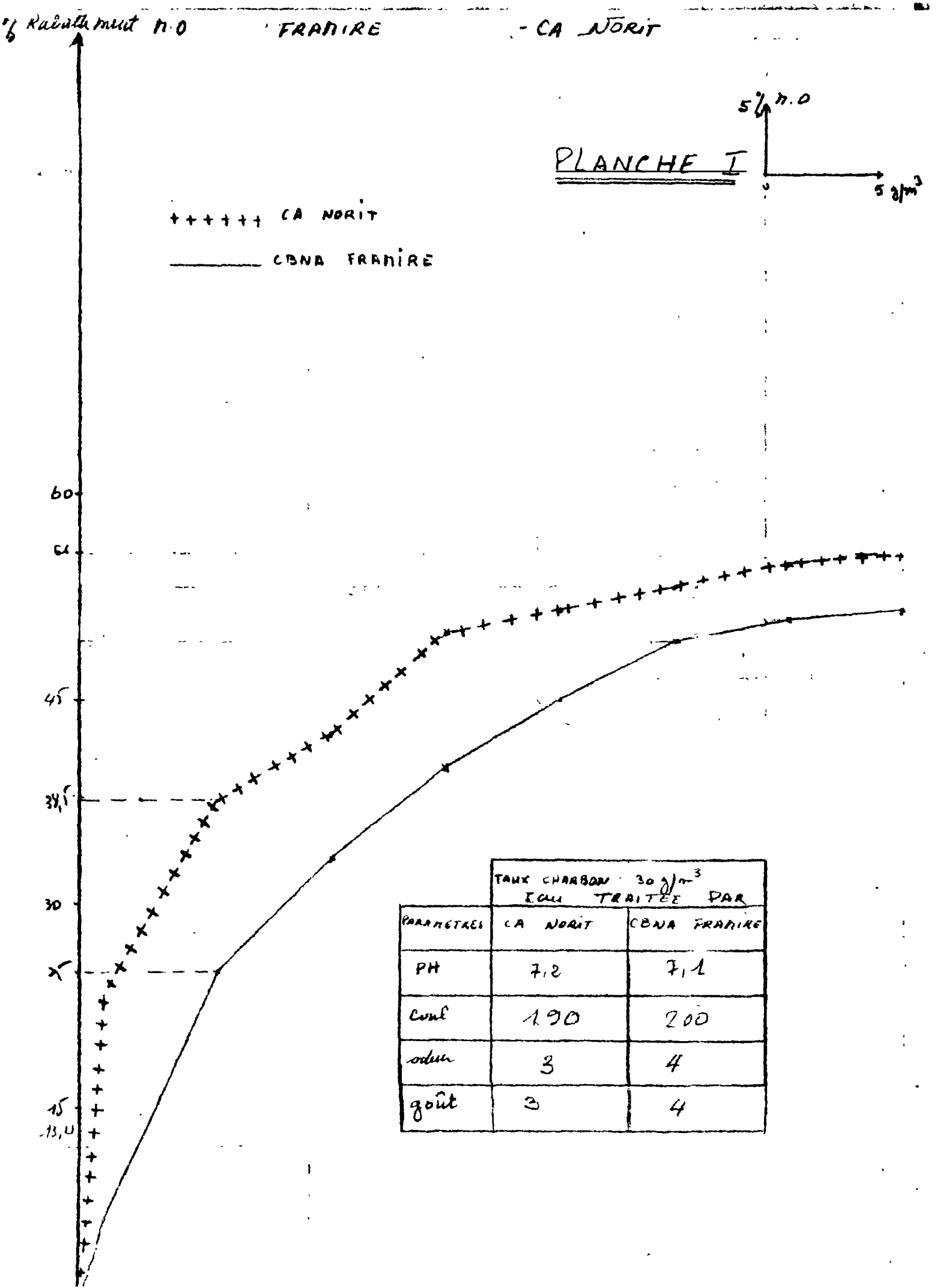
C : la concentration des matières organiques après traitement.

Le critère d'efficacité du traitement sur les matières organiques est :

