

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 621 995

(21) N° d'enregistrement national : 87 14446

(51) Int Cl<sup>4</sup> : F 27 D 19/00; F 23 N 1/00 // F 27 B 7/42; C 04 B 7/44.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 20 octobre 1987.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 16 du 21 avril 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : NATIONAL COUNCIL FOR CEMENT & BUILDING MATERIALS. — IN.

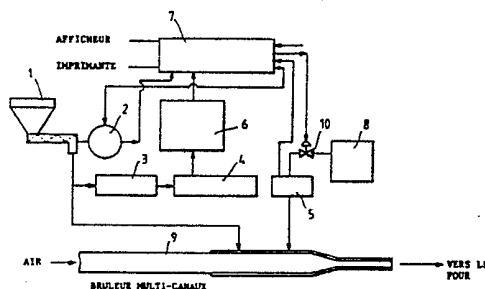
(72) Inventeur(s) : Hosagrahar Chandrasekharai Visvesvara, National Council for Cement & Building Materials.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

(54) Procédé et système de modulation de cuisson des fours alimentés en charbon pulvérisé notamment des fours rotatifs dans la production du clinker de ciment.

(57) L'invention se rapporte à un procédé et à un système destiné à moduler la température de cuisson dans un four rotatif. Le procédé consiste à déterminer la teneur absolue en un ou plusieurs constituants inorganiques dans la charge d'alimentation de charbon pour déterminer sa teneur totale en cendres. Dans le cas où la température dans le four est différente de la température requise, un combustible adoucisseur est amené au brûleur 9 avec ou sans changement du débit de charbon. En variante, on réduit ou on augmente uniquement le débit de charbon vers le brûleur 9.



FR 2 621 995 - A1

D

Procédé et système de modulation de cuisson des fours alimentés en charbon pulvérisé notamment des fours rotatifs dans la production du clinker de ciment

5 La présente invention se rapporte à un procédé de modulation de cuisson dans des fours équipés de brûleurs alimentés en charbon pulvérisé et à un système destiné à réaliser le procédé. L'invention s'adresse particulièrement aux fours rotatifs pour la production de clinker de ciment mais n'est nullement limitée à ceux-ci. On charge les fours d'un mélange, lequel dans le cas de fours produisant du clinker de ciment, comprend du calcaire, de l'argile, et certains additifs sélectionnés en fonction de la composition et des propriétés souhaitées du ciment produit. Un courant de charbon pulvérisé et d'air est amené dans le four via un brûleur, four où ce courant se consume pour traiter le mélange et convertir celui-ci en clinker.

Dans la fabrication du clinker de ciment de l'art antérieur, un des paramètres de traitement souhaité consiste à fournir et à maintenir la température souhaitée sur la zone de combustion du four rotatif. Ces conditions de combustion sont nécessaires pour produire un clinker présentant la qualité uniforme souhaitée. On sait qu'une qualité variable de charbon ou l'utilisation de charbon ayant une teneur élevée en cendres peut affecter les conditions de cuisson d'un four rotatif et par conséquent porter préjudice à la qualité et à l'uniformité du clinker et s'avérer très préjudiciable pour la longévité du garnissage réfractaire etc..

L'utilisation de charbon à teneur élevée en cendres comporte plusieurs inconvénients distincts. L'un de ces inconvénients est que l'utilisation d'un charbon à teneur élevée en cendres comme combustible dans un four rotatif, abaisse la teneur en  $C_3S$  dans le clinker, augmente par conséquent l'énergie nécessaire au broyage

du clinker et réduit la résistance du ciment ainsi obtenu. De plus, ce type de charbon réduit également le rendement, étant donné qu'un charbon à teneur élevée en cendres produit moins de chaleur dans la zone de cuisson 5 du four rotatif. Il est connu de charger le charbon à l'état pulvérisé comme combustible dans un four rotatif. Un charbon à teneur élevée en cendres est difficile à broyer; Or, cette opération est nécessaire étant donné que l'on ne doit charger dans le four que du charbon à 10 l'état pulvérisé. De plus, l'utilisation de charbon à teneur élevée en cendres exige une meilleure qualité de pierre à chaux dans le mélange. Toutefois un autre inconvénient réside en ce qu'un charbon à teneur élevée en cendres provoque un culottage circulaire à l'intérieur 15 du four. Ces formations de culot circulaire réduisent le diamètre efficace total du four. De plus, un charbon à teneur élevée en cendres prend plus de temps à brûler et fournit moins de chaleur.