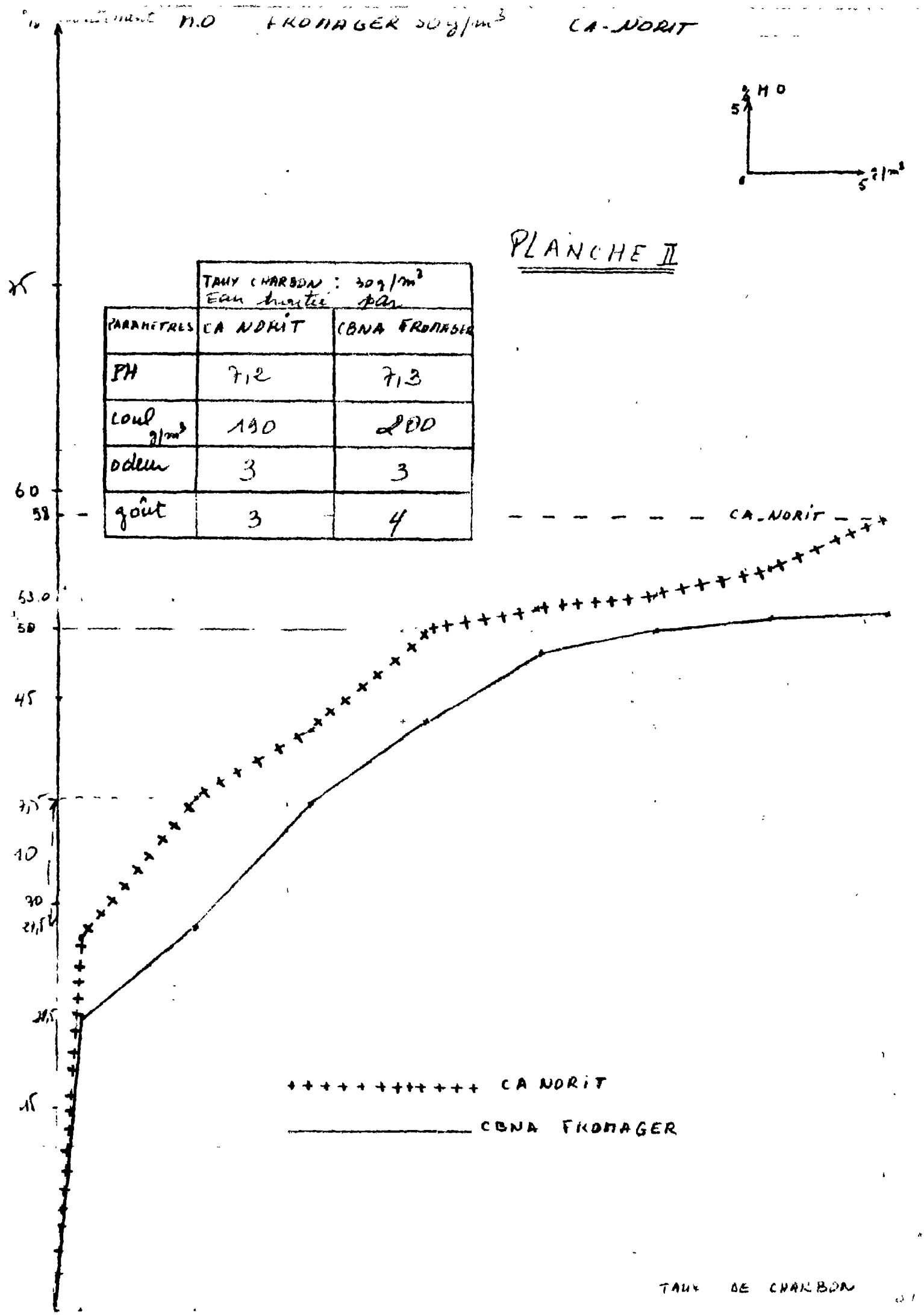
$$1 - C/CO$$

L'expression 1 - C/CO - 0 lorsque C/CO augmente c'est-à-dire lorsque C se rapproche de CO, en d'autre terme lorsque le charbon ne réduit pas assez les matières organiques de l'eau brute.

1 - C/CO → 1 lorsque C/CO diminue c'est-à-dire lorsque la différence entre C et CO est grande, en d'autre terme lorsque le charbon réduit beaucoup les matières organiques de l'eau brute.



	TAUX CHARBON 30 g/m³ EAU TRAITÉE PAR	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FRAMIRE
PH	7,2	7,1
Couf	190	200
odeur	3	4
goût	3	4



	TAUX CHARBON : 30 g/m³ Eau traitée par	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FROMAGER
PH	7,2	7,3
COUL g/m³	190	200
odeur	3	3
goût	3	4

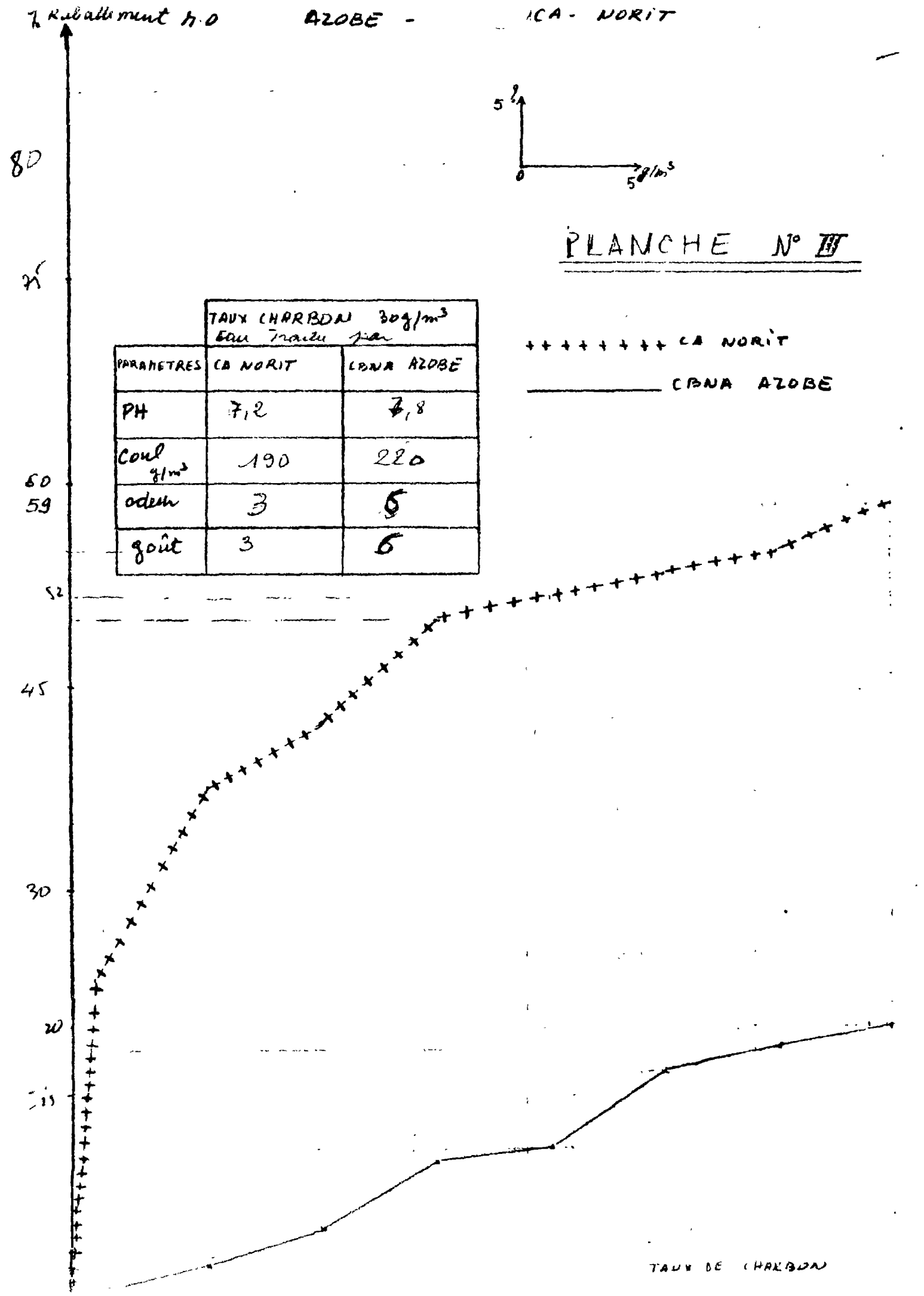


PLANCHE N° III

	TAUX CHARBON 30g/m³ Eau Traitée par	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA AZOBE
PH	7,2	7,8
Coul g/m³	190	220
odeur	3	6
goût	3	6