On connaît différents procédés destinés à 20 l'enrichissement du charbon afin d'enlever les matières minérales formant cendres dans le charbon. Un tel procédé consiste à broyer le charbon à une granulométrie fine puis à ajouter certains produits chimiques à celui-ci, après quoi on procède à une étape de flottation par écumage. Dans ce procédé, les coûts élevés 25 constituent un inconvénient et de plus les rejets qu'il faut évacuer sont polluants. Un autre inconvénient encore résulte du fait que le charbon est humide et qu'il doit être soumis à une étape de séchage avant 30 d'être chargé dans le four.

Plusieurs inconvénients sont également liés au fait que le charbon présente une composition variable. Un de ces inconvénients est que la valeur calorifique varie, ce qui donne lieu à des fluctuations des températures. De plus, l'allure de température varie à 35 l'intérieur même du four et de ce fait on n'obtient pas

de clinker présentant la composition de phase souhaitée. En outre, étant donné qu'une température variable fournit une cuisson non uniforme du clinker, on obtient généralement un clinker jaune ou non cuit. Un autre 5 inconvénient est qu'une fluctuation de température donne lieu à un revêtement instable dans la zone de cuisson et réduit la longévité du garnissage réfractaire du four.

Un objet de la présente invention est de proposer un procédé de modulation de cuisson du four et un système pour ce faire, assurant une température uniforme 10 dans la zone de cuisson d'un four rotatif.

Un autre objet de la présente invention est de proposer un procédé de modulation de cuisson de four et un système pour ce faire, permettant d'améliorer la 15 longévité du garnissage réfractaire du four.

Un autre objet encore de la présente invention est de proposer un procédé de modulation de cuisson de four et un système pour ce faire qui assure une qualité de clinker améliorée et uniforme.

20 Un autre objet encore de la présente invention est de proposer un procédé de modulation de cuisson de four et un système pour ce faire, éliminant les inconvénients rencontrés dans l'art antérieur.

Le procédé comprend les étapes consistant à 25 extraire périodiquement des échantillons de charbon à partir de la ligne d'alimentation du charbon pulvérisé au brûleur, à préparer un échantillon de charge pour des analyses en continu ou en direct, à déterminer la teneur absolue d'un ou plusieurs constituants inorganiques 30 présents dans l'échantillon d'alimentation de charbon à l'aide d'un appareil d'analyse, à introduire ces données dans un ordinateur industriel avec des informations concernant la température dans le four, à déterminer la teneur totale en cendres dans le charbon à partir de ces 35 données et dans le cas où la température dans le four se

situe au-dessous ou au-dessus de sa valeur prédéterminée, l'ordinateur industriel fournit alors des signaux pour permettre éventuellement l'addition d'un combustible adoucissant avec ou sans modification dans le 5 débit ou flux de charbon ou des signaux destinés uniquement à réduire ou à augmenter le débit de charbon sur le brûleur.