% Rabattement M.O PARASSOLIER - CA NORIT

+ + + + + + + CA - NORIT

———————— CBNA PARASSOLIER

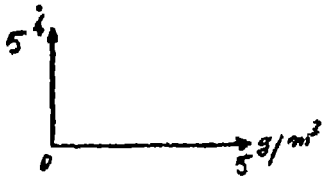
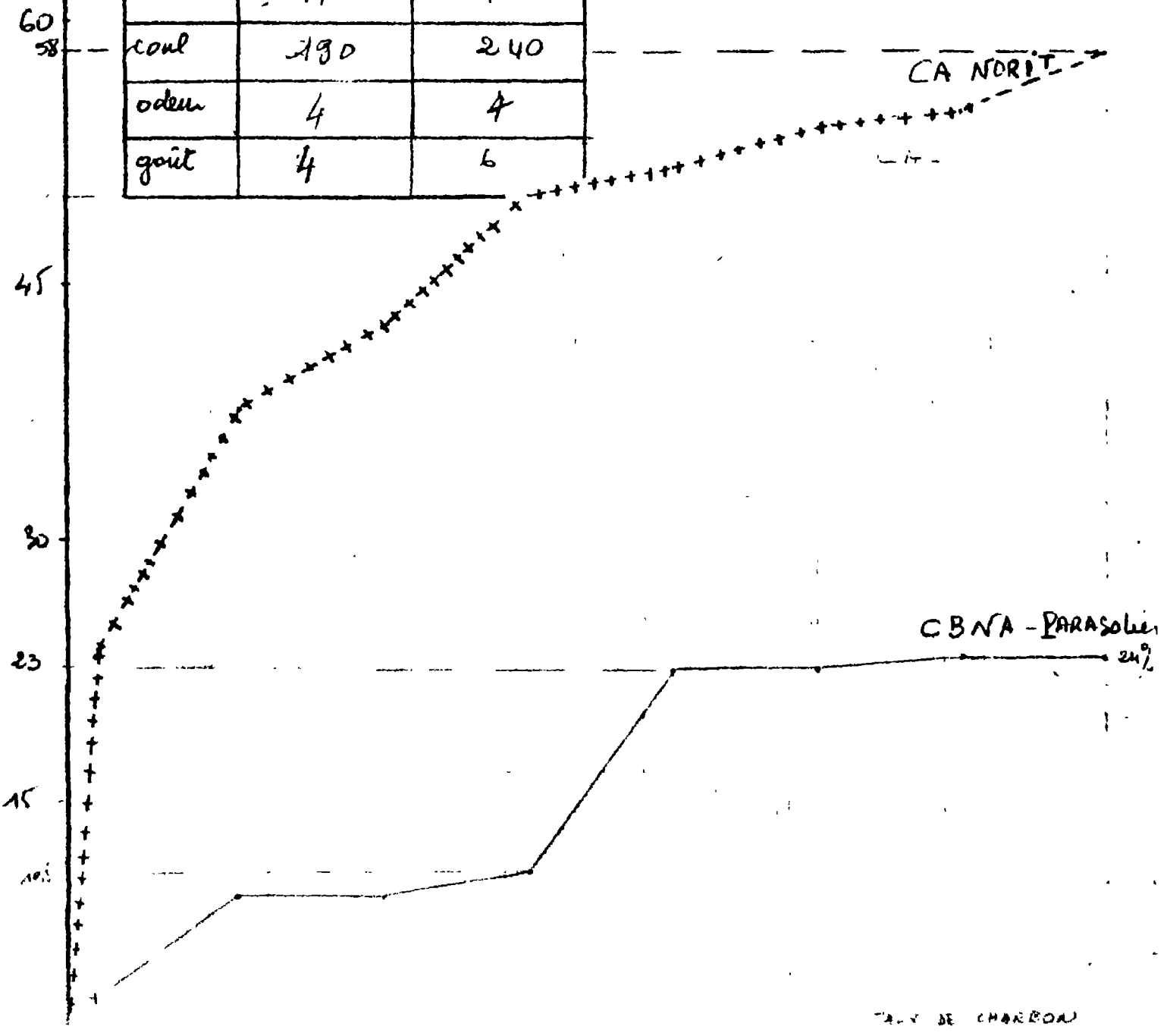


PLANCHE IV

	TAUX CHARBON 30 g/m³ Eau Traitée par	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA PARASSOLIER
pH	7,2	7,6
coul	190	240
odeur	4	4
goût	4	6



% Rabattement M.O PIN - CA NORIT

+++++++++ CA NORIT

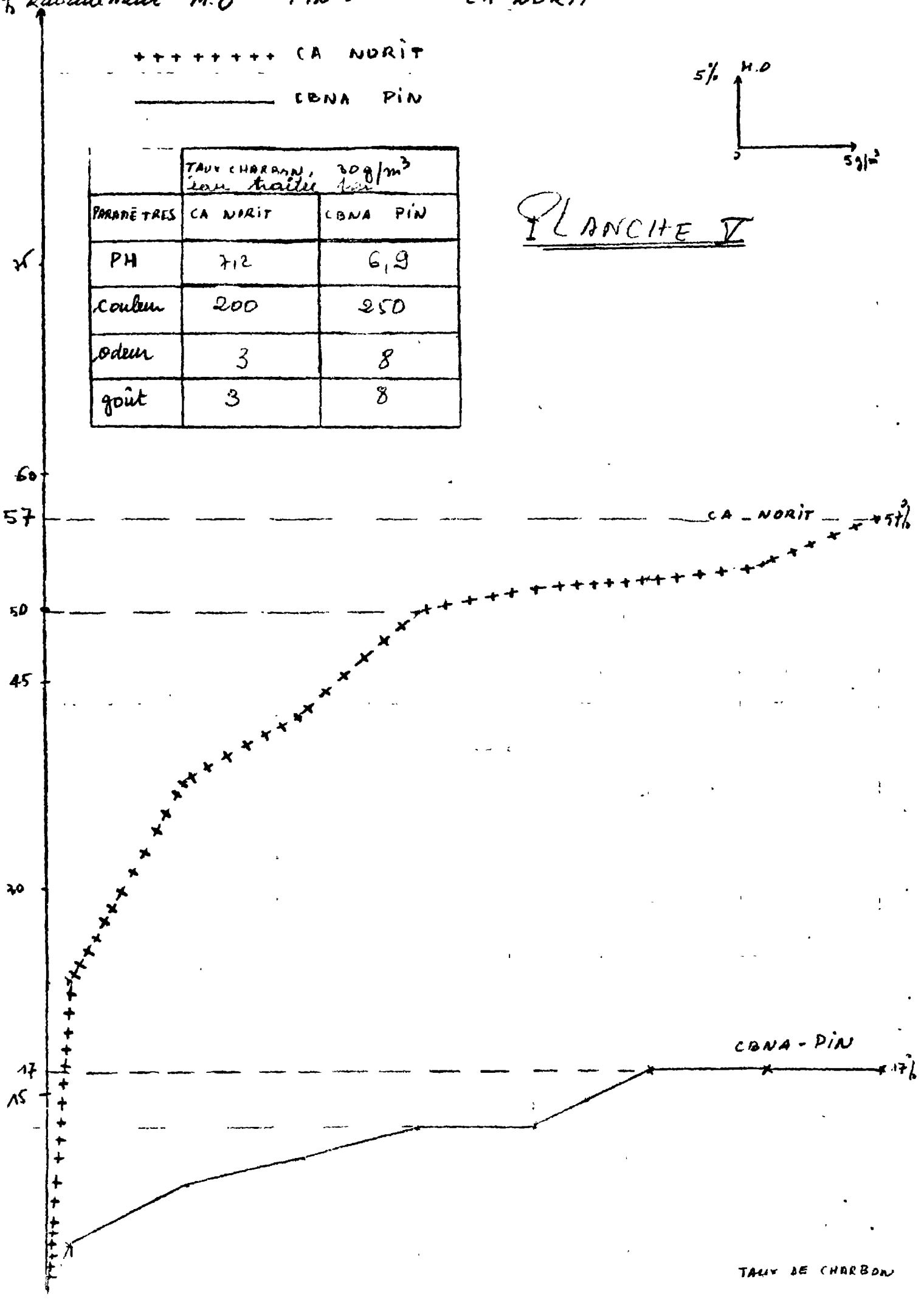
———————— CBNA PIN

5% M.O

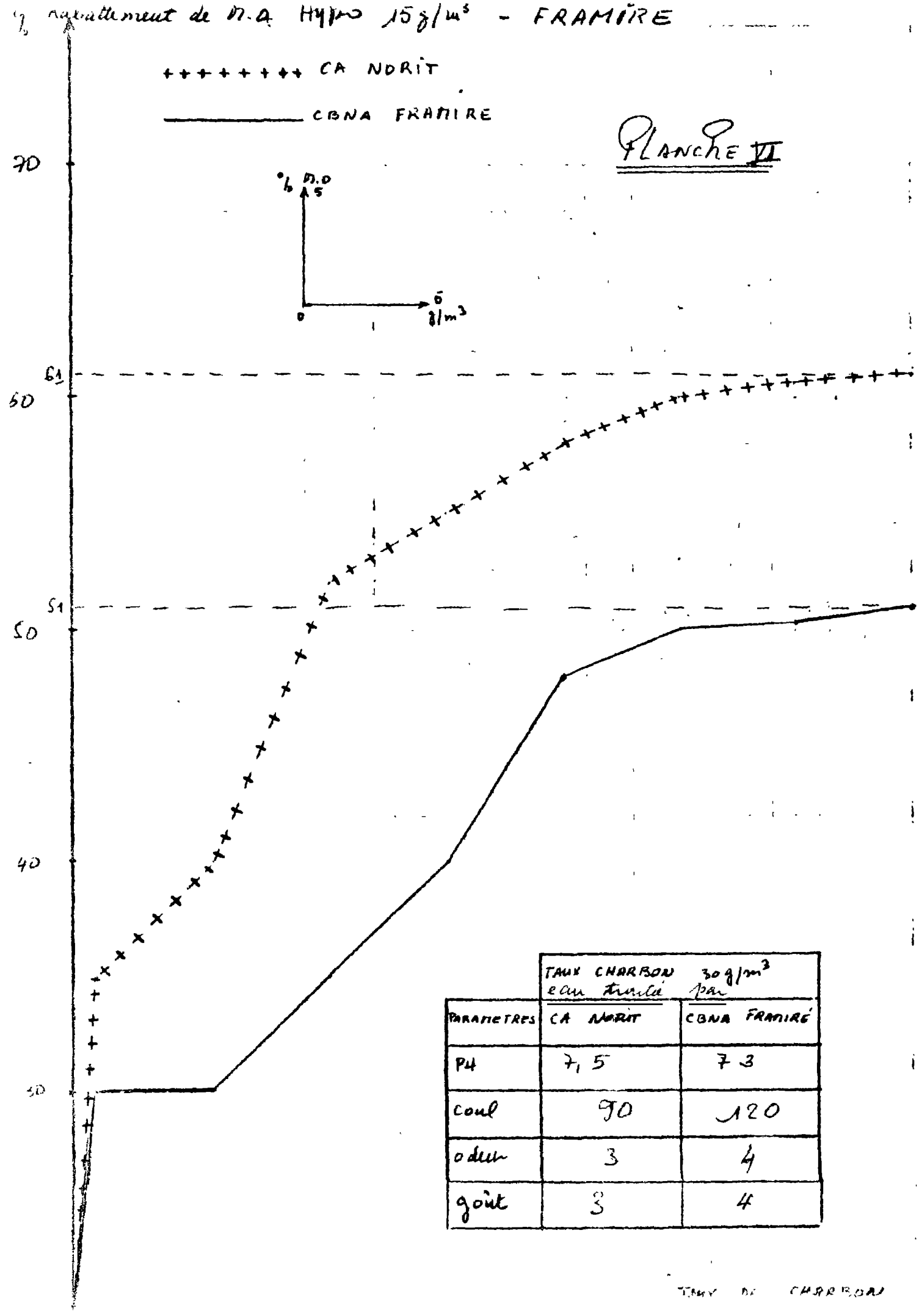
0 5g/m³

	TAUX CHARBON, 30g/m³ eau traitée 1 litre	
PARAMÈTRES	CA NORIT	CBNA PIN
PH	7,2	6,9
couleur	200	250
odeur	3	8
goût	3	8