Le système destiné à permettre la mise en oeuvre d'un procédé de modulation de cuisson de four selon la 10 présente invention et à assurer l'uniformité des conditions dans la zone de combustion du four comprend une conduite d'alimentation destinée à amener le charbon pulvérisé sur un brûleur à multicanaux, un appareil d'échantillonnage automatique relié à la conduite 15 d'alimentation en vue du prélèvement périodique d'échantillons de charbon, une unité de préparation d'échantillons reliée à l'appareil d'échantillonnage destinée à préparer une charge de charbon, un appareil d'analyse en continu ou en direct relié à l'unité de préparation pour 20 déterminer la teneur absolue en un ou plusieurs constituants inorganiques présents dans la charge de charbon, un ordinateur destiné à recevoir les données en provenance de l'appareil d'analyse en liaison avec d'autres données en provenance du four, la teneur en cendres 25 présente dans l'échantillon étant déterminée à partir de la teneur absolue d'un ou plusieurs constituants inorganiques, l'ordinateur fournissant le cas échéant des signaux vers des moyens conçus pour l'addition d'un combustible adoucissant avec ou sans modification dans 30 le débit de charbon ou vers des moyens conçus uniquement pour la réduction ou l'augmentation du débit de charbon au brûleur.

Le procédé et le système de modulation de la présente invention permettent d'obtenir une uniformité 35 dans les conditions de la zone de cuisson dans le four, et assurent l'obtention d'une qualité uniforme de

clinker. En outre, on accroît ainsi la longévité du garnissage réfractaire du four.

Conformément à la présente invention, on a maintenant trouvé que la teneur absolue en un ou 5 plusieurs constituants inorganiques dans l'échantillon et déterminée par l'appareil d'analyse fournit des données pratiquement instantanées sur la teneur en cendres dans l'échantillon de charbon. Le temps nécessaire pour déterminer la teneur en cendres au moyen d'un 10 procédé classique est d'environ 2-3 heures.

Un mode d'exécution de l'invention va maintenant être décrit à titre d'exemple nullement limitatif, en référence aux figures du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une représentation schématique 15 du système de modulation de qualité du charbon ;
  - les figures 2 à 6 montrent la teneur en cendres calculée en fonction de la corrélation de la silice, du fer, de l'alumine, du calcium et du magnésium, respectivement par rapport à la teneur en 20 cendres observée ; et
    - la figure 7 montre le schéma fonctionnel pour le logiciel.

A la figure 1, le système d'alimentation 1 de charbon pulvérisé qui fournit des quantités pesées de 25 charbon pulvérisé sur un brûleur 9 à multicanaux est entraîné par une commande 2 à vitesse variable. Un appareil d'échantillonnage automatique 3 extrait en continu les échantillons qui sont recueillis dans une petite trémie, mélangés puis amenés en partie ou en 30 totalité sur l'unité de préparation d'échantillon 4. Dans l'unité 4, le charbon pulvérisé est mélangé à un liant, puis comprimé en briquettes d'une manière connue. Les briquettes sont alimentées à une unité d'analyse en direct 6 dans laquelle est déterminé le pourcentage de 35 la teneur en silice, alumine, fer, magnésium et oxyde de calcium. Les informations concernant le pourcentage des

teneurs en silice, alumine et autres substances sont introduites dans l'ordinateur industriel 7. Les informations concernant la valeur instantanée de la température dans le four (non représenté) sont également fournies à l'ordinateur 7. Si la température dans le four est trop élevée, il est évident que le charbon en cours d'alimentation présente une valeur calorifique trop élevée et l'ordinateur 7 va agir sur la commande à vitesse variable 2 pour réduire la quantité de charbon arrivant au brûleur. Par ailleurs, une température réduite indiquera une valeur calorifique inférieure du charbon par suite d'une teneur en cendres plus élevée. Dans ce cas, l'ordinateur 7 actionne le moyen 10 pour l'alimentation d'un combustible adoucissant tel un gaz combustible ou une huile combustible à partir du stockage 8 vers le brûleur à multicanaux 9 par l'intermédiaire d'un débit/mètre 5. Simultanément ou alternativement, l'ordinateur 7 peut actionner la commande à vitesse variable 2 pour modifier l'alimentation du charbon au brûleur 9.