PLANCHE V

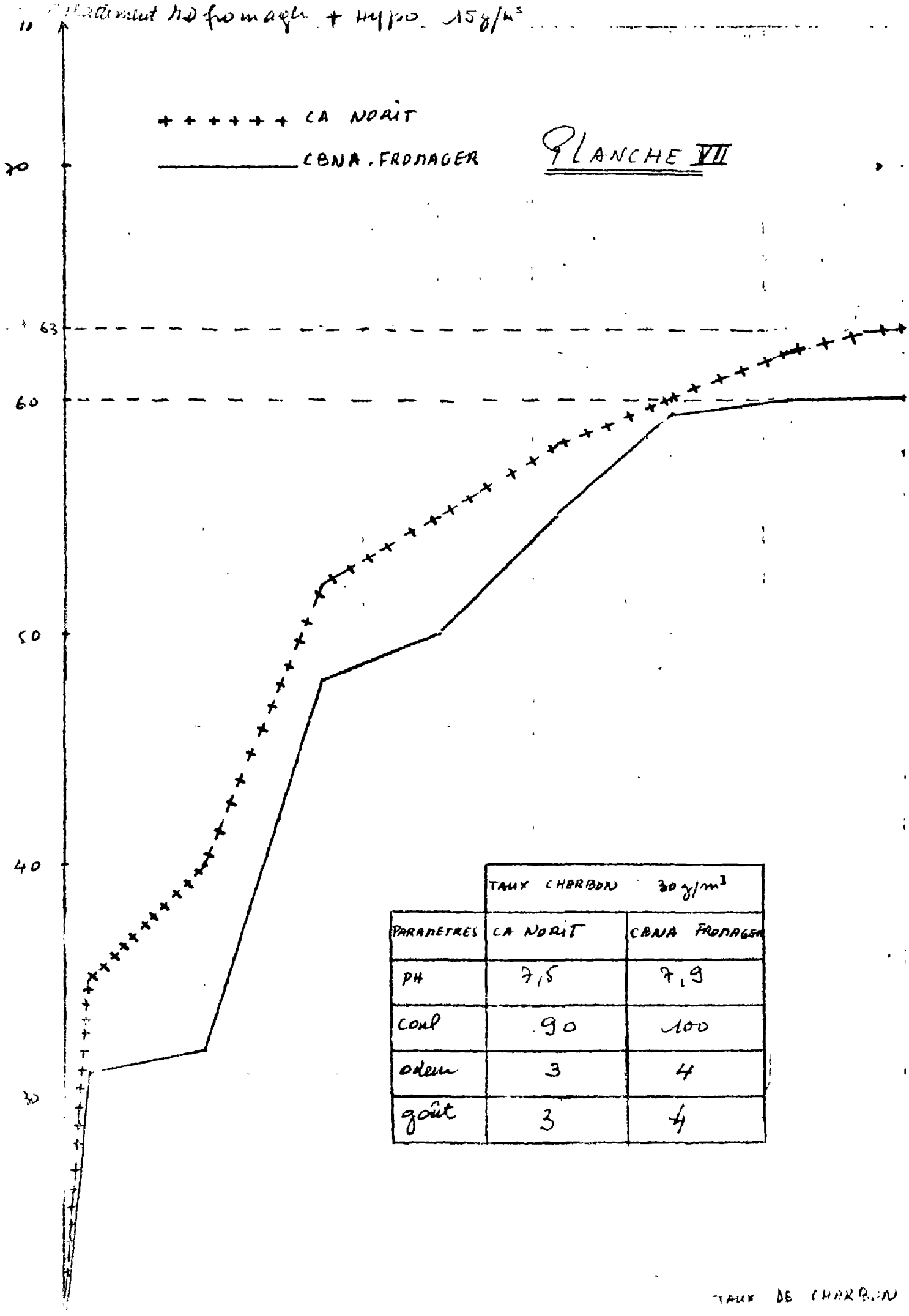


% rabattement de M.O Hypo 15 g/m³ - FRAMIRE



	TAUX CHARBON 30 g/m³ eau traitée par	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FRAMIRE
pH	7,5	7,3
coul	90	120
odeur	3	4
goût	3	4

TAUX DE CHARBON



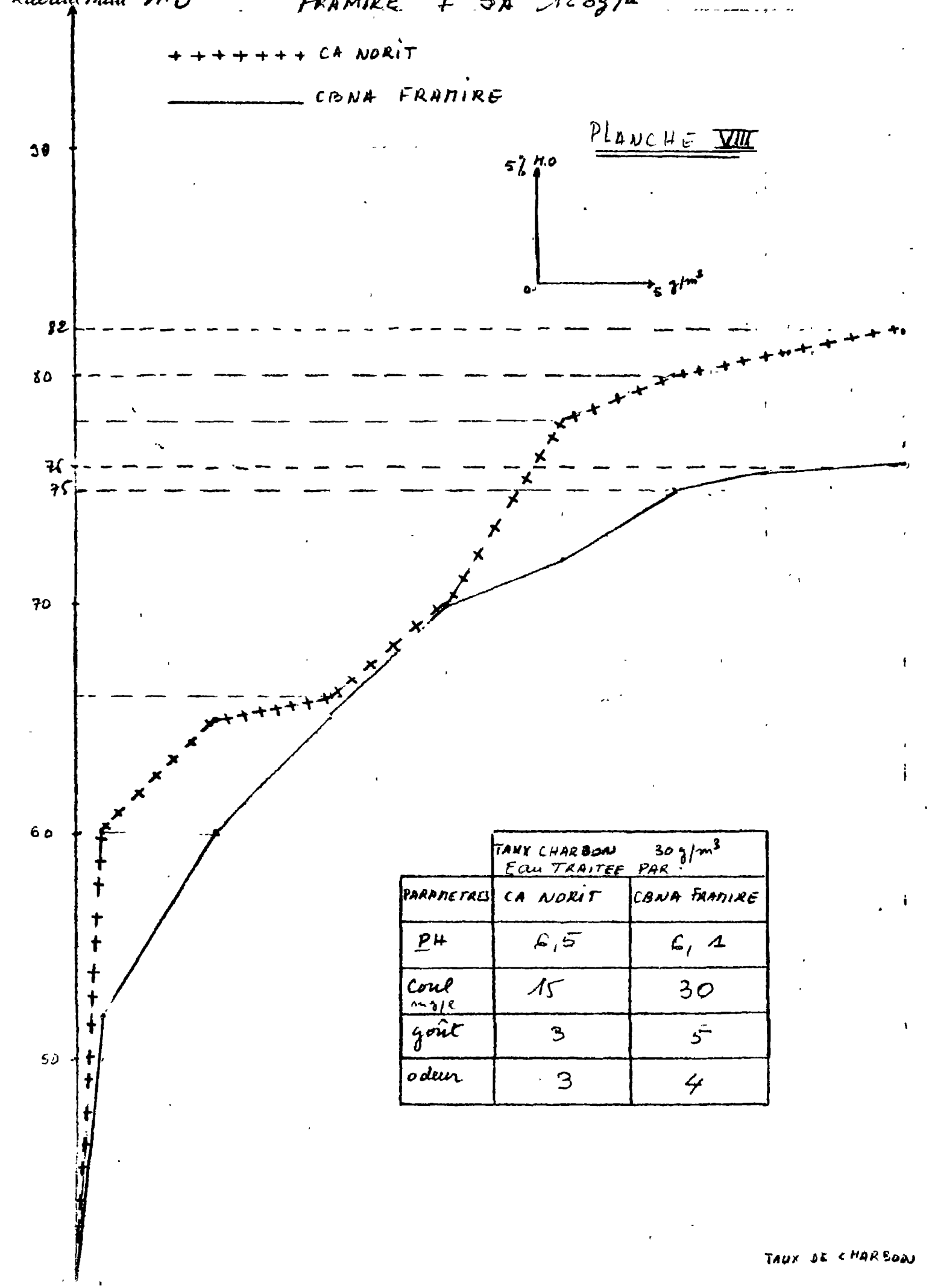
	TAUX CHARBON 30 g/m³	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FROMAGER
pH	7,5	7,9
Coul	90	100
odeur	3	4
goût	3	4

Quantité M.O FRAMIRE + SA 12 g/m³

+ + + + + + + CA NORIT

———— CBNA FRAMIRE

PLANCHE VIII

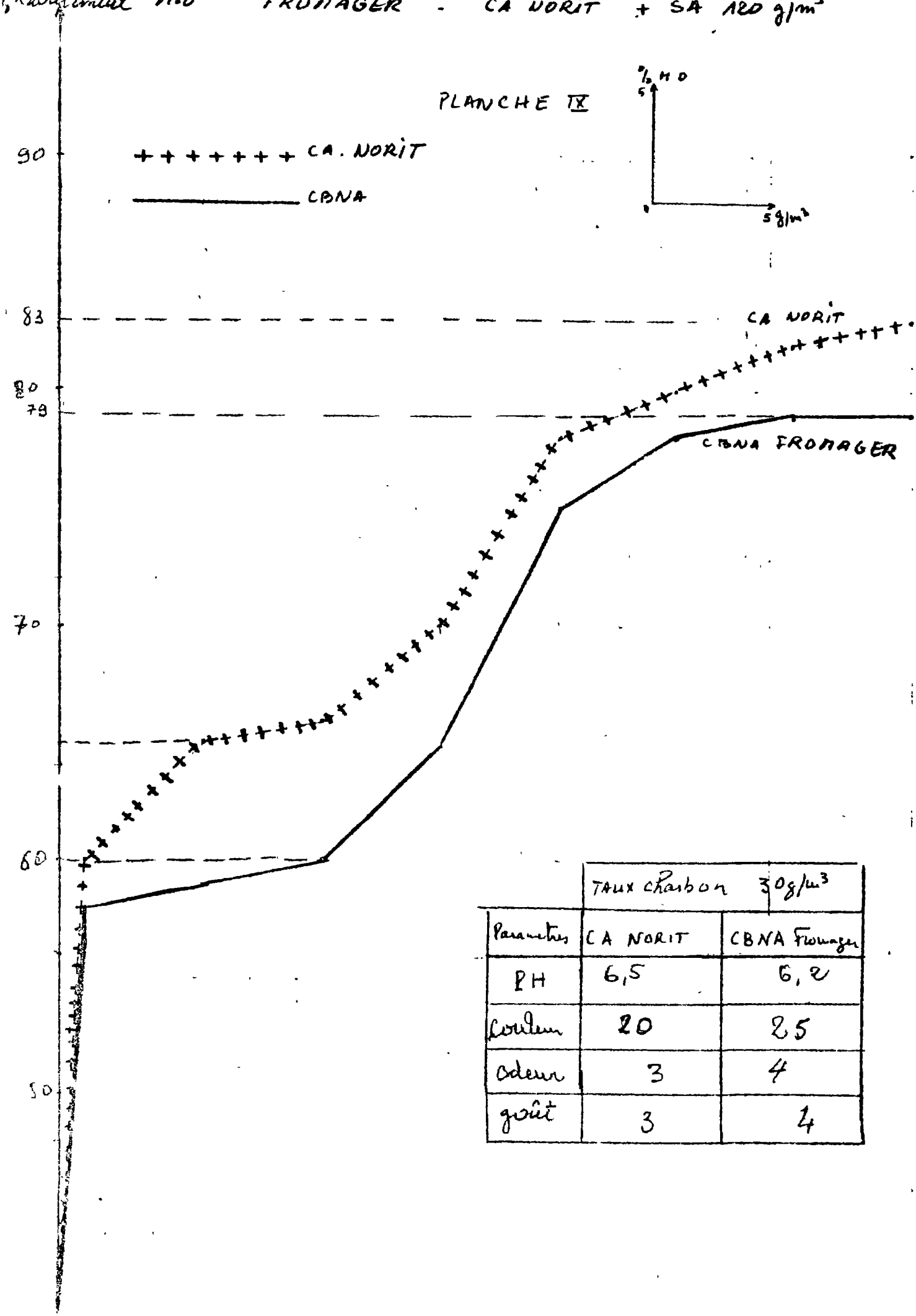


	TAUX CHARBON 30 g/m³ Eau TRAITEE PAR :	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FRAMIRE
PH	6,5	6,1
Coul mg/l	15	30
goût	3	5
odeur	3	4