L'appareil d'analyse 6 est un équipement analytique approprié, destiné à la mesure rapide et précise des constituants inorganiques dans le charbon. Le microprocesseur de commande ou l'ordinateur associé à cet équipement ou l'ordinateur industriel de commande principale est utilisé pour convertir ces données en teneur en cendres du charbon selon la relation statistique établie du type signalé ci-dessus. Selon une autre variante, 6 peut être également le dispositif de détermination de la teneur en cendres en direct ou en continu.

L'ordinateur industriel comporte des interfaces avec le laboratoire ; l'exécution des opérations de traitement et de commande s'effectue conformément au schéma fonctionnel du logiciel montré à la figure 7.

On va maintenant se référer au tableau I qui

montre les calculs effectués pour trente cinq échantillons différents de charbon. Les calculs se rapportent à la quantité en pourcentage de  $\text{SiO}_2$ , de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de CaO et de MgO présents dans ces échantillons.

5 Sur la base de ces calculs et de l'analyse par régression multiple, on a développé les équations par régression multiple en effectuant l'analyse précitée et pour les exemples 1 à 5 les résultats sont montrés aux figures 2 - 6.

10 Exemple 1 Cendres % = 1,03 + 1,075 ( $\text{SiO}_2$ ) + 1,442 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) + 1,035 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + 1,034 (CaO) + 1,36 (MgO)

Coefficient de corrélation multiple = 0,9923

15 Exemple 2 Cendres % = 0,2589 + 1,153 ( $\text{SiO}_2$ ) + 1,388 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) + 0,849 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + 2,166 (MgO) : Coefficient de corrélation multiple = 0,9848

20 Exemple 3 Cendres % = 1,464 + 1,195 ( $\text{SiO}_2$ ) + 2,074 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) + 0,482 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) : Coefficient de corrélation multiple = 0,9646

25 Exemple 4 Cendres % = 2,289 + 1,315 ( $\text{SiO}_2$ ) + 2,403 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) Coefficient de corrélation multiple = 0,9621.

Exemple 5 Cendres % = 5,608 = 1,439 ( $\text{SiO}_2$ ) Coefficient de corrélation multiple = 0,9021.

30 En fonction de la valeur du coefficient de corrélation multiple, on note à partir du jeu d'équations ci-dessus que selon la complexité du charbon il est toujours possible de développer une relation simple ou complexe statistiquement valable et pratiquement acceptable pour l'évaluation indirecte de la teneur en cendres.

T A B L E A U I

## DONNEES D'ANALYSE DU CHARBON

S1	% de cen- dre dans le charbon	% de constituants inorganiques dans le charbon				
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7
1	24,36	13,6	1,77	8,06	0,48	0,13
2	26,04	13,8	2,30	8,68	0,74	0,11
3	15,97	8,48	1,55	4,73	0,38	0,13
4	20,80	11,19	1,62	6,34	0,56	0,16
5	17,68	9,20	1,52	5,38	0,66	0,13
6	34,96	20,83	2,05	7,27	2,53	0,25
7	24,24	14,37	2,62	4,82	0,64	0,24
8	40,65	24,67	2,42	9,16	0,86	0,23
9	36,76	19,72	3,28	10,03	1,18	0,32
10	31,83	19,17	2,10	7,69	0,50	0,45
11	27,03	10,63	3,60	7,95	1,62	0,09
12	40,30	22,79	3,40	10,62	0,38	0,21
13	40,27	22,67	5,08	9,84	0,40	-
14	9,92	4,14	1,35	1,84	0,94	0,07
15	34,64	21,08	1,77	8,27	1,48	0,18
16	31,37	18,97	1,92	7,55	0,59	0,49
17	41,05	25,43	2,26	8,14	2,81	4,49
18	33,70	20,09	1,89	8,57	1,21	0,28
19	29,72	19,22	1,28	7,28	0,92	0,08
20	36,26	18,09	3,02	9,20	1,08	0,29
21	29,17	17,05	2,28	7,74	0,73	0,17
22	32,90	20,05	1,42	8,57	1,04	0,36
23	30,95	11,47	3,68	5,99	3,72	3,41
24	43,96	25,36	2,69	9,54	2,75	0,52
25	24,60	13,02	2,18	6,79	0,99	0,69

T A B L E A U I ( SUITE )

## DONNEES D'ANALYSE DU CHARBON

S1	% de cen- dre dans le charbon	% de constituants inorganiques dans le charbon				
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7
26	34,98	20,35	2,19	9,06	1,07	0,32
27	27,90	16,16	1,65	6,51	1,60	0,31
28	26,31	14,42	1,75	6,01	1,98	0,30
29	23,74	14,10	1,32	5,78	1,27	0,22
30	32,23	18,37	3,14	8,76	0,63	0,27
31	25;43	14,39	1,62	5,73	2,53	0,23
32	26,92	15,85	1,52	6,09	2,35	0,30
33	21,24	11,37	1,82	5,84	1,79	--
34	21,04	10,86	1,62	6,40	1,77	--
35	21,64	11,85	2,31	5,73	1,51	--

REVENDICATIONS :

1. Procédé de modulation de cuisson de four comportant un brûleur (9) alimenté en charbon pulvérisé qui comprend les étapes consistant à extraire périodiquement des échantillons de charbon de la conduite d'alimentation approvisionnant le charbon pulvérisé au brûleur (9), à préparer un échantillon d'alimentation pour un appareil d'analyse (6) en continu ou en direct, à déterminer la teneur absolue d'un ou plusieurs constituants inorganiques dans l'échantillon d'alimentation de charbon par ledit appareil d'analyse (6), à introduire cette information dans un ordinateur industriel (7) conjointement avec d'autres données telles que la température du four, à déterminer la teneur totale en cendres dans le charbon à partir des données, et dans le cas où la température dans le four est différente de la température requise dans le cas où il y a une variation dans la teneur en cendres totale alimentée au four par rapport à celle déterminée à partir des données, l'ordinateur industriel (7) fournit des signaux permettant au besoin l'addition d'un combustible adoucissant avec ou sans modification du débit de charbon ou signaux simplement pour réduire ou augmenter le débit de charbon à destination dudit brûleur (9).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur absolue en silice, fer, alumine, calcium et magnésium dans le charbon est calculée pour déterminer la teneur totale en cendres.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur absolue en alumine, fer, silice et magnésium dans le charbon est calculée pour déterminer la teneur totale en cendres.

35 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur absolue en silice, alumine et fer

dans le charbon est calculée pour déterminer la teneur totale en cendres.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur absolue en silice et en fer ou 5 seulement en silice dans le charbon est calculée pour déterminer la teneur totale en cendres.

6. Système de modulation de qualité de charbon destiné à permettre l'uniformité des conditions dans la zone de cuisson du four, caractérisé en ce qu'il 10 comprend une conduite d'alimentation (1) destinée à approvisionner en charbon pulvérisé un brûleur à multicanaux (9), un appareil d'échantillonnage automatique (3) relié à la conduite d'alimentation (1) pour le prélèvement périodique d'échantillons de charbon, une 15 unité de préparation d'échantillons (4) reliée à l'appareil d'échantillonnage, un appareil d'analyse (6) en direct relié à l'unité de préparation (4) pour déterminer la teneur absolue d'au moins un des constituants inorganiques dans l'échantillon, un ordinateur 20 (7) destiné à recevoir les informations en provenance de l'appareil d'analyse (6) en liaison avec d'autres données en provenance du four, la teneur en cendres présente dans l'échantillon étant déterminée à partir de la teneur absolue en constituants inorganiques, l'ordinateur 25 (7) fournissant des signaux, au besoin, aux moyens destinés à l'addition d'un combustible adoucissant avec ou sans augmentation du débit de charbon ou aux moyens uniquement destinés à réduire ou à augmenter le débit de charbon amené au brûleur.