TAUX DE CHARBON

% traitement M.O FROMAGER - CA NORIT + SA 120 g/m³

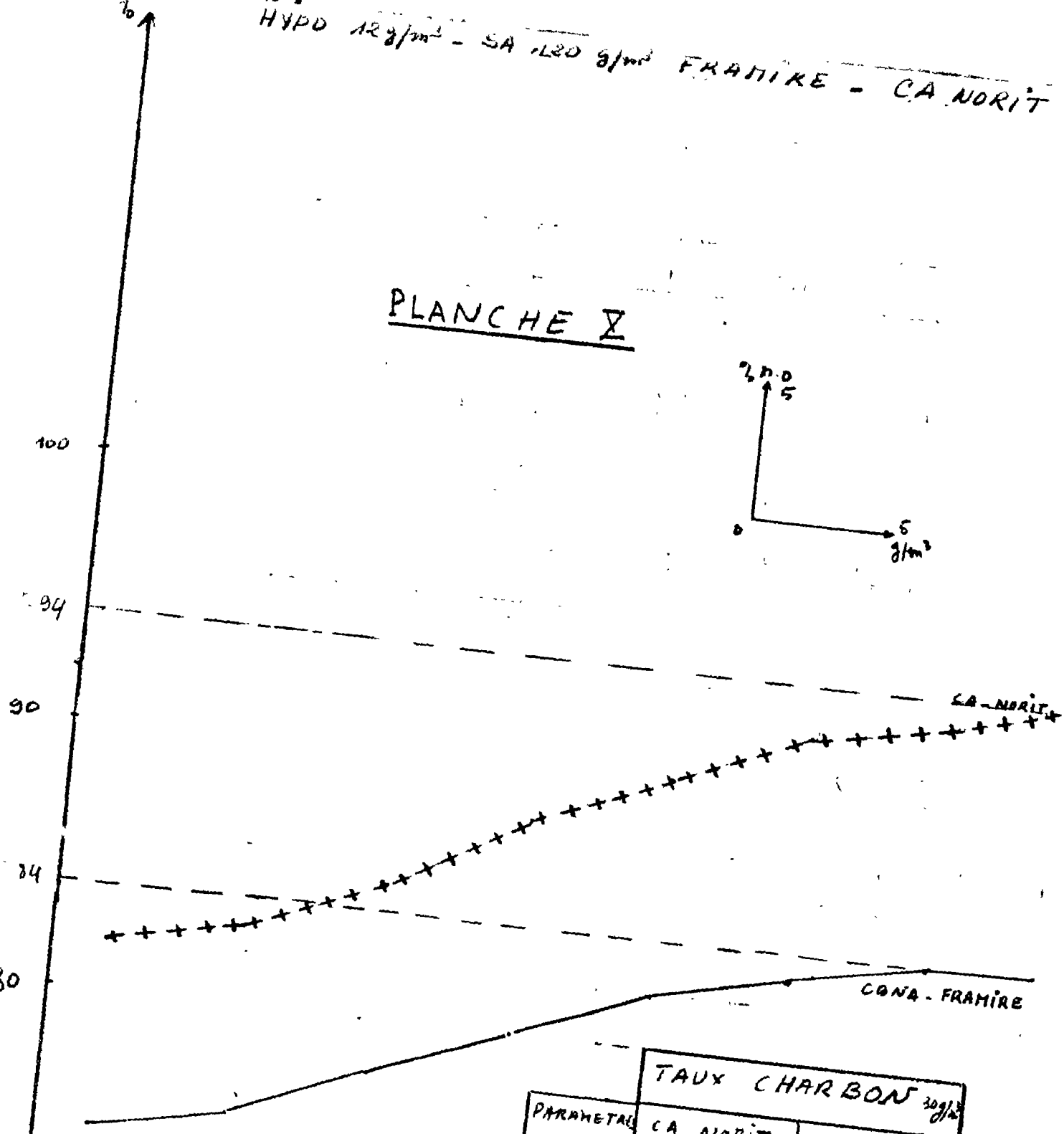
PLANCHE IX



	TAUX charbon 30 g/m³	
Parametres	CA NORIT	CBNA Fromager
PH	6,5	6,2
Couleur	20	25
odeur	3	4
goût	3	4

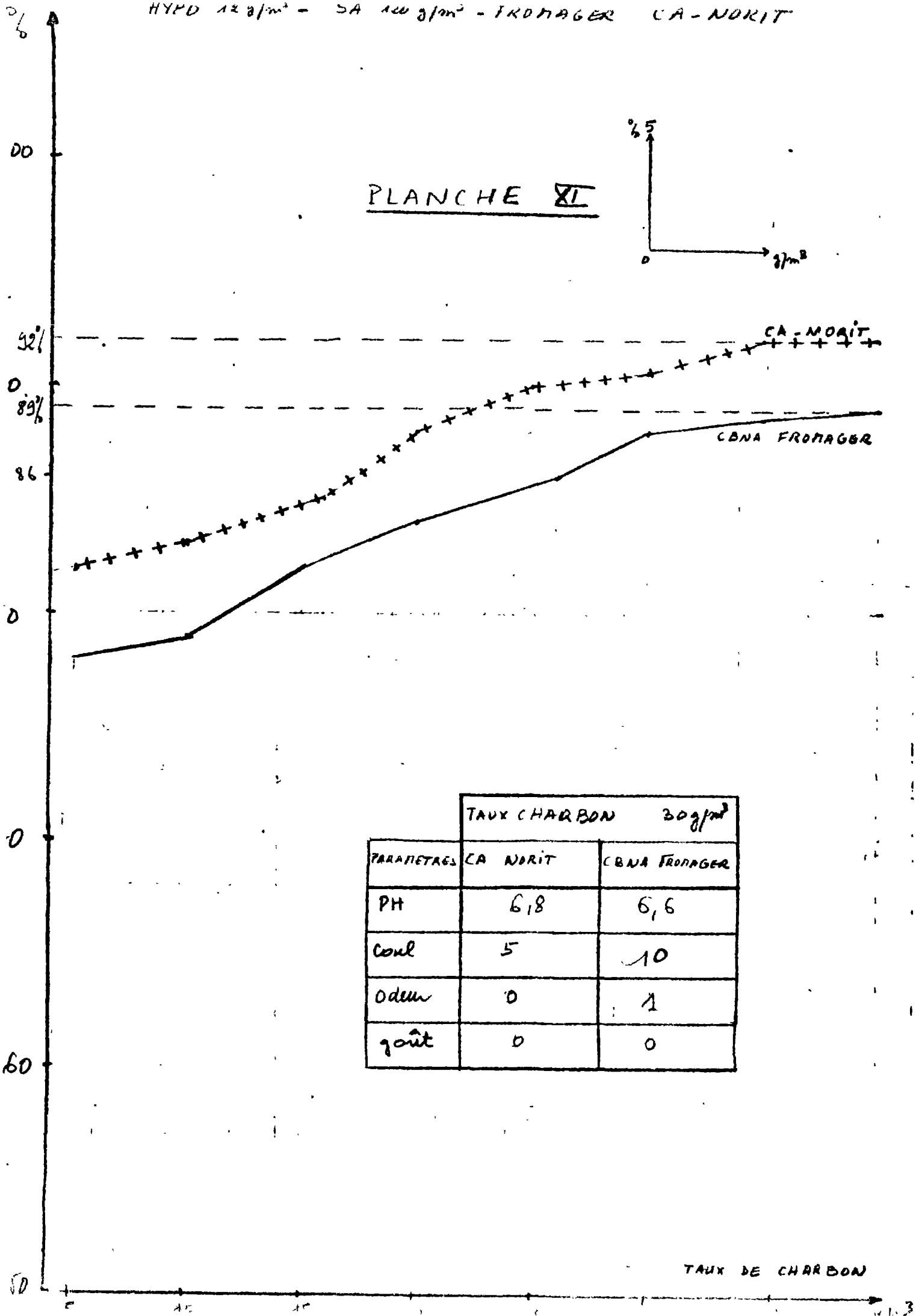
HYPO 12 g/m² - SA 120 g/m² FRAMIRE - CA NORIT

PLANCHE V



PARAMETRE	TAUX CHARBON 30 g/m²	
	CA NORIT	CONA FRAMIRE
PH	6,8	6,5
Coul	5	10
odeur	0	1
goût	0	0

HYPO 12 g/m² - SA 100 g/m² - FROMAGER CA-NORIT



	TAUX CHARBON 30 g/m²	
PARAMETRES	CA NORIT	CBNA FROMAGER
PH	6,8	6,6
Coul	5	10
Odeur	0	1
goût	0	0