30 7. Système de modulation de qualité de charbon selon la revendication 6, comprenant un moyen de pesage pour alimenter les quantités prédéterminées de charbon pulvérisé sur la conduite d'alimentation, un transporteur destiné à acheminer le charbon depuis le moyen de 35 pesage jusqu'à la conduite d'alimentation (1), et une commande à vitesse variable (2) apte à recevoir un

signal provenant de l'ordinateur industriel (7) pour commander l'entraînement dudit transporteur.

1 / 3

Fig. 1.

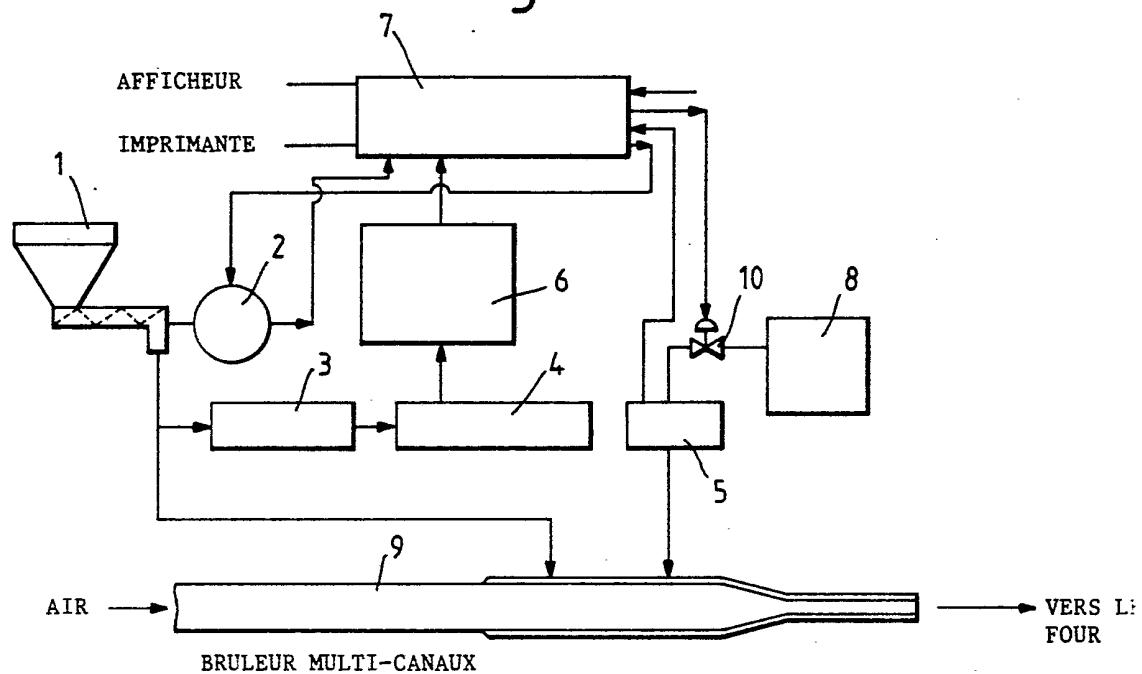


Fig. 2.

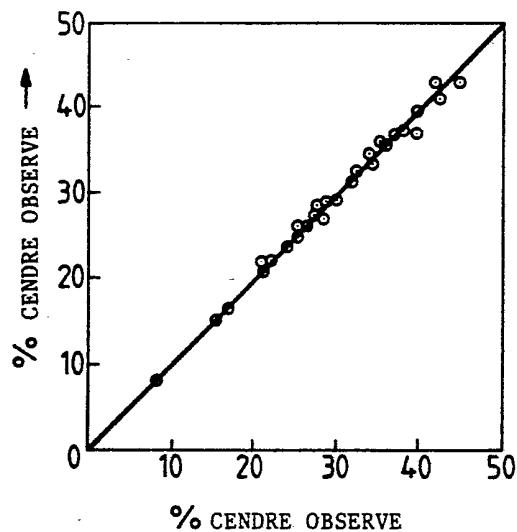


Fig. 3.

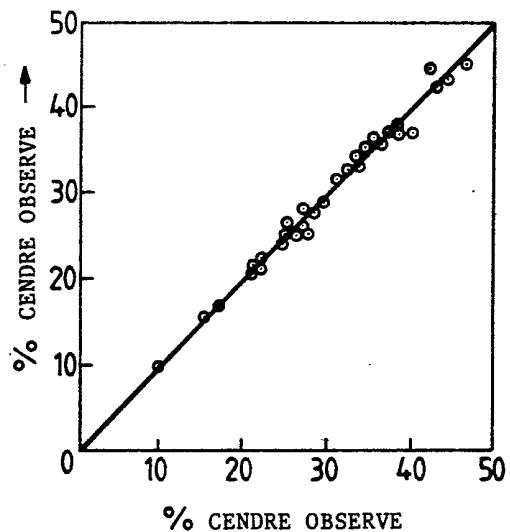


Fig.4.

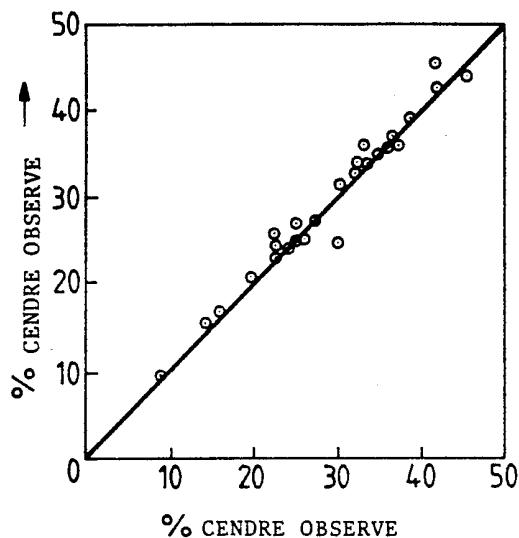


Fig.5.

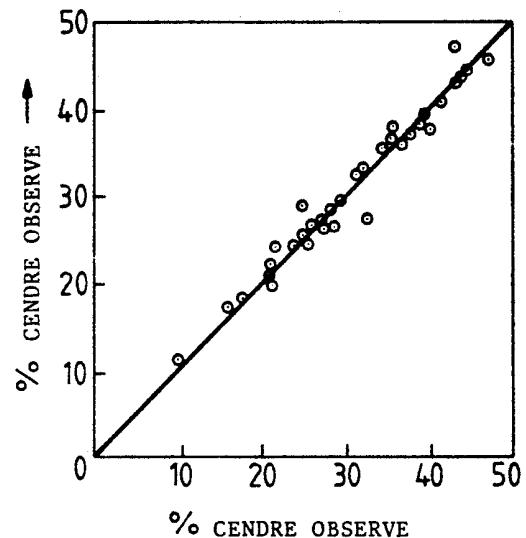


Fig.6.

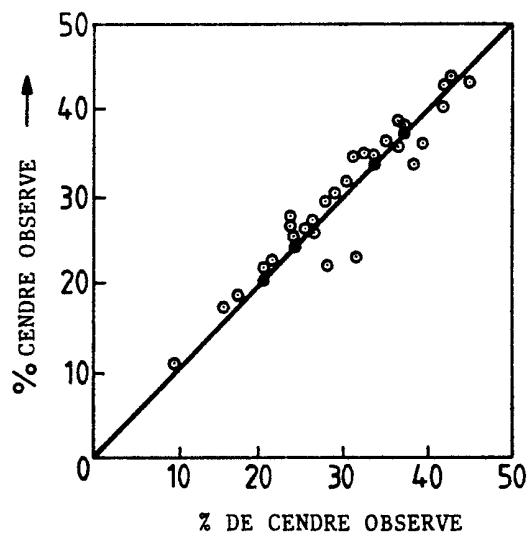


Fig.7.