TABLEAU I — USINE D'AGBOVILLE — JANVIER 1986

TRANCHE I										TRANCHE II									
					HYPO 12 g/m3									CBNA Fromager 30 g/m3					
					SA 120 g/m3									HYPO 12 g/m3					
														SA 120 g/m3					
dité mastic	couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l		DATES	turbidité gttes mastic		couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l	
ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET		EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
15	250	10	20	6	20	6	20	3,2	10/1/86	100	5	250	10	20	2	20	2	20	1,95
10	260	15	25	6	20	6	20	3	11/1/86	100	5	260	10	25	2	20	2	20	1,8
10	250	15	20	6	20	6	20	2,5	12/1/86	100	5	250	5	20	2	20	2	20	1,8
15	250	15	20	6	20	6	23	2,8	13/1/86	100	10	250	10	20	2	20	2	23	1,8
18	260	10	20	6	20	6	22	3	14/1/86	100	10	260	5	20	2	20	2	22	1,6
15	260	15	25	6	20	6	20	3,1	15/1/86	100	10	260	10	25	2	20	2	20	1,6
15	260	15	20	6	20	6	22	3,2	16/1/86	100	10	260	10	20	2	20	2	22	1,5
15	250	15	20	6	20	6	18	2,8	17/1/86	90	5	250	10	20	2	20	2	15	1,5
16	250	15	20	6	20	6	20	2,9	18/1/86	80	5	250	5	20	2	20	2	20	1,2
15	250	20	20	6	20	6	25	3,2	19/1/86	70	10	250	5	20	2	20	2	25	4
10	250	15	20	6	20	6	20	3	20/1/86	100	5	250	10	20	2	20	2	20	1,8
10	250	15	20	6	20	6	22	1,9	21/1/86	90	5	250	10	20	1	20	1	22	1,8
15	260	15	20	6	20	6	20	1,9	22/1/86	100	10	260	10	20	1	20	1	20	1,9
15	250	15	20	6	20	6	20	1,9	23/1/86	100	10	250	5	20	1	20	1	20	1,9
15	250	15	20	6	20	6	30	2	24/1/86	100	10	250	5	20	1	20	1	20	1,8
17	260	15	20	6	20	6	20	2,5	25/1/86	100	10	260	5	20	1	20	1	20	1,9

TABLEAU II — USINE D'AGBOVILLE — MAI 1986

TRANCHE I											TRANCHE II									
											CBN Fromager 30 g/m3									
HYPO 12 g/m3											HYPO 12 g/m3									
SA 120 g/m3											SA 120 g/m3									
turbidité gttes mas.		couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l		DATES	turbidité gttes mas.		couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l	
EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET		EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
50	5	280	5	15	5	15	5	19,8	3,96	5/05/86	150	5	280	5	15	2	15	2	19,8	1,6
50	5	300	5	15	5	15	5	19	3,5	6/05/86	150	5	300	5	15	2	15	2	19	1,5
50	10	300	10	15	5	15	5	20	3,8	7/05/86	150	5	300	10	15	2	15	2	20	1,8
00	10	250	10	15	5	15	5	19,8	3,8	8/05/86	160	5	250	10	15	1	15	1	19,8	1,4
00	10	250	15	15	5	15	5	19,5	3,6	9/05/86	160	5	250	10	15	1	15	1	19,5	2
00	10	250	10	15	5	15	5	20	3,6	10/5/86	160	10	250	5	15	2	15	2	20	2
00	10	250	15	15	5	15	5	19,2	3,4	11/5/86	160	10	250	10	15	2	15	2	19,2	1,8
00	10	250	10	15	5	15	5	20	3,9	12/5/86	160	5	250	5	15	2	15	2	20	2
00	10	250	15	15	5	15	5	20	3,9	13/5/86	160	5	250	10	15	2	15	2	20	1,9
20	15	250	20	15	5	15	5	19,8	3,6	14/5/86	150	5	250	15	15	2	15	2	19,8	1,9
20	15	250	20	15	5	15	5	19,8	3,7	15/5/86	150	10	250	20	15	2	15	2	19,8	1,8
10	10	250	15	15	5	15	5	19,2	3,2	16/5/86	150	5	250	15	15	2	15	2	19,2	1,6
50	15	250	15	15	5	15	5	20	3,8	17/5/86	150	10	250	15	15	2	15	2	20	1,9
20	10	250	15	15	5	15	5	19,8	3,5	18/5/86	140	10	250	15	15	2	15	2	19,8	2
20	15	250	10	15	5	15	5	20,0	4	19/5/86	140	5	250	15	15	2	15	2	20	2
20	10	250	10	15	5	15	5	20	3,6	20/5/86	140	5	250	10	15	2	15	2	20	1,9

TABLEAU II — USINE D'AGBOVILLE — MAI 1986

TRANCHE I HYPO 12 g/m3 SA 120 g/m3											TRANCHE II CBN Fromager 30 g/m3 HYPO 12 g/m3 SA 120 g/m3									
urbidité gttes mas.		couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l		DATES	turbidité gttes mas.		couleur mg/lCO.PT		odeur seuil		goût seuil		M.O/AL mg/l	
EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET		EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET
50	5	280	5	15	5	15	5	19,8	3,96	5/05/86	150	5	280	5	15	2	15	2	19,8	1,6
50	5	300	5	15	5	15	5	19	3,5	6/05/86	150	5	300	5	15	2	15	2	19	1,5
50	10	300	10	15	5	15	5	20	3,8	7/05/86	150	5	300	10	15	2	15	2	20	1,8
00	10	250	10	15	5	15	5	19,8	3,8	8/05/86	160	5	250	10	15	1	15	1	19,8	1,4
00	10	250	15	15	5	15	5	19,5	3,6	9/05/86	160	5	250	10	15	1	15	1	19,5	2
00	10	250	10	15	5	15	5	20	3,6	10/5/86	160	10	250	5	15	2	15	2	20	2
00	10	250	15	15	5	15	5	19,2	3,4	11/5/86	160	10	250	10	15	2	15	2	19,2	1,8
00	10	250	10	15	5	15	5	20	3,9	12/5/86	160	5	250	5	15	2	15	2	20	2
50	10	250	15	15	5	15	5	20	3,9	13/5/86	160	5	250	10	15	2	15	2	20	1,9
20	15	250	20	15	5	15	5	19,8	3,6	14/5/86	150	5	250	15	15	2	15	2	19,8	1,9
20	15	250	20	15	5	15	5	19,8	3,7	15/5/86	150	10	250	20	15	2	15	2	19,8	1,8
10	10	250	15	15	5	15	5	19,2	3,2	16/5/86	150	5	250	15	15	2	15	2	19,2	1,6
50	15	250	15	15	5	15	5	20	3,8	17/5/86	150	10	250	15	15	2	15	2	20	1,9
20	10	250	15	15	5	15	5	19,8	3,5	18/5/86	140	10	250	15	15	2	15	2	19,8	2
20	15	250	10	15	5	15	5	20,0	4	19/5/86	140	5	250	15	15	2	15	2	20	2
20	10	250	10	15	5	15	5	20	3,6	20/5/86	140	5	250	10	15	2	15	2	20	1,9

Imprimerie Presses Africaines